- Mediante la comunicación 055-2-2645-2025, se le solicitó al Contratista presentar concepto jurídico sobre la venta y compra del predio ZODME PR73+000, así mismo, en calidad de Titular y Contratista, para el proceso de cambio de medidas de compensación.

- Mediante la comunicación 055-2-2650-2025, se solicitó al Contratista elevar consulta a CORPOBOYACÁ, para la validación del costo de siembra de árboles y mantenimiento para la vigencia 2025, para proceso de cambio de medidas de compensación.

- Acompañamiento a visita técnica de 20/05/2025 de funcionario de CORPOBOYACÁ, para verificación de inventario forestal del trámite de AF, EXPEDIENTE AFAA-0005-25.

- Recorrido conjunto con fecha 15/05/2025 con el Contratista, funcionarios de CORPOBOYACÁ sede Miraflores y director ejecutivo de ASOLENGUPA, para inspección de predio para ejecución de aislamiento, como parte de cambio de medidas de compensación.

- Asistencia a reunión con el Comité de Veeduría, con fecha 16/05/2025 en el municipio de Miraflores.

- Mediante la comunicación 055-2-2671-2025, se liberaron observaciones sobre los Capítulos 1 y 2 del PAGA V2, en respuesta a la comunicación DO-TB-2745-2025.

- Mediante la comunicación 055-2-2676-2025, liberación de observaciones sobre AF y rescate y traslado de epifitas de la Resolución N° 0329 de 06/02/2025, Expediente AFAA-00144-24, en respuesta a la comunicación DO-TB-2641-2025.

- Mediante la comunicación 055-2-2677-2025, liberación de Observaciones al informe de actividades de ocupación de cauce de la Resolución N° 1004 de 07/04/2025, Expediente OPOC-0001-25, en respuesta a la comunicación DO-TB-2672-2025.

- Mediante la comunicación 055-2-2678-2025, reiteración de observaciones sobre el aprovechamiento forestal en el Tramo 2 del PR30+550 al PR30+950 (costado derecho) de la RN6006, en respuesta a la comunicación DO-TB-2679-2025.

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

## 3. SEGUIMIENTO PERMISOS Y A TRÁMITES AMBIENTALES.

### 3.1. SEGUIMIENTO A MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES OTORGADOS.

| **RUTA 45BY01, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES** | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Ocupación de Cauce para la construcción de la continuidad de dos alcantarillas de 900 mm (36"). <br><br> Otorgada por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2123 de 19/10/2022 – <br><br> Expediente OPOC-00029-22 | **Primera Prórroga** por 11 meses, es decir, **hasta el 18/08/2024**, otorgado mediante Resolución N° 2337 de 15/09/2023. <br><br> El contratista mediante comunicado RL-TB-430-2024 con radicado N° 0020325 de 23/07/2024, solicita a Corpoboyacá suspender términos de la prórroga otorgada mediante la Resolución 2337 de 15/09/2023 hasta tanto finalice la Gestión y | El Contratista se encuentra trabajando en la consolidación de la documentación para presentar proyecto de cambio de medida de compensación a CORPOBOYACA, lo cual tiene como alcance: <br><br> 1. **Solicitud de cambio de medida:** En esta se debe manifestar el interés de SUDINCO S.A. por realizar el cambio de la medida de compensación impuesta, por una de las alternativas descritas en el ARTÍCULO PRIMERO (numeral , adquisición de predios) de la Resolución N° 2405 de 29 de Junio de 2017 de CORPOBOYACÁ y una de las alternativas de lo establecido en el numeral 8.2 (Literal f: Modos de compensación, adquisición de predios) del MANUAL DE COMPENSACIONES del componente biótico acogido mediante la Resolución N° 0256 de 22 de febrero de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <br> 2. **Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ:** Soportes donde evidencie que, por parte de SUDINCO S.A., no es posible dar cumplimiento a las medidas de preservación impuestas por Corpoboyacá para los expedientes relacionados en el asunto. <br> 3. **Contenido del proyecto:** Apéndice. <br> 4. **Contenido del proyecto:** Introducción. <br> 5. **Contenido del proyecto:** Justificación. <br> 6. **Contenido del proyecto:** Objetivo general y específicos. |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA 45BY01, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | Adquisición Predial restante.<br><br>Plazo inicial de 11 meses, es decir, **hasta el 19/09/2023.** | 7. **Contenido del proyecto (Numeral 1, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Identificación de las áreas priorizadas para la ejecución de la medida.<br>**8. Contenido del proyecto (Numeral 2 y 3, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de Junio de 2017): Identificación de las áreas priorizadas para la ejecución de la medida y Matrícula inmobiliaria o prueba que acredite la calidad de propietario, poseedor u ocupante de buena fe exenta de culpa y certificado de uso de suelo del predio en donde se va a ejecutar la medida (Adjuntando la autorización de los propietarios, poseedores u ocupante de buena fe exenta de culpa en caso que el derecho no lo ostente el titular del permiso); Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ, contenido en:**<br><br>• Carta de ofrecimiento del predio suscrita por su(s) propietario(s), dirigida a la empresa en donde se indique el valor por hectárea.<br>• Certificado de tradición y libertad del predio, con máximo 3 meses de expedición.<br>• Fotocopia legible y completa de la escritura del bien o sentencia de adjudicación con sus respectivos anexos.<br>• Certificado de área de catastro (Certificado Catastral Especial) del año en curso expedido por el IGAC.<br>• Certificado actualizado de uso del suelo expedido por planeación municipal.<br>• Certificación expedida por la Secretaría de Planeación municipal o la unidad de servicios públicos, que certifique que el predio ofertado suministra agua a acueductos rurales o urbanos, que incluya el número de beneficiarios (habitantes). |

| RUTA 45BY01, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | • Plano predial o carta catastral.<br>• Aportar, si tiene, la resolución de aclaración de área expedida por el IGAC.<br>• Formato FGP-25 AUTODECLARACIÓN DE COSTOS DE EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES (adjunto), el cual se diligencia teniendo en cuenta el Avalúo comercial o el valor del predio, establecido en la carta de ofrecimiento por parte del propietario.<br><br>**Nota 1:** Como complemento de lo anterior, se debe presentar la Ficha Predial, el Estudio de Títulos del predio y el Avalúo Comercial correspondiente. Lo anterior, acorde a lo establecido en el Apéndice F de Gestión y Adquisición Predial.<br>**Nota 2:** Lo anterior aplica por cada uno de los predios a adquirir.<br><br>9. **Contenido del proyecto (Numeral 4, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Descripción de los impactos que se van a compensar con la medida.<br>10. **Contenido del proyecto (Numeral 5, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Formulación de la medida de compensación y descripción detallada de las actividades que se van a realizar.<br>11. **Contenido del proyecto (Numeral 6, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Cálculo de costos de ejecución y seguimiento de la medida de compensación, formato FGP-89.<br>12. **Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ:** Cálculo del valor a compensar por expediente y/o permiso ambiental y global. Tener en |

| RUTA 45BY01, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | cuenta el valor promedio actual establecido en la Resolución 01850 del 04 de agosto de 2023 y la indexación referida en dicha Resolución.<br>13. **Contenido del proyecto (Numeral 7, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Indicadores a través de los cuales se demuestre la efectividad y perdurabilidad en el tiempo de la medida adoptada como compensación (Análisis de adicionalidad).<br>14. **Contenido del proyecto (Numeral 8, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Formulación de estrategias para garantizar la permanencia en el tiempo de la medida de compensación y sus efectos.<br>15. **Contenido del proyecto (Numeral 9, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Cronograma de actividades y de mantenimiento.<br><br>Con fecha 18 de febrero de 2025 se realizó la primera mesa de trabajo en la oficina principal de CORPOBOYACÁ con funcionarios delegados y que conforman el equipo de trabajo encargado en delante de lo referente a cambio de medidas de compensación, a partir de lo cual se coordina mesa de trabajo para el 04/03/2025.<br><br>Con fecha 04 de marzo de 2024 se realizó mesa de trabajo con el equipo de profesionales conformado por CORPOBOYACÁ para atender lo referente a cambio de medidas de compensación, de lo cual se derivó:<br><br>a) Para el caso de CAS, POC y PAFAA es viable el cambio de medidas de compensación de siembra de árboles por compra de predios. |

| RUTA 45BY01, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | b) Para el caso de PAFU se debe evaluar la viabilidad de cambio de medidas de compensación de siembra por compra de predios o aislamientos, por lo que CORPOBOYACÁ validará internamente ello.<br><br>c) CORPOBOYACÁ sugiere no sólo optar por cambio de medidas orientado a la compra de predios, sino, optar por aislamiento en predios adquiridos por la Corporación. Por ello se programó:<br><br>• Inspección con fecha 19 y 20 de marzo de 2025, de predios de CORPOBOYACÁ en los municipios de Zetaquira y Páez, para ejecución aislamientos como parte de cambio de medidas de compensación.<br><br>• Inspección con fecha 25 y 26 de marzo de 2025, de predios de CORPOBOYACÁ en el municipio de Otanche, para ejecución aislamientos como parte de cambio de medidas de compensación.<br><br>Los resultados de dichas visitas están en evaluación entre Corporación, Contratista e Interventoría para determinar viabilidad de cambio de medidas.<br><br>Derivado de lo anterior se suscribió el Acta de Reunión N° 151 y acta en formato CORPOBOYACÁ. |

| RUTA 45BY01, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | Derivado de compromisos de la reunión de 04 de marzo, CORPOBOYACÁ remitió mediante email de 14/03/2025 al Contratista información indicando que:<br>• Internamente en CORPOBOYACÁ se realizó "consulta al área jurídica de la Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental y me indicó que no es posible hacer el cambio de medida de preservación/compensación para los Aprovechamientos Forestales Únicos, teniendo en cuenta que así lo establece el procedimiento de la Corporación y, adicional a ello, no se incluye la posibilidad de cambio dentro de los actos administrativos que imponen la medida".<br>• "Se adjuntan las especificaciones técnicas para aislamiento de predios".<br>• "Con relación a las entregas parciales de aislamiento, definitivamente es algo que, tendremos que revisar en el momento de la revisión de los proyectos según el área y longitud a aislar".<br>• Para la verificación de predios potenciales para aislamiento, se programaron las visitas de la siguiente manera: Lengupá: 19 y 20 de marzo. Otanche 25 y 26 de marzo".<br>De lo anterior sólo tuvo conocimiento la Interventoría una vez realizó requerimiento al respecto vía email con fecha 31/03/2025 ante el no suministro de información alguna. |

| RUTA 45BY01, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | Con fecha 31 de marzo, dadas las divergencias entre los costos de siembra y mantenimiento de árboles para la vigencia 2025, entre lo estimado por CORPOBOYACÁ y desde el proyecto, se remitió desde la Interventoría al Contratista la indexación respectiva para ser remitida a la Corporación (enviado vía email con fecha 31/03/2025), a partir de lo cual se programó mesa de trabajo del 01/04/2025. En esta mesa de trabajo con funcionarios de CORPOBOYACÁ en la que de parte de la autoridad ambiental y del proyecto se socializó el cálculo de la indexación de los costos unitarios de siembra y mantenimiento para la vigencia 2025 de parte de la autoridad y del proyecto, a partir de lo cual se ratificó por las partes la divergencia existente entre los costos tasados, pues existe una diferencia de $52,8 pesos por encima entre el valor fijado por la Corporación, con relación a lo calculado para el proyecto por la Interventoría, a partir de lo cual la Interventoría se comprometió a revisar nuevamente los cálculos.<br><br>La interventoría indexó nuevamente con base en las resoluciones que reglamentan lo referente a cambio de medidas de compensación y obtuvo los mismos valores, lo cual fue remitido al Contratista a través de email de 07/04/2025, sobre lo cual se dio respuesta por parte de este vía email con fecha 07/04/2025, manifestando estar de acuerdo con lo verificado por la Interventoría. |

| RUTA 45BY01, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | La Interventoría con fecha 8/04/2025 remitió vía email al Contratista el acta de la reunión del 1/04/2025 para ser remitida a CORPOBOYACÁ (enviada por email el 08/04/2025), sin embargo, esta sólo se suscribió por Contratista e Interventoría, pues no se realizó los mismo por los funcionarios de la Corporación.<br><br>Con fecha 07/05/2025 se realizó mesa de trabajo en la que se consultó a los funcionarios de CORPOBOYACÁ sobre lo referente a la validación de la indexación de los costos de siembra, sobre lo cual manifestaron que eran los que estaban en las resoluciones respectivas. Ante ello y la incertidumbre sobre una revisión del tema por parte de la Corporación, se decidió por consenso (CORPOBOYACÁ, Contratista e Interventoría) presentara a la autoridad el valor que se indexó para la vigencia 2025 desde el proyecto, a efectos de que esta lo valide o fije el valor respectivo. Frente a las especificaciones de aislamiento, se acordó por las mismas partes, solicitar respuesta sobre la consulta realizada al respecto y solicitar pronunciamiento sobre los expedientes OAFF. Los funcionarios de CORPOBOYACÁ no quisieron firmar acta sobre lo conversado y plasmado en estas líneas.<br><br>Con fecha 08/05/2025, se realizó visita a predios de Puerto Pinzón en jurisdicción de Puerto Boyacá, para identificación de predios para |

| RUTA 45BY01, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | ejecución de aislamientos como parte del cambio de medidas de compensación.<br><br>La interventoría mediante la comunicación 055-2-2650-2025 de 13/05/2025 solicitó al Contratista elevar consulta a CORPOBOYACÁ de validación de costos de siembra y mantenimiento indexados a 2025, con base en lo cual procedió el Contratista mediante comunicación DO-TB-2734-2025 con radicado N° 0014545 de 21/05/2025 de lo cual se espera respuesta. De la anterior comunicación se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2737-2025.<br><br>Mediante la comunicación DO-TB-2734-2025 también se solicitó a CORPOBOYACÁ especificaciones técnicas de aislamiento y pronunciamiento sobre cambio de medidas de compensación para los expedientes OAFF (aprovechamientos forestales únicos). De lo anterior se espera respuesta. |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Concesión de Aguas Superficiales Quebrada Velázquez, Quebrada la Cristalina y Quebrada la Honda<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1797 del 13/09/2022<br><br>Expediente OOCA-00033-22. | 5 años, es decir, **hasta el 13/09/2027** | El Contratista se encuentra trabajando en la consolidación de la documentación para presentar proyecto de cambio de medida de compensación a CORPOBOYACA, lo cual tiene como alcance:<br><br>1. **Solicitud de cambio de medida:** En esta se debe manifestar el interés de SUDINCO S.A. por realizar el cambio de la medida de compensación impuesta, por una de las alternativas descritas en el ARTÍCULO PRIMERO (numeral , adquisición de predios) de la Resolución N° 2405 de 29 de Junio de 2017 de CORPOBOYACÁ y una de las alternativas de lo establecido en el numeral 8.2 (Literal f: Modos de compensación, adquisición de predios) del MANUAL DE COMPENSACIONES del componente biótico acogido mediante la Resolución N° 0256 de 22 de febrero de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.<br>2. **Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ:** Soportes donde evidencie que, por parte de SUDINCO S.A., no es posible dar cumplimiento a las medidas de preservación impuestas por Corpoboyacá para los expedientes relacionados en el asunto.<br>3. **Contenido del proyecto:** Apéndice.<br>4. **Contenido del proyecto:** Introducción. |
| Ocupación de Cauce (incluye 47 alcantarillas, 7 box y 4 puentes)<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2436 de 22/11/2022,<br><br>Expediente OPOC-00057-22. | 4 años, es decir, **hasta el 22/11/2026** | |
| Ocupación de Cauce<br><br>(incluye 13 alcantarillas, 1 box y 2 puentes)<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2438 de 23/11/2022,<br><br>Expediente OPOC-00058-22 | 4 años, es decir, **hasta el 23/11/2026** | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Aprovechamiento Forestal de 78 Árboles Aislados para la ZODME del PR73+000<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 0142 de 03/02/2023<br><br>Expediente AFAA-00079-22. | Tres años, es decir, **hasta el 03/02/2026** | 5. **Contenido del proyecto:** Justificación.<br>6. **Contenido del proyecto:** Objetivo general y específicos.<br>7. **Contenido del proyecto (Numeral 1, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Identificación de las áreas priorizadas para la ejecución de la medida.<br>8. **Contenido del proyecto (Numeral 2 y 3, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de Junio de 2017): Identificación de las áreas priorizadas para la ejecución de la medida y Matrícula inmobiliaria o prueba que acredite la calidad de propietario, poseedor u ocupante de buena fe exenta de culpa y certificado de uso de suelo del predio en donde se va a ejecutar la medida (Adjuntando la autorización de los propietarios, poseedores u ocupante de buena fe exenta de culpa en caso que el derecho no lo ostente el titular del permiso); Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ, contenido en:**<br><br>• Carta de ofrecimiento del predio suscrita por su(s) propietario(s), dirigida a la empresa en donde se indique el valor por hectárea.<br>• Certificado de tradición y libertad del predio, con máximo 3 meses de expedición.<br>• Fotocopia legible y completa de la escritura del bien o sentencia de adjudicación con sus respectivos anexos. |
| Aprovechamiento Forestal Único de 60 árboles entre los PR73+378.14 al PR73+757.80 MI; PR73+762.79 al PR74+304.2 MD; PR73+757.84 al PR74+060.65<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1620 de 12/07/2023<br><br>Expediente OOAF-00003-23. | Tres meses, es decir, **hasta el 11/10/2023** | |
| Aprovechamiento Forestal Único de 60 árboles entre los PR73+378.14 al PR73+757.80 MI; PR71+798.86 al PR72+163.21MI - MD; PR72+960.7 al PR73+378.14 MI.<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1621 de 12/07/2023 | Tres meses, es decir, **hasta el 11/10/2023** | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Expediente OOAF-00004-23. | | • Certificado de área de catastro (Certificado Catastral Especial) del año en curso expedido por el IGAC.<br>• Certificado actualizado de uso del suelo expedido por planeación municipal.<br>• Certificación expedida por la Secretaría de Planeación municipal o la unidad de servicios públicos, que certifique que el predio ofertado suministra agua a acueductos rurales o urbanos, que incluya el número de beneficiarios (habitantes).<br>• Plano predial o carta catastral.<br>• Aportar, si tiene, la resolución de aclaración de área expedida por el IGAC.<br>• Formato FGP-25 AUTODECLARACIÓN DE COSTOS DE EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES (adjunto), el cual se diligencia teniendo en cuenta el Avalúo comercial o el valor del predio, establecido en la carta de ofrecimiento por parte del propietario.<br><br>**Nota 1:** Como complemento de lo anterior, se debe presentar la Ficha Predial, el Estudio de Títulos del predio y el Avalúo Comercial correspondiente. Lo anterior, acorde a lo establecido en el Apéndice F de Gestión y Adquisición Predial.<br>**Nota 2:** Lo anterior aplica por cada uno de los predios a adquirir. |
| Aprovechamiento Forestal Único de 107 árboles entre los PR71+184.15 al PR71+788.43; PR71+798.86 al PR72+163.2<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1801 de 31/07/2023<br><br>Expediente OOAF-0005-23. | **Primera Prórroga** por 3 meses, es decir, **hasta el 03/07/2024,** otorgado mediante Auto N° 0650 del 03/04/2024<br><br>Tres meses, es decir, **hasta el 30/10/2023** | |
| Aprovechamiento Forestal Único de 106 árboles entre los PR73+762.69 al PR74+304.2; PR74+060.65 al PR74+570.56; PR74+565.53 al PR74+977.27; PR74+525.38 al PR74+730.05; PR75+365.09 al PR75+697<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1808 de 01/08/2023<br><br>Expediente OOAF-0002-23. | Tres meses, es decir, **hasta el 31/10/2023** | |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Ocupación de Cauce PR15+350 para la construcción de los estribos del Puente Vehicular quebrada Velásquez, para repotenciación de la estructura.<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1907 de 11/08/2023<br><br>Expediente OPOC-0002-23. | Veinticuatro meses, es decir, **hasta el 10/08/2025** | 9. **Contenido del proyecto (Numeral 4, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Descripción de los impactos que se van a compensar con la medida.<br>10. **Contenido del proyecto (Numeral 5, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Formulación de la medida de compensación y descripción detallada de las actividades que se van a realizar.<br>11. **Contenido del proyecto (Numeral 6, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Cálculo de costos de ejecución y seguimiento de la medida de compensación, formato FGP-89.<br>12. **Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ:** Cálculo del valor a compensar por expediente y/o permiso ambiental y global. Tener en cuenta el valor promedio actual establecido en la Resolución 01850 del 04 de agosto de 2023 y la indexación referida en dicha Resolución.<br>13. **Contenido del proyecto (Numeral 7, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Indicadores a través de los cuales se demuestre la efectividad y perdurabilidad en el tiempo de la medida adoptada como compensación (Análisis de adicionalidad).<br>14. **Contenido del proyecto (Numeral 8, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Formulación de estrategias para garantizar la |
| Aprovechamiento Forestal Único de 206 árboles entre los PR67+406.04 al PR67+960.14; PR68+354.78 al PR69+288.2; PR68+897.05 al PR69+201.13; PR68+443.77 al PR68+897.05; PR68+348.5 al PR68+443.77<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1928 de 14/08/2023<br><br>Expediente OOAF-0008-23. | **Primera Prórroga** por 3 meses, es decir, **hasta el 13/06/2024,** otorgado mediante Auto N° 0154 de 13/03/2024.<br><br>El contratista mediante comunicado RL-TB-393-2024 con radicado N° 0014835 de 27/05/2024, solicita a Corpoboyacá suspender términos de la prórroga otorgada mediante el Auto No 0154 del 13 de marzo de 2024 hasta tanto | |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | finalice la Gestión y Adquisición Predial restante.<br><br>Plazo inicial de 3 meses, es decir, **hasta el 13/11/2023** | permanencia en el tiempo de la medida de compensación y sus efectos.<br>15. **Contenido del proyecto (Numeral 9, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Cronograma de actividades y de mantenimiento.<br><br>Con fecha 18 de marzo de 2025 se realizó la primera mesa de trabajo en la oficina principal de CORPOBOYACÁ con funcionarios delegados y que conforman el equipo de trabajo encargado en delante de lo referente a cambio de medidas de compensación, a partir de lo cual se coordina mesa de trabajo para el 04/03/2025.<br><br>Con fecha 04 de marzo de 2024 se realizó mesa de trabajo con el equipo de profesionales conformado por CORPOBOYACÁ para atender lo referente a cambio de medidas de compensación, de lo cual se derivó:<br><br>a) Para el caso de CAS, POC y PAFAA es viable el cambio de medidas de compensación de siembra de árboles por compra de predios.<br><br>b) Para el caso de PAFU se debe evaluar la viabilidad de cambio de medidas de compensación de siembra por compra de predios o aislamientos, por lo que CORPOBOYACÁ validará internamente ello. |
| Aprovechamiento Forestal Único de 88 árboles entre los PR69+666.98 al PR69+696.98; PR69+950.87 al PR70+018.79; PR69+537.68 al PR69+735.4; PR69+531.13 al PR69+666.98; PR69+201.13 al PR69+581.13; PR69+288.2 al PR69+525.04<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1929 de 15/08/2023<br><br>Expediente OOAF-0006-23. | **Primera Prórroga** por 3 meses, es decir, **hasta el 20/06/2024,** otorgado mediante Resolución N° 0578 de 20/04/2024.<br><br>El contratista mediante comunicado RL-TB-392-2024 con radicado N° 0014834 de 27/05/2024, solicitó a Corpoboyacá suspender términos de la prórroga otorgada mediante la Resolución 0578 del 20 de marzo de 2024 hasta tanto finalice la Gestión y Adquisición Predial restante. | |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | Plazo inicial de 3 meses, es decir, **hasta el 14/11/2023** | c) CORPOBOYACÁ sugiere no sólo optar por cambio de medidas orientado a la compra de predios, sino, optar por aislamiento en predios adquiridos por la Corporación. Por ello se programó:<br>• Inspección con fecha 19 y 20 de marzo de 2025, de predios de CORPOBOYACÁ en los municipios de Zetaquira y Páez, para ejecución aislamientos como parte de cambio de medidas de compensación.<br>• Inspección con fecha 25 y 26 de marzo de 2025, de predios de CORPOBOYACÁ en el municipio de Otanche, para ejecución aislamientos como parte de cambio de medidas de compensación.<br>Los resultados de dichas visitas están en evaluación entre Corporación, Contratista e Interventoría para determinar viabilidad de cambio de medidas.<br>Derivado de lo anterior se suscribió el Acta de Reunión N° 151 y acta en formato CORPOBOYACÁ.<br>Derivado de compromisos de la reunión de 04 de marzo, CORPOBOYACÁ remitió mediante email de 14/03/2025 al Contratista información indicando que: |
| Aprovechamiento Forestal Único de 140 árboles y (1) ejemplar de Helecho Arborescente (Cyathea sp.) entre los PR67+406.04 al 67+960.14; PR66+700 al PR66+998.86; PR65+798.49 al PR67+492.7; PR65+620 al PR66+369.94<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2214 de 13/09/2023<br><br>Expediente OOAF-0007-23 | **Primera Prórroga** por 3 meses, es decir, **hasta el 13/06/2024,** otorgado mediante Auto N° 0153 de 13/03/2024.<br><br>Plazo inicial de 3 meses, es decir, **hasta el 06/12/2023** | |
| Aprovechamiento Forestal Único de 468 individuos de guadua entre los Entre los PR1+184.15 al PR71+788.43; PR71+798.86 al PR72+163.21; PR73+757.84 al PR74+060.65; PR73+762.79 al PR74+304.2; PR74+060.65 al PR74+570.56<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2215 de 13/09/2023 | **Primera Prórroga** por 3 meses, es decir, **hasta el 13/06/2024**, otorgado mediante Auto N° 0155 de 13/03/2024.<br><br>Plazo inicial de 3 meses, es decir, **hasta el 06/12/2023** | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Expediente OOAF-0009-23 | | • Internamente en CORPOBOYACÁ se realizó "consulta al área jurídica de la Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental y me indicó que no es posible hacer el cambio de medida de preservación/compensación para los Aprovechamientos Forestales Únicos, teniendo en cuenta que así lo establece el procedimiento de la Corporación y, adicional a ello, no se incluye la posibilidad de cambio dentro de los actos administrativos que imponen la medida".<br><br>• "Se adjuntan las especificaciones técnicas para aislamiento de predios".<br><br>• "Con relación a las entregas parciales de aislamiento, definitivamente es algo que, tendremos que revisar en el momento de la revisión de los proyectos según el área y longitud a aislar".<br><br>• Para la verificación de predios potenciales para aislamiento, se programaron las visitas de la siguiente manera: Lengupá: 19 y 20 de marzo. Otanche 25 y 26 de marzo". |
| Aprovechamiento Forestal 265 árboles aislados.<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3200 del 03/12/2024<br><br>Expediente AFAA-00086-24<br><br>Entre los PR20+670 al PR22+300 CD y PR20+670 al PR22+300CI<br><br>En jurisdicción del municipio de Puerto Boyacá. | Plazo inicial de 3 meses, es decir, hasta el 03/03/2024 | |
| Ocupación de Cauce<br><br>(Incluye la construcción de 7 obras hidráulicas)<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3553 de 23/12/2024<br><br>Expediente OPOC-00019-24. | 210 días, **es decir, hasta el 23/07/2025.** | |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| PR22+322, PR29+326, PR24+981, PR27+712, PR29+854, PR30+804, PR31+004, en jurisdicción del municipio de Puerto Boyacá. | | De lo anterior sólo tuvo conocimiento la Interventoría una vez realizó requerimiento al respecto vía email con fecha 31/03/2025 ante el no suministro de información alguna.<br><br>Con fecha 31 de marzo, dadas las divergencias entre los costos de siembra y mantenimiento de árboles para la vigencia 2025, entre lo estimado por CORPOBOYACÁ y desde el proyecto, se remitió desde la Interventoría al Contratista la indexación respectiva para ser remitida a la Corporación (enviado vía email con fecha 31/03/2025), a partir de lo cual se programó mesa de trabajo del 01/04/2025. En esta mesa de trabajo con funcionarios de CORPOBOYACÁ en la que de parte de la autoridad ambiental y del proyecto se socializó el cálculo de la indexación de los costos unitarios de siembra y mantenimiento para la vigencia 2025 de parte de la autoridad y del proyecto, a partir de lo cual se ratificó por las partes la divergencia existente entre los costos tasados, pues existe una diferencia de $52,8 pesos por encima entre el valor fijado por la Corporación, con relación a lo calculado para el proyecto por la Interventoría, a partir de lo cual la Interventoría se comprometió a revisar nuevamente los cálculos.<br><br>La interventoría indexó nuevamente con base en las resoluciones que reglamentan lo referente a cambio de medidas de compensación y obtuvo los mismos valores, lo cual fue remitido al Contratista a través de email de |
| Aprovechamiento Forestal de 63 Árboles Aislados<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 0329 de 06/02/2025<br><br>Expediente AFAA-00144-24.<br><br>PR23+926 | 3 meses, **es decir, hasta el 06/05/2025.** | |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | 07/04/2025, sobre lo cual se dio respuesta por parte de este vía email con fecha 07/04/2025, manifestando estar de acuerdo con lo verificado por la Interventoría.<br><br>La Interventoría con fecha 8/04/2025 remitió vía email al Contratista el acta de la reunión del 1/04/2025 para ser remitida a CORPOBOYACÁ (enviada por email el 08/04/2025), sin embargo, esta sólo se suscribió por Contratista e Interventoría, pues no se realizó los mismo por los funcionarios de la Corporación.<br><br>Con fecha 07/05/2025 se realizó mesa de trabajo en la que se consultó a los funcionarios de CORPOBOYACÁ sobre lo referente a la validación de la indexación de los costos de siembra, sobre lo cual manifestaron que eran los que estaban en las resoluciones respectivas. Ante ello y la incertidumbre sobre una revisión del tema por parte de la Corporación, se decidió por consenso (CORPOBOYACÁ, Contratista e Interventoría) presentara a la autoridad el valor que se indexó para la vigencia 2025 desde el proyecto, a efectos de que esta lo valide o fije el valor respectivo. Frente a las especificaciones de aislamiento, se acordó por las mismas partes, solicitar respuesta sobre la consulta realizada al respecto y solicitar pronunciamiento sobre los expedientes OAFF. Los funcionarios de CORPOBOYACÁ no quisieron firmar acta sobre lo conversado y plasmado en estas líneas. |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | Con fecha 08/05/2025, se realizó visita a predios de Puerto Pinzón en en jurisdicción de Puerto Boyacá, para identificación de predios para ejecución de aislamientos como parte del cambio de medidas de compensación.<br><br>La interventoría mediante la comunicación 055-2-2650-2025 de 13/05/2025 solicitó al Contratista elevar consulta a CORPOBOYACÁ de validación de costos de siembra y mantenimiento indexados a 2025, con base en lo cual procedió el Contratista mediante comunicación DO-TB-2734-2025 con radicado N° 0014545 de 21/05/2025 de lo cual se espera respuesta. De la anterior comunicación se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2737-2025.<br><br>Mediante la comunicación DO-TB-2734-2025 también se solicitó a CORPOBOYACÁ especificaciones técnicas de aislamiento y pronunciamiento sobre cambio de medidas de compensación para los expedientes OAFF (aprovechamientos forestales únicos). De lo anterior se espera respuesta. |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Concesión de Aguas Superficiales<br><br>Q. La Chorrera PR22+000<br><br>Q. Paunera PR64+000<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2124 de 19/10/2022<br><br>Expediente OOCA-00084-22 | 5 años, es decir, **hasta el 19/10/2027** | El Contratista se encuentra trabajando en la consolidación de la documentación para presentar proyecto de cambio de medida de compensación a CORPOBOYACA, lo cual tiene como alcance:<br><br>1. **Solicitud de cambio de medida:** En esta se debe manifestar el interés de SUDINCO S.A. por realizar el cambio de la medida de compensación impuesta, por una de las alternativas descritas en el ARTÍCULO PRIMERO (numeral , adquisición de predios) de la Resolución N° 2405 de 29 de Junio de 2017 de CORPOBOYACÁ y una de las alternativas de lo establecido en el numeral 8.2 (Literal f: Modos de compensación, adquisición de predios) del MANUAL DE COMPENSACIONES del componente biótico acogido mediante la Resolución N° 0256 de 22 de febrero de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.<br>2. **Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ:** Soportes donde evidencie que, por parte de SUDINCO S.A., no es posible dar cumplimiento a las medidas de preservación impuestas por Corpoboyacá para los expedientes relacionados en el asunto.<br>3. **Contenido del proyecto:** Apéndice.<br>4. **Contenido del proyecto:** Introducción.<br>5. **Contenido del proyecto:** Justificación. |
| Ocupación de Cauce Puente Tambrías, PR1+230<br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 0610 de 01/04/2024<br><br>Expediente OPOC-00048-23 | Permanente por el tiempo de vida útil de las obras construidas para mejorar el estribo occidental del puente vehicular. | |
| Aprovechamiento Forestal de 43 árboles aislados.<br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1315 de 12/06/2024<br><br>Expediente AFAA-00035-24. | 3 meses, es decir, **hasta el 11/09/2024** | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| PR50+000 al PR53+000<br><br>En jurisdicción del municipio de Pauna | | 6. **Contenido del proyecto:** Objetivo general y específicos.<br>7. **Contenido del proyecto (Numeral 1, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Identificación de las áreas priorizadas para la ejecución de la medida.<br>8. **Contenido del proyecto (Numeral 2 y 3, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de Junio de 2017): Identificación de las áreas priorizadas para la ejecución de la medida y Matrícula inmobiliaria o prueba que acredite la calidad de propietario, poseedor u ocupante de buena fe exenta de culpa y certificado de uso de suelo del predio en donde se va a ejecutar la medida (Adjuntando la autorización de los propietarios, poseedores u ocupante de buena fe exenta de culpa en caso que el derecho no lo ostente el titular del permiso); Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ, contenido en:**<br><br>• Carta de ofrecimiento del predio suscrita por su(s) propietario(s), dirigida a la empresa en donde se indique el valor por hectárea.<br>• Certificado de tradición y libertad del predio, con máximo 3 meses de expedición.<br>• Fotocopia legible y completa de la escritura del bien o sentencia de adjudicación con sus respectivos anexos. |
| Ocupación de Cauce<br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3554 de 23/12/2024<br><br>Expediente OPOC-00022-24.<br><br>PR50+991, PR51+155, PR51+356, PR51+436, PR51+710, PR52+490.<br><br>En jurisdicción del municipio de Pauna | 180 días, es decir, **hasta el 22/06/2025** | |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | • Certificado de área de catastro (Certificado Catastral Especial) del año en curso expedido por el IGAC.<br>• Certificado actualizado de uso del suelo expedido por planeación municipal.<br>• Certificación expedida por la Secretaría de Planeación municipal o la unidad de servicios públicos, que certifique que el predio ofertado suministra agua a acueductos rurales o urbanos, que incluya el número de beneficiarios (habitantes).<br>• Plano predial o carta catastral.<br>• Aportar, si tiene, la resolución de aclaración de área expedida por el IGAC.<br>• Formato FGP-25 AUTODECLARACIÓN DE COSTOS DE EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES (adjunto), el cual se diligencia teniendo en cuenta el Avalúo comercial o el valor del predio, establecido en la carta de ofrecimiento por parte del propietario.<br><br>**Nota 1:** Como complemento de lo anterior, se debe presentar la Ficha Predial, el Estudio de Títulos del predio y el Avalúo Comercial correspondiente. Lo anterior, acorde a lo establecido en el Apéndice F de Gestión y Adquisición Predial.<br>**Nota 2:** Lo anterior aplica por cada uno de los predios a adquirir. |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | 9. **Contenido del proyecto (Numeral 4, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Descripción de los impactos que se van a compensar con la medida.<br>10. **Contenido del proyecto (Numeral 5, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Formulación de la medida de compensación y descripción detallada de las actividades que se van a realizar.<br>11. **Contenido del proyecto (Numeral 6, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Cálculo de costos de ejecución y seguimiento de la medida de compensación, formato FGP-89.<br>12. **Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ:** Cálculo del valor a compensar por expediente y/o permiso ambiental y global. Tener en cuenta el valor promedio actual establecido en la Resolución 01850 del 04 de agosto de 2023 y la indexación referida en dicha Resolución.<br>13. **Contenido del proyecto (Numeral 7, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Indicadores a través de los cuales se demuestre la efectividad y perdurabilidad en el tiempo de la medida adoptada como compensación (Análisis de adicionalidad).<br>14. **Contenido del proyecto (Numeral 8, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Formulación de estrategias para garantizar la |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | permanencia en el tiempo de la medida de compensación y sus efectos.<br>15. **Contenido del proyecto (Numeral 9, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Cronograma de actividades y de mantenimiento.<br><br>Con fecha 18 de marzo de 2025 se realizó la primera mesa de trabajo en la oficina principal de CORPOBOYACÁ con funcionarios delegados y que conforman el equipo de trabajo encargado en delante de lo referente a cambio de medidas de compensación, a partir de lo cual se coordina mesa de trabajo para el 04/03/2025.<br><br>Con fecha 04 de marzo de 2024 se realizó mesa de trabajo con el equipo de profesionales conformado por CORPOBOYACÁ para atender lo referente a cambio de medidas de compensación, de lo cual se derivó:<br><br>a) Para el caso de CAS, POC y PAFAA es viable el cambio de medidas de compensación de siembra de árboles por compra de predios.<br><br>b) Para el caso de PAFU se debe evaluar la viabilidad de cambio de medidas de compensación de siembra por compra de predios o aislamientos, por lo que CORPOBOYACÁ validará internamente ello. |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | c) CORPOBOYACÁ sugiere no sólo optar por cambio de medidas orientado a la compra de predios, sino, optar por aislamiento en predios adquiridos por la Corporación. Por ello se programó:<br>• Inspección con fecha 19 y 20 de marzo de 2025, de predios de CORPOBOYACÁ en los municipios de Zetaquira y Páez, para ejecución aislamientos como parte de cambio de medidas de compensación.<br>• Inspección con fecha 25 y 26 de marzo de 2025, de predios de CORPOBOYACÁ en el municipio de Otanche, para ejecución aislamientos como parte de cambio de medidas de compensación.<br>Los resultados de dichas visitas están en evaluación entre Corporación, Contratista e Interventoría para determinar viabilidad de cambio de medidas.<br>Derivado de lo anterior se suscribió el Acta de Reunión N° 151 y acta en formato CORPOBOYACÁ.<br>Derivado de compromisos de la reunión de 04 de marzo, CORPOBOYACÁ remitió mediante email de 14/03/2025 al Contratista información indicando que: |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | • Internamente en CORPOBOYACÁ se realizó "consulta al área jurídica de la Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental y me indicó que no es posible hacer el cambio de medida de preservación/compensación para los Aprovechamientos Forestales Únicos, teniendo en cuenta que así lo establece el procedimiento de la Corporación y, adicional a ello, no se incluye la posibilidad de cambio dentro de los actos administrativos que imponen la medida".<br><br>• "Se adjuntan las especificaciones técnicas para aislamiento de predios".<br><br>• "Con relación a las entregas parciales de aislamiento, definitivamente es algo que, tendremos que revisar en el momento de la revisión de los proyectos según el área y longitud a aislar".<br><br>• Para la verificación de predios potenciales para aislamiento, se programaron las visitas de la siguiente manera: Lengupá: 19 y 20 de marzo. Otanche 25 y 26 de marzo".<br><br>De lo anterior sólo tuvo conocimiento la Interventoría una vez realizó requerimiento al respecto vía email con fecha 31/03/2025 ante el no suministro de información alguna. |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | Con fecha 31 de marzo, dadas las divergencias entre los costos de siembra y mantenimiento de árboles para la vigencia 2025, entre lo estimado por CORPOBOYACÁ y desde el proyecto, se remitió desde la Interventoría al Contratista la indexación respectiva para ser remitida a la Corporación (enviado vía email con fecha 31/03/2025), a partir de lo cual se programó mesa de trabajo del 01/04/2025. En esta mesa de trabajo con funcionarios de CORPOBOYACÁ en la que de parte de la autoridad ambiental y del proyecto se socializó el cálculo de la indexación de los costos unitarios de siembra y mantenimiento para la vigencia 2025 de parte de la autoridad y del proyecto, a partir de lo cual se ratificó por las partes la divergencia existente entre los costos tasados, pues existe una diferencia de $52,8 pesos por encima entre el valor fijado por la Corporación, con relación a lo calculado para el proyecto por la Interventoría, a partir de lo cual la Interventoría se comprometió a revisar nuevamente los cálculos.<br><br>La interventoría indexó nuevamente con base en las resoluciones que reglamentan lo referente a cambio de medidas de compensación y obtuvo los mismos valores, lo cual fue remitido al Contratista a través de email de 07/04/2025, sobre lo cual se dio respuesta por parte de este vía email con fecha 07/04/2025, manifestando estar de acuerdo con lo verificado por la Interventoría. |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | La Interventoría con fecha 8/04/2025 remitió vía email al Contratista el acta de la reunión del 1/04/2025 para ser remitida a CORPOBOYACÁ (enviada por email el 08/04/2025), sin embargo, esta sólo se suscribió por Contratista e Interventoría, pues no se realizó los mismo por los funcionarios de la Corporación.<br><br>Con fecha 07/05/2025 se realizó mesa de trabajo en la que se consultó a los funcionarios de CORPOBOYACÁ sobre lo referente a la validación de la indexación de los costos de siembra, sobre lo cual manifestaron que eran los que estaban en las resoluciones respectivas. Ante ello y la incertidumbre sobre una revisión del tema por parte de la Corporación, se decidió por consenso (CORPOBOYACÁ, Contratista e Interventoría) presentara a la autoridad el valor que se indexó para la vigencia 2025 desde el proyecto, a efectos de que esta lo valide o fije el valor respectivo. Frente a las especificaciones de aislamiento, se acordó por las mismas partes, solicitar respuesta sobre la consulta realizada al respecto y solicitar pronunciamiento sobre los expedientes OAFF. Los funcionarios de CORPOBOYACÁ no quisieron firmar acta sobre lo conversado y plasmado en estas líneas.<br><br>Con fecha 08/05/2025, se realizó visita a predios de Puerto Pinzón en jurisdicción de Puerto Boyacá, para |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | identificación de predios para ejecución de aislamientos como parte del cambio de medidas de compensación.<br><br>La interventoría mediante la comunicación 055-2-2650-2025 de 13/05/2025 solicitó al Contratista elevar consulta a CORPOBOYACÁ de validación de costos de siembra y mantenimiento indexados a 2025, con base en lo cual procedió el Contratista mediante comunicación DO-TB-2734-2025 con radicado N° 0014545 de 21/05/2025 de lo cual se espera respuesta. De la anterior comunicación se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2737-2025.<br><br>Mediante la comunicación DO-TB-2734-2025 también se solicitó a CORPOBOYACÁ especificaciones técnicas de aislamiento y pronunciamiento sobre cambio de medidas de compensación para los expedientes OAFF (aprovechamientos forestales únicos). De lo anterior se espera respuesta. |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Ocupación de Cauce | No se específica un número específico. Se | El Contratista se encuentra trabajando en la consolidación de la documentación para presentar |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 0399 de 14/03/2022<br><br>Expediente OPOC-00012-22 | refiere que la vigencia es por la vida útil del mismo, es decir, hasta 14/03/2024 acorde a los tiempos establecidos para la ejecución del tercer y último mantenimiento de los árboles sembrados. | proyecto de cambio de medida de compensación a CORPOBOYACA, lo cual tiene como alcance:<br><br>1. **Solicitud de cambio de medida:** En esta se debe manifestar el interés de SUDINCO S.A. por realizar el cambio de la medida de compensación impuesta, por una de las alternativas descritas en el ARTÍCULO PRIMERO (numeral , adquisición de predios) de la Resolución N° 2405 de 29 de Junio de 2017 de CORPOBOYACÁ y una de las alternativas de lo establecido en el numeral 8.2 (Literal f: Modos de compensación, adquisición de predios) del MANUAL DE COMPENSACIONES del componente biótico acogido mediante la Resolución N° 0256 de 22 de febrero de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.<br>2. **Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ:** Soportes donde evidencie que, por parte de SUDINCO S.A., no es posible dar cumplimiento a las medidas de preservación impuestas por Corpoboyacá para los expedientes relacionados en el asunto.<br>3. **Contenido del proyecto:** Apéndice.<br>4. **Contenido del proyecto:** Introducción.<br>5. **Contenido del proyecto:** Justificación.<br>6. **Contenido del proyecto:** Objetivo general y específicos. |
| Concesión de Aguas Superficiales<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 0254 de 15/02/2024<br><br>Expediente OOCA-00112-23 | 5 años, es decir, **hasta el 15/02/2029**<br><br>Quebrada Honda<br><br>PR53+800<br><br>En jurisdicción del municipio de Rondón | |
| Aprovechamiento Forestal de 165 Árboles Aislados<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1320 de 13/06/2024<br><br>Expediente AFAA-00029-24. | 3 meses, es decir, **hasta el 12/09/2024** | |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| PR50+000 al PR61+000 correspondiente a la Ruta Nacional 6009 - jurisdicción de los municipios de Rondón y Zetaquira | | 7. **Contenido del proyecto (Numeral 1, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Identificación de las áreas priorizadas para la ejecución de la medida.<br>8. **Contenido del proyecto (Numeral 2 y 3, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de Junio de 2017): Identificación de las áreas priorizadas para la ejecución de la medida y Matrícula inmobiliaria o prueba que acredite la calidad de propietario, poseedor u ocupante de buena fe exenta de culpa y certificado de uso de suelo del predio en donde se va a ejecutar la medida (Adjuntando la autorización de los propietarios, poseedores u ocupante de buena fe exenta de culpa en caso que el derecho no lo ostente el titular del permiso); Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ, contenido en:**<br><br>• Carta de ofrecimiento del predio suscrita por su(s) propietario(s), dirigida a la empresa en donde se indique el valor por hectárea.<br>• Certificado de tradición y libertad del predio, con máximo 3 meses de expedición.<br>• Fotocopia legible y completa de la escritura del bien o sentencia de adjudicación con sus respectivos anexos.<br>• Certificado de área de catastro (Certificado Catastral Especial) del año en curso expedido por el IGAC. |
| Ocupación de Cauce<br><br>(Incluye 3 alcantarillas)<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1414 de 25/06/2024<br><br>Expediente OPOC-0006-24.<br><br>PR52+973<br><br>PR59+072<br><br>PR59+364<br>En jurisdicción del municipio de Rondón. | 3 meses, es decir, **hasta el 24/09/2024** | |
| Permiso de Aprovechamiento Forestal de 59 Árboles Aislados<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2682 de 25/10/2022<br><br>Expediente AFAA-00103-24. | 2 meses, es decir, **hasta el 24/12/2024** | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| Tramo 2<br><br>PR61+150 al PR61+500 | | • Certificado actualizado de uso del suelo expedido por planeación municipal.<br>• Certificación expedida por la Secretaría de Planeación municipal o la unidad de servicios públicos, que certifique que el predio ofertado suministra agua a acueductos rurales o urbanos, que incluya el número de beneficiarios (habitantes).<br>• Plano predial o carta catastral.<br>• Aportar, si tiene, la resolución de aclaración de área expedida por el IGAC.<br>• Formato FGP-25 AUTODECLARACIÓN DE COSTOS DE EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES (adjunto), el cual se diligencia teniendo en cuenta el Avalúo comercial o el valor del predio, establecido en la carta de ofrecimiento por parte del propietario.<br><br>**Nota 1:** Como complemento de lo anterior, se debe presentar la Ficha Predial, el Estudio de Títulos del predio y el Avalúo Comercial correspondiente. Lo anterior, acorde a lo establecido en el Apéndice F de Gestión y Adquisición Predial.<br>**Nota 2:** Lo anterior aplica por cada uno de los predios a adquirir.<br><br>9. **Contenido del proyecto (Numeral 4, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Descripción de los impactos que se van a compensar con la medida. |
| Ocupación de Cauce<br><br>(Incluye 2 alcantarillas)<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3083 de 26/11/2024<br><br>Expediente OPOC-00027-24.<br><br>PR61+340 y PR63+225 | 6 semanas, es decir, **hasta el 07/01/2025** | |
| Ocupación de Cauce<br><br>(Incluye 7 obras hidráulicas)<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3084 de 26/11/2024<br><br>Expediente OPOC-00015-24.<br><br>PR55+728, PR58+934, PR59+724, PR60+030, PR60+090, PR60+190, PR60+345 | 6 meses, es decir, **hasta el 25/05/2025** | |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| En jurisdicción del municipio de Rondón y Zetaquira | | 10. **Contenido del proyecto (Numeral 5, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Formulación de la medida de compensación y descripción detallada de las actividades que se van a realizar.<br>11. **Contenido del proyecto (Numeral 6, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Cálculo de costos de ejecución y seguimiento de la medida de compensación, formato FGP-89.<br>12. **Oficio N° 160-07099 de 10/05/2024 de CORPOBOYACÁ:** Cálculo del valor a compensar por expediente y/o permiso ambiental y global. Tener en cuenta el valor promedio actual establecido en la Resolución 01850 del 04 de agosto de 2023 y la indexación referida en dicha Resolución.<br>13. **Contenido del proyecto (Numeral 7, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Indicadores a través de los cuales se demuestre la efectividad y perdurabilidad en el tiempo de la medida adoptada como compensación (Análisis de adicionalidad).<br>14. **Contenido del proyecto (Numeral 8, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Formulación de estrategias para garantizar la permanencia en el tiempo de la medida de compensación y sus efectos.<br>15. **Contenido del proyecto (Numeral 9, ARTÍCULO PRIMERO, Resolución N° 2405 de 29 de junio de 2017):** Cronograma de actividades y de mantenimiento. |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | Con fecha 18 de marzo de 2025 se realizó la primera mesa de trabajo en la oficina principal de CORPOBOYACÁ con funcionarios delegados y que conforman el equipo de trabajo encargado en delante de lo referente a cambio de medidas de compensación, a partir de lo cual se coordina mesa de trabajo para el 04/03/2025.<br><br>Con fecha 04 de marzo de 2024 se realizó mesa de trabajo con el equipo de profesionales conformado por CORPOBOYACÁ para atender lo referente a cambio de medidas de compensación, de lo cual se derivó:<br><br>a) Para el caso de CAS, POC y PAFAA es viable el cambio de medidas de compensación de siembra de árboles por compra de predios.<br><br>b) Para el caso de PAFU se debe evaluar la viabilidad de cambio de medidas de compensación de siembra por compra de predios o aislamientos, por lo que CORPOBOYACÁ validará internamente ello.<br><br>c) CORPOBOYACÁ sugiere no sólo optar por cambio de medidas orientado a la compra de predios, sino, optar por aislamiento en predios adquiridos por la Corporación. Por ello se programó:<br><br>• Inspección con fecha 19 y 20 de marzo de 2025, de predios de CORPOBOYACÁ en los municipios |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | de Zetaquira y Páez, para ejecución aislamientos como parte de cambio de medidas de compensación.<br><br>Los resultados de dichas visitas están en evaluación entre Corporación, Contratista e Interventoría para determinar viabilidad de cambio de medidas.<br><br>Derivado de lo anterior se suscribió el Acta de Reunión N° 151 y acta en formato CORPOBOYACÁ.<br><br>Derivado de compromisos de la reunión de 04 de marzo, CORPOBOYACÁ remitió mediante email de 14/03/2025 al Contratista información indicando que:<br><br>• Internamente en CORPOBOYACÁ se realizó "consulta al área jurídica de la Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental y me indicó que no es posible hacer el cambio de medida de preservación/compensación para los Aprovechamientos Forestales Únicos, teniendo en cuenta que así lo establece el procedimiento de la Corporación y, adicional a ello, no se incluye la posibilidad de cambio dentro de los actos administrativos que imponen la medida".<br><br>• "Se adjuntan las especificaciones técnicas para aislamiento de predios". |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | • "Con relación a las entregas parciales de aislamiento, definitivamente es algo que, tendremos que revisar en el momento de la revisión de los proyectos según el área y longitud a aislar".<br><br>• Para la verificación de predios potenciales para aislamiento, se programaron las visitas de la siguiente manera: Lengupá: 19 y 20 de marzo. Otanche 25 y 26 de marzo".<br><br>De lo anterior sólo tuvo conocimiento la Interventoría una vez realizó requerimiento al respecto vía email con fecha 31/03/2025 ante el no suministro de información alguna.<br><br>Con fecha 31 de marzo, dadas las divergencias entre los costos de siembra y mantenimiento de árboles para la vigencia 2025, entre lo estimado por CORPOBOYACÁ y desde el proyecto, se remitió desde la Interventoría al Contratista la indexación respectiva para ser remitida a la Corporación (enviado vía email con fecha 31/03/2025), a partir de lo cual se programó mesa de trabajo del 01/04/2025. En esta mesa de trabajo con funcionarios de CORPOBOYACÁ en la que de parte de la autoridad ambiental y del proyecto se socializó el cálculo de la indexación de los costos unitarios de siembra y mantenimiento para la vigencia 2025 de parte de la autoridad y del proyecto, a partir de lo cual se ratificó por las partes la divergencia existente entre los costos tasados, pues existe una diferencia de $52,8 pesos |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | por encima entre el valor fijado por la Corporación, con relación a lo calculado para el proyecto por la Interventoría, a partir de lo cual la Interventoría se comprometió a revisar nuevamente los cálculos.<br><br>La interventoría indexó nuevamente con base en las resoluciones que reglamentan lo referente a cambio de medidas de compensación y obtuvo los mismos valores, lo cual fue remitido al Contratista a través de email de 07/04/2025, sobre lo cual se dio respuesta por parte de este vía email con fecha 07/04/2025, manifestando estar de acuerdo con lo verificado por la Interventoría.<br><br>La Interventoría con fecha 8/04/2025 remitió vía email al Contratista el acta de la reunión del 1/04/2025 para ser remitida a CORPOBOYACÁ (enviada por email el 08/04/2025), sin embargo, esta sólo se suscribió por Contratista e Interventoría, pues no se realizó los mismo por los funcionarios de la Corporación.<br><br>Con fecha 07/05/2025 se realizó mesa de trabajo en la que se consultó a los funcionarios de CORPOBOYACÁ sobre lo referente a la validación de la indexación de los costos de siembra, sobre lo cual manifestaron que eran los que estaban en las resoluciones respectivas. Ante ello y la incertidumbre sobre una revisión del tema por parte de la Corporación, se decidió por consenso (CORPOBOYACÁ, Contratista e Interventoría) presentara a la autoridad el valor que se indexó para la vigencia |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | 2025 desde el proyecto, a efectos de que esta lo valide o fije el valor respectivo. Frente a las especificaciones de aislamiento, se acordó por las mismas partes, solicitar respuesta sobre la consulta realizada al respecto y solicitar pronunciamiento sobre los expedientes OAFF. Los funcionarios de CORPOBOYACÁ no quisieron firmar acta sobre lo conversado y plasmado en estas líneas.<br><br>La interventoría mediante la comunicación 055-2-2650-2025 de 13/05/2025 solicitó al Contratista elevar consulta a CORPOBOYACÁ de validación de costos de siembra y mantenimiento indexados a 2025.<br><br>El Contratista mediante correo electrónico de 14 de mayo de 2025, informó a la Interventoría que con fecha 15 de mayo se realizaría visita el predio de ASOLENGUPA en el municipio de Miraflores, como alternativa para la ejecución de aislamiento de cambio de medidas de compensación.<br><br>El Contratista en respuesta a la comunicación 055-2-2650-2025, procedió mediante la comunicación DO-TB-2734-2025 con radicado N° 0014545 de 21/05/2025 a solicitar pronunciamiento formal frente al valor indexado para la vigencia 2025, de lo cual se espera respuesta. De la anterior comunicación se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2737-2025. |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD RELACIONADA CON LA VIGENCIA Y MEDIDAS DE COMPENSACIÓN DE PERMISOS AMBIENTALES | | |
|---|---|---|
| **PERMISO** | **VIGENCIA DEL PERMISO** | **MEDIDA DE COMPENSACIÓN / ESTADO** |
| | | Mediante la comunicación DO-TB-2734-2025 también se solicitó a CORPOBOYACÁ especificaciones técnicas de aislamiento y pronunciamiento sobre cambio de medidas de compensación para los expedientes OAFF (aprovechamientos forestales únicos). De lo anterior se espera respuesta. |

### 3.2. SEGUIMIENTO A PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE.

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Trámite de Permiso de Aprovechamiento Forestal de 242 Árboles Aislados | Tramo 5<br><br>PR25+670 al PR26+670 CI y CD | El Contratista presento solicitud de aprovechamiento forestal mediante la comunicación RL-TB-464-2024 de 27/09/2024 con radicado N° 0026583 del 30/09/2024.<br><br>CORPOBOYACA mediante oficio 103-020497 de 23/11/2024 solicitó al Contratista aclaraciones sobre titularidad de predios. Lo anterior fue atendido por el Contratista mediante la comunicación RL-TB-503-2024 con radicado N° 0034493 de 16/12/2024.<br><br>El Contratista con fecha 29/01/2025 realizó pago por concepto de evaluación ambiental, de lo cual se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación RL-TB-533-2025 de 31/01/2025. |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | CORPOBOYACÁ mediante oficio 103-03297 del 22 de febrero de 2025 solicitó allegar la documentación de los predios asociados al permiso, sopena de cierre de trámite. A lo anterior dio repuesta el Contratista mediante comunicación RL-TB-553-2025 de 22/03/2025 (pendiente de número de radicado) solicitando un mes más de prórroga para atender lo solicitado.<br><br>CORPOBOYACÁ mediante oficio N° 103-03297 del 22 de febrero de 202 solicitó al Contratista presentar la autorización de los propietarios para el AF, así como documentos de titularidad de predios. EL Contratista atendió mediante la comunicación RL-TB-560-2025 de 10/04/2025 (pendiente de número de radicado).<br><br>CORPOBOYACÁ emitió el Auto N° 0289 de 07/05/2025 mediante el cual declara inicio de trámite y apertura el Expediente AFAA-0005-25. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2709-2025 de 10/05/2025.<br><br>Funcionarios de CORPOBOYACÁ realizaron visita de inspección con fecha 20/05/2025. |
| Trámite de CAS | Río Guaguaquí | El Contratista mediante comunicación RL-TB-474-2024 (pendiente de número de radicado) solicitó a CORPOBOYACÁ CAS.<br><br>CORPOBOYACÁ mediante oficio 103-07346 del 28 de abril de 2025 realizó requerimientos de complementación de información, a lo cual dio respuesta el Contratista mediante la comunicación RL-TB-569-2025 (pendiente de |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | número de radicado). Sólo hasta el recibido de la comunicación RL-TB-569-2025 la Interventoría tuvo conocimiento de este trámite. |
| Trámite de Permiso de Aprovechamiento Forestal de 264 Árboles Aislados | Predio Bombay<br><br>PR22+300 al PR25+670 CI | El Contratista presento solicitud de aprovechamiento forestal mediante la comunicación RL-TB-520-2024 de 20/12/2024 (pendiente de número de radicado).<br><br>El Contratista realizó solicitud a la SAE de autorización de AF para trámite ante CORPOBOYACÁ mediante la comunicación RL-TB-472-2024 con radicado N° 20244100582951, sobre lo cual la SAE se pronunció mediante el oficio N° 20244100658201 de 05/12/2024 indicando el procedimiento para acceder a los predios bajo su administración.<br><br>El Contratista presentó Derecho de Petición a la SAE mediante la comunicación RL-TB-485-2024 con radicado N° 20242013700102.<br><br>El Contratista en respuesta al Oficio N° 20244100658201 de 05/12/2024 de la SAE, mediante comunicación RL-TB-510-2024 con radicado N° 20242013700102 de 26/12/2024, realizó aclaraciones a la SAE y solicitó mesa de trabajo.<br><br>El Contratista mediante la comunicación DO-TB-2472-2025 de 31/01/2025, remite los oficios 20244100658201 de 05/12/2024 y 20254100007791 de 08/01/2025.<br><br>La Interventoría mediante comunicación 055-2-2481-2025 del 13/02/2025, solicitó al Contratista realizar el acercamiento con el destinatario provisional del predio, asignado por la SAE, con el fin de obtener autorización para |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | aprovechamientos de árboles en condición de cerca viva. Sobre lo anterior el Contratista dio respuesta mediante comunicación DO-TB-2527-2025 de 26/02/2025 precisando que realizará el acercamiento con el administrador respectivo y que los temas prediales de adquisición predial de la franja se encuentran en desarrollo.<br><br>CORPOBOYACÁ mediante oficio 150-2084 del 06/02/2025 solicitó complementación de información. El Contratista atendió lo requerido mediante la comunicación RL-TB-547-2025 remitiendo información complementaria, solicitando liquidación de recibo por concepto de evaluación y solicitando expedición de auto de inicio de trámite.<br><br>El Contratista mediante comunicación RL-TB-556-2025 (pendiente de número de radicado) remitió a CORPOBOYACÁ comprobante de pago por concepto de servicios de evaluación. |
| Trámite de Permiso de Aprovechamiento Forestal de 276 Árboles Aislados | Tramo 6<br><br>PR22+300 al PR25+271 CD | El Contratista presentó solicitud de trámite mediante comunicación RL-TB-544-2025 con radicado 0007839 de 20/03/2025.<br><br>CORPOBOYACÁ emitió mediante oficio 150-7704 de 02/05/2025 la liquidación por concepto de servicios de evaluación ambiental. El Contratista procedió con el pago y remitió mediante la comunicación DO-TB-2711-2025 (pendiente de número de radicado). |
| Trámite de Permiso de Aprovechamiento | Tramo 7 | El Contratista presentó solicitud de trámite mediante comunicación RL-TB-574-2025 (pendiente de número de radicado). |

| RUTA 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Forestal de 230 Árboles Aislados | PR26+768 al PR27+712 CI y CD | |

| RUTA 6007, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Sin trámites en curso a la fecha. | NA | NA |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Aprovechamiento Forestal | PR75+350 | El Contratista reportó mediante comunicación RL-TB-409-2024 de 17/06/2024 a los Consejos Municipales de Gestión del Riesgo, CMGR del departamento de Boyacá y municipios de Rondón, Zetaquira, Miraflores, Berbeo, San Eduardo y Páez, así como a CORPOBOYACÁ (Dirección Territorial de Miraflores, sobre las afectaciones y condiciones de riesgo por Ola Invernal en la Ruta 6009, con el fin de que se activen el Sistema de Alerta Temprana. |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | Así mismo, se reportó por el Contratista a las entidades ya referidas mediante comunicación RL-TB-492-2024 de 19/11/2024, de las afectaciones que se registran en la R6009 debido a las lluvias.<br><br>El Contratista mediante la comunicación RL-TB-493-2024 con radicado N° 0032124 de 25/11/2024, notificó a CORPOBOYACÁ sobre las afectaciones registradas en la R6009 por ola invernal.<br><br>El Contratista mediante la comunicación RL-TB-504-2024 con radicado N° 0033080 de 03/12/2024, notificó a CORPOBOYACÁ sobre afectaciones del puente ubicado sobre la quebrada la Rusa en el PR75+350.<br><br>El Contratista mediante la comunicación RL-TB-506-2024 con radicado N° 0033463 de 05/12/2024, solicitó a CORPOBOYACÁ inicio de trámite de PAF.<br><br>CORPOBOYACÁ mediante oficio 101-07112 de 10/01/2025 generó recibo para pago por servicios de evaluación. El Contratista realizó el pago remitiendo mediante la comunicación RL-TB-525-2025 de 22/01/2025 (Pendiente de número de radicado).<br><br>CORPOBOYACÁ mediante Auto N° 00123 de 05/03/2025 admitió solicitud de trámite administrativo de autorización de AF de árboles aislados, quedando pendiente la realización de visita técnica. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2550-2025 de 10/03/2025.<br><br>Funcionarios de CORPOBOYACÁ realizaron visita de otorgamiento con fecha 04/04/2025. |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Permiso de ocupación de Cauce<br><br>Q. honda | PR53+720 | El Contratista mediante comunicación RL-TB-521-2024 de 20/12/2024 con radicado N° 0034984 de 21/12/2024 presentó a CORPOBOYACÁ solicitud de POC.<br><br>CORPOBOYACÁ mediante oficio 101-06157 de 09/01/2025 requirió complementación de información y generó recibo para pago por servicios de evaluación. El Contratista realizó el pago remitiendo mediante la comunicación RL-TB-526-2025 de 22/01/2025 (Pendiente de número de radicado). Dado que no se atendió lo requerido en cuanto a complementación de información se realizó requerimiento vía correo electrónico de 20/02/2025.<br><br>CORPOBOYACÁ mediante el oficio N° 101-2369 del 11/02/2025 solicitó aclaraciones sobre el tipo de intervención a realizar. El Contratista atendió lo requerido mediante la comunicación RL-TB-536-2025 de 18/02/2025.<br><br>Funcionarios de CORPOBOYACÁ realizaron visita de inspección con fecha 28/04/2025, con lo cual sólo queda pendiente la expedición del permiso. |
| Permiso de ocupación de Cauce<br><br>Q. Tobacía | PR94+500 | El Contratista mediante comunicación RL-TB-527-2025 con radicado N° 0001215 de 20/01/2025 presentó a CORPOBOYACÁ solicitud de POC por emergencia.<br><br>CORPOBOYACÁ mediante oficio 101-38827 del 05 de marzo de 2025, liquidó valor a pagar por concepto de servicios de evaluación y emitió recibo de pago. El Contratista procedió con el pago y remitió comprobante mediante comunicación RL-TB-541-2025 con radicado N° 0006632 de 11/03/2025. |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | CORPOBOYACÁ mediante oficio 101-3282 de 05/03/2025 solicitó complementación de información. Lo anterior fue atendido por el Contratista mediante la comunicación RL-TB-545-2025 de 11/03/2025 (pendiente de número de radicado).<br><br>Funcionarios de CORPOBOYACÁ realizaron visita de otorgamiento con fecha 06/05/2025. |
| Trámite de Permiso de Aprovechamiento Forestal de 13 Árboles Aislados | PR54+450 CD | El Contratista presentó solicitud de trámite de AF para adecuación de ZODME mediante comunicación RL-TB-564-2025 de 24/04/2024 con radicado N° 0011874 de 04-29-2025.<br><br>CORPOBOYACÁ mediante el oficio 101-8861 del 15 de mayo de 2025 liquidó lo correspondiente a pago por concepto de evaluación ambiental. El Contratista remitió soporte de pago mediante la comunicación DO-TB-2744-2025 (pendiente de número de radicado). |
| Trámite de Permiso de Ocupación de Cauce | PR63+225 | Dado que la obra del PR63+225 autorizada mediante la mediante Resolución N° 3083 de 26/11/2024, Expediente OPOC-00027-24 no se ejecutó por no disponibilidad de recursos económicos, el Contratista solicitó prórroga mediante la comunicación RL-TB-524-2025 con radicado N° 0001223 de 20/01/2025. CORPOBOYACÁ negó la prórroga mediante oficio 101-2078 de 06/02/2025 dado que la solicitud fue posterior al vencimiento de los plazos conferidos para la ejecución de las obras. |

| RUTA 6009, TRAZABILIDAD DE PERMISOS AMBIENTALES EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | Por lo anterior, el Contratista solicitó a CORPOBOYACÁ mediante comunicación RL-TB-565-2025 (pendiente de número de radicado) POC. |

**4. SEGUIMIENTO A PERMISOS MINEROS OTORGADOS Y EN TRÁMITE.**

**4.1 AUTORIZACIONES TEMPORALES OTORGADAS.**

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Autorización Temporal Nº 505470 otorgada por la Agencia Nacional de Minería – ANM mediante Resolución Nº 210-5054 de 24/05/2022. | Municipio de Puerto Boyacá en el departamento de Boyacá | El Contratista mediante comunicación DO-TB-918-2023 de 20/02/2023 Presentó a la Interventoría formatos de pago de regalías y mediante comunicación DO-TB-963-2023 de 15/03/2023 remitió a la Interventoría copia de la AUTORIZACIÓN TEMPORAL Nº 505470- RESOLUCIÓN Nº 210-5054 DE 24/05/2022 de la ANM.<br><br>Nota: Cronológicamente se refiere en la Resolución Nº 210-5054 DE 24/05/2022 que el trámite se autorización temporal se realizó de la siguiente manera:<br><br>"(…) SUDINCO S.A. (…) radicó el día 04/ABR/2022, solicitud de autorización temporal para la explotación de un yacimiento de ARENAS (DE RIO), GRAVAS (DE RIO), ubicado en el (los) municipios de PUERTO BOYACÁ, YACOPÍ, departamento (s) de Boyacá, Cundinamarca, solicitud radicada con el No. 505470 (…)". |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | "(…) el día 04/MAY/2022, el Grupo de Contratación Minera emitió concepto técnico donde se determinó que el área se encuentra libre de superposiciones con solicitudes y títulos; por tanto, el área libre susceptible de otorgar es de 57.5624 hectáreas, previo cumplimiento y aprobación de los requisitos establecidos por la autoridad minera y ambiental (…)".<br><br>"(…) 04/MAY/2022 se evaluó técnicamente la solicitud de Autorización No. 505470. y se determinó lo siguiente: "(...) Una vez evaluada la solicitud de Autorización Temporal No. 505470, se considera técnicamente viable continuar con el trámite y se observa: 1-. Medido el cauce del Rio Guaguaquí (Río Moras), se determina una longitud de dos (2) Km; por tanto, cumple con el Art. 64 de la Ley 685 de 2001 para cauce y ribera. Se le recuerda al solicitante que no podrá desarrollar actividades de explotación en el drenaje sencillo la cristalina, teniendo en cuenta que el mencionado artículo establece que debe corresponder a una sola corriente de agua (…)".<br><br>"(..) Que el día 05/MAY/2022 el Grupo de Contratación Minera emitió concepto jurídico en el cual se determinó que la solicitud de Autorización Temporal cumple con la normatividad minera y en especial con el artículo 116 de la Ley 685 de 2001, dado que el solicitante demuestra la calidad de entidad territorial y/o contratista de una entidad pública (…)".<br><br>"(…) Que así las cosas de acuerdo con lo estipulado por artículo el 116 de la Ley 685 de 2001, la solicitud de autorización temporal N° 505470, es técnica y jurídicamente viable (…)". |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | A partir de lo anterior, fue que la Interventoría tuvo conocimiento que para el Contrato de Obra se había obtenido una Autorización temporal, por lo que mediante comunicación 055-2-1032-2023 de 31/03/2023 solicitó al Contratista aclarar por qué no se le notificó de estas actuaciones y no omitir el suministro de información y documentación de manera oportuna, así como informar del estado de la elaboración del Plan de Trabajo de Explotación y aprobación del mismo por la Agencia Nacional de Minería – ANM y de la Licencia Ambiental y aprobación de la misma por parte de la o las autoridades ambientales competentes, dado que este polígono se encuentra en jurisdicción de CORPOBOYACA y la CAR; estos considerando qué sólo se puso en conocimiento de este permiso sólo después de nueve (09) meses después de haber sido obtenido.<br><br>Sobre los soportes de pago de regalías de los trimestres 2, 3 y 4 de 2022 remitidos mediante la comunicación DO-TB-918-2023, la Interventoría mediante comunicación 055-2-1040-2023 de 10/04/2023 solicitó al Contratista aclarar el por qué del no pago de regalías dentro de los trimestres respectivos.<br><br>El Contratista mediante comunicación DO-TB-1006-2023 de 10/04/2023 atendió lo requerido mediante comunicación 055-2-1032-2023 realizando las aclaraciones correspondientes, aunque ello no subsana la omisión en el suministro oportuno de la información y documentación.<br><br>El Contratista mediante comunicación DO-TB-1028-2023 de 18/04/2023 atendió lo requerido mediante comunicación 055-2-1040-2023 realizando las aclaraciones correspondientes. |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | La Interventoría mediante comunicación 055-2-1168-2023 de 22/06/2023 solicitó al Contratista "(…) notificar de manera inmediata a la Interventoría de los resultados de la evaluación realizada y, de la decisión tomada en cuanto al desistimiento o no de la autorización temporal, lo cual se estima está condicionado por "(…) dificultades en el entorno social y ambiental del AID del polígono que dificultan la consecución de la respectiva Licencia Ambiental, ya que el Municipio de Puerto Boyacá ha negado de manera reiterativa el Uso del Suelo correspondiente (…)", sin respuesta a la fecha del Contratista.<br><br>La Agencia Nacional de Minería – ANM mediante oficio No: 20239030837771 de 09/08/2023 remitió la Resolución Informativa VSC-003 del 27/07/2023 y notificó al Contratista que, el Titulo Minero correspondiente a la Autorización Temporal N° 505470 queda en custodia para todos los efectos del Punto de Atención Regional Medellín- PARM. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante comunicación DO-TB-1288-2023 de 06/09/2023.<br><br>La ANM publicó el Auto PARM-752 mediante el cual aprueba la declaración de regalías de los trimestres II de 2022 y III del 2023, sin embargo, el Contratista mediante comunicación RL-TB-312-2024 de 05/01/2024 precisa que se "ha presentado y declarado de manera puntual e ininterrumpida la contraprestación de regalías para la autorización minera del comento" y solicita "al Punto de Atención Regional Medellín PARM verificar los soportes que reposan dentro del expediente minero".<br><br>De otro lado, la ANM a través del ESTADO No 68 EST-VSCM-PARM-008 del 28 de diciembre de 2023, requirió bajo apremio de multa se presente |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | "Licencia ambiental para la explotación en el área de la autorización temporal y Plan de Trabajo de Explotación", sobre lo cual el Contratista mediante comunicación RL-TB-312-2024 de 05/014/2024 realizó las aclaraciones correspondientes en cuanto a las limitantes que han imposibilitado ello. Así mismo, a través de la comunicación citada, el Contratista aclara que el formato Básico Minero 2022 se presentó "en la plataforma ANNA mediante el radicado No 66555-0 del 14 de febrero de 2023" y que el Formato Básico Minero 2023 tiene para presentarlo hasta el "15 de febrero de 2024", así mismo, aclaró que el pago de regalías se realizó así:<br><br>Tercer trimestre de 2022, mediante Oficio DO-TB-822-2023 del 07 de diciembre de 2022 con Radicado ANM No 20221002190572.<br><br>Cuarto trimestre de 2022, mediante Oficio DO-TB-870-2023 del 11 de enero de 2023 con Radicado ANM No 20231002223082.<br><br>Primer trimestre de 2023, mediante Oficio RL-TB-186-2023 del 31 de marzo de 2023 con Radicado ANM No 20231002356112.<br><br>Segundo trimestre de 2023, mediante Oficio RL-TB-237-2023 del 30 de junio de 2023 con Radicado ANM No 20231002498712.<br><br>Cuarto trimestre de 2023, mediante Oficio RL-TB-310-2024 del 03 de enero de 2023 con Radicado ANM No 20241002818922.<br><br>Aunque no se refiere en la comunicación RL-TB-312-2024, el Tercer trimestre de regalías de 2023, fue remitido mediante comunicación RL-TB-266-2023 de 27/09/2023. |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | El Contratista mediante comunicación RL-TB-310-2023 de 03/01/2024 remitió a la Interventoría reporte de regalías del cuarto Trimestre de 2023.<br><br>Mediante comunicación DO-TB-1646-2024 de 24/01/2024 se dio traslado a la Interventoría de respuesta de la ANM, acusando recibo de la información allegada mediante comunicación RL-TB-312-2024.<br><br>El Contratista mediante comunicación DO-TB-1689-2024 de 09 de febrero de 2024, remitió a la Interventoría copia del Formato Básico Minero de la vigencia 2023 presentado a la ANM con fecha 08/02/2024.<br><br>El Contratista no realizó explotación de materiales y mediante la comunicación RL-TB-352-2024 con radicado ANNA Minería No 96611 del 19 de marzo de 2024 renunció a la Autorización Temporal, dadas algunas dificultades relacionadas con acceso al sitio, comunidades y dificultad en la obtención de concepto de uso favorable del suelo, de lo cual se dio traslado a la Interventoría mediante la misma comunicación. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante comunicación DO-TB-1792-2024 de 21/03/2024.<br><br>El Contratista mediante comunicación RL-TB-359-2024 de 01/04/2024 presentó a la ANM, reporte de regalías del primer trimestre de 2024.<br><br>El Contratista mediante la comunicación DO-TB-1915-2024 reiteró que se presentó desistimiento sobre la AT mediante comunicación RL-TB-352-2024 y que se está a la espera de acto administrativo de cierre.<br><br>El Contratista mediante la comunicación RL-TB-418-2024 de 02/07/2024 reiteró a la ANM pronunciamiento sobre el desistimiento presentado. |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | El Contratista mediante la comunicación RL-TB-469-2024 de 31/10/2024, reiteró derecho de petición a oficio RL-TB-418-2024 del 02 de julio de 2024 radicado ANM 20241003233682 del 02 de julio de 2024. Reiteración Evento ANNA Minería 547829 del 19 de marzo de 2024 – Oficio RL-TB-352-2024 del 18 de marzo de 2024 - Presentación de renuncia a la Autorización Temporal e Intransferible No 505470.<br><br>La Agencia Nacional de Minería ANM – Punto de Atención Regional Medellín PARMEDELLIN emitió el Estado No. EST-VSCSM-PARME-073 del 29 de noviembre de 20241 el cual relaciona el Auto PARME No. 1568 del cual está pendiente de que nos sea notificado, menciona entre sus apartes lo siguiente:<br><br>"…3.1. APROBACIONES (página No. 1):<br><br>APROBAR los formularios para la declaración de producción y liquidación de regalías para el mineral gravas, presentados en cero (0) correspondientes a los trimestres III y IV del año 2022; los trimestres I, II y IV del año 2023 y el trimestre I del año 2024."<br><br>De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2406-2024 de 20/12/2024.<br><br>El Contratista presentó Derecho de Petición RL-TB-543-2025 radicado de entrada No. 20251003783242 a la ANM para obtener respuesta sobre solicitud de desistimiento presentada a la ANM sobre el titulo minero.<br><br>La ANM se pronunció mediante oficio 20259020615291 de 26/03/2025 sobre la solicitud de terminación de la AT, indicando que dicho proceso se |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | encuentra en revisión en la sede central y se solicitó priorización en la revisión y suscripción del acto administrativo de cierre. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2604-2025 de 28/03/2025.<br><br>La ANM expidió RESOLUCIÓN VSC No. 000427 del 20 de marzo de 2025 "POR MEDIO DE LA CUAL SE RESUELVE UNA RENUNCIA DENTRO DE LA AUTORIZACIÓN TEMPORAL No. 505470 Y SE TOMAN OTRAS DETERMINACIONES", es decir, por medio de la cual aceptó la renuncia de SUDINCO S.A. a la AT N° 505470. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2616-2025 de 02/04/2025. |
| Autorización Temporal N° 509084 otorgada por la Agencia Nacional de Minería – ANM mediante Resolución N° RES-210-8182 de 10/04/2024. | Municipio de Puerto Boyacá en el departamento de Boyacá | El Contratista mediante comunicación DO-TB-1790-2024 de 21/03/2024 dio traslado a la Interventoría de solicitud de autorización Temporal N° 509084 con radicado Plataforma ANNA Minería N° 547995 del 20 de marzo de 2024.<br><br>El Contratista mediante comunicación DO-TB-1850-2024 de 18/04/2024 remitió a la Interventoría la Resolución N° RES-210-8182 de 10 de abril de 2024 por medio de la cual se concede Autorización Temporal No. 509084.<br><br>El Contratista mediante comunicación DO-TB-1874-2024 de 27/04/2024, remitió copia a la Interventoría de la comunicación RL-TB-370-2024 del 24/04/2024 a través de la cual se manifiesta a ECOPETROL "intención de coexistencia entre el contrato en evaluación técnica ANH Bloque VMM 14-1 con la ATEI No. 509084 – Titular SUDAMERICANA INTEGRAL DE CONSTRUCCIONES SUDINCO S.A. SUCURSAL COLOMBIANA", con la remisión respectiva de copias a la Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH y Agencia Nacional de Minería, ANM. |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | En la comunicación DO-TB-1874-2024 se identifica que lo actuado y referido con anterioridad, se da en marco de la Resolución 40303 de 2022, de la cual se desconoce su naturaleza toda vez que no ha sido remitida copia a la Interventoría.<br><br>La Interventoría mediante la comunicación 055-2-1952-2024 de 09/05/2024 solicitó al Contratista iniciar proceso de acuerdo de coexistencia con ECOPETROL y gestionar lo correspondiente a Programa Temporal de Obras y Licencia Ambiental, sobre lo cual mediante comunicación DO-TB-1905-2024 de 10/05/2024 se realizaron aclaraciones sobre los trámites por desarrollar.<br><br>El Contratista mediante la comunicación DO-TB-1907-2024 de 11/05/2024 remitió a la Interventoría copia del Certificado de Registro Minero, que da cuenta de la inscripción de la AT en el catastro minero nacional.<br><br>El Contratista mediante la comunicación DO-TB-1923-2024 de 20/05/2024 remitió a la Interventoría:<br><br>- Radicado ANM No 20242100437131 del 16 de mayo de 2024 mediante el cual la Agencia Nacional de Minería ANM da respuesta al radicado 20241003103892 del 25 de abril de 2024 – copia al carbón del oficio RL-TB-370-2024 del 24 de abril de 2024 cuyo asunto es Autorización Temporal e Intransferible No 509084 Superposición parcial con el contrato en evaluación técnica ANH Bloque VMM 14-1 titular ECOPETROL S.A. Coexistencia títulos del sector minero energético precisando que "acusamos recibido, sin embargo, el mismo fue remitido mediante memorando 20242100437093 del 15 de mayo de 2024 al Punto de Atención Regional NOBSA". |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | - Radicado ANH No 20246410389771 Id:1608795 del 28 de abril de 2024 mediante el cual la Agencia Nacional de Hidrocarburos ANH da respuesta al radicado ANH No 20246410416022 Id: 1608105 – copia al carbón del oficio RLTB-370-2024 del 24 de abril de 2024 cuyo asunto es Autorización Temporal e Intransferible No 509084 Superposición parcial con el contrato en evaluación técnica ANH Bloque VMM 14-1 titular ECOPETROL S.A. precisando que, "Nos permitimos informarle que procedimos a trasladar su solicitud a Ecopetrol S.A., entidad que en adelante se encargará de contestar su requerimiento".<br><br>- Según "EMPRESA COLOMBIANA DE PETROLEOS ECOPETROL S.A mediante el oficio Radicado No 2-2024-ELE-OT0018778 del 17 de mayo de 2024 dio respuesta al radicado interno No. 1-2024-ELE-OT0014844 en el siguiente sentido…Con base en ello, se propone coordinar la realización de mesas de trabajo entre los profesionales de las áreas competentes de cada empresa. Esto, con el fin de validar los diferentes aspectos que deben ser revisados en conjunto y de esta manera concluir sobre la procedencia de la suscripción del acuerdo de coexistencia operacional, con base en lo consagrado en la Resolución No. 40303 de 2022.<br><br>De otra parte, es importante señalar que, en caso de que exista un trámite ambiental ante las autoridades administrativas competentes, Ecopetrol S.A. emitirá con destino a éstas el pronunciamiento, para lo cual igualmente se requiere la información antes referida. Esto, con base en lo dispuesto en el Decreto 1076 de 2015…", por lo cual el Contratista manifiesta que procederá a "procederemos a comunicarnos con el Dr. Geovanny Carrillo de ECOPETROL para |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | programar las mesas de trabajo y coordinar la reunión inicial de coexistencia".<br><br>EL Contratista presentó a la ANM el reporte de regalías del segundo semestre de 2024, procediendo en este periodo considerando que la AT fue perfeccionada con fecha 10/05/2024. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2038-2024 de 28/06/2024.<br><br>El Contratista presentó el reporte de regalías del tercer semestre de 2024, mediante la comunicación DO-TB-2233-2024 de 03/10/2024, de lo cual se encuentra pendiente el número de radicado.<br><br>El Contratista mediante la comunicación RL-TB-488-2024 con radicado N° 20241003541092 de 15/11/2024 presento a la ANM solicitud de prórroga de la AT. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2340-2024 de 23/11/2024.<br><br>El Contratista remitió a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2345-2024 de 23/11/2024, el oficio N° 20249031013631 mediante el cual la ANM acusa recibo de la solicitud de prórroga de la AT presentada mediante la comunicación RL-TB-488-2024.<br><br>El Contratista mediante la comunicación DO-TB-2414-2025 de 09/01/2024 remitió reporte regalías del cuarto trimestre de 2024 ante la Agencia Nacional de Minería ANM. |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | El Contratista con fecha 30/01/2025, presentó a la ANM FBM de la vigencia 2024. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2466-2025 de 04/02/2025.<br><br>La ANM se pronunció mediante oficio 20259031062001de 14/03/2025 sobre la solicitud de prórroga de la AT, indicando que dicho proceso se encuentra en evaluación. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2605-2025 de 28/03/2025.<br><br>La ANM mediante Estados PARN 51 del 31 de marzo de 2025. Auto No AUT-903-8289 del 27 de marzo de 2025, solicitó al Contratista con apremio de multa, el ajuste del Formato Básico Minero Anual de 2024, lo cual fue atendido por el Contratista mediante la comunicación RL-TB-562-2025 con radicado N° 20251003846662 de 09/04/2025, a través de la cual también se dio traslado a la Interventoría.<br><br>El Contratista realizó el reporte de regalías del primer trimestre de 2025 ante la ANM, mediante la comunicación DO-TB-2620-2025 de 05/04/2025. A través de esta misma comunicación se dio traslado a la interventoría. |

**4.2 TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE.**

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Solicitud de Autorización Temporal No. 506668 | Municipio de Puerto Boyacá en el departamento de Boyacá | El Contratista mediante comunicación GG-SUDSUC-160-2023 de 28/09/2023 presentó a la Interventoría, copia de respuesta emitida al JUZGADO 33 CIVIL DEL CIRCUITO DE BOGOTA, en marco del trámite de Autorización Temporal sobre Contrato de Concesión No 506668 y de la Acción de Tutela en primera instancia 2023-000436 instaurada por los señores MHERLYS IRENE MORENO MOSQUERA y MARIO ALBERTO GIRALDO DUQUE contra la AGENCIA NACIONAL DE MINERIA - ANM con fecha de radicado 22 de septiembre de 2023.<br><br>Dado que la Interventoría no tenía conocimiento del trámite iniciado y no posee toda la documentación asociada al proceso, se procedió a solicitar mediante comunicación 055-2-1417-2023 de 19/10/2023 las aclaraciones correspondientes. El Contratista mediante comunicación DO-TB-1494-2023 de 18/11/2023 dio respuesta a lo requerido por la Interventoría precisando que por ahora no se puede suministrar información y solicita a la Interventoría "coadyuvar con el contratista para evitar sobrecostos asociados, a fin de garantizar la eficiente y oportuna inversión de los recursos establecidos contractualmente y colaborar con el Contratista con la finalidad de resolver en conjunto las dificultades que se presenten, tal como lo indica el manual de Interventoría", lo cual se encuentra en revisión de la misma. |
| Solicitud de Autorización | Municipio de Puerto Boyacá en el | El Contratista mediante comunicación DO-TB-1790-2024 con radicado N° 547995 del 20/03/2024 presentó a la AGENCIA NACIONAL DE MINERIA solicitud de autorización temporal. |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Temporal No. 547995. | departamento de Boyacá | |

**4.3 TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS DESISTIDOS.**

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Autorización Temporal N° 505470 otorgada por la Agencia Nacional de Minería – ANM mediante Resolución N° 210-5054 de 24/05/2022. | Municipio de Puerto Boyacá en el departamento de Boyacá | El Contratista mediante comunicación DO-TB-918-2023 de 20/02/2023 Presentó a la Interventoría formatos de pago de regalías y mediante comunicación DO-TB-963-2023 de 15/03/2023 remitió a la Interventoría copia de la AUTORIZACIÓN TEMPORAL N° 505470- RESOLUCIÓN N° 210-5054 DE 24/05/2022 de la ANM.<br><br>Nota: Cronológicamente se refiere en la Resolución N° 210-5054 DE 24/05/2022 que el trámite se autorización temporal se realizó de la siguiente manera:<br><br>"(…) SUDINCO S.A. (…) radicó el día 04/ABR/2022, solicitud de autorización temporal para la explotación de un yacimiento de ARENAS (DE RIO), GRAVAS (DE RIO), ubicado en el (los) municipios de PUERTO BOYACÁ, YACOPÍ, departamento (s) de Boyacá, Cundinamarca, solicitud radicada con el No. 505470 (…)".<br><br>"(…) el día 04/MAY/2022, el Grupo de Contratación Minera emitió concepto técnico donde se determinó que el área se encuentra libre de |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | superposiciones con solicitudes y títulos; por tanto, el área libre susceptible de otorgar es de 57.5624 hectáreas, previo cumplimiento y aprobación de los requisitos establecidos por la autoridad minera y ambiental (…)".<br><br>"(…) 04/MAY/2022 se evaluó técnicamente la solicitud de Autorización No. 505470. y se determinó lo siguiente: "(...) Una vez evaluada la solicitud de Autorización Temporal No. 505470, se considera técnicamente viable continuar con el trámite y se observa: 1-. Medido el cauce del Rio Guaguaquí (Río Moras), se determina una longitud de dos (2) Km; por tanto, cumple con el Art. 64 de la Ley 685 de 2001 para cauce y ribera. Se le recuerda al solicitante que no podrá desarrollar actividades de explotación en el drenaje sencillo la cristalina, teniendo en cuenta que el mencionado artículo establece que debe corresponder a una sola corriente de agua (…)".<br><br>"(..) Que el día 05/MAY/2022 el Grupo de Contratación Minera emitió concepto jurídico en el cual se determinó que la solicitud de Autorización Temporal cumple con la normatividad minera y en especial con el artículo 116 de la Ley 685 de 2001, dado que el solicitante demuestra la calidad de entidad territorial y/o contratista de una entidad pública (…)".<br><br>"(…) Que así las cosas de acuerdo con lo estipulado por artículo el 116 de la Ley 685 de 2001, la solicitud de autorización temporal N° 505470, es técnica y jurídicamente viable (…)".<br><br>A partir de lo anterior, fue que la Interventoría tuvo conocimiento que para el Contrato de Obra se había obtenido una Autorización temporal, por lo que mediante comunicación 055-2-1032-2023 de 31/03/2023 |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | solicitó al Contratista aclarar por qué no se le notificó de estas actuaciones y no omitir el suministro de información y documentación de manera oportuna, así como informar del estado de la elaboración del Plan de Trabajo de Explotación y aprobación del mismo por la Agencia Nacional de Minería – ANM y de la Licencia Ambiental y aprobación de la misma por parte de la o las autoridades ambientales competentes, dado que este polígono se encuentra en jurisdicción de CORPOBOYACA y la CAR; estos considerando qué sólo se puso en conocimiento de este permiso sólo después de nueve (09) meses después de haber sido obtenido.<br><br>Sobre los soportes de pago de regalías de los trimestres 2, 3 y 4 de 2022 remitidos mediante la comunicación DO-TB-918-2023, la Interventoría mediante comunicación 055-2-1040-2023 de 10/04/2023 solicitó al Contratista aclarar el por qué del no pago de regalías dentro de los trimestres respectivos.<br><br>El Contratista mediante comunicación DO-TB-1006-2023 de 10/04/2023 atendió lo requerido mediante comunicación 055-2-1032-2023 realizando las aclaraciones correspondientes, aunque ello no subsana la omisión en el suministro oportuno de la información y documentación.<br><br>El Contratista mediante comunicación DO-TB-1028-2023 de 18/04/2023 atendió lo requerido mediante comunicación 055-2-1040-2023 realizando las aclaraciones correspondientes.<br><br>La Interventoría mediante comunicación 055-2-1168-2023 de 22/06/2023 solicitó al Contratista "(…) notificar de manera inmediata a la Interventoría de los resultados de la evaluación realizada y, de la decisión tomada en cuanto al desistimiento o no de la autorización |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | temporal, lo cual se estima está condicionado por "(…) dificultades en el entorno social y ambiental del AID del polígono que dificultan la consecución de la respectiva Licencia Ambiental, ya que el Municipio de Puerto Boyacá ha negado de manera reiterativa el Uso del Suelo correspondiente (…)", sin respuesta a la fecha del Contratista.<br><br>La Agencia Nacional de Minería – ANM mediante oficio No: 20239030837771 de 09/08/2023 remitió la Resolución Informativa VSC-003 del 27/07/2023 y notificó al Contratista que, el Titulo Minero correspondiente a la Autorización Temporal N° 505470 queda en custodia para todos los efectos del Punto de Atención Regional Medellín- PARM. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante comunicación DO-TB-1288-2023 de 06/09/2023.<br><br>La ANM publicó el Auto PARM-752 mediante el cual aprueba la declaración de regalías de los trimestres II de 2022 y III del 2023, sin embargo, el Contratista mediante comunicación RL-TB-312-2024 de 05/01/2024 precisa que se "ha presentado y declarado de manera puntual e ininterrumpida la contraprestación de regalías para la autorización minera del comento" y solicita "al Punto de Atención Regional Medellín PARM verificar los soportes que reposan dentro del expediente minero".<br><br>De otro lado, la ANM a través del ESTADO No 68 EST-VSCM-PARM-008 del 28 de diciembre de 2023, requirió bajo apremio de multa se presente "Licencia ambiental para la explotación en el área de la autorización temporal y Plan de Trabajo de Explotación", sobre lo cual el Contratista mediante comunicación RL-TB-312-2024 de 05/014/2024 realizó las aclaraciones correspondientes en cuanto a las limitantes que han |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | imposibilitado ello. Así mismo, a través de la comunicación citada, el Contratista aclara que el formato Básico Minero 2022 se presentó "en la plataforma ANNA mediante el radicado No 66555-0 del 14 de febrero de 2023" y que el Formato Básico Minero 2023 tiene para presentarlo hasta el "15 de febrero de 2024", así mismo, aclaró que el pago de regalías se realizó así:<br><br>Tercer trimestre de 2022, mediante Oficio DO-TB-822-2023 del 07 de diciembre de 2022 con Radicado ANM No 20221002190572.<br><br>Cuarto trimestre de 2022, mediante Oficio DO-TB-870-2023 del 11 de enero de 2023 con Radicado ANM No 20231002223082.<br><br>Primer trimestre de 2023, mediante Oficio RL-TB-186-2023 del 31 de marzo de 2023 con Radicado ANM No 20231002356112.<br><br>Segundo trimestre de 2023, mediante Oficio RL-TB-237-2023 del 30 de junio de 2023 con Radicado ANM No 20231002498712.<br><br>Cuarto trimestre de 2023, mediante Oficio RL-TB-310-2024 del 03 de enero de 2023 con Radicado ANM No 20241002818922.<br><br>Aunque no se refiere en la comunicación RL-TB-312-2024, el Tercer trimestre de regalías de 2023, fue remitido mediante comunicación RL-TB-266-2023 de 27/09/2023.<br><br>El Contratista mediante comunicación RL-TB-310-2023 de 03/01/2024 remitió a la Interventoría reporte de regalías del cuarto Trimestre de 2023. |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | Mediante comunicación DO-TB-1646-2024 de 24/01/2024 se dio traslado a la Interventoría de respuesta de la ANM, acusando recibo de la información allegada mediante comunicación RL-TB-312-2024.<br><br>El Contratista mediante comunicación DO-TB-1689-2024 de 09 de febrero de 2024, remitió a la Interventoría copia del Formato Básico Minero de la vigencia 2023 presentado a la ANM con fecha 08/02/2024.<br><br>El Contratista no realizó explotación de materiales y mediante la comunicación RL-TB-352-2024 con radicado ANNA Minería No 96611 del 19 de marzo de 2024 renunció a la Autorización Temporal, dadas algunas dificultades relacionadas con acceso al sitio, comunidades y dificultad en la obtención de concepto de uso favorable del suelo, de lo cual se dio traslado a la Interventoría mediante la misma comunicación. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante comunicación DO-TB-1792-2024 de 21/03/2024.<br><br>El Contratista mediante comunicación RL-TB-359-2024 de 01/04/2024 presentó a la ANM, reporte de regalías del primer trimestre de 2024.<br><br>El Contratista mediante la comunicación DO-TB-1915-2024 reiteró que se presentó desistimiento sobre la AT mediante comunicación RL-TB-352-2024 y que se está a la espera de acto administrativo de cierre.<br><br>El Contratista mediante la comunicación RL-TB-418-2024 de 02/07/2024 reiteró a la ANM pronunciamiento sobre el desistimiento presentado.<br><br>El Contratista mediante la comunicación RL-TB-469-2024 de 31/10/2024, reiteró derecho de petición a oficio RL-TB-418-2024 del 02 de julio de 2024 radicado ANM 20241003233682 del 02 de julio de 2024. Reiteración |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | Evento ANNA Minería 547829 del 19 de marzo de 2024 – Oficio RL-TB-352-2024 del 18 de marzo de 2024 - Presentación de renuncia a la Autorización Temporal e Intransferible No 505470.<br><br>La Agencia Nacional de Minería ANM – Punto de Atención Regional Medellín PARMEDELLIN emitió el Estado No. EST-VSCSM-PARME-073 del 29 de noviembre de 20241 el cual relaciona el Auto PARME No. 1568 del cual está pendiente de que nos sea notificado, menciona entre sus apartes lo siguiente:<br><br>"…3.1. APROBACIONES (página No. 1):<br><br>APROBAR los formularios para la declaración de producción y liquidación de regalías para el mineral gravas, presentados en cero (0) correspondientes a los trimestres III y IV del año 2022; los trimestres I, II y IV del año 2023 y el trimestre I del año 2024."<br><br>De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2406-2024 de 20/12/2024.<br><br>El Contratista presentó Derecho de Petición RL-TB-543-2025 radicado de entrada No. 20251003783242 a la ANM para obtener respuesta sobre solicitud de desistimiento presentada a la ANM sobre el titulo minero.<br><br>La ANM se pronunció mediante oficio 20259020615291 de 26/03/2025 sobre la solicitud de terminación de la AT, indicando que dicho proceso se encuentra en revisión en la sede central y se solicitó priorización en la revisión y suscripción del acto administrativo de cierre. De lo anterior se dio traslado |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS EN TRÁMITE | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2604-2025 de 28/03/2025.<br><br>La ANM expidió RESOLUCIÓN VSC No. 000427 del 20 de marzo de 2025 "POR MEDIO DE LA CUAL SE RESUELVE UNA RENUNCIA DENTRO DE LA AUTORIZACIÓN TEMPORAL No. 505470 Y SE TOMAN OTRAS DETERMINACIONES", es decir, por medio de la cual aceptó la renuncia de SUDINCO S.A. a la AT N° 505470. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2616-2025 de 02/04/2025. |

**4.4 TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS RECHAZADOS.**

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS RECHAZADOS | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Solicitud de Autorización Temporal No. 503084 | Municipio de Puerto Boyacá en el departamento de Boyacá | El Contratista mediante comunicación DO-TB-1122-2023 de 13 de junio de 2023 presentó a la Interventoría la Resolución N° RES-210-6069 de 31/05/2023 de la ANM, por medio de la cual se resuelve un recurso de reposición interpuesto contra la Resolución N° RES-210-4437 del 20/11/2021, sobre Autorización Temporal de la ANM.<br><br>**Nota:** Cronológicamente se refiere en la Resolución N° RES-210-6069 de 31/05/2023 de la ANM que:<br><br>**ANTECEDENTES** |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS RECHAZADOS | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | "(…) ARTÍCULO PRIMERO. - REVOCAR la RESOLUCIÓN NÚMERO No. RES-210-4437 DE 20 DE NOVIEMBRE DE 2021 "Por la cual se da por terminado el trámite de la solicitud de la Autorización Temporal No. 503084", por lo dispuesto en la parte considerativa de la presente decisión. (…)".<br><br>"(…) el CONSORCIO GROSUD identificado con NIT 901474570-9, radicó el día 05/OCT/2021, solicitud de autorización temporal para la explotación de un yacimiento de ARENAS (DE RIO), GRAVAS (DE RIO) ubicado en el (los) municipio de PUERTO BOYACÁ, departamento (s) de Boyacá, solicitud radicada con el número No. 503084 (…)".<br><br>"(…) Que mediante evaluación técnica de fecha 06/OCT/2021, el Grupo de Contratación determinó que: Una vez realizada evaluación a la solicitud de Autorización temporal 503084 esta área técnica considera que NO ES VIABLE continuar con el trámite; dado que, dentro del polígono de la solicitud se encuentran 2 corrientes de agua, el Río Guaguaquí (Río Moras) y la Quebrada La Colorada; por lo tanto NO CUMPLE con el Art. 64 de la Ley 685 de 2001, ya que debe corresponder a UNA corriente de agua (…)".<br><br>"(..) Que la Agencia Nacional de Minería profirió la RESOLUCIÓN NÚMERO No. RES-210-4437 DE 20 DE NOVIEMBRE DE 2021 "Por la cual se da por terminado el trámite de la solicitud de la Autorización Temporal No. 503084", decisión adoptada debido a que la solicitud de autorización temporal NO CUMPLIA con las disposiciones técnicas desarrolladas normativamente en el artículo 64 de la Ley 685 de 2001 (…)". |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS RECHAZADOS | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | "(…) la señora LILIANA NAVARRO MUÑOZ, actuando en calidad de representante legal del CONSORCIO GROSUD, mediante oficio con radicado 20211001584032 de fecha 03 de diciembre de 2021, interpuso recurso de reposición contra la RESOLUCIÓN NÚMERO No. RES-210-4437 DE 20 DE NOVIEMBRE DE 2021 (…)".<br><br>**ANÁLISIS DEL RECURSO**<br><br>"(….) En virtud de lo expuesto y con el objeto de garantizar el debido proceso (artículo 29 de la Constitución) y los principios de la función administrativa contemplados en el artículo 209 de la Constitución, resulta imperativo REVOCAR la RESOLUCIÓN NÚMERO No. RES-210-4437 DE 20 DE NOVIEMBRE DE Página 6 de 7 2021" y ordenar continuar con el trámite correspondiente para la solicitud de autorización temporal.<br><br>En consecuencia, se procederá a revocar la RESOLUCIÓN NÚMERO No. RES-210-4437 DE 20 DE NOVIEMBRE DE 2021 para que una vez que quede en firme, la autoridad minera habilite la función de modificar el área y previo requerimiento, el solicitante seleccione las celdas que son de su interés para dar cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 64 de la ley 685 de 2001 y el artículo 12 de la ley 1682 de 2013 conforme a las conclusiones de la evaluación técnica (...)".<br><br>**RESUELVE**<br><br>"(…) ARTÍCULO PRIMERO. - REVOCAR la RESOLUCIÓN NÚMERO No. RES-210-4437 DE 20 DE NOVIEMBRE DE 2021 "Por la cual se da por |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS RECHAZADOS | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | terminado el trámite de la solicitud de la Autorización Temporal No. 503084", por lo dispuesto en la parte considerativa de la presente decisión (…)".<br><br>A partir de lo anterior, fue que la Interventoría tuvo conocimiento que para el Contrato de Obra se había tramitado una Autorización Temporal mediante comunicación con radicado No. 503084 la cual como ya se indicó fue rechazada mediante Resolución Número No. RES-210-4437 de 20 de noviembre de 2021, por lo que mediante comunicación 055-2-1167-2023 de 22/06/2023 la Interventoría solicitó al Contratista aclarar por qué no se le notificó de estas actuaciones y no omitir el suministro de información y documentación de manera oportuna, además de precisar "(..) es importante tener en cuenta el inicio o no del Plan de Trabajo de Explotación, PTE y los estudios ambientales para el trámite de la licencia ambiental, dado que, si bien llega a obtenerse la autorización temporal por parte de la entidad competente, de esta no podrá hacerse uso hasta tanto se cuente con la respectiva licencia ambiental (..)".<br><br>De igual manera, se precisó en la comunicación 055-2-1167-2023 que la Interventoría no acoge lo referido en la Comunicación DO-TB-1122-2023 en el sentido de no haber informado del trámite iniciado y de la negación respectiva, toda vez que "(..) es deber de SUDINCO S.A. informar y suministrar información de cualquier actuación o inicio de trámite, independientemente del desenlace de este (…). A la fecha continua pendiente respuesta del Contratista a la comunicación 055-2-1167-2023. |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS RECHAZADOS | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | El Contratista mediante comunicación RL-TB-263-2023 de 26/09/2023 presentada ante la ANM, realizó solicitud de cambio de Razón Social de GROSUD a SUDINCO S.A.<br><br>El Contratista mediante comunicación RL-TB-264-2023 de 26/09/2023, solicitó a la ANM aclaración sobre habilitación de función de modificación del área.<br><br>Sobre lo requerido mediante comunicación RL-TB-264-2023, la ANM se pronunció mediante oficio N° 20232100407271 de 26/10/2023 en el que precisa que "la Gerencia de Catastro y Registro Minero de manera involuntaria inscribió en el estado de la plataforma tecnológica de Anna Minería como "Activo" la solicitud de Autorización temporal No. 503084, que de acuerdo con la trazabilidad y el acto administrativo previamente citado debe continuar con el trámite de evaluación. Por lo tanto, le informo que esta coordinación remitió su solicitud junto con Resolución No. RES-210-6069 del 31 de mayo de 2023, a la Gerencia de Catastro y Registro Minero, con el propósito de que realice las actuaciones administrativas a que haya lugar y así poder continuar con el trámite correspondiente de su solicitud". De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante comunicación DO-TB-1508-2023 de 23/11/2023.<br><br>La ANM mediante oficio 20232200508051 de 19/12/2023, precisó al Contratista que el "Grupo de Catastro y Registro Minero de la ANM procedió con la actualización del estado jurídico de la solicitud de la Autorización Temporal No. 503084, registrando como SOLICITUD EN EVALUACIÓN", de lo cual se dio traslado a la Interventoría mediante comunicación DO-TB-1593-2023 de 28/12/2023. |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS RECHAZADOS | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| | | La ANM mediante Radicado ANM No: 20242100436911 de 14/05/2024 precisó que "consultada la Plataforma tecnológica de Anna Minería y la información que reposa del expediente objeto de consulta, se pudo evidenciar que la Vicepresidencia de Contratación y Titulación profirió Resolución RES-210-8181 del 10 de abril de 2024 *"Por la cual se rechaza y se archiva la solicitud de autorización temporal No. 503084" por lo tanto, le informo que la misma se encuentra en inicio de trámite de notificación a cargo del Grupo de Gestión de Notificaciones de conformidad con lo establecido en la Ley*". De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante comunicación DO-TB-1915-2024 de 20/05/2024, quedando pendiente allegar acto administrativo de cierre.<br><br>La ANM mediante oficio Radicado ANM No: 20242100436911 reportó al contratista que, "una vez consultada la Plataforma tecnológica de Anna Minería y la información que reposa del expediente objeto de consulta, se pudo evidenciar que la Vicepresidencia de Contratación y Titulación profirió Resolución RES-210-8181 del 10 de abril de 2024 "Por la cual se rechaza y se archiva la solicitud de autorización temporal No. 503084" por lo tanto, le informo que la misma se encuentra en inicio de trámite de notificación a cargo del Grupo de Gestión de Notificaciones de conformidad con lo establecido en la Ley". De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-1915-2024 de 20/05/2024.<br><br>La ANM mediante Resolución Número No RES-210-8181 del 10 de abril de 2024, rechazó y se archivó la solicitud de Autorización Temporal No 503084. De lo anterior se dio traslado a la Interventoría mediante comunicación DO-TB-1932-2024 de 23/05/2024. |

| RUTA 45BY01 - 6006, TRAZABILIDAD DE PERMISOS MINEROS RECHAZADOS | | |
|---|---|---|
| **TRÁMITE /PERMISO** | **UBICACIÓN** | **TRAZABILIDAD / ESTADO** |
| Solicitud de Autorización Temporal No. 508733 | Municipio de Puerto Boyacá en el departamento de Boyacá | El Contratista mediante comunicación DO-TB-1536-2023 de 01/12/2023 presentó a la Interventoría, copia de documentos presentados a la AGENCIA NACIONAL DE MINERIA como parte de solicitud de autorización temporal, lo cual se encuentra en evaluación de la Interventoría.<br><br>La ANM expidió la Resolución No. RES-210-7980 de fecha 21/DIC/2023 "Por la cual se da por terminado el trámite de la solicitud de la Autorización Temporal No. 508733 respecto de un proponente y se rechaza respecto del otro", por lo cual el Contratista procedió a presentar recurso de reposición mediante comunicación RL-TB-313-2024 con Radicado ANM 85641-0 del 12 de enero de 2024 de lo cual se espera respuesta. De lo anterior, se dio traslado a la Interventoría mediante comunicación DO-TB-1622-2024 de 17/01/2024.<br><br>El Contratista mediante comunicación DO-TB-1915-2024 de 20/05/2024 reportó que la Autorización Temporal fue "rechazada mediante la Resolución RES-210-8093 del 29 de febrero de 2024, la cual fue borrada y archivada en su momento por la Agencia Nacional de Minería ANM", de lo cual no se ha allegado documento soporte a la Interventoría. |

**5. PAGA.**

El Contratista remitió el PAGA V2 mediante la comunicación DO-TB-2745-2025 de 26/05/2025. Sobre lo anterior, la Interventoría liberó observaciones a los capítulos 1 y 2 mediante Email de 24/05/2025 y la comunicación 055-2-2671-2025 de 29/05/2025.

**6. PLAN DE INVERSIÓN AMBIENTAL - PIA.**

A la fecha de corte del Informe, CORPOBOYACA ha abierto un total de 31 expedientes. De estos expedientes, 1 corresponde a la autorización de un patio de acopio de minerales, 1 corresponde al seguimiento a la gestión de RCD y sólo 29 están asociados a permisos ambientales como CAS, PAFAA, PAFU y POC, que imponen medidas de compensación relacionadas con siembra o establecimiento de árboles con el mantenimiento y aislamiento respectivo.

De las medidas de compensación establecidas en los 29 permisos ambientales referidos (excluyendo la Resolución 1004 de 04/04/2025, Expediente OPOC-0001-25 que no impuso medida de compensación), sólo son objeto de reconocimiento vía PIA las derivadas de 24 permisos ambientales que se relacionan a continuación:

**Ruta 45BY01.**

- Ocupación de Cauce para la construcción de la continuidad de dos alcantarillas de 900 mm (36") en la vía principal que de la Ruta del Sol conduce hacia el municipio de Puerto Boyacá (Conexión Intercambiadora margen derecha en sentido occidente - oriente, otorgada por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 2123 de 19/10/2022 - Expediente OPOC-00029-22.**

**Ruta 6006.**

- Ocupación de Cauce (incluye 47 alcantarillas, 7 box y 4 puentes) PR65+560 al PR73+700, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 2436 de 22/11/2022 - Expediente OPOC-00057-22.**

- Ocupación de Cauce (incluye 13 alcantarillas, 1 box y 2 puentes) PR73+700 al PR 75+697, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 2438 de 23/11/2022 - Expediente OPOC-00058-22.**

- Aprovechamiento Forestal Único de 60 árboles PR73+378.14 al PR73+757.80 MI; PR73+762.79 al PR74+304.2 MD; PR73+757.84 al PR74+060.65, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1620 de 12/07/2023 - Expediente OOAF-00003-23.**

- Aprovechamiento Forestal Único de 60 árboles PR73+757.80; PR71+798.86 al PR72+163.21; PR72+960.7 al PR73+378.14, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1621 de 12/07/2023 -Expediente OOAF-00004-23.**

- Aprovechamiento Forestal Único de 107 árboles PR71+184.15 al PR71+788.43; PR71+798.86 al PR72+163.2, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1801 de 31/07/2023 - Expediente OOAF-0005-23.**

- Aprovechamiento Forestal Único de 106 árboles PR73+762.69 al PR74+304.2; PR74+060.65 al PR74+570.56; PR74+565.53 al PR74+977.27; PR74+525.38 al PR74+730.05; PR75+365.09 al PR75+697, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1808 de 01/08/2023 - Expediente OOAF-0002-23.**

- Ocupación de Cauce (Puente sobre Quebrada Velásquez) PR15+350, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1907 de 11/08/2023 - Expediente OPOC-0002-23.**

- Aprovechamiento Forestal Único de 206 árboles PR67+406.04 al PR67+960.14; PR68+354.78 al PR69+288.2; PR68+897.05 al PR69+201.13; PR68+443.77 al PR68+897.05; PR68+348.5 al PR68+443.77, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1928 de 14/08/2023 - Expediente OOAF-0008-23.**

- Aprovechamiento Forestal Único de 88 árboles PR69+666.98 al PR69+696.98; PR69+950.87 al PR70+018.79; PR69+537.68 al PR69+735.4; PR69+531.13 al PR69+666.98; PR69+201.13 al PR69+581.13; PR69+288.2 al PR69+525.04, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1929 de 15/08/2023 - Expediente OOAF-0006-23.**

- Aprovechamiento Forestal Único de 140 árboles PR67+406.04 al 67+960.14; PR66+700 al PR66+998.86; PR65+798.49 al PR67+492.7; PR65+620 al PR66+369.94, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 2214 de 13/09/2023 - Expediente OOAF-0007-23.**

- Aprovechamiento Forestal Único de 468 individuos de guadua PR1+184.15 al PR71+788.43; PR71+798.86 al PR72+163.21; PR73+757.84 al PR74+060.65; PR73+762.79 al PR74+304.2; PR74+060.65 al PR74+570.56, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 2215 de 13/09/2023 - Expediente OOAF-0009-23.**

- Aprovechamiento Forestal 265 árboles aislados, PR20+670 al PR22+300 CD y PR20+670 al PR22+300CI, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 3200 del 03/12/2024 - Expediente AFAA-00086-24.**

- Ocupación de Cauce (Incluye la construcción de 7 obras hidráulicas) PR22+322, PR29+326, PR24+981, PR27+712, PR29+854, PR30+804, PR31+004, Otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 3553 de 23/12/2024 - Expediente OPOC-00019-24.**

- Aprovechamiento Forestal de 65 Árboles Aislados PR23+926 Otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 0329 de 06/02/2025 - Expediente AFAA-00144-24.**

**Ruta 6007.**

- Ocupación de Cauce, Puente Tambrías PR1+230, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 0610 de 01/04/2024 - Expediente OPOC-00048-23.**

- Aprovechamiento Forestal de 43 árboles aislados PR PR50+000 al PR53+000, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1315 de 12/06/2024 - Expediente AFAA-00035-24.**

- Ocupación de Cauce (Incluye 7 obras hidráulicas) PR50+991, PR51+155, PR51+356, PR51+436, PR51+710, PR52+490, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 3554 de 23/12/2024 - Expediente OPOC-00022-24.**

**Ruta 6009.**

- Ocupación de Cauce PR83+350, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 0399 de 14/03/2022 - Expediente OPOC-00012-22.**

- Permiso de Aprovechamiento Forestal de 165 Árboles Aislados PR50+000 al PR61+000, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1320 de 13/06/2024 - Expediente AFAA-00029-24.**

- Permiso de Ocupación de Cauce PR52+973, PR59+072, PR59+364, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 1414 de 25/06/2024 - Expediente OPOC-0006-24.**

- Permiso de Aprovechamiento Forestal de 60 Árboles Aislados PR61+150 al PR61+500, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 2682 de 25/10/2022 - Expediente AFAA-00103-24.**

- Permiso de Ocupación de Cauce (Incluye 2 alcantarillas) PR61+340 y PR63+225, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 3083 de 26/11/2024, Expediente OPOC-00027-24.**

- Permiso de Ocupación de Cauce (Incluye 7 obras hidráulicas) PR55+728, PR58+934, PR59+724, PR60+030, PR60+090, PR60+190 y PR60+345, otorgado por CORPOBOYACA mediante **Resolución N° 3084 de 26/11/2024, Expediente OPOC-00015-24.**

A la fecha se encuentra en revisión el PIA V2 presentado mediante la comunicación DO-TB-2745-2025 de 26/05/2025, el cual contiene las medidas impuestas y vigentes a la fecha. Paralelo a lo anterior,

A la fecha se tiene en trámite el cambio de medidas de compensación. Con fecha 18 de marzo de 2025 se realizó la segunda mesa de trabajo en la oficina principal de CORPOBOYACÁ con funcionarios delegados y que conforman el equipo de trabajo

encargado en delante de lo referente a cambio de medidas de compensación, a partir de lo cual se coordina mesa de trabajo para el 04/03/2025.

Con fecha 04 de marzo de 2024 se realizó mesa de trabajo con el equipo de profesionales conformado por CORPOBOYACÁ para atender lo referente a cambio de medidas de compensación, de lo cual se derivó:

a) Para el caso de CAS, POC y PAFAA es viable el cambio de medidas de compensación de siembra de árboles por compra de predios, por lo cual debe completarse la documentación faltante y presentar el proyecto

b) Para el caso de PAFU se debe evaluar la viabilidad de cambio de medidas de compensación de siembra por compra de predios o aislamientos, por lo que CORPOBOYACÁ validará internamente ello.

c) CORPOBOYACÁ sugiere no sólo optar por cambio de medidas orientado a la compra de predios, sino, optar por aislamiento en predios adquiridos por la Corporación. Por ello se programó:

- Inspección con fecha 19 y 20 de marzo de 2025, de predios de CORPOBOYACÁ en los municipios de Zetaquira y Páez, para ejecución aislamientos como parte de cambio de medidas de compensación.

- Inspección con fecha 25 y 26 de marzo de 2025, de predios de CORPOBOYACÁ en el municipio de Otanche, para ejecución aislamientos como parte de cambio de medidas de compensación.

Derivado de lo anterior se suscribió el Acta de Reunión N° 151 y acta en formato CORPOBOYACÁ.

Derivado de compromisos de la reunión de 04 de marzo, CORPOBOYACÁ remitió mediante email de 14/03/2025 al Contratista información indicando que:

- Internamente en CORPOBOYACÁ se realizó "consulta al área jurídica de la Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental y me indicó que no es posible hacer el cambio de medida de preservación/compensación para los Aprovechamientos Forestales Únicos, teniendo en cuenta que así lo establece el procedimiento de la Corporación y, adicional a ello, no se incluye la posibilidad de cambio dentro de los actos administrativos que imponen la medida".

- "Se adjuntan las especificaciones técnicas para aislamiento de predios".

- "Con relación a las entregas parciales de aislamiento, definitivamente es algo que, tendremos que revisar en el momento de la revisión de los proyectos según el área y longitud a aislar".

• Para la verificación de predios potenciales para aislamiento, se programaron las visitas de la siguiente manera: Lengupá: 19 y 20 de marzo. Otanche 25 y 26 de marzo".

De lo anterior sólo tuvo conocimiento la Interventoría una vez realizó requerimiento al respecto vía email con fecha 31/03/2025 ante el no suministro de información alguna.

Con fecha 31 de marzo, dadas las divergencias entre los costos de siembra y mantenimiento de árboles para la vigencia 2025, entre lo estimado por CORPOBOYACÁ y desde el proyecto, se remitió desde la Interventoría al Contratista la indexación respectiva para ser remitida a la Corporación (enviado vía email con fecha 31/03/2025), a partir de lo cual se programó mesa de trabajo del 01/04/2025. En esta mesa de trabajo con funcionarios de CORPOBOYACÁ en la que de parte de la autoridad ambiental y del proyecto se socializó el cálculo de la indexación de los costos unitarios de siembra y mantenimiento para la vigencia 2025 de parte de la autoridad y del proyecto, a partir de lo cual se ratificó por las partes la divergencia existente entre los costos tasados, pues existe una diferencia de $52,8 pesos por encima entre el valor fijado por la Corporación, con relación a lo calculado para el proyecto por la Interventoría, a partir de lo cual la Interventoría se comprometió a revisar nuevamente los cálculos.

La interventoría indexó nuevamente con base en las resoluciones que reglamentan lo referente a cambio de medidas de compensación y obtuvo los mismos valores, lo cual fue remitido al Contratista a través de email de 07/04/2025, sobre lo cual se dio respuesta por parte de este vía email con fecha 07/04/2025, manifestando estar de acuerdo con lo verificado por la Interventoría.

La Interventoría con fecha 8/04/2025 remitió vía email al Contratista el acta de la reunión del 1/04/2025 para ser remitida a CORPOBOYACÁ (enviada por email el 08/04/2025), sin embargo, esta sólo se suscribió por Contratista e Interventoría, pues no se realizó los mismo por los funcionarios de la Corporación.

Con fecha 07/05/2025 se realizó mesa de trabajo en la que se consultó a los funcionarios de CORPOBOYACÁ sobre lo referente a la validación de la indexación de los costos de siembra, sobre lo cual manifestaron que eran los que estaban en las resoluciones respectivas. Ante ello y la incertidumbre sobre una revisión del tema por parte de la Corporación, se decidió por consenso (CORPOBOYACÁ, Contratista e Interventoría) presentara a la autoridad el valor que se indexó para la vigencia 2025 desde el proyecto, a efectos de que esta lo valide o fije el valor respectivo. Frente a las especificaciones de aislamiento, se acordó por las mismas partes, solicitar respuesta sobre la consulta realizada al respecto y solicitar pronunciamiento sobre los expedientes OAFF. Los funcionarios de CORPOBOYACÁ no quisieron firmar acta sobre lo conversado y plasmado en estas líneas.

Con fecha 08/05/2025, se realizó visita a predios de Puerto Pinzón en jurisdicción de Puerto Boyacá, para identificación de predios para ejecución de aislamientos como parte del cambio de medidas de compensación.

La interventoría mediante la comunicación 055-2-2650-2025 de 13/05/2025 solicitó al Contratista elevar consulta a CORPOBOYACÁ de validación de costos de siembra y mantenimiento indexados a 2025, con base en lo cual procedió el Contratista mediante comunicación DO-TB-2734-2025 con radicado N° 0014545 de 21/05/2025 de lo cual se espera respuesta. De la anterior comunicación se dio traslado a la Interventoría mediante la comunicación DO-TB-2737-2025.

Mediante la comunicación DO-TB-2734-2025 también se solicitó a CORPOBOYACÁ especificaciones técnicas de aislamiento y pronunciamiento sobre cambio de medidas de compensación para los expedientes OAFF (aprovechamientos forestales únicos). De lo anterior se espera respuesta.

El Contratista mediante correo electrónico de 14 de mayo de 2025, informó a la Interventoría que con fecha 15 de mayo se realizaría visita el predio de ASOLENGUPA en el municipio de Miraflores, como alternativa para la ejecución de aislamiento de cambio de medidas de compensación.

Los resultados de dichas visitas están en evaluación entre Corporación, Contratista e Interventoría para determinar viabilidad de cambio de medidas, así mismo se espera respuesta sobre las consultas realizadas a la autoridad ambiental.

A continuación, la relación de medidas de compensación impuestas que serán objeto de cambio por compra de predios y reconocibles vía PIA.

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **45BY01** | Ocupación de Cauce para la construcción de la continuidad de dos alcantarillas de 900 mm (36")<br><br>Otorgada por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2123 de 19/10/2022 –<br><br>Expediente OPOC-00029-22 | 140 | 1111 | 0,13 | 0,0 | 0,0 | 0,13 | 100,0 | |
| **6006** | Ocupación de Cauce (incluye 47 alcantarillas, 7 box y 4 puentes)<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2436 de 22/11/2022,<br><br>Expediente OPOC-00057-22. | 24433 | 1111 | 22,0 | 0,0 | 0,0 | 22,0 | 100,0 | |
| | Ocupación de Cauce (incluye 13 alcantarillas, 1 box y 2 puentes)<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2438 de 23/11/2022,<br><br>Expediente OPOC-00058-22 | 16491 | 1111 | 14,8 | 0,0 | 0,0 | 14,8 | 100,0 | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aprovechamiento Forestal Único de 60 árboles. Entre los PR73+378.14 al PR73+757.80 MI; PR73+762.79 al PR74+304.2 MD; PR73+757.84 al PR74+060.65<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1620 de 12/07/2023<br><br>Expediente OOAF-00003-23. | 580 | 400 | 1,45 | 0,0 | 0,0 | 1,45 | 100,0 | |
| | | 69 | 462 | 0,15 | 0,0 | 0,0 | 0,15 | 100,0 | Por proceso de rehabilitación ecológica. |
| | Aprovechamiento Forestal Único de 60 árboles. Entre los PR73+378.14 al PR73+757.80 MI; PR71+798.86 al PR72+163.21MI - MD; PR72+960.7 al PR73+378.14 MI<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1621 de 12/07/2023<br><br>Expediente OOAF-00004-23. | 1984 | 462 | 4,96 | 0,0 | 0,0 | 4,96 | 100,0 | |
| | | 231 | 462 | 0,50 | 0,0 | 0,0 | 0,50 | 100,0 | Por proceso de rehabilitación ecológica. |
| | Aprovechamiento Forestal Único de 107 árboles. Entre los PR71+184.15 al PR71+788.43; PR71+798.86 al PR72+163.2 | 813 | 400 | 2,03 | 0,0 | 0,0 | 2,03 | 100,0 | |
| | | 97 | 462 | 0,21 | 0,0 | 0,0 | 0,21 | 100,0 | Por proceso de rehabilitación ecológica. |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1801 de 31/07/2023<br><br>Expediente OOAF-0005-23. | 15 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | Por el aprovechamiento de un (1) ejemplar de Helecho arborescente (Cyathea sp.) |
| | Aprovechamiento Forestal Único de 106 árboles.<br>Entre los PR73+762.69 al PR74+304.2; PR74+060.65 al PR74+570.56; PR74+565.53 al PR74+977.27; PR74+525.38 al PR74+730.05; PR75+365.09 al PR75+697.<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1808 de 01/08/2023<br><br>Expediente OOAF-0002-23. | 1964 | 400 | 4,91 | 0,0 | 0,0 | 4,91 | 100,0 | |
| | | 277 | 462 | 0,60 | 0,0 | 0,0 | 0,60 | 100,0 | Por proceso de rehabilitación ecológica. |
| | Ocupación de Cauce (Puente sobre Quebrada Velásquez) PR15+350<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1907 de 11/08/2023<br><br>Expediente OPOC-0002-23. | 3660 | 1109 | 3,3 | 0,0 | 0,0 | 3,3 | 100,0 | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aprovechamiento Forestal Único de 206 árboles. Entre los PR67+406.04 al PR67+960.14; PR68+354.78 al PR69+288.2; PR68+897.05 al PR69+201.13; PR68+443.77 al PR68+897.05; PR68+348.5 al PR68+443.77<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1928 de 14/08/2023<br><br>Expediente OOAF-0008-23. | 1424 | 400 | 3,56 | 0,0 | 0,0 | 3,56 | 100,0 | |
| | | 185 | 462 | 0,40 | 0,0 | 0,0 | 0,40 | 100,0 | Por proceso de rehabilitación ecológica. |
| | | 15 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | Por el aprovechamiento de un (1) ejemplar de Helecho arborescente (Cyathea sp.) |
| | Aprovechamiento Forestal Único de 88 árboles. Entre los PR69+666.98 al PR69+696.98; PR69+950.87 al PR70+018.79; PR69+537.68 al PR69+735.4; PR69+531.13 al PR69+666.98; PR69+201.13 al PR69+581.13; PR69+288.2 al PR69+525.04<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1929 de 15/08/2023 | 1712 | 400 | 4,28 | 0,0 | 0,0 | 4,28 | 100,0 | |
| | | 231 | 462 | 0,50 | 0,0 | 0,0 | 0,50 | 100,0 | Por proceso de rehabilitación ecológica. |

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Expediente OOAF-0006-23. | | | | | | | | |
| | Aprovechamiento Forestal Único de 140 árboles. Entre los PR67+406.04 al 67+960.14; PR66+700 al PR66+998.86; PR65+798.49 al PR67+492.7; PR65+620 al PR66+369.94<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2214 de 13/09/2023<br><br>Expediente OOAF-0007-23 | 2192 | 391 | 5,48 | 0,0 | 0,0 | 5,48 | 100,0 | |
| | | 277 | 462 | 0,60 | 0,0 | 0,0 | 0,60 | 100,0 | Por proceso de rehabilitación ecológica. |
| | | 15 | NA | NA | NA | NA | NA | NA | Por el aprovechamiento de un (1) ejemplar de Helecho arborescente (Cyathea sp.) |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aprovechamiento Forestal Único de 468 individuos de guadua. Entre los PR1+184.15 al PR71+788.43; PR71+798.86 al PR72+163.21; PR73+757.84 al PR74+060.65; PR73+762.79 al PR74+304.2; PR74+060.65 al PR74+570.56<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2215 de 13/09/2023<br><br>Expediente OOAF-0009-23 | 1712 | 1600 | 1,07 | 0,0 | 0,0 | 1,07 | 100,0 | |
| | Aprovechamiento Forestal 265 árboles aislados, PR20+670 al PR22+300 CD y PR20+670 al PR22+300CI<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3200 del 03/12/2024<br><br>Expediente AFAA-00086-24 | 995 | 1111 | 0,90 | 0 | 0 | 0,90 | 100 | |
| | Ocupación de Cauce (Incluye la construcción de 7 obras hidráulicas) PR22+322, PR29+326, PR24+981, PR27+712, PR29+854, PR30+804, PR31+004. | 1487 | 1111 | 1,34 | 0 | 0 | 1,34 | 100 | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3553 de 23/12/2024.<br><br>Expediente OPOC-00019-24. | | | | | | | | |
| | Aprovechamiento Forestal de 65 Árboles Aislados PR23+926<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 0329 de 06/02/2025<br><br>Expediente AFAA-00144-24 | 630 | 1111 | 0,57 | 0 | 0 | 0,57 | 100 | |
| **6007** | Ocupación de Cauce, Puente Tambrías PR1+230<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 0610 de 01/04/2024<br><br>Expediente OPOC-00048-23 | 340 | 1111 | 0,3 | 0 | 0 | 0,3 | 100 | |
| | Permiso de Aprovechamiento Forestal de 43 Árboles Aislados, PR50+000 al PR53+000 | 310 | 1111 | 0,3 | 0 | 0 | 0,3 | 100 | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1315 de 12/06/2024<br><br>Expediente AFAA-00035-24. | | | | | | | | |
| | Ocupación de Cauce (Incluye 7 obras hidráulicas) PR50+991, PR51+155, PR51+356, PR51+436, PR51+710, PR52+490.<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3554 de 23/12/2024.<br><br>Expediente OPOC-00022-24. | 174 | 1111 | 0,2 | 0 | 0 | 0,2 | 100 | |
| **6009** | Ocupación de Cauce, PR83+450<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 0399 de 14/03/2022<br><br>Expediente OPOC-00012-22. | 111 | 1111 | 0,1 | 0 | 0 | 0,1 | 100 | |
| | Permiso de Aprovechamiento Forestal de 165 Árboles Aislados, PR50+000 al PR61+000 | 825 | 1111 | 0,7 | 0 | 0 | 0,7 | 100 | |

# CONSORCIO ECOVISIÓN-188

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1320 de 13/06/2024<br><br>Expediente AFAA-00029-24. | | | | | | | | |
| | Permiso de Ocupación de Cauce PR52+973, PR59+072, PR59+364.<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 1414 de 25/06/2024<br><br>Expediente OPOC-0006-24. | 1200 | 1111 | 1,1 | 0 | 0 | 1,1 | 100 | |
| | Permiso de Aprovechamiento Forestal de 60 Árboles Aislados PR61+150 al PR61+500<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 2682 de 25/10/2022<br><br>Expediente AFAA-00103-24 | 273 | 1111 | 0,2 | 0 | 0 | 0,2 | 100 | |
| | Ocupación de Cauce (Incluye 2 alcantarillas)<br><br>PR61+340 y PR63+225 | 1176 | 1111 | 1,1 | 0 | 0 | 1,1 | 100 | |

| RUTA | PERMISO AMBIENTAL | Nº DE ÁRBOLES A SEMBRAR COMO MEDIDA DE COMPENSACIÓN | ÁRBOLES/HA A SEMBRAR POR REQUERIMIENTO DE LA AUTORIDAD AMBIENTAL COMPETENTE | ha A REFORESTAR | ÁREA REFORESTADA EN ha | % ÁREA REFORESTADA | ÁREA POR REFORESTAR EN ha | % ÁREA POR RECUPERAR | OBSERVACIONES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3083 de 26/11/2024<br><br>Expediente OPOC-00027-24 | | | | | | | | |
| | Ocupación de Cauce (Incluye 7 obras hidráulicas) PR55+728, PR58+934, PR59+724, PR60+030, PR60+090, PR60+190, PR60+345<br><br>Otorgado por CORPOBOYACA mediante Resolución N° 3084 de 26/11/2024<br><br>Expediente OPOC-00015-24. | 1487 | 991,3 | 1,5 | 0 | 0 | 1,5 | 100 | |
| **TOTAL** | | **67525** | | **79,2** | **0,0** | **0,0** | **79.2** | **100** | |

**NOTA 1:** En el caso de la compensación asociada a los procesos de rehabilitación ecológica, el cálculo de los individuos a sembrar como parte de la medida de rehabilitación ecológica, se realizó teniendo en cuenta que, en las medidas de manejo presentadas en el documento de Levantamiento de Veda Ficha 7.3 Flora no Vascular, adoptada mediante el mismo acto administrativo, se estableció que para un área de 1,43 ha se propone una densidad de plantación de 660 árboles, de lo cual se infiere para el presente cuadro que, la densidad de siembra por ha es de 462 árboles.

**NOTA 2:** En el caso de la compensación derivada del aprovechamiento de un (1) ejemplar de Helecho arborescente (Cyathea sp.), se estableció como manejo por el aprovechamiento de un (1) ejemplar de Helecho arborescente

(Cyathea sp.), un factor de reposición de 1:15, el cual debe ser articulado con la propuesta de rehabilitación ecológica de las especies no vasculares.

Así mismo, en el PIA se incluirá lo correspondiente al programa Escuelas Verdes, ejecutado con fecha 23 de noviembre de 2023 en la Escuela El Ocal de la Ruta 6006 en el municipio d Puerto Boyacá, lo cual consistió en la siembra de 75 plantas ornamentales, lo cual cuenta con la aprobación de la SS del INVIAS mediante oficio 2023S-VBOG-021626 de 21/11/2023.

## 7. CONCLUSIONES.

- A la fecha el Contratista ha gestionado un total de 42 permisos ambientales, de los cuales 11 se encuentran en trámite y 31 ya han sido otorgados.

- El Contratista dio cumplimiento a la apertura de 31 expedientes, de los cuales 1 corresponde a la autorización de un patio de acopio de minerales, 1 corresponde al seguimiento a la gestión de RCD y 29 están asociados a permisos ambientales como CAS, PAFAA, PAFU y POC. De los 29 permisos ambientales sólo 28 imponen medidas de compensación relacionadas con siembra o establecimiento de árboles con el mantenimiento y aislamiento respectivo (excluyendo la Resolución 1004 de 04/04/2025, Expediente OPOC-0001-25 que no impuso medida de compensación). De las medidas de compensación establecidas en los 28 permisos ambientales referidos, sólo son objeto de reconocimiento vía PIA las derivadas de 24 permisos ambientales.

- Las medidas de compensación impuestas en los 28 permisos ambientales que imponen medidas de compensación consistentes en la siembra de 72.671 árboles con mantenimiento durante el primer año y dos años más en 83,86 ha con el aislamiento respectivo, no se han ejecutado por el Contratista, pues se encuentra en proceso de cambio de medidas de compensación en concertación con CORPOBOYACÁ.
- De las medidas de compensación establecidas en los 28 permisos ambientales que imponen medidas de compensación, sólo son objeto de reconocimiento vía PIA las derivadas de 24 permisos ambientales. Dichas medidas a reconocer vía PIA equivalen a la siembra de 67.525 árboles con mantenimiento en el primer año y dos años más y aislamiento en 79,2 ha. A la fecha, estas medidas no se han ejecutado pues se encuentra en proceso de cambio de medidas de compensación, en concertación con CORPOBOYACÁ.

- A la fecha, la única AT vigente es la N° 509084. Esta AT aún no se encuentra en fase de explotación. El Contratista presentó el Plan Temporal de Explotación, PTE a la ANM PAR Nobsa, mediante la comunicación RL-TB-567-2025 con radicado N° 20259031079152 de 30/04/2025 y, así mismo presentó EIA como parte del trámite de la Licencia Ambiental ante CORPOBOYACÁ mediante la comunicación RL-TB-576-2025 (pendiente de número de radicado).

## 8. RECOMENDACIONES.

- El Contratista debe gestionar como parte de la debida diligencia, respuesta a las diferentes solicitudes o trámites que se encuentran pendientes de pronunciamiento por parte de CORPOBOYACÁ u otra autoridad competente según sea el caso.

- El Contratista debe mejorar la planeación de actividades con el fin de mejorar la eficiencia administrativa, en torno a la unificación de trámites ambientales.

- El Contratista debe como parte de la debida diligencia, dar celeridad a la consolidación del proyecto de cambio de medidas de compensación para someter a revisión y aprobación de la Interventoría, con el fin de que sea presentado a CORPOBOYACÁ. Lo anterior en marco de la concertación que se desarrolla con el equipo de profesionales de CORPOBOYACÁ.

**MAURICIO LIBREROS SANNA**
Ing. Ambiental y de Recursos Naturales
M.P. 76242101118 VLL
Prof. Ambiental de Interventoría.

# 5.3.2 INFORME EJECUTIVO SOCIAL

TRANSVERSAL DE BOYACÁ

Contrato de Interventoría No. 962 de 2021

Atención a peticionario  Ruta Nacional 6009

# INFORME EJECUTIVO SOCIAL

# MAYO DE 2025

**CONTENIDO**

**5.1.2 PROGRAMA 6. GESTIÓN SOCIAL**

**5.1.2.1 PROYECTO 1. ATENCIÓN A LA COMUNIDAD**

**5.1.2.1 PROYECTO 2. INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN**

**5.1.2.3 PROYECTO 3. MANEJO DE LA INFRAESTRUCTURA DE PREDIOS Y SERVICIOS PÚBLICOS**

**5.1.2.5 PROYECTO 5. CULTURA VIAL Y PARTICIPACIÓN COMUNITARIA**

**5.1.2.6 PROYECTO 6. CONTRATACIÓN DE MANO DE OBRA**

**5.1.2.7 PROYECTO 7. PROYECTOS PRODUCTIVOS**

**5.1.2.9 PROYECTO 8. PROTECCIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO Y CULTURAL**

**5.1.2.10 GESTIÓN SOCIO PREDIAL**

**5.1.2.10 SEGUIMIENTO AL PLAN DE INVERSIÓN SOCIAL**

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Consolidado PQRSD
Tabla 2. Indicadores de cumplimiento de atención a la comunidad por Construcciones SUDINCO- ENERO de 2025.

### 5.1.2 PROGRAMA 6. GESTIÓN SOCIAL

El presente informe detalla el seguimiento realizado por la Interventoría Consorcio Ecovisión-188 al programa social, ejecutado por el Contratista de Obra, Sudamericana Integral de Construcciones SUDINCO S.A.. Las actividades desarrolladas y cubiertas durante el mes de mayo de 2025, se llevaron a cabo conforme a las obligaciones contractuales y a lo estipulado en el documento PAGA de la Guía de Manejo Ambiental establecido por el INVIAS.

#### 5.1.2.1 Proyecto 1. Atención a la comunidad

En cumplimiento con el objetivo de brindar un servicio de atención a la comunidad, el contratista de obra mantuvo en funcionamiento la oficina del S.A.U., la cual permaneció, disponible y abierta a la comunidad en el barrio Acapulco del municipio de Otanche, con horario de atención de lunes a viernes de 7:00 a.m. a 12:00 m y de 1:00 p.m. a 5:00 p.m.. Además, se dispuso de un aviso publicitario en banner que comunica el horario de atención. Asimismo, se realiza atención móvil para facilitar el acceso a los servicios.

Adicional para la atención de peticiones, quejas, reclamos y solicitudes de la comunidad y autoridades locales, se dispone con la cuenta de correo electrónico sauboyacafase4@gmail.com. y línea de celular **322- 834 14 55**.

Durante el periodo y desde la línea de atención al usuario se han mantenido los grupos de WhatsApp, como canales de comunicación, a través de los cuales se ha proporcionado información relevante del proyecto. Son tres (03) grupos los cuales están conformados por funcionarios de las alcaldías y representantes de las juntas de acción comunal de los municipios de Puerto Boyacá, Otanche y Páez.

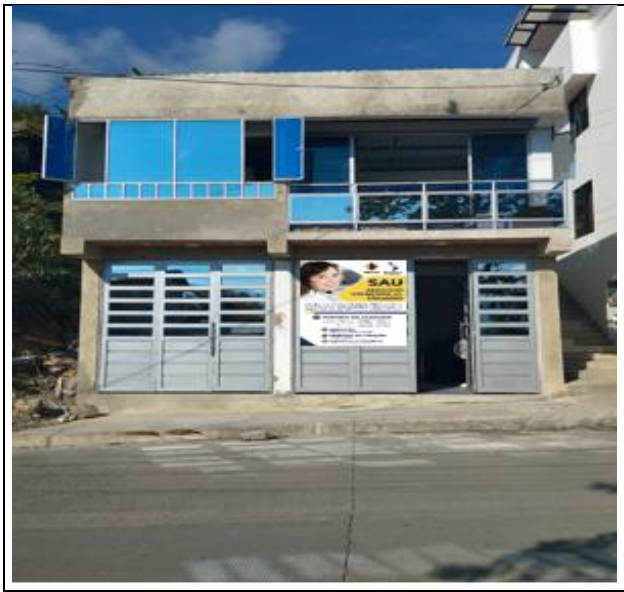


**Ilustración 1. Oficina S.A.U.- Ruta 6006**

**Ilustración 2. *Banner publicitario oficina S.A.U.***

#### 5.1.2.1.1 Instalación de Buzones y Puntos Satélites (PSI)

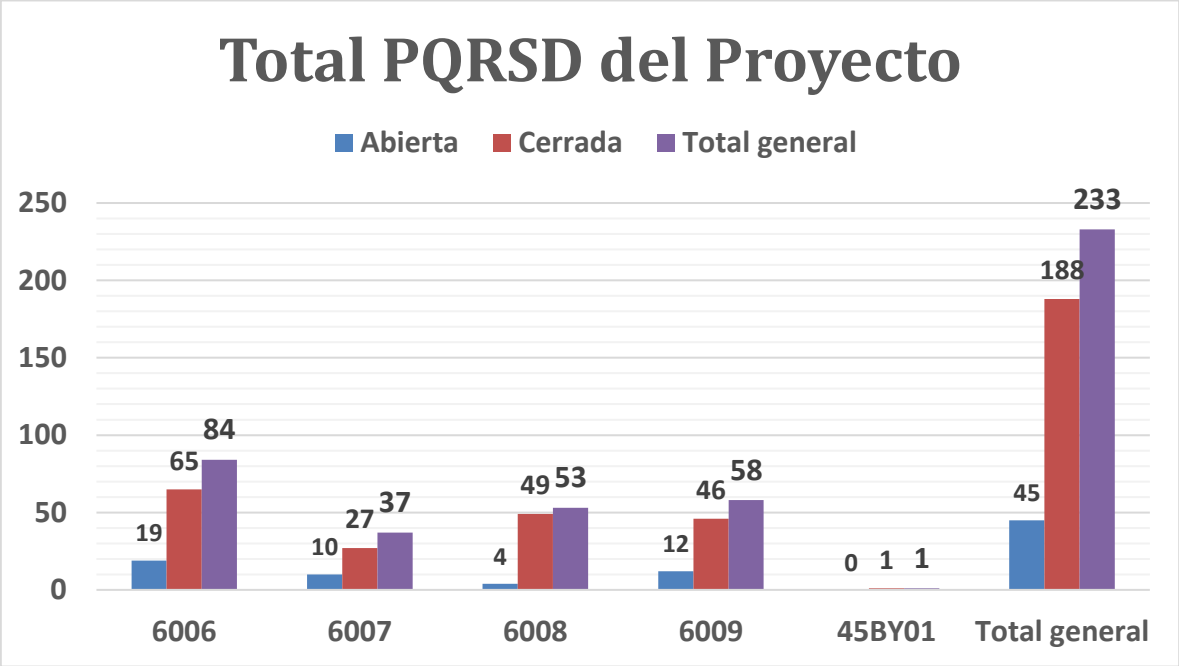
Los sitios para la fijación y funcionamiento de los Buzones y Puntos Satélites de Información, están en las alcaldías del área de influencia así:

- Puerto Boyacá
- Otanche
- Chiquinquirá
- Páez

La apertura del buzón se realiza en presencia de un testigo de la comunidad quien verificará la realización de la actividad y firma el acta de apertura.

#### 5.1.2.1.2 Atención de PQRSD ciudadanas

Durante el periodo reportado, se recibió un total de (1) PQRSD. Esta se encuentra atendida y en seguimiento para su respectivo cierre. El total acumulado de solicitudes ciudadanas durante la vigencia del contrato asciende a doscientas treinta y tres (233), de las cuales ciento ochenta y ocho (188) han sido cerradas y cuarenta y cinco (45) permanecen abiertas, atendidas y en proceso de cierre. Es importante aclarar que, según el seguimiento secuencial registrado en la base de datos, se han contabilizado 222 PQRSD. No obstante, deben sumarse once (11) solicitudes adicionales que fueron radicadas en periodos posteriores a la fecha en que fueron realmente recibidas. Estas corresponden a los radicados números: 88A, 100A, 101A, 112A, 118A, 127A, 153A, 194A, 206A, 209A y 210A.




| | |
|---|---|
| | |
| **Atención de la peticionario Ruta 6009.** | **Ruta 6009 atención a peticionaria por derecho de petición.** |

A continuación, se presenta una breve descripción de las PQRSD correspondientes al periodo, junto con el estado en que se encuentran:

1. **<u>Solicitud ciudadana N°222 de fecha (19/05/2025):</u>** El día 19 de mayo de 2025 por parte de la veeduría canipa se envía solicitud de priorizar actividades viales en el corredor pauna, modificación PMT limpieza y retiro de material de los deslizamientos,

**Atendida y en proceso de cierre:** La interventoria emite oficio 055-2-2673-2025 del 29 de mayo dando respuesta a la solicitud de la veeduríay esclareciendo a detalle cada una de las inquietudes

**Seguimiento y cierre de solicitudes ciudadanas correspondientes a periodos anteriores gestionadas en el periodo reportado.**

A la fecha de corte del presente informe hay un total de **45** PQRSD abiertas contando las del periodo actual, a estas solicitudes se les está realizando seguimiento y ejecutando las acciones pertinentes para llevarlas al respectivo cierre. Dentro de este total de solicitudes **1** PQRSD es del presente periodo y se encuentran con el seguimiento para la realización del cierre. Y en el presente periodo se logró el cierre de cuatro (**4**) PQRSD de los meses anteriores. A continuación, se realiza el registro de las solicitudes aquí descritas.

**Cerradas en el periodo actual de reporte:** En el presente mes se realizó cierre de cuatro (4) PQRSD generadas en periodos anteriores.

**Cerradas en el periodo actual de meses anteriores cuatro (4):**

1. **Solicitud ciudadana N°100A de fecha 8/8/2023- Atendida y cerrada. Peticionaria:** JORGE ALBERTO VARGAS.

   **Atendida y cerrada fecha 15/05/2025** El contratista responde mediante oficio DO-TB-1739-2024 del 29 de febrero se realiza comentando que se realizará visita en el punto.

   El 06 de mayo de 2024 mediante el comunicado DO-TB-1888-2024 el contratista de obra brinda respuesta a la ALCALDÍA MUNICIPAL DE RONDÓN - BOYACÁ, al Ing. José Aníbal Castro Parra, Secretario de Gobierno, a quien se le manifiesta que en atención a la solicitud radicada por el peticionario a la secretaría y trasladada a la vez al contratista de obra, esta se viene atendiendo, se han realizado las visitas pertinentes y el día 28 de mayo/2024 se efectuarán las actividades de mitigación y subsanación.

   El 22 de mayo/2024 Interventoría brinda respuesta al contratista de obra mediante el oficio 055-2-1977-2024 en atención al oficio DO-BT-1888 en el que manifiesta que en la revisión de los documentos relacionados en el asunto se contempla por parte del contratista la ejecución de unas actividades determinadas que obedecen a la mitigación temporal como respuesta a la presunta afectación generada al predio del señor peticionario, sin embargo, dicha mitigación será objeto de seguimiento por parte de interventoría hasta que se establezca una propuesta definitiva

considerando el comportamiento de las actividades a desarrollar y a su vez teniendo en cuenta los volúmenes de material sobrante dispuesto en el sitio.

El 25 de mayo/20024 mediante oficio 055-2-1985-2024 Interventoría brinda respuesta al comunicado DO - TB-1888-2024 del 06/05/2024 en el que le solicita la remisión de documentos del ZODME (pendiente del área ambiental) y atención oportuna para la atención y cierre del requerimiento. .

El 08/06/2024 mediante oficio DO-TB-1988-2024 dirigido a Interventoría responde sobre las actividades de conformación a realizar para mitigar y subsanar la solicitud. El día 15 de mayo se realiza visita técnica la zona y se verifica la ejecución de la actividad de mitigación de la pqrsd.

2. **Solicitud ciudadana N°185 de fecha (9/11/2024)- Atendida y cerrada: Peticionario:** EXTRABAJADORES DEL PROVEEDOR DE SERVICIO-GIP.

**Atendida y cerrada fecha 13/05/2025:** El día 28 de noviembre de 2024, el contratista de obra- SUDINCO brinda respuesta a los peticionarios mediante el comunicado DO-TB-2354-2024, dando alcance y quedando en seguimiento para el debido cierre.

El 7 de marzo de 2025, el contratista de obra SUDINCO, mediante el oficio DO-TB 2546-2025, responde al comunicado de Interventoría 055-2-2356-2024. En su respuesta, informa que, de acuerdo con la información proporcionada por GIP GERENCIA, INGENIERÍA Y PROYECTOS S.A.S. y la confirmación recibida el 18 de febrero de 2025 a través de correo electrónico, dicha empresa ha cumplido con el pago de las obligaciones correspondientes a salarios, cesantías, vacaciones, prima de servicios y cualquier otro concepto relacionado con salarios, prestaciones e indemnizaciones causadas. En este contexto, GIP ha confirmado estar al día con los trabajadores mencionados en el comunicado 055-2-2356-2024 y ha remitido los respectivos paz y salvos y las liquidaciones de ley correspondientes.

El 28 de febrero de 2025, el contratista de obra SUDINCO, mediante el oficio DO-TB-2538-2025, responde al comunicado de Interventoría 055-2-2353-2024. En su respuesta, informa que, a través del oficio DO-TB-2511-2025 fechado el 24 de febrero de 2025, se atendió la solicitud del peticionario Olmedo Espejo Cifuentes, relacionada con la PQRS trasladada en el oficio No. 055-2-2353-2024. En este comunicado se detalla el paz y salvo y las liquidaciones de ley correspondientes, lo que sustenta el cierre de la petición.

El día 23 de abril de 2025, el contratista emitió a Interventoría el comunicado No. DO-TB-2666-2025, en el cual manifiesta que, según la información suministrada por GIP Gerencia, Ingeniería y Proyectos S.A.S., dicha empresa ha cumplido con el pago de las obligaciones laborales correspondientes a salarios, cesantías, vacaciones, prima de servicios, y demás conceptos derivados de la relación laboral, respecto de los exempleados mencionados.

En este sentido, GIP S.A.S. ha declarado estar a paz y salvo con los trabajadores en cuestión, situación que se respalda con la documentación adjunta a esta comunicación.

El 13 de mayo de 2025, con el comunicado de Interventoría N°055-2-2651-2025 se brindó respuesta a la Personería en el que se informo de la atención y cierre de la solicitud, así mismo se remitieron los expedientes relacionados.

3. **Solicitud ciudadana No 209A de fecha (13/02/2025) Atendida y cerrada– Peticionario:** Luis Eduardo Sandoval Pineros El día 13 de febrero se allega a la dirección territorial del INVIAS la PQRS interpuesta por el señor Sandoval y la territorial traslada la solicitud a la interventoría mediante radicado 2025E-VUVR-016025 en esta se solicita realizar seguimiento en la vereda pueblo y cajón sector san cayetano futbolera la 83 donde se denuncia construcción privada que genera afectación a la vía solicitan verificación de la afectación

   **Atendida y cerrada fecha 15/05/2025:** El día 055-2-2550-2025 1 de abril de 2025 se traslada oficio al contratista para dar atención a PQRS por petición por medio de INVIAS el día 10 de mayo de 2025 el contratista contesta a la interventoria para darse cita en el punto para levantamiento de acta con las personas del punto mencionado y la explicación de la responsabilidad de la pqrsd. DO-TB-2705-2025. se genera acta de la reunión.

4. **Solicitud ciudadana No 219 de fecha 4/04/2025- Atendida y cerrada. Peticionario:** OLGA MARINA MONTAÑA DE ACEVEDO El día 2 de abril de 2025 la señora olga marina montaña envia derecho de petición solicitando La ampliación y pavimentación del tramo mencionado, dado que se trata de un trayecto corto. 2. La realización de una inspección técnica en el sector para evaluar las condiciones de la infraestructura vial y determinar la viabilidad de pavimentación. 3. La asignación de recursos y equipo necesario para la ejecución de las mejoras solicitadas. tramos, solicito su colaboración para aprobar la ampliación y/o instalación de mezcla asfáltica desde el K58+050 hasta el box culvert ubicado en la abscisa K57+840.

**Atendida y cerrada fecha 15/05/2025** El día 15 de abril la interventoria traslada al contratista el derecho de peticiópn para dar atención conjunta y responder al peticionario esto mediante oficio 055-2-2596-2025 el día 10 de mayo el contratista envia oficio DO-TB-2704-2025 a la interventoría donde se da cita para realizar atención y levantasmiento de acvta con propietaria. el día 15 de mayo se realiza visita al predio en el que por medio de acta se socializa con la peticionaria la progrmación para su solicitud de pavimentación.

Nota: Los documentos soportes relacionados a las PQRSD se relacionan en el ítem de Atención a la Comunidad. Ver Anexo 1.

**PQRSD de periodos anteriores pendientes de cierre (45)**

1. **Solicitud ciudadana No 48 fecha (19/01/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Carlos Guillermo Ramos ruta 6009.

2. **Solicitud ciudadana No 52 fecha (20/02/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Leonardo Albeiro Muñoz Téllez ruta 6006.

3. **Solicitud ciudadana No 67 fecha (28/03/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Víctor Manuel Fonseca- director ejecutivo Cruz Roja ruta 6009.

4. **Solicitud ciudadana No 85 fecha (31/5/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Dora Rodríguez Muñoz ruta 6009.

5. **Solicitud ciudadana No 86 fecha (2/6/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Luis Antonio Montaña Mendoza ruta 6009.

6. **Solicitud ciudadana No 91 fecha (26/06/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Carlos Guillermo Ramos Gerente de la Empresa Los Delfines ruta 6009.

7. **Solicitud ciudadana No 98 fecha (27/7/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** José Carlos Parra Ruiz-Policía en Seguridad Vial, Intendente ruta 6008.

8. **Solicitud ciudadana No 99 fecha (27/7/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Herlein Andrés Pacheco Bohórquez ruta 6009

9. **Solicitud ciudadana No 100 fecha (3/8/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Alcaldía de Miraflores ANGIE NATALIA VARGAS RAMIREZ secretaria de Planeación ruta 6009

10. **Solicitud ciudadana No 108 fecha (13/9/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Linarco Tovar Padilla- Líder Comunal- Vda. Malacate ruta 6006.

11. **Solicitud ciudadana No 112 fecha (20/9/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Carlos William Parra-Vereda Pénjamo ruta 6006.

12. **Solicitud ciudadana No 119 fecha (27/10/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Rafael Antonio Vargas Mendoza ruta 6009.

13. **Solicitud ciudadana No 125 fecha (10/11/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Carlos William Parra Téllez ruta 6006.

14. **Solicitud ciudadana No 129 fecha (29/11/2023) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** EDILFONSO RAMOS CASTELLANOS y QUILIAN ALBERTO VILLAMIL MURCIA ruta 6006.

15. **Solicitud ciudadana No 139 fecha (18/1/2024) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** Líderes de la vereda ruta 6008.

16. **Solicitud ciudadana No 146 fecha (8/2/2024) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** CONSORCIO ADMIVIAL CFAP-AB ruta 6007.

17. **Solicitud ciudadana No 152 fecha (19/3/2024) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** JAIME ALFONSO FORERO VILLAMIL Y LEONARDO ALBEIRO MUÑOZ TELLEZ ruta 6006.

18. **Solicitud ciudadana No 161 fecha (2/07/2024) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** MIGUEL VALERO VERGEL -Ruta 6006.

19. **Solicitud ciudadana No 162 fecha (3/07/2024) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** FELICIANO HERNADEZ MORENO-Ruta 6007.

20. **Solicitud ciudadana No 163 fecha (3/07/2024) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** JOSE LEONEL TRIANA LEÓN-Ruta 6006

21. **Solicitud ciudadana No 166 fecha (9/07/2024) - Atendida y en seguimiento para proceso de cierre. Solicitante:** CESAR MANUEL ACEVEDO VERGARA PERSONERO MUNICIPAL PAUNA BOYACÁ-Ruta 6007

22. **Solicitud ciudadana No 173 fecha (30/08/2024) - Atendida y en proceso de cierre- Solicitante : Pablo Jaramillo Villegas** ruta nacional 6006, municipio de Puerto Boyacá.

23. **Solicitud ciudadana No 176 fecha (16/09/2024 SECRETARIA DE PLANEACIÓN ALCALDÍA DE SAN PABLO DE BORBUR-** Solicitante- JUAN CAMILO VILLAMIL RODRÍGUEZ - Atendida y en proceso de cierre:

24. **Solicitud ciudadana No 181 fecha (11/10/2024) Teresa Briñez de Martínez-** municipio de Puerto Boyacá -Ruta 6006. **Atendida y en proceso de cierre:** aduce que su vivienda se encuentra afectada por las actividades realizadas en el ZODME.

25. **Solicitud ciudadana No 187 de fecha 19/11/2024:** Se recibe solicitud a través de correo electrónico de la alcaldía del municipio de Páez mediante el oficio SPEI-OFIC-159-2024, quien requiere la remoción de derrumbes sobre la ruta 6009. **Atendida y en proceso de cierre**

26. **Solicitud ciudadana No 189 de fecha 28/11/2024:** Los señores Luis Carlos Romero y Luz Dary Morera propietarios de una vivienda ubicada en el centro poblado El Marfil del municipio de Puerto Boyacá- Ruta 6006, solicitan la donación de 56 m3 de material sobrante para utilizarlo en su vivienda.

27. **Solicitud ciudadana No 193 de fecha 11/12/2024:** Blanca Cortés Walteros- Vda. Rancho Grande- municipio de Rondón- Ruta Nacional 6009. Radica solicitud al contratista de obra para que realice mediación con el proveedor de servicio SENALCON para que le cancele lo adeudado por el servicio de restaurante.

28. **Solicitud ciudadana No 194 de fecha 12/12/2024:** Ximena Delgado Gamboa- municipio de Otanche- Ruta Nacional 6006. Radica solicitud al contratista de obra en la que expresa que el proveedor de servicio William Peña Poveda SAS le adeuda un saldo pendiente por concepto del trabajo realizado como inspectora SST- Ruta 6006.

29. **Solicitud ciudadana No 196 de fecha 14/12/2024:** - Norberto Peña Yepes- municipio de Otanche- Ruta Nacional 6006. Radica solicitud al contratista de obra en la que expresa que el proveedor de servicio JNW Ingeniería S.A.S le adeuda un saldo pendiente por concepto del transporte prestado.

30. **Solicitud ciudadana No 197 de fecha 14/12/2024:** - Maximiliano Yepes Peña- municipio de Otanche- Ruta Nacional 6006. Radica solicitud al contratista de obra en la que expresa que el proveedor de servicio JNW Ingeniería S.A.S le adeuda un saldo pendiente por concepto del transporte prestado.

31. **Solicitud ciudadana No 198 de fecha 14/12/2024:** - Floresmiro Yepes Peña- municipio de Otanche- Ruta Nacional 6006. Radica solicitud al contratista de obra en la que expresa que el proveedor de servicio JNW Ingeniería S.A.S le adeuda un saldo pendiente por concepto del transporte prestado.

32. **Solicitud ciudadana No 199 de fecha 16/12/2024:** - María Edibety Cubides Guerrero-municipio de Otanche- Ruta Nacional 6006. Radica solicitud al contratista

de obra en la que expresa que el proveedor de servicio JNW Ingeniería S.A.S le adeuda un saldo pendiente por concepto del transporte prestado.

33. **Solicitud ciudadana No 200 de fecha 16/12/2024:** - Mayerly Valero Barbosa - municipio de Otanche- Ruta Nacional 6006. Radica solicitud al contratista de obra en la que expresa que el proveedor de servicio RB TRANS S.A.S. le adeuda un saldo pendiente por concepto del transporte prestado.

34. **Solicitud ciudadana No 205 de fecha (14/01/2025) –:** Andry Fabian Jiménez Méndez– Secretario de Planeación e Infraestructura del municipio de Otanche- Ruta 6006. Mediante comunicación escrita dirigida al Contratista de Obra informa que la comunidad de Betania y los propietarios de terrenos cercanos están afectados por el arrastre de agua de lluvia proveniente de la vía ruta 6006. Esta agua arrastra tierra, grava y otros materiales, los cuales tapan y dañan las estructuras de la vía veredal Puerto Carmen – Betania. Además, el personal de SUDINCO S.A. realiza mantenimiento en la zona, pero los desechos de la limpieza también son arrastrados por las alcantarillas, empeorando la situación y afectando los terrenos y la vía. Esto crea problemas de movilidad y riesgo de accidentalidad. Ante lo cual solicita se le sea informado cual es plan de manejo o acciones dadas a este tipo de afectación.

35. **Solicitud ciudadana No 206A de fecha (16/01/2025)**: mirain rocio murcia fonseca administración vial grupo 2 consorcio av región Colombia. el día 16 de enero la territorial traslada oficio con radicado 2024E-VUVRAZ-133966 dando a conocer la solicitud realizada por la administración vial en la que expone la necesidad de analizar los deterioros en la vía nacional 6007 Otanche - Chiquinquirá, PR 61+0500 sobre el carril derecho, les solicito que realicen la respectiva visita y sus especialistas emitan concepto sobre las causas y posibles intervenciones a realizar y así poder tomar decisiones en aras de evitar el avance de dichos deterioros.

36. **Solicitud ciudadana No 207 de fecha 28/01/2025:** Ezequiel Matallana Naranjo en calidad de Veedor de Biodiversidad del municipio de Chiquinquirá- Ruta Nacional 6008. Mediante oficio de interventoría se dio traslado al contratista de obra la solicitud recibida por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), presentada mediante derecho de petición por el señor Ezequiel Matallana Naranjo Veedor de Biodiversidad del municipio de Chiquinquirá. En dicha petición manifiesta no conformidad por las actividades de obra ejecutadas entre el kilómetro 0 al kilómetro 3+850 aproximadamente de la vía Chiquinquirá- Tunja- Ruta nacional 6008 a cargo del contrato de obra 973 de 2021; y a la vez solicita las respectivas reparaciones y la construcción de obras complementarias

37. **Solicitud ciudadana No 209 de fecha 7/02/2025:** La peticionaria, en su calidad de mejorataria del proceso predial del inmueble denominado San Isidro, ubicado en la vereda Juracambita, municipio de Zetaquira, Boyacá, presenta la siguiente solicitud a través de comunicación escrita enviada por correo electrónico al INVIAS, al contratista de obra y a la interventoría del proyecto.

En dicho escrito, la peticionaria manifiesta su inconformidad respecto a las actividades de obra que se vienen desarrollando en las zonas del predio, debido a que no se ha realizado el pago correspondiente por el terreno, ni se ha efectuado el adelanto de compra ni una oferta económica formal. En respuesta a un derecho de petición presentado en diciembre de 2024, se indicó que las obras están en curso, sin embargo, no se han abordado de manera adecuada las inquietudes planteadas.

Se resalta que las actividades de construcción, en particular la utilización de maquinaria pesada, están generando altos niveles de contaminación auditiva, además de un polvo excesivo que afecta gravemente la calidad de vida en la zona. De igual forma, el predio San Isidro alberga a la persona de la peticionaria, su padre, quien es un adulto mayor con condiciones de salud delicadas, específicamente padece de cáncer de piel y problemas auditivos. Estas circunstancias empeoran por la imposibilidad de trasladarse a otro lugar debido a que el clima de la ciudad de Tunja no es favorable para su salud.

Por otra parte, se presenta una grave afectación al acceso a la vivienda, ya que los materiales de construcción se han dispuesto de manera inapropiada, bloqueando de forma total el acceso al predio y dificultando las condiciones de vida de los residentes.

38. **Solicitud ciudadana No 210A de fecha 25/02/2025:** El día 25 de febrero de 2025 el señor Roberto Avila se dirige a al alcaldía de zetaquira para interponer un PQRSD en la que manifiesta queja por suspensión de alcantarilla sin ninguna autorización, y manifiesta que la empresa SUDINCO sin ningún permiso suspendió una alcantarilla que pertenece al lindero, bloqueando el paso de las aguas residuales, lo taparon con recebo y lo bloquearon.

39. **Solicitud ciudadana No 211 de fecha 26/02/2025:** Se remitió al contratista de obra el oficio 055-2-2500-2025 mediante el cual se le solicita medidas correctivas y aclaraciones respecto al manejo de inquietudes de propietarios de predios en el proceso de adquisición predial del contrato de obra y presentada por el señor Miguel Ángel Beltrán González, en calidad de propietario del predio denominado Finca Beltrán ubicado en el municipio de Puerto Boyacá- ruta nacional 6006. En dicho escrito, el peticionario manifiesta su inconformidad respecto al proceso predial, ya que no se ha realizado el pago correspondiente por el terreno, ni se ha efectuado el adelanto de compra ni una oferta económica formal.

40. **Solicitud ciudadana No 213 de fecha 5/03/2025**: se radica directamente derecho de petición a la territorial solicitando atención en el municipio de puerto boyaca por temas de afectación de cercas. El día 13 de marzo de 2025 la interventoria emite oficio con radicado 055-2-2512-2025 al contratista para solicitar atención al peticionario.

41. **Solicitud ciudadana No 215 de fecha 19/03/2025**: en el Pr 56+100 se presenta desprendieminto de talud y afecta al predio de los petcionarios y se solicita que se realice una obra definitiva que garantice la estabilidad. El día 22 de marzo se da traslado de la PQRSD al contratista con oficio radicado 055-2-2532-2025 se solicita dar atención oportuna u avanzar con el cierre.

42. **Solicitud ciudadana No 216 de fecha 2/04/2025:** El día 2 de abril de 2025 por parte de la veeduría canipa se envía solicitud de información referente a Inconformismo por el tiempo de cierre de la vía (40 minutos) los cuales extensos para las obras que se están ejecutando. Retraso en la ejecución de las actividades programadas. Demora en la inversión de recursos en la parte social para los habitantes del sector intervenido. Por otra parte solicito la copia de los siguientes documentos: Copia del Plan de Manejo de Tránsito radicado y aprobado por la interventoría e INVIAS Copia de la programación de obra de las actividades que se están ejecutando en el tramo Pauna – Chiquinquirá. Copia de los estudios y diseños de la estructura de pavimento del PR58+600 lugar donde se evidencia una pérdida de bancada la cual ocasionando socavación por la parte inferior de la estructura de pavimento.

43. **Solicitud ciudadana No 220 de fecha 10/04/2025:** El 10 de abril la territorial da traslado a PQRSD interpuesta por la administración víal de estudiar posibilidad de intervención en el SOLICITUD DE ESTUDIO E INTERVENCIÓN PR66+0540 esto bajo radicado.

44. **Solicitud ciudadana No 221 de fecha 28/04/2025:** el 28 de abril se envía queja por afectaciones a vivienda en temas estructurales, no contruccción de un sistema hidrulico para aguas lluvias, y por esta razon las aguas fluyen a la vivienda se solicita gnerar medidas de reparación.

45. **Solicitud ciudadana No 222 de fecha 19/05/2025:** solitcitud de priorizar actividades viales en el corredor pauna modificación PMT limpieza y retiro de material de los deslizamientos.

Tabla 1. Consolidado PQRSD

| CONSOLIDADO GENERAL MANIFESTACIONES POR TIPO | TOTAL |
|---|---|
| Solicitud de información | 16 |
| Presentación de queja | 108 |
| Presentación de reclamo | 20 |
| Presentación de sugerencia y/o solicitud | 52 |
| Manifestación de una observación / Notificaciones | 9 |
| Derecho de Petición | 28 |
| TOTAL, MANIFESTACIONES RECIBIDAS DURANTE EL CONTRATO 962 DE 2021 | **233** |

| | |
|---|---|
| TOTAL, ESTADO GENERAL MANIFESTACIONES ABIERTAS | **45** |
| TOTAL, ESTADO GENERAL MANIFESTACIONES CERRADAS | **188** |

#### 5.1.2.1.3 Seguimiento y monitoreo de indicadores de cumplimiento

Tabla 2. Indicadores de cumplimiento de atención a la comunidad por Construcciones SUDINCO- mayo de 2025.

| SEGUIMIENTO Y MONITOREO PROYECTO 1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Indicador** | **Descripción del indicador** | **Tipo de indicador** | **Porcentaje de cumplimiento** | **Periodicidad de evaluación** | **Registro de cumplimiento** |
| **Instalación SAU** | No de oficina SAU en funcionamiento 1/1 No de oficina SAU programadas * 100 | Cuantitativo | 100% | Mensual | Evidencia fotográfica Oficina de Atención al Usuario |
| **Instalación Puntos Satélites** | No de buzones satélites instalados 3/3 No de buzones satélites programados * 100 | Cuantitativo | 0% | Mensual | Evidencia fotográfica y acta de apertura al Buzón satélite de Información |
| **Atención a las PQRS.** | No. De manifestaciones PQRS recibidas 04/04 No. de PQRSD * 100 | Cuantitativo | 100% | Mensual | Evidencias de soportes de la atención |

### 5.1.2.1 PROYECTO 2. INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN

A continuación, se expone los avances del proyecto de Información y Divulgación ejecutados durante el periodo.

En el periodo se mantuvo la estrategia de divulgación la cual permite brindar información a la población del área directa del proyecto.

**5.1.2.2.1 Reuniones Informativas de Inicio (**En el periodo No aplica esta actividad, dado que el mes de octubre/2021 se finalizaron las reuniones con autoridades y comunidad del AID relacionadas a reuniones de inicio de obra del proyecto.

**5.1.2.2.2 Reuniones Extraordinarias:**

En el presente período, no se llevaron a cabo encuentros ni reuniones con la comunidad de manera extraordinaria.

**5.1.2.2.3 Elaboración y distribución de piezas de comunicación**

- **Vallas Informativas**

Se cuenta con un total de cuatro (4) vallas informativas del proyecto instaladas en el corredor vial de la siguiente manera:

- Ruta 6006 en la jurisdicción del municipio de Puerto Boyacá - PR10.
- Ruta 6006 jurisdicción del municipio de Otanche- PR75+890
- Ruta 6007 jurisdicción del municipio de Chiquinquirá- PR88+650-
- Ruta 6009 jurisdicción de Tunja- PR1+500

| | |
|---|---|
| | |
| *Valla ruta 6006 PR 10+ 050* | *Valla ruta 6009 PR 1+ 040* |

- **Cuñas radiales**

Durante el presente período se llevo a cabo la difusión de cuña radial para emitir aviso de prevención por derrumbees en la ruta 6009.

Cuña: "*ECOVISION 188, en el marco de la ejecución del contrato No. 973 de 2021, suscrito con INVIAS, se permite informar a la comunidad y usuarios de la vía Transversal de Boyacá que, a causa de la ola invernal presente en el territorio nacional, se están presentando deslizamientos y derrumbes sobre el corredor vial*

*de la Transversal de Boyacá, generando cierres temporales y cierres totales según la complejidad presente. SUDINCO S.A. SUCURSAL COLOMBIANA solicita transitar con precaución y abstenerse de hacer recorridos en horario nocturno y/o en presencia de precipitaciones o lluvias intensas dado el riesgo presente, por la amenaza permanente de que se produzcan deslizamientos que obligan, por seguridad de los usuarios de la vía y comunidad, al cierre total de la de la misma. Agradecemos su colaboración*"

- **Volantes Informativos**

No se empleó en el periodo.

Nota: Los oficios tanto generados como recepcionados se relacionan en el ítem de Información y Divulgación. Ver Anexo 2.

#### 5.1.2.3 Proyecto 3. Manejo de la infraestructura de predios y servicios públicos

##### 5.1.2.3.1 Actas de Vecindad

El levantamiento de actas de vecindad se va realizando en la medida que se vaya avanzando las actividades de construcción del proyecto.

Durante el periodo no se realizo el levantamiento de actas de vecindad.

**ACTAS DE COMPROMISO**: En el mes de mayo de 2025 se realizó el levantamiento de 4 actas de compromiso:

- 15-05-2025 Alberto Vargas PR 54+450 RUTA 6009.
- 15-05-2025 Fredy Parra PR 60+100 Ruta 6009.
- 15-05-2025 Luis Eduardo Piñeros PR 82+900 RUTA 6009.
- 15-05-2025 Olga Marina Montaña PR 57+850 RUTA 6009.

#### 5.1.2.5 Proyecto 5. Cultura vial y Participación Comunitaria

**Talleres pedagógicos de sostenibilidad**

En el periodo no se realizó este ítem.

**Comité de Participación Comunitaria**

En relación a este proyecto es importante resaltar que, de acuerdo con lo establecido en común acuerdo, las reuniones con los grupos de control social del proyecto (Comité de Participación Comunitaria y Veedurías) se llavarán a cabo de manera bimestral. Por lo

tanto, en el presente período se realizó reunion de veeduría en la que fue convocada la comunidad en general y por parte de la veeduria trasnversal de boyacá de la ruta 6009 se obtuvo un comunicado en el que informaban que a manera de manifiesto y como muestra de incoformidad por la no participación de personal del INVIAS en este espacio.

| | |
|---|---|
| | |
| *Reunión veeduría Ruta 6009.* | *Reunión veeduría Ruta 6009.* |

### 5.1.2.6 Proyecto 6. Contratación de mano de obra

En el mes de mayo de 2025 la contratación de personal cuenta con 162 personas en total, 62 personas corresponden a MOC local, con un 38,27% 64 pertenecen a MOC foránea con un porcentaje de representación de 39.50%, Mano de Obra No Calificada MONC se presenta un total de 22 locales para un porcentaje de contratación de 13,58% y 14 foráneas vinculadas representando un 8.64%.Se tiene vinculadas 27 mujeres al proyecto para un porcentaje del 16,36%de las cuales, 14 son del área operativa y 13 del área administrativa, entre las que se tiene 19 mujeres que son cabeza de hogar, Se han contratado en cumplimiento a la ley del primer empleo 10 personas menores de 28 años en el área administrativa para un porcentaje del

6,097% A la fecha del presente informe el porcentaje de mano de obra contratada de la región es de 51,51% que equivale a 84 personas vinculadas, Ver tabla No 4

Acontinuación se registra el comportamiento de la mano obra del contratista correspondiente al periodo de mayo /2025.

Tabla 3. Comportamiento Mano de Obra- Contratista de Obra

| TOTAL, EMPLEOS | GENERACIÓN DE EMPLEO MES DE MAYO 2025 |
|---|---|
| | SUDINCO S.A. |

| | MANO DE OBRA CALIFICADA | | | MANO DE OBRA NO CALIFICADA | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Local | Foránea | Sub Total | Local | Foránea | Subtotal |
| 162 | 62 | 64 | 126 | 22 | 14 | 36 |
| **100%** | 38,27% | 39.50% | **77,77%** | 13,58% | 8,64% | **22.22%** |

### 5.1.2.7 Proyecto 7. Proyectos productivos

Respecto a este proyecto, se iniciaron las reuniones con comunidades del AI del municipio de Otanche, con el objeto de socializar los lineamientos de proyecto productivos y Obras con Participación Comunitaria.

### 5.1.2.8 Programa obras con Participación Comunitaria

Respecto a este proyecto, el contratista de obra ha adelantado el proceso para la identificación de la Obra con Participación Comunitaria para el tramo del municipio de Otanche- ruta 6006, es así que dando continuidad al proceso el día 06 de septiembre de 2023 mediante el comunicado DO-TB-1291-2023 radica a Interventoría las observaciones solicitadas por medio del comunicado 055-2-986-2023.

El día 25 de septiembre de 2023 contratista y la interventoría realizan mesas de trabajo virtuales con el objeto de subsanar correcciones a los componentes técnicos y financieros de la OPC.

A la fecha del presente informe, no se ha registrado avance en la ejecución de la OPC.

### 5.1.2.9 Proyecto 8. Protección del patrimonio arqueológico y cultural

A continuación, se realiza una trazabilidad de las gestiones, tramites y oficios que se han realizado con la entidad:

- Con el radicado DO-TB-004-2021 del 21 de julio de 2021, el Consorcio GROSUD elevó la consulta del estado y existencia de interés arqueológico en el corredor vial de la Transversal de Boyacá.
- El ICANH con el consecutivo 130 – 6815 - CR 6132 – 12 de agosto 2021, solicitó claridad si el Contrato 973 del 2021, requiere licencia ambiental o está sujeto a la aprobación de un Plan de Manejo Ambiental.

- Mediante el oficio DO-TB-063-2021 del 18 de agosto de 2021, se da respuesta al ICANH, informándole que el Contrato No. 973 de 2021 bajo los parámetros establecidos en la Resolución 769 de 2014 no requiere de licencia ambiental, por lo tanto, el manejo ambiental del proyecto se desarrollará a través del PAGA - Plan de adaptación a la Guía Ambiental del INVIAS.
- El 3 de septiembre 2021 el ICANH, mediante el radicado 130 – 7669- CR 6487, solicitó información si en el contrato se contempla construir ZODMEs, explotar fuentes de materiales o realizar otras obras que requieran licencia ambiental o la aprobación de Planes de Manejo Ambiental. Con el fin de emitir un concepto sobre la necesidad de implementar un Programa de Arqueología Preventiva.
- Con el oficio DO-TB-112-2021, se da respuesta al Radicado 130 – 7669- CR 6487, aclarando que dando alcance al Contrato 973 de 2021, se programan desarrollar Zodmes, tramitar Autorizaciones temporales y que el manejo ambiental del proyecto se desarrollará a través del PAGA - Plan de adaptación a la Guía Ambiental del INVIAS".
- El día 29-09-2021 se recibió el oficio ICANH 130-8599 en el que expresa que el área de Influencia del contrato 973 de 2021 no se encuentra dentro de los preceptos legales que deben adelantar un Programa de Arqueología Preventiva ante esta entidad.
- El día 21 de febrero de 2023, el contratista de obra reforzo la capacitación con los trabajadores del tema Hallazgos Arqueológicos Fortuitos. Ver Anexo 4. Soportes de capacitación.

Se relaciona documento: Por medio del cual el ICANH Resuelve que:

*"el proyecto "MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MÓDULO 3", localizado en los municipios de (Puerto Boyacá - Otanche – Chiquinquirá - Páez), departamento de Boyacá, no se encuentra dentro de los preceptos legales que deben adelantar un Programa de Arqueología Preventiva ante esta entidad."*

Instituto Colombiano de Antropología e Historia
ICANH

La cultura es de todos — Mincultura

ICANH 130 – 8599 – 29/09/2021
No. Recibido 7691

Bogotá, D. C.

Señor
**NESTOR ALONSO BEDOYA PÉREZ**
correspondencia.boyaca@sudinco.com

**Asunto:** Respuesta al "Oficio ICANH 130 – 6815 – 12/08/2021" – Rad. 6487." – Rad.7691.

Reciba un cordial saludo.

El Instituto Colombiano de Antropología e Historia - ICANH ha recibido la solicitud citada en el asunto. Al respecto, nos permitimos informarle lo siguiente:

- De conformidad con lo previsto en el numeral 1.6. del artículo 11 de la Ley 397 de 1997, modificado por el artículo 131 del Decreto 2106 del 2019, *"Los titulares de proyectos, obras o actividades que requieran licenciamiento ambiental o estén sujetos a la aprobación de Planes de Manejo Ambiental deberán presentar un Programa de Arqueología Preventiva al Instituto Colombiano de Antropología e Historia, y que tiene por objeto garantizar la protección del patrimonio arqueológico ante eventuales hallazgos arqueológicos en el área del proyecto, obra o actividad. Sin la aprobación del Programa no podrán adelantarse las obras".*

- En virtud del anterior marco normativo, el proyecto *"MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MÓDULO 3"*, localizado en los municipios de (Puerto Boyacá - Otanche – Chiquinquirá - Páez), departamento de Boyacá, no se encuentra dentro de los preceptos legales que deben adelantar un Programa de Arqueología Preventiva ante esta entidad.

- No obstante lo anterior, el ICANH, como única autoridad nacional en materia de patrimonio arqueológico, se permite informar que, conforme lo previsto en el artículo 2.6.1.8. del Decreto 1080 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura, modificado por el Decreto 138 de 2019, si en el desarrollo del proyecto se hicieren hallazgos arqueológicos de manera fortuita, el responsable tendrá que detener las actividades en el lugar y *"deberá dar aviso inmediato a las autoridades civiles o de policía más cercana las cuales tienen como obligación informar el hecho al ICANH dentro de las veinticuatro (24) horas siguientes al recibo del aviso".*

Calle 12 n.° 2-41 Bogotá D.C., Colombia. Conmutador: (57-1) 4440544 – Fax: 4440530

### 5.1.2.10 Gestión Socio Predial

Se encuentra adelantado el diagnóstico socio predial por parte del contratista de obra.

- Se tienen identificados 58 predios, se continúan realizando visitas a los predios que llevan procesos de gestión socio predial; verificando los factores de compensación FCS social a tener en cuenta.

- El avance para este corredor, desde la gestión predial en cuanto a la totalidad de predios a adquirir, entre predios privados, predios con mejoras, predios de puntos críticos, predios denominados como baldíos, predios con pasivos prediales (hasta el momento uno identificado para esta ruta) número total de diagnósticos prediales en proceso sobre la ruta y etapa o porcentaje de la adquisición predial. Son datos que se encuentran supeditados al diagnóstico predial que se halla en gestión en la actualidad, con el avance de fichas socioeconómicas y estudio de títulos hasta el momento; en el instante en el que se cuente con el resultado de dicho diagnóstico se entregará la información relacionada previamente.

| 2. INFORMACIÓN UNIDAD SOCIAL | | | | | 3. FACTORES DE COMPENSACIÓN | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | BENEFICIARIO | CEDULA DE CIUDADANÍA | No. FICHA | | VALOR AVALÚO MEJORAS CON DESTINO HABITACIONAL | VALOR POR FACTOR DE COMPENSACIÓN SOCIAL | | | | | | FECHA DE PAGO (Día / Mes / Año) | OBSERVACIONES |
| | | | FICHA SOCIOECONÓMICA | No. ACTA DE COMPROMISO | | UMV | UME | TDO | ARRTO | HTO | OTRO | | |
| 1 | BLANCA ELVIA RUIZ DE T | 23.804.821 | 001-198-A-I-TU-MCTB | 198-A-I-TU-MCTB | $ 58.409.222 | $ 45.990.778 | $ 10.440.000 | $ 2.320.000 | $ 0 | $ 0 | N/A | 7/05/2024 | |
| 2 | FRANKLIN VALERO | 1.055.550.323 | 002.189-A-M1-I-TU-MCTB | 189-A-M1-I-TU-MCTB | $ 76.920.189 | $ 27.479.811 | $ 0 | $ 2.320.000 | $ 0 | $ 0 | N/A | 22/02/2024 | |
| 3 | OMAR JAVIER MARTÍNEZ | 1.012.400.288 | 003-188-M7-I-TU-MCTB | 188-M7-I-TU-MCTB | $ 33.583.032 | $ 83.416.968 | $ 0 | $ 2.600.000 | $ 0 | $ 0 | N/A | 15/10/2024 | |
| 4 | LAURA CAROLINA VALERO T | 1.055.552.013 | 004- 188-M6-D-TU-MCTB | 188-M6-D-TU-MCTB | $ 15.839.440 | $ 101.160.560 | $ 0 | $ 2.600.000 | $ 0 | $ 0 | N/A | 15/10/2024 | |
| 5 | NANCY BLANCA TÉLLEZ | 52.262.864 | 005-188-M9-I-TU-MCTB | 188-M9-I-TU-MCTB | $ 19.123.776 | $ 97.876.224 | $ 0 | $ 2.600.000 | $ 2.600.000 | $ 0 | N/A | 28/11/2024 | |
| 6 | ANGELA ACENETH MORALES | 40.050.470 | 006-188-M2-D-TU-MCTB | 188-M2-D-TU-MCTB | $ 42.987.030 | $ 85.827.970 | $ 0 | $ 2.847.000 | $ 0 | $ 0 | N/A | | Por Pagar |
| 7 | JOSÉ LEONEL TRIANA LEÓN | 9.498.964 | 007-188-M5-D-TU-MCTB | 188-M5-D-TU-MCTB | $ 38.025.280 | $ 90.089.720 | $ 0 | $ 2.847.000 | $ 0 | $ 0 | N/A | | Por Pagar |

| DESCRIPCION | | %MAYO 2025 |
|---|---|---|
| PREDIOS | 58 | |
| FICHAS APROBADAS | 52 | 91% |
| ESTUDIOS | 52 | 91% |
| AVALUOS | 52 | 90% |
| PERMISOS DE INTERVENCION | 43 | 74% |
| OFERTAS ELABORADAS | 49 | 88% |
| OFERTAS INSCRITAS | 32 | 55% |
| PROMESAS | 29 | 67% |

| | | |
|---|---|---|
| **ESCRITURAS A FAVOR INVIAS** | **8** | **18%** |
| **EXPROPIACIONES** | **5** | **11 %** |
| **LONGITUD LIBERADA** | **15,2** | **62 %** |

Pagos de Factores de Compensación Social, realizados a la fecha. A la fecha, en cuanto a la ejecución de la provisión Socio – Predial, se ha avanzado en el levantamiento, de siete (7) Fichas Socioeconómicas, a mejoratarios y mejoratarías ubicados en la Vereda, Pénjamo de Otanche, Boyacá, de las cuales han recibido aprobación y no objeción cinco (5) y se han pagado los siguientes Factores de Compensación así:

| TRAMO | DESCRIPCION | Cantidad de predios |
|---|---|---|
| 1. TRAMO 45BY01 PUERTO BOYACA | PREDIOS | 2 |
| 2. TRAMO K65+890-K75+890 DEL CORREDOR 6006 | PREDIOS | 35 |
| | MEJORAS | 15 |
| 3. PREDIOS PUNTO CRITICO | PREDIOS | 4 |
| 4. PREDIOS PASIVOS PREDIALES | PREDIOS | 2 |
| TOTAL | 58 | |

| UMV | UME | TDO | ARRTO | HTO | OTRO |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 1 | 5 | 1 | 0 | N/A |

Para efectos de las Fichas Socio-prediales, Ángela Aceneth Morales y José Leonel Triana León, se está en espera de la certificación de la Vivienda de Interés Social Prioritario (VISP), por parte de la Secretaria de Planeación, del Municipio de Otanche, para la presentación a la Interventoría.

| **EJECUCIÓN PRESUPUESTAL SOCIO PREDIAL** | | |
|---|---|---|
| **Provisión Socio- Predial** | **Ejecutado** | **% de Ejecución** |
| **$1.020.206.456** | **$381.404.341** | **37.3** |

**VALORES BRUTOS PAGADOS POR FCS - RUTA 6006 ALTA - FCS**

| VALORES BRUTOS PAGADOS POR FCS - RUTA 6006 ALTA - FCS | | | |
|---|---|---|---|
| UMV | UME | TDO | ARRTO |
| $ 45.990.778 | $ 10.440.000 | $ 2.320.000 | $ 2.600.000 |
| $ 27.479.811 | | $ 2.320.000 | |
| $ 83.416.968 | | $ 2.600.000 | |
| $ 101.160.560 | | $ 2.600.000 | |
| $ 97.876.224 | | $ 2.600.000 | |
| **$ 355.924.341** | **$ 10.440.000** | **$ 12.440.000** | **$ 2.600.000** |
| Total | | **$ 381.404.341** | |

**VALORES BRUTOS POR PAGAR RUTA 6006 ALTA –FCS**

| VALORES BRUTOS POR PAGAR RUTA 6006 ALTA - FCS | | | |
|---|---|---|---|
| UMV | UME | TDO | ARRTO |
| $ 85.827.970 | $ 0 | $ 2.847.000 | $ 0 |
| $ 90.089.720 | $ 0 | $ 2.847.000 | $ 0 |
| **$ 175.917.690** | | **$ 5.694.000** | |
| **$ 181.611.690** | | | |

### 5.1.2.10 Seguimiento al Plan de Inversión Social

En el mes de mayo de 2025, se realizó el trámite del pre-acta de cobro N°47, conforme a los lineamientos designados para los cobros sociales. Ver Anexo 4.

### 5.1.2.11 Actividades adicionales

- Acompañamientos sociales en el corredor vial de las rutas 6006, Y 6009.
- Acompañamientos en visitas para atención reuniones extraordinarias.
- Acompañamientos en visitas sociopredriales.

### 5.1.2.12 Informes reportados en el periodo y otros

- Informes semanales
- Informe mensual social del Contratista.
- Informe Trimestral Social

Pro. Social
Interventoría-Consorcio Ecovisión 188

Pro. Social
Interventoría-Consorcio Ecovisión 188

# 5.3.3 INFORME EJECUTIVO DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

CONSORCIO ECOVISIÓN-188

“INTERVENTORIA PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACA (PUERTO BOYACA- OTANCHE- CHIQUINQUIRA – PAEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA, EN MARCO DE LA REACTIVACION ECONOMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PUBLICA “VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACION 2030” MODULO 2.”

**INFORME MENSUAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (SST) N°48**

**PERIODO DEL MES DE MAYO DEL 2025**

## ENTIDAD CONTRATANTE

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS "INVIAS"

## CONTRATISTA DE OBRA

SUDAMERICANA INTEGRAL DE CONSTRUCCIONES SUDINCO S.A.
SUCURSAL COLOMBIANA

## OBJETO CONTRATO DE OBRA

*MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ – OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MÓDULO 3"*

## CONTRATO DE OBRA Nº

*973 DE 2021*

## INTERVENTORÍA

*CONSORCIO ECOVISION 188*

## OBJETO CONTRATO DE INTERVENTORÍA

*INTERVENTORIA PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACA (PUERTO BOYACA- OTANCHE- CHIQUINQUIRA – PAEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA, EN MARCO DE LA REACTIVACION ECONOMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PUBLICA "VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACION 2030" MODULO 2*

## CONTRATO DE INTERVENTORÍA Nº

*962 DE 2021*

# Tabla de contenido

**TABLAS** ..... 4
**1. INTRODUCCIÓN** ..... 5
**2. OBJETIVO** ..... 6
**2.1. OBJETIVO GENERAL DE LA GESTIÓN DE INTERVENTORÍA SST** ..... 6
**2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA GESTIÓN DE INTERVENTORÍA SST** 6
**2.3. MARCO LEGAL** ..... 6
**3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR EL CONTRATISTA** ..... 8
**3.1. SEGURIDAD SOCIAL INTEGRAL ARL, EPS, AFP, CCF Y PARAFISCALES** ..... 8
**3.2. PROCESO DE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN** ..... 8
**3.3. PERSONAL DE OBRA E INTERVENTORIA** ..... 13
**3.4. INDUCCIONES** ..... 14
**3.5. ENTREGA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y DOTACIÓN** ..... 16
**3.6. EXÁMENES DE INGRESO** ..... 18
**3.7. COMITÉS DEL SG-SST** ..... 18
**4. SEÑALIZACIÓN DEL PMT** ..... 18
**4.1. CONTROLADORES DE TRÁFICO - PMT** ..... 21
**4.2. MAQUINARIA Y VEHÍCULOS** ..... 22
**4.3. INSPECCIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD** ..... 23
**4.4. TRABAJOS DE ALTO RIEGOS** ..... 26
**4.5. ACCIDENTABILIDAD** ..... 27
**5. FUNCIONES REALIZADAS POR LA INTERVENTORÍA** ..... 29
**6. CORRESPONDENCIA DEL ÁREA SST** ..... 31
**6.1. CORRESPONDENCIA ENVIADA** ..... 31
**6.2. CORRESPONDENCIA RECIBIDA** ..... 31
**7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ..... 32

## TABLAS

*Tabla 1 Descripción del Marco legal SST ..... 7*
*Tabla 2 Cronograma de capacitación CONSORCIO ECOVISION 188 ..... 9*
*Tabla 3 Cronograma de capacitación SUDINCO S.A..... 9*
*Tabla 4 Cuadro del personal de Interventoría ..... 13*
*Tabla 5 Cuadro del personal de SUDINCO..... 14*
*Tabla 6 Indicador de Accidentalidad SUDINCO ..... 28*
*Tabla 7 Indicador de Accidentalidad ECOVISION 188..... 29*
*Tabla 8 Correspondencia Enviada ..... 31*
*Tabla 9 Correspondencia Recibida ..... 31*

## CONTROLES DE ELABORACIÓN

| | |
|---|---|
| Preparó y Elaboró<br>**LERIS ADRIANA OQUENDO PALACIOS**<br>Inspector SST<br>Fecha: 05 junio del 2025 | Firma |
| Preparó y Elaboró<br>**INGRI YULIETH MORENO FORERO**<br>Inspector SST<br>Fecha: 05 junio del 2025 | Firma |
| Revisión y Aprobó<br>**JULIO CESAR SANCHEZ CADAVID**<br>Director de Interventoría<br>Fecha: 05 junio del 2025 | Firma |

# 1. INTRODUCCIÓN

Este informe presenta el seguimiento efectuado por la Interventoría **CONSORCIO ECOVISION 188** a la gestión de seguridad y salud en el trabajo llevada a cabo por el contratista **SUDINCO S.A.** El período de evaluación abarca del 1 al 31 mayo del 2025

Esta Interventoría está comprometida a liderar una acción continua para identificar, eliminar y controlar todos los riesgos que podrían ocasionar daños a las personas, a la propiedad y/o interrupciones en los procesos, promoviendo la participación activa de todos los trabajadores, considerando que todo accidente se puede prevenir, que cada cual es responsable por su seguridad y la de su entorno, que el control de los riesgos jamás se debe desestimar por alcanzar metas de producción, y que un trabajo bien hecho requiere de una conducta preventiva. El compromiso activo y permanente de toda la organización permitirá lograr un ambiente de trabajo libre de accidentes.

Durante este periodo, se propende que la gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST) se desarrolle dentro del cumplimiento a los requisitos establecidos en la normatividad vigente, teniendo en cuenta que la salud y seguridad de los trabajadores en el entorno laboral representan en la actualidad una de las herramientas de gestión más importantes para mejorar la calidad de vida laboral en las empresas y con ella su competitividad.

La aplicación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como ventaja el mejoramiento del clima organizacional, el bienestar y calidad de vida de los trabajadores. Disminución en el índice de ausentismo por enfermedad y reducción en las tazas de accidentalidad; así como un incremento en la productividad.

Se valida y verifica que el personal tanto del contratista como de la Interventoría cumplan las respectivas afiliaciones, soportes y pagos de seguridad social para la ejecución de la labor. El artículo 210 de la Ley 100 de 1993 consagra la obligación de todos los empleadores, del sector público y privado, de pagar su respectivo aporte al Sistema General de Seguridad Social, y establece sanciones para quienes no cumplan con este deber.

En este documento se realiza una breve descripción del marco legal y objetivos del cumplimiento del SG-SST. Posteriormente se describe el desarrollo y ejecución de cada una de las actividades propias del contratista e Interventoría

## 2. OBJETIVO

Cumplir con las regulaciones y obligaciones de la normatividad vigentes en relación a la Salud y Seguridad de los trabajadores y los pliegos de condiciones del contrato, esto a través de la implementación y el seguimiento del SG-SST del Contratista SUDINCO S.A. E interventoría Consorcio Ecovision 188, de tal manera que facilite la programación y ejecución de las actividades de Seguridad y Salud en el trabajo en el proyecto.

### 2.1. OBJETIVO GENERAL DE LA GESTIÓN DE INTERVENTORÍA SST

Dar cumplimiento con la normatividad legal vigente aplicable para el cumplimiento del SG-SST, verificar y cumplir con el Plan de Manejo de Transito (PMT), a través de las medidas implementadas durante el desarrollo del proyecto para prevenir, mitigar, controlar y corregir los impactos negativos que se generen.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA GESTIÓN DE INTERVENTORÍA SST

- Propender por el cumplimiento del Plan de Manejo en seguridad y salud en el trabajo durante la ejecución del proyecto.
- Revisar y monitorear el desempeño del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo SG-SST del contratista.
- Verificar y dar cumplimiento con la normatividad nacional vigente aplicable en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- Verificar y dar cumplimiento con el Plan de Manejo de Transito (PMT) en el desarrollo del contrato, a través de procedimientos seguros en las actividades de obra teniendo en cuenta el riesgo de la labor ejecutada.

### 2.3. MARCO LEGAL

A continuación, se relaciona un breve listado de la normatividad de seguridad y salud en el trabajo que debe cumplirse para el normal desarrollo de las actividades relacionadas en el objeto de este contrato.

*Tabla 1 Descripción del Marco legal SST*

| Norma | Descripción |
|---|---|
| Ley 100 de 1993 | Por la cual se crea el sistema de seguridad social integral y se dictan otras disposiciones. |
| Ley 797/2003 | Por la cual se reforman algunas disposiciones del sistema general de pensiones previsto en la Ley 100 de 1993 y se adoptan disposiciones sobre los Regímenes Pensionales exceptuados y especiales. |
| Ley 828 de 2003 | Por la cual se expiden normas para el Control a la Evasión del Sistema de Seguridad Social, Modificada por el art. 36, Decreto Nacional 126 de 2010, en lo relativo a las multas. |
| Resolución 2346/2007 | Por la cual se regula la práctica de evaluaciones médicas ocupacionales y el manejo y contenido de las historias clínicas ocupacionales |
| Decreto Ley 1295 de 1994 | Por el cual se reglamenta la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales. |
| Decreto 614 de 1984 | Determina las bases para la organización administrativa de la salud ocupacional. |
| Resolución 2013 de 1986 | Por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los Comités Paritarios de Seguridad y Salud en el Trabajo en los lugares de trabajo |
| Resolución 1401 de 2007 | Disposiciones para la investigación de incidentes y accidentes de trabajo |
| Ley 1562 de 2012 | Sistema general de riesgos laborales |
| Resolución 2400/1979 | Elementos de protección personal |
| Ley 769/2002 | Código Nacional de tránsito terrestre |
| Resolución 1565/2014 | Plan de seguridad vial |
| Resolución 1885 De 2015 | Por la cual se adopta el manual de señalización vial - Dispositivos uniformes para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorrutas de Colombia |
| Resolución 2413 de 1979 | Reglamento de Higiene y Seguridad para la industria de la construcción. |
| Decreto 1072 de 2015 | Decreto único reglamentario del sector trabajo |
| Resolución 1111 de 2017 | Por el cual define los estándares mínimos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo para Empleadores y Contratantes |
| Resolución 0312 del 2019 | Por la cual se definen los estándares mínimos del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST). |
| Resolución 4272 del 27 diciembre del 2021 | Por la cual se establecen los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajos en alturas. |
| Resolución 0491 de 2020 | Por la cual se establecen los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajos en espacios confinados y se dictan otras disposiciones |

## 3. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR EL CONTRATISTA

A continuación, se presenta el informe de la gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) correspondiente al periodo del 1 al 31 de mayo del 2025. Es importante destacar que el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) es llevado a cabo y gestionado por el contratista SUDINCO S.A, bajo la supervisión de la Interventoría Consorcio Ecovision 188.

Este informe se basa en los seguimientos realizados por la Interventoría en los diferentes frentes de obra del proyecto. Además, se han considerado los insumos proporcionados por el contratista para la elaboración del informe, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las condiciones establecidas en los pliegos de condiciones y en el SG-SST.

### 3.1. SEGURIDAD SOCIAL INTEGRAL ARL, EPS, AFP, CCF Y PARAFISCALES

Durante este período, se ha proporcionado a la Interventoría la documentación respaldatoria de los pagos correspondientes a las planillas de seguridad social integral de todo el personal activo en el proyecto, perteneciente al contratista SUDINCO S.A. Asimismo, el área de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) ha verificado el pago de seguridad social integral para todo el personal activo de la interventoría del Consorcio Ecovisión 188.

Adicionalmente, se llevó a cabo la revisión de la seguridad social y documentación del personal ingresado como proveedores de servicios del contratista SUDINCO para la ejecución de actividades constructivas en obra.

### 3.2. PROCESO DE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN

En el marco del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), se establece un proceso integral de formación y capacitación para el personal, llevado a cabo mediante modalidades presenciales y virtuales. El propósito primordial es proporcionar a los colaboradores, contratistas las herramientas necesarias para identificar, analizar, evaluar y comprender los riesgos presentes en el entorno laboral. Este conocimiento les capacita para prever incidentes, accidentes laborales y enfermedades profesionales, así como para saber cómo actuar ante situaciones de emergencia.

Adicionalmente, se llevan a cabo pausas activas tanto antes como durante las actividades laborales. Estas pausas tienen como finalidad recuperar energía, mejorar el desempeño y la eficiencia en el trabajo. Se emplean diversas técnicas y ejercicios que contribuyen a reducir la fatiga laboral, prevenir trastornos osteomusculares y mitigar el estrés.

Por lo tanto, se presenta una tabla que describe las capacitaciones llevadas a cabo durante el período por parte del Contratista SUDINCO S.A. y la Interventoría CONSORCIO ECOVISION 188.

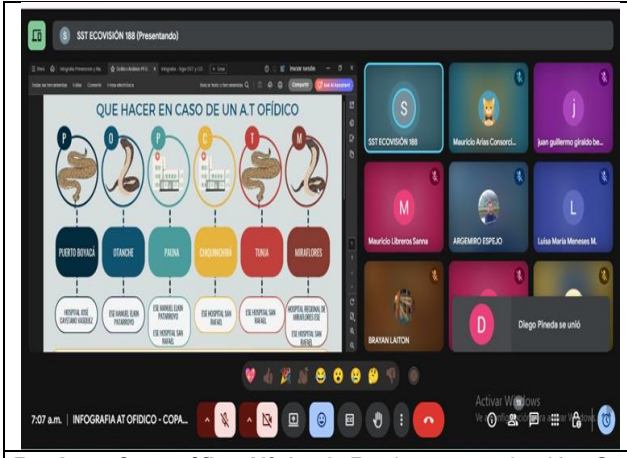
*Tabla 2 Cronograma de capacitación CONSORCIO ECOVISION 188*

| TEMA | FECHA | CAPACITADOR |
|---|---|---|
| Semana De La Salud – Habito Peligroso: La Postura Al Usar El Celular | 21 mayo del 2025 | Adriana Oquendo – Ingri Moreno |
| Que Hacer En Caso De Un Accidente Ofídico | 22 mayo del 2025 | Adriana Oquendo – Ingri Moreno |
| Semana De La Salud – Señales De Sobrecarga Laboral, El Estrés No Es La Única Señal De Alerta | 23 mayo del 2025 | Adriana Oquendo – Ingri Moreno |
| Campaña De Prevención De Las Emociones | 30 mayo del 2025 | Adriana Oquendo – Ingri Moreno |

*Tabla 3 Cronograma de capacitación SUDINCO S.A.*

| TEMA | FECHA | CAPACITADOR |
|---|---|---|
| Levantamiento De Cargas | 17 mayo Del 2025 | Luz Myriam Ariza<br>Angelica María Ricaurte<br>Nacim Yanine Acero<br>Jaudeliz Galindo |
| Higiene Postular Y Lesiones Osteomusculares | 19 mayo Del 2025 | Luz Myriam Ariza<br>Angelica María Ricaurte<br>Nacim Yanine Acero<br>Jaudeliz Galindo |
| Uso Eficiente Y Ahorro Del Agua | 20 mayo Del 2025 | Luz Myriam Ariza<br>Angelica María Ricaurte<br>Nacim Yanine Acero<br>Jaudeliz Galindo |
| Campaña de sensibilización en conmemoración de la Semana de la Salud, con el objetivo de incentivar en los trabajadores el autocuidado, la adopción de hábitos saludables, el manejo adecuado de las emociones, la importancia del | 23 mayo del 2025 | Luz Myriam Ariza<br>Angelica María Ricaurte<br>Nacim Yanine Acero<br>Jaudeliz Galindo |

| | | |
|---|---|---|
| trabajo en equipo, la salud mental y la realización de tamizajes como el índice de masa corporal (IMC). | | |



**Registro fotográfico N° 1 y 2**: Registro capacitación, Que Hacer En Caso De Un Accidente Ofídico

**Registro fotográfico N° 3 y 4**: Campaña De Prevención De Las Emociones

**Registro fotográfico N° 5 y 6**: Charlas de seguridad por parte de la Interventoría

**Registro fotográfico N° 7 y 8:** Registro capacitación Ruta 6006 Baja

**Registro fotográfico N° 9 y 10:** Registro capacitación Ruta 6006 Alta

**Registro fotográfico N° 11 y 12:** Registro capacitación sobre Seguridad Vial Ruta 6007

**Registro fotográfico N° 13 y 14:** Registro capacitación sobre Riesgos y Peligros Ruta 6009

**Registro fotográfico N° 15 y 16:** Actividades de la semana de la Salud

**Registro fotográfico N° 17 y 18:** Registro de Pausas actividades antes y durante las jornadas laborales contratista

**Registro fotográfico N° 19 y 20:** Registro de Pausas actividades antes y durante las jornadas laborales interventoría.

## 3.3. PERSONAL DE OBRA E INTERVENTORIA

Durante el último periodo comprendido del 1 al 30 de mayo del 2025, se ha registrado un total de 162 trabajadores por parte del contratista SUDINCO S.A. y un total de 34 trabajadores de Interventoría CONSORCIO ECOVISION 188.

*Tabla 4 Cuadro del personal de Interventoría*

| CARGOS | CANTIDAD |
|---|---|
| CADENERO | 1 |
| CONDUCTOR | 4 |
| DIRECTOR | 1 |
| INGENIERO AUXILIAR | 2 |
| INGENIERO RESIDENTE | 2 |
| INSPECTOR | 4 |
| INSPECTOR SST | 2 |
| LABORATORISTA INSPECTOR | 1 |
| PROFESIONAL AMBIENTAL | 1 |
| PROFESIONAL SOCIAL | 2 |
| PROFESIONAL TECNICO PREDIAL | 1 |
| SECRETARIA | 1 |
| TOPOGRAFO | 1 |
| CAMPAMENTERA | 1 |
| ESPECIALISTAS | 10 |
| TOTAL, GENERAL | 34 |

*Tabla 5 Cuadro del personal de SUDINCO*

| TOTAL, EMPLEOS | GENERACIÓN DE EMPLEO MES DE MARZO DEL 2025 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | SUDINCO S.A. | | | | | |
| | MANO DE OBRA CALIFICADA | | | MANO DE OBRA NO CALIFICADA | | |
| | Local | Externa | Sub Total | Local | Externa | Subtotal |
| 162 | 62 | 64 | 126 | 22 | 14 | 36 |
| **100%** | 38,27% | 39,50% | **77,77%** | 13,58% | 8,64% | **22,22%** |

## 3.4. INDUCCIONES

Durante este período, se llevaron a cabo inducciones para el personal recién ingresado por parte del contratista, así como reinducciones para los colaboradores de mayor antigüedad de interventoría y contratista, en cumplimiento de la normativa legal vigente. Además, se realizaron evaluaciones de conocimiento.

En estas sesiones, se comunicaron y reforzaron los procedimientos establecidos en el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), así como en los reglamentos y normativas aplicables, incluyendo el Plan Maestro de Seguridad y Salud en el Trabajo. (SPMST). Asimismo, se brindó información detallada sobre los riesgos asociados a las actividades laborales, con el objetivo de fomentar un entorno seguro y salud.

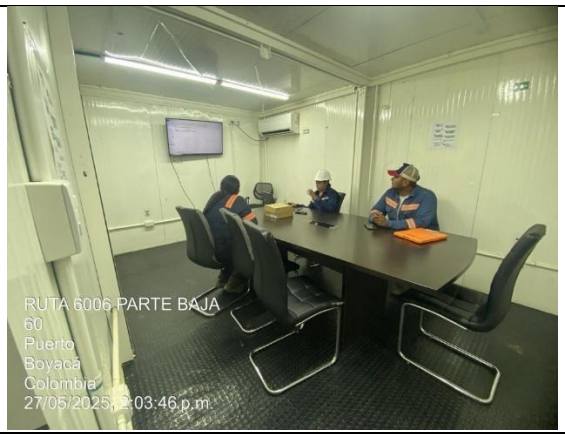
Temas Tratados

- Políticas y normas de la empresa
- Misión y visión
- Reglamento interno
- Reglamento de higiene y salud en el trabajo
- Objetivos en SST
- Elementos de protección personal
- Peligros asociados de acuerdo a la actividad
- Separación adecuada de residuos
- Ahorro eficiente de agua y energía

- Identificación de riesgo
- Reporte de incidentes y accidentes de trabajo –ambientales
- ATS específicos de cada actividad y cargo
- Permisos de tareas de alto riesgo

Entre otros.

**Registro fotográfico N° 21 y 22:** Registro inducción al personal ingresado por parte del contratista SUDINCO.




**Registro fotográfico N° 23 y 24:** Registro reinducción al personal con mayor antigüedad por parte del contratista SUDINCO.

**Registro fotográfico N° 25 y 26:** Registro reinducción al personal con mayor antigüedad por parte de la Interventoría

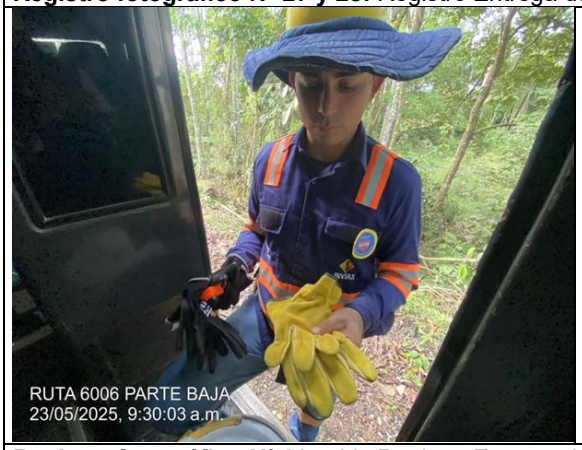
## 3.5. ENTREGA DE ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y DOTACIÓN

El contratista e interventoría durante este periodo realiza entrega de Dotación y EPP a los trabajadores al momento de su ingreso y de acuerdo a los riegos asociados de las actividades constructivas, con la finalidad de contar con los elementos de protección necesarios para mitigar los impactos que puedan generar accidente e incidentes laborales, en cumplimiento al Art 230 código sustantivo del trabajo: contiene la obligación a cargo del patrono de suministrar calzado y vestido de labor al trabajador cuya remuneración mensual sea hasta dos (2) veces el salario mínimo más alto vigente. Un trabajador permanente debe recibir por parte de su empleador, de forma habitual y gratuita, un suministro de uniformes que consta de un par de zapatos y un vestido de labor, cada cuatro meses.

Por otro lado, se continúan con las inspecciones de los EPP y dotación en los frentes de obras a cada uno de los trabajadores con el fin de realizar la respectiva reposición de acuerdo al estado que se encuentre.

Esta interventoría verifica en los frentes de obras del proyecto, que, cada uno de los trabajadores al momento de realizar sus actividades constructivas cuente con la dotación y EPP adecuado para la actividad, informando al contratista sobre el obligatorio cumplimento y velar para que todos los trabajadores que cuenten con la respectiva dotación del manual de obra pública aplicable.

**Registro fotográfico N° 27 y 28:** Registro Entrega de Dotación al personal del contratista SUDINCO



**Registro fotográfico N° 29 y 30:** Registro Entrega de EPP al personal del contratista SUDINCO, de acuerdo a las actividades y necesidades de obra.

**Registro fotográfico N° 31 y 32:** Registro Entrega de Dotación al personal de la interventoría

## 3.6. EXÁMENES DE INGRESO

Durante este período, se realizó y verificó el cumplimiento de los exámenes médicos de ingreso y periódicos, asegurando que se encuentren aptos para desempeñar sus labores y que se cumpla con la normatividad legal vigente; Asimismo, se verificó la realización de estos exámenes médicos para los proveedores del contratista, en alineación con los requisitos de seguridad y salud en el trabajo.

La práctica de exámenes médicos ocupacionales es una de las principales actividades de Medicina Preventiva y del Trabajo y constituye un instrumento importante en la elaboración del diagnóstico de las condiciones de salud de la población trabajadora, y, por ende, es información vital para el desarrollo de los diferentes programas de gestión para la prevención y control de la enfermedad relacionada con el trabajo.

## 3.7. COMITÉS DEL SG-SST

Durante este periodo, en estricto cumplimiento de la normativa legal vigente relacionada con las reuniones de los comités de COPASST y del Comité de Convivencia Laboral, el contratista e interventoría, a través del área de Salud y Seguridad en el Trabajo (SST), hace entrega de las actas correspondientes al comité de COPASST del periodo de mayo del 2025, cumpliendo con los requisitos y normativas aplicables en la materia. Cabe anotar que las actas del Comité de Convivencia Laboral son confidenciales y, por tanto, se encuentran bajo la protección de dicho comité.

# 4. SEÑALIZACIÓN DEL PMT

Se realiza recorrido y acompañamiento en los diversos frentes de obra, con el fin de validar el cumplimiento de señalización y adherencia al PMT establecido y aprobado por parte de la interventoría, con el objetivo que en las rutas de trabajo el personal tenga instalado sus respectivas señales preventivas, informativas, y reglamentarias como lo estipula el Plan De Manejo De Transito Y El Manual De Señalización Vial Invias 2015.

Se realiza mantenimiento preventivo y correctivo de la señalización instalada en los distintos frentes de obra y puntos críticos a lo largo del corredor vial, garantizando su óptimo estado y visibilidad para la seguridad de los usuarios y trabajadores.

Se instalaron las señalizaciones móviles y verticales en los frentes de obra con actividades constructivas en curso, de acuerdo con lo establecido en el Plan de

Manejo de Tránsito (PMT), garantizando el cumplimiento de las medidas de seguridad y orientación vial.

**Registro fotográfico Nº 33 y 34:** Ubicación de señalización con delineadores y cintas de peligro en los puntos críticos a lo largo del corredor vial.

**Registro fotográfico N.º 35 y 36:** Señalización con cintas de peligro en los frentes de obras actividades constructivas

**Registro fotográfico Nº 37 y 38:** Se realiza verificación a instalación de kits de señalización móviles preventivas instaladas en el corredor vial.

**Registro fotográfico Nº 39 y 40:** Se realiza verificación a la ubicación de señalización vertical preventivas instaladas en los frentes de obras sin rotación continua.

**Registro fotográfico Nº 40 y 42:** Mantenimiento a las señales verticales preventivas instaladas en el corredor vial, en cumplimiento con el PMT.

**Registro fotográfico Nº 43 y 44:** Señalización de materiales de construcción sin obstaculizar el flujo vehicular.

## 4.1. CONTROLADORES DE TRÁFICO - PMT

Durante las actividades constructivas, el contratista ha proporcionado personal para controlar el tráfico en los frentes de obra donde se llevan a cabo actividades de construcción en la ruta 6006, 6007 y 6009.

Se realiza una verificación periódica para garantizar que estos trabajadores dispongan de los elementos correspondientes para desempeñar sus funciones de manera adecuada. Esto incluye señalización para su identificación en el proyecto, como maletines con cinta reflectante y señales de "pare" y "siga", así como equipos de comunicación y la dotación necesaria para el desarrollo de sus actividades.

**Registro fotográfico N.º 45 y 46:** Ubicación de controladores de tráfico frentes de obra 6006 baja

**Registro fotográfico N.º 47 y 48:** Ubicación de controladores de tráfico frentes de obra 6006 alta

**Registro fotográfico N.º 49 y 50:** Ubicación de controladores de tráfico frentes de obra 6007

**Registro fotográfico N.º 51 y 52:** Ubicación de controladores de tráfico frentes de obra 6009.

## 4.2. MAQUINARIA Y VEHÍCULOS

La maquinaria y vehículo que se encuentran laborando en este proyecto, se verifica la documentación Soat, Técnico Mecánica, Tarjeta de propiedad, Declaración de importación y licencia del conductor u operación antes de su previo ingreso, de tal manera que se encuentre al día antes y durante la ejecución del proyecto.

De la misma manera se realiza una revisión constante a los equipos de primeros auxilios y emergencia a la maquinaria amarilla y vehículos que se encuentran activos en el proyecto; y se verifica mediante recorridos en campo en conjunto con la Interventoría.

**Registro Fotográfico N° 53 y 54:** Inspección a los equipos de emergencia de la maquinaria y vehículos por parte de la interventoría

**Registro Fotográfico N° 55 y 56:** Inspección a los equipos de emergencia de la maquinaria y vehículos por parte del Contratista.

## 4.3. INSPECCIONES Y MEDIDAS DE SEGURIDAD

Se llevan a cabo inspecciones de seguridad en los frentes de trabajo para verificar el estado de las herramientas, los Equipos de Protección Personal (EPP) y la dotación del personal. Asimismo, se realizan inspecciones preoperacionales diarias a la maquinaria y vehículos, siendo responsabilidad de los conductores u operadores realizarlas, mientras que, en los frentes de trabajo, estas inspecciones son lideradas por el responsable del área de Salud y Seguridad en el Trabajo (SST) del contratista SUDINCO S.A

Se realizaron pruebas de alcoholimetría de manera aleatoria a todos los trabajadores con el objetivo de verificar su estado de salud y garantizar un ambiente laboral seguro en el proyecto. Estas medidas preventivas son fundamentales para evitar posibles accidentes laborales relacionados con el consumo de alcohol.

Por otro lado, se llevan a cabo jornadas de orden y limpieza en los distintos frentes de obra de cada ruta, con el objetivo de mantener un entorno laboral organizado y prevenir posibles accidentes.

Se llevó a cabo la medición y verificación de gases en las actividades de alto riesgo, específicamente en trabajos en espacios confinados, con el objetivo de garantizar condiciones seguras para la ejecución de las labores y el cumplimiento de los protocolos de seguridad establecidos

**Registro Fotográfico N° 57 y 58** Verificación al diligenciamiento de las preoperacionales de los vehículos y maquinaria del proyecto por parte de la Interventoría.

**Registro Fotográfico N° 59 y 60:** Seguimiento por parte del contratista en el cumplimiento de preoperacionales por parte de los conductores y operadores de obra.

**Registro Fotográfico N° 61 y 62:** Verificación a la realización de pruebas alcoholimetrías a los trabajadores de manera aleatoria.

**Registro Fotográfico N° 63 y 64:** Inspección equipos de emergencia de las instalaciones y frentes de obra.

**Registro Fotográfico N° 65 y 66:** Actividades lúdicas programa de medicina preventiva con todos los trabajadores.

**Registro Fotográfico N° 67 y 68:** Jornadas de Orden y aseo, y recolección de residuos en los frentes de obras e instalaciones temporales

**Registro Fotográfico N° 69 y 70:** Inspecciones en los frentes de obras y permisos de Trabajo por parte de la interventoría

## 4.4. TRABAJOS DE ALTO RIEGOS

Durante el período mencionado, se desarrollaron diversas actividades constructivas dentro del proyecto, algunas de ellas clasificadas como de alto riesgo. Entre estas, se destacan los izaje de carga, trabajos en altura para la perforación de taludes y trabajo en alturas construcción de muros.

Ante estas actividades, se implementaron procedimientos para garantizar la seguridad de los trabajadores involucrados. Esto incluyó la verificación de los permisos de trabajo antes de la ejecución de las actividades, así como la inspección detallada y el uso adecuado de los equipos contra caídas. Además, se llevó a cabo un monitoreo continuo del aire en los espacios confinados para garantizar condiciones seguras de trabajo.

Es fundamental destacar que la realización de Análisis de Trabajo Seguro (ATS) y la emisión de Permisos de Trabajo son prácticas indispensables. Estas acciones permiten a los trabajadores estar plenamente conscientes de los riesgos potenciales asociados con sus labores, capacitándolos para tomar las medidas de precaución necesarias y ejecutar sus tareas de manera segura y eficiente.

**Registro Fotográfico N° 71 y 72:** Verificación a las ATS y Permisos de Trabajo de alto riesgo por parte de la Interventoría.

**Registro Fotográfico N° 73 y 74:** Inspección estado de los Equipos para trabajos de alto riesgo en conjunto contratista e interventoría.

## 4.5. ACCIDENTABILIDAD

Con base en los seguimientos efectuados por la interventoría y la gestión realizada por el contratista SUDINCO S.A., conforme a lo establecido en la Resolución 1401 de 2007, los pliegos del contrato y el plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) presentado ante la interventoría por parte del contratista, es imperativo realizar el

reporte oportuno de todos los eventos ocurridos durante la ejecución del proyecto. Además, se debe proceder al cierre de los planes de acción generados conforme a las investigaciones realizadas en concordancia con la normativa legal vigente.

Durante el período comprendido entre el 1 y el 30 de mayo del 2025, se registraron 2 (dos) accidentes laborales por parte del contratista SUDINCO, en respuesta a estos incidentes, se llevó a cabo la correspondiente investigación para determinar las causas y establecer medidas correctivas; Evidenciando el cumplimiento de las medidas de seguridad establecidas en el proyecto.

Por otro lado, en respuesta al comunicado 055-2-2388-2024, solicitud sobre los cierres y el estado actual de los incidentes de trabajo registrados durante la ejecución del contrato por parte del contratista SUDINCO, este ha remitido el listado actualizado, indicando para cada caso si se encuentra cerrado o abierto, dicha documentación está en proceso de revisión por parte de la interventoría.

A continuación, los indicadores de frecuencia mayo del 2025, contratista SUDINCO S.A e Interventoría Consorcio Ecovision 188.

*Tabla 6 Indicador de Accidentalidad SUDINCO*

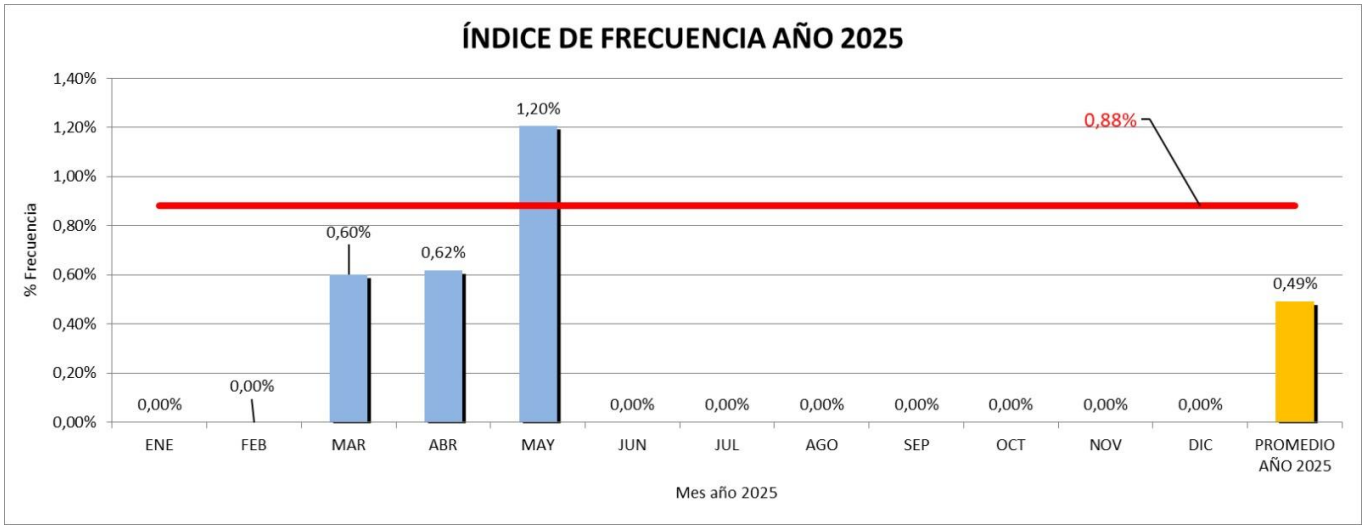


*Tabla 7 Indicador de Accidentalidad ECOVISION 188*

**INDICE DE FRECUENCIA AT INTERVENTORIA**

| MEDICIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DATOS | | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept | Octub | Nov | Dic |
| | **2022** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | **2023** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | **2024** | 0 | 0 | 0 | 9,6774 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | **2025** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

## 5. FUNCIONES REALIZADAS POR LA INTERVENTORÍA

Las funciones y el seguimiento de la Gestión de seguridad y salud en el trabajo por parte de la interventoría al Contratista SUDINCO S.A., son realizadas con base a la normatividad legal vigente citada dentro de este documento, así como también se fundamenta en los pliegos del contrato de obra.

- Se realizan recorridos a lo largo de todo el corredor vial del proyecto, con el objetivo de identificar posibles riesgos y peligros en los diferentes frentes de trabajo. Estas inspecciones permiten notificar al contratista sobre cualquier deficiencia encontrada en el campo y tomar medidas correctivas, preventivas o de mejora tanto con el personal como con las condiciones de trabajo en la vía a intervenir. Esta práctica proactiva contribuye a garantizar un entorno laboral seguro y a minimizar el riesgo de accidentes en el proyecto.

- Mensualmente, se lleva a cabo la verificación del pago de los aportes parafiscales correspondientes a todos los trabajadores identificados durante este período para el Consorcio Ecovision 188 y Contratista SUDINCO S.A. Se informa que estos pagos están al día, en cumplimiento con la fecha de pago establecida de acuerdo al Número de Identificación Tributaria (Nit) de la empresa. Este seguimiento regular asegura el cumplimiento de las obligaciones laborales y contribuye al bienestar financiero de los trabajadores y la empresa contratista.

  Así mismo, se verifica el pago y afiliaciones de los proveedores que se encuentran activos en el proyecto.

- Se elaboran comunicados basados en los seguimientos realizados en campo a las actividades constructivas ejecutadas por el contratista. Estos comunicados documentan cualquier incumplimiento de las medidas de seguridad. Esta documentación es fundamental para garantizar la transparencia y el cumplimiento de los requisitos legales y contractuales en materia de seguridad y salud ocupacional en el lugar de trabajo.

- Se realiza un seguimiento diario al cumplimiento de la señalización preventiva, informativa y reglamentaria de obra instalada en los diferentes frentes de trabajo donde se llevan a cabo las actividades constructivas. Esto incluye la verificación de la instalación de señales con delineadores tubulares con tres franjas de cinta de peligro, de acuerdo con lo establecido en el manual de señalización de la resolución 1885 del 2015 y PMT establecido para el contrato de obra.

- También se lleva a cabo un seguimiento diario y aleatorio para supervisar la entrega y utilización de la dotación por parte de los trabajadores del contratista en los distintos frentes de obra y actividades de construcción. Esta supervisión asegura que los trabajadores cuenten con el equipo de protección personal necesario para llevar a cabo sus labores de manera segura y que lo utilicen correctamente en todo momento.

- Elaboración del informe mensual N°48 de la gestión de seguridad y salud en el trabajo adelantadas por el contratista durante este periodo.

- Se realiza acompañamiento día por medio a las actividades constructivas realizadas en los diferentes tramos, identificando las medidas de seguridad en cada una de ellas.

- Se lleva cabo una verificación documental al contratista de obra en los frentes de trabajo para asegurar el cumplimiento del diligenciamiento de diversos formatos, tales como los de Análisis de Trabajo Seguro (ATS), los Preoperacionales y las inspecciones de herramientas y equipos. Esta verificación se realizará antes del inicio de las actividades operativas, con el objetivo de garantizar que todas las medidas y protocolos necesarios estén debidamente implementados y documentados conforme a los estándares establecidos.

- Se llevo a cabo recorrido en conjunto contratista e interventoría con el fin de verificar el cumplimiento de las medidas de seguridad a lo largo del corredor vial, rutas 6006, 6007 y 6009.

- Participación en la Veeduría en la ruta 6009 (Tunja - Páez), aportando el cumplimiento de las medidas de seguridad desarrolladas a lo largo del corredor vial.

# 6. CORRESPONDENCIA DEL ÁREA SST

## 6.1. CORRESPONDENCIA ENVIADA

En la siguiente tabla 8, se relacionan los comunicados enviados al contratista relacionado con la seguridad y salud en el trabajo durante el periodo de mayo del 2025

*Tabla 8 Correspondencia Enviada*

| RADICADO | FECHA | ASUNTO | DIRIGIDO A: |
|---|---|---|---|
| N/A | | | |
| | | | |

## 6.2. CORRESPONDENCIA RECIBIDA

En la siguiente tabla 9, se relacionan los comunicados remitidos a la Interventoría por el al contratista durante el periodo de mayo del 2025

*Tabla 9 Correspondencia Recibida*

| RADICADO | FECHA | ASUNTO | DIRIGIDO A: |
|---|---|---|---|
| DO-TB-2706-2025 | 10 mayo del 2025 | Respuesta comunicada 055-2-2559-2024 con asunto "Información oportuna de los Accidentes Laborales". | Consorcio Ecovisión 188 |
| | | | |

# 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## Conclusión

La seguridad es responsabilidad de cada miembro de la organización, tanto colectivamente como individualmente. El aprendizaje continuo, la capacitación inicial y recurrente en el desempeño laboral, y la pronta notificación de actos o condiciones inseguras son acciones que reducen significativamente el número de incidentes y accidentes en el trabajo. Es crucial priorizar la prevención sobre la corrección.

Se registraron 2 (dos) accidentes laborales por parte del contratista SUDINCO, en respuesta a estos incidentes, se llevó a cabo la correspondiente investigación para determinar las causas y establecer medidas correctivas.

## Recomendaciones

Se establece la obligación de cumplir con el cambio oportuno de la dotación y Equipos de Protección Personal (EPP) para los trabajadores, adaptándola según la actividad a realizar. Es importante destacar que dicha dotación debe llevar el logo del manual de obra pública, y se prohíbe expresamente el uso del antiguo logo en los frentes de obra del proyecto.

Además, se enfatiza en la necesidad de llevar a cabo un acompañamiento continuo por parte del área de Salud y Seguridad en el Trabajo (SST) del contratista en cada frente de obra. Esta medida se toma debido a la constante falta de presencia del área en los frentes donde se desarrollan las actividades constructivas.

Se solicita al contratista que garantice la presencia de personal controlador de tráfico en todos los frentes de obras donde se estén ejecutando actividades constructivas, sin excepciones.

Asimismo, se insta al contratista a realizar un mantenimiento continuo de la limpieza y retirar material de manera constante en los frentes de obras. Esto se hace con el propósito de prevenir posibles accidentes derivados de partículas de material sobre el corredor vial, así como para evitar el incumplimiento de los estándares de limpieza en cada frente.

# 5.3.4 INFORME GESTIÓN PREDIAL

**Tabla de contenido**

1. AVANCE Y ESTADO DE LA GESTIÓN PREDIAL ..... 2
1.1 GENERALIDADES ..... 2
1.2 SEGUIMIENTO DE PREDIOS REQUERIOS PARA LA EJECUCION DE LA OBRA ..... 2
1.3 RESUMEN ESTADO DE LA GESTION PREDIAL ..... 4
1.4 ANALISIS Y SEGUIMIENTO DE LA GESTION PREDIAL ..... 5
1.5 PROBLEMAS DE CADA TRAMO ..... 5
1.6 ANÁLISIS DE LOS PREDIOS AFECTADOS ..... 6
1.7 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN PREDIAL QUE LLEVA EL CONTRATISTA SUDINCO, VELANDO QUE ESTÉN ACORDES CON LA INFORMACIÓN DE LAS CARPETAS PREDIALES Y MUESTREN EL AVANCE DE LA GESTIÓN ..... 7
1.8 SEGUIMIENTO A LOS PAGOS PREDIALES EFECTUADOS AL CONTRATISTA SUDINCO ..... 7
1.9 SEGUIMIENTO A LOS REMANENTES ..... 8
1.10 SEGUIMIENTO A LAS INVASIONES DE ESPACIO PUBLICO ..... 9
1.11 SEGUIMIENTO A LOS CERCADOS DE LOS PREDIOS INVIAS ..... 9

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Avance programación de insumos ..... 3
Tabla 2. Resumen de la gestión predial ..... 4
Tabla 3.Tabla de resumen de gestión predial ..... 6

ANEXOS

Sabana predial mes de mayo 2025
Cronograma de adquisición predial mes de mayo 2025.
Sabana avalúos mes de mayo 2025
PIV

# 1. AVANCE Y ESTADO DE LA GESTIÓN PREDIAL

La Gestión Predial consiste en realizar los procesos y actividades enfocadas en el control y vigilancia técnica, jurídica y social de la gestión que adelanta el Contratista SUDINCO para la adquisición de las áreas requeridas para la ejecución del **CONTRATO DE OBRA N° 973 de 2021,** mediante la vigilancia del cumplimiento normativo y contractual en la materia y control de la gestión predial, todo con base en el plan de adquisición predial y el cronograma de obra vigente.

## 1.1 GENERALIDADES

Este informe hace referencia al seguimiento sobre las metas establecidas para el mes de mayo de 2025, el cual sirve como herramienta para el seguimiento y control del contrato Mejoramiento, mantenimiento, gestión predial, social y ambiental sostenible del corredor transversal de Boyacá (Puerto Boyacá - Otanche – Chiquinquirá - Páez) en el departamento de Boyacá, en marco de la reactivación económica, mediante el programa de obra pública “Vías para la legalidad y la reactivación visión 2030" módulo 3. De acuerdo a lo establecido en el **CONTRATO DE OBRA N° 973 de 2021**.

## 1.2 SEGUIMIENTO DE PREDIOS REQUERIOS PARA LA EJECUCION DE LA OBRA

En la siguiente tabla se puede ver reflejado la cantidad de predios que están dentro de la gestión predial y cuál ha sido el avance según lo programado y las necesidades de la obra para tener la disponibilidad de predios según el cronograma de obra, cabe resaltar que esta estimación está proyectada sobre los PR 75+890 hasta el PR 65+890, ruta 6006, puntos críticos, pasivos y ramal de la ruta 45BY01.

En total se cuenta con 15 mejoras y 32 predios en el tramo 6006, en la ruta 45BY01 se cuentan con 2 predios, 2 pasivos prediales y 6 puntos críticos, para un total de 57 expedientes prediales.

| PROGRAMACIÓN DE INSUMOS DE Jun 2024 A May 2025 | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **Jul-24** | **Ago-24** | **Sep-24** | **Oct-24** | **Nov-24** | **Dic-24** | **Ene-25** | **Feb-25** | **Mar-25** | **Abr-25** | **May-25** |
| Total, Insumos | Ficha | 58 | 58 | 58 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| | ET | 58 | 58 | 58 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Total, Insumos | Ficha aprobada | 52 | 52 | 54 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| | ET aprobada | 52 | 52 | 54 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Total, avalúos | Programado | 52 | 52 | 54 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Total, avalúos | Aprobado | 49 | 52 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 | 54 |
| Total, ofertas | Programado | 44 | 46 | 54 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Total, ofertas | Aprobado | 46 | 47 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 50 | 50 |
| Total, promesas | Programado | 32 | 38 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| Total, promesas | Aprobado | 12 | 13 | 25 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 29 | 32 | 32 |
| Total, minutas | Programado | 5 | 15 | 17 | 17 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| Total, minutas | Aprobado | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 12 |
| Total, compraventa | Programado | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| Total compraventa | Aprobado | 0 | 2 | 0 | 5 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| Total, disponible | Programado | 55 | 58 | 58 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Total, disponible | Aprobado | 24 | 31 | 31 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 43 | 43 |

Tabla 1. **Avance programación de insumos.**

Según lo evidenciado en la tabla anterior el Contratista SUDINCO tiene un 98% de ejecución con respecto a lo programado de los insumos de reconocimiento predial en fichas prediales en la fase inicial, y un 98% de avance en los estudios de títulos, y se tiene un 98 % de avance en los avalúos, y un 88 % en ofertas ejecutadas, y un total del 26% en minutas, y un 66% de compraventas de mejoras, indicadores son basados en los requerimientos iniciales de los 10 km de la ruta 6006 alta.

En la ruta 45Y01, se definió que solo se iba a construir el segundo carril por lo que, con base en este escenario, solo se requieren 2 predios dentro de este corredor. Se tiene una demanda admitida por el juzgado y se consigno su respectiva oferta de compra, se esta a la espera que se realice del despacho comisorio del juzgado en Bogotá.

Se ingresan 6 predios para gestión predial, al ser unos sitios críticos y fueron incluidos a este contrato, para dar continuidad en la operación de corredor.

El Contratista aprobó el diagnostico predial sobre las rutas 6006 baja, 6007 y 6009 ya que por diseños de mejoramiento se requieren predios, por lo cual se identificó el total de predios

requeridos, para elaborar el presupuesto predial para solicitar adición al presupuesto de la bolsa predial.

- Según diagnostico predial de la ruta 6006 Baja se identificaron 20 predios privados y 21 mejoras.
- según diagnostico predial de la ruta 6007 se identificaron 35 predios privados.
- según diagnostico predial de la ruta 6009 se identificaron 77 predios privados.

Se han realizado entregas de estos nuevos tramos para visto bueno por parte de Subdirección de sostenibilidad, pero con la condición de adelantar la gestión, pero que no se pueden comprometer recursos, ni avanzar a ofertas hasta no tener la disponibilidad del presupuesto.

### 1.3 RESUMEN ESTADO DE LA GESTION PREDIAL

| CUADRO RESUMEN GESTIÓN PREDIAL | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PREDIOS | | IDENTIFICACION PREDIAL | | | OFERTA | PROM | MIN | CV MEJORAS |
| Unidad Funcional | Número Total de Predios | Ficha Predial aprobadas | E.T aprobada | AV aprobados Invias | INS | Aprobadas | Aprobadas | Aprobadas |
| Pasivos | 2 | n/a | 2 | n/a | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 6006 | 47 | 47 | 47 | 46 | 24 | 18 | 11 | 10 |
| 45BY01 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Sitios críticos | 6 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 28/05/2025 | 57 | 56 | 56 | 54 | 30 | 20 | 14 | 10 |

Tabla 2. **Resumen de la gestión predial.**

Hasta el mes de referencia de este informe se cuenta con un total de 57 predios identificados de los cuales 15 son mejoras, los cuales se requieren para la construcción, según diseños definitivos y demás obras complementarias que hacen parte del proyecto de la ruta 6006, puntos críticos (6009), Pasivos y la ruta 45BY01. Según la tabla anterior el Contratista SUDINCO, tiene un porcentaje de avance general ejecutado, 68.87 %, con respecto a la identificación inicial, por lo anterior, este porcentaje de ejecución, está por debajo a lo programado según lo establecido en el cronograma de adquisición predial.

Con respecto al mes anterior se tuvo un avance del 0.0%, con respecto al avance general ejecutado. Lo anterior esta calculado con base a los 10 primeros kilómetros de estudios y diseños de la ruta 6006, lo cual puede ir modificando, a medida, que se vayan estableciendo nuevas metas, y los predios requeridos en la ruta 45BY01, puntos críticos y Pasivos prediales.

Se tienen aprobadas 45 carpetas de los nuevos tramos, los cuales se revisaron y se enviaron al Invias, para que se revisen y se puedan dar visto bueno, y continúen con el respectivo proceso

Con respecto a la actualidad de la adquisición predial se realizaron mesas de trabajo y comités de seguimiento donde se establecieron las prioridades para avanzar en y culminar procesos en curso. **Anexo 1. cronograma mensual MASPS-MN1-IN-5-FR-1 CRONOGRAMA GESTION Y ADQUISICION PREDIAL.**

### 1.4 ANALISIS Y SEGUIMIENTO DE LA GESTION PREDIAL

Con base en los instrumentos de gestión y control como sabana predial, tira topográfica e insumos de cada predio identificado, los cuales deberán ser suministrados por el Contratista SUDINCO según metodología pactada, para la revisión y aprobación por parte de la Interventoría y el Invias.

a. Predios con tiempos de avaluó mayores a 30 días, se tienen 2 predios sin tramite alguno. Para este mes de referencia se cuentan con 54 avalúos aprobados por interventoría y con visto bueno de Subdirección de Sostenibilidad. Se anexa, **anexo 2**. MASPS-MN1-IN-5-FR-7 SABANA DE AVALUOS.

b. Se cuentan con 30 inscripciones de oferta de compra dentro de los términos de las 36 ofertas aprobadas, y 6 ofertas sin gestión por más de 30 días.

c. Predios con promesa de compraventa, se cuenta con 30 ofertas inscritas, y se cuenta 18 promesas con visto bueno y tramitadas, se tienen 12 ofertas sin gestión.

d. Predios con minuta se cuenta con 13 aprobadas con visto bueno e inscritas en folio de matrícula, de las 19 promesas tramitadas.

e. Predios con acta de entrega y/o permiso de intervención voluntaria sin oferta de compra suscrita. Se cuenta con 43 Permisos de Intervención. **Anexo 3**

### 1.5 PROBLEMAS DE CADA TRAMO

Según actualización del PLAN DE INVERSIÓN PREDIAL FORMATO MASPS-MN1-IN-5-FR-3, proyectado por el contratista, se calculó un presupuesto de valor básico de $**10.701.970.082,00** + IVA $**2.033.374.315,58**, para un total de $**12.735.344.397,58**.

Con respecto a la situación actual se cuenta con recursos de **$3.165.433.082** de la bolsa predial, y tendríamos un déficit de recursos **$9.569.911.315.**

Por lo anterior la Subdirección de Sostenibilidad dio concepto de No Objeción, al plan de inversión presentado por el Contratista, y de esta forma, se requiere solicitar a la Unidad Ejecutora de la directriz para continuar con el proceso de adquisición necesaria para los diferentes frentes de mejoramiento.

Se requiere reiterar comunicado enviado a la Unidad Ejecutora donde se dio la alerta por falta de recursos adicionales para poder cumplir con las obligaciones de adquisición predial, y se den los lineamientos para desde la interventoría proceder, y de esta forma garantizar el cumplimiento de los compromisos adquiridos.

Se han tramitado entregas anticipadas en los nuevos tramos, todo en favor de poder adelantar obra, y que no se tenga retrasos según necesidades de obra, se ha comunicado con la comunidad sobre los retos que tenemos en este momento, en la adquisición de predios.

## 1.6 ANÁLISIS DE LOS PREDIOS AFECTADOS

Al mes de mayo del 2025 se cuenta con diseños definitivos no objetados, el Contratista SUDINCO tiene un análisis de predios afectados y requeridos según las necesidades sujetas al cronograma de obra, aprobado por la Interventoría y avalado por el INVIAS en el mes de abril del 2022.

Se tiene en diagnostico predial

A continuación, se muestra el cuadro resumen de la gestión predial que se tiene realizada.

Tabla 3.**Tabla de resumen de gestión predial**

| CUADRO RESUMEN GESTIÓN PREDIAL | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | INSUMOS REALIZADOS | | | INSUMOS PREDIALES APROBADOS | | | AVALÚOS | | | OFERTAS | | PROMESAS |
| Trayecto | Cantidad predios para gestión | Ficha predial | E.t. elaborados | Ficha social elaborada | Ficha predial. Aprobados | Estudio de títulos aprobada | Ficha social elaborada | Avalúos en elaboración | Avalúos aprobados por interventoría | Avalúos aprobados Invias | Notificación oferta | Ofertas de compra inscritas | Aprobadas |
| PASIVOS | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| 6006 | 49 | 49 | 49 | 1 | 49 | 49 | 0 | 0 | 48 | 48 | 25 | 20 | 18 |
| 45BY01 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |
| Punto Critico | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 1 |
| **28/05/2025** | **57** | **53** | **53** | **1** | **53** | **53** | **0** | **0** | **54** | **54** | **36** | **30** | **21** |

La información reflejada en la tabla 3, corresponde a la gestión adelantada a nivel general sobre los predios identificados.

Se requiere hacer un análisis y requerimiento de adición a la bolsa predial, para continuar con el proceso de compra en los nuevos tramos de mejoramiento, que se pretenden realizar en los nuevos tramos.

Se anexa sabana predial de seguimiento, en el **Anexo 3.** Sabana predial.

### 1.7 ANÁLISIS DE LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN PREDIAL QUE LLEVA EL CONTRATISTA SUDINCO, VELANDO QUE ESTÉN ACORDES CON LA INFORMACIÓN DE LAS CARPETAS PREDIALES Y MUESTREN EL AVANCE DE LA GESTIÓN

La metodología para realizar la gestión predial se tiene consensuado entre el Contratista SUDINCO, la Interventoría y el Invias, para poder definir la forma para revisar y aprobar los insumos y demás documentos necesarios para la adquisición de los predios:

- **Jurídico**: Contiene estudio de títulos, certificados de libertad y tradición, escrituras públicas de tradición, certificado de la Unidad de Restitución de Tierras y demás documentos requeridos para estudio.
- **Técnico**: Está conformado por la ficha predial, plano de afectación, certificado de norma de uso de suelo, certificado catastral y registro fotográfico
- **Social:** Lo integra la ficha de caracterización del inmueble, registro fotográfico y diagnóstico socioeconómico.

*Por medio de comunicado DO-TB-2742-2025, se entrega Informe Gestión predial mes de mayo 2025.

*Por medio del Comunicado 055-2-2668-2025. con el asunto: Entrega de ocho (8) insumos prediales de la Ruta 6007 y para visto de No Objeción.

*Por medio del Comunicado 055-2-2669-2025.con el asunto: Entrega informes de sector Rutas 6006 baja, 6007 y 6009 para su revisión y visto de no objeción.

*Por medio del Comunicado 055-2-2669-2025.055-2-2679-2025, con el asunto: Entrega de ocho (8) carpetas prediales de la Ruta 6006 y para visto de No Objeción.

•Se envía comunicado DO-TB-2723-2025, se da Solicitud urgente de reunión y mejora en tiempos de respuesta – Componente predial. Continuación situaciones críticas

*Se aprobación de preacta predial según 2025S-VBOG-031130, emitido por subdirección de sostenibilidad.

*Se observaciones sobre insumos entregados por el contratista.

•Se realiza reunión de veeduría en el municipio de Miraflores

*Se da aprobación de preacta predial según 2025S-VBOG-031130, emitido por subdirección de sostenibilidad.

*Se realizo visita algunas PQR, para dar claridad sobre el tema predial.

•Se realiza entrega de observaciones de la entrega 43, para subsanación de insumos.

*Se realiza entrega de Informe de abril del 2025.

### 1.8 SEGUIMIENTO A LOS PAGOS PREDIALES EFECTUADOS AL CONTRATISTA SUDINCO

Hasta el mes de febrero de 2025 se ha realizado la aprobación de las preacta No 12,15,17 ,18,19,20,21, 22, 23 ,24,25,26, 27,28,29.30,31,32,33,34,35,36,37,38,39, 40,41, 42,43,44,45,46,47 y 42 se pasó en ceros (0).

| BOLSA PREDIAL | EJECUTADO |
|---|---|
| $ 3.165.433.082,00 | $ 3.116.833.795,52 |

### 1.9 SEGUIMIENTO A LOS REMANENTES

Para el mes de diciembre del 2024 se tiene identificado el predio en el TRAMO PUNTO CRITICO K 55+700 Y K 56+000, donde se evidencia un punto crítico, el cual está en zona de riesgo por deslizamiento, y dicho punto en invierno remueve mucho material que está dentro de la influencia de varias viviendas inhabitadas por su eminente riesgo.

Se debe evaluar que diseño se contempla en ese sector, para desde el área predial poder determinar el área de influencia que se requiere y poder establecer el área de compra.

## 1.10 SEGUIMIENTO A LAS INVASIONES DE ESPACIO PUBLICO

Hasta el momento no se han identificado invasiones que el Contratista SUDINCO halla reportado, y comunicado a las diferentes alcaldías a las cuales corresponda recibir la notificación, para que a través de las alcaldías se gestionen el desalojo y restitución del espacio público.

## 1.11 SEGUIMIENTO A LOS CERCADOS DE LOS PREDIOS INVIAS

Los predios recibidos y comprados a nombre del Invias deben ser cercados según las especificaciones técnicas del manual de cercado del Invias, y de esta forma delimitar las zonas aledañas y las colindancias entre las franjas adquiridas y el área sobrante de los predios adquiridos, hasta el mes de demyoal 2025 se tiene la entrega definitiva de 15 predios para entrega material definitiva y cercado del área de adquisición y 9 mejoras.

Predios

| | |
|---|---|
| 174-ID-TU-MCTB | ANGEL CUSTODIO ROMERO |
| 182-B-I-TU-MCTB | MARIA EMILSE VALERO |
| 183-I-TU-MCTB | DARIO ALBERTO VALERO GALINDO |
| 187-D-TU-MCTB | EDILBERTO VALERO VERGEL |
| 189-I-TU-MCTB | MANUEL ANTONIO VALERO BARBOSA Y SANDI YANIRA TRIANA LEON |
| 191-ID-TU-MCTB | JOSE ALBERTO PEREZ ECHEVERRY |
| 192-I-TU-MCTB | LEONARDO ALBEIRO MUÑOZ TELLEZ |
| 194-I-TU-MCTB | LUZ MILA ROCHA ACOSTA |
| 195-I-TU-MCTB | JOSE ANGEL PINEDA ORTIZ |
| 196-D-TU-MCTB | MARIA LUCIA TELLEZ DE MUÑOZ |
| 203-I-TU-MCTB | ANA VITELIA VILLAMIL |
| 004 DI | ALVARO ROURE ESPITIA FORERO |
| 022 DI | ANA FLOR LEÓN DE MONROY |

Mejoras

| | |
|---|---|
| 178-M1-I-TU-MCTB | BLANCA BASAYO |
| 188-M3-D-TU-MCTB | WILSON FERNANDO CANDELA |
| 188-M6-D-TU-MCTB | LAURA CAROLINA VALERO TRIANA |

| | |
|---|---|
| 188-M7-I-TU-MCTB | OMAR JAVIER MARTINEZ |
| 188-M10-I-TU-MCTB | ANA LUCIA LOPEZ |
| 189-A-M1-I-TU-MCTB | FRANKLIN VALERO |
| 189-A-M2-I-TU-MCTB | MARIA NANCY VALERO |
| 189-A-M3-I-TU-MCTB | ETERLVINA BARBOSA |
| 198A-D-TU-MCTB | BLANCA ELVIA RUIZ DE TELLEZ |

### 1.12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se debe continuar con las mesas de trabajo quincenales, y de esta forma abordar los diferentes temas y gestiones que se deban realizar, con base a las metas propuestas, y poder dar respuesta oportuna a los requerimientos surgidos.

Con respecto a los nuevos tramos, el contratista ha avanzado en los diferentes temas, pero la Interventoría, está a la espera de los lineamientos, que puedan darse en el desarrollo de la gestión de la gestión predial, y poder continuar con los requerimientos contractuales de obra.

Continuar con la actualización quincenal de la tabla de seguimiento, propuesta por Sostenibilidad y desarrollo, y poder seguir realizando las metas y requerimientos propuestos para seguir el cronograma de obra, y según las necesidades de intervención.

**ANDRES MAURICIO AGUIRRE**
Profesional predial
**Consorcio Ecovisión-188**
Ing. Catastral y geodesta
Mat-Profesional 25222-319866
Especialista en gestión del territorio y avalúos

## I. INFORMACION GENERAL

| | | | |
|---|---|---|---|
| **LOCALIZACIÓN (RUTA y TRAMO):** | | | MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE D |
| **CONTRATISTA:** | SUDINCO S.A. SUCURSAL COLOMBIANA | **CONTRATO DE OBRA No:** | 973 de 2021 |
| **INTERVENTORIA:** | CONSORCIO ECOVISIÓN-188 | **CONTRATO DE INTERVENTORÍA No:** | 962 de 2021 |
| **TOTAL PREDIOS REQUERIDOS** | 43 | **TOTAL MEJORAS REQUERIDAS** | 15 |

| | | | | | | | | ene-22 | | feb-22 | | mar-22 | | abr-22 | | may-22 | | ju |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ACTIVIDADES** | | | AVANCE | ALERTA | **Requerim. total proyectado** | **Cantidad Total Ejecutada** | | **Pro_01/2022** | **Ejec_01/2022** | **Pro_02/2022** | **Ejec_02/2022** | **Pro_03/2022** | **Ejec_03/2022** | **Pro_04/2022** | **Ejec_04/2022** | **Pro_05/2022** | **Ejec_05/2022** | **Pro_06/2022** |
| GESTION PREDIAL | Reconocimiento predial | Elaboración de Levantamiento predial | 99% | ↑ | 58 | 57,6 | | 17 | 17 | 10 | 10 | 21 | 21 | 5 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| | | Elaboración de Tira Topográfica | 100% | ↑ | 1 | 1 | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | | | |
| | | Elaboración de Inventario de construcciones, mejoras, especies y cultivos | 100% | ↑ | 58 | 58 | | 17 | 17 | 10 | 10 | 15 | 15 | 11 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | Investigación Catastral | Elaboración de relación ente ubicación de predios y títulos de propiedad según IGAC | 100% | ↑ | 58 | 58 | | 17 | 17 | 10 | 10 | 15 | 15 | 11 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | | Elaboración de Sabana Predial | 63% | → | 1 | 0,631 | | | | | | 0,9 | 0,5 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0 | 0,1 |
| | | Elaboracion de Tira Predial | 100% | ↑ | 1 | 1 | | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0 | 0,1 |
| | Insumos Primarios | Consecución de Permisos de Intervencion | 88% | ↑ | 48 | 42 | | 10 | 10 | 0 | 0 | 4 | 4 | 4 | 1 | 5 | 2 | 5 |
| | | Elaboración de Planos Topográficos | 100% | ↑ | 58 | 58 | | | | 3 | 3 | 2 | 2 | 6 | 4 | 6 | 2 | 6 |
| | | Elaboración de Fichas Prediales | 100% | ↑ | 58 | 58 | | | | 3 | 3 | 2 | 2 | 6 | 4 | 6 | 2 | 6 |
| | | Elaboración de Estudio de Titulos | 100% | ↑ | 48 | 48 | | | | 3 | 1 | 2 | 1 | 6 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| | | Elaboración de diagnosticos juridicos | 100% | ↑ | 12 | 12 | | | | | | | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | | Elaboración de Avaluo Comercial ( Propiedad con Terreno, Valoración componentes Resolución 2684/2015, Mejoras sin terreno) | 93% | ↑ | 58 | 54 | | | | | | | | 3 | 0 | 5 | 0 | 6 |
| | Enajenación Voluntaria | Oferta de Compra y Notificación | 86% | ↑ | 42 | 36 | | | | | | | | | | 3 | 0 | 4 |
| | | Inscripción de Oferta en F.M.I. | 71% | ↑ | 42 | 30 | | | | | | | | | | | | 3 |
| | | Elaboración de promesas de compraventa | 48% | → | 42 | 20 | | | | | | | | | | | | |
| | | Elaboracion Minutas Escritura (Radicadas) | 24% | ↓ | 42 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | | Escrituras de compraventa con visto bueno de INVIAS | 24% | ↓ | 42 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | | Entrega real y material de Predios | 26% | ↓ | 42 | 11 | | | | | | | | | | | | |
| | | Registro de la Escritura Publica en F.M.I. | 24% | ↓ | 42 | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | | Solicitud de Desenglobe ante autoridades catastrales | 19% | ↓ | 42 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| | | Propuesta de compraventa mejoras y notificacion | 87% | ↑ | 15 | 13 | | | | | | | | | | | | 1 |
| | | Pago Final mejoras | 47% | → | 15 | 7 | | | | | | | | | | | | |
| | Predios en Expropiación | Suscripcion de resolucion de expropiacion | 80% | ↑ | 5 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| | | Notificación Resolución Expropiación | 80% | ↑ | 5 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| | | Contestación de Recursos | 0% | ↓ | 5 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| | | Retiro de Inscripción de Oferta en F.M.I. | 100% | ↑ | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | |
| | | Presentación de Demanda Expropiación | 20% | ↓ | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | Diligencia de Entrega anticipada del predio | 0% | ↓ | 5 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| | | Sentencia de Expropiación | 20% | ↓ | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | Registro de Sentencia en F.M.I. | 0% | ↓ | 5 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| | | Solicitud de Desenglobe ante autoridades catastrales | 0% | ↓ | 5 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| | Predios en Restitución | Trámite de acción policiva ante autoridad competente logrando Restitución BUP | 0% | ↓ | 0,1 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| ADQUISICIÓN | Adquisicón Predial | Primer Pago | 40% | → | 45 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| | | Pago Final | 18% | ↓ | 45 | 8 | | | | | | | | | | | | |
| | | Distribucion Bolsa Predial ($ Preacta Mensual) | 98% | ↑ | $ 3.165.433.082,00 | $ 3.116.833.795,52 | | | | | | | | | | $ 74.614.190,00 | $ 74.614.190,00 | $ 0,00 |
| | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | |
| | | Personal en el proyecto | | | | | | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL |
| | | | | | | | | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ |

**NOTA:** La gestión predial se ejecuta en el menor tiempo posible sin exceder el 10% del tiempo fijado como plazo de ejecución del contrato. El 70% de la adquisición predial debe ejecutarse a la mitad de plazo de ejecución de contrato y la se denominará linea BASE y se diferenciará este HIT

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aprobado por: | *ANDRES AGUIRRE Profesional predial* | *FIRMA* | ANDRES MAURICIO AGUIRRE Profesional predial MP 25222-319866 Consorcio Ecovisión-188 | *28/05/2025* | Revisado por: | *JULIO CESAR SÁNCHEZ CADAVID* | *FIRMA* JULIO CESAR SÁNCH Director de Interventoría Consorcio Ecovisión- |

**TÉRMINOS:**

AVANCE: Celda calculada — ALERTA: Celda calculada — Requerim. total proyectado: Cantidad de Predios y Mejoras requeridos para el proyecto — Cantidad Total Ej

Pro_01/2017_ Valor estimado de unidades a cumplir en la ejecución de la actividad — Ejec_01/2017: Cantidad de unidades ejecutadas en la actividad

**Original: Archivo de Gestión del INVIAS.**

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS
PROCESO MISIONAL GESTIÓN AMBIENTAL, SOCIAL, PREDIAL Y DE SOSTENIBILIDAD DE PROYECTOS
MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA
CRONOGRAMA DE GESTIÓN Y ADQUISICIÓN PREDIAL

EL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACA (PUERTO BOYACA - OTANCHE – CHIQUINQUIRA - PAEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA

| un-22 | jul-22 | | ago-22 | | sep-22 | | oct-22 | | nov-22 | | dic-22 | | ene-23 | | feb-23 | | mar-23 | | abr-23 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ejec_06/2022 | Pro_07/2022 | Ejec_07/2022 | Pro_08/2022 | Ejec_08/2022 | Pro_09/2022 | Ejec_09/2022 | Pro_10/2022 | Ejec_10/2022 | Pro_11/2022 | Ejec_11/2022 | Pro_12/2022 | Ejec_12/2022 | Pro_01/2023 | Ejec_01/2023 | Pro_02/2023 | Ejec_02/2023 | Pro_03/2023 | Ejec_03/2023 | Pro_04/2023 | Ejec_04/2023 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 2 | 2 | 2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 5 | 1 | 2 | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 6 | | | | | | |
| 0 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,021 | 0,021 | 0,1 | 0,02 | 0,1 | 0,02 |
| 0 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0 | 0,1 | 0 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,03 |
| 0 | 5 | 1 | 5 | 0 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | | | | | | |
| 5 | 6 | 8 | 6 | 6 | 6 | 8 | 6 | 10 | 6 | 0 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | | | | |
| 5 | 6 | 8 | 6 | 6 | 6 | 8 | 6 | 10 | 6 | 0 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | | | | |
| 5 | 5 | 7 | 5 | 1 | 4 | 5 | 4 | 8 | 4 | 0 | 1 | 3 | 2 | 3 | 6 | 6 | | | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 2 | 3 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 5 | 14 | 5 | 9 | 5 | 6 | 5 | 0 | 5 | 11 | 4 | 10 | 1 | 1 | | |
| 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 10 | 4 | 4 | 4 | | 4 | 0 | 4 | 9 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 0 | 4 | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 4 | | 4 | 4 | 4 | 7 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 6 | 1 | 0 |
| | 3 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | 4 | | 3 | 0 | 3 | | 4 | 0 | 4 | 2 | 4 | 0 | 3 | 0 |
| | | | | | 3 | 0 | 3 | | 4 | 0 | 4 | | 3 | 0 | 3 | 0 | 4 | 1 | 4 | 0 |
| | | | | | | | 3 | | 3 | 0 | 4 | | 4 | 0 | 3 | 0 | 3 | 1 | 4 | 0 |
| | | | | | | | 3 | | 3 | 0 | 4 | | 4 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 |
| | | | | | | | | | 3 | 0 | 3 | | 4 | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 3 | 1 |
| | | | | | | | | | 3 | 0 | 3 | | 4 | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 4 | 7 | 0 |
| | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 |
| | | | | | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | | | 1 | 0 | | | | | | 0 |
| | | | | | | | 1 | | 2 | 0 | 1 | | | 0 | 1 | 0 | | | | 0 |
| | | | | | | | | | 1 | 0 | 2 | | 1 | 0 | | | 1 | 0 | | 0 |
| | | | | | | | | | | | 1 | | 2 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0 | 2 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 3 | 0 | 3 | 0 | 4 | | 4 | 0 | 3 | | 3 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 3 |
| | | | | | | | | | | | 3 | | 3 | 0 | 5 | 0 | 6 | 0 | 4 | 1 |
| $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 52.223.150,00 | $ 52.223.150,00 | 0 | $ 0,00 | $ 53.448.255,00 | $ 53.448.255,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 60.892.895,00 | $ 60.892.895,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 33.999.946,28 | $ 33.999.946,28 | 0 | $ 0,00 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL |
| 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ |

O con una linea.

| | | |
|---|---|---|
| EZ CADAVID<br>188 | *28/05/2025* | Proyectado por: |

ecutada: Celda calculada que suma la ejecucion de cada mes

| | |
|---|---|
| CÓDIGO | MASPS-MI |
| VERSIÓN | |
| PÁGINA | |

| | |
|---|---|
| FECHA | 28/0 |

(Día / M

| | |
|---|---|
| **PLAZO INICIAL:** | 98 meses |
| **TIEMPO TRANSCURRIDO EJECUCIÓN:** | **46** meses |
| **FECHA DE INICIO:** | jun-21 |
| **FECHA DE VENCIMIENTO:** | ago-29 |

| may-23 | | jun-23 | | jul-23 | | ago-23 | | sep-23 | | oct-23 | | nov-23 | | dic-23 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pro_05/2023 | Ejec_05/2023 | Pro_06/2023 | Ejec_06/2023 | Pro_07/2023 | Ejec_07/2023 | Pro_08/2023 | Ejec_08/2023 | Pro_09/2023 | Ejec_09/2023 | Pro_10/2023 | Ejec_10/2023 | Pro_11/2023 | Ejec_11/2023 | Pro_12/2023 | Ejec_12/2023 |
| | | | | | | | | | | | | 2 | 0 | 2 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | 2 | | 2 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | 2 | | 2 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 9 | 9 | | | | | | | 3 | 3 | 2 | | 1 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | 3 | | 1 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | 3 | | 1 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | 2 | | 1 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| | | | | | | | | | | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 0 |
| | | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | | | | | 1 | 0 | | |
| | | 1 | 1 | 6 | 6 | 3 | 3 | | | 3 | 3 | | | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 3 | 6 | 3 | | | 5 | 2 | 5 | 2 | 2 | 0 |
| 4 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | | | | | 8 | 0 | 5 | 0 |
| 4 | 1 | 4 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | | | | | 9 | 1 | 6 | 0 |
| 4 | 1 | 4 | 0 | 3 | 0 | 1 | 3 | | | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 3 | 3 | 1 | | | | 3 | 0 | 6 | 0 |
| 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 1 | 4 | | | | 0 | 3 | 0 |
| 7 | 3 | | | | | 1 | 1 | 4 | 4 | | | 3 | 0 | | |
| 3 | 0 | | | | | | | 2 | 2 | | | 2 | 2 | | |
| | 0 | | | | | | | | | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| | 0 | | | | | | | | | | | 1 | 4 | | |
| | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | |
| | 0 | | | | | | | | | | | 5 | 5 | | |
| 1 | 0 | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | |
| 1 | 0 | | | 1 | 0 | | | | | | | | | 1 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0 | 1 | 2 | 6 | 4 | 5 | 3 | | | 4 | 3 | 2 | 2 | 5 | 0 |
| 3 | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 4 | 3 | 3 | 0 | | | 3 | | 3 | 0 |
| $ 144.568.724,04 | $ 144.568.724,04 | $ 5.256.230,00 | $ 5.256.230,00 | $ 119.395.227,79 | $ 119.395.227,79 | $ 272.851.816,41 | $ 272.851.816,41 | 0 | 0 | $ 342.460.215,00 | $ 342.460.215,00 | $ 226.063.003,00 | $ 226.063.003,00 | $ 0,00 | $ 0,00 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL |
| 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | *ANDRES AGUIRRE*<br>*Profesional predial* | *FIRMA* | *28/0* |

ANDRES MAURICIO AGUIRRE
Profesional predial MP 25222-319866
Consorcio Ecovisión-188

N1-IN-5-FR-1

1

1

4/2025

Mes / Año)

| ene-24 | | feb-24 | | mar-24 | | abr-24 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pro_01/2024 | Ejec_01/2024 | Pro_01/2025 | Ejec_01/2025 | Pro_01/2026 | Ejec_01/2026 | Pro_01/2027 | Ejec_01/2027 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 3 | 0 | 5 | 8 | 5 | | 5 | 0 |
| 2 | 0 | | | | | | |
| 2 | 0 | | | | | | |
| 2 | 0 | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 1 | 0 | 2 | 0 | | | | |
| 3 | 0 | 3 | 0 | | | | |
| | | 3 | 0 | 3 | 0 | | |
| 1 | 2 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 5 | 2 | 4 | 0 | 4 | 2 | 3 | 0 |
| 5 | 0 | 4 | 0 | 4 | 3 | 5 | 0 |
| 3 | 0 | 5 | 0 | 3 | 3 | 5 | 0 |
| 5 | 0 | 5 | 0 | 4 | 4 | 4 | 0 |
| 6 | 0 | 5 | 0 | 5 | 4 | 4 | 0 |
| 1 | 0 | | 0 | | | | |
| 3 | 2 | 4 | 1 | 3 | 0 | | |
| 4 | 0 | 4 | 2 | 2 | 2 | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 2 | 0 | | | | | | |
| | | 2 | 0 | | | 2 | 0 |
| | | | | 1 | 0 | | |
| | | | | | | 1 | 0 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 4 | 0 |
| 3 | 0 | 5 | | 5 | 3 | 4 | 0 |
| $ 106.471.804,00 | $ 106.471.804,00 | $ 273.497.627,00 | $ 273.497.627,00 | $ 17.856.114,00 | $ 17.856.114,00 | 0 | 0 |
| | | | | | | | |
| GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL |
| 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ |

*5/2025*

| may-24 | | jun-24 | | jul-24 | | ago-24 | | sep-24 | | oct-24 | | nov-24 | | dic-24 | | ene-25 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pro_01/2028 | Ejec_01/2028 | Pro_01/2029 | Ejec_01/2029 | Pro_01/2030 | Ejec_01/2030 | Pro_01/2031 | Ejec_01/2031 | Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 | Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 | Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 | Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 | Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| 5 | 0 | | | | | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | 2 | 2 | | | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 0 | 3 | 0 | | | 2 | 2 | | | | | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 5 | 0 | 3 | 0 | | | | | | | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | | | 2 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | 0 | | | 2 | 0 | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | | | 2 | 0 | | | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 1 | 5 | 0 | 3 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| $ 964.975.182,00 | $ 964.975.182,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 153.863.571,00 | $ 153.863.571,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 72.696.194,00 | $ 72.696.194,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 118.328.844,00 | $ 118.328.844,00 |
| GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL |
| 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ |

| ene-25 | | feb-25 | | mar-25 | | abr-25 | | may-25 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 | Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 | Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 | Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 | Pro_01/2032 | Ejec_01/2032 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 0,00 | $ 23.370.807,00 | $ 23.370.807,00 | $ 0,00 | $ 0,00 |
| GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL | GESTOR PREDIAL |
| 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ | 1T, IJ |

| | No ficha | Nombre | Abscisa Inicial | Abscisa final |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 173-ID-TU-MCTB | SANTOS NAVARRETE AVILA | K 55+700, | K 55+890,26 |
| 2 | 174-ID-TU-MCTB | ANGEL CUSTODIO ROMERO | K 55+890,26 | K 56+000,28 |
| 3 | 178-ID-TU-MCTB | MARCO ANTONIO ALFONSO VILLAMIL<br>BLANCA LILIA MUÑOZ<br>JOSE AUDELINO MOLANO GALINDO<br>CLELIA MARIA MAHECHA ESPEJO | K 65+798,49 | K 67+492,7 |
| 4 | 179-I-TU-MCTB | MARIA DEL CARMEN PRIETO GONZALEZ | K 66+700, | K 66+998,86 |
| 5 | 181-I/D-TU-MCTB | CLAUDIA MILENA PRIETO GONZALEZ | K 67+406,04 | K 67+960,14 |
| 6 | 182-B-I-TU-MCTB | MARIA EMILSE VALERO | K 68+897,05 | K 69+201,13 |
| 7 | 182-C-I-TU-MCTB | MIGUEL VALERO | K 69+201,13 | K 69+581,13 |
| 8 | 183-I-TU-MCTB | DARIO ALBERTO VALERO GALINDO | K 68+348,5 | K 68+443,77 |
| 9 | 184-D-TU-MCTB | AUDALINDA LOPEZ MENDOZA | K 68+354,78 | K 69+288,2 |
| 10 | 186-D-TU-MCTB | BLANCA BERENICE WALEROS GONZALEZ | K 69+537,68 | K 69+735,4 |
| 11 | 186-A-D-TU-MCTB | MARCO TULIO VALERO VERGEL | K 69+531,13 | K 69+666,98 |
| 12 | 187-D-TU-MCTB | EDILBERTO VALERO VERGEL | K 69+735,4 | K 69+958,07 |
| 13 | 188-M8-ID-TU-MCTB | CARLOS ANDRES BORDA | K 70+434,94 | K 71+157,94 |
| 14 | 189-I-TU-MCTB | MANUEL ANTONIO VALERO BARBOSA Y SANDI YANIRA TRIANA LEON | K 69+666,98 | K 69+696,98 |
| 15 | 189-A-I-TU-MCTB | MANUEL ANTONIO VALERO BARBOSA Y SANDI YANIRA TRIANA LEON | K 69+950,87 | K 70+018,79 |
| 16 | 191-I-TU-MCTB | JOSE ALBERTO PEREZ ECHEVERRY | K 71+798,86 | K 72+163,21 |
| 17 | 191-A-ID-TU-MCTB | EDILBERTO VALERO VERGEL | K 72+191,61 | K 72+272,54 |
| 18 | 192-I-TU-MCTB | LEONARDO ALBEIRO MUÑOZ TELLEZ | K 72+720,73 | K 72+960,7 |
| 19 | 193-I-TU-MCTB | SOCIEDAD SUDAMERICANA INTEGRAL DE CONSTRUCCIONES SUDINCO SA SUCURSAL COLOMBIANA | K 72+960,7 | K 73+378,14 |
| 20 | 194-I-TU-MCTB | LUZ MILA ROCHA ACOSTA | K 73+378,14 | K 73+757,84 |
| 21 | 195-I-TU-MCTB | JOSE ANGEL PINEDA ORTIZ | K 73+757,84 | K 74+060,65 |
| 22 | 196-D-TU-MCTB | MARIA LUCIA TELLEZ DE MUÑOZ | K 72+296,97 | K 73+762,79 |
| 23 | 197-D-TU-MCTB | BLANCA ELVIA RUIZ DE TELLEZ Y JOSE VICENTE MARTINEZ RIVERA | K 73+762,79 | K 74+304,2 |
| 24 | 198-ID-TU-MCTB | KAREM IVON CASTRO ARANGUREN Y YEISON ENRIQUE ROZO GONZALEZ | K 74+060,65 | K 74+570,56 |
| 25 | 199-I-TU-MCTB | CARLOS WILIAM PARRA TELLEZ | K 74+565,53 | K 74+977,27 |
| 26 | 200-D-TU-MCTB | CARLOS WILIAM PARRA TELLEZ | K 74+525,38 | K 74+730,05 |
| 27 | 201-I-TU-MCTB | MOISES ANZOLA | K 74+054,29 | K 75+355,48 |
| 28 | 202-D-TU-MCTB | BLANCA LILIA RUIZ | K 75+301,13 | K 75+335,11 |
| 29 | 203-I-TU-MCTB | ANA VITELIA VILLAMIL | K 75+365,09 | K 75+697, |
| 30 | 204-D-TU-MCTB | GODEARDO PINEDA RUIZ | K 75+589,42 | K 75+615,96 |
| 31 | 206-I-TU-MCTB | FLOR MARIA CUERVO DE ESPITIA | K 30+598,94 | K 30+635,15 |
| 32 | 004 DI | ALVARO ROURE ESPITIA FORERO | K 15+593,49 | K 18+101,7 |

# 5.3.5 CONCEPTOS E INFORMES ESPECIALISTAS

**FRANCISCO PAOLO LÓPEZ FORERO**
ESPECIALISTA EN DISEÑO DE VÍAS URBANAS, TRÁNSITO Y TRANSPORTE
INGENIERO CIVIL

CE-ECOVISION-012-2025

Bogotá D.C., 30 de mayo de 2025

Señores:
**Consorcio ECOVISION – 188**
Att. Ing. Julio César Sánchez Cadavid
Director Interventoría
Transversal 60 N° 106 A – 28 – Oficina 401
Tel.: (57 1) 805 9450; (57 1) 643 46 28
ecovision188@estructuradorcolombia.com
La Ciudad.

**REFERENCIA**: Contrato No. 962 de 2021. "INTERVENTORÍA PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030".

**ASUNTO**: Respuesta comunicado DO-TB-2654-2025 Radicación del Plan de Manejo de tráfico (PMT) y DO-TB-2691-2025 Alcance al oficio DO-TB-2654-2025 del 14 de abril de 2025, con asunto "Radicación del Plan de Manejo de tráfico (PMT)"

Cordial saludo,

La interventoría dentro del proceso de Supervisión, Seguimiento y Control al contrato No. 973 de 2021, informa que una vez revisada la documentación entregada por el contratista SUDINCO S.A. SUCURSAL COLOMBIA comunicado del asunto, se tienen los siguientes comentarios:

**OBSERVACIONES DOCUMENTO.**

- Se solicita atender las observaciones resaltadas en documento anexo en pdf.
- Se recomienda presentar PMT por cada tramo vial definido en el contrato.
- Para los trabajos descritos en el numeral 4, se recomienda incluir si se tiene previsto la intervención sobre puentes y puntos críticos, estos deben incluir planos específicos para dichos trabajos.
- Para el numeral 6.1.1 EQUIPO Y MAQUINARIA UTILIZADA PARA EL PROYECTO. Se solicita incluir el horario aprobado por la entidad competente, que en este caso sería el INVIAS Territorial Boyacá.
- Para el numeral 7 PLAN GENERAL DE MANEJO DE TRÁNSITO, se recomienda presentar PMT especifico para cierre totales de calzada.
- Para el numeral 7.2 MANEJO VEHICULOS DE CARGA, se recomienda incluir las resoluciones de restricción de vehículos de carga.

**FRANCISCO PAOLO LÓPEZ FORERO**
ESPECIALISTA EN DISEÑO DE VÍAS URBANAS, TRÁNSITO Y TRANSPORTE
INGENIERO CIVIL

CE-ECOVISION-012-2025

- El numeral 8.4. SEÑALES TRÁNSITORIAS, el "Manual de Señalización Vial de Colombia. Dispositivos uniformes en la infraestructura vial para la regulación del tránsito y la seguridad vial. Septiembre 2024" (en adelante MSVC 2024) no clasifica dichas señales.
- Para el numeral 9. IMPLEMENTACIÓN DEL PMT, incluir elementos (bases de hormigón) para las canalizaciones de zonas de obra y de transición no están permitidas dentro del MSVC 2024, tal como se describe a continuación:

*"(…) e. Materiales e identificación de elementos de canalización*

*Todos los materiales que conforman los elementos de canalización deben asegurar que, al ser impactados por un vehículo, este no sufra daños de consideración, y que el dispositivo golpeado no constituya un peligro para cualquier usuario de la vía o para los trabajadores de la obra.*

*Por ello, no deben utilizarse elementos metálicos como el hierro, con la excepción de las Flechas Direccionales Luminosas.* ***Tampoco se deben utilizar bases de hormigón o de piedra para el soporte y/o lastre de los elementos****. (…)"*

Igualmente, se deberá quitar las notas incluidas en los planos.

- Toda la señalización debe ser móvil, igualmente en el plano definir con dicha convención.
- Para los esquemas del numeral 9.1, se debe verificar la longitud, dado que por MSVC 2024, la distancia de intervención máxima es de 1.000 metros para zonas rurales.
- Para el numeral 9.1.7 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 10, para cierres totales de calzada deberán ser incluidos en un PMT especifico, de tal manera que se pueda verificar la ubicación del mismo (PR) y los desvíos propuestos cumplan con las especificaciones mínimas. Igualmente, para la propuesta debe incluir la señalización definida para desvíos de cambio de alineamiento de la vía en intervención.
- Para el numeral 9.2 TIEMPOS DE ESPERA DE VEHÍCULOS. Se recomienda utilizar la información entregada por el mismo Contratista en el análisis de los TPD para cada uno de tramos viales en evaluación es información reciente del proyecto.
- Se debe incluir el desarrollo de la metodología (cálculos matemáticos y/o microsimulación) utilizada para el cálculo de la capacidad y nivel de servicio de acuerdo con la propuesta de señalización empleada en terreno, que de acuerdo con lo entregado es el cierre de un carril por sentido.
- Se solicita incluir la metodología para la obtención de los vehículos por hora, ¿es la hora de máxima demanda?, por favor definir.

Calle 150A No. 45 – 65 Apto 703. Tel: 2589140 Cel 310 563 78 12 Bogotá. Colombia
e-mail: frapalopez@gmail.com

**FRANCISCO PAOLO LÓPEZ FORERO**
ESPECIALISTA EN DISEÑO DE VÍAS URBANAS, TRÁNSITO Y TRANSPORTE
INGENIERO CIVIL



- 
- Se recomienda revisar la propuesta de señalización y las observaciones presentados en el plano anexo.
- No se presenta la definición y el calculo de la zona de prevención, transición y área de seguridad en los planos presentado para el PMT.
- Se recomienda unificar el personal de AUXILIARES DE TRÁNSITO, dado que incluyen bandereros, controlador de tránsito, auxiliares de tráfico, entre otros.
- Se recomienda incluir capacitaciones al personal de obra (residentes, conductores, operarios, auxiliares de tránsito, entre otros) para evitar posibles siniestros viales con la inadecuada implementación del PMT.
- El Contratista debe realizar el seguimiento detallado a la implementación del PMT mediante el personal de ingenieros, auxiliares y demás profesionales, y realizar las retroalimentaciones necesarias para el buen desempeño en la implementación del PMT, de tal manera que se minimice el impacto generado por las obras durante el horario del cierre.

**OBSERVACIONES PLANO**

De acuerdo con el plano presentado se tienen los siguientes comentarios.

- Es indispensable presentar planos de señalización para zona en curva, dado que la gran mayoría del corredor está en terreno montañoso.
- Se solicita presentar esquema típico para intervención en intersecciones, trabajos en curva vertical y horizontal, centros poblados e intervención en zona de puentes.
- No se presenta el plano acotado con el distanciamiento de la señalización provisional de obra.
- No se incluye en los planos el acotado con las zonas de prevención, transición y área de seguridad para el cierre propuesto.
- En los planos debe quedar la claridad que para trabajos en zonas de curva se deben respetar los distanciamientos definidos para evitar cualquier tipo de siniestro vial.
- Se recomienda incluir la codificación definida por el MSVC 2024 para cada una de las señales diseñadas en el PMT.
- Se solicita incluir la señal SPO-05 ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA o SPO-06 ANGOSTAMIENTO A LA IZQUIERDA dependiendo del carril disponible para la circulación vehicular.
- En la señal tipo barricada se debe colocar la señal informativa de desvío de acuerdo con el carril definido para la circulación vehicular.

Calle 150A No. 45 – 65 Apto 703. Tel: 2589140 Cel 310 563 78 12 Bogotá. Colombia
e-mail: frapalopez@gmail.com

**FRANCISCO PAOLO LÓPEZ FORERO**
ESPECIALISTA EN DISEÑO DE VÍAS URBANAS, TRÁNSITO Y TRANSPORTE
INGENIERO CIVIL

CE-ECOVISION-012-2025

- No se presenta señalización luminosa para trabajos nocturnos, se recomienda tener en cuenta lo indicado en el numeral 7.6.8 Flechas luminosas en zonas de obra del MSVC 2024.
- Revisar los planos de señalización, están incluyendo cierre de 200 a 2000 mts, dado que por MSVC 2024, la distancia de intervención máxima es de 1.000 metros para zonas rurales, razón por la cual deben presentar PMT específico para mayores a 1 km.
- Se recomienda tener en cuenta la señalización definida en el MSVC 2024.

Figura 7-40. Cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, con auxiliares de tránsito (esquema típico 9)

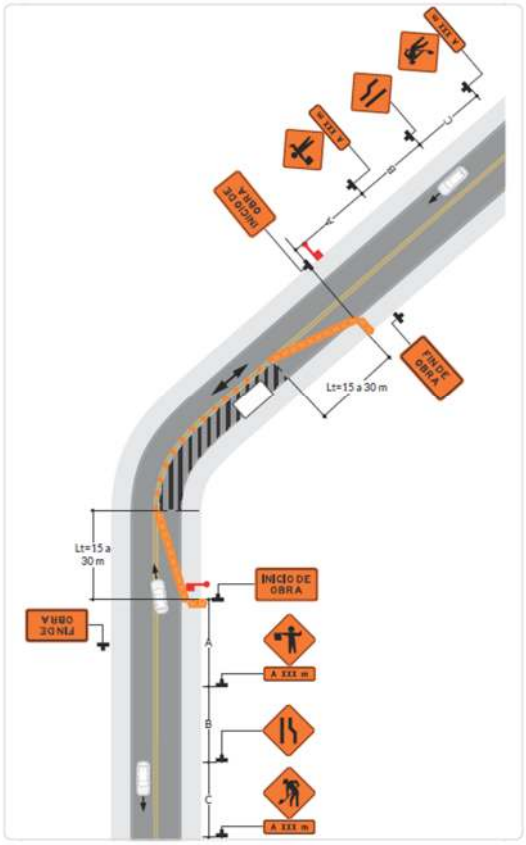
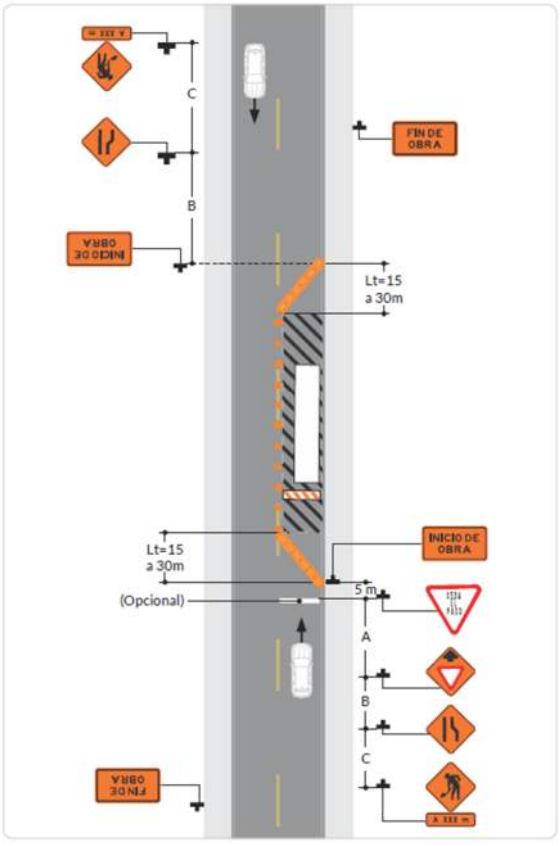



Figura 7-41 Cierre de carril en una vía bidireccional, con bajo volumen de tránsito (esquema típico 10)

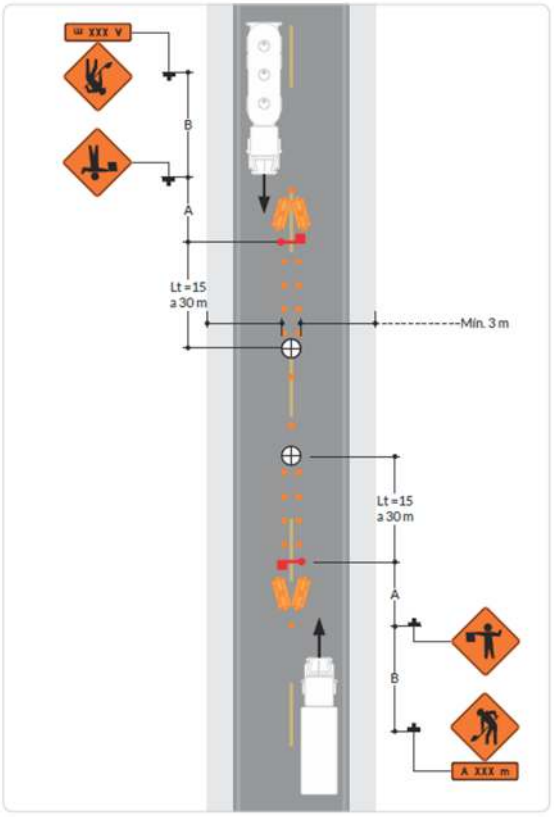



Calle 150A No. 45 – 65 Apto 703. Tel: 2589140 Cel 310 563 78 12 Bogotá. Colombia
e-mail: frapalopez@gmail.com

**FRANCISCO PAOLO LÓPEZ FORERO**
ESPECIALISTA EN DISEÑO DE VÍAS URBANAS, TRÁNSITO Y TRANSPORTE
INGENIERO CIVIL

CE-ECOVISION-012-2025

Figura 7-45. Topógrafos en el eje de una vía con bajo volumen de tránsito vehicular (esquema típico 14)




Cualquier aclaración o comentario, se solicita realizarlo a los teléfonos celular 310 5637812 ó al e-mail: frapalopez@gmail.com.

Sin otro particular y a la espera de su importante respuesta.

Atentamente,

**ING. FRANCISCO PAOLO LÓPEZ FORERO**
**Especialista en Tránsito y Transporte.**

**Anexo:** Se remite documento PL-050-05-01_(V.00)_SUD-PLAN_MANEJO_TRÁNSITO_obs_interventoría_300525.

**MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ – OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ – PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACION ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MÓDULO 3**

SUDINCO
SUDAMERICANA INTEGRAL DE CONSTRUCCIONES
SUCURSAL COLOMBIANA

# PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO
# CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ

CONSORCIO ECOVISIÓN-188

**CONTRATO 973 DE 2021**

## CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN 6

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO 8

2. OBJETIVOS 9

2.1 OBJETIVO GENERAL 9

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9

3. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES 10

4. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA Y ACTIVIDADES A EJECUTAR 11

4.1 ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO 11

5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ESTADO DE LA VÍA 16

6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA 22

6.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA 22

6.1.1 EQUIPO Y MAQUINARIA UTILIZADA PARA EL PROYECTO 24

6.2 DURACIÓN Y HORARIO DE TRABAJO DE LA OBRA 24

7. PLAN GENERAL DE MANEJO DE TRÁNSITO 26

7.1 MANEJO DEL TRÁNSITO VEHICULAR PARTICULAR E INTERMUNICIPAL 27

7.2 MANEJO DE VEHÍCULOS DE CARGA 28

7.3 MANEJO DEL TRÁNSITO PEATONAL 28

7.4 MANEJO DEL TRÁNSITO DE BICIUSUARIOS 29

7.5 MANEJO DE VEHICULOS DE LA OBRA, CARGUE Y DESCARGUE DE MATERIALES 29

7.6 IMPLEMENTACIÓN DE DESVÍOS 29

8. SEÑALIZACIÓN Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO 31

8.1 SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA 33

8.2 SEÑALES REGLAMENTARIAS 33
8.3 SEÑALES INFORMATIVAS 33
8.4 SEÑALES TRANSITORIAS 33
8.5 DISPOSITIVOS LUMINOSOS 39
8.5.1 FLECHAS LUMINOSAS 39
9. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO 42
9.1 ESQUEMAS DE SEÑALIZACIÓN PMT 42
9.1.1 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 1 42
9.1.2 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 2 43
9.1.3 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 3 43
9.1.4 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 4 44
9.1.5 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 5 45
9.1.6 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 6 45
9.1.7 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 10 46
9.1.8 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 11 47
9.2 TIEMPOS DE ESPERA DE VEHÍCULOS 47
9.3 PLAN DE CONTINGENCIA 49
9.4 PERSONAL Y EQUIPO REQUERIDO 51
9.5 CAPACITACIÓN A AUXILIARES DE TRÁFICO 52
9.6 INDUMENTARIA DE LOS BANDEREROS 53
9.7 FUNCIONES DE LOS BANDEREROS 53
10. INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO 56
11. CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PMT 59
12. ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL PMT 60
13. CONTROL DE VERSIONES DEL FORMATO 61
14. ANEXOS 61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización del Proyecto ..... 12
Figura 2 Localización Ruta 45BY01 entre PR00+000 y PR02+500 ..... 12
Figura 3 Localización Ruta 6006 baja entre PR0+000 y PR46+820 ..... 13
Figura 4 Localización Ruta 6006 alta entre PR46+820 y PR95+000 ..... 13
Figura 5 Localización Ruta 6007 entre PR00+000 y PR90+150 ..... 14
Figura 6 Localización Ruta 6008 entre PR0+000 y PR38+000 ..... 14
Figura 7 Localización Ruta 6008 entre PR38+000 y PR74+000 ..... 15
Figura 8 Localización Ruta 6009 entre PR0+000 y PR118+000 ..... 15
Figura 9 Estado Ruta 45BY01 ..... 16
Figura 10 Estado Actual Ruta 6006 ..... 17
Figura 11 Estado Actual Ruta 6007 ..... 18
Figura 12 Estado Actual Ruta 6008 ..... 19
Figura 13 Estado Actual Ruta 6009 ..... 20
Figura 14 Desviación del Tránsito ..... 32
Figura 15 Dimensiones Señales para Obra (Circular) ..... 34
Figura 16 Dimensiones Señales para Obra (Rectangular) ..... 35
Figura 17 Dimensiones Señales para Obra (Rombo) ..... 35
Figura 18 Colores para Señales Verticales ..... 36
Figura 19 Altura en señales para obra ..... 36
Figura 20 Delineadores Simples ..... 37
Figura 21 Delineador tubular compuesto ..... 37
Figura 22 Barricadas de listones ..... 38
Figura 23 Barreras plásticas (Maletines) ..... 38
Figura 24 Especificaciones y Formas de Paneles para Fechas Luminosas ..... 39
Figura 25 Ubicación de faros o luces ..... 41

Figura 26 Esquema de Señalización 1 ..... 42
Figura 27 Esquema de Señalización 2 ..... 43
Figura 28 Esquema de Señalización 3 ..... 44
Figura 29 Esquema de Señalización 4 ..... 44
Figura 30 Esquema de Señalización 5 ..... 45
Figura 31 Esquema de Señalización 6 ..... 46
Figura 32 Esquema de Señalización 10 ..... 46
Figura 33 Esquema de Señalización 11 ..... 47
Figura 34 Detención del Tráfico y Circulación del tráfico..... 54
Figura 35 Aproximación lenta. ..... 55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tiempo promedio de espera en la fila sentido Puerto Boyacá – Páez..... 48
Tabla 2 Tiempo promedio de espera en la fila sentido Páez – Puerto Boyacá..... 49

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la red vial nacional se ha caracterizado por mejorar las condiciones de movilidad y niveles de servicio, a pesar de estos esfuerzos, y debido a la importancia estratégica, se han identificado necesidades de ampliación y mejoramiento de la red vial de carreteras para brindar mejores condiciones de competitividad en el flujo de bienes y pasajeros y facilidades de acceso a la oferta social del Estado, especialmente, en corredores viales que han sido intervenidos a través de diferentes programas de obra pública y que cuentan con intervenciones y necesidades que requieren ser atendidas y materializadas mediante la ejecución de obras civiles.

Por tanto, el Instituto Nacional de Vías – INVIAS suscribió con la empresa **SUDAMERICANA INTEGRAL DE CONSTRUCCIONES SUDINCO S.A. SUCURSAL COLOMBIANA**, el Contrato 973 de 2021 que tiene por objeto "***MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ– OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ – PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MÓDULO 3".***

El presente documento contiene las estrategias que se deben considerar para el manejo temporal del tráfico durante el mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento de los tramos viales concernientes a las Rutas Nacionales de la denominada Transversal de Boyacá (Ruta 45BY01, Ruta 6006 Baja, Ruta 6006 Alta, Ruta 6007, Ruta 6008, Ruta 6009), con el fin de minimizar los impactos que puedan

desencadenarse debido a los trabajos a realizar con respecto a tránsito vehicular, peatonal y los demás lugares colindantes al proyecto en ejecución.

Se procederá a la identificación, implementación y control de los riesgos derivados de las condiciones a las que pueden estar expuestos, garantizando la aplicabilidad de normatividad legal vigente para la aplicación adecuada y oportuna de todas las medidas correspondientes.

Teniendo en cuenta lo anterior, se solicita el presente plan de manejo de tráfico con el fin de garantizar el corredor en las mejores condiciones dejando la salvedad que se realizará en cumplimiento al Manual de Señalización Vial vigente en su última versión.

# 1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

| | |
|---|---|
| **ENTIDAD CONTRATANTE** | **INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS)** |
| **No. CONTRATO** | CONTRATO: No. 973-2021 |
| **OBJETO:** | "MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MÓDULO 3" |
| **CONTRATISTA** | Nombre: **SUDAMERICANA INTEGRAL DE CONSTRUCCIONES SUDINCO S.A. - SUCURSAL COLOMBIANA**<br>Representante Legal: Andrés Eduardo Ramón Velastegui<br>Director de Obra: Hernán Estrella Maldonado<br>Correo: hestrella@sudinco.com<br>Residente de Obra: Ever Jesús Aguillón Jaimes<br>Correo: eaguillon@sudinco.com<br>Residente de Obra: José Luis Merlano Martínez<br>Correo: jmerlano@sudinco.com<br>Especialista de Tránsito: Joaquín Eduardo Díaz Alfonso<br>Correo: je.diaz9352@gmail.com |
| **INTERVENTORÍA** | Nombre: **CONSORCIO ECOVISIÓN – 188**<br>Representante Legal: Mauricio Gómez Caicedo<br>Director de Interventoría: Julio César Sánchez Cadavid<br>Correo: ecovision188@estructuradorcolombia.com<br>Residente de Obra: Luisa María Meneses<br>Correo: boyacaresidente1188@gmail.com<br>Especialista de Tránsito: Francisco Paolo López Forero<br>Correo: frapalopez@gmail.com |

# 2. OBJETIVOS

## 2.1 OBJETIVO GENERAL

Mitigar el impacto generado por las obras a realizar a razón del mejoramiento y/o rehabilitación y/o mantenimiento de los tramos viales del Proyecto, ubicados en el departamento de Boyacá, iniciando desde el occidente en el municipio de Puerto Boyacá hasta el oriente en el municipio de Páez, con el propósito de brindar un ambiente seguro, limpio, ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, transeúntes vecinos del lugar, bajo el cumplimiento de las normas establecidas para la regulación del tránsito.

## 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Garantizar a los peatones, usuarios, trabajadores y/o demás personal, seguridad y acompañamiento.
- Mitigar el impacto generado por las obras de construcción vial que puedan afectar el flujo peatonal y vehicular adyacente a las zonas de obra
- Ofrecer a los usuarios una señalización de obra clara y fácil para su interpretación para que les facilite tomar una decisión oportuna y segura.
- Diseñar un plan de trabajo en el cual se identifiquen todos los controles que se llevaran a cabo y responsables del mismo.
- Diseñar y apoyar en la interpretación de rutas alternas que faciliten la ejecución de la obra cuando se requiera.
- Controlar de manera segura el ingreso y salida de vehículos de obra con apoyo 100% de auxiliar controlador de tráfico y la correspondiente señalización.
- Demarcar y establecer las áreas donde se llevarán a cabo los trabajos y/o actividades de almacenamiento y disposición de equipos teniendo en cuenta el área a intervenir.

## 3. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

Las estrategias para el manejo temporal del tránsito por obras civiles deben apoyarse en los siguientes principios fundamentales:

1. La seguridad de los usuarios en áreas de control temporal del tránsito, debe ser un elemento integral y de alta prioridad de todo Proyecto.
2. La circulación vial deberá ser restringida u obstruida lo menos posible.
3. Los conductores y los peatones deben ser guiados de manera clara mediante dispositivos y señalización preventiva, reglamentaria e informativa que indique el tipo de restricción, senderos peatonales y señales informativas respecto a fechas de cierres y restricciones, así como de los desvíos que se van a implementar para darle continuidad tanto a las obras como al tránsito de vehículos y peatones, mientras se aproximan y atraviesan la zona de las obras.
4. Con el propósito de asegurar niveles de operación aceptables y la seguridad de las personas que transitan cerca de la zona de obra se deben realizar inspecciones rutinarias de los elementos de regulación del tránsito.
5. Debido al incremento potencial de riesgos, durante la regulación temporal del tránsito, la seguridad en la zona debe tener constante atención.
6. Para la toma de decisiones de trabajo, cada persona, cuyas acciones afectan el control temporal del tránsito, debe recibir capacitación constante respecto al manejo del tránsito en obra, desde el nivel superior del personal administrativo hasta el personal de campo.

La regulación del tránsito a través de las áreas de trabajo es una parte esencial en la ejecución de obras.

# 4. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE INFLUENCIA Y ACTIVIDADES A EJECUTAR

Las obras objeto del presente PMT corresponden al mejoramiento de la vía existente, cuyas actividades consisten en: parcheo, bacheo, construcción de bordillos y cunetas, fresado, instalación de sobre carpeta, mantenimiento y rehabilitación. El corredor Vial Transversal de Boyacá comprende cinco rutas nacionales:

- Ruta 45BY01
- Ruta 6006
- Ruta 6007
- Ruta 6008
- Ruta 6009

## 4.1 ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El Proyecto de mejoramiento y/o rehabilitación y/o mantenimiento vial en el departamento de Boyacá se localiza sobre el costado occidental en el municipio de Puerto Boyacá y sobre el costado Oriental en el municipio de Páez como se muestra en la Figura 1.

Adicionalmente se detalla la localización específica de los tramos que tendrán intervención y requieren por ende la implementación del presente PMT.

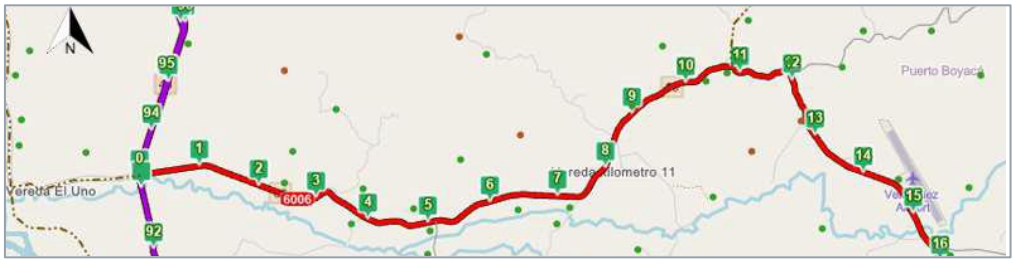
Figura 1 Localización del Proyecto

Fuente: OFB SAS

Figura 2 Localización Ruta 45BY01 entre PR00+000 y PR02+500

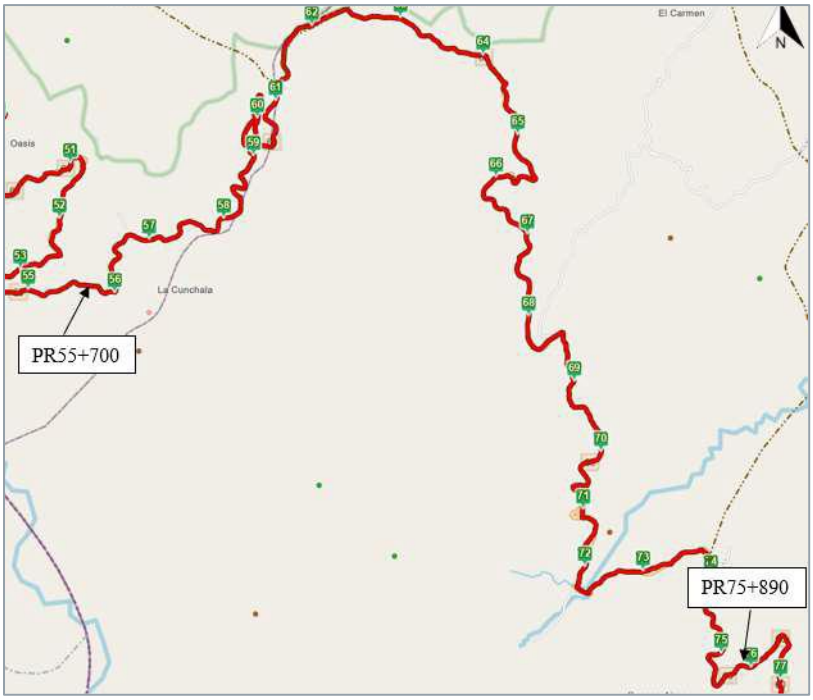
Fuente: Hermes2.invias.gov.co

Figura 3 Localización Ruta 6006 baja entre PR0+000 y PR46+820



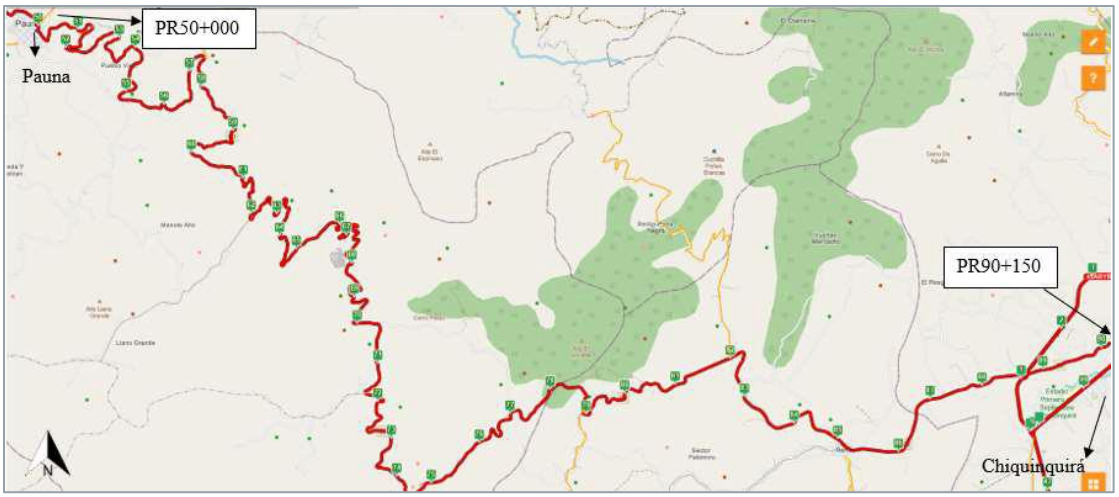

Fuente: Hermes2.invias.gov.co

Figura 4 Localización Ruta 6006 alta entre PR46+820 y PR95+000



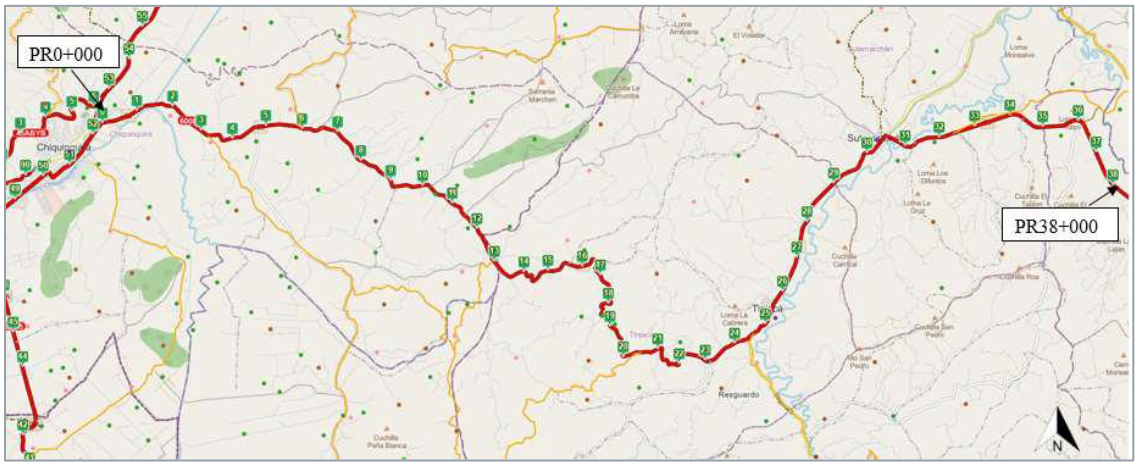

Fuente: Hermes2.invias.gov.co

Figura 5 Localización Ruta 6007 entre PR00+000 y PR90+150



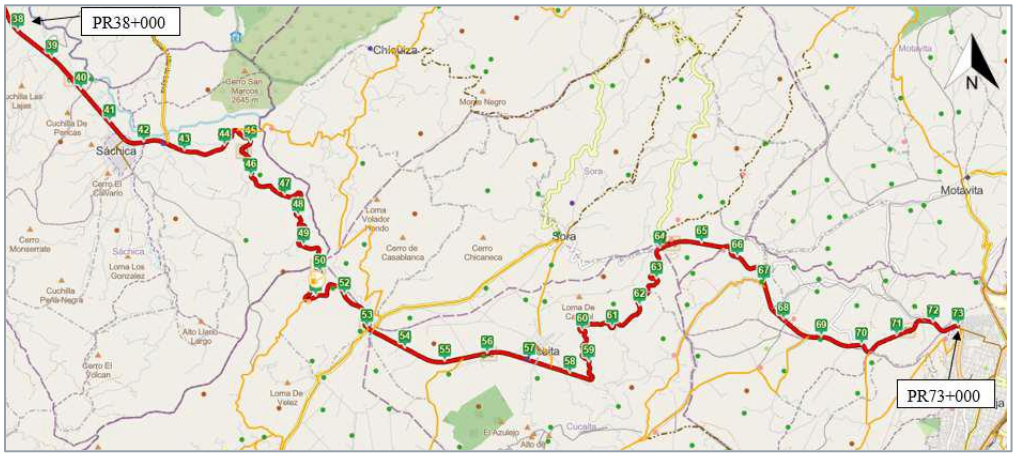

Fuente: Hermes2.invias.gov.co

Figura 6 Localización Ruta 6008 entre PR0+000 y PR38+000



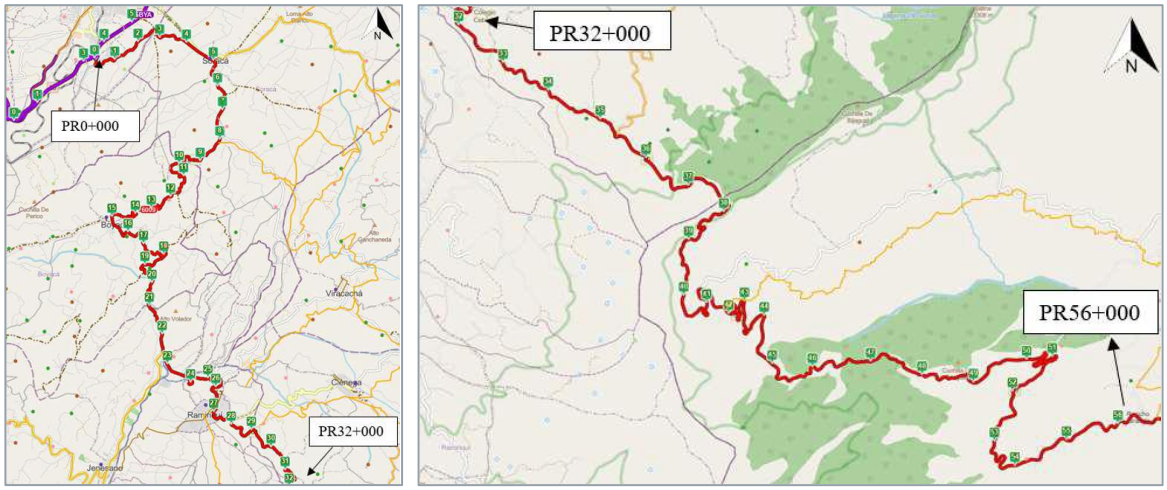

Fuente: Hermes2.invias.gov.co

Figura 7 Localización Ruta 6008 entre PR38+000 y PR74+000




Fuente: Hermes2.invias.gov.co

Figura 8 Localización Ruta 6009 entre PR0+000 y PR118+000




Fuente: Hermes2.invias.gov.co

Las localizaciones mostradas anteriormente indican el rango de espacio donde se desarrollarán trabajos en cada vía, sin embargo, cabe aclarar que en algunas rutas no realizarán actividades de obra en toda su longitud.

## 5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ESTADO DE LA VÍA

La infraestructura vial existente corresponde a la conexión que hay desde el occidente por el municipio de Puerto Boyacá hasta el oriente por el municipio de Páez, en la denominada Transversal de Boyacá. Las características que presenta cada uno de los tramos que tendrán afectación se muestran a continuación:

- **Ruta 45BY01**

Ramal a Puerto Boyacá: PR0+000 hasta el PR2+000, sector plano, a menos de 100 m. sobre el nivel del mar, en este tramo se deberá completar la construcción de la segunda calzada en un tramo faltante de aproximadamente 670 m., empalmando a la troncal del Magdalena Medio.

Figura 9 Estado Ruta 45BY01

Fuente: OFB SAS

- **Ruta 6006**

Dos y Medio - Otanche: PR0+000 hasta el PR95+000. Este tramo inicia con terreno

plano, con 16 km. con superficie pavimentada y 6 km más en proceso de pavimentación, hasta el PR38 el terreno es plano, con algunas pequeñas ondulaciones, en clima cálido con alturas por debajo de los 300 msnm, posteriormente inicia el sector montañoso desde el PR 38 hasta terminar en el municipio de Otanche (PR95), los últimos 14 km de ese tramo cuentan con pavimento nuevo en buen estado. En este tramo se construirán las mayores obras del proyecto y se tendrá una intervención de mejoramiento.

1. La señalización vial es deficiente.
2. No hay infraestructura disponible para desvíos.
3. La vía es nacional y pertenece a la Red Vial de Carreteras a cargo del INVÍAS.
4. La vía está conformada por una calzada única con dos (2) carriles de circulación, uno para cada sentido. No presenta isletas, ni glorietas, ni semáforos, ni otros dispositivos de control.
5. No hay restricciones para vehículos de carga.

Figura 10 Estado Actual Ruta 6006

Fuente: OFB SAS

- **Ruta 6007**

Otanche – Chiquinquirá: PR0+000 hasta el PR90+000. Este tramo vial corresponde a terreno montañoso, en su gran mayoría presenta una carpeta de rodadura con tramos en pavimento rígido y en flexible. Los primeros kilómetros cuentan con una capa de rodadura en muy buen estado.

1. La señalización vial es deficiente.
2. No hay infraestructura disponible para desvíos.
3. La vía es nacional y pertenece a la Red Vial de Carreteras a cargo del INVÍAS.
4. La vía está conformada por una calzada única con dos carriles de circulación, uno para cada sentido.
5. No presenta isletas, ni glorietas, ni semáforos, ni otros dispositivos de control.
6. No hay restricciones para vehículos de carga.

Figura 11 Estado Actual Ruta 6007

Fuente: OFB SAS

- **Ruta 6008**

Chiquinquirá - Tunja: PR0+000 hasta el PR74+000. La mayor parte del tramo corresponde a terrenos ondulados sobre la altiplanicie, con alturas que oscilan entre los 2000 y 2600 msnm, ya el último sector es de terreno montañoso y corresponde al ascenso a la ciudad de Tunja. Las actividades principales corresponderán a mantenimiento y reparación de la superficie de rodadura.

1. La señalización vial es deficiente, con algunos tramos recién rehabilitados que cuentan con buena señalización vial.
2. No hay infraestructura disponible para desvíos.
3. La vía es nacional y pertenece a la Red Vial de Carreteras a cargo del INVÍAS.
4. La vía está conformada por una calzada única con dos carriles de circulación, uno para cada sentido.
5. No presenta isletas, ni glorietas, ni semáforos, ni otros dispositivos de control.
6. No hay restricciones para vehículos de carga.

Figura 12 Estado Actual Ruta 6008

Fuente: OFB SAS

- **Ruta 6009**

Tunja - Páez: PR0+000 hasta el PR118+000. El terreno en su totalidad es

montañoso, con alturas que superan los 3000 msnm, en este tramo se tienen algunos sectores con el pavimento en muy mal estado, y al final del tramo se tiene un carreteable con superficie de rodadura en afirmado y presenta algunas zonas de inestabilidad de laderas.

1. La señalización vial es deficiente.
2. No hay infraestructura disponible para desvíos.
3. La vía es nacional y pertenece a la Red Vial de Carreteras a cargo del INVÍAS.
4. La vía está conformada por una calzada única con dos carriles de circulación, uno para cada sentido.
5. No presenta isletas, ni glorietas, ni semáforos, ni otros dispositivos de control.
6. No hay restricciones para vehículos de carga.

Figura 13 Estado Actual Ruta 6009

Fuente: OFB SAS

El ramal a Puerto Boyacá es una vía de doble calzada, en la que cada calzada opera con dos (2) carriles de circulación en el mismo sentido, en total son cuatro (4) carriles de circulación, dos (2) para cada sentido por calzada. En los sectores pavimentados, la vía no cumple con las especificaciones de la Ley 105 de 1994 para las carreteras de orden nacional con carriles de 3.65 m. de ancho, pero con bermas de menos de 1.00 m.

Los demás sectores de la vía entre Dos y Medio y Páez, operan en una calzada con dos (2) carriles de circulación uno para sentido.

# 6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA

## 6.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El proyecto vial contempla lo siguiente:

**RUTA 45BY01 Puerto Boyacá, L= 2,50 km PR 0**

MEJORAMIENTO

Segunda Calzada de ingreso a Puerto Boyacá, Tramo PR1+008 - PR 1+708 (L= 0,70 km)

**RUTA 6006 Dos y Medio - Otanche, Parte Baja L=46,60 km**

MEJORAMIENTO

Tramo del PR0+300 al PR2+120

Tramo del PR10+020 al PR12+880

Tramo del PR20+640 al PR45+960

REHABILITACIÓN

Tramos: PR2+120 al PR10+000 y PR12+880 a PR16+000 (L= 11,30 km)

MANTENIMIENTO

Tramo del PR0+000 al PR46+640

**RUTA 6006 Dos y Medio - Otanche, Parte Alta L=47,80 km**

MEJORAMIENTO

Tramo PR65+890 al PR75+890 (L= 3,80 km)

MANTENIMIENTO

Tramo PR46+640 al PR94+400

Atención a Emergencias Tramo PR46+640 al PR94+400

**RUTA 6007 Otanche - Chiquinquirá, L= 90,15 km**

MEJORAMIENTO

Tramo PR50+226 al PR53+226 (L=3,00 km)

MANTENIMIENTO

Tramo PR0+000 al PR90+150

Atención a Emergencias, Tramo PR0+000 al PR90+150

**RUTA 6008 Chiquinquirá - Tunja, L=74,00 km**

MANTENIMIENTO

PR0+000 al PR74+000

Atención a Emergencias, Tramo PR0+000 al PR74+000

**RUTA 6009 Tunja - Páez, L=118,00 km**

MEJORAMIENTO

Tramo vía PR52+580 al PR63+400 (L = 4,2 Km)

MANTENIMIENTO

Tramo PR0+000 al PR118+000

Atención a Emergencias, Tramo PR0+000 al PR118+000

### 6.1.1 EQUIPO Y MAQUINARIA UTILIZADA PARA EL PROYECTO

Durante la ejecución de las obras, se hará uso de la siguiente maquinaria y equipos, los cuales tendrán las inspecciones pertinentes para su funcionamiento.

1. Volquetas
2. Retroexcavadoras
3. Motoniveladoras
4. Rodillos de afirmados
5. Tractores de oruga
6. Excavadoras de oruga
7. Excavadora
8. Camiones Mixer
9. Extendedora de asfalto
10. Rodillo para extendido de asfalto
11. Escoba mecánica
12. Tractocamión cama baja
13. Cargadora de ruedas
14. Trituradora
15. Planta de asfalto
16. Planta de concreto
17. Generadores de energía
18. Fresadora de pavimentos
19. Volquetas dobletroque
20. Distribuidor de Asfalto
21. Minicargadores

El traslado y retiro de los equipos se realizará con personal calificado y en los horarios permitidos por la entidad competente.

Los equipos y materiales usados para la obra serán almacenados adecuadamente y en ningún caso serán acopiados sobre la vía.

## 6.2 DURACIÓN Y HORARIO DE TRABAJO DE LA OBRA

Los trabajos se realizan durante los meses dispuestos en el contrato, realizando cierre de vía por medias calzadas o por carriles según corresponda los esquemas

presentados y/o tramo con control de ingreso y salida de vehículos de obra. El horario de cierre y de trabajo que se maneja, es de 24 HORAS de lunes a jueves. En cuanto a fines de semana (viernes – sábado – domingo) el horario de cierre y de trabajo es entre las 5:00 y las 19:00 horas. En ocasiones puede tenerse horarios diferentes a los presentados, cuando por algún motivo se presenten imprevistos que generen atrasos en el cronograma de la obra y haga necesario el ajuste de horario, debidamente notificado.

El presente Plan de Manejo de Tránsito se solicita a la Interventoría por un tiempo de doce (12) meses a partir de la no objeción por parte de la interventoría y de acuerdo con el avance de obra, podría requerirse una prórroga de este y sería gestionado con la anticipación suficiente y por el mismo lapso.

Durante la ejecución de dichas actividades se realizará el ingreso y salida de volquetas, vehículos que estarán autorizados y avalados para el transporte de materiales y disposición de escombros producto de las actividades de obra.

Para la realización de actividades de obra en horario nocturno, se notificará como mínimo con una semana de anticipación de manera oficial a la interventoría, la programación de estas para cada ocasión.

# 7. PLAN GENERAL DE MANEJO DE TRÁNSITO

El Plan de Manejo de Tránsito tiene como objetivo mitigar el impacto generado sobre el tránsito peatonal, vehicular y de ciclo-usuarios al paso por las obras durante la intervención, con el propósito de brindar una información y direccionamiento ágil y cómodo a los conductores, pasajeros, peatones, personal de la obra y vecinos del lugar, bajo el cumplimiento de las normas establecidas para la regulación del tránsito, por tal motivo es que se efectuará la señalización preventiva, informativa y reglamentaria.

Este PMT se considera de interferencias moderadas (Categoría II) dado que se compromete la circulación tanto vehicular como peatonal en el lugar en que se ejecuten los trabajos. El presente PMT tiene como fin establecer las condiciones generales para el control del tránsito peatonal y vehicular durante las actividades de obra desarrolladas por parte de SUDINCO S.A SUCURSAL COLOMBIA, proveedores y todos los subcontratistas, así como a cualquier persona natural o jurídica que tengan un vínculo civil o comercial con SUDINCO S.A SUCURSAL COLOMBIA para cualquier trabajo que se desarrolle en cada uno de los tramos viales.

Dado el caso anterior se determina con respecto al Plan de manejo de tránsito periodos de cierre por carriles según el sentido de circulación, de acuerdo con el volumen vehicular existente; periodo de tiempo el cual podrá ser ajustado si se presentan condiciones de grandes congestiones. Dichos cierres serán parciales, esto con el fin de tener un manejo seguro dentro de los mismos ya que por las labores a realizar la maquinaria ocupará un espacio considerable. En el caso de ser necesario el cierre total de calzada se implementará desvío en zona adyacente con el fin de

realizar sobre recorridos.

Teniendo en cuenta lo anterior y para darle el respectivo cumplimiento, el Encargado, Inspector y /o Profesional residente de obra, verificará frecuentemente los tiempos de espera, longitud de tráfico, con el fin de determinar y asignar los tiempos necesarios que conlleven a la mejora de la circulación vehicular.

Finalmente, terminado el proyecto se hará la respectiva disposición de los elementos, equipos u otros materiales utilizados en obra; esto con el fin de concluir y dejar en mejores condiciones el área.

## 7.1 MANEJO DEL TRÁNSITO VEHICULAR PARTICULAR E INTERMUNICIPAL

Para efectos de contrarrestar los impactos negativos sobre la circulación vehicular particular, que inevitablemente se generarán en el desarrollo de la obra, este PMT propone frentes de trabajo en horarios diurnos y nocturnos debidamente señalizados.

Para tal fin, se ha diseñado inicialmente el cierre por media calzada tramos bidireccionales y unidireccionales permitiendo circulación alternada por el carril contiguo controlado el paso con auxiliar de tránsito para que una vez terminadas las obras se proceda a intervenir el carril contrario tal como se expone en los esquemas presentados. En cuanto al ingreso y salida de vehículos de obra se implementará la señalización correspondiente y se dará apoyo con personal controlador de tráfico. Cuando se requiera cierres totales de calzada se realizará conformación e implementación de desvío adyacente a la vía de manera que no

afecte la capacidad de la vía ni generar sobre recorridos.

Dichos cierres serán socializados con la comunidad de cada sector, Municipios, interventoría y supervisión del contrato con la debida anticipación por parte de los funcionarios del contratista, por medio de volantes, reuniones comunitarias, etc. De igual forma y teniendo en cuenta las mesas de trabajo, se harán trabajos de socialización de manera conjunta.

## 7.2 MANEJO DE VEHÍCULOS DE CARGA

Respecto a los vehículos de carga, se dará el respectivo manejo de la misma forma que para los vehículos particulares. Adicional a ello es necesario crear las estrategias de acuerdo con los alcances legales, que permitan regular el paso de vehículos de carga en horario pico, y permitan mejorar las condiciones de circulación del transporte público y particular. Al presentar algún tipo de medidas o restricciones por parte de alguna Administración Municipal, se tendrán en cuenta para aplicar de acuerdo con lo que reglamente de manera específica dicha entidad.

## 7.3 MANEJO DEL TRÁNSITO PEATONAL

Teniendo en cuenta el planteamiento del PMT para la ejecución de las actividades con la zona y área de las obras a realizar, la vía no presenta sendero peatonal (andén), por lo que no se les dará manejo especifico a dichos usuarios. En el caso de que estos transiten por la berma existente se enviarán al costado de enfrente para evitar el acceso al cierre, el cual estará señalizado y controlado con auxiliares de tránsito.

Los cierres estarán debidamente canalizados y señalizados, a fin de evitar el ingreso

a la zona de obra. Se instalarán las señales verticales informativas y se contará con el apoyo de personal abanderado para la regulación y pasos peatonales en los extremos de los cierres.

## 7.4 MANEJO DEL TRÁNSITO DE BICIUSUARIOS

El corredor no cuenta con sección vial exclusiva para ciclo-usuarios, por lo que dichos usuarios deberán hacer su recorrido de la misma manera que se plantea para los vehículos. Para esto se controlará la velocidad con los respectivos auxiliares de tránsito.

## 7.5 MANEJO DE VEHICULOS DE LA OBRA, CARGUE Y DESCARGUE DE MATERIALES

El transporte de la maquinaria y materiales de obra se realizará de acuerdo con la normatividad legal vigente en la materia, en especial a lo estipulado en la Resolución 4959 de 2006 y Ley 769 de 2002, para el acceso al sitio directo de la obra se dispondrá de auxiliares de tráfico capacitados para adelantar en forma segura las maniobras de acceso y salida de los vehículos de obra.

De la misma manera el material de escombros o materiales sobrantes producto de las excavaciones serán transportados en volquetas debidamente carpadas, hasta el sitio de disposición final de materiales (ZODME) que se encuentren autorizados por la entidad reguladora del medio Ambiente y cumplan con la normatividad ambiental.

## 7.6 IMPLEMENTACIÓN DE DESVÍOS

Durante la puesta en marcha del presente PMT no se realizarán desvíos dado que no se hace necesario proponer desvíos, sino que se propone el cierre por carriles

sobre los tramos viales descritos anteriormente, sin embargo, de ser necesario, se realizará la correspondiente adecuación e implementación de desvío adyacente a la vía especialmente cuando se requiera cierre total de calzada tal como se evidencia en los esquemas adjuntos.

# 8. SEÑALIZACIÓN Y DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO

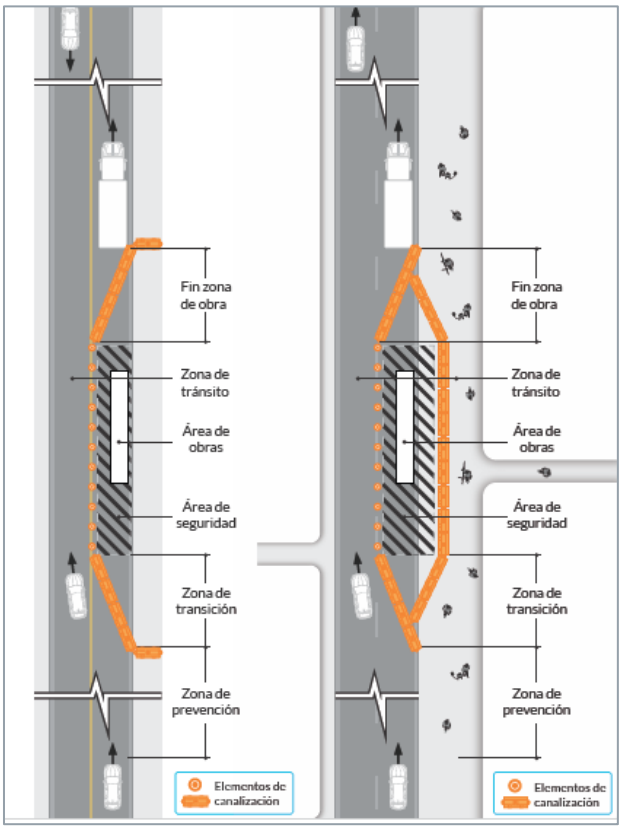
Para garantizar una adecuada circulación del tránsito se aplicará y/o implementará la señalización correspondiente que se debe evidenciar en obra y se hará uso de los elementos canalizadores de tráfico de acuerdo con lo fijado en el Manual de Señalización Vial Resolución 45005 de 2024 del Ministerio de Transporte.

La función de estos elementos es encauzar el tránsito a través de la zona de trabajos y marcando las transiciones graduales necesarias en los casos en que se reduce el ancho de la vía o se generan movimientos inesperados.

Para llevar a cabo las actividades se instalarán señales informativas, preventivas y reglamentarias las cuales serán plasmadas en los respectivos planos de señalización de obra.

Para la desviación del tránsito se manejarán dispositivos en cantidades acordes al avance la obra de acuerdo con el siguiente esquema basado en el Manual de señalización 2024:

Figura 14 Desviación del Tránsito




Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS.

Los dispositivos para la regulación del tránsito, en cada sector a intervenir en la vía, deberán ubicarse con anterioridad al inicio de la obra, permanecer durante la ejecución de esta y serán retirados una vez cesen las condiciones que dieron origen a su instalación. Como es el caso de la ejecución de los trabajos de ATENCIÓN A LOS PUNTOS CRÍTICOS que se deben acometer por etapas, deberán permanecer en el lugar solamente las señales y dispositivos que sean aplicables a las condiciones existentes y ser removidas o cubiertas las que no sean requeridas.

De acuerdo con la función que desempeñan, las señales verticales se clasifican en

cuatro (4) grupos:

## 8.1 SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA

Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales suelen denominasen también de advertencia de peligro.

## 8.2 SEÑALES REGLAMENTARIAS

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de estas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

## 8.3 SEÑALES INFORMATIVAS

Tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. También informan acerca de distancias a ciudades y localidades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros.

## 8.4 SEÑALES TRANSITORIAS

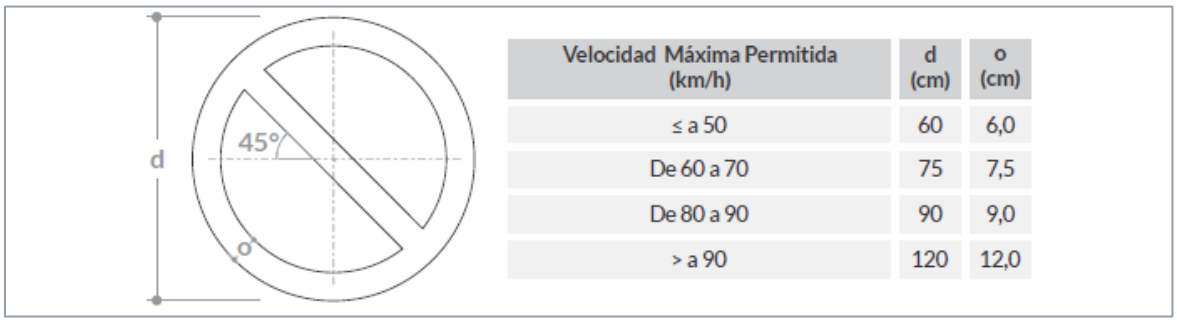
Modifican transitoriamente el régimen normal de utilización de la vía. Pueden ser estáticas o dinámicas, indicando mensajes reglamentarios, preventivos o informativos. Ambas se caracterizan por entregar mensajes que tienen aplicación acotada en el tiempo, siendo las segundas también denominadas señales de mensaje variable capaces de entregarlo a tiempo real.

En cuanto a las dimensiones de las señales a utilizar para obra, estas están en función de la velocidad máxima permitida en la zona de obra, ya que esta determina las distancias a la que la señal debe ser vista y leída. Por ello, las dimensiones mínimas de cada señal reglamentaria y de prevención de peligro, se han definido según los siguientes cuatro tramos de velocidades máximas permitidas:

- Menor o igual a 50 km/h
- 60 a 70 km/h
- 80 a 90 km/h
- Mayor a 90 km/h

En las Figuras 15, 16 y 17 se muestran los tamaños mínimos asociados a dichas velocidades. No obstante, cuando se requiera mejorar la visibilidad de una señal, tales dimensiones mínimas pueden ser aumentadas, siempre que se mantenga la proporción entre todos sus elementos. En el caso de señales informativas para obras en la vía, las medidas de la señal dependen del tamaño de letra, de la o las leyendas y demás elementos a inscribir en ella. Dado el tamaño de letra que corresponda a la velocidad máxima, la señal se diagrama horizontal y verticalmente con los espacios pertinentes entre todos sus elementos.

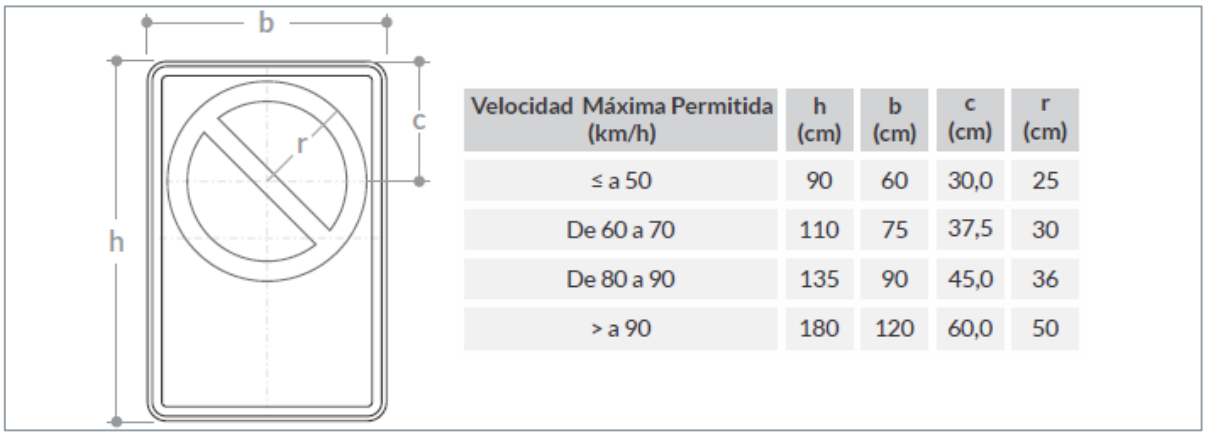
Figura 15 Dimensiones Señales para Obra (Circular)




| Velocidad Máxima Permitida (km/h) | d (cm) | o (cm) |
|---|---|---|
| ≤ a 50 | 60 | 6,0 |
| De 60 a 70 | 75 | 7,5 |
| De 80 a 90 | 90 | 9,0 |
| > a 90 | 120 | 12,0 |

Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

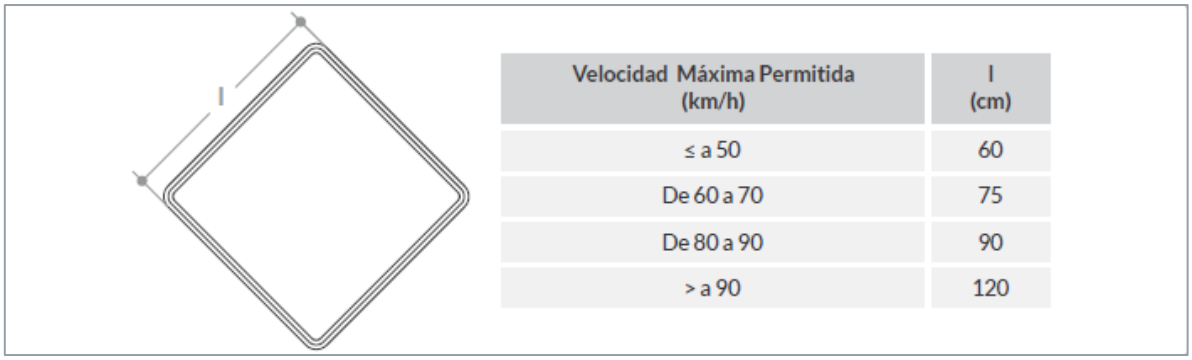
Figura 16 Dimensiones Señales para Obra (Rectangular)



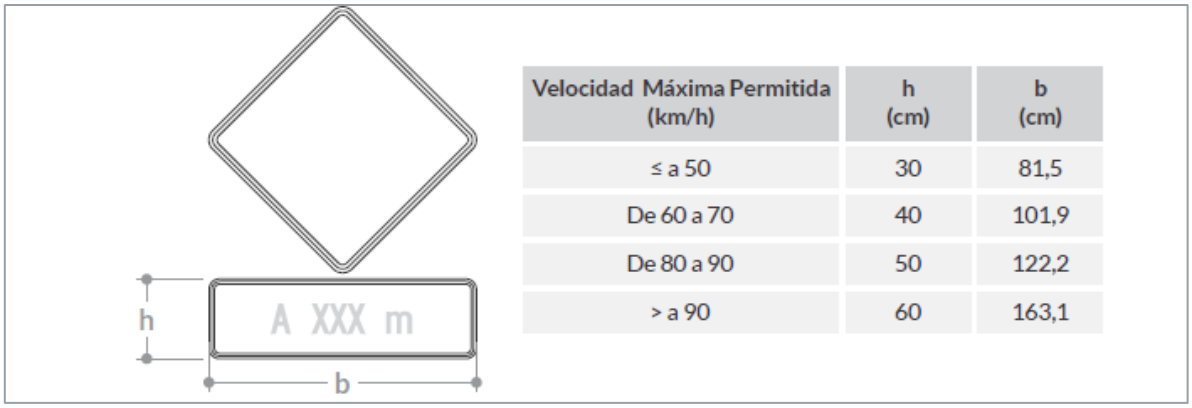

| Velocidad Máxima Permitida (km/h) | h (cm) | b (cm) | c (cm) | r (cm) |
|---|---|---|---|---|
| ≤ a 50 | 90 | 60 | 30,0 | 25 |
| De 60 a 70 | 110 | 75 | 37,5 | 30 |
| De 80 a 90 | 135 | 90 | 45,0 | 36 |
| > a 90 | 180 | 120 | 60,0 | 50 |

Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

Figura 17 Dimensiones Señales para Obra (Rombo)




| Velocidad Máxima Permitida (km/h) | l (cm) |
|---|---|
| ≤ a 50 | 60 |
| De 60 a 70 | 75 |
| De 80 a 90 | 90 |
| > a 90 | 120 |




| Velocidad Máxima Permitida (km/h) | h (cm) | b (cm) |
|---|---|---|
| ≤ a 50 | 30 | 81,5 |
| De 60 a 70 | 40 | 101,9 |
| De 80 a 90 | 50 | 122,2 |
| > a 90 | 60 | 163,1 |

Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

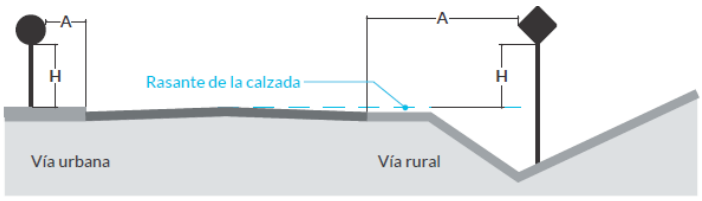
Figura 18 Colores para Señales Verticales

| | |
|---|---|
| Rojo | Señales reglamentarias |
| Amarillo | Señales preventivas |
| Amarillo / verde fluorescente | Señales preventivas |
| Verde | Señales informativas |
| Azul | Señales informativas de servicios generales |
| Marrón | Señales informativas turísticas |
| Anaranjado | Señales de obra |
| Rosado fluorescente | Señalización por eventos especiales |

Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

La altura de la señal debe asegurar su visibilidad. Por ello la elevación correcta queda definida, en primer lugar, por los factores que podrían afectar dicha visibilidad, como altura de vehículos en circulación, alto de la vegetación existente o la presencia de cualquier otro obstáculo. En segundo lugar, debe considerarse la geometría horizontal y vertical de la vía. En la figura siguiente se exponen los valores recomendados.

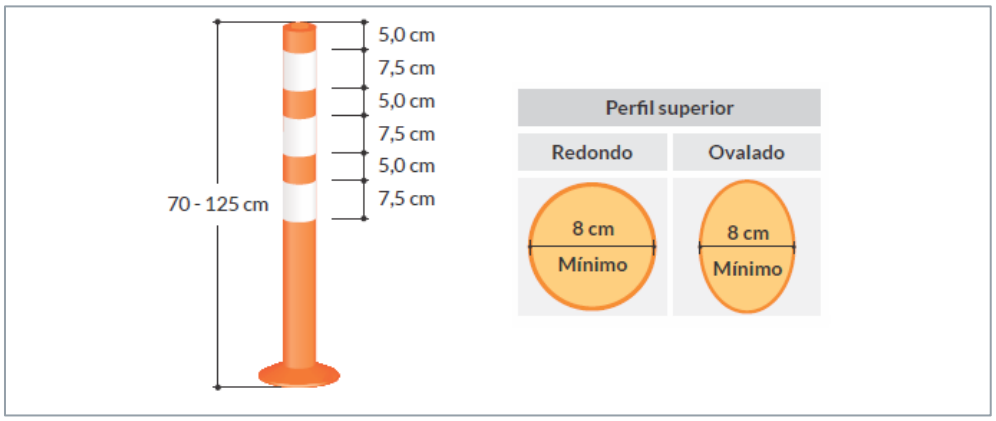
Figura 19 Altura en señales para obra




| Distancia mínimas | A (m) | H (m) | |
|---|---|---|---|
| | Mínimo | Mínimo | Máximo |
| Vía rural con separador | 0,6 | 1,5 | 2,2 |
| Vía rural sin separador | 0,8 | 1,5 | 2,2 |
| Vía urbana sin bordillo | 1,0 | 1,5 | 2,2 |
| Vía urbana con bordillo | 0,3 | 1,8 | 2,2 |

Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

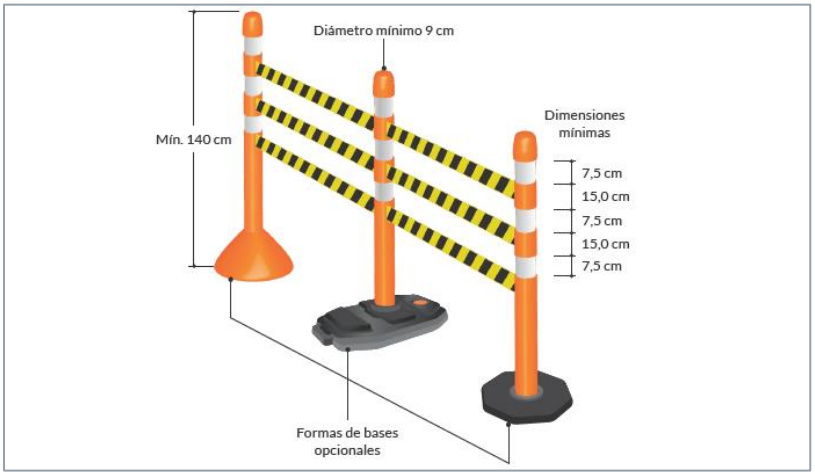
Figura 20 Delineadores Simples




Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

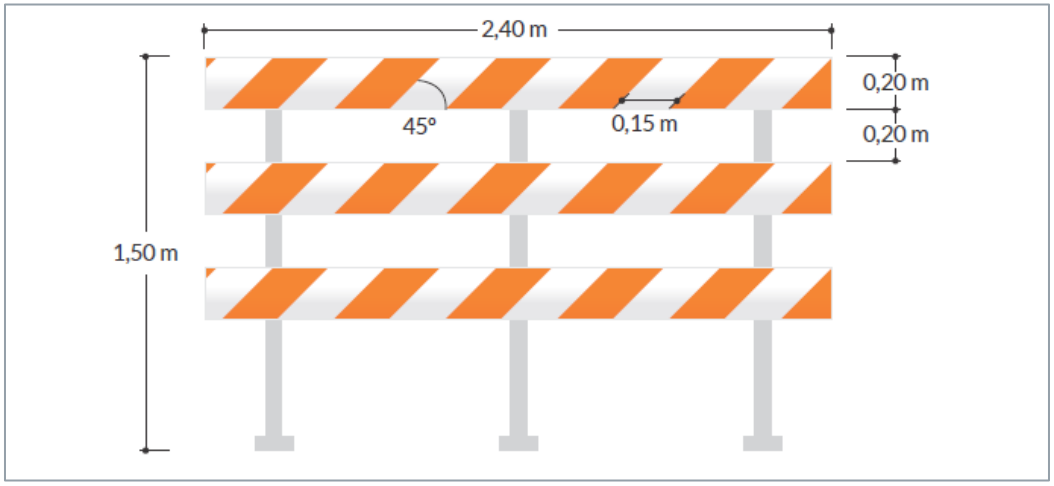
La canalización de los cierres, independientemente de su longitud, se realizará con cono y/o delineadores tubulares compuesto; de esta manera se conforma una estructura uniforme que desestimulará el intento de ingreso de los diferentes tipos de usuarios a cada zona de obra; para evitar la caída de uno y/o varios de estos delineadores, su base se llenará con agua o arena y hasta un nivel tal que permita su fácil movilización.

Figura 21 Delineador tubular compuesto



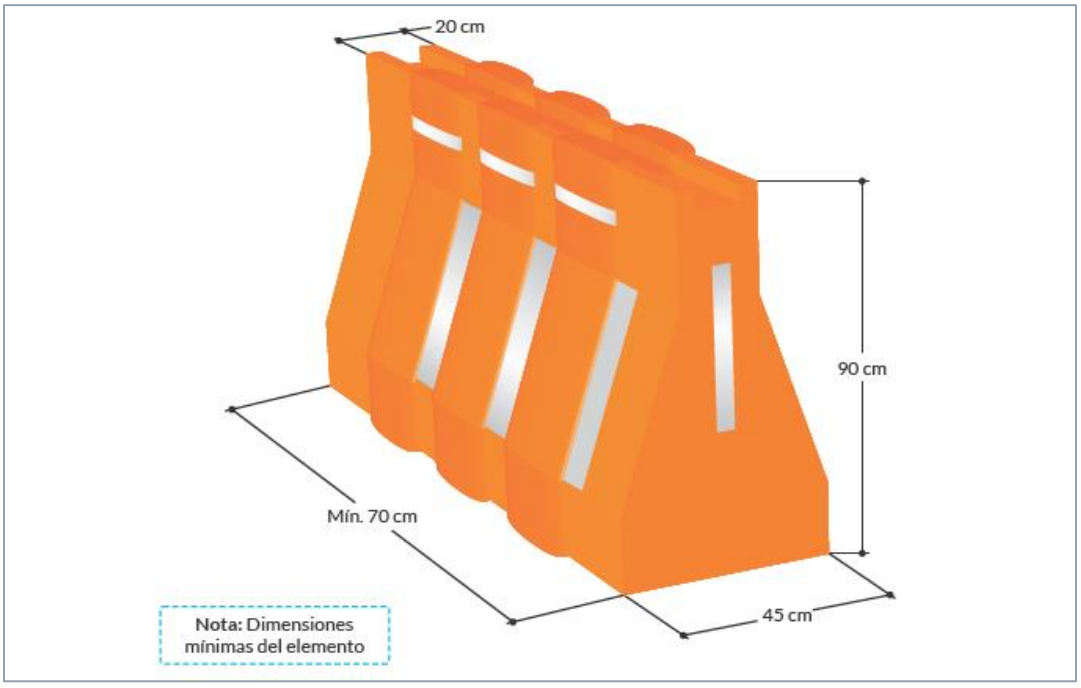

Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

Figura 22 Barricadas de listones




Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

Figura 23 Barreras plásticas (Maletines)




Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

## 8.5 DISPOSITIVOS LUMINOSOS

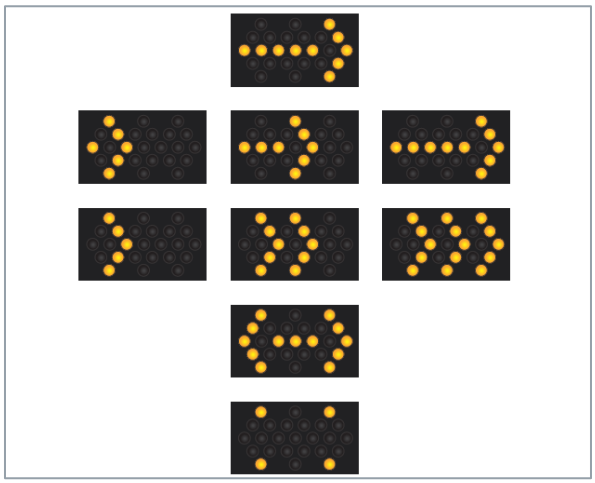
Se emplearán flechas luminosas en horas nocturnas o en condiciones climáticas adversas, en las zonas de reducción de calzada o de cambio de dirección del carril de circulación. Estarán instaladas sobre las barricadas, permitiendo siempre que los usuarios de la vía puedan ver la barricada y la correspondiente señal de desvío. Estas flechas siempre cumplirán con las especificaciones y formas de los paneles y de acuerdo con lo establecido en la norma para el tipo de vía a intervenir (Ver Figura 24)

### 8.5.1 FLECHAS LUMINOSAS

Son señales construidas a partir de una matriz de elementos luminosos o panel, la cual es capaz de destellar o desplegarse secuencialmente, simulando una flecha o indicación de precaución, montado en una base rígida rectangular con fondo negro opaco. Sus luces deben ser lámparas selladas o conjuntos o luces LED que no deben sobresalir del panel o deben tener una visera de al menos 180° en la parte superior de cada elemento.

Figura 24 Especificaciones y Formas de Paneles para Fechas Luminosas

| Velocidad Máxima Permitida (km/h) | Tamaño mínimo (cm) | Distancia de legibilidad mínima (m) | Mínimo número de elementos o celdas | Frecuencia destello (destello/minuto) |
|---|---|---|---|---|
| Vías urbanas | 50 x 100 | 400 | 12 | 25 a 60 |
| ≤ 70 | 50 x 140 | 1000 | 13 | 25 a 60 |
| > 70 | 120 x 240 | 1600 | 15 | 25 a 60 |



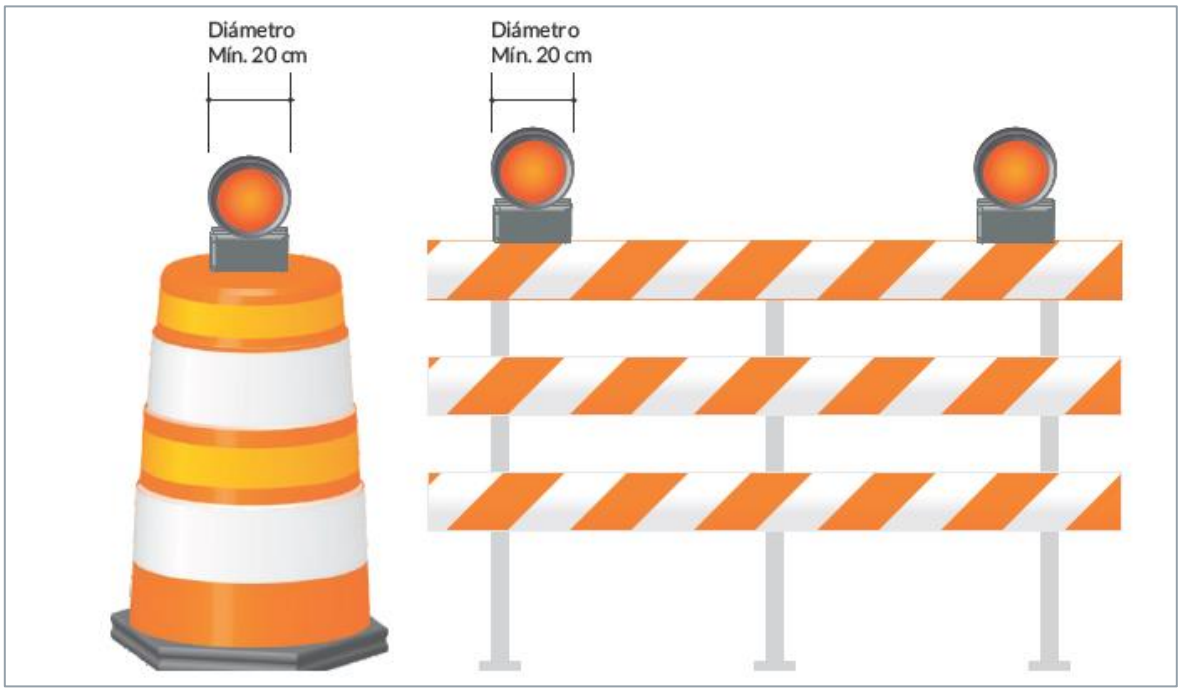
Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

Para trabajos nocturnos se utilizarán reflectores para iluminar la zona de trabajo y al banderero que se encuentre apoyando la circulación vehicular.

Los dispositivos luminosos se implementarán conforme a los lineamientos establecidos en el Manual sobre Dispositivos para la Regulación del Tránsito en Calles y Carreteras adoptado por el Ministerio de Transporte a través de la Resolución 45005 de 2024.

Para cierre en tramos de cualquier longitud, se dispondrá de luces durante la noche y otros períodos de baja luminosidad, con el fin de reforzar la visibilidad de los elementos de canalización. Pueden ser continuas y/o intermitentes; las primeras se utilizan en serie para delinear la canalización tanto en sectores con modificaciones del ancho de calzada, como en aquellos donde la vía presenta un ancho constante; la segunda se debe utilizar para advertir sobre sitios de riesgo.

Figura 25 Ubicación de faros o luces




Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

# 9. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO

El Plan de Manejo de Tránsito se implementará de la siguiente manera:

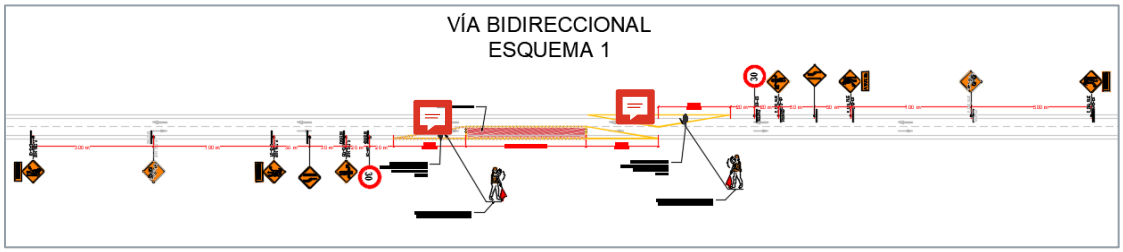
- Ubicación de la señalización informativa, preventiva y reglamentaria.
- Disposición de elementos para el cono de aproximación a la obra con conos, dispositivo balizas o colombinas plásticas o con bases de hormigón.
- Ubicación de la barricada con la señal de desvío o barrera plástica y sobre esta la flecha luminosa debidamente adosada, cuando se requiera para labores nocturnas.
- Disposición del personal (Auxiliares de tránsito).
- Implementación del cierre de obra, con maletines y delineadores tubulares.

## 9.1 ESQUEMAS DE SEÑALIZACIÓN PMT

### 9.1.1 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 1

Se implementará el Esquema 1 en la intervención de vía Bidireccional, dichos cierres tendrán una longitud entre 100 m y 2000 m, con el fin de tener un manejo seguro dentro de los mismos ya que por las labores a realizar la maquinaria ocupará un espacio considerable. Aplica también el Esquema 7 para actividades inferiores a 200m de longitud y máximo de 1 hora de intervención.

Figura 26 Esquema de Señalización 1

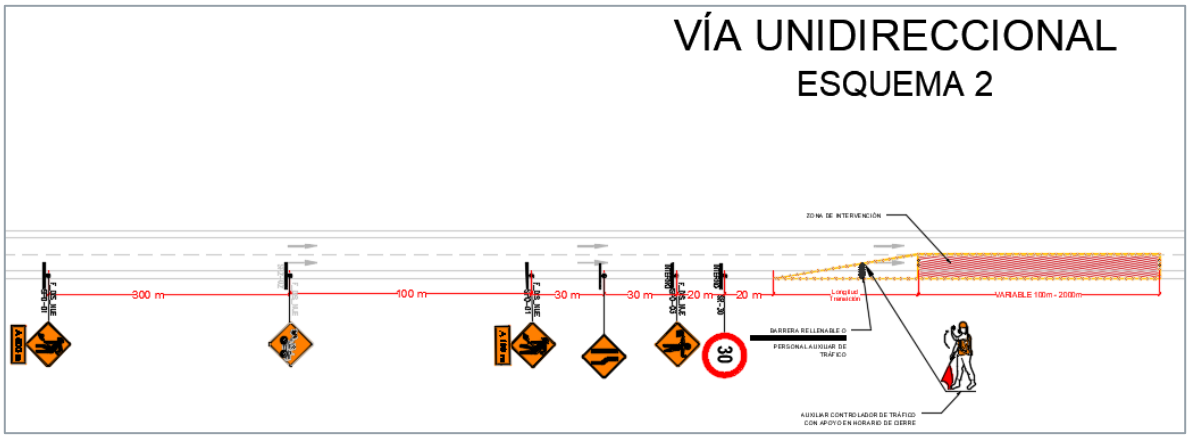



Fuente: Elaboración Propia

### 9.1.2 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 2

Se implementará el Esquema 2 en la intervención de vía Unidireccional de dos carriles, donde se realizará el cierre de la calzada derecha, dichos cierres tendrán una longitud entre 100 m y 2000m, esto con el fin de tener un manejo seguro dentro de los mismos ya que por las labores a realizar la maquinaria ocupará un espacio considerable. Aplica también el Esquema 8 para actividades inferiores a 200m de longitud y máximo de 1 hora de intervención.

Figura 27 Esquema de Señalización 2

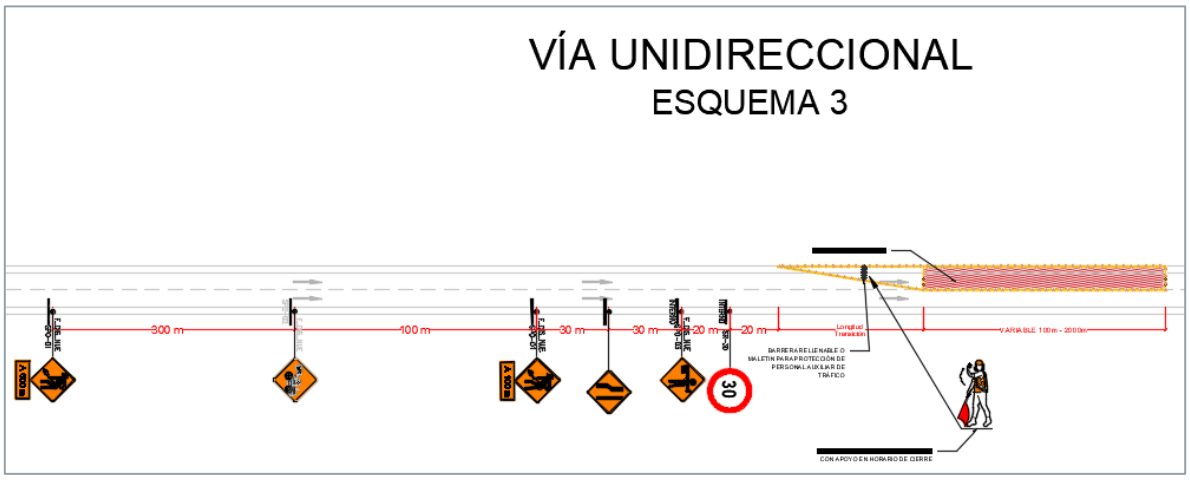



Fuente: Elaboración Propia

### 9.1.3 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 3

Se implementará el Esquema 3 en la intervención de vía Unidireccional de dos carriles, donde se realizará el cierre de la calzada izquierda, dichos cierres tendrán una longitud entre 100 m y 2000m, esto con el fin de tener un manejo seguro dentro de los mismos ya que por las labores a realizar la maquinaria ocupará un espacio considerable. Aplica también el Esquema 9 para actividades inferiores a 200m de longitud y máximo de 1 hora de intervención.

Figura 28 Esquema de Señalización 3

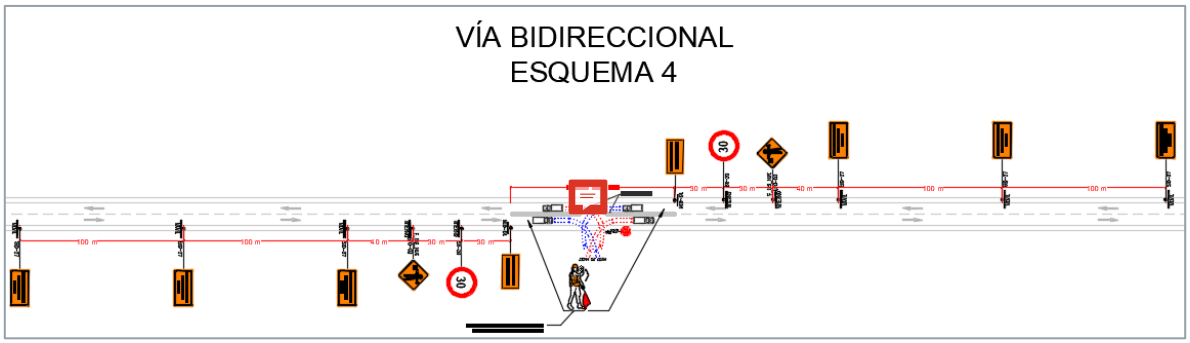



Fuente: Elaboración Propia

### 9.1.4 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 4

Se implementará el Esquema 4 para ingreso y salida de vehículos de obra para vías Bidireccionales de dos carriles, esto con el fin de tener un manejo seguro ya que por las maniobrar a realizar se necesita un espacio considerable.

Figura 29 Esquema de Señalización 4

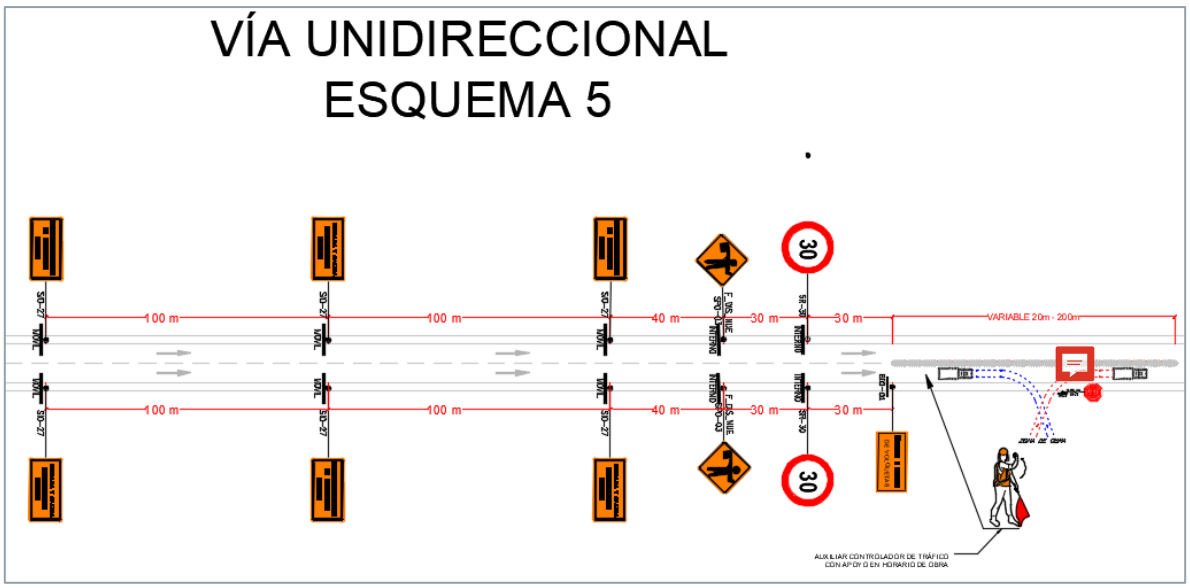



Fuente: Elaboración Propia

### 9.1.5 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 5

Se implementará el Esquema 5 para ingreso y salida de vehículos de obra por carril derecho para vías Unidireccionales de dos carriles, esto con el fin de tener un manejo seguro ya que por las maniobrar a realizar se necesita un espacio considerable.

Figura 30 Esquema de Señalización 5

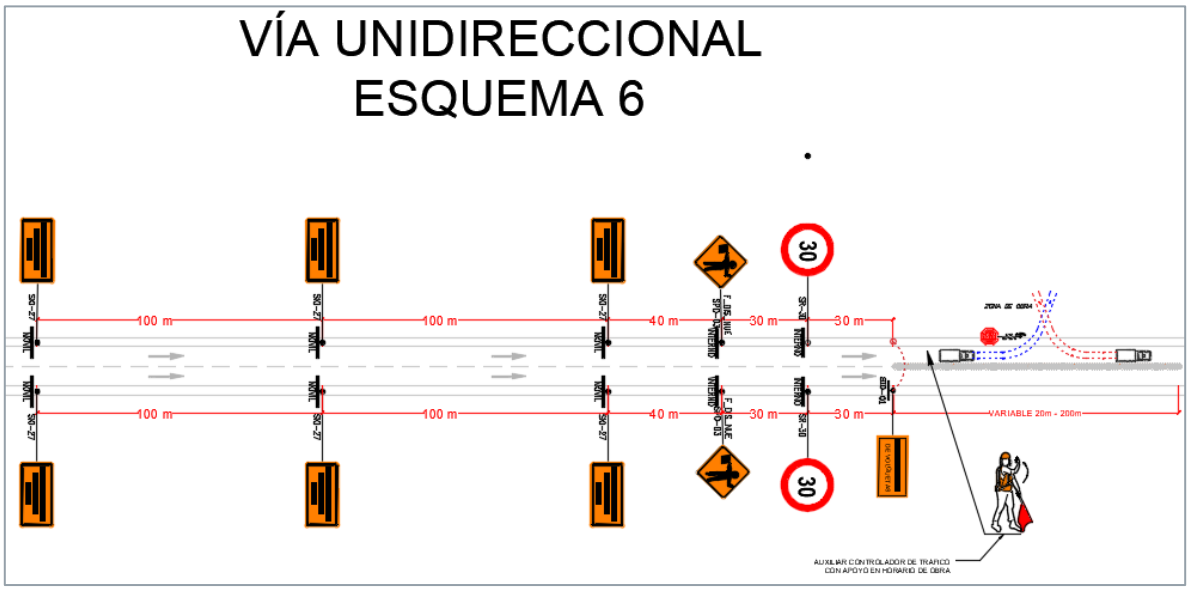



Fuente: Elaboración Propia

### 9.1.6 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 6

Se implementará el Esquema 6 para ingreso y salida de vehículos de obra por carril izquierdo para vías Unidireccionales de dos carriles, esto con el fin de tener un manejo seguro ya que por las maniobrar a realizar se necesita un espacio considerable.

Figura 31 Esquema de Señalización 6

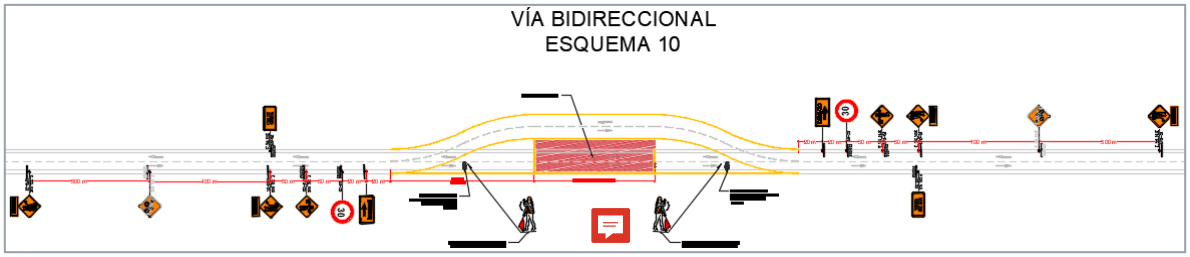



Fuente: Elaboración Propia

### 9.1.7 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 10

Se implementará el Esquema 10 en la intervención de vía Bidireccional de dos carriles, donde se realizará el cierre total de la calzada, dicho cierre se generará desvío adyacente a la vía existente, esto con el fin de tener un manejo seguro dentro del mismo ya que por las labores a realizar la maquinaria ocupará un espacio considerable.

Figura 32 Esquema de Señalización 10

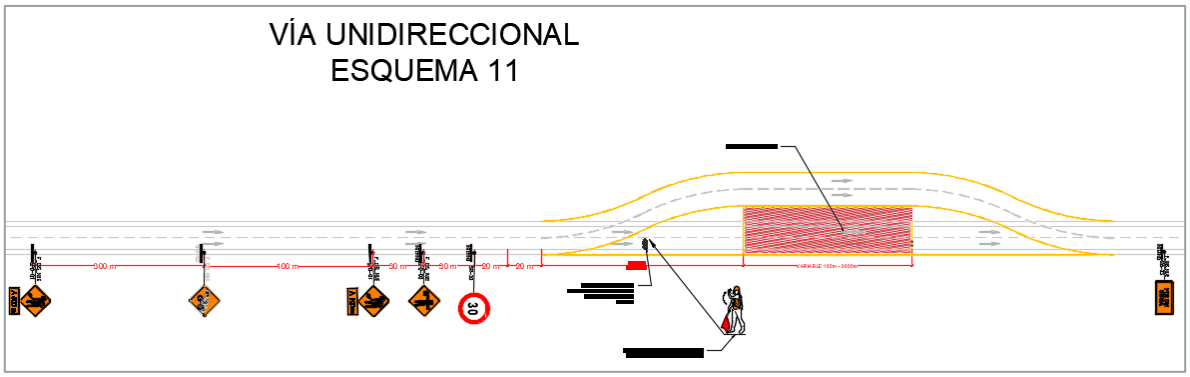



Fuente: Elaboración Propia

### 9.1.8 PMT ESQUEMA DE INTERVENCIÓN 11

Se implementará el Esquema 11 en la intervención de vía Unidireccional de dos carriles, donde se realizará el cierre total de la calzada, dicho cierre se generará desvío adyacente a la vía existente, esto con el fin de tener un manejo seguro dentro del mismo ya que por las labores a realizar la maquinaria ocupará un espacio considerable.

Figura 33 Esquema de Señalización 11




Fuente: Elaboración Propia

## 9.2 TIEMPOS DE ESPERA DE VEHÍCULOS

Para poder ejecutar cada una de las actividades constructivas se deben tener en cuenta que el auxiliar de tránsito debe detener el flujo vehicular por un período de tiempo determinado, este tiempo se establece según el volumen vehicular de la zona con un análisis de colas. Para desarrollar este análisis, se utilizó la metodología M/M/1, cuyo uso es muy frecuente para modelar situaciones cotidianas como llegadas aleatorias en un peaje, filas que se forman para pagar en el supermercado, el banco, en los semáforos, etc. Se ha determinado que las ocurrencias aleatorias pueden describirse a través de una distribución discreta de probabilidad muy conocida, como la distribución de Poisson.

Para determinar los tiempos de espera de los vehículos, se utilizó los estudios de tránsito desarrollados para las rutas 45BY01, R6006, R6007, R6009 e información proporcionada por el INVIAS de los volúmenes históricos registrados por diferentes estaciones de conteo en la red vial nacional. Con base en esta información vehicular registrada, se determinó la tasa de llegada por hora en promedio en cada una de las rutas mencionadas anteriormente que forman parte de la denominada Transversal de Boyacá, y tomando en cuenta el ritmo que puede ofrecer un auxiliar de tránsito con la paleta PARE y SIGA para dejar cierta cantidad de vehículos a determinado tiempo, se terminó calculando el tiempo promedio de espera en la fila formada por la interrupción del flujo vehicular.

Para la toma de información de la ruta 6008 del histórico del INVIAS se realizaron los ajustes pertinentes en cuanto a la proporcionalidad de vehículos que transitan por la zona y según lo aforado con las vías antes mencionadas, además, considerando que hay sectores en donde el flujo vehicular se desvía a otras rutas aledañas. El tiempo en promedio en cada una de las rutas en ambos sentidos viales, dirigiéndose hacia Puerto Boyacá (Parte Occidental) y hacia Páez (Parte Oriental) se muestra a continuación en la Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1 Tiempo promedio de espera en la fila sentido Puerto Boyacá – Páez

| Ruta | Promedio por hora | |
|---|---|---|
| | hr | min |
| BY4501 | 0.49 | 29.48 |
| R6006 | 0.42 | 25.00 |
| R6007 | 0.44 | 26.67 |
| R6008 | 0.44 | 26.25 |
| R6009 | 0.44 | 26.25 |

Fuente: OFB SAS

Tabla 2 Tiempo promedio de espera en la fila sentido Páez – Puerto Boyacá

| Ruta | Promedio por hora | |
|---|---|---|
| | hr | min |
| BY4501 | 0.49 | 29.54 |
| R6006 | 0.30 | 18.00 |
| R6007 | 0.36 | 21.43 |
| R6008 | 0.36 | 21.43 |
| R6009 | 0.38 | 22.50 |

Fuente: OFB SAS

Con la información mostrada anteriormente se puede estimar entonces, que el tiempo de espera en la fila por parte de los vehículos es de aproximadamente 30 minutos (en ambos sentidos viales), tiempo durante el cual, el constructor realiza las actividades pertinentes según el tipo de intervención para luego dar paso nuevamente a la circulación vehicular.

El detalle de la información recopilada para el cálculo de los tiempos de espera se muestra en el ANEXO *Aforos – Volúmenes Vehiculares.*

## 9.3 PLAN DE CONTINGENCIA

Se dispondrá del personal suficiente para el apoyo en vía para las actividades afectadas por el desarrollo propio de la obra, no obstante, es necesario contar con el apoyo institucional en:

- La regulación en vía en caso de eventualidades y durante las horas pico, por parte de la policía de carreteras. Se aclara que se dispondrá del personal de tránsito necesario para apoyar esta labor.

- Apoyo de la policía de carreteras con el fin de realizar operativos de control al estacionamiento en vía que pueda afectar la capacidad o circulación vial y peatonal.
- Apoyo por parte de los entes reguladores, a fin de incorporar estrategias restrictivas para el paso de vehículos de carga o gestionar las respectivas resoluciones legales que derivan de ello.

Se considera acción de contingencia a los protocolos (y por ende responsabilidades) que se deben llevar a cabo en el momento de atender una emergencia, con el fin de evitar el entorpecimiento que pueda ser causado por un vehículo varado, mal estacionado o la ocurrencia de un accidente en la zona de ingreso a las obras. Se identifican las siguientes amenazas y así mismo, las estrategias de prevención como se muestra a continuación.

| Tipo de amenaza | Estrategias de prevención |
|---|---|
| Deslizamientos | Adecuado manejo de drenajes, especialmente en cortes, rellenos y zonas de disposición de materiales.<br>Conformación técnica de taludes. Diseño técnico de voladuras. |
| Incendios | Seguridad en el manejo de combustibles, aceites, pinturas, explosivos, materiales asfálticos y demás elementos que sean inflamables.<br>Disponibilidad permanente de extintores y capacitación para su manejo. |
| Derrames accidentales de combustibles, grasas y aceites | Cumplimiento de las normas para su abastecimiento, almacena-miento y manipulación. Los derrames en las quebradas y cuerpos de agua, podrán ser producto de fallas operativas o mecánicas de la maquinaria o de incumplimiento de las medidas de manejo del PMA.<br>Si manipula estos elementos, mantenga disponibles materiales absorbentes adecuados para su contención. |
| Accidentes Vehiculares | Señalización, mantenimiento permanente de la maquinaria para evitar fallas mecánicas. |
| Accidentes Personales en Obra | Capacitación para el manejo de maquinaria y herramientas. Capacitación para el trabajo en alturas. Prevención de la caída de objetos. Establezca un plan de seguridad industrial. |
| Daños a las redes de servicios públicos | Antes de iniciar la obra, conozca la localización y características de todas las redes en el sector. Informe a los encargados y diseñe la ejecución de los trabajos considerando su presencia. |

En caso de ocurrencia de alguno de estas situaciones el residente de la obra tomará contacto con la Secretaría de Movilidad del municipio correspondiente para informar sobre el evento y solicitar apoyo a la mayor brevedad.

## 9.4 PERSONAL Y EQUIPO REQUERIDO

Los requerimientos de personal y su dedicación durante la ejecución de las obras se muestran a continuación, además, se incluyen las funciones que deberá desempeñar el personal de acuerdo con el cargo.

- **Banderero**

Corresponde al personal encargado de controlar el tránsito de vehículos dentro de la zona afectada por la obra. Serán los encargados de guiar en forma segura los conductores y trabajadores y estarán en contacto directo con la ciudadanía; en consecuencia para desempeñarse en este cargo, se seleccionará personal capacitado con educación básica secundaria completa, experiencia en obras similares, con buenas relaciones interpersonales, buenos reflejos y reacciones, sentido de responsabilidad, conocimiento de las normas básicas de tránsito, buenas condiciones físicas y mentales, su dedicación es de tiempo completo.

Para el adecuado desempeño de sus funciones estará dotado de paletas con los mensajes PARE Y SIGA (una por cada cara) y/o lámparas operadas manualmente, como parte de su indumentaria se requiere un uniforme. La duración del derecho de paso en cada sentido de circulación debe ser determinada sólo por uno de los Auxiliares de Tránsito, el que tiene la misión de coordinar los movimientos vehiculares y es responsable de la operación general. Cuando no exista visibilidad directa entre los Auxiliares de Tránsito, lo que puede ocurrir durante la noche, ante

la presencia de neblina y en otros casos de visibilidad reducida, se deben utilizar equipos de radiotelefonía u otros que garanticen la comunicación entre ellos.

- **Personal a cargo de la señalización**

Personal de la obra que estará pendiente dentro de sus funciones de la movilización, ubicación y revisión de la estabilidad de las señales colocadas, estará encargado de hacer el mantenimiento de la implementación de la señalización. La dedicación puede ser parcial dentro de otra función que tengan asignados en el frente de trabajo.

El Plan de Manejo del Tránsito ha de implementarse antes del inicio de obras, por lo que ha de asignarse el responsable de la implementación, capacitación y puesta en marcha, usualmente a cargo del Ingeniero Residente o el Supervisor de la obra, por lo que las señales y equipo mínimo requerido han de estar instalados y disponibles antes del inicio de estas.

## 9.5 CAPACITACIÓN A AUXILIARES DE TRÁFICO

El presente numeral, tiene por objeto suministrar un programa de capacitación específica para los auxiliares, los cuales tendrán como función específica regular el paso alternado de vehículos para la ejecución de las actividades. Para ello, es necesario seleccionar personal que posea los conocimientos requeridos, ya que tienen una función muy importante, son responsables de la seguridad de los conductores, empleados, peatones y demás partes interesadas. Por lo tanto, para la ejecución de esta actividad, los auxiliares deberán cumplir con:

- Condiciones físicas óptimas para laborar con los respectivos soportes médicos.

- Conocimientos en cuanto al PMT.
- Aptitud de liderazgo.
- Sentido de responsabilidad.
- Buenas relaciones interpersonales y demás.
- Aprender a usar el equipo de radiocomunicación.

## 9.6 INDUMENTARIA DE LOS BANDEREROS

Los auxiliares estarán debidamente equipados para que puedan realizar sus respectivas tareas de forma satisfactoria y sin contratiempos. Antes de iniciar a realizar dichas tareas deberán participar de una charla preoperacional.

Estos elementos son:

- Paleta de pare y siga, en material reflectivo.
- Linterna de tráfico intermitente, para uso en horas nocturnas.
- Sistema de radiocomunicación
- Casco de seguridad industrial.
- Chaleco color naranja con un mínimo de dos franjas (horizontales, verticales u oblicuas), en cinta reflectiva. Las franjas serán en color blanco, rojo o amarillo.
- Cuando las condiciones climáticas lo requieran, el banderero usara un overol impermeable de color amarillo, con cinta reflectiva.
- Zapatos de seguridad.

## 9.7 FUNCIONES DE LOS BANDEREROS

Los banderero deberá estar visibles para los conductores que se acercan, desde una distancia suficiente que permita una respuesta oportuna en el cumplimiento de las instrucciones que se importan, esta distancia está relacionada con las velocidades

de aproximación.

**Detención del tránsito:** El banderero estará de frente al tránsito y extenderá la paleta horizontalmente a través del canal de tránsito en una posición estacionarias, de tal forma que toda paleta sea visible. Para dar un énfasis mayor la mano libre se puede levantar con la palma de frente al tránsito que se aproxima.

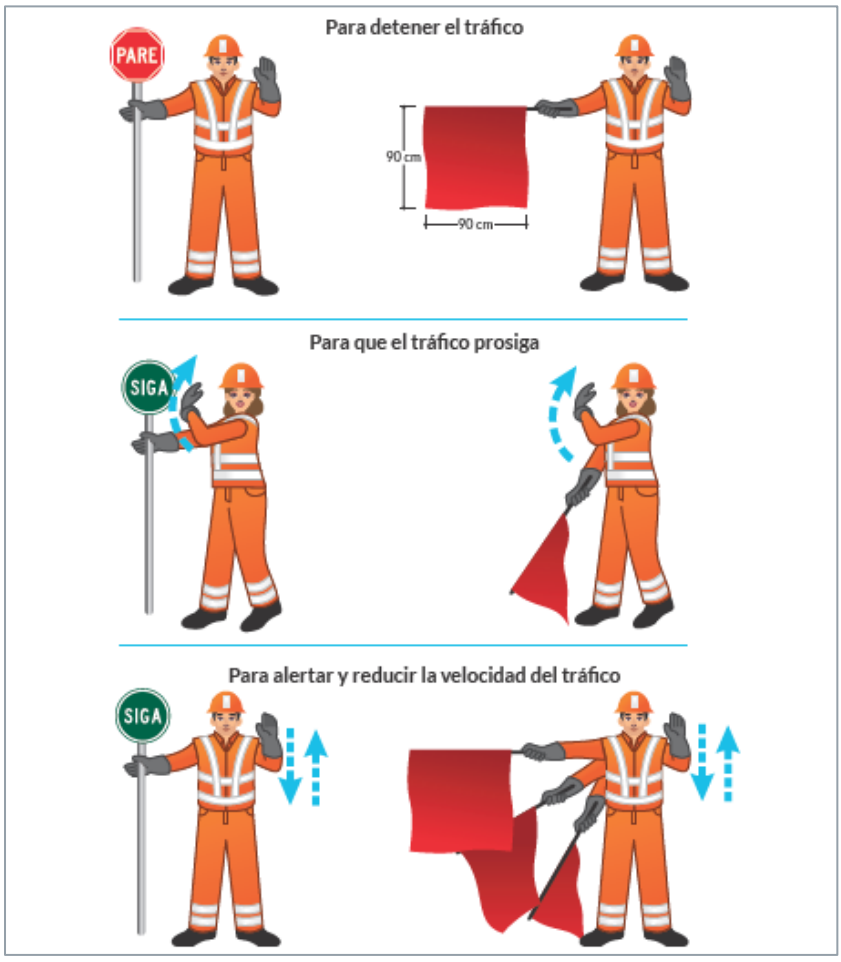
**Circulación del tránsito:** El banderero estará parado en dirección paralela al movimiento de tránsito y con la paleta y el brazo debajo de la línea visual del conductor, indicará a los conductores que prosigan, moviendo su mano libre, mostrando la paleta por el costado de SIGA.

Figura 34 Detención del Tráfico y Circulación del tráfico

Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

**Aproximación lenta:** El banderero estará parado de frente al tránsito y mostrará la paleta por la cara SIGA y con la mano libre indicará con un movimiento hacia arriba y abajo sin levantar el brazo sobre la posición horizontal, indicando reducción de la velocidad.

Figura 35 Aproximación lenta.




Fuente: Manual de señalización 2024 INVIAS

# 10. INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO

Como complemento a la información y señalización en la vía, se cuenta con el punto de atención al usuario.

Una vez aprobado el plan de manejo de tránsito para la zona del proyecto, se adelantará la implementación de estrategias de atención, información y divulgación masiva a la comunidad residente y usuaria de la vía con el objeto de mitigar el impacto social (movilidad) ante la alteración temporal de su cotidianidad en este sector durante el tiempo de ejecución de las obras y de manera previa y con la suficiente antelación al inicio y/o continuación de las obras.

Para tal fin se establecerán las siguientes estrategias:

- Inicialmente se efectuará un registro fotográfico y fílmico, identificando el estado actual de las áreas de influencia directa donde se desarrollará el proyecto, con el objeto de identificar el estado actual de las mismas.
- Para la mitigación de los impactos, se establecerán acercamientos con los usuarios y la comunidad en general implementando los programas de información y divulgación establecidos para el Proyecto los cuales contemplan:

**Programa de Atención a la Comunidad**

- Se contará con apoyo del área social quien de manera permanente realizará recorridos en la zona y brindará atención personalizada a la comunidad en caso de generarse algún tipo de afectación producto de la intervención de las obras.

- Se diligenciará el formato de atenciones ciudadanas en el evento de presentarse quejas e inquietudes y se relacionará en el consolidado de atención al ciudadano, acorde con el procedimiento interno establecido.

**Programa de Información**

- Antes de la implementación del PMT, se programarán reuniones informativas con líderes de Juntas de Acción Comunal, Policía de Tránsito y Transporte, Supervisión e Interventoría, con el objetivo de brindar información clara y oportuna del tema en mención.
- Se programarán reuniones informativas de inicio con la comunidad en general y entes municipales.
- Se proyectará entregar comunicaciones informando sobre el inicio de la intervención, estrategias y tiempos de intervención.
- Se proyectará entregar comunicaciones a varias instituciones educativas de la región que presenten rutas de transporte por la zona de intervención.
- Se proyectará entregar comunicaciones a empresas de transporte público que utilizan el corredor vial por este sector.

**Programa de Divulgación**

- Antes de la implementación del PMT se procederá a informar a la ciudadanía en general sobre las obras a través de la entrega de comunicados informativos tanto a residentes y usuarios de la zona de influencia como a usuarios transitorios del corredor vial, empresas de transporte público, rutas escolares, transporte privado y transporte de carga.

- Se entregarán volantes en los peajes, especialmente durante los fines de semana cuando se presenten desplazamientos de usuarios transitorios por el corredor.
- Se entregarán volantes informativos en la zona de influencia directa a la implementación del PMT y área de influencia indirecta (sectores aledaños).
- Se entregarán volantes informativos sobre la implementación del PMT a líderes de Juntas de Acción Comunal y administradores de los hoteles con el objeto de fortalecer los canales de información y divulgación con la comunidad apoyando la gestión de difusión de la información.
- Se entregarán volantes informativos sobre la implementación del PMT a usuarios vehiculares particulares, rutas de transporte público, rutas de transporte escolar en horas pico con el apoyo del personal de señalización.
- Adicionalmente, dentro de los mecanismos de divulgación directa en la zona se contará con el apoyo de banderero quienes, previa instrucción, colaborarán orientando tanto a peatones como a conductores sobre la implementación.

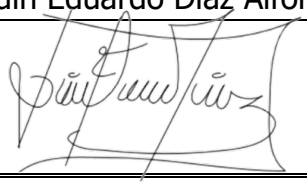
## 11. CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PMT

Una vez puesto en marcha el Plan de Manejo de Tránsito, el contratista dispondrá del personal suficiente y los elementos necesarios para llevar un adecuado seguimiento de este. De este seguimiento y de las acciones a realizar durante el mismo, dependerá el buen funcionamiento del Plan de Manejo de Tránsito.

El contratista implementará planes de contingencia que le permitan aplicar acciones oportunas que den solución a las diferentes alteraciones al tráfico, no previstas y de emergencia, que puedan presentarse durante la ejecución de las obras.

Como retroalimentación del PMT, se determinarán los cambios necesarios a la siguiente propuesta, a fin de garantizar óptimas condiciones de accesibilidad y seguridad vial en la zona aledaña a cada uno de los frentes de obra; dejando la presente propuesta como un planteamiento flexible y susceptibles a cambios en terreno, previa aprobación por parte de la interventoría para finalmente aprobación del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

## 12. ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL PMT

| | | |
|---|---|---|
| Contratista<br><br>**SUDAMERICANA INTEGRAL DE CONSTRUCCIONES SUDINCO S.A.**<br><br>**SUCURSAL COLOMBIANA** | Cargo | Especialista de Tránsito |
| | Nombre | Joaquín Eduardo Díaz Alfonso |
| | Firma |  |
| | Cargo | Director de Obra |
| | Nombre | Hernán Estrella Maldonado |
| | Firma | |
| Interventoría<br><br>**CONSORCIO ECOVISIÓN-188** | Cargo | Especialista de Tránsito |
| | Nombre | Francisco Paolo López Forero |
| | Firma | |
| | Cargo | Director de Interventoría |
| | Nombre | Julio Cesar Sánchez Cadavid |
| | Firma | |

| REVISIÓN | FECHA | DESCRIPCIÓN |
|---|---|---|
| 0 | 22/08/2022 | Emisión inicial |
| 1 | 16/06/2023 | Cambios en los tipos de obra a ejecutar, descripción de puntos específicos de intervención |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | 29/12/2023 | Respuesta comunicados 055-2-1277-2023, 055-2-1332-2023, 055-2-1406-2023 y 055-2-1522-2023. Remisión PLAN GENERAL PARA EL MANEJO DE TRÁNSITO PMT EN EL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ VERSIÓN 2 Cambios en los tipos de obra a ejecutar, descripción de puntos específicos de intervención |
| 3 | 04/04/2025 | Actualización según Manual de Señalización Vial 2024; Cambios en los tipos de obra a ejecutar de acuerdo con los estudios y diseños. |

## 13. CONTROL DE VERSIONES DEL FORMATO

| Versión | Fecha (dd/mm/aa) | Cambios | Folios |
|---|---|---|---|
| 00 | 04/04/2025 | Emisión inicial | 61 |

## 14. ANEXOS

- PLANOS ESQUEMA PMT
- AFOROS (VOLUMENES VEHICULARES)

INVIA

# INFORME MENSUAL DE ESPECIALISTA AMBIENTAL DE INTERVENTORÍA N.º 45

## CONTRATO Nº 962 DE 2021

## CONTRATO DE OBRA N° 973 DE 2021 MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN

*ESPECIALISTA AMBIENTAL DE INTERVENTORIA*

*CONSORCIO ECOVISIÓN-188*

*MAYO DE 2025*

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

SEGUIMIENTO AL INFORME

COPIAS DIGITALES

| DEPENDENCIA | No. DE COPIAS |
|---|---|
| COPIA 1 - INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS INVIAS. BOGOTÁ | 1 |
| COPIA 2 - OFICINA INTERVENTORÍA. ARCHIVO | 1 |

COPIAS IMPRESAS

| DEPENDENCIA | No. DE COPIAS |
|---|---|
| COPIA 1 – SUBDIRECCIÓN RED TERCIARIA Y FERREA | 1 |

CONTROLES DE ELABORACIÓN

| | |
|---|---|
| Elaboración<br>**DORALBA ALVAREZ CASTRILLON**<br>Especialista Ambiental<br>Fecha 9 de Junio de 2025 | <br>Firma<br>Matricula profesional<br>05238086393ANT |
| Revisión y aprobación:<br>**JULIO CESAR SANCHEZ CADAVID**<br>Director de Interventoría<br>Fecha 9 de Junio de 2025 | <br>Firma |

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

## TABLA DE CONTENIDO


1 INTRODUCCIÓN ..... 3
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ..... 4
2.1 LOCALIZACIÓN ..... 5
3. INFORMACIÓN CONTRATO DE OBRA ..... 6
3.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL CONTRATO ..... 6
4. GESTIONES ..... 8
5. RECOMENDACIONES ..... 15
6. CONCLUSIONES ..... 19

ANEXOS

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

## 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde al informe de Especialista Ambiental N°46 de interventoría perteneciente al periodo entre el 01 al 31 de mayo de 2025, del contrato de obra N° 973 -2021 "***MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MÓDULO 3".***

Paralelamente, la interventoría es realizada mediante el contrato N° 962 de 2021. "***INTERVENTORÍA PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030". MÓDULO 2".***

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación, se presenta información general del contrato de obra, actividades implementadas de seguimiento y control por parte de la interventoría, recomendaciones ambientales que debe tener en cuenta el contratista para la adecuada gestión ambiental durante la ejecución de la obra en el contrato de intervención y conclusiones finales.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

## 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

De acuerdo a lo definido en el Anexo Técnico Modulo 3, "... La Transversal de Boyacá cuenta con una longitud de 378,23 km entre Puerto Boyacá - Otanche - Chiquinquirá - Tunja - Páez y comunica el sur oriente del departamento de Boyacá con las troncales Magdalena y Central, brindando una alternativa de conexión para la carga que circula entre la Costa, Santander, Antioquia y Bogotá, como se muestra en el mapa.

Las intervenciones propuestas para mantenimiento periódico del corredor se llevarán a cabo a lo largo de la Transversal de Boyacá desde Puerto Boyacá hasta Páez, según se requiera, correspondientes a las rutas: 6006, 6007, 6008 y 6009.

La continuidad de segunda calzada se encuentra localizada en la ruta 45BY01 en el Ramal a Puerto Boyacá, facilitando el tránsito de vehículos livianos y pesados al municipio de Puerto Boyacá.

Las actividades de mejoramiento se priorizaron en el tramo vial Dos y medio - Otanche – Chiquinquirá, el cual se encuentra ubicado en la provincia de Occidente cuya principal actividad económica está relacionada con la producción y distribución de esmeraldas. Además, el municipio de Puerto Boyacá se caracteriza por su actividad ganadera, el aprovechamiento de hidrocarburos, actividad pesquera, extracción de arenas y gravillas para la construcción.

El corredor vial del tramo Dos y Medio – Chiquinquirá, inicia en el municipio de Puerto Boyacá (sector dos y medio) en el PR0+000 con una altura de 144 m.s.n.m; asciende hacia el suroriente hasta los 1036 m.s.n.m en el municipio de Otanche

PR95+300 de la ruta 6006 y PR0+000 de la ruta 6007. Finalmente, asciende hasta los 2558 m.s.n.m en el municipio de Chiquinquirá PR90+000 marcando el fin del tramo…".

## 2.1 Localización

En la siguiente imagen se registra la localización del corredor objeto de intervención con la ejecución del presente proyecto.

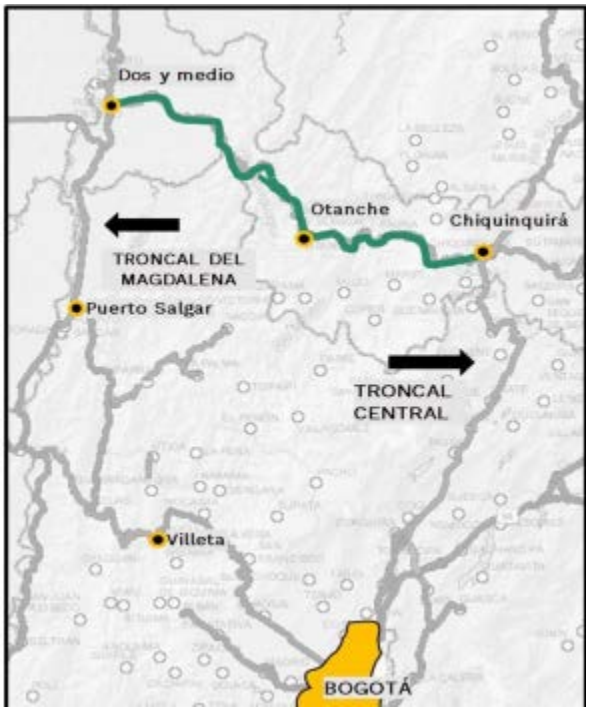



Figura 1Localización del proyecto Corredor TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ – OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ – PÁEZ)

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

## 3. INFORMACIÓN CONTRATO DE OBRA

### 3.1 Información general del contrato

A continuación, Se presenta la información contractual del contrato de obra como interventoría.

**Tabla 1. Datos generales de contrato Obra**

| Contrato | **973-2021** |
|---|---|
| **Objeto** | MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA “VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030" MÓDULO 3”. |
| **Numero de contrato** | 973 -2021 |
| **Contratista** | CONSORCIO GROSUD con NIT. 901.474.570-9 (Integrado por CI GRODCO INGENIEROS CIVILES S.A.S. con NIT. 860.506.688-1, con una participación del 50% y SUDAMERICANA INTEGRAL DE CONSTRUCCIONES SUDINCO S.A. SUCURSAL COLOMBIANA. con NIT. 900.815.676-1, con una participación del 50%). |
| **Valor Inicial** | $ 358.871.764.334 M/CTE, INCLUIDO IVA |
| **Valor inicial +adición 1 y 2** | $ 406.967.087.388,00 M/CTE, INCLUIDO IVA |
| **Plazo Inicial** | 102 meses |
| **Fecha de inicio** | 25 de junio de 2021 |

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

**Tabla 2. Datos generales de Interventoría**

| Contrato | **962-2021** |
|---|---|
| **Objeto** | INTERVENTORÍA PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030". MÓDULO 2". |
| **Numero de contrato** | 962 de 2021 |
| **Contratista** | CONSORCIO ECOVISION – 188 con NIT. 901.481.141-1 (Integrado por TRIADA MÉXICO COLOMBIA sucursal en Colombia de TRIADA DISEN~O, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A. DE C.V, con NIT. 900.854.758-3, con una participación del 17%, GRUPO TECMEDIC S.A.S. con NIT. 900.195.606-4, con una participación del 3%, RUTH ELENA TABARES ZULETA, con C.C 30.303.454, con una participación del 20%, ECG INGENIERÍA S.A.S. con NIT. 901.289.1900, con una participación del 40%, y ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S. con NIT. 900.330.875-8, con una participación del 20%). |
| **Valor Inicial** | $ 29.999.894.328) M/CTE, INCLUIDO IVA |
| **Plazo Inicial** | 102 meses |
| **Fecha de inicio** | 15 de Junio de 2021 |

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

## 4. GESTIONES

A continuación, se presentan las gestiones realizadas por la interventoría, durante el presente mes de mayo de 2025 con el fin de dar cumplimiento al objeto: **“ INTERVENTORÍA PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030”. MÓDULO 2”.**

1. El día 2 de mayo de 2025 se revisó el comunicado proyectado por el profesional ambiental de interventoría en relación a las observaciones realizadas al informe del mes de marzo de 2025 realizándose ajustes en algunos aspectos del contenido de este. **Anexo 1. Correo electrónico de fecha de 02 de mayo de 2025.**

2. El día 2 de mayo de 2025 en compañía del contratista se llevó mesa de trabajo ambiental con el fin de revisar el estado ambiental del proyecto, en la cual se trataron los siguientes temas:

    1 Revisión de estado de cumplimiento de compromisos de actas realizadas en el mes de marzo y de abril y realizadas el 02 y 13 de mayo de 2025.
    2 Aclaración de dudas de correos, comunicados y what sap cruzados entre contratista e interventoría.

3 Zodmes - Estado de diseños, capacidad a la fecha entre, y empleados actualmente entre otros aspectos.

4 Estado de ejecución de los permisos ambientales obtenidos a la fecha y en trámite.

5 Proveedores de materiales y agregados pétreos empleados en el presente mes de mayo de 2025.

6 Comunicados remitidos por la interventoría

7 Comunicados allegados por el contratista que estén pendientes por respuesta de la interventoría y/o por otras entidades

8 Varios

**Anexo 2. Link de mesa de trabajo ambiental de fecha de 02 de mayo de 2025.**

3. El día 5 de mayo de 2025 se revisó el comunicado proyectado por el profesional ambiental de interventoría en respuesta a las comunicaciones DO-TB-2634-2025 y DO-TB-2509-2025 relacionadas a observaciones sobre Informes de Tala Permisos de Aprovechamiento Forestal Único (Expedientes OAFF), siendo aprobado y realizado algunas recomendaciones de incluir información de medidas descritas con su correspondiente registro fotográfico. Además de tenerse en cuenta las medidas silviculturales definidas y soportadas en el acto administrativo del permiso otorgado. **Anexo 3. Correo electrónico de fecha de 05 de mayo de 2025.**

4. El día 5 de mayo de 2025 se revisó el comunicado proyectado por el profesional ambiental de interventoría en respuesta al comunicado DO-TB-2585-2025 relacionado con las observaciones sobre el Informe de Tala del Permiso de Aprovechamiento Forestal Resolución N° 1315 de 12/06/2024, Expediente AFAA-00035-24, siendo aprobado y realizado algunas recomendaciones de incluir información de medidas descritas con su correspondiente registro fotográfico. Además de tenerse en cuenta las medidas silviculturales definidas y soportadas en el acto administrativo del permiso otorgado. **Anexo 4. Correo electrónico de fecha de 05 de mayo de 2025.**

5. El día 5 de mayo de 2025 se revisó el comunicado proyectado por el profesional ambiental de interventoría en respuesta al comunicado DO-TB-2585-2025 relacionado con observaciones sobre Informe de rescate, traslado y reubicación de epifitas Permiso de Aprovechamiento Forestal Resolución N° 2682 de 25/10/2024, Expediente AFAA-00103-24, en respuesta a la comunicación DO-TB-2505-2025, siendo aprobado y realizado algunas recomendaciones. **Anexo 5. Correo electrónico de fecha de 05 de mayo de 2025.**

6. El día 6 de mayo se llevó a cabo en compañía con el profesional ambiental de la interventoría inspección a la Ruta 6007 con el fin de identificar el estado actual de los ZODMES ubicados en el PR57+500 vía Briceño, PR37+500 y PR15+400 de la ruta 6007, e igualmente se verificó las medidas ambientales implementadas por el contratista durante las actividades constructivas en la Ruta 6007. **Anexo 6. Registro fotográfico de fecha de 06 de mayo de 2025.**

7. El día 7 de mayo se llevó a cabo en compañía con el profesional ambiental de la interventoría inspección a la ruta 6006 con el fin de identificar estado actual de los ZODMES ubicados en el PR94+000, PR93+500, 60+480, PR18+000. Como también este mismo día se llevó a cabo reunión, en las instalaciones de las oficinas de interventoría con funcionarios de la Corporación Ambiental en compañía del Contratista, tratándose el tema del proyecto de cambio de medidas de compensaciones a ser presentado a la Corporación de compra de predios y de aislamiento a los predios propuestos por la Autoridad Ambiental. **Anexo 7. Registro fotográfico de fecha 07 de mayo de 2025.**

8. El día 12 de mayo de 2025 en compañía del profesional ambiental de interventoría se llevó mesa de trabajo ambiental con el fin de revisar las observaciones a los informes de epifitas remitidos por el contratista a inicio del mes de mayo de 2025, con el fin de acordar la revisión y concepto de estos. **Anexo 8. Link de fecha de 13 de mayo de 2025.**

9. El día 13 de mayo de 2025 se revisó el comunicado proyectado por el profesional ambiental de interventoría en relación a solicitud de consulta a CORPOBOYACÁ para validación de costo de siembra de árboles y mantenimiento para la vigencia 2025, para proceso de cambio de medidas de compensación, siendo revisado y aprobado de acuerdo a lo que se ha venido manejando en los diferentes espacios con la Corporación y con el contratista. **Anexo 9. Correo electrónico de fecha de 13 de mayo de 2025.**

10. El día 13 de mayo de 2025 en compañía del contratista se llevó mesa de trabajo ambiental con el fin de continuar realizando seguimiento a los compromisos dejados en comités anteriores. **Anexo 10. Link de fecha de 13 de mayo de 2025.**

11. El día 16 de mayo de 2025 mediante correo electrónico se remitió al contratista de manera previa el borrador del acta realizada los días 2 y 13 de mayo de 2025, con el fin de que previamente antes de la reunión ambiental a ser realizada pudiese ser revisada, y abordados los temas de manera puntual, siendo mas eficientes en el manejo del tiempo y respuesta a los compromisos. **Anexo 11. Correo electrónico de fecha de 16 de mayo de 2025.**

12. El día 19 de mayo de 2025 en compañía del contratista se llevó mesa de trabajo ambiental con el fin de continuar realizando seguimiento a los compromisos dejados en comités de fechas 2 y 13 de mayo de 2025. **Anexo 12. Link de fecha de 19 de mayo de 2025.**

13. El día 20 de mayo de 2025 se remitió al profesional ambiental de Interventoría el acta elaborada de los días 2, 13 y 19 de mayo de 2025 para revisión y posterior remisión al contratista. **Anexo 13. Correo electrónico de fecha de 20 de mayo de 2025.**

14. El día 23 de mayo de 2025 se llevó a cabo mesa de trabajo con el contratista con el fin de revisar el capítulo uno y dos del documento PAGAV2, sin embargo solo se alcanzó a revisar el capítulo uno y solo alguna información del capítulo dos, remitiéndose al contratista producto de esta reunión correo electrónico con lo observado y acordado en esta. **Anexo 14. Correo electrónico de fecha de 23 de mayo de 2025.**

15. El día 26 de mayo de 2025 en compañía del contratista se llevó mesa de trabajo ambiental con el fin de continuar realizando seguimiento a los compromisos dejados en comités de fecha 2, 13 y 19 de 2025. **Anexo 15. Link de fecha de 26 de mayo de 2025.**

16. También el día 26 de mayo de 2025 se recibió por parte de la interventoría comunicado DO-TB-2745-2025 de entrega del PAGAV2, para lo cual se realizó el día 27 de mayo de 2025 mesa interna con el profesional ambiental de interventoría con el fin de revisar el documento entregado. **Anexo 16. Correo electrónico de fecha de 23 de mayo de 2025 y Link de reunión de fecha 27 de mayo de 2025.**

17. El día 27 de mayo de 2025 en compañía del contratista se llevó mesa de trabajo ambiental con el fin de continuar realizando seguimiento a los compromisos dejados en comité de fechas 2, 13 y 19 de mayo de 2025. **Anexo 17. Link de fecha de 27 de mayo de 2025.**

18. El día 28 de mayo de 2025 se revisó el comunicado proyectado por el profesional ambiental de interventoría en relación a la respuesta del comunicado del contratista DO-TB-2745-2025 de entrega del PAGAV2, siendo revisado, recomendado algunos ajustes y finalmente aprobado de acuerdo a lo acordado en mesa de trabajo interna realizada el día 27 de mayo de 2025. **Anexo 18. Correo electrónico de fecha de 13 de mayo de 2025.**

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

19. El día 28 de mayo de 2025 se revisó el comunicado proyectado por el profesional ambiental de interventoría en relación a la respuesta del comunicado del contratista DO-TB-2672-2025, Expediente OPOC-0001-25. Resolución No 1004 del 07 de abril de 2025 - Puente La Rusa. Informe final de actividades, recomendando se incluya el listado de cada una de las obligaciones del permiso con su correspondiente soporte, de tal manera que la información consignada coincida con la información registrada en el Anexo 1 de actos administrativos del informe mensual del mes de abril de 2025. **Anexo 19. Correo electrónico de fecha de 28 de mayo de 2025.**

.

## 5 RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan en general las recomendaciones para ser implementadas por parte del contratista e interventoría para la adecuada gestión ambiental del proyecto, de acuerdo a la última acta de reunión ambiental llevada a cabo en el mes de mayo de 2025 entre contratista e interventoría:

| Compromisos | Observaciones y/o responsables |
|---|---|
| Informes ajustados de Aprovechamiento Forestal e informes de rescate y traslado de epifitas. | Revisar informes de AFU por parte de la Interventoría entregados por el contratista el día 30 de mayo mediante comunicado 2749. y queda pendiente que el contratista entregue los informes de AFA (1315, 1320 y 2682 y 0329) e informes de epifitas según correo remitido por la interventoría en este mes de mayo. |
| Soporte de Cierre de PQR (PR54 ruta 6009) de acuerdo a medidas propuestas por el contratista en comunicado DO-TB-1888-2024 de fecha 6 de mayo de 2024. | El contratista debe remitir el acta de cierre y a la interventoría de esta PQR. |
| Plan de acción que indique fechas de entrega de informes mensuales ambientales ajustados para ser aprobados por la Interventoría. | Pendiente por parte del contratista. |
| Respuesta de comunicado de obra DO-TB-2677-2025 de fecha 28 de abril de 2025 “Solicitud de entrega de información relacionada con el Derecho de Petición recibido del señor Manuel Alejandro Herrera Téllez apoderado, con la misma información que dio al Quejoso el día 12 de abril de 2025 | La Interventoría dará el concepto de esta información. |
| Soportar medidas en el patio de acopio de materiales ubicado en el PR73+0000 de acuerdo a lo solicitado por la corporación en la 2889 de 22/12/2022 y oficio N° 150-14605. Para informes trimestrales 14 y 15 y solicitar cierre de expediente | El contratista debe realizar el soporte de cada una de las obligaciones que aplicaron hasta el mes de abril y justificar las obligaciones que no aplicaron, y así mismo se solicitar el cierre de este expediente. |
| Entrega de documento PAGA V2 | El contratista debe dar respuesta a comunicado remitido por la interventoría con 055-2-2671-2025 de fecha el 29 de mayo de 2025, para continuar con la revisión de los demás capítulos. |

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

| Compromisos | Observaciones y/o responsables |
|---|---|
| Obtención del cierre del ZODME del K94+000 y del ZODME PR93+500. | Pendiente |
| Cierre del ZODME del PR 15+400 y realizar el cierre de la PQR. | Pendiente. |
| Dar cumplimiento a compromisos de acta de fecha 6 de marzo de 2025 entre la interventoría, Contratista y el señor Luis Fernando Montes de terminar de instalar la cerca y siembra de árboles según la delimitación del área predial con el fin de dar inicio al aprovechamiento forestal. | Esto está en manos internas del área técnica de obra, la interventoría solicita que al momento del aprovechamiento se dejen claro los compromisos para intervenir, para lo cual deben darle cumplimiento a los compromisos del señor Luis Fernando Montes. |
| Teniendo en cuenta la reunión sostenida con la Corporación el pasado miércoles 7 de mayo de 2025 en las oficinas de la interventoría se solicita dar cumplimiento a lo acordado en esta reunión:<br><br>1. Consultar a la Corporación sobre la disminución de la medida de compensación de los permisos que ya se culminaron.<br><br>2. Nuevamente solicitar dar respuesta al comunicado que remitió el contratista a la Corporación solicitando dar respuesta oficial de las especificaciones, del no cambio de compensaciones de los permisos de AFU.<br><br>3. Solicitud a la Corporación de respuesta al precio por árbol del correo del 8 de abril.<br><br>4.Presentar el proyecto de cambio de compensaciones.<br><br>5. Revisar la viabilidad jurídica de comprarle el INVIAS el predio al contratista del PR73 para compensación el cual se solicitó mediante comunicado de interventoría. | 1.Se realizará mesa de trabajo con la interventoría para definir permisos para disminución de medidas.<br><br>.2. Obtener respuesta el contratista del comunicado 2734 de fecha 20 de mayo mediante el cual solicitó a la Corporación respuesta oficial del precio por árbol a la Corporación e información oficial de especificaciones de cerramiento y del no cambio de compensaciones de los permisos de AFU.<br><br>3. El contratista se encuentra pendiente de la presentación del proyecto de compensación.<br><br>4. Respuesta a la Interventoría sobre la viabilidad jurídica del predio ubicado en el Pr 73+000 de la Ruta 6006 para compensación. |

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

| Compromisos | Observaciones y/o responsables |
|---|---|
| Revisión del PMA RCD que se debe entregar a la Corporación de acuerdo a la reunión ambiental de fecha del 4 de marzo de 2025. | El contratista debe remitir a la Interventoría el correo de plazo para presentar el PMA de RCD para el día 9 de julio. |
| El contratista debe dar respuesta a la información pendiente según el comunicado de obra N°2679 de fecha 28 de abril de 2025, teniendo en cuenta que el dia 19 de mayo se acordó en comité que el contratista ajustara el acta y remitirá a la Interventoria la información ajustada que se indica en dicho comunicado. | Pendiente |
| El contratista debe remitir los certificados de provedores de materiales | Pendiente. |
| El contratista debe terminar de completar los permisos de los propietarios de los predios de sitios de acopio temporal empleados en el proyecto a la fecha los cuales deberá estar contenidos en el PAGA V2 y en los trimestrales 14 y 15 | Pendiente. |
| El contratista debe remitir los cuadros ajustados de maquinaria y equipo empleados en obra de acuerdo a lo requerido por la Interventoría que deberán estar ajustados en los trimestrales 14 y 15 | Pendiente. |
| El contratista debe dar cumplimiento para los trimestrales 14 y 15 de lo solicitado en el correo del 8 de abril de 2025 remitido por la interventoría con respecto a fortalecer los soportes de cumplimiento de los permisos de ocupación de cauce. | En proceso. |
| Dar respuesta a los pendientes que quedaron pendientes por responder de correos y comunicados | Pendiente. |
| Informar el avance de identificación de nuevos sitios para ZODMES | Pendiente. |
| El contratista debe dar respuesta a comunicados de interventoría | Pendiente. |
| La interventoría debe dar respuesta a comunicados de obra DO-TB-2622-2025 y DO-TB-2641-2025 | Pendiente para esta semana |

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

| Compromisos | Observaciones y/o responsables |
|---|---|
| Dar respuesta la interventoría del comunicado DO-TB-2691-2025 de fecha 02 de mayo con asunto: Alcance al oficio DO-TB-2654-2025 del 14 de abril de 2025, con asunto “Radicación del Plan de Manejo de tráfico (PMT)” | Pendiente |
| El contratista debe obtener respuesta de comunicados radicados ante otras entidades. | Pendiente. |

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

## 5. CONCLUSIONES

A continuación, se presenta las conclusiones de las gestiones realizadas durante el periodo:

1. El contratista realizó la entrega de la actualización del PAGAV2, el cual fue revisado por la interventoría y remetidas las observaciones al contratista mediante comunicado.

2. Durante este mes se terminó de revisar y aprobar por parte de los especialistas de interventoría los estudios y diseños de los ZODMES.

3. Se llevó a cabo los días 6 y 7 de mayo de 2025 visita de inspección a las Ruta 6006 y 6007 del corredor de la vía objeto de este informe, con el fin de identificar estado ambiental de ZODMES y de actividades constructivas en la Ruta 6007.

4. Se llevó a cabo el día 7 de mayo de 2025 reunión presencial con la Corporación y contratista con el fin de tratar el tema del proyecto de cambio de medidas de compensación.

5. Se revisó información de comunicados allegados por el contratista e interventoría y se emitió los conceptos y/o recomendaciones.

6. Se continúo con el seguimiento a los permisos ambientales tramitados por el contratista ante la Corporación ambiental con el fin de conocer el estado ambiental de los permisos tramitados a la fecha.

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

7. Durante el mes de mayo de 2025 se continuó revisando comunicados remitidos por el contratista con el fin de realizar control y seguimiento ambiental a la gestión del proyecto.

8. Durante el mes de mayo de 2025 se participó de manera periódica de reuniones ambientales semanales con el fin de realizar el seguimiento ambiental al proyecto.

9. A la fecha se cuenta con 11 ZODMES las cuales se relacionan a continuación en la siguiente tabla:

| Ruta | Iten | PR | ACTIV |
|---|---|---|---|
| 6006 | 1 | 18+500 | |
| | 2 | 60+480 | inactivo/emergencia |
| | 4 | 93+500 | inactivo |
| | 5 | 94+000 | inactivo |
| 6007 | 6 | 15+400 (vaguada y alcantarilla) | inactivo |
| | 7 | 37+500 (mejora) | inactivo |
| | 8 | 57+500 | activo |
| 6009 | 10 | 56+700 zetaqueina | activo |
| | 11 | 97+500 | inactivo |

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

10. El proyecto a la fecha de este informe cuenta con veinte y ocho (29) permisos ambientales obtenidos:

- ✓ Nueve (12) permisos de ocupación de cauce.
- ✓ Cuatro (6) permisos de Aprovechamiento Forestal de Árboles Aislados AFAA.
- ✓ Ocho (8) permisos de Aprovechamiento Forestal Único Forestal
- ✓ Tres (3) concesiones de agua.

- ✓ Por otro lado, se cuenta con una autorización temporal y con expediente para acopio de materiales del PR73+000 de la ruta 6006.

11. A la fecha se cuenta con los siguientes permisos en tramite:

*2 Ocupaciones de cauce de la ruta 6009 (Q Honda (Auto de inicio de CORPOBOYACÁ No 328 del 30 de mayo de 2025) y Q Tobacia.
*4 AFA Tramo 5, y AFA Tramo 6 , Tramo 7, y Bombay de la 6006 baja .
*2 AFA de la ruta 6009 Emergencia de la Rusa- AF se dio respuesta a requerimiento de la Corporación para pago para dar inicio al trámite, AFA 54+450 y 3 OPC 62+325 y OPC quebrada Honda , OPC Quebrada Tobacia,
*1. Una concesión de aguas quebrada Guaguaqui. (Planta)Ruta 6006
*1. Una solicitud de visita de determinantes ambientales para zona RCD ubicada en el PR54+450 de la Ruta Nacional 6009. Municipio de Rondón

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

Cordialmente,

| | |
|---|---|
| Elaboración<br>**DORALBA ALVAREZ CASTRILLON**<br>Especialista Ambiental<br>Fecha 9 de Junio de 2025 | <br>Firma<br>Matricula profesional<br>05238086393ANT |

GRUPO TECMEDIC S.A.S

ECG COLOMBIA S.A.S.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXOS

GRUPO TECMEDIC S.A.S

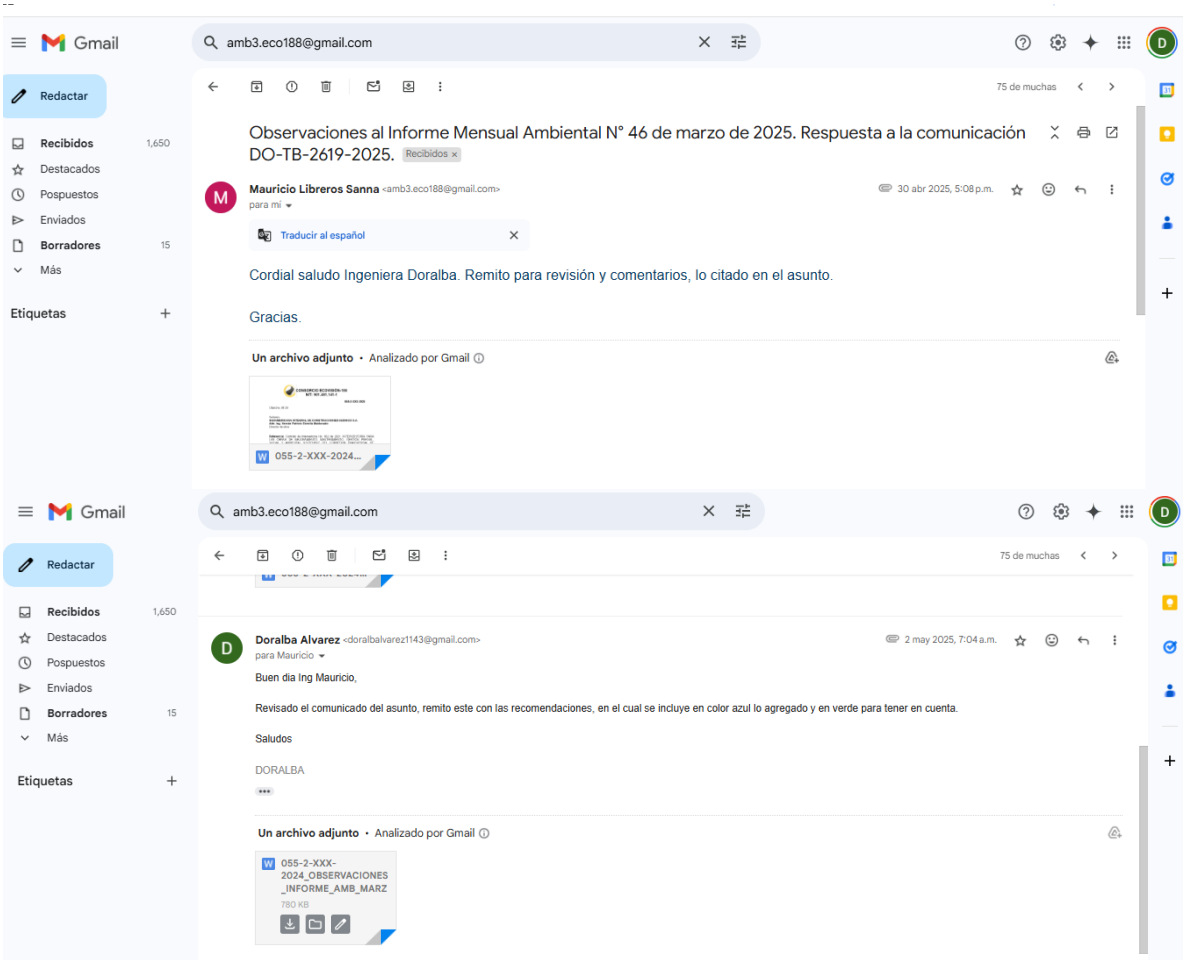
ECG COLOMBIA S.A.S.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 1



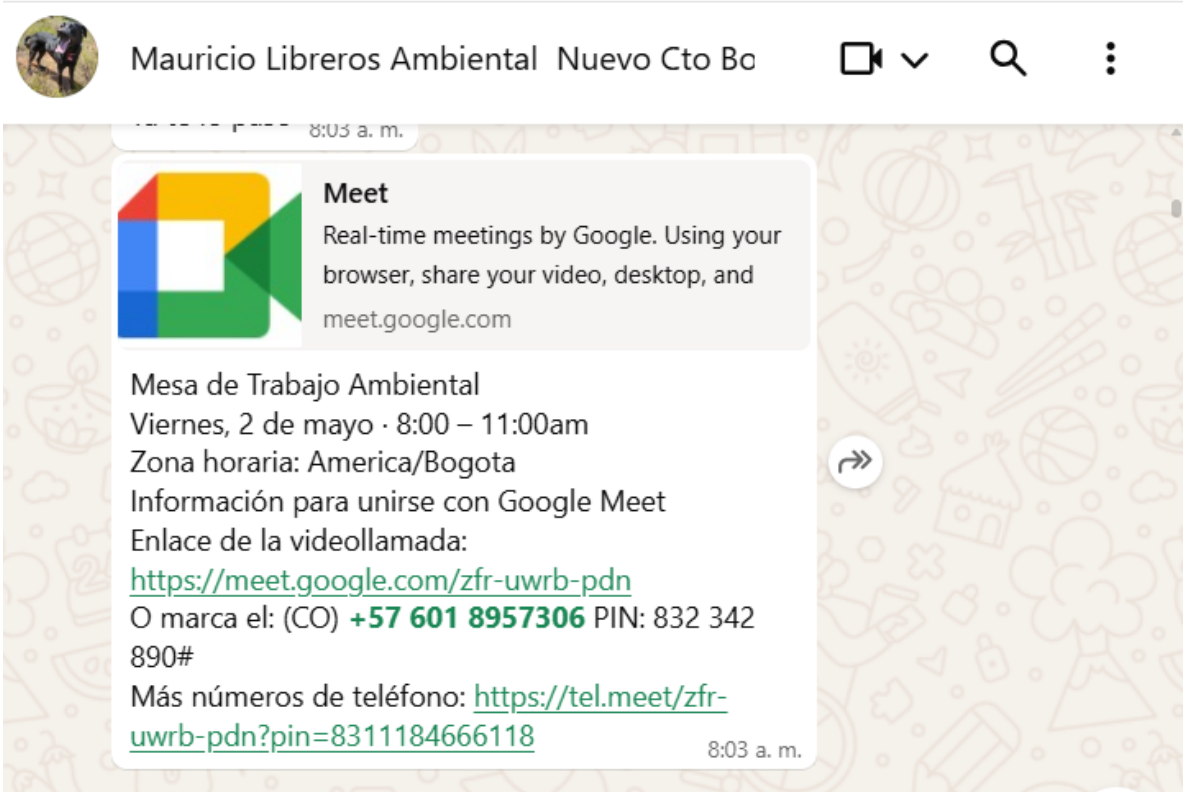
GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 2



GRUPO TECMEDIC S.A.S

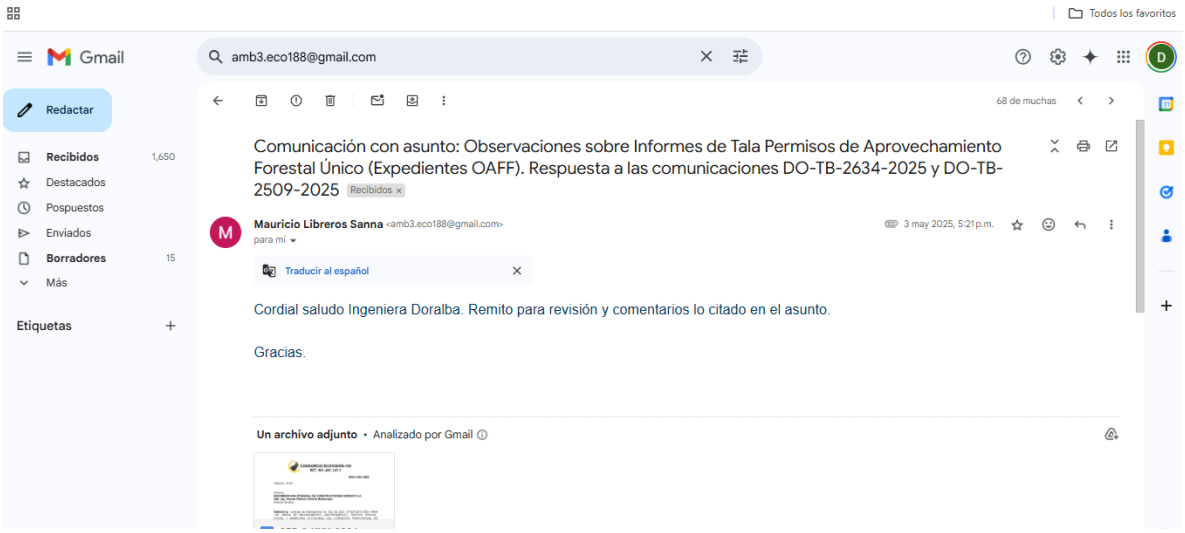
ECG COLOMBIA S.A.S.

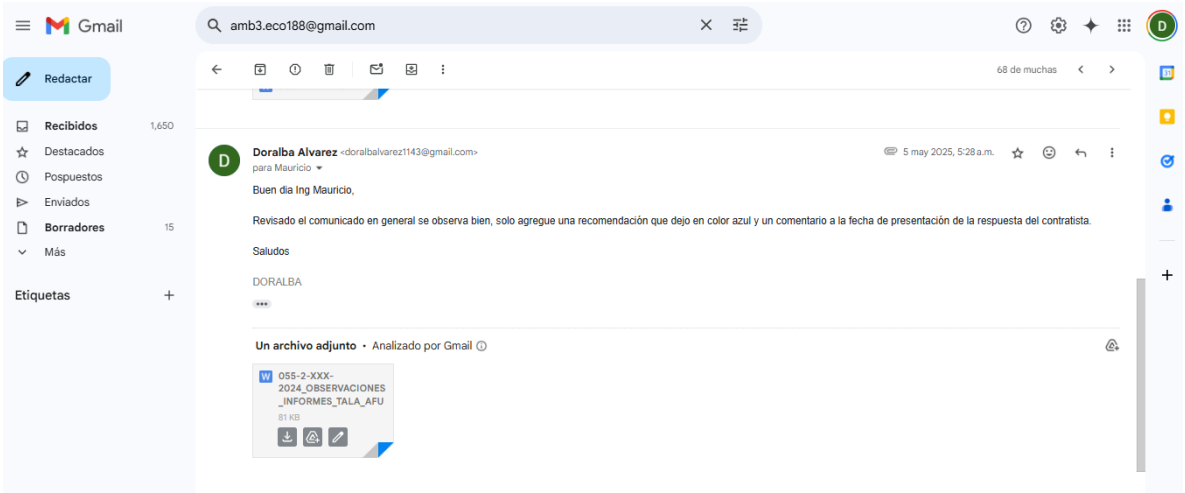
ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 3



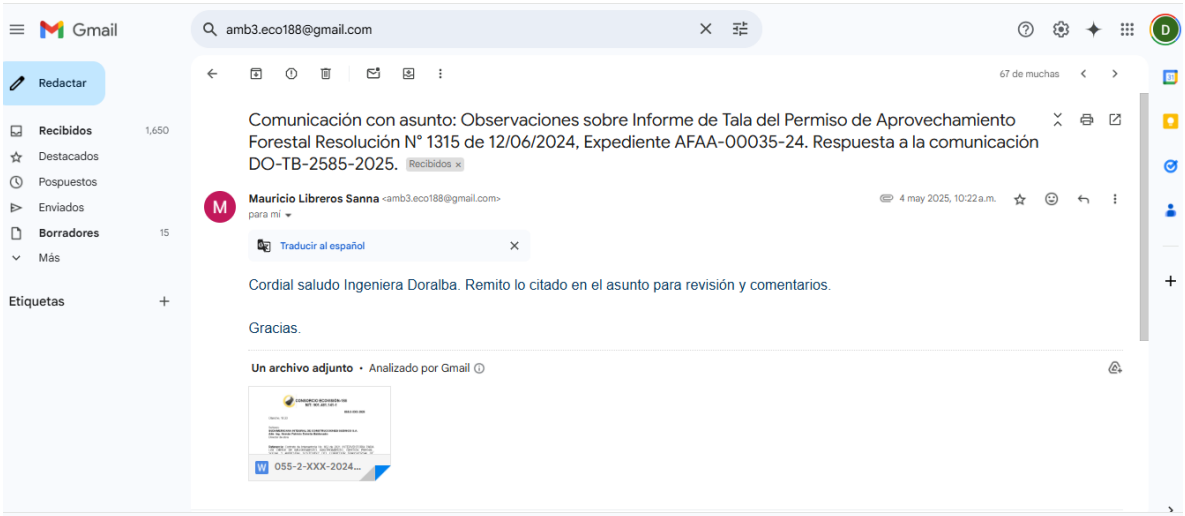
GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

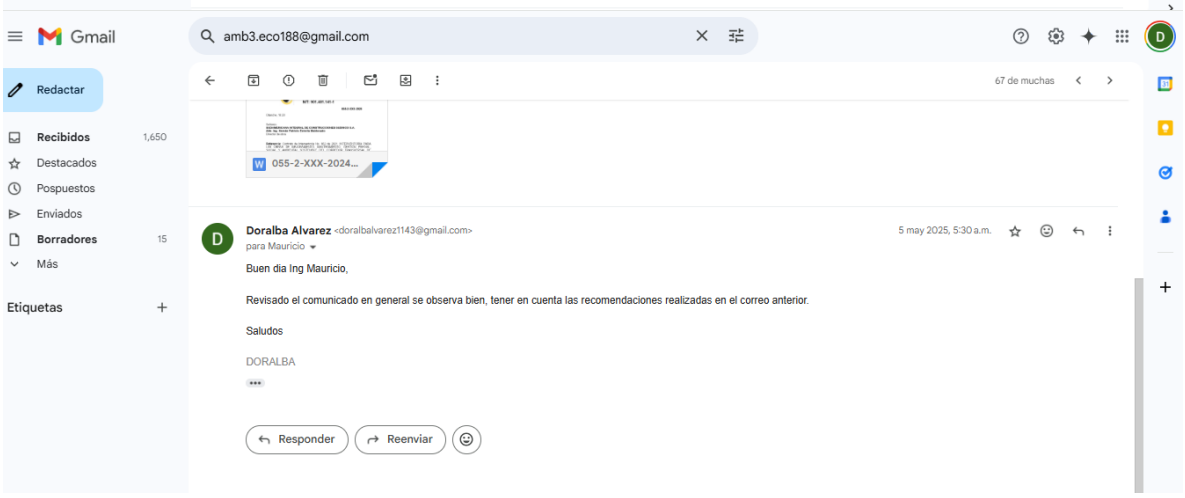
TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 4



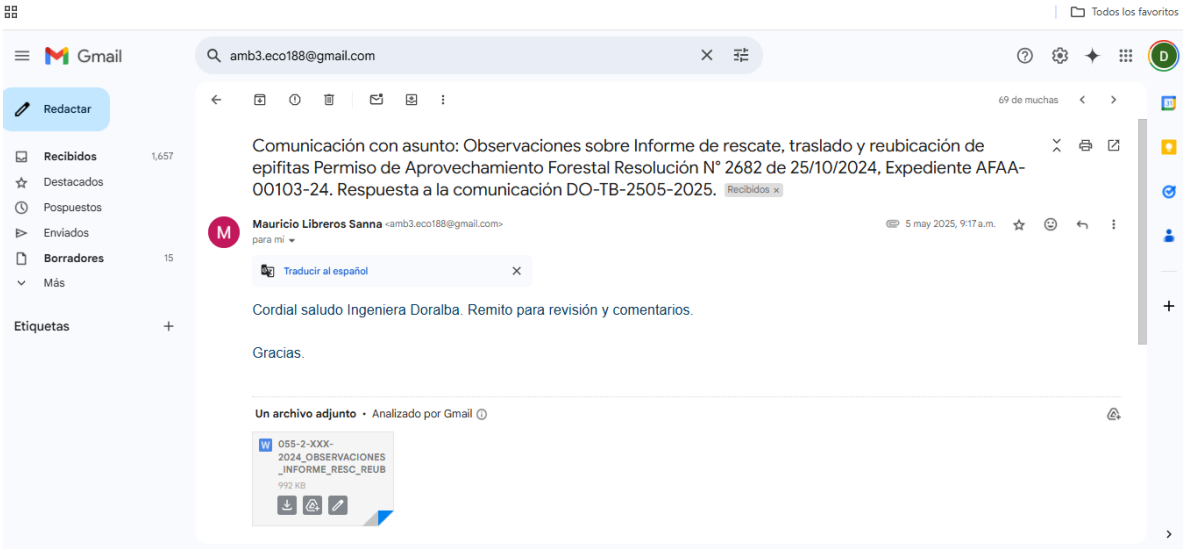
GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

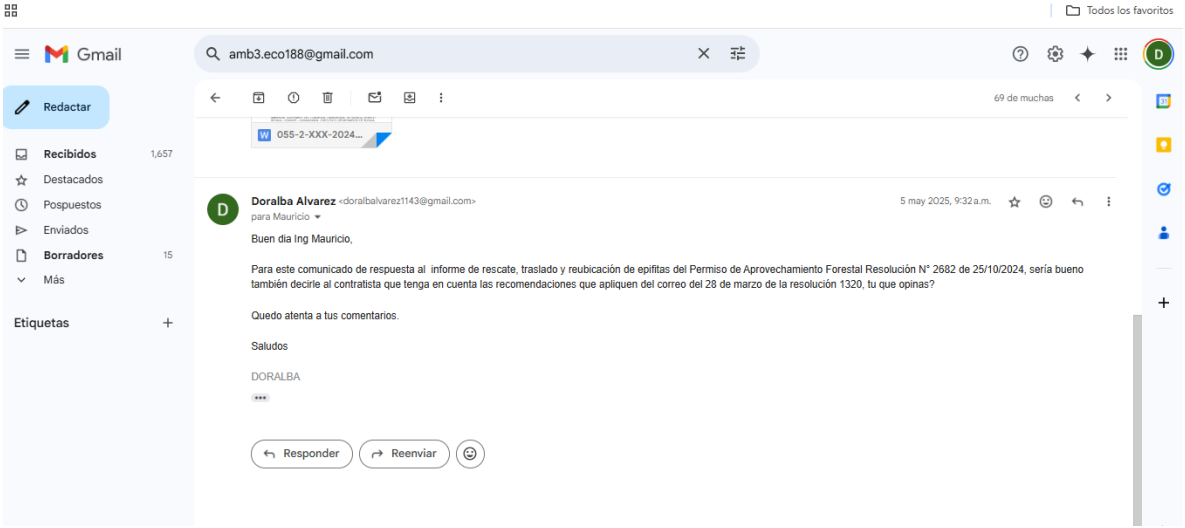
TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 5



GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 6

| REGISTRO FOTOGRAFICO DEL DIA 6 DE MAYO DE 2025 | |
|---|---|
| | |
| Inspección en la ruta 6007 con el profesional ambiental de interventoría | Panorámica de estado actual del ZODME del 57+500 de la Ruta 6007 |
| | |
| Inspección a estado de actividades constructivas en la ruta 6007 | Análisis de estado de obra existente debajo de puente de la Ruta 6007 |

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 7

| REGISTRO FOTOGRAFICO DEL DIA 7 DE MAYO DE 2025 | |
|---|---|
| | |
| Inspección en el ZODME PR 73+000 de la ruta 6006 con el profesional ambiental de interventoría | Panorámica del estado actual del ZODME del PR 94+000 de la Ruta 6006 |
| | |
| Panorámica del estado actual del ZODME del PR 60+400 de la Ruta 6006 | Reunión con la Corporación, Contratista e Interventoría |

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 8

GRUPO TECMEDIC S.A.S

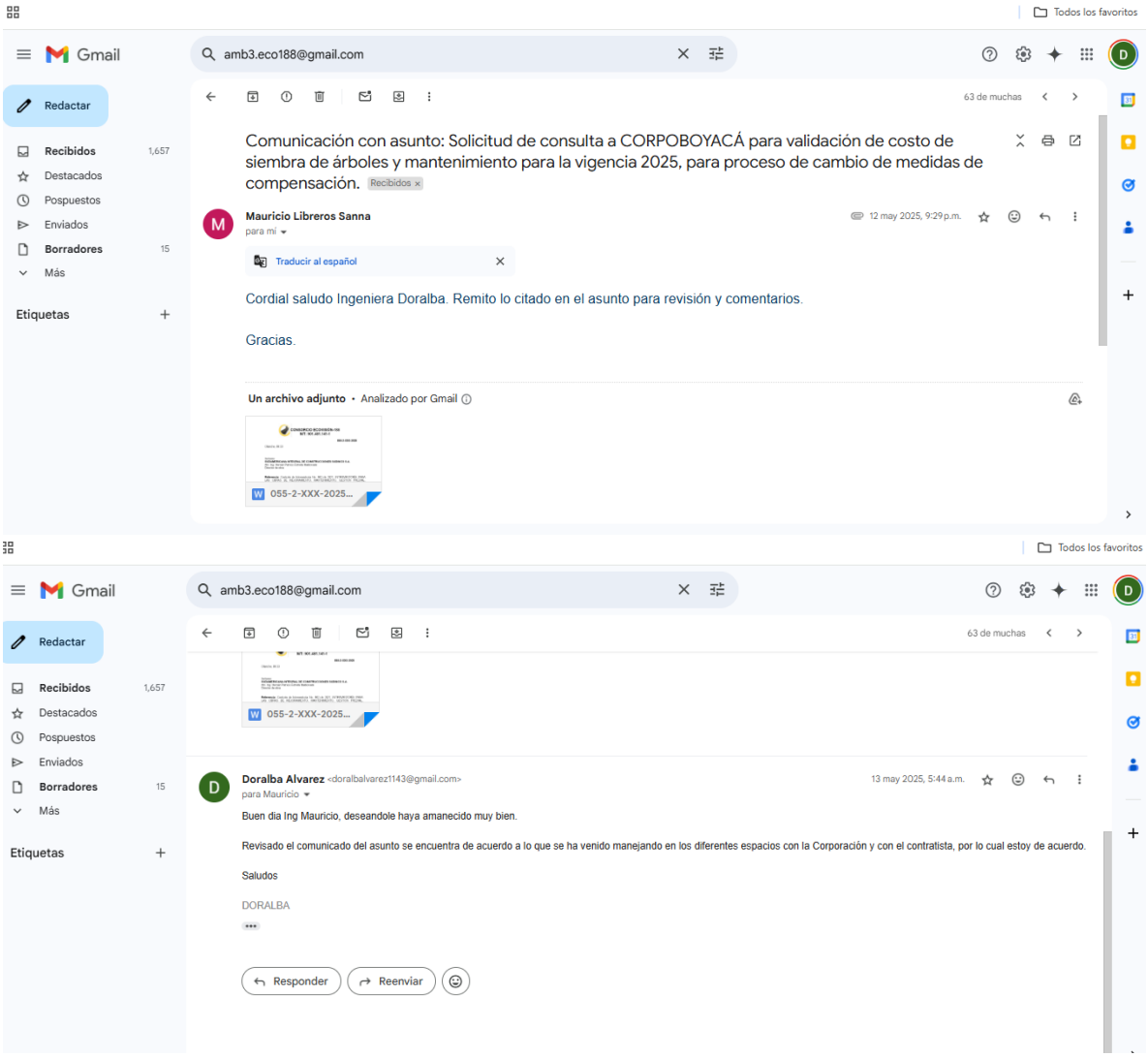
ECG COLOMBIA S.A.S.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 9



GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 10

GRUPO TECMEDIC S.A.S

ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 11

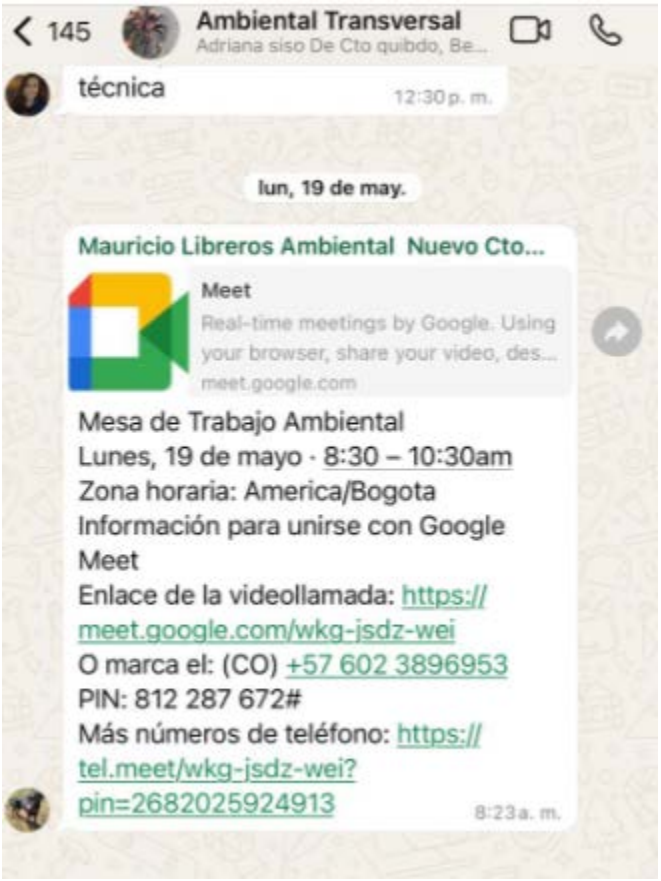
GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 12



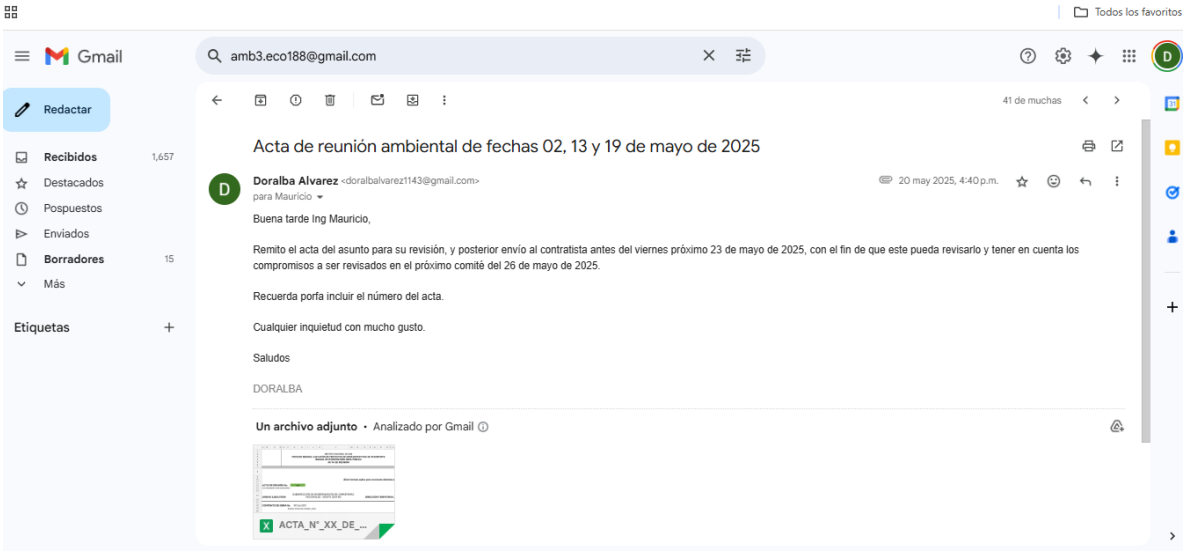
GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 13



GRUPO TECMEDIC S.A.S

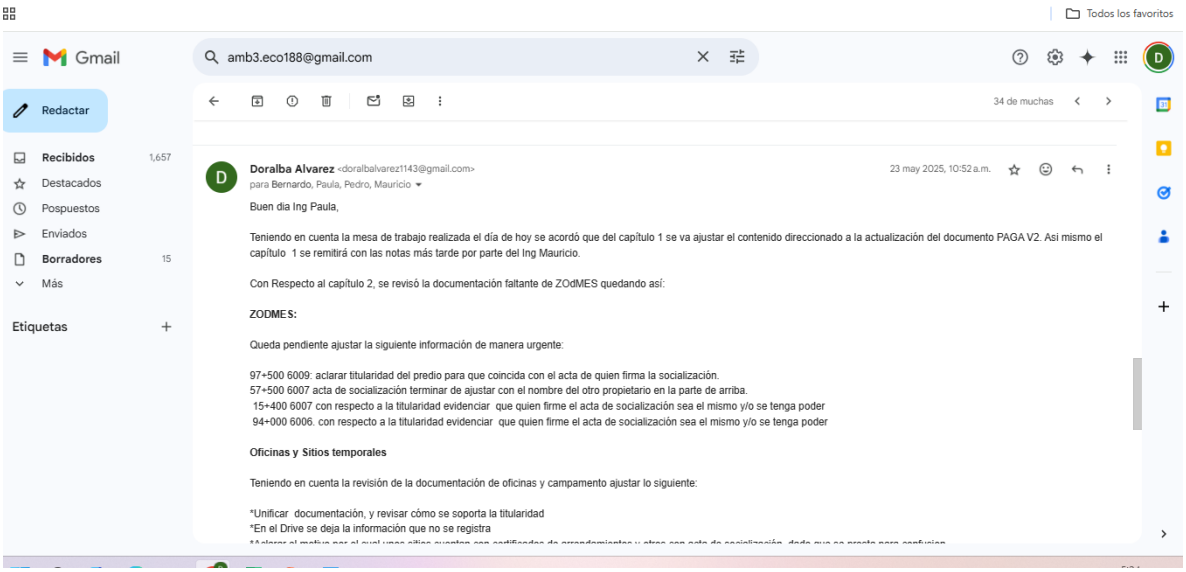
ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 14



GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 15

GRUPO TECMEDIC S.A.S

ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 16

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

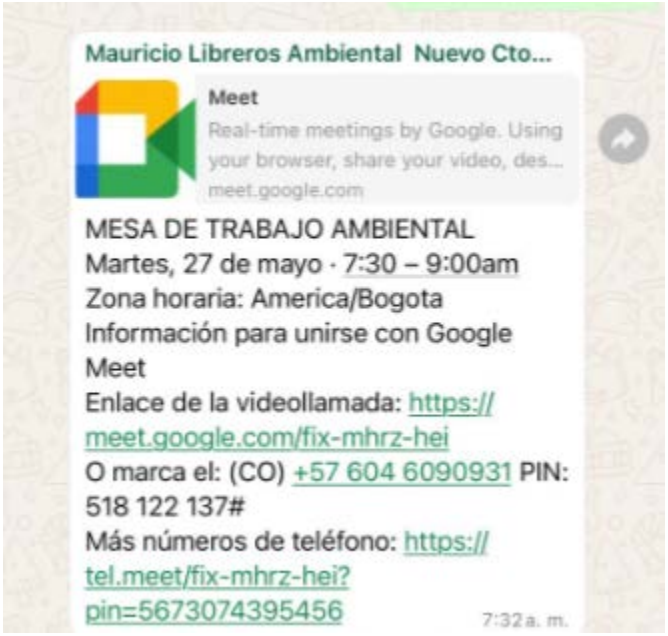
# CONSORCIO ECOVISIÓN -188

GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S. ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 17



GRUPO TECMEDIC S.A.S

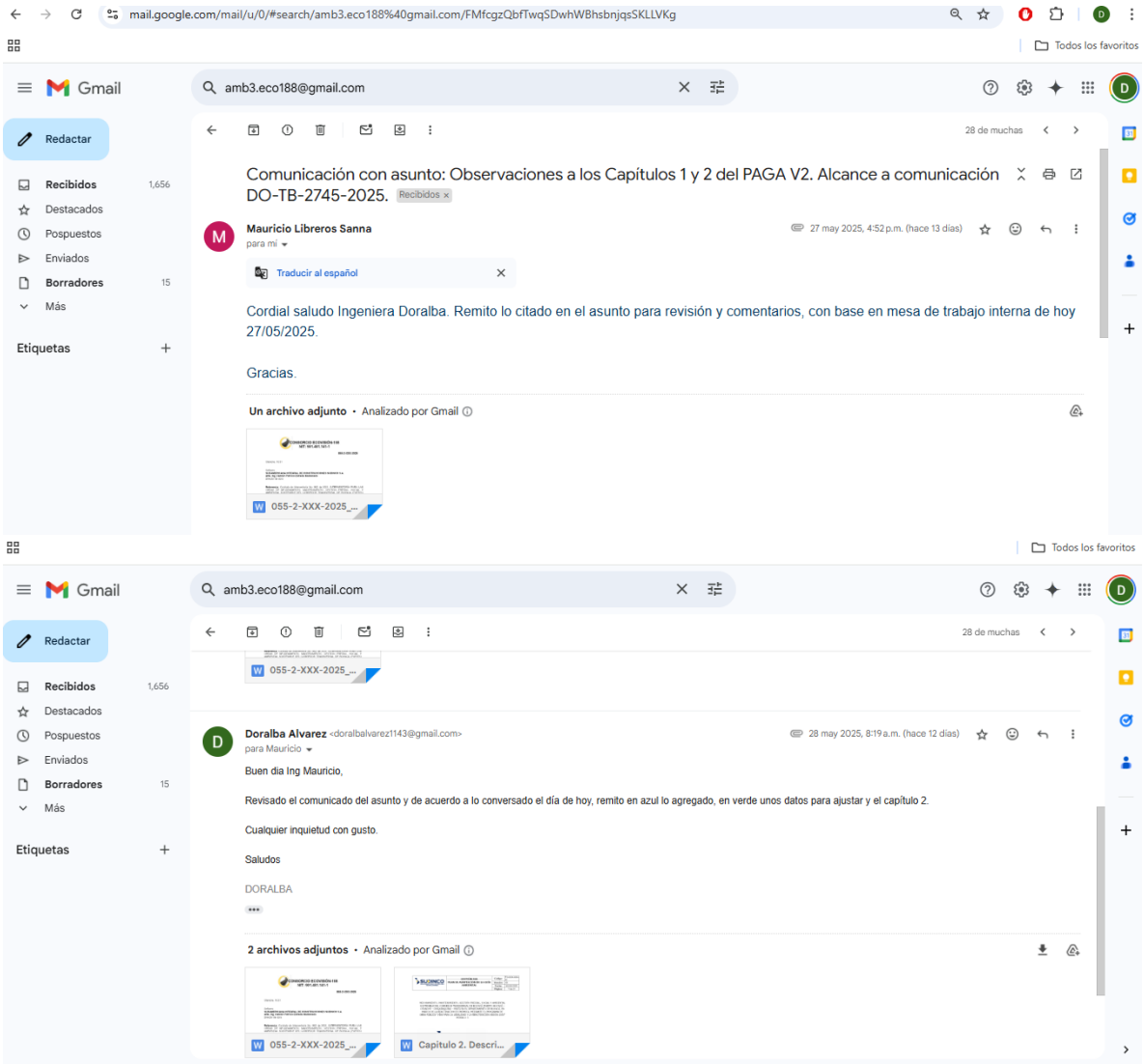
ECG COLOMBIA S.A.S.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 18



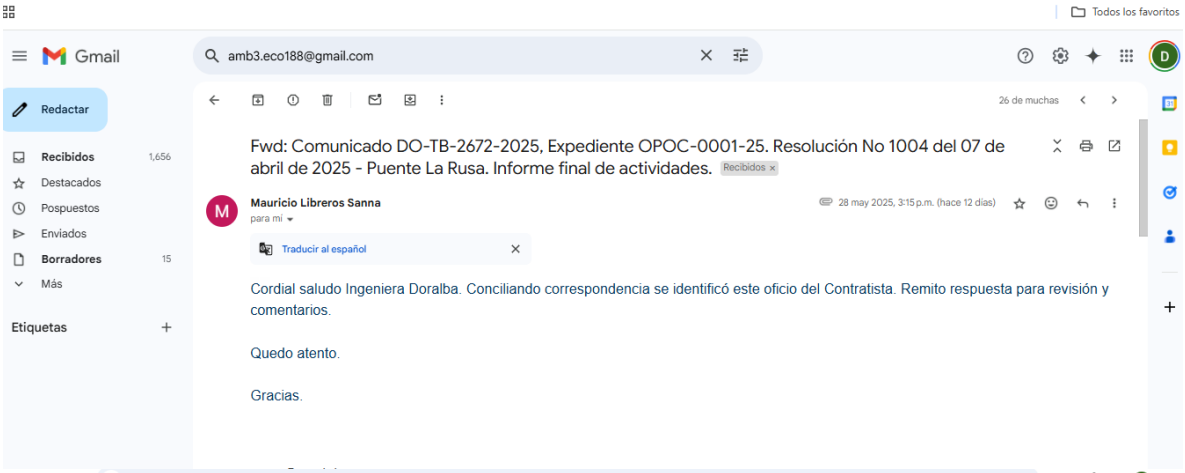
GRUPO TECMEDIC S.A.S ECG COLOMBIA S.A.S.

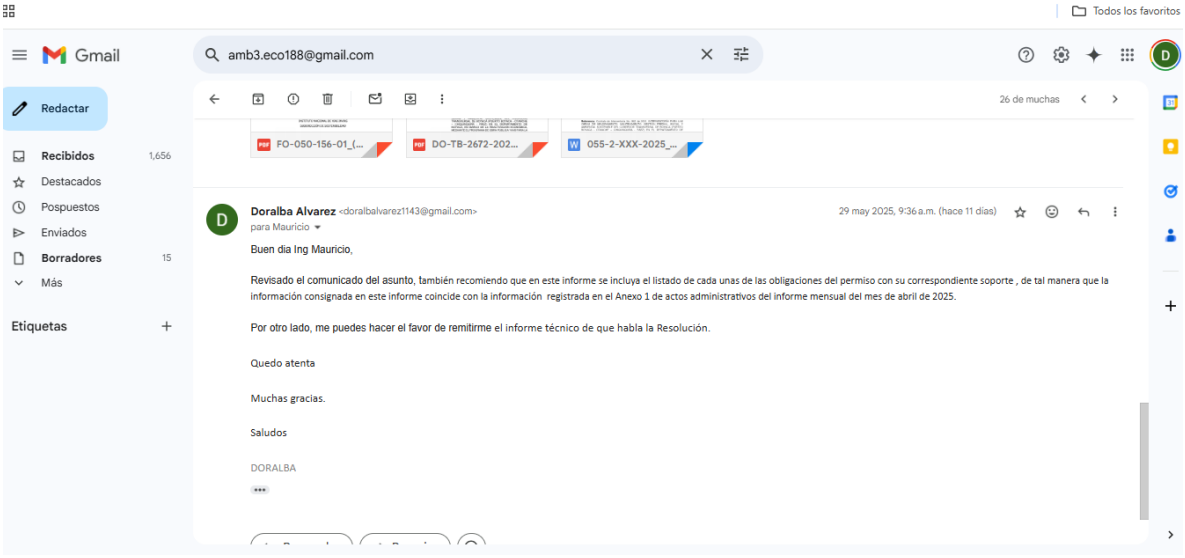
TRIADA DISEÑO, GERENCIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.

ESTRUCTURADOR COLOMBIA S.A.S.

## CONSORCIO ECOVISIÓN -188

# ANEXO 19



**CONSORCIO ECOVISION 188**

# INFORME DE GESTION CALIDAD – MAYO

## Introducción

La interventoría es ejecutada por el **CONSORCIO ECOVISION 188** a través del contrato No. 962 de 2021, cuyo objeto es: INTERVENTORÍA PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTION PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ – OTANCHE – CHIQUINQUIRA – PAEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA, EN MARCO DE LA REACTIVACION ECONOMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA (PUERTO BOYACA – OTANCHE – CHIQUINQUIRA – PAEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÀ EN MARCO DE LA REACTIVACION ECONÒMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA (PUERTO BOYACÀ – OTANCHE – CHIQUINQUIRÀ – PAEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÀ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÒN ECONÒMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PUBLICA “VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACION VISION 2030”. MODULO 2, para el contrato de obra No. 973 de 2021, que es ejecutado por SUDAMERICANA INTEGRAL DE CONSTRUCCIONES SUDINCO S.A., contrato que tiene por objeto: MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ - OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA “VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN VISIÓN 2030” MÓDULO 3.

## Generalidades

Todas las actividades se realizan cumpliendo con las especificaciones técnicas definidas por el Instituto Nacional de vías (INVIAS), tanto para los materiales utilizados como para ensayos de laboratorio, de tal manera, que se garantice la correcta ejecución del contrato de manera integral. En el plan de inspección, medición y ensayo tanto del contratista como de la interventoría se especifican los controles a implementar, donde el área de gestión de calidad verifica que se cumplan las especificaciones técnicas en cuanto a ensayos y mediciones que garanticen la calidad de los materiales y su correspondiente instalación.

## Conclusiones y recomendaciones de la especialidad durante el periodo

- En el período de del mes de mayo, el consorcio Ecovisión 188, realizó acompañamiento al contratista de obra en la toma de ensayos de laboratorio, de acuerdo con las actividades ejecutadas por el contratista de obra.

- En este período la interventoría reporta once (11) ensayos de laboratorio tomados por la interventoría, todos cumplen con las especificaciones técnicas.

- En el mes de mayo, el contratista presentó el formato MEPI-MN1-IN-15-FR-14 con los respectivos resultados de los ensayos realizados, los cuales fueron revisados y todos los resultados cumplen con las especificaciones técnicas. Por parte del contratista tomaron 694 ensayos correspondientes a afirmado, subbase granular, base granular, mezcla asfáltica, relleno estructural, concreto estructural, material drenante y gaviones.

- Además, el formato de SEGUIMIENTO AL PLAN DE CALIDAD CONTRATO DE OBRA, reportando el resultado de todos los indicadores.

- Se verificaron los certificados de calibración del equipo de laboratorio del contratista. También a los certificados de calibración del equipo de topografía

- El contratista presentó los certificados de calidad de los materiales utilizados en este mes, entre otros: acero corrugado (diferentes diámetros), alambre, emulsión asfáltica, asfalto, tubería perforada, geomalla biaxial, geotextil NT 2500, tubo alcantarilla, láminas de diferentes mm, malla electrosoldada, cemento Holcim, tubería PVC, eucon 537, emulsión asfáltica multinsa, sikadur -32, todos cumplen con las especificaciones técnicas.

- Se realizó el seguimiento a los indicadores tanto del contratista como de la interventoría y están dentro de los límites de cumplimiento.

- Se realizó revisión y actualización de los certificados de calibración de los equipos de topografía usados por la interventoría.

- Se recomienda continuar la implementación del plan de inspección y ensayo tanto del contratista de obra como de la interventoría y actualizar el mismo cada vez que se considere necesario.

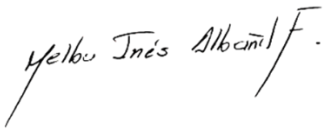
- Se revisa y actualiza en el formato de seguimiento al plan de calidad de la interventoría.

- Revisar los certificados de los equipos de topografía y laboratorio, para detectar los que estén próximos a vencerse y prevenir su uso, cuando estén descalibrados.

Otras actividades desarrolladas por el área de calidad en este mes fueron:

**CONSORCIO ECOVISION 188**

- El diligenciamiento del formato “Seguimiento al plan de calidad” MEPI-MN1-IN-15-FR- 15, correspondiente al mes de mayo de 2025 con la gestión de la interventoría.



MELBA INÉS ALBAÑIL FAGUA
ESPECIALISTA GESTIÓN CALIDAD

**INTERVENTORÍA PARA LAS OBRAS DE MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACÁ (PUERTO BOYACÁ – OTANCHE – CHIQUINQUIRÁ - PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, EN MARCO DE LA REACTIVACIÓN ECONÓMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PÚBLICA "VÍAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACIÓN 2023" MÓDULO 2.**

## REVISIÓN DISEÑO PR46+600 V1

## Ruta 6006

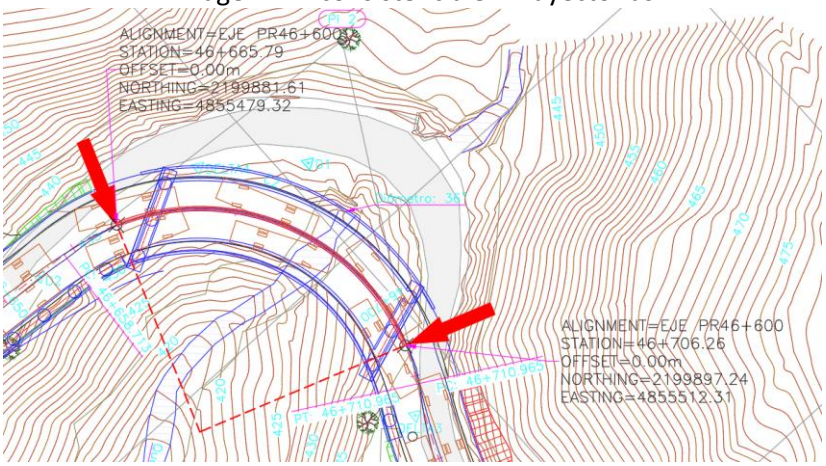
**Información recibida:**

- DO-TB-2657-2025.pdf
- V1.6006.PC46+600.F3.Volumen II. Diseño Geométrico_14abr2025
  - VOLUMEN II – ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO PR46+600 - RUTA 6006 V1.pdf
  - Anexos
    - ANEXO 1 – INFORMACIÓN GEOGRÁFICA GEORREFERENCIADA V1
    - ANEXO 2 - CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS V1.pdf
    - ANEXO 3 - LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO V1.pdf
    - ANEXO 4 - CARTERA DE RASANTE V1.pdf
    - ANEXO 5 - CARTERA DE CHAFLANES V1.pdf
    - ANEXO 6 - CARTERA DE MOVIMIENTO DE TIERRA V1.pdf
  - Planos
    - SDC-01_R6006-DG-PR46+600 V1.dwg
    - SDC-01_R6006-DG-PR46+600 V1.pdf

**Observaciones PR46+600 Ruta 6006 V1**

La modelación de las trayectorias con el vehículo de diseño debe ser revisada cuidadosamente, se aprecia que no se conserva una distancia de seguridad entre los dos vehículos y estos se impactan y sobreponen gran parte de su recorrido entre el 46+665 y el 46+706. Adicionalmente las trayectorias se salen de la calzada proyectada.

Imagen 1: Inconsistencia en Trayectorias



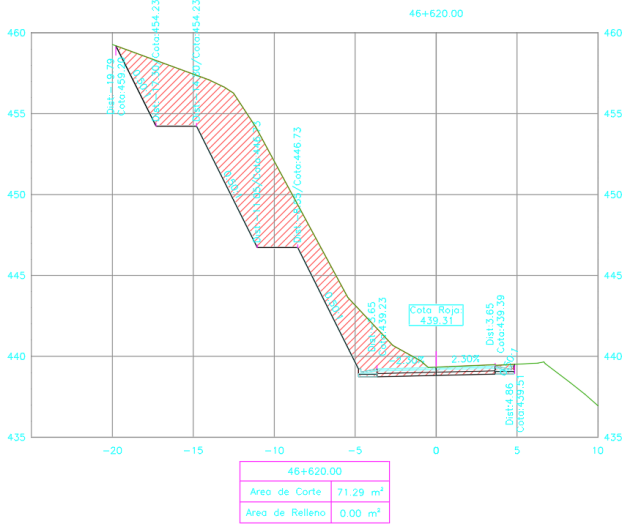

Fuente: Información entregada por el contratista

e.mail: gerencia@ingeniiu.com.co
Tel: (+57 1) 4 582693
Cel: (+57) 311 8544588
Bogotá D.C.

No fueron incluidas las carteras con los análisis de distancias de visibilidad, ni su correspondiente concordancia con el diseño.

Es importante presentar las implicaciones de la afectación de la reserva natural “las Quinchas” que soporten las diferentes alternativas planteadas. Inicialmente se nos había informado que esta reserva no se podía tocar y que esto limitaba la geometría de la propuesta; sin embargo, vemos una gran afectación en el corte del talud.

Imagen 2. Afectación del talud en la reserva natural




Fuente: Información entregada por el contratista

El documento debe ser complementado, desarrollando los componentes de seguridad vial y señalización los cuales no fueron tenidos en cuenta en esta entrega. Se resalta además la necesidad de implementar Barreras de seguridad de acuerdo con los análisis de seguridad vial.

Cordialmente,

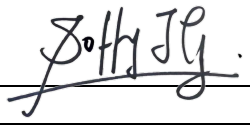
RAFAEL ARMANDO CARRERO MOJICA
Especialista en vías

e.mail: gerencia@ingeniiu.com.co
Tel: (+57 1) 4 582693
Cel: (+57) 311 8544588
Bogotá D.C.

# MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACA (PUERTO BOYACA – OTANCHE – CHIQUINQUIRA – PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA, EN MARCO DE LA REACTIVACION ECONOMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PUBLICA "VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACION VISION 2030" MODULO 3

# VOLUMEN X – ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS - RUTA 6006 V2

**Medellín, mayo 2024**

| ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN | | | |
|---|---|---|---|
| **Título del Documento** | | Volumen X – Estudio y Diseño de Estructuras - Ruta 6006 V2 | |
| **CONTROL DE CAMBIOS** | | | |
| Rev. | Fecha | Descripción | |
| 0 | 01-12-2023 | Entrega inicial para revisión | |
| 1 | 28-02-2024 | Se ajusta implantación de muros y se incluye estudio de patología de los puentes PR22+330; PR27+710 y PR30+810 | |
| 2 | 21/05/2024 | Atención a Observaciones Estructurales de la Interventoría del 02 de mayo de 2024 | |
| | | | |
| | | | |
| ELABORÓ<br>O.F.B. SAS | | NOMBRE | Santiago Posada Gil |
| | | FIRMA | |
| | | MAT. | 05202-287227 ANT |
| | | FECHA | 21/05/2024 |
| REVISÓ<br>O.F.B. SAS | | NOMBRE | Obed Franco Bermúdez |
| | | FIRMA | |
| | | MAT. | 05202 26665 ANT |
| | | FECHA | 21/05/2024 |
| INTERVENTORIA<br>Director | | NOMBRE | Julio Cesar Sánchez Cadavid |
| | | FIRMA |  |
| | | MAT. | |
| | | FECHA | 21/05/2024 |
| INTERVENTORIA<br>Especialista Revisor | | NOMBRE: | Soffy Juliana González E. |
| | | FIRMA | |
| | | MAT. | |
| | | FECHA: | 21/05/2024 |

# TABLA DE CONTENIDO


**Página**

**1 OBJETIVO Y ALCANCE ..... 13**
1.1 OBJETIVOS ..... 14
1.1.1 GENERAL ..... 14
1.1.2 ESPECÍFICOS ..... 14
1.2 ALCANCE ..... 15
1.3 NORMAS APLICABLES ..... 15
1.4 ASPECTOS DE RESISTENCIA ..... 16
1.5 CONSIDERACIONES MÍNIMAS DE DISEÑO ..... 16
1.6 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ..... 16
**2 ESTUDIOS REQUERIDOS ..... 19**
2.1 ESTUDIO DE TRÁNSITO ..... 20
2.2 DISEÑO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO ..... 20
2.3 ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL ..... 20
2.4 GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA ..... 20
2.5 ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES ..... 20
2.6 ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES ..... 21
2.7 ESTUDIO DE HIDROGEOLOGÍA ..... 21
2.8 ESTUDIO HIDROLOGICO, HIDRAULICO Y SOCAVACIÓN ..... 21
2.9 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO ..... 21
2.10 ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS ..... 21
2.11 ESTUDIO DE CANTIDADES DE OBRA ..... 21
**3 PROYECTO ESTRUCTURAL ..... 23**
3.1 GENERALIDADES ..... 24
3.2 PARÁMETROS DE DISEÑO ..... 24
3.2.1 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES ..... 24
3.2.2 RECUBRIMIENTOS ..... 24
3.2.3 CARGAS DE DISEÑO ..... 25
3.2.4 COMBINACIONES DE CARGA ..... 26
3.2.5 COEFICIENTES DE RESISTENCIA ..... 27
**4 DISEÑO ESTRUCTURAL ..... 29**
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA ..... 30
4.2 MÓDULO Z4 - 9.00 ..... 30
4.3 MÓDULO Z5 - 9.00 ..... 31
4.4 BARRERA DE CONCRETO ..... 32
**5 OBRAS HIDRÁULICAS ..... 33**
5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS ..... 34
5.2 MODELADO ESTRUCTURAL ..... 43
5.2.1 MATERIALES ..... 46
5.2.2 SECCIONES TRANSVERSALES ..... 47
5.2.3 CARGAS APLICADAS ..... 57
5.3 DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN ..... 75
5.3.1 SOLICITACIONES ..... 75
5.3.2 DEFLEXIONES ..... 102

5.4 DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ENTRADA Y DESCARGA ..... 105
5.4.1 SOLICITACIONES ..... 105
**6 PUENTE PR22+330 ..... 115**
6.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE ..... 116
6.1.1 SUPERESTRUCTURA ..... 116
6.1.2 SUBESTRUCTURA ..... 117
6.2 PARÁMETROS DE DISEÑO ..... 117
6.2.1 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES ..... 117
6.2.2 CARGAS DE DISEÑO ..... 118
6.2.3 COMBINACIONES DE CARGA ..... 122
6.2.4 COEFICIENTES DE RESISTENCIA ..... 123
6.3 MODELADO ESTRUCTURAL ..... 123
6.3.1 GEOMETRÍA ..... 123
6.3.2 MATERIALES ..... 124
6.3.3 SECCIONES TRANSVERSALES ..... 125
6.3.4 CONDICIONES DE CONTORNO ..... 127
6.3.5 CARGAS APLICADAS ..... 128
6.4 ESTIMACIÓN DE REFUERZO - VIGA PRESFORZADA EXISTENTE ..... 134
6.5 REVISIÓN TABLERO ..... 134
6.5.1 CARGAS APLICADAS ..... 135
6.5.2 SOLICITACIONES DE DISEÑO ..... 139
6.6 DISEÑO DE REPOTENCIACIÓN ..... 141
**7 PUENTE PR27+710 ..... 143**
7.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE ..... 144
7.2 MODELADO ESTRUCTURAL ..... 144
7.2.1 GEOMETRÍA ..... 144
7.2.2 CARGAS MODELADAS ..... 145
7.2.3 RESULTADOS ..... 147
7.3 EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ..... 148
**8 PUENTE PR30+810 ..... 153**
8.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE ..... 154
8.2 MODELADO ESTRUCTURAL ..... 154
8.2.1 GEOMETRÍA ..... 154
8.2.2 CARGAS MODELADAS ..... 155
8.2.3 RESULTADOS ..... 157
8.3 EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ..... 158
**9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 163**
**10 PLANOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ..... 169**
**11 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ..... 173**
**12 ANEXOS ..... 175**

# LISTA DE FIGURAS

**Página**

Figura 1. Localización del proyecto ..... 17
Figura 2 Sección transversal módulo Z4 - 9.00 ..... 30
Figura 3. Planta módulo Z4 - 9.00 ..... 31
Figura 4 Sección transversal módulo Z5 - 9.00 ..... 32
Figura 5 Planta módulo Z5 - 9.00 ..... 32
Figura 6. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K23+926 ..... 35
Figura 7. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K24+981 ..... 36
Figura 8. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K25+571 ..... 36
Figura 9. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K27+049 ..... 37
Figura 10. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K27+712 ..... 38
Figura 11. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K28+627 ..... 38
Figura 12. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K30+804 ..... 39
Figura 13. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K31+004 ..... 40
Figura 14 .Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K23+926 ..... 41
Figura 15. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K24+981 ..... 41
Figura 16. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K25+571 ..... 42
Figura 17. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K27+049 ..... 42
Figura 18. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisas K27+712 y K30+804 ..... 43
Figura 19. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K31+004 ..... 43
Figura 20. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K23+926 y estructura de salida H=3.75 m ..... 44
Figura 21. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K27+049, K28+627 ..... 44
Figura 22. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K24+981 y estructura de salida H=5.10 m ..... 45
Figura 23. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K27+712 y K30+804 .. 45
Figura 24. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K31+004 ..... 46
Figura 25. Modelado del concreto de 28 MPa ..... 46
Figura 26. Sección trasversal pared derecha de alcantarilla abscisa K23+926 ..... 47
Figura 27. Sección trasversal pared izquierda de alcantarilla abscisa K23+926 ..... 47
Figura 28. Sección trasversal losa superior de alcantarilla abscisa K23+926 ..... 48
Figura 29. Sección trasversal losa inferior de alcantarilla abscisa K23+926 ..... 48
Figura 30. Sección trasversal pared derecha de alcantarilla abscisa K24+981 ..... 49
Figura 31. Sección trasversal pared izquierda de alcantarilla abscisa K24+981 ..... 49
Figura 32. Sección trasversal losa superior de alcantarilla abscisa K24+981 ..... 50
Figura 33. Sección trasversal losa inferior de alcantarilla abscisa K24+981 ..... 50
Figura 34. Sección trasversal pared derecha de alcantarilla abscisa K27+049, K28+627 y K25+571 ..... 51
Figura 35. Sección trasversal pared izquierda de alcantarilla abscisa K27+049, K28+627 y K25+571 ..... 51
Figura 36. Sección trasversal losa superior de alcantarilla abscisa K27+049, K28+627 y K25+57152
Figura 37. Sección trasversal losa inferior de alcantarilla abscisa K27+049, K28+627 y K25+571 52
Figura 38. Sección transversal losa superior de alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804 ..... 53
Figura 39. Sección transversal losa inferior de alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804 ..... 53

Figura 40. Sección transversal paredes de alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804 54
Figura 41. Sección transversal pared derecha alcantarilla de cajón en abscisa K31+004 ..... 55
Figura 42. Sección transversal pared izquierda alcantarilla de cajón en abscisa K31+004 ..... 55
Figura 43.Sección transversal losa superior alcantarilla de cajón en abscisa K31+004 ..... 56
Figura 44. Sección transversal losa inferior alcantarilla de cajón en abscisa K31+004 ..... 56
Figura 45. Carga muerta modelada ..... 57
Figura 46. Carga de carpeta asfáltica (t/m) – Alcantarillas de cajón ..... 58
Figura 47. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 59
Figura 48. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 59
Figura 49. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K27+049, y K28+627 ..... 60
Figura 50. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K25+571 ..... 60
Figura 51. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarillas de cajón K27+712 y K30+804 ..... 61
Figura 52. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004 ..... 61
Figura 53. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 62
Figura 54. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 62
Figura 55.Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627 .. 62
Figura 56.Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K25+571 ..... 63
Figura 57. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarillas de cajón K27+712 y K30+804 63
Figura 58. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004 ..... 63
Figura 59. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Estructura de descarga H=3.75 m ..... 64
Figura 60. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Estructura de descarga H=4.50 m ..... 64
Figura 61.Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Estructura de descarga H=5.10 m ..... 64
Figura 62. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 65
Figura 63. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 65
Figura 64. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Alcantarillas de cajón K27+712 y K30+804 ..... 65
Figura 65. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004 ..... 66
Figura 66. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Estructura de descarga H=3.75 m ..... 66
Figura 67. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Estructura de descarga H=4.50m ..... 66
Figura 68. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Estructura de descarga H=5.10 m ..... 67
Figura 69. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 67
Figura 70. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 68
Figura 71. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627 ..... 68
Figura 72. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K25+571 ..... 69
Figura 73. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K27+712 y K30+804 ..... 69
Figura 74. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004 ..... 70
Figura 75. Presión de agua (t/m) – Estructura de descarga H=3.75 m ..... 70
Figura 76. Presión de agua (t/m) – Estructura de descarga H=4.50 m ..... 71
Figura 77. Presión de agua (t/m) – Estructura de descarga H=5.10m ..... 71
Figura 78. Carga viva vehicular (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 72
Figura 79. Carga viva vehicular (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 72
Figura 80. Lanes de Carga Viva - Caso 1: Dos (2) líneas orientadas hacia la izquierda de calzada- alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804 ..... 73
Figura 81. Definición de Camión y Tándem + Carga de línea y de estado de carga viva- alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804 ..... 73
Figura 82. Carga viva vehicular (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004 ..... 74
Figura 83. Carga dinamina del suelo (t/m)- Estructura de descarga H=3.75 m ..... 74
Figura 84. Carga dinamina del suelo (t/m)- Estructura de descarga H=4.50 m ..... 75
Figura 85. Carga dinamina del suelo (t/m)- Estructura de descarga H=5.10 m ..... 75

Figura 86. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 76
Figura 87. Momento en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 76
Figura 88. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K23+926..... 77
Figura 89. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K23+926..... 77
Figura 90. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 78
Figura 91. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 78
Figura 92. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 79
Figura 93. Momentos en servicios (t-m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K23+926 ..... 79
Figura 94. Cortante ultima (t) – Paredes – Alcantarilla de cajón K23+926..... 80
Figura 95. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 80
Figura 96. Momento en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 81
Figura 97. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K24+981..... 81
Figura 98. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K24+981..... 82
Figura 99. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 82
Figura 100. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 83
Figura 101. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 83
Figura 102. Momentos en servicios (t-m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K24+981 ..... 84
Figura 103. Cortante ultima (t) – Paredes – Alcantarilla de cajón K24+981..... 84
Figura 104. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627 ..... 85
Figura 105. Momento en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627 ..... 85
Figura 106. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627... 86
Figura 107. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627 ..... 86
Figura 108. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627 ..... 87
Figura 109. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627 .... 87
Figura 110. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627 ... 88
Figura 111. Momentos en servicios (t-m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627 88
Figura 112. Cortante ultima (t) – Paredes – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627..... 89
Figura 113. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K25+571 ..... 89
Figura 114. Momento en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K25+571 ..... 90
Figura 115. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K25+571..... 90
Figura 116. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K25+571..... 90
Figura 117. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K25+571 ..... 91
Figura 118. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K25+571 ..... 91
Figura 119. Momentos en servicios (t-m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K25+571 ..... 92
Figura 120. Cortante ultima (t) – Paredes – Alcantarilla de cajón K25+571..... 92
Figura 121. Momentos últimos en dirección transversal (t-m/m) – Losa Superior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804..... 93
Figura 122. Momentos en servicio en dirección transversal (t-m/m) – Losa Superior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804..... 93
Figura 123. Momentos últimos en dirección longitudinal (t-m/m) – Losa Superior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804..... 94
Figura 124. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804 94
Figura 125. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804..... 95

Figura 126. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804 ..... 95
Figura 127. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804 . 96
Figura 128. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804 96
Figura 129. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804 ..... 97
Figura 130. Cortante ultima (t/m) – Paredes- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804..... 97
Figura 131. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K31+004 ..... 98
Figura 132. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K31+004..... 98
Figura 133. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K31+004..... 99
Figura 134. Momento último (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K31+004..... 99
Figura 135. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K31+004 ..... 100
Figura 136. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior– Alcantarilla de cajón K31+004 ..... 100
Figura 137. Momento último (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K31+004 ..... 101
Figura 138. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K31+004..... 101
Figura 139. Cortante ultima (t/m) – Paredes– Alcantarilla de cajón K31+004..... 102
Figura 140. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K23+926..... 103
Figura 141. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K24+981..... 103
Figura 142. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K24+981..... 104
Figura 143. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K27+712 y K30+804..... 104
Figura 144. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K31+004..... 105
Figura 145. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior, h=3.75 m..... 105
Figura 146. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior, h =3.75 m ..... 106
Figura 147. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior, h = 3.75 m ..... 106
Figura 148. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes, h = 3.75 m ..... 107
Figura 149. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes, h =3.75 m..... 107
Figura 150. Cortante ultima (t/m) – Paredes, h =3.75 m..... 108
Figura 151. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior, h=5.10 m..... 108
Figura 152. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior, h =5.10 m ..... 109
Figura 153. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior, h = 5.10 m ..... 109
Figura 154. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes, h = 5.10 m ..... 110
Figura 155. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes, h =5.10 m..... 110
Figura 156. Cortante ultima (t/m) – Paredes, h =5.10 m..... 111
Figura 157. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior, h=4.50 m..... 111
Figura 158. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior, h =4.50 m ..... 112
Figura 159. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior, h = 4.50 m ..... 112
Figura 160. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes, h = 4.50 m ..... 113
Figura 161. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes, h =4.50 m..... 113
Figura 162. Cortante ultima (t/m) – Paredes, h =4.50 m..... 114
Figura 163 Sección transversal puente..... 116
Figura 164 Planta del Puente..... 116
Figura 165 Perfil del Puente..... 117
Figura 166. Carga de camión C40-95 ..... 120
Figura 167. Carga de carril C40-95..... 120
Figura 168. Camión de diseño CC14 ..... 121
Figura 169 Modelo 3D del puente en MIDAS CIVIL ..... 123
Figura 170 Planta - perfil del modelo estructural..... 124
Figura 171 Modelado del concreto en la estructura ..... 124

Figura 172 Sección transversal vigas presforzadas ..... 125
Figura 173 Sección transversal viga auxiliar tablero ..... 126
Figura 174 Sección transversal Viga Diafragma ..... 126
Figura 175 Apoyos modelados en la subestructura ..... 127
Figura 176 *Elastic* y *rigid links* modelados para conectar superestructura con subestructura ..... 127
Figura 177 Carga muerta modelada ..... 128
Figura 178 Carga lineal de carpeta asfáltica (t/m) ..... 128
Figura 179 Carga lineal de bordillo / baranda (t/m) ..... 129
Figura 180 Carga de carpeta de pasarela peatonal (t/m) ..... 129
Figura 181 Carga viva peatonal (t/m) ..... 130
Figura 182 *Lanes* de Carga Viva 1 – Excéntrico hacia la izquierda ..... 130
Figura 183 *Lanes* de Carga Viva 2 – Excéntrico hacia la derecha ..... 131
Figura 184 *Lanes* de Carga Viva 3 – Centrado en los carriles ..... 131
Figura 185 Definición de carga viva – C40-95 (diseño) ..... 132
Figura 186 Definición de carga viva – CCP 14 (vigente) ..... 133
Figura 187 Carga de presforzado exterior modelada ..... 133
Figura 188 Modelo del tablero en MIDAS CIVIL ..... 134
Figura 189 Materiales y sección transversal tablero ..... 135
Figura 190 Asignación de la carga muerta en el modelo del tablero ..... 135
Figura 191 Asignación de la carga de carpeta asfáltica en el modelo del tablero ..... 136
Figura 192 Asignación de la carga de bordillo ..... 136
Figura 193 Asignación de la carga de baranda vehicular ..... 137
Figura 194 Asignación de la carga de pasarela peatonal ..... 137
Figura 195 Asignación de la carga viva peatonal ..... 138
Figura 196 Lane de carga viva transversal modelado ..... 138
Figura 197 Definición de Camión para momento negativo, positivo y voladizo respectivamente ..... 139
Figura 198 Diagrama de Momentos últimos en el tablero – positivo (t-m) ..... 140
Figura 199 Diagrama de Momentos últimos en el tablero (negativo) (t-m) ..... 140
Figura 200 Diagrama de Momentos últimos en el tablero (voladizo) (t-m) ..... 141
Figura 201 Sección transversal – Puente PR27+710 ..... 144
Figura 202 Modelo estructural – Puente PR27+710 ..... 145
Figura 203 Carga de bordillo modelada ..... 145
Figura 204 Carga de carpeta asfáltica modelada (condición final) ..... 146
Figura 205 *Lane* de carga viva modelada ..... 146
Figura 206 Camión de diseño CC14, Tándem y caso de carga viva ..... 147
Figura 207 Diagrama de momento último en las vigas longitudinales ..... 147
Figura 208 Diagrama de momento en servicio en las vigas longitudinales ..... 148
Figura 209 Diagrama de cortante última en las vigas longitudinales ..... 148
Figura 210 Sección transversal – Puente PR30+810 ..... 154
Figura 211 Modelo estructural – Puente PR30+810 ..... 155
Figura 212 Carga de bordillo modelada ..... 155
Figura 213 Carga de carpeta asfáltica modelada (condición final) ..... 156
Figura 214 *Lane* de carga viva modelada ..... 156
Figura 215 Camión de diseño CC14, Tándem y caso de carga viva ..... 157
Figura 216 Diagrama de momento último en las vigas longitudinales ..... 157
Figura 217 Diagrama de momento en servicio en las vigas longitudinales ..... 158
Figura 218 Diagrama de cortante última en las vigas longitudinales ..... 158

# LISTA DE TABLAS

**Página**

Tabla 1. Altura de suelo equivalente para sobrecarga por carga viva *h*eq ..... 26
Tabla 2. Combinaciones de Carga..... 26
Tabla 3. Factores de carga $\gamma_p$, $\gamma_{EQ}$ y $\gamma_{TG}$ ..... 27
Tabla 4. Clasificación de módulos sobre zapatas R6006 ..... 30
Tabla 5. Tipos de alcantarilla. ..... 34
Tabla 6. Estructuración de Módulos ..... 164
Tabla 7. Tipos de alcantarilla. ..... 167
Tabla 8. Lista de planos Estructuras de Contención ..... 170
Tabla 9. Lista de planos Repotenciación Puente PR22+330 ..... 170
Tabla 10. Lista de planos Obras Hidráulicas. ..... 170

# LISTA DE ANEXOS

**Página**

ANEXO 1 – MÓDULO Z4-9.00 – MURO: VÁSTAGO, ZAPATA ..... 176
ANEXO 2 – MÓDULO Z5-9.00 – MURO: VÁSTAGO, ZAPATA ..... 176
ANEXO 3 – BARRERA DE CONCRETO ..... 176
ANEXO 4 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K23+926 (3.0x3.0) ..... 176
ANEXO 5 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K24+981 (5.0x3.0) ..... 176
ANEXO 6 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K27+049 (2.0x2.0) ..... 176
ANEXO 7 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K28+627 (2.0x2.2) ..... 176
ANEXO 8 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K25+571 (1.8x1.8) ..... 176
ANEXO 9 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K27+712 Y K30+804 (4.5x3.0) ..... 176
ANEXO 10 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K31+004 (1.5x1.5) ..... 176
ANEXO 11 – CANAL ABIERTO T1 ..... 176
ANEXO 12 – CANAL ABIERTO T2 ..... 176
ANEXO 13 – CANAL ABIERTO T3 ..... 176
ANEXO 14 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA – PUENTE PR22+330 ..... 176
ANEXO 15 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA – PUENTE PR27+710 ..... 176
ANEXO 16 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA – PUENTE PR30+810 ..... 176
ANEXO 17 – VIGA PRESFORZADA PUENTE EXISTENTE – PUENTE PR22+330 ..... 177
ANEXO 18 – REPOTENCIACIÓN VIGA PRESFORZADA EXISTENTE – PUENTE PR22+330 ..... 177
ANEXO 19 – REVISIÓN DE CAPACIDAD TABLERO – PUENTE PR22+330 ..... 177

El *Instituto Nacional de Vías* – INVIAS suscribió con la empresa SUDINCO SAS, el Contrato 973 de 2021 que tiene por objeto "*MEJORAMIENTO, MANTENIMIENTO, GESTIÓN PREDIAL, SOCIAL Y AMBIENTAL SOSTENIBLE DEL CORREDOR TRANSVERSAL DE BOYACA (PUERTO BOYACA – OTANCHE – CHIQUINQUIRA – PÁEZ) EN EL DEPARTAMENTO DE BOYACA, EN MARCO DE LA REACTIVACION ECONOMICA, MEDIANTE EL PROGRAMA DE OBRA PUBLICA "VIAS PARA LA LEGALIDAD Y LA REACTIVACION VISION 2030" MODULO 3".*

Dentro del alcance del trabajo se requieren los estudios y diseños de la Ruta 6006, comprendida entre el PR20+600 y PR32+890. En particular, el proyecto contempla el mejoramiento del corredor vial, la reparación de obras hidráulicas afectadas, la implantación de nuevas estructuras, y el diseño de taludes de corte y terraplén, siguiendo el alineamiento vial proyectado. En este informe se detallan las estructuras proyectadas., la cuales fueron encomendadas por parte de la empresa SUDINCO SAS a O.F.B. SAS con el siguiente alcance:

1. Volumen I - Estudio de Tránsito
2. Volumen II - Diseño de Trazado y Diseño Geométrico
3. Volumen III - Estudio de Seguridad Vial – Incluido en el Volumen II
4. Volumen IV - Geología para Ingeniería
5. Volumen V - Estudio de Estabilidad y Estabilización de Taludes
6. Volumen VI - Estudio de Suelos para el Diseño de Fundaciones
7. Volumen VII -. Estudio de Hidrogeología
8. Volumen VIII - Estudio Hidrológico, Hidráulico y Socavación
9. Volumen IX - Estudio Geotécnico y Diseño del Pavimento
10. Volumen X - Estudio y Diseño de Estructuras
11. Volumen XI - Estudio de Cantidades de Obra
12. Volumen XII - Informe Final Ejecutivo

El presente documento corresponde al *Volumen X – Estudio y Diseño de Estructuras Ruta 6006 V2.*

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 GENERAL

Diseñar las estructuras requeridas en la Ruta 6006, comprendida entre el PR20+600 y el PR32+890 a partir del conocimiento de los parámetros establecidos en el *Volumen IV - Geología para Ingeniería Ruta 6006 V1*, así como en el en el *Volumen V - Estudio de Estabilidad y Estabilización de Taludes Ruta 6006 V1*, *Volumen VI - Estudio de Suelos para el Diseño de Fundaciones Ruta 6006 V1*, y en el *Volumen VIII - Estudio Hidrológico, Hidráulico y Socavación Ruta 6006 V1*.

### 1.1.2 ESPECÍFICOS

1. Obtener las solicitaciones estáticas y dinámicas actuantes en las estructuras con el fin de realizar un diseño óptimo que garantice un adecuado desempeño durante su vida útil y se garantice la funcionalidad, estabilidad y seguridad de la misma.

2. Dimensionar cada uno de los elementos de la estructura, teniendo en cuenta los requisitos establecidos en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD – CCP14 – y demás normativas de referencia, buscando siempre el diseño más económico posible, pero garantizando la funcionalidad y seguridad de la estructura.

3. Diseñar las fundaciones teniendo en cuenta las recomendaciones sobre el tipo de suelo, capacidades portantes, módulos de reacción y características de los materiales a utilizar dados en el *Volumen VI - Estudio de Suelos para el Diseño de Fundaciones Ruta 6006 V1*.

4. Para el caso de los puentes existentes, ubicados en las abscisas PR22+330; PR27+710 y PR30+810 se evaluará la capacidad de las estructuras ante la luz de la Norma de diseño y, en caso de requerirse, se realizará el diseño estructural de la repotenciación requerida para cumplir los requisitos de dicha Norma. En el caso de que no sea posible realizar la repotenciación en una o varia de las estructuras, se presentarán los argumentos de esto.

5. Realizar el estudio de patología de los puentes descritos anteriormente para caracterizar la resistencia, geometría y acero de refuerzo existente en los elementos estructurales que conforman la superestructura, mediante ensayos destructivos y no destructivos.

6. Determinar la capacidad estructural de las vigas presforzadas existentes haciendo un retro-análisis con la carga de diseño original del puente, la cual corresponde al camión C40-95 definido en el *Código Colombiano de Diseño Símico de Puentes CCDSP-95*.

7. En caso de que la demanda de solicitaciones supere la capacidad estructural de las estructuras existentes, se diseñarán las obras de repotenciación requeridas en los elementos estructurales de la superestructura para dar cumplimiento a la Norma de Diseño; buscando siempre el diseño más económico posible, garantizando además la funcionalidad y seguridad de las estructuras.

## 1.2 ALCANCE

Realizar el diseño estructural definitivo de las estructuras atendiendo las recomendaciones y especificaciones de la CCP 14, garantizando la viabilidad y seguridad estructural de estas.

## 1.3 NORMAS APLICABLES

Se deberán cumplir con los requerimientos mínimos pertinentes de los siguientes documentos:

1. *Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD - CCP 14*, para todos los estudios, diseños, construcción y mantenimiento de las estructuras.

2. *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR*-10

3. *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, Instituto Nacional de Vías – INVIAS.*

4. *Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes – CCSDP*, en donde se define la carga viva C40-95, la cual se asume que fue la carga de diseño original de los puentes existentes.

En algunos apartes por vacíos o complementos necesarios a la CCP14 se usará:

1. *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*

2. *AASHTO Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design*

3. *CEB-FIP Model Code 1990*

## 1.4 ASPECTOS DE RESISTENCIA

Las estructuras se diseñarán considerando la metodología de la CCP 14, específicamente teniendo en cuenta la metodología LRFD, basada en el uso de los factores de carga determinados estadísticamente.

## 1.5 CONSIDERACIONES MÍNIMAS DE DISEÑO

Para proyectar las estructuras se tendrán en cuenta las consideraciones mínimas sobre las condiciones particulares del sitio, estética, estudios geológicos y geotécnicos, economía, transitabilidad, durabilidad, facilidad de construcción, facilidad de inspección y mantenimiento.

Se toman en consideración los requisitos mínimos para la seguridad del tráfico.

## 1.6 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El sitio de estudio se encuentra localizado en la ruta 6006, entre las abscisas PR20+600 y PR32+890, en la zona rural del municipio de Puerto Boyacá, en dirección hacia el corregimiento de Puerto Romero, como se observa en la Figura 1.

En particular, el proyecto contempla el mejoramiento del corredor vial, la reparación de obras hidráulicas afectadas, la implantación de nuevas estructuras, y el diseño de taludes de corte y terraplén, siguiendo el alineamiento vial proyectado. En este informe se detallan las estructuras proyectadas

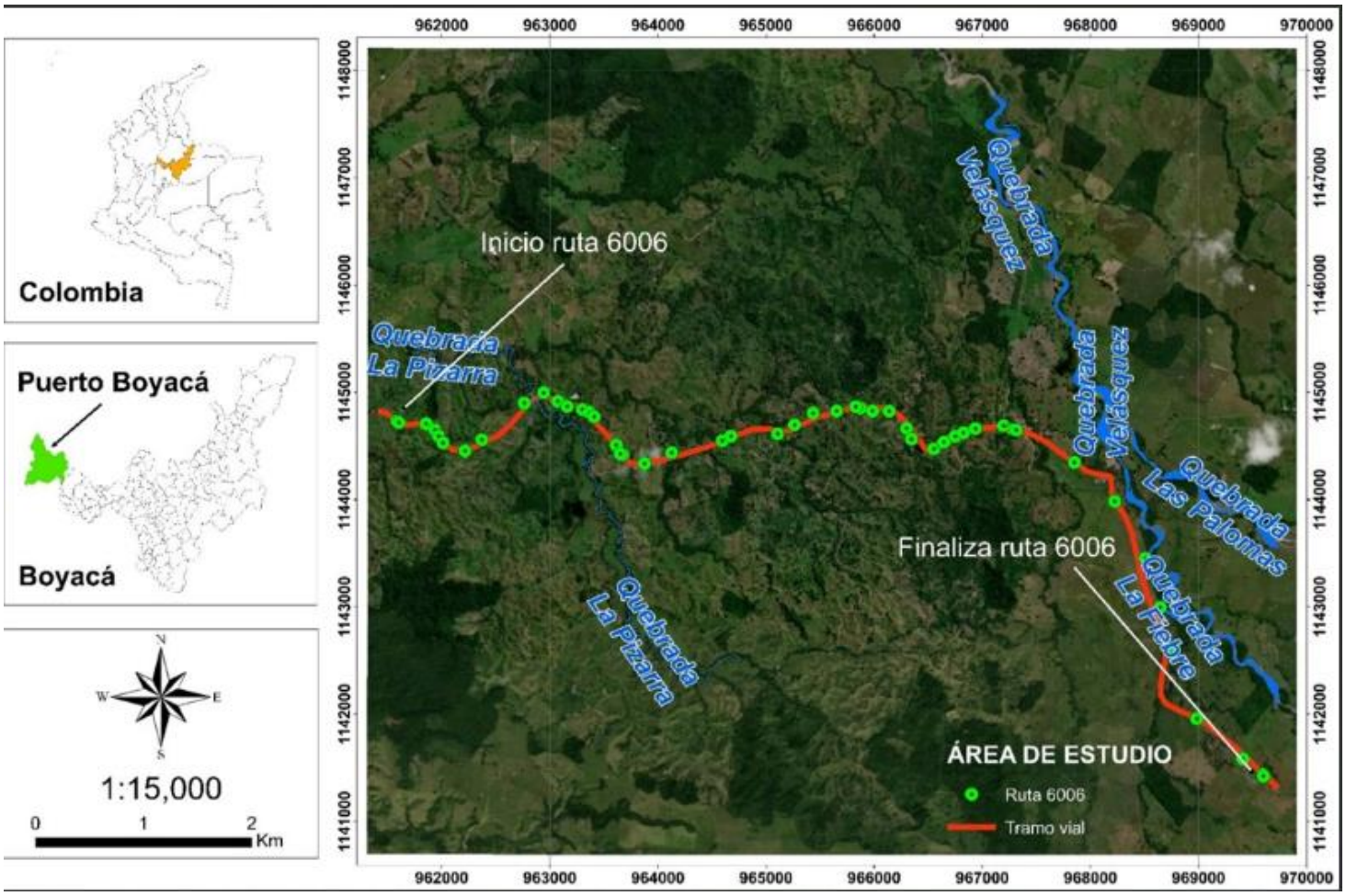



Figura 1. Localización del proyecto

Todos los estudios son integrales, por lo que las memorias, planos e información obtenida de las actividades realizadas son documentos de referencia.

En el presente objeto contractual se incluyen los siguientes estudios:

## 2.1 ESTUDIO DE TRÁNSITO

En el *Volumen I – Estudio de Tránsito - Ruta 6006 V1* se presenta el diseño de tránsito, en el cual se encuentra el volumen vehicular en las condiciones actuales y en el posible crecimiento futuro.

## 2.2 DISEÑO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMÉTRICO

En el *Volumen II – Diseño de Trazado y Diseño Geométrico - Ruta 6006 V1* se presenta el diseño vial, en el cual se encuentran las características del alineamiento horizontal, vertical, secciones, peraltes y rasante del tramo vial que involucra la estructura.

## 2.3 ESTUDIO DE SEGURIDAD VIAL

En el *Volumen III – Estudio de Seguridad Vial* (incluido en el Volumen II) se presenta el diseño de la señalización recomendada para la ruta con base al trazado geométrico de la vía.

## 2.4 GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

El componente geológico requerido para los diseños se incluye en el *Volumen IV – Geología para Ingeniería - Ruta 6006 V1*. La información relevante al estudio de suelos para el diseño geotécnico de las estructuras proyectadas se encuentra recogida en dicho volumen.

Los aspectos geológicos locales se definieron a partir de la información secundaria de la zona, el trabajo de campo y la exploración geotécnica realizada, todo para definir el modelo geológico base en el diseño geotécnico.

## 2.5 ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

En el *Volumen V – Estudio de Estabilidad y Estabilización de Taludes - Ruta 6006 V1* se presenta el análisis geotécnico de los taludes del proyecto.

## 2.6 ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES

En el *Volumen VI – Estudio de Suelos para el Diseño de Fundaciones - Ruta 6006 V1* se desarrolla el componente geotécnico para el diseño de las fundaciones de las estructuras.

## 2.7 ESTUDIO DE HIDROGEOLOGÍA

En el *Volumen VII – Estudio de Hidrogeología Ruta 6006 V1* se analiza el comportamiento del agua en las unidades geológicas locales.

## 2.8 ESTUDIO HIDROLOGICO, HIDRAULICO Y SOCAVACIÓN

En el *Volumen VIII – Estudio Hidrológico, Hidráulico y Socavación Ruta 6006 V1* se caracteriza el comportamiento hidrológico e hidráulico de las quebradas afines al proyecto y se incluye la evaluación el diseño de las obras de drenaje del tramo.

## 2.9 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO

En el *Volumen IX – Estudio Geotécnico y Diseño del Pavimento- Ruta 6006* se desarrolla el componente de diseño del pavimento, en el que se incluye los espesores definidos para las capas que conforman la vía.

## 2.10 ESTUDIO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS

En el presente *Volumen X – Estudio y Diseño de Estructuras- Ruta 6006 V2* se desarrolla este componente.

## 2.11 ESTUDIO DE CANTIDADES DE OBRA

En el volumen se recopilan las cantidades, actividades y especificaciones técnicas requeridas para configurar las actividades de construcción, estableciendo las condiciones técnicas para el desarrollo de los trabajos, las cuales fueron consignadas en el *Volumen XI – Estudio de Cantidades de Obra - Ruta 6006 V1*.

Los recubrimientos de concreto comprenden la distancia desde la superficie del refuerzo principal al extremo del concreto, se tomarán los siguientes recubrimientos libres con base a lo presentado en la tabla 5.12.3-1:

| | | |
|---|---|---|
| Rec. As elementos en contacto permanente con suelo: | 0.075 m | (75 mm) |
| Rec. As demás elementos | 0.050 m | (50 mm) |

Los recubrimientos aquí especificados deben afectarse por el factor de modificación FM según la relación A/C tal como se especifica en el 5.12.3; para concretos con A/C ≤ 0.40 el FM es 0.80 y para concretos con A/C ≥ 0.50 el FM es 1.20, de lo contrario se toma como 1.00.

### 3.2.3 CARGAS DE DISEÑO

Las estructuras se diseñarán para soportar las siguientes cargas y fuerzas según la *Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD* - CCP14

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Carga muerta | DC |
| 2. | Empuje horizontal del suelo | EH |
| 3. | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 4. | Empuje dinámico | EQ |
| 5. | Empuje vertical del suelo | EV |
| 6. | Fuerza de colisión en barrera | CT |

#### 3.2.3.1 Carga muerta - DC

Se toma en cuenta el peso de la totalidad de la estructura con un peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$.

#### 3.2.3.2 Empuje horizontal del suelo - EH

Se asume que la presión horizontal del suelo aumenta linealmente con la profundidad siguiendo la relación:

$$p_{EH} = K * \gamma_s * Z$$

Donde $K$ corresponde al coeficiente de presión lateral del suelo según corresponda.

#### 3.2.3.3 Sobrecarga por carga viva - LS

Se considera un incremento en la presión horizontal del suelo debido a la sobrecarga por carga viva, la cual se estima como

$$p_{sc} = K * \gamma_s * h_{eq}$$

Donde $h_{eq}$ es la altura equivalente de suelo para carga vehicular, obtenida de la tabla 3.11.6.4-1 para muros perpendiculares al tráfico (estribos) y de la tabla 3.11.6.4-2 para muros de contención paralelos al tráfico (aletas), las cuales son resumidas en la Tabla 1.

Tabla 1. Altura de suelo equivalente para sobrecarga por carga viva *h*eq

| Altura del muro (m) | Altura equivalente (m) | |
|---|---|---|
| | Estribos | Aletas |
| 1.50 | 1.20 | 1.50 |
| 3.00 | 0.90 | 1.00 |
| ≥ 6.00 | 0.60 | 0.60 |

#### 3.2.3.4 Empuje dinámico - EQ

Se asume que la presión dinámica del suelo disminuye linealmente con la profundidad siguiendo la relación:

$$p_{EQ} = K_{AE} * \gamma_{EAQ} * Z$$

Donde $K_{AE}$ corresponde al coeficiente de presión lateral dinámica del suelo según corresponda.

**Nota:** También se considera la fuerza inercial del vástago y viga cabezal según aplique.

#### 3.2.3.5 Empuje vertical del suelo - EV

Se considera la carga que el peso del suelo ejerce sobre la viga cabezal, calculada como:

$$p_{EV} = \gamma_s * Z$$

#### 3.2.3.6 Fuerza de colisión de la Barrera – CT

Se considera que la fuerza de colisión se distribuye a lo largo de una longitud LT en la corona del muro y que se proyecta con un ángulo de 45º hacia la base del vástago.

**Nota:** De acuerdo con las recomendaciones del apéndice A del *Bridge Design Manual (BDM) – Colorado Department of Transportation (CDOT) LRFD*, dicha fuerza no es concomitante con los empujes horizontales del suelo y la sobrecarga por carga viva dado que en el instante donde ocurre la colisión - impacto -, se prevé que el muro se desprenda ligeramente del suelo de contención.

### 3.2.4 COMBINACIONES DE CARGA

Se utilizarán las combinaciones de carga definidas en el artículo 3.4.1 de la CCP 14 para el diseño de los elementos estructurales, las cuales son presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Combinaciones de Carga

| Estado Límite | DC, EH, EV | LS | EQ | CT |
|---|---|---|---|---|
| Resistencia I | $\gamma_p$ | 1.75 | - | - |
| Resistencia IV | $\gamma_p$ | - | - | - |
| E. Extremo I | $\gamma_p$ | $\gamma_{EQ}$ | 1.00 | - |
| E. Extremo II | $\gamma_p$ | 0.5 | - | 1.00 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | - | - |

De acuerdo con las tablas 3.4.1-2, 3.4.1-2 y lo contenido en el artículo 3.4.1 de la CCP 14, se presentan los factores de carga $\gamma_p$ y $\gamma_{EQ}$ en la Tabla 3.

Tabla 3. Factores de carga $\gamma_p$, $\gamma_{EQ}$ y $\gamma_{TG}$

| Factor de carga | Carga | Estado límite | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | Resistencia I y E. Extremo I | 1.25 | 0.90 |
| | | Resistencia IV | 1.50 | 0.90 |
| | | E. Extremo II | 1.25 | - |
| | EH | Resistencia I, IV y E. Extremo I | 1.50 | 0.90 |
| | EV | Resistencia I, IV y E. Extremo I | 1.35 | 1.00 |
| | | E. Extremo II | 1.35 | - |
| $\gamma_{EQ}$ | LS | E. Extremo I y II | 0.50 | 0.00 |

### 3.2.5 COEFICIENTES DE RESISTENCIA

Se considerarán los siguientes coeficientes de resistencia dados en el artículo 5.5.4.2.1 de la CCP 14.

1. Flexión y tracción en concreto reforzado $\phi = 0.90$
2. Cortante y torsión en concreto de densidad normal $\phi = 0.90$

## 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

En la Tabla 4 se presentan las configuraciones geométricas de los diferentes tipos de muro.

Tabla 4. Clasificación de módulos sobre zapatas R6006

| Módulo Tipo | Longitud (m) | H (m) | Esp. vástago (m) | Fundación | Zapata |
|---|---|---|---|---|---|
| Z4 - 9.00 | 9.00 | 4.00 | 0.40 | Zapata | 3.20x0.50 $m^2$ |
| Z5 - 9.00 | 9.00 | 5.00 | 0.50 | Zapata | 4.20x0.70 $m^2$ |

**Nota:** en la corona del muro de contención se dispondrá barrera de concreto vehicular.

## 4.2 MÓDULO Z4 - 9.00

### GEOMETRÍA

En la Figura 2 y Figura 3 se muestra la geometría del módulo Z4-9.00.

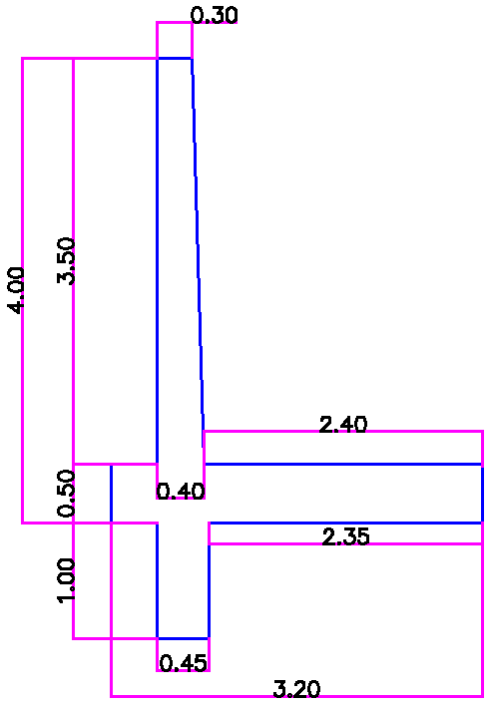



Figura 2 Sección transversal módulo Z4 - 9.00

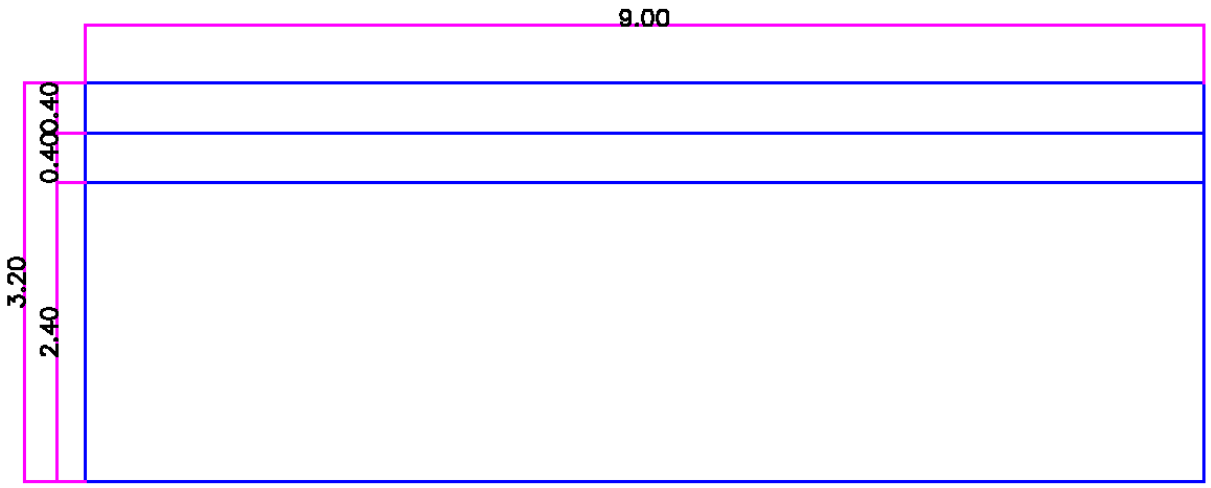



Figura 3. Planta módulo Z4 - 9.00

En el ANEXO 1 – MÓDULO Z4-9.00 – MURO: VÁSTAGO, ZAPATA se presenta el cálculo del vástago, zapata (talón, puntera) y de la llave inferior de la zapata.

### 4.3 MÓDULO Z5 - 9.00

**GEOMETRÍA**

En la Figura 4 y Figura 5 se muestra la geometría del módulo Z5 - 9.00.

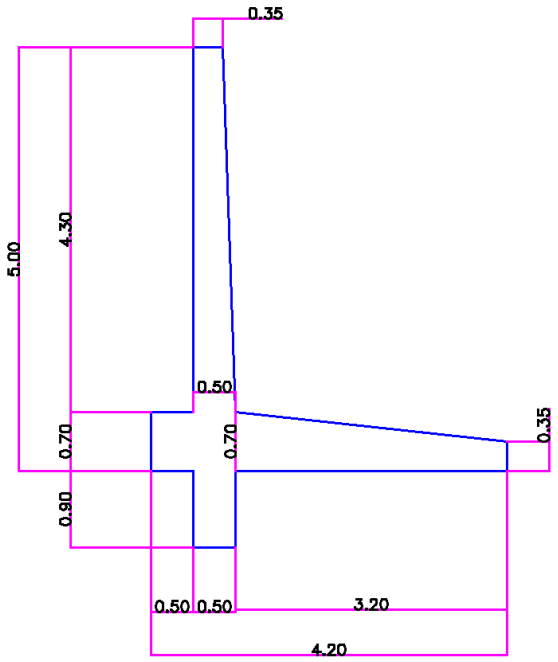



Figura 4 Sección transversal módulo Z5 - 9.00

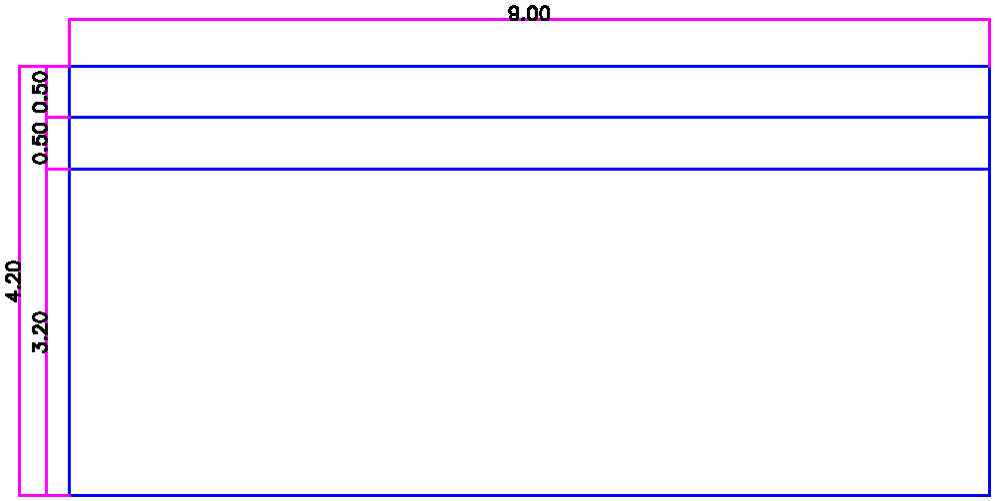



Figura 5 Planta módulo Z5 - 9.00

En el ANEXO 2 – MÓDULO Z5-9.00 – MURO: VÁSTAGO, ZAPATA se presenta el cálculo del vástago, zapata (talón, puntera) y de la llave inferior de la zapata.

## 4.4 BARRERA DE CONCRETO

En el ANEXO 3 – BARRERA DE CONCRETO se presenta el cálculo de la barrera de concreto.

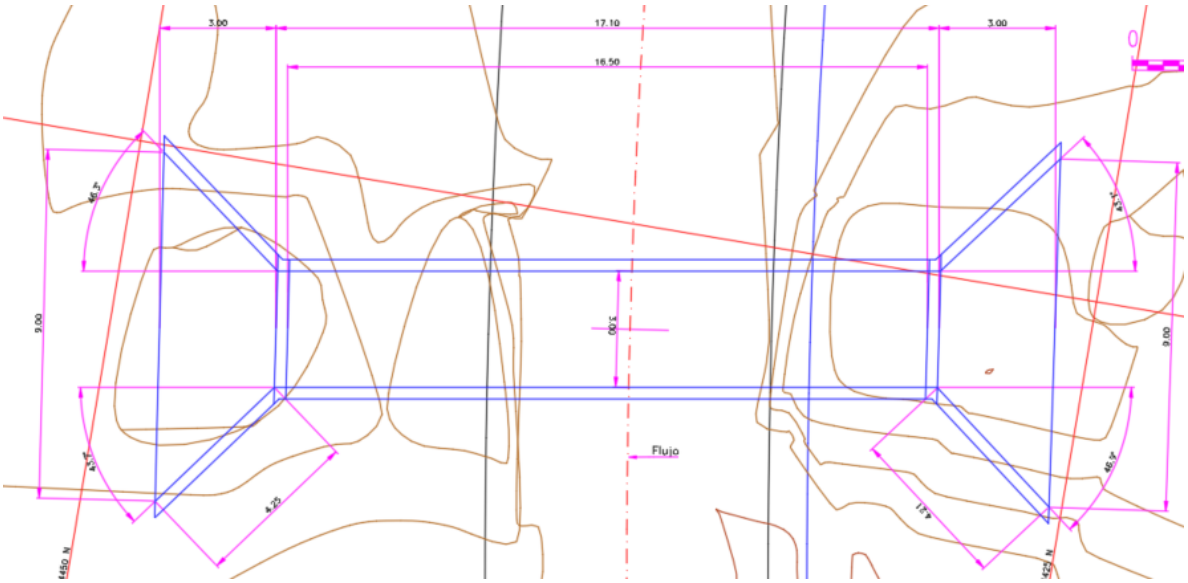
# 5 OBRAS HIDRÁULICAS

## 5.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

En la Tabla 5 se presenta la configuración geométrica de las alcantarillas diseñadas en la ruta 6006, mientras que en las Figura 6 a Figura 13 se presenta la planta perfil de las alcantarillas de cajón para las abscisas K23+930, K24+985, K25+575, K27+050, K27+720, K30+807 y K31+007. De la Figura 14 a la Figura 19 se muestran las secciones transversales típicas de cada alcantarilla.

Tabla 5. Tipos de alcantarilla.

| Abscisa | Tipo | Altura interna (m) | Ancho interno (m) | Altura de lleno (m) | Long. (m) | Altura máx. aletas (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| K23+926 | Nuevo | 3.00 | 3.00 | 2.60 | 17.10 | 3.75 |
| K24+981 | Nuevo | 3.00 | 5.00 | 1.70 | 10.40 | 5.10 |
| K25+571 | Nuevo | 1.80 | 1.80 | 3.20 | 16.00 | 3.70 |
| K27+049 | Nuevo | 2.00 | 2.00 | 6.50 | 23.80 | 4.50 |
| K28+627 | Prolongación | 2.20 | 2.00 | 1.42 | 10.90 | 3.43 |
| K27+712 | Nuevo | 3.00 | 4.50 | 0.45 | 11.00 | 4.70 |
| K30+804 | Nuevo | 3.00 | 4.50 | 0.45 | 11.00 | 4.60 |
| K31+004 | Nuevo | 1.50 | 1.50 | 0.98 | 12.00 | 2.54 |



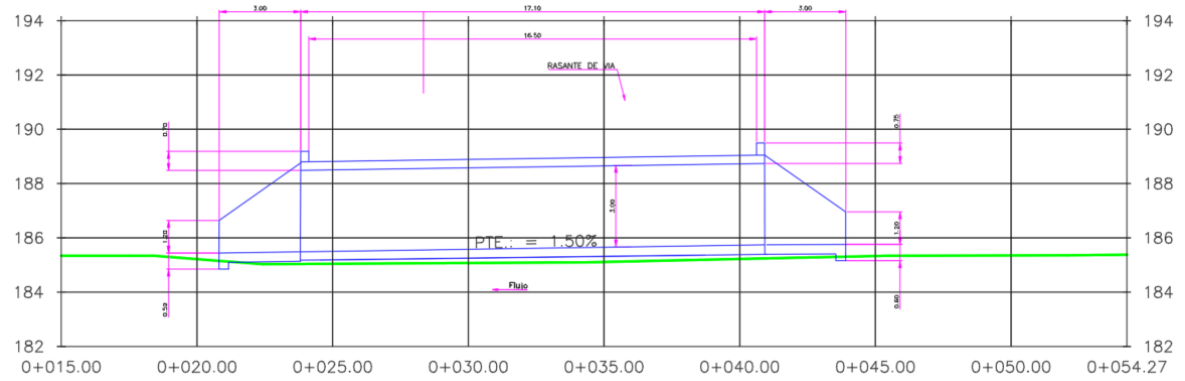
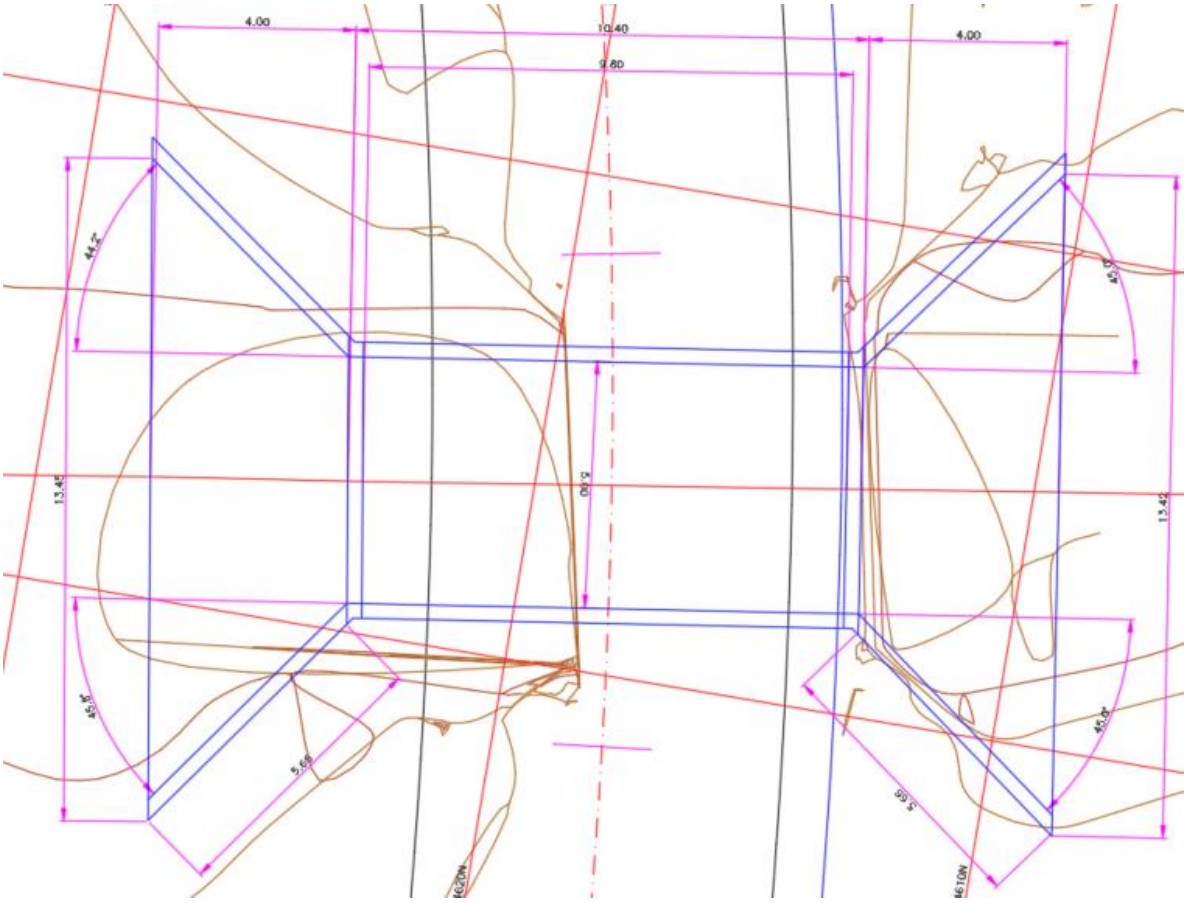



Figura 6. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K23+926



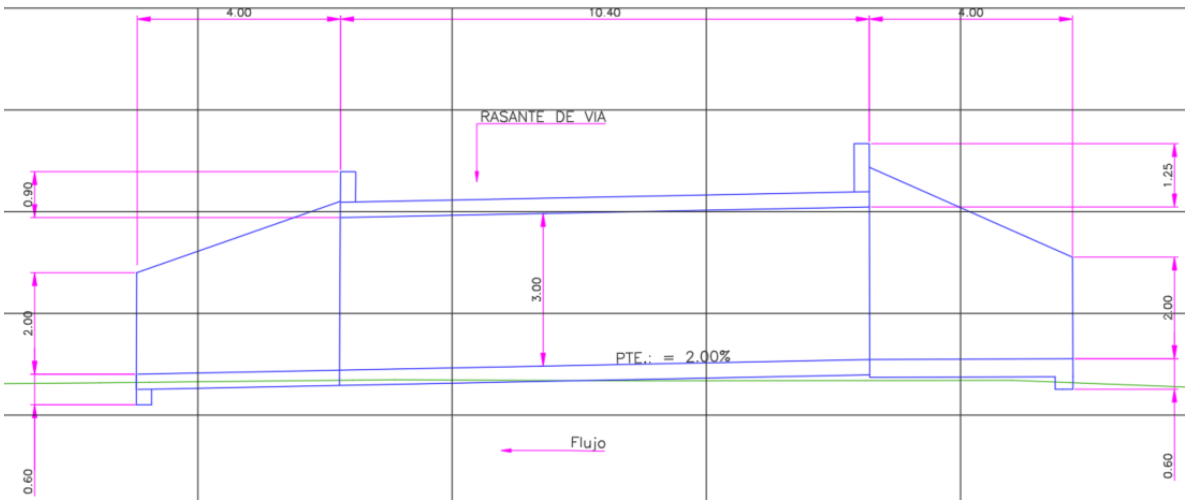



Figura 7. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K24+981

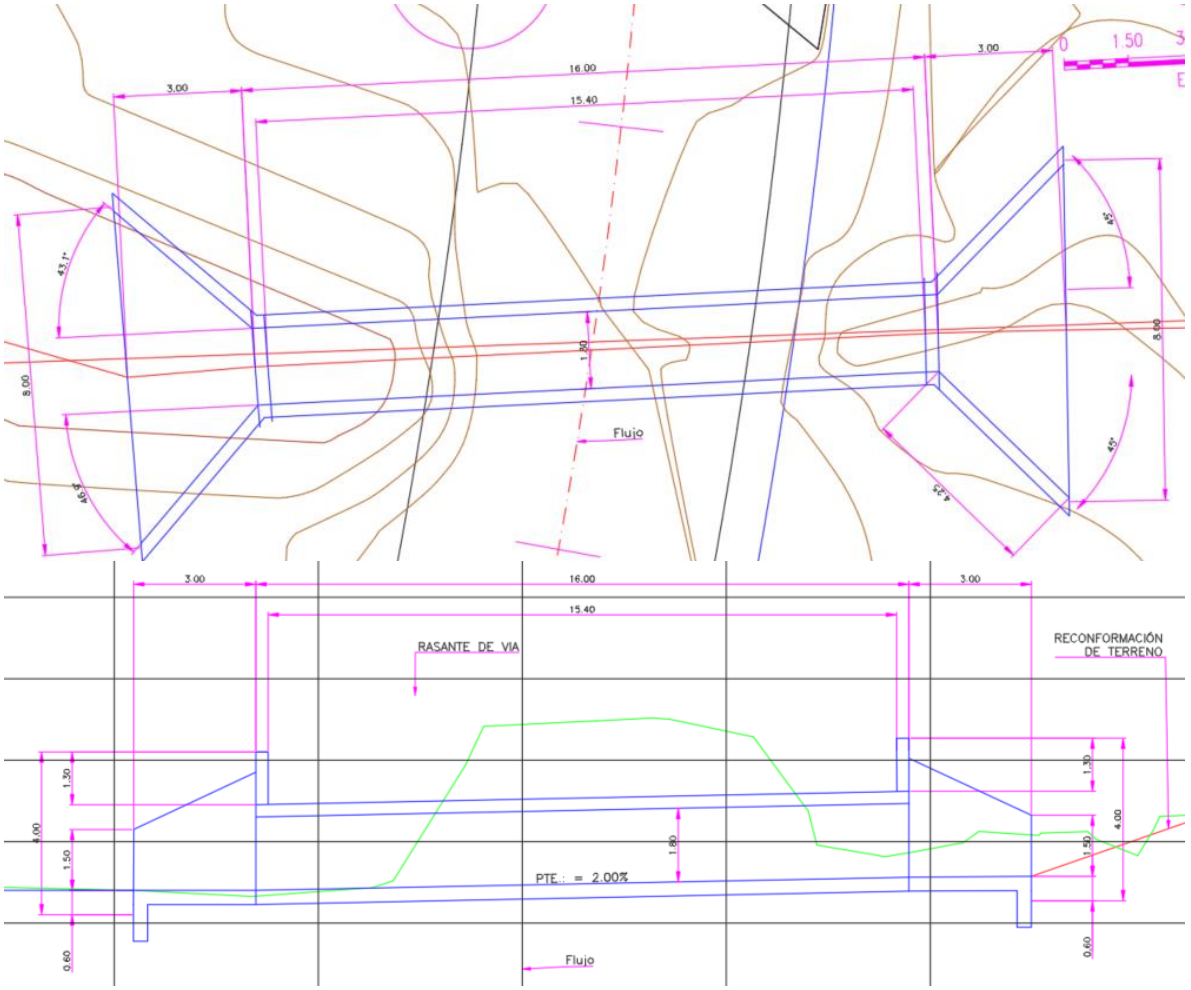



Figura 8. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K25+571

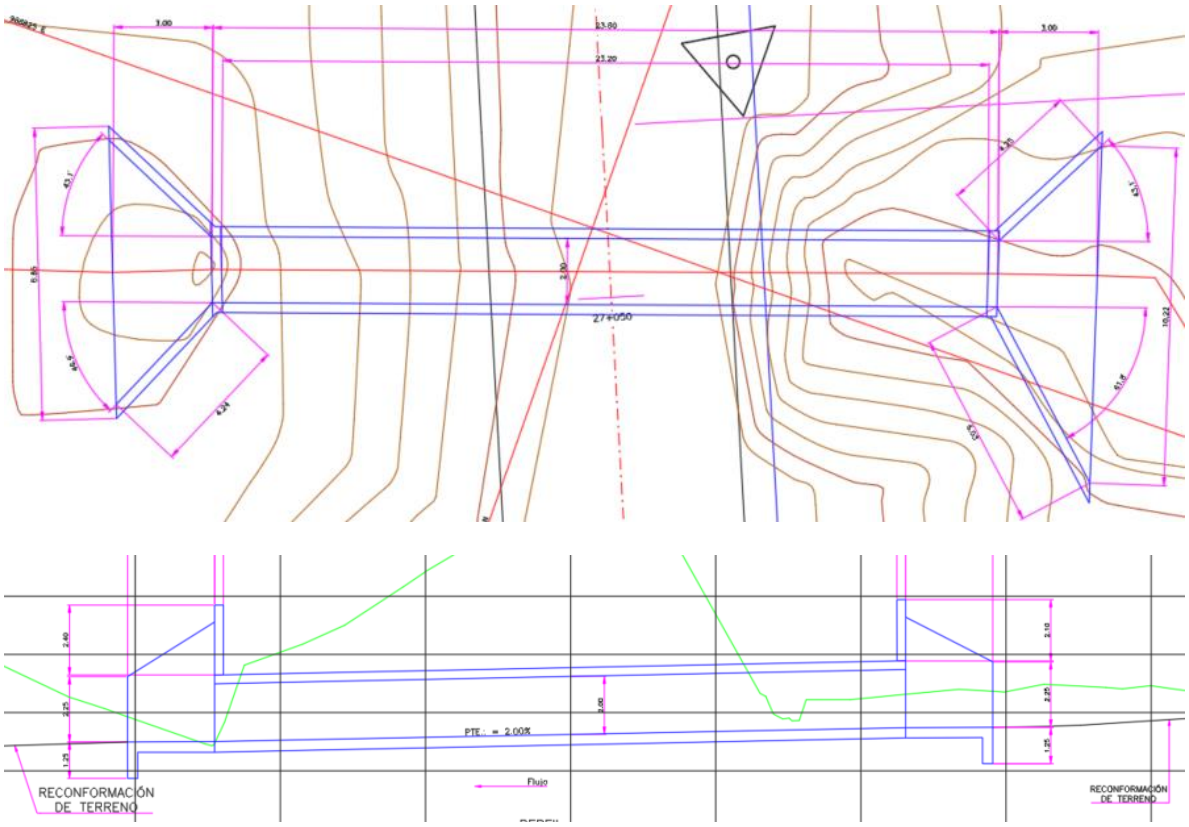
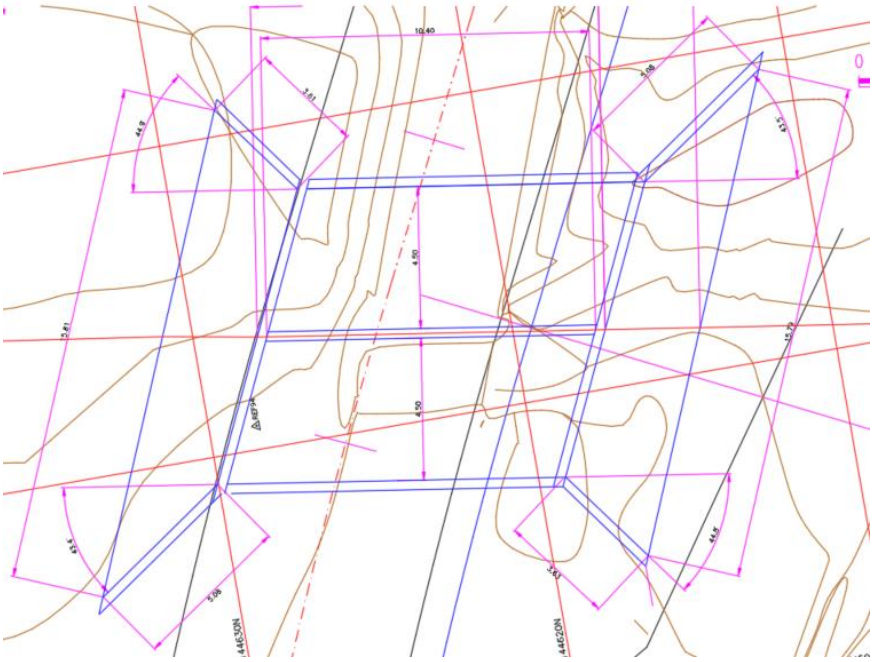



Figura 9. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K27+049



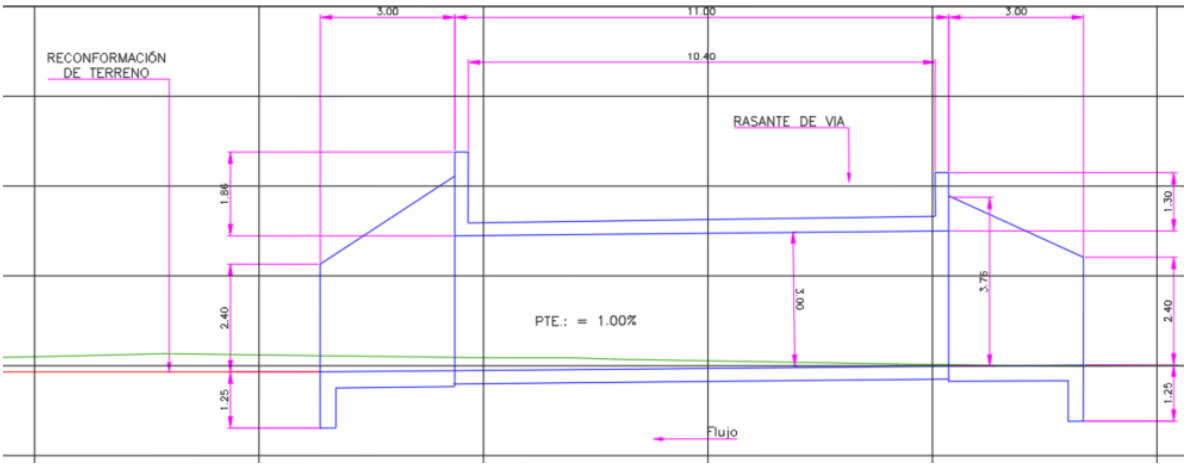



Figura 10. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K27+712

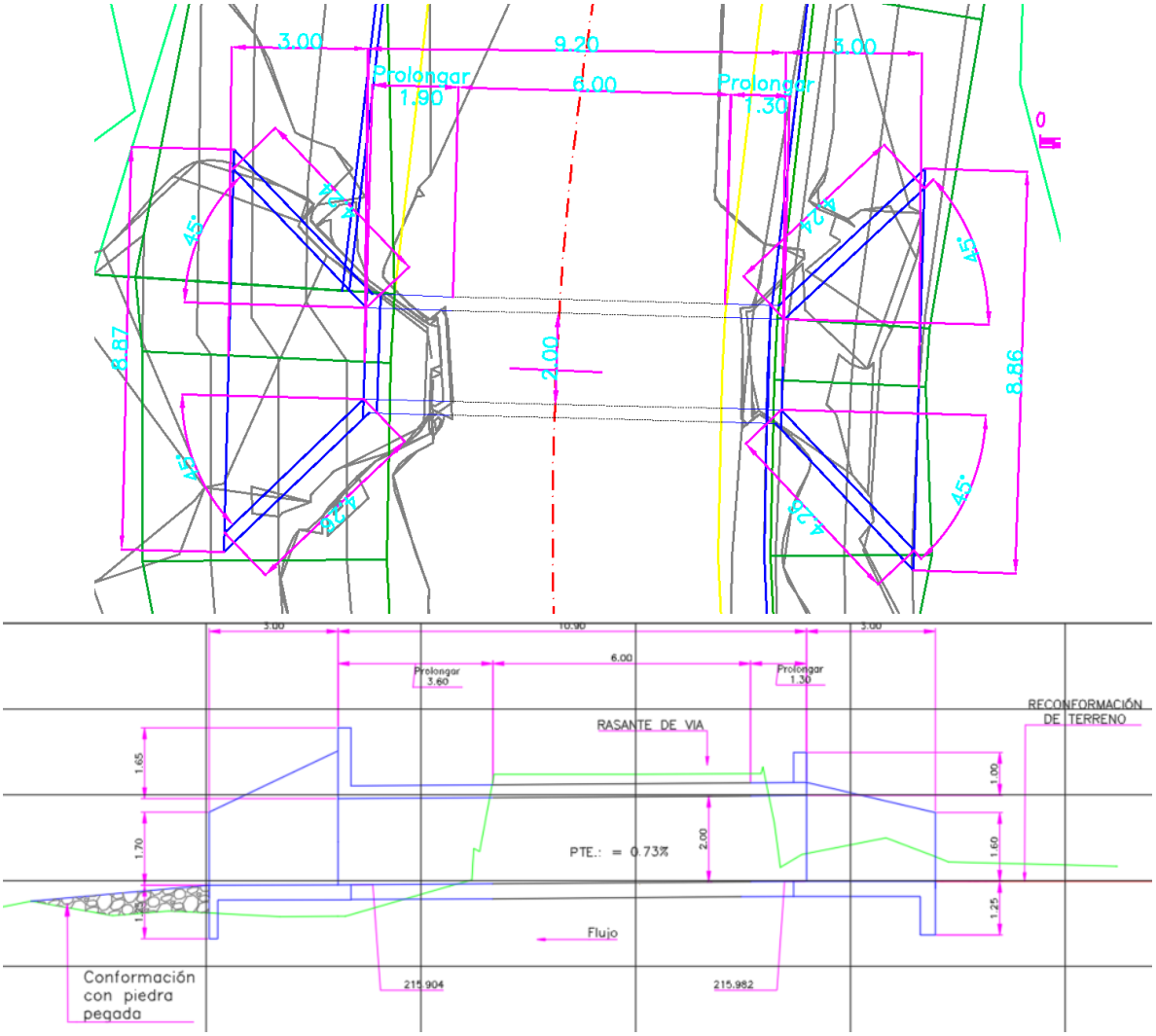



Figura 11. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K28+627

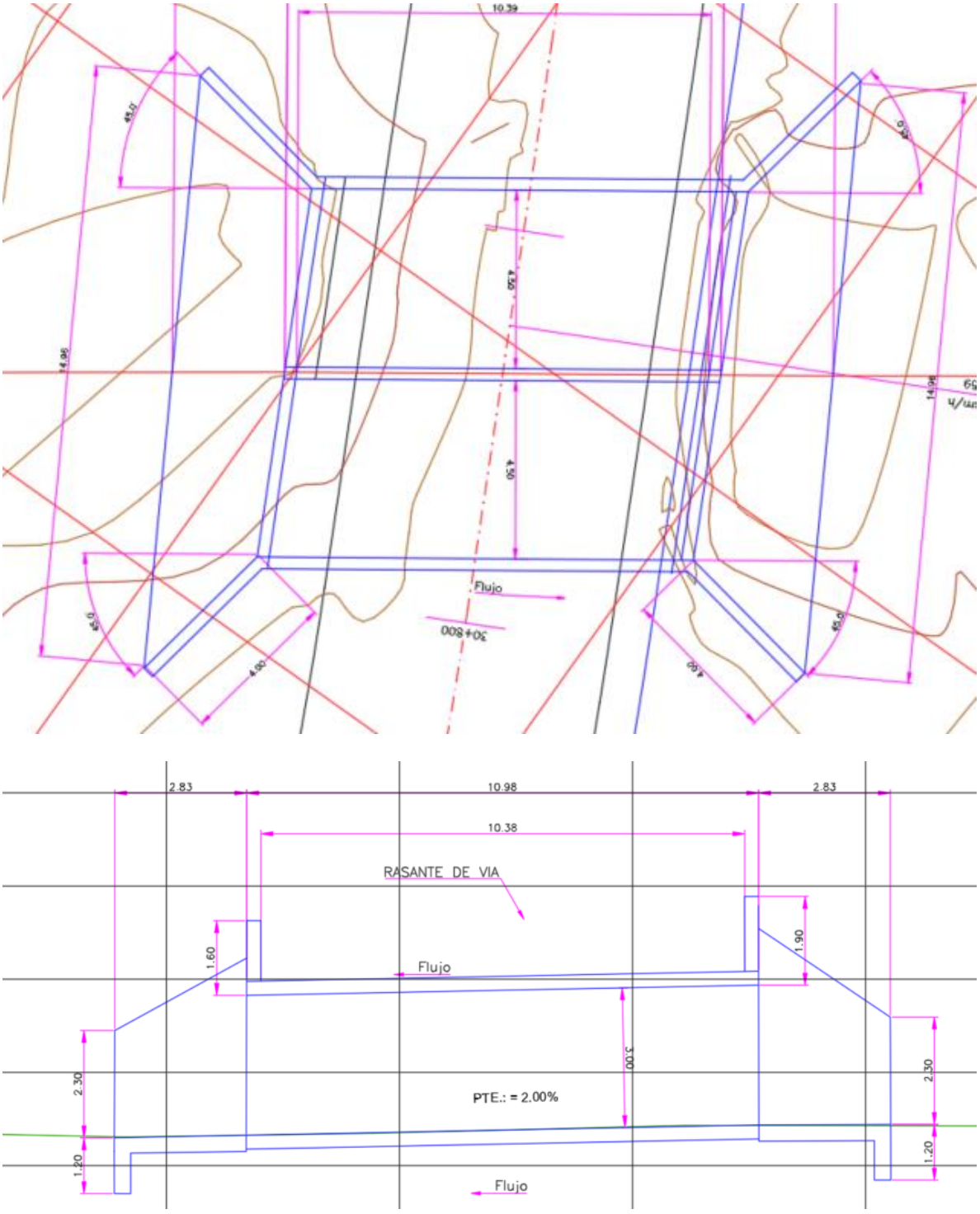



Figura 12. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K30+804

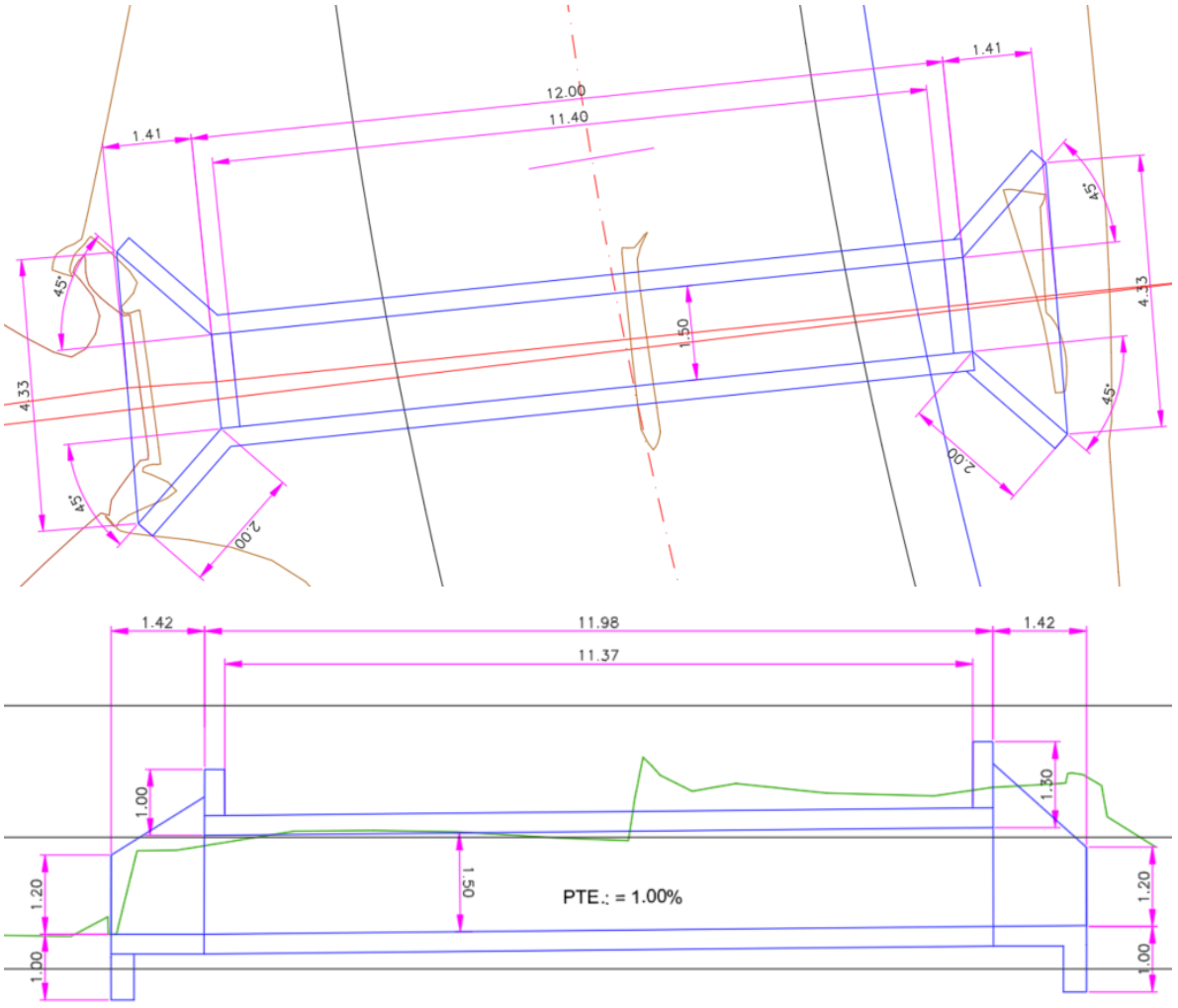



Figura 13. Planta- Perfil de alcantarilla de cajón en abscisa K31+004

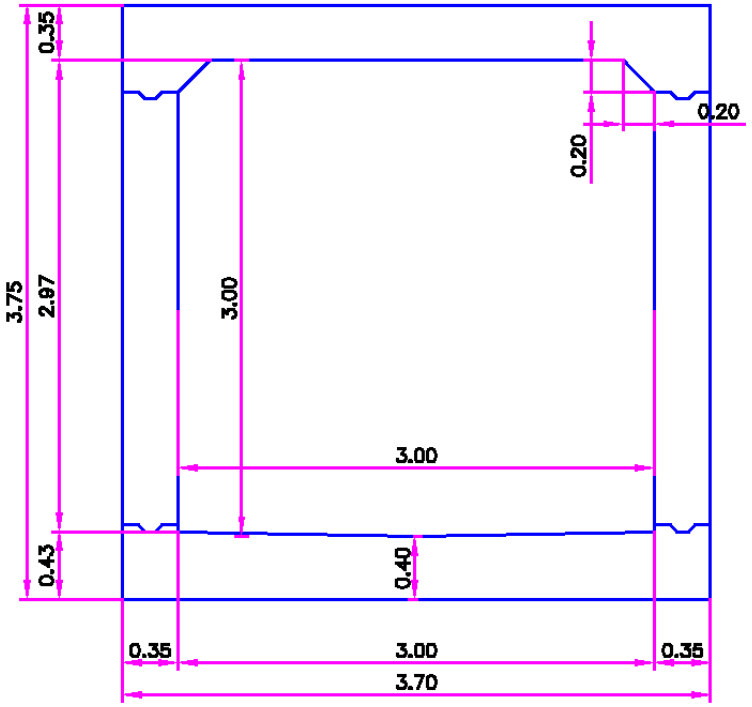



Figura 14 .Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K23+926

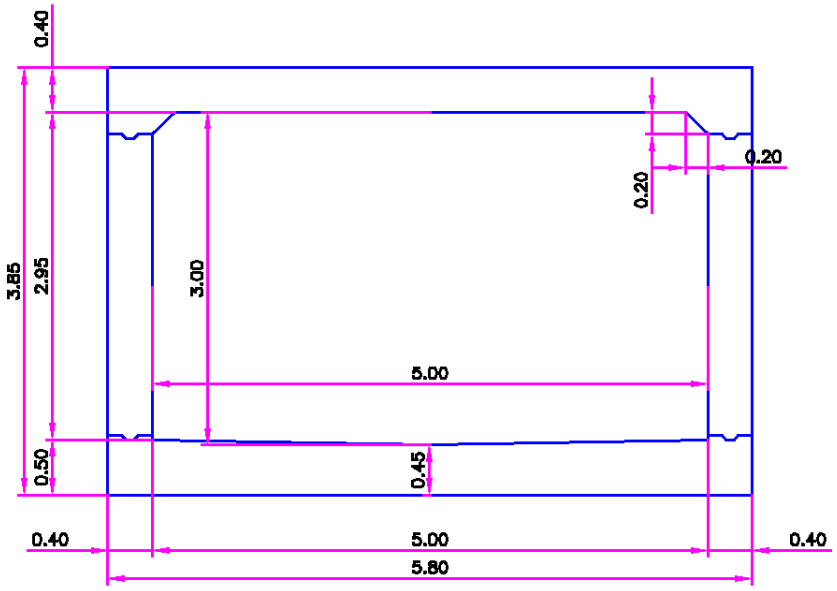



Figura 15. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K24+981

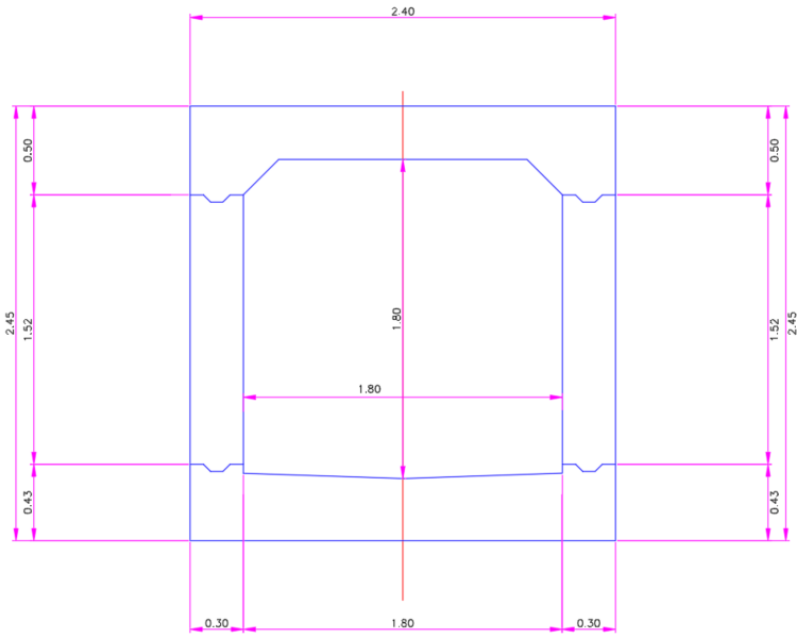



Figura 16. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K25+571

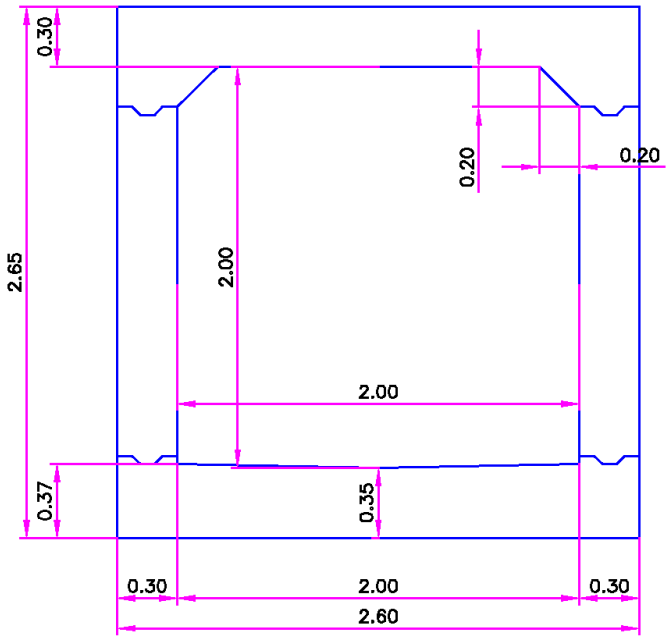



Figura 17. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K27+049

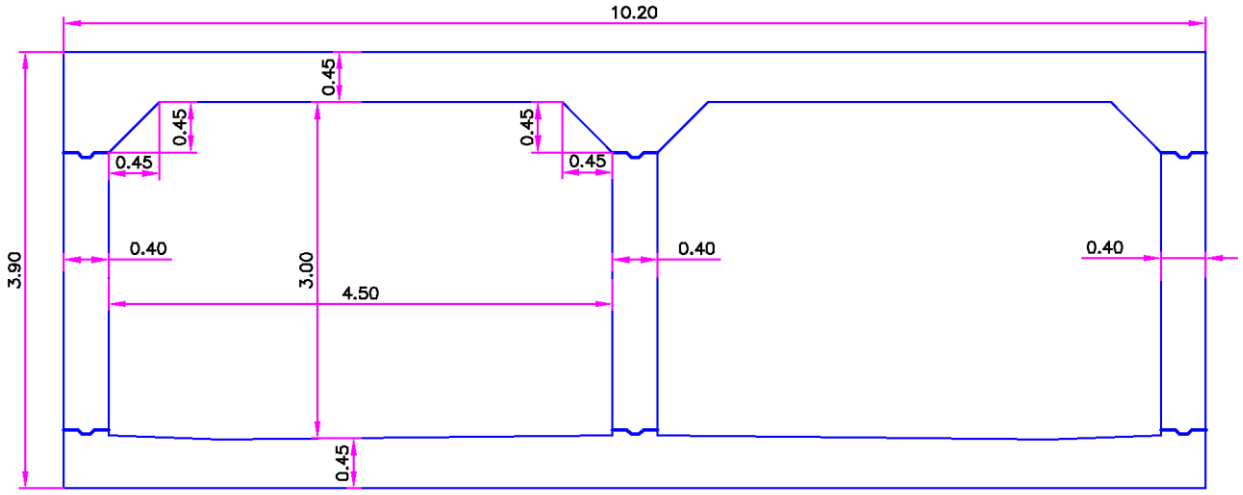



Figura 18. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisas K27+712 y K30+804

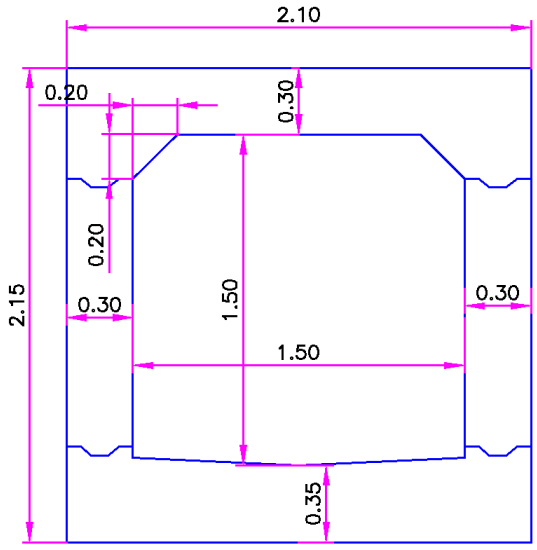



Figura 19. Sección transversal típica de alcantarilla en abscisa K31+004

## 5.2 MODELADO ESTRUCTURAL

Para el modelo estructural fue usado el software de diseño estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las secciones empleadas en el modelado, las propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno, cargas y combinaciones de carga consideradas.

En las figuras Figura 20 a Figura 24 se presenta el modelo 3D de un segmento de 1.0 m. de longitud en MIDAS CIVIL para las alcantarillas de cajón y descole.

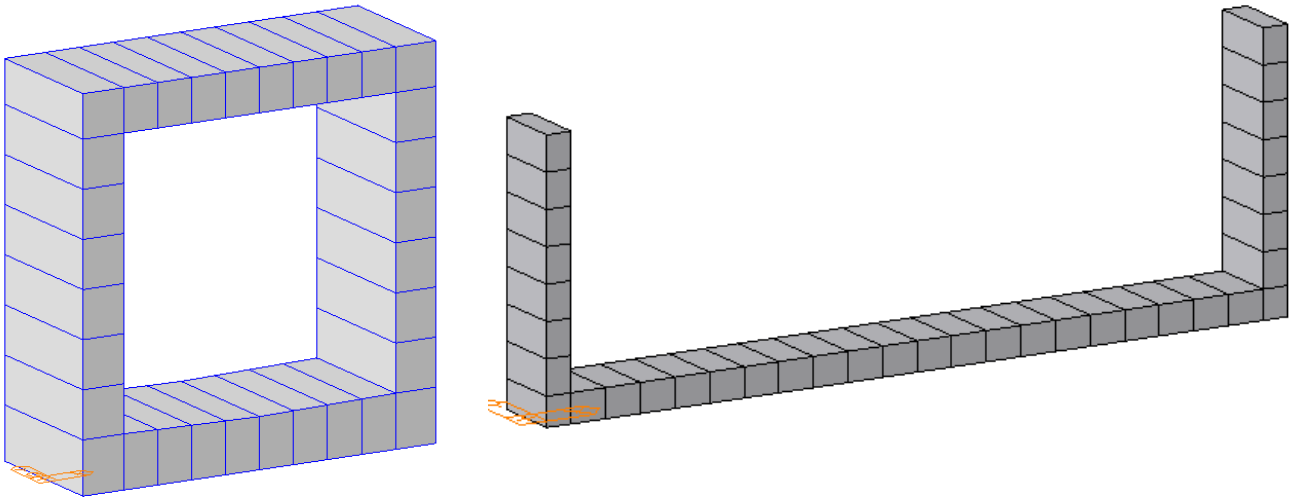


Figura 20. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K23+926 y estructura de salida H=3.75 m

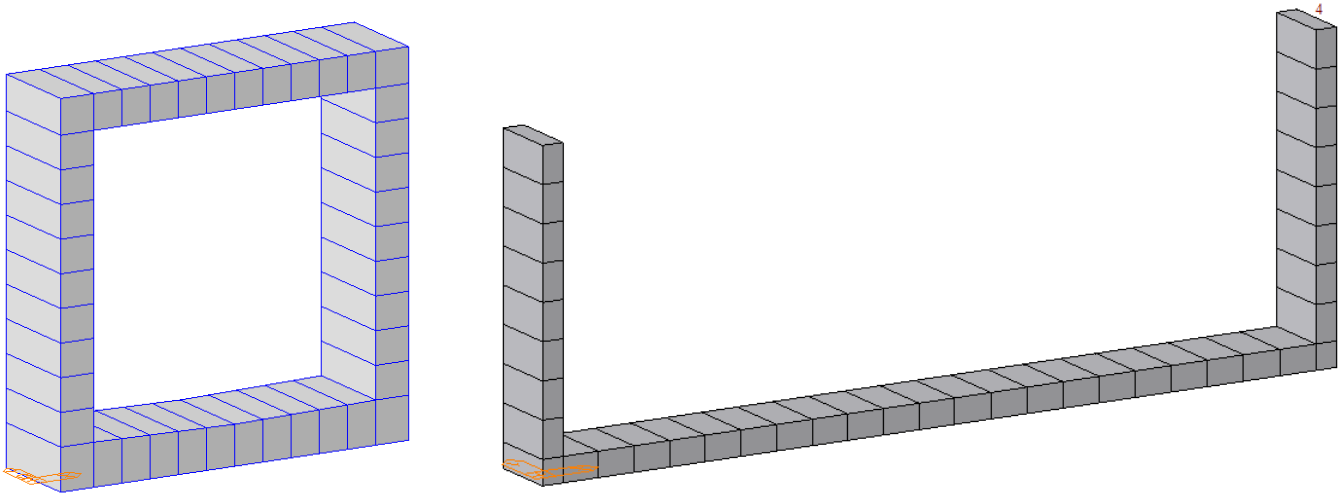


Figura 21. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K27+049, K28+627 y K25+571 y estructura de salida H=4.50 m

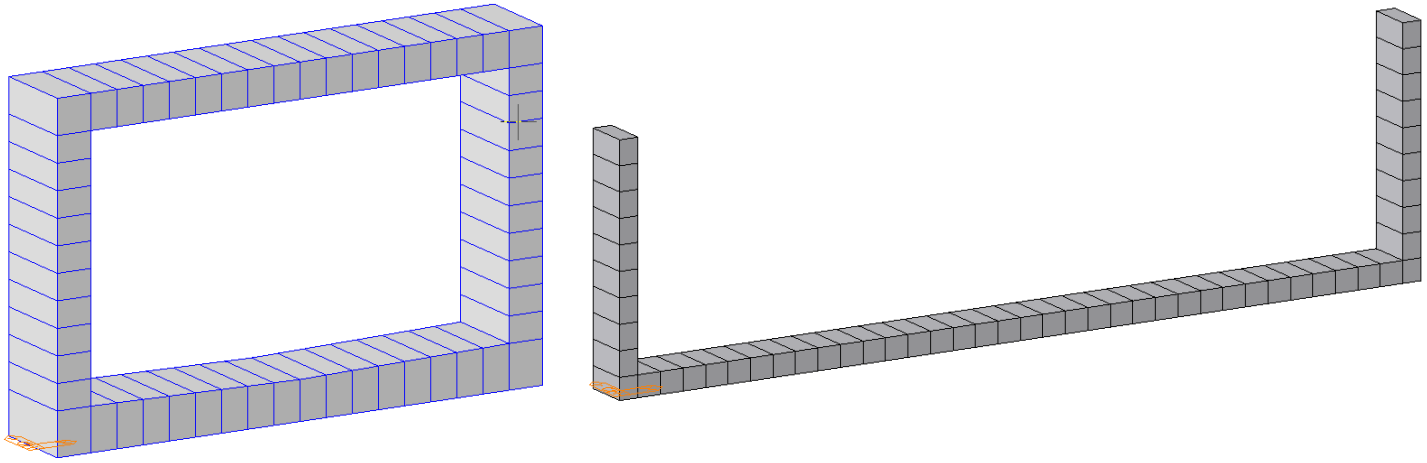


Figura 22. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K24+981 y estructura de salida H=5.10 m

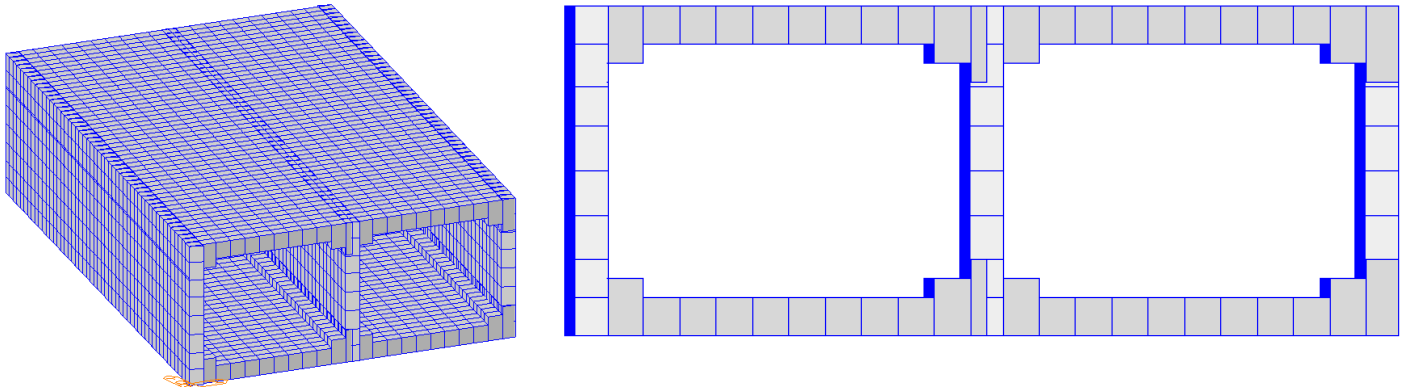


Figura 23. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K27+712 y K30+804

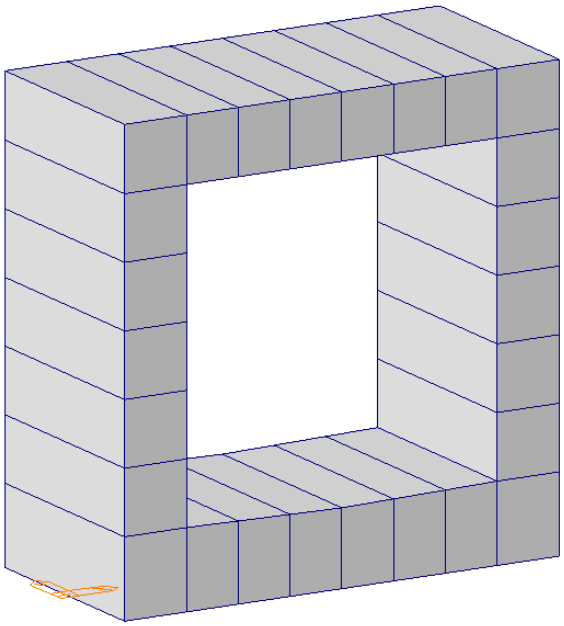


Figura 24. Modelo 3D en MIDAS CIVIL alcantarillas de cajón en abscisa K31+004

### 5.2.1 MATERIALES

En la Figura 25 se definen las propiedades mecánicas de los materiales empleados para el modelo estructural.

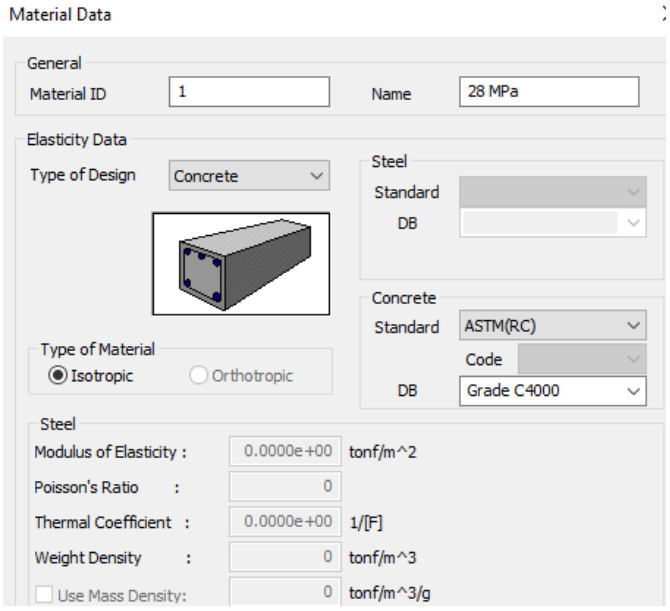



Figura 25. Modelado del concreto de 28 MPa

### 5.2.2 SECCIONES TRANSVERSALES

De la Figura 26 a la Figura 44 se presentan las secciones y elementos estructurales con sus respectivas propiedades geométricas empleadas en el modelo estructural de cada alcantarilla.

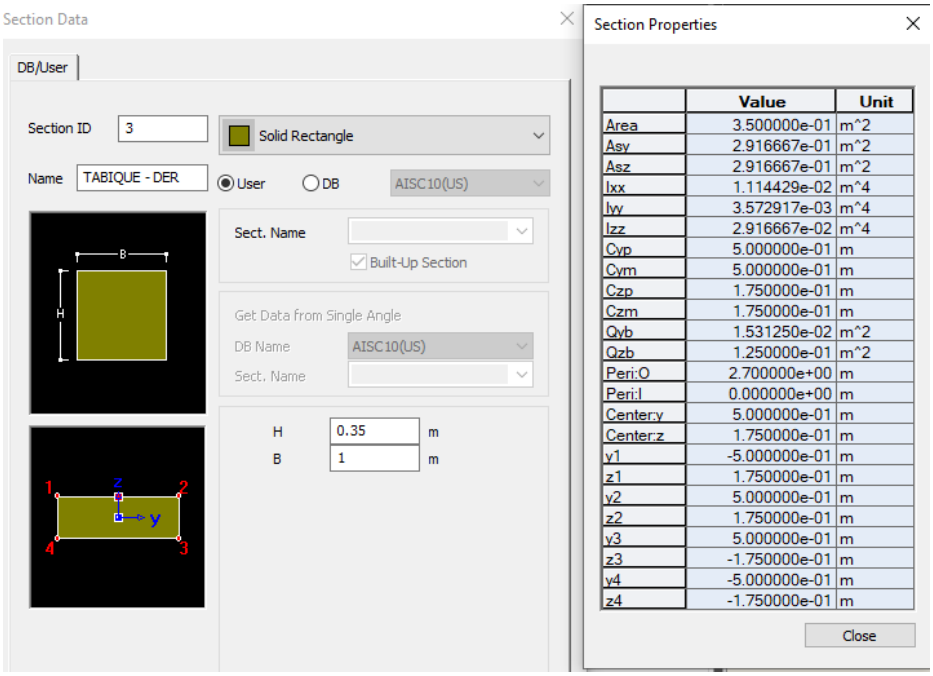



Figura 26. Sección trasversal pared derecha de alcantarilla abscisa K23+926

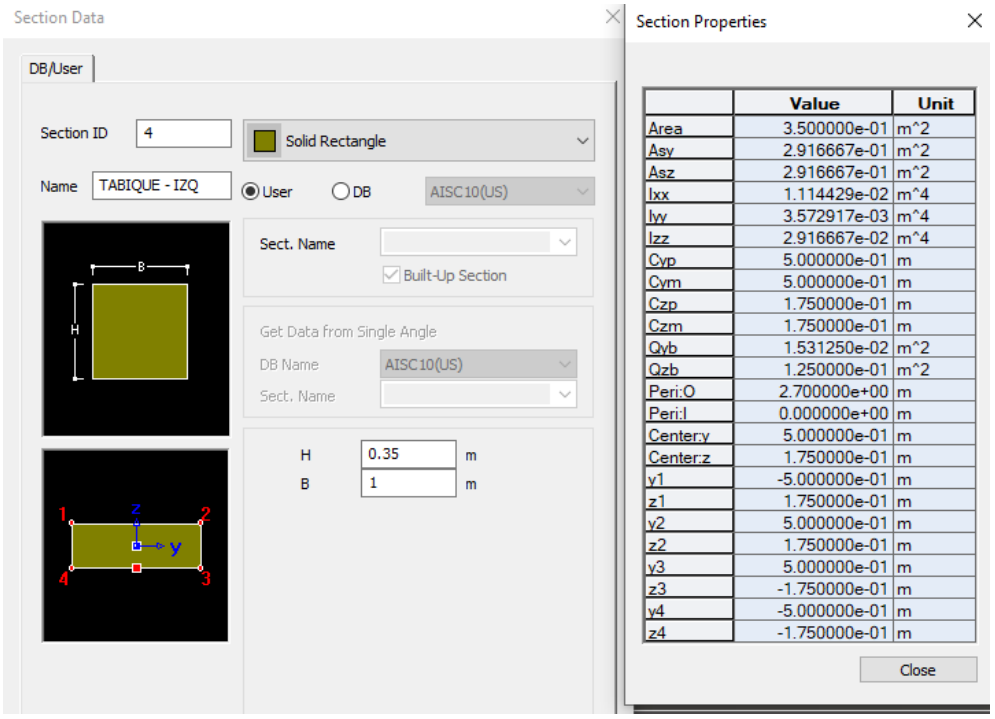



Figura 27. Sección trasversal pared izquierda de alcantarilla abscisa K23+926

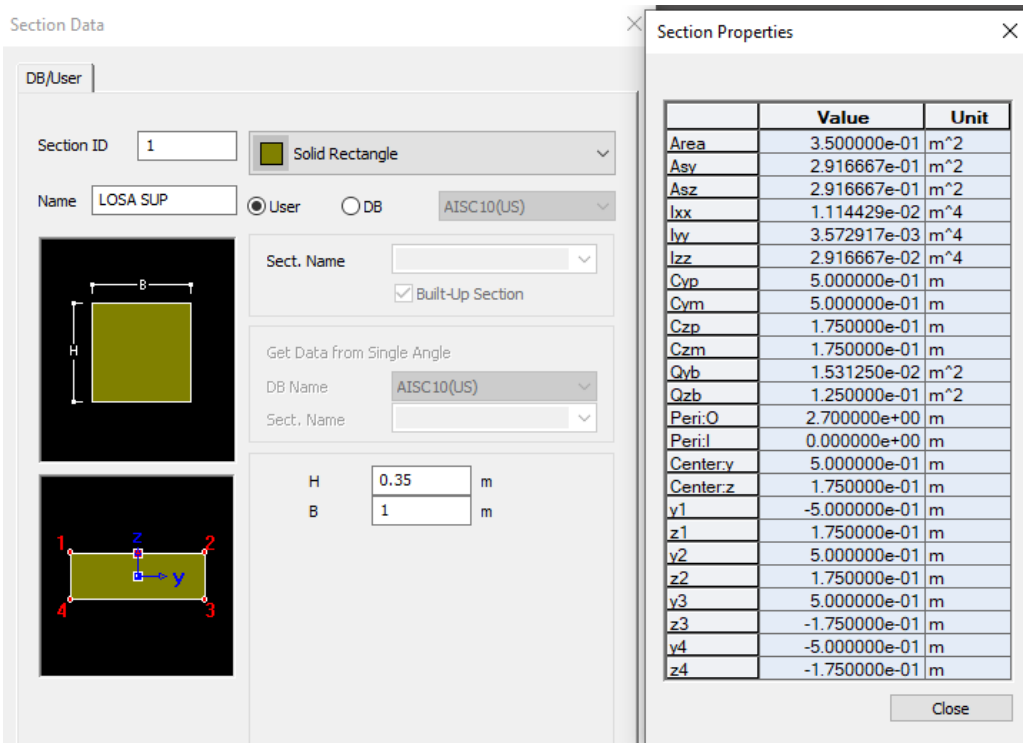



Figura 28. Sección trasversal losa superior de alcantarilla abscisa K23+926

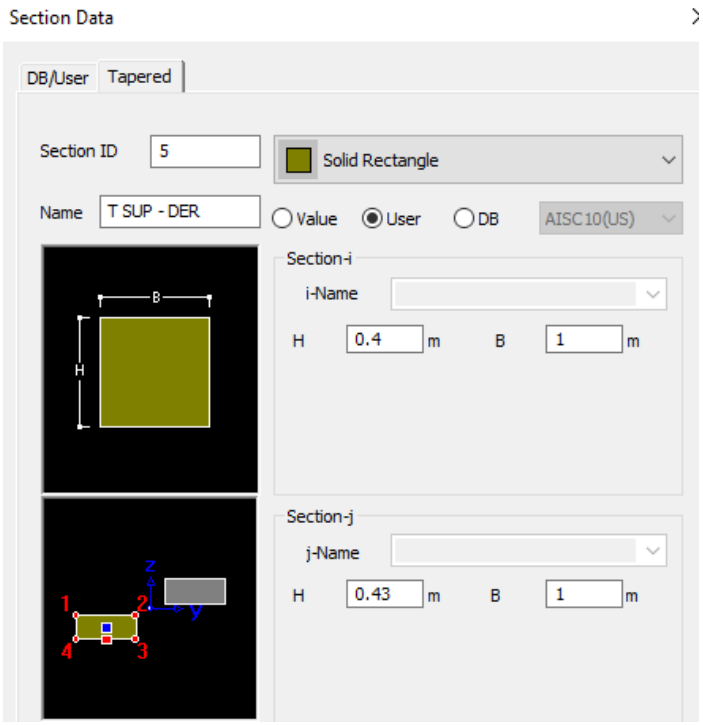



Figura 29. Sección trasversal losa inferior de alcantarilla abscisa K23+926

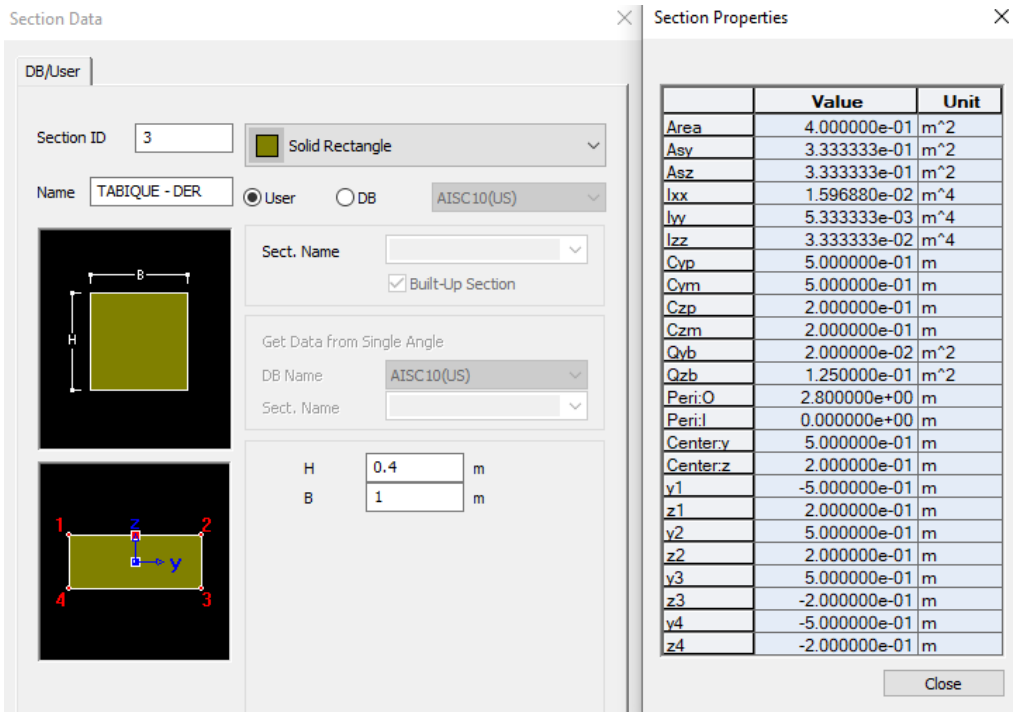



Figura 30. Sección trasversal pared derecha de alcantarilla abscisa K24+981

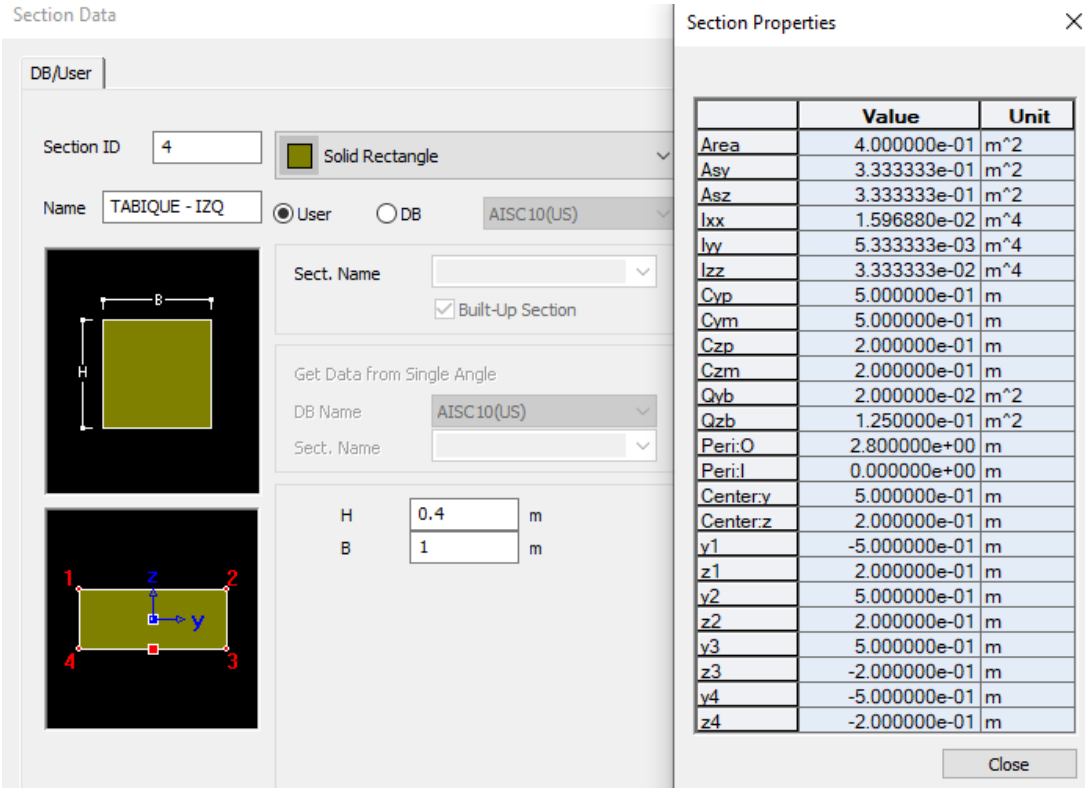



Figura 31. Sección trasversal pared izquierda de alcantarilla abscisa K24+981

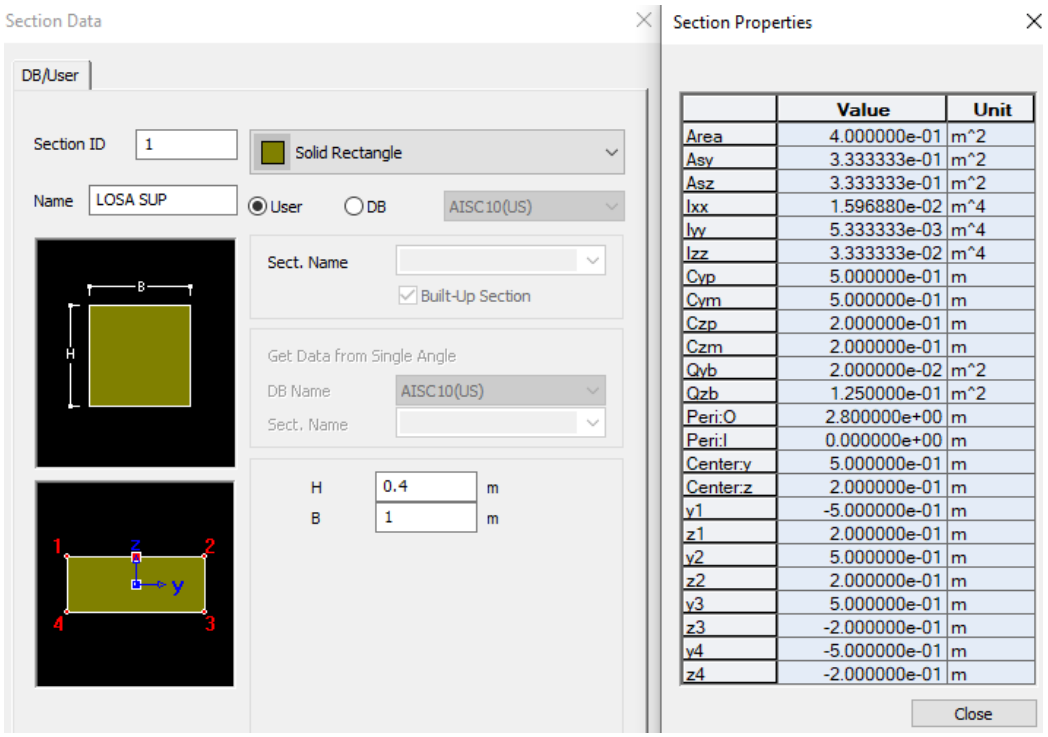



Figura 32. Sección trasversal losa superior de alcantarilla abscisa K24+981

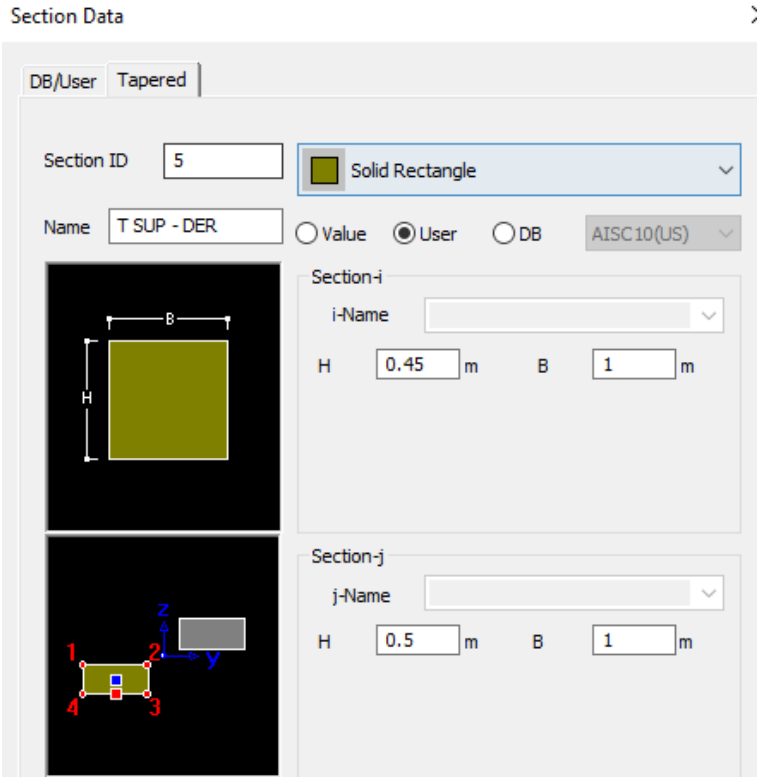



Figura 33. Sección trasversal losa inferior de alcantarilla abscisa K24+981

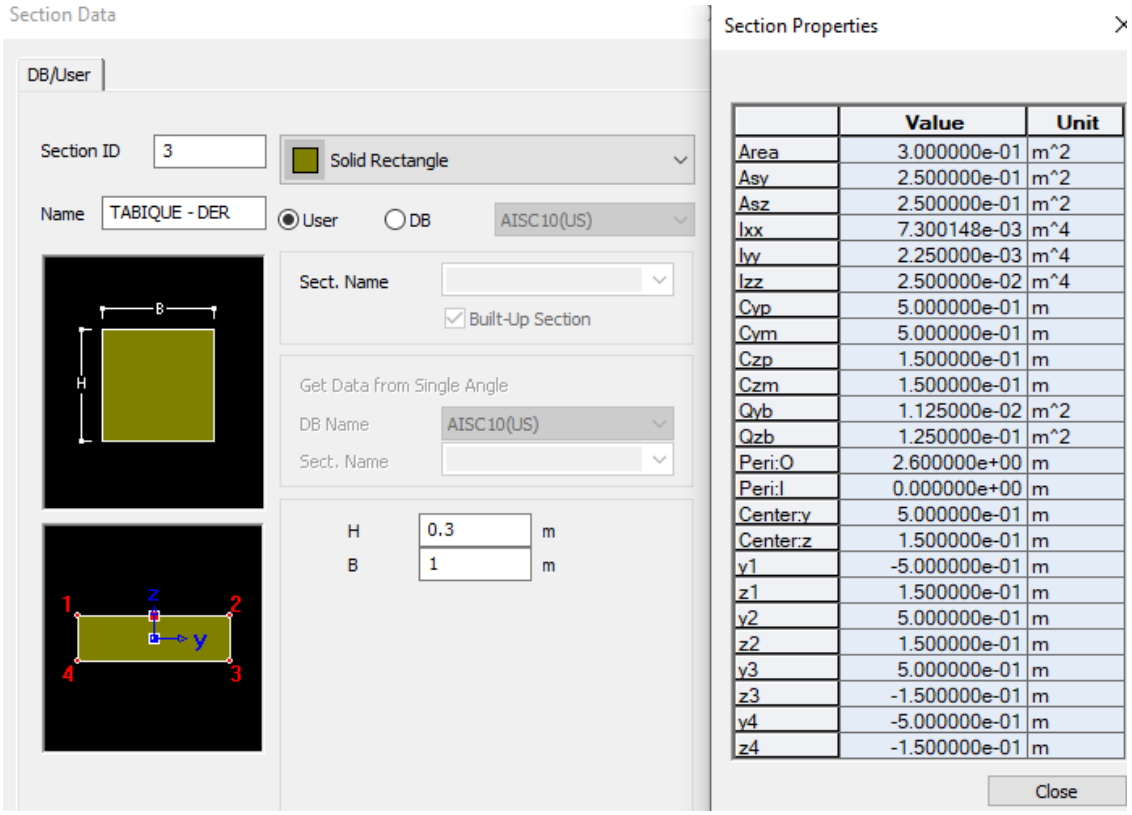



Figura 34. Sección trasversal pared derecha de alcantarilla abscisa K27+049, K28+627 y K25+571

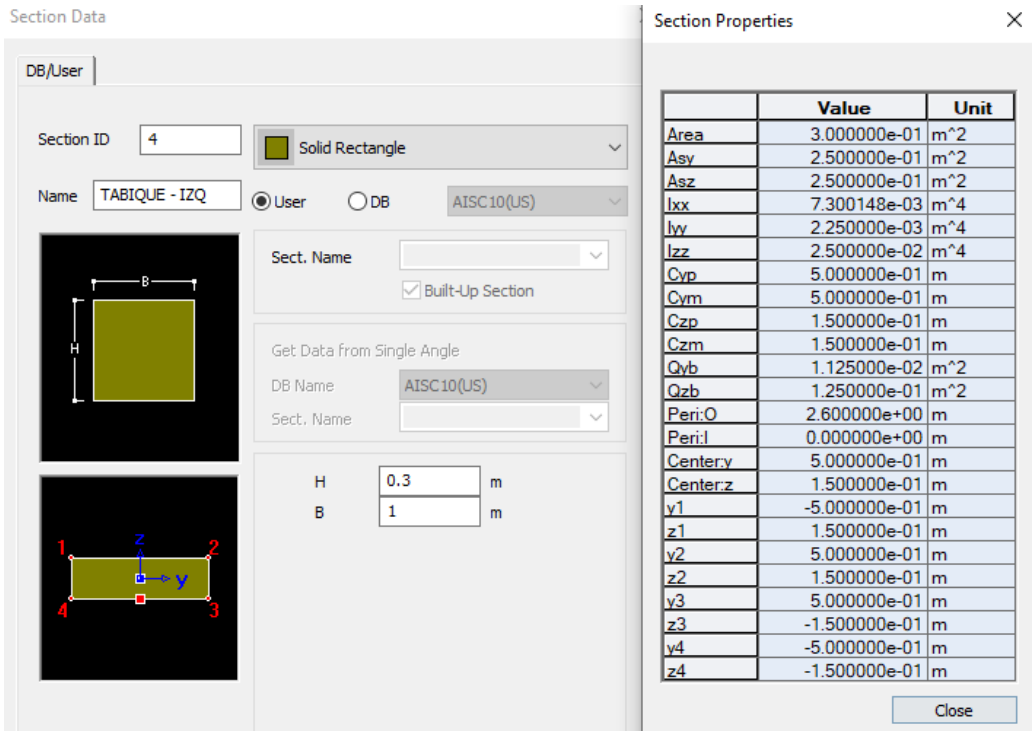



Figura 35. Sección trasversal pared izquierda de alcantarilla abscisa K27+049, K28+627 y K25+571

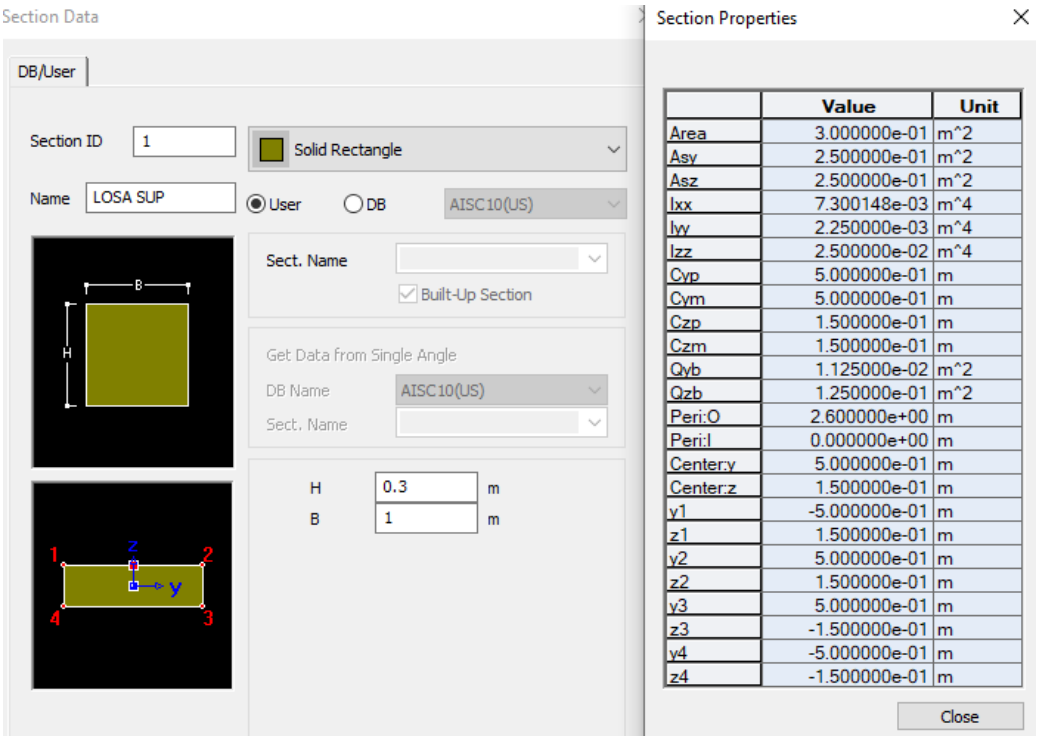



Figura 36. Sección trasversal losa superior de alcantarilla abscisa K27+049, K28+627 y K25+571

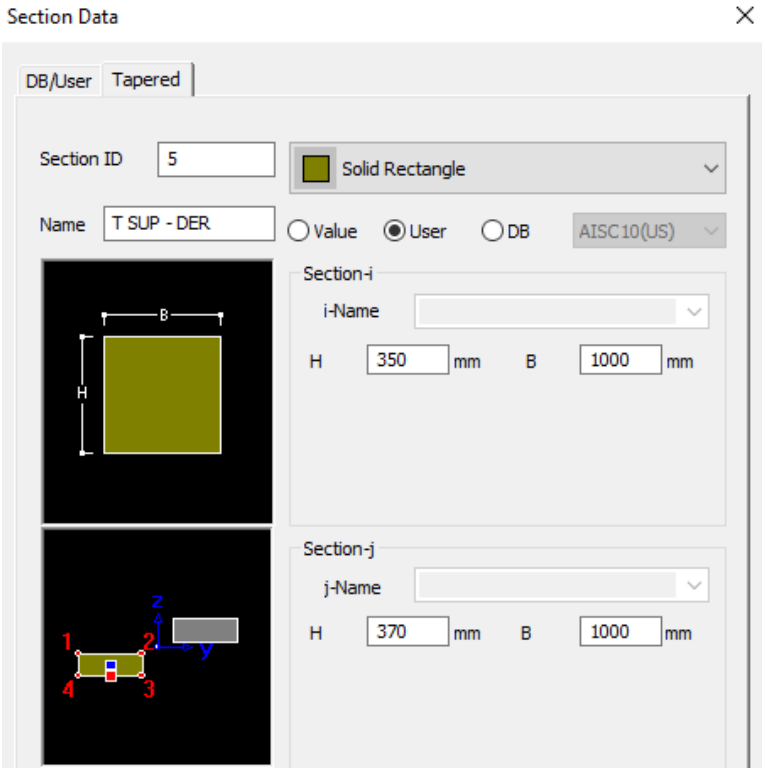



Figura 37. Sección trasversal losa inferior de alcantarilla abscisa K27+049, K28+627 y K25+571

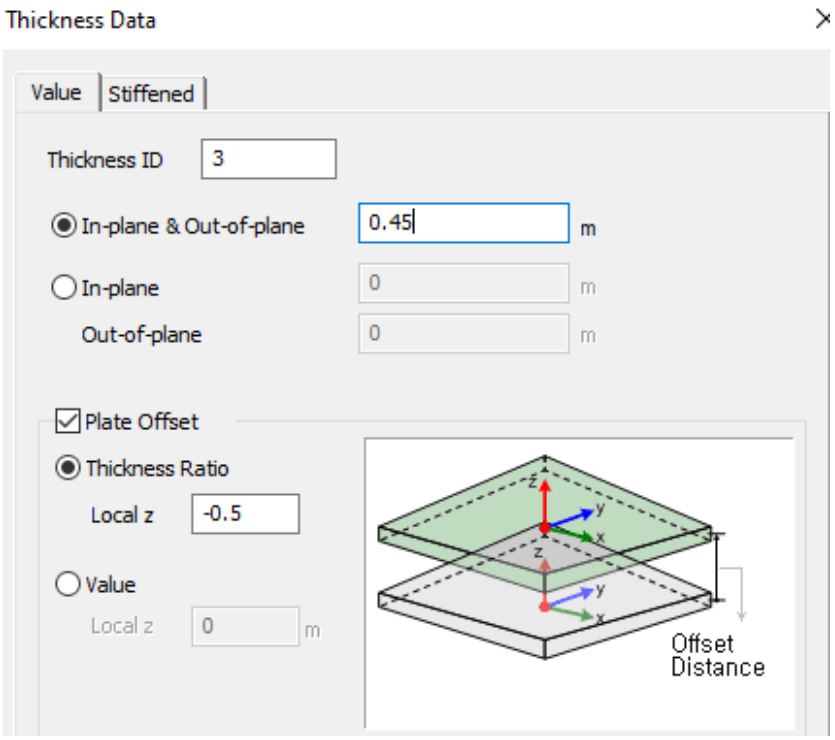



Figura 38. Sección transversal losa superior de alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804

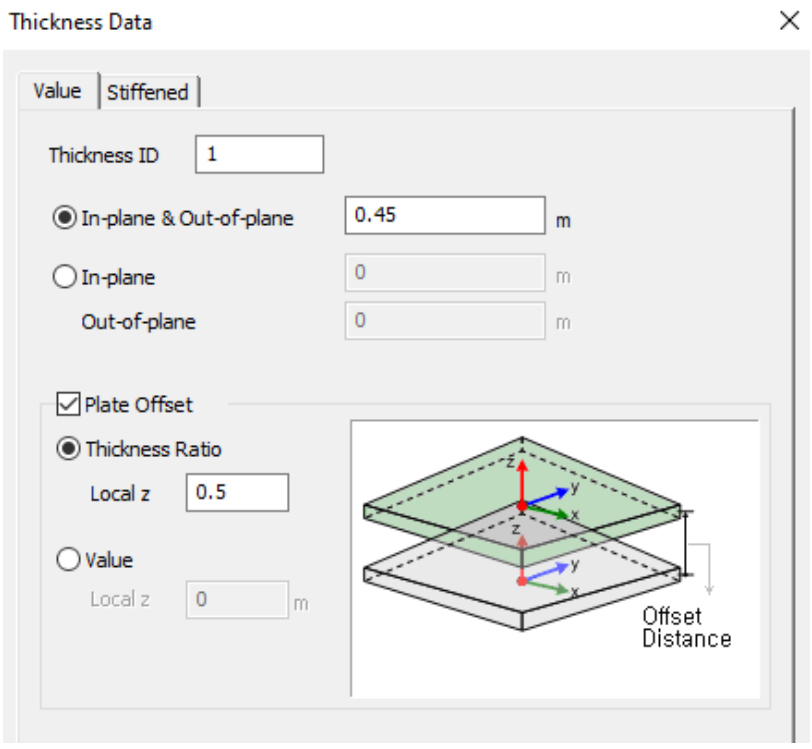



Figura 39. Sección transversal losa inferior de alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804

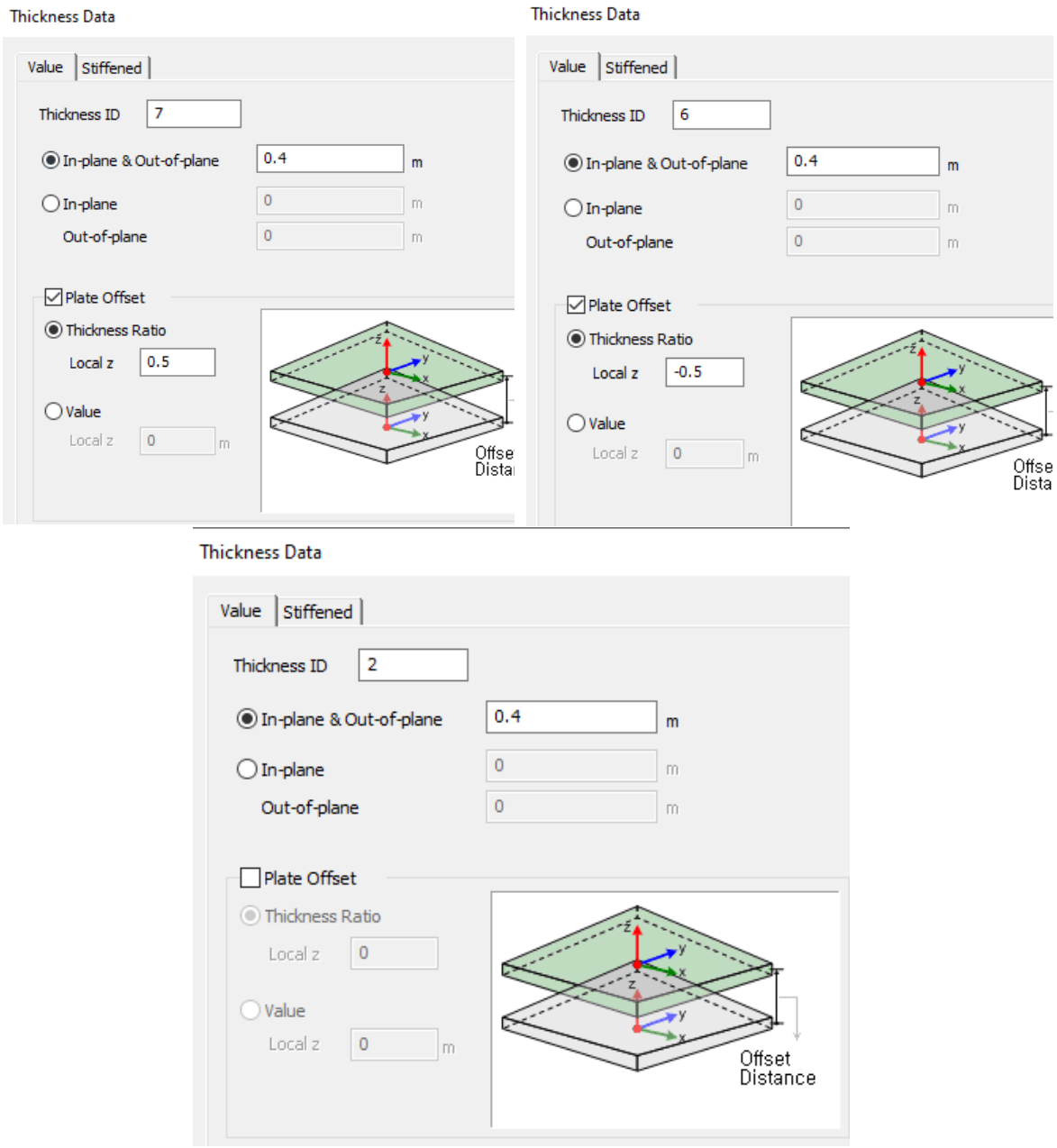



Figura 40. Sección transversal paredes de alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804

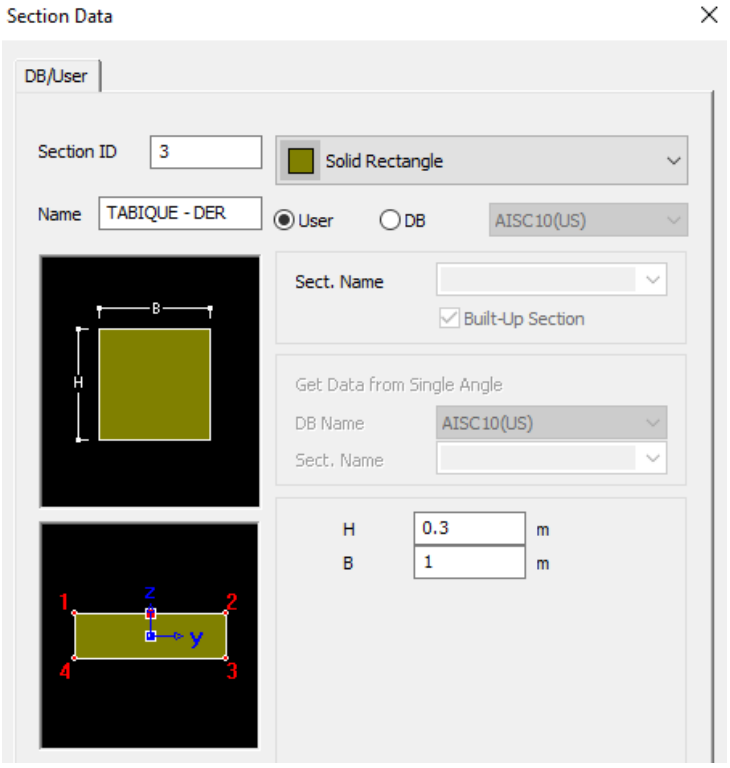



Figura 41. Sección transversal pared derecha alcantarilla de cajón en abscisa K31+004

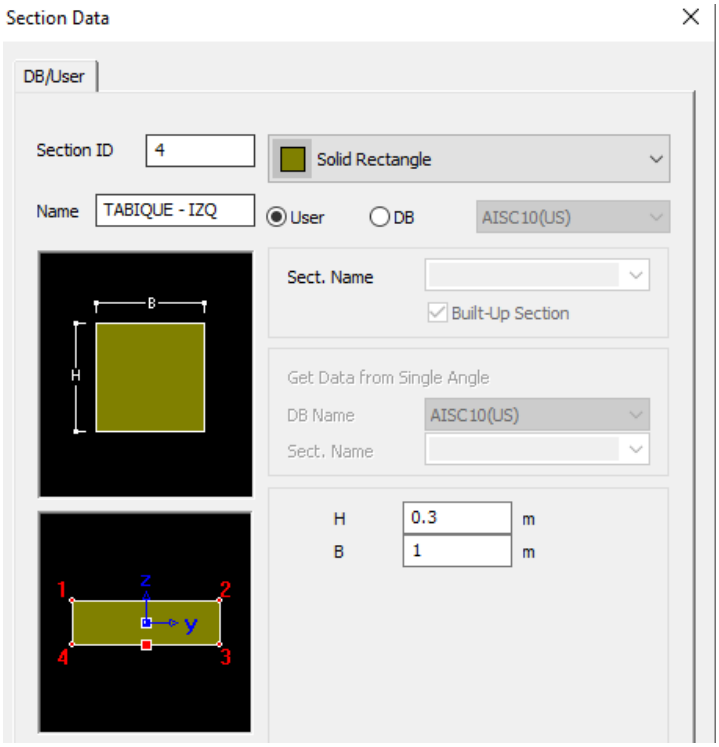



Figura 42. Sección transversal pared izquierda alcantarilla de cajón en abscisa K31+004

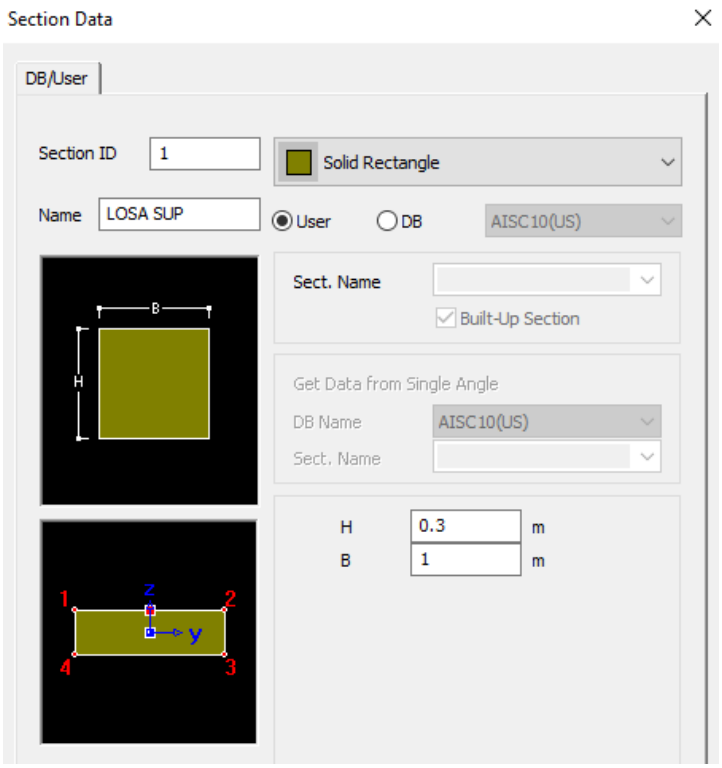



Figura 43.Sección transversal losa superior alcantarilla de cajón en abscisa K31+004

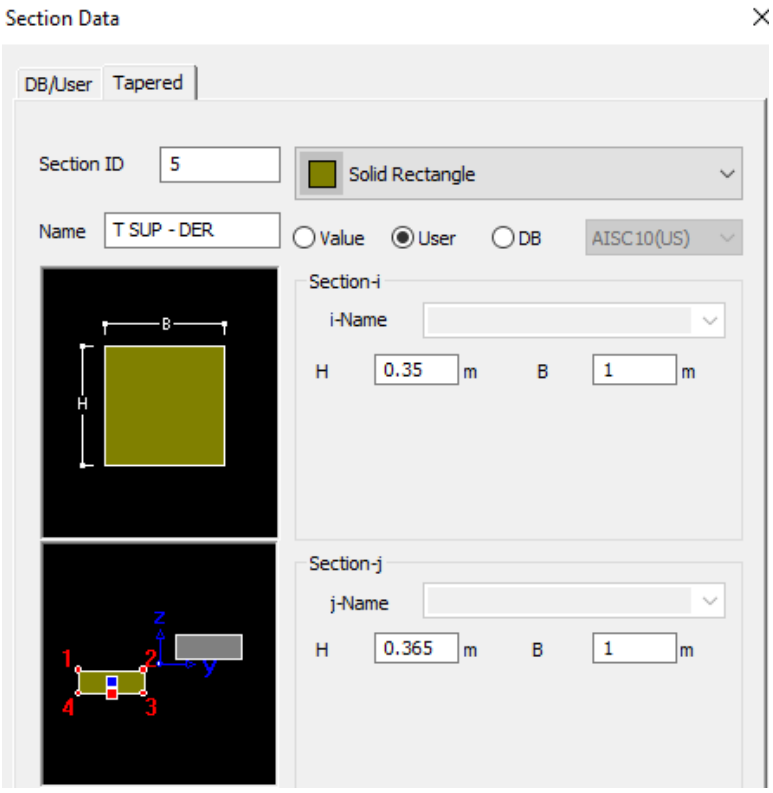



Figura 44. Sección transversal losa inferior alcantarilla de cajón en abscisa K31+004

### 5.2.3 CARGAS APLICADAS

Se modelarán las cargas para la mayor altura de cada tipo de sección.

#### 5.2.3.1 Carga Muerta

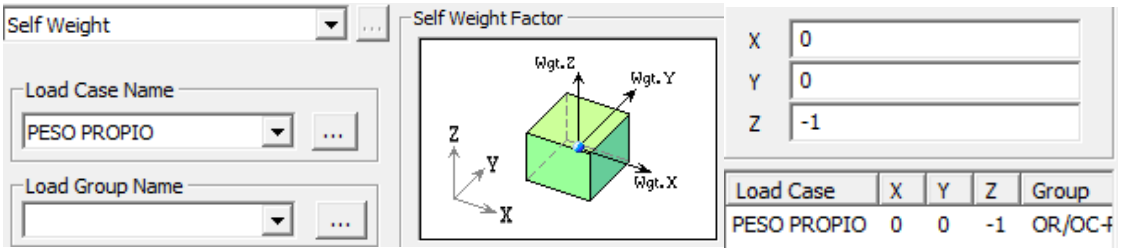
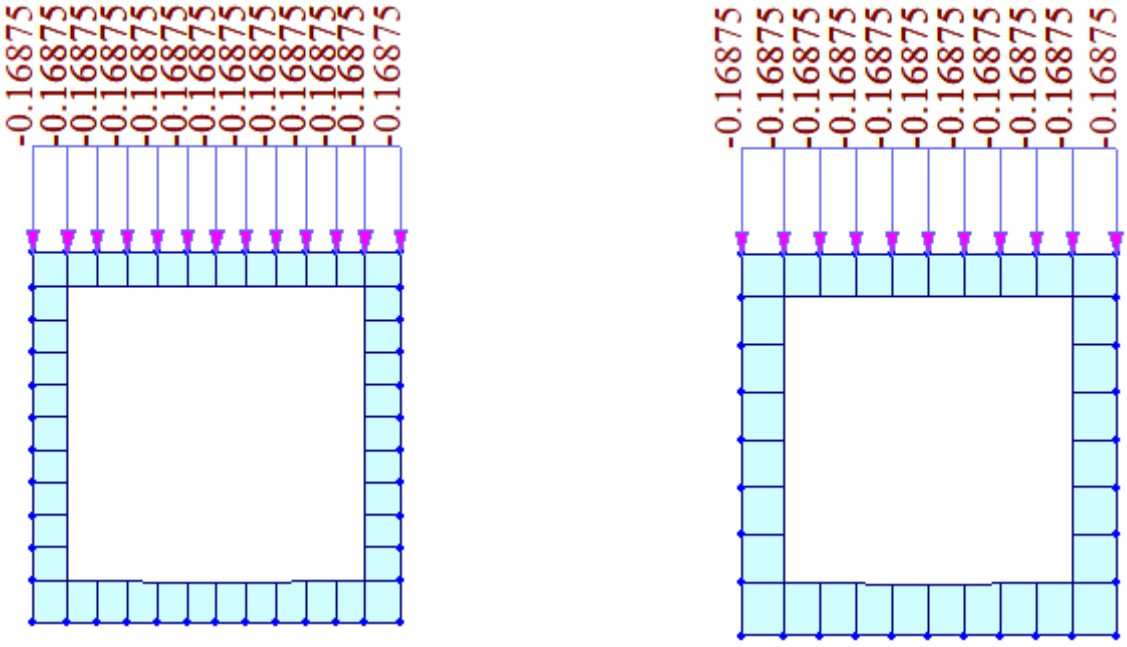



Figura 45. Carga muerta modelada

#### 5.2.3.2 Carpeta asfáltica



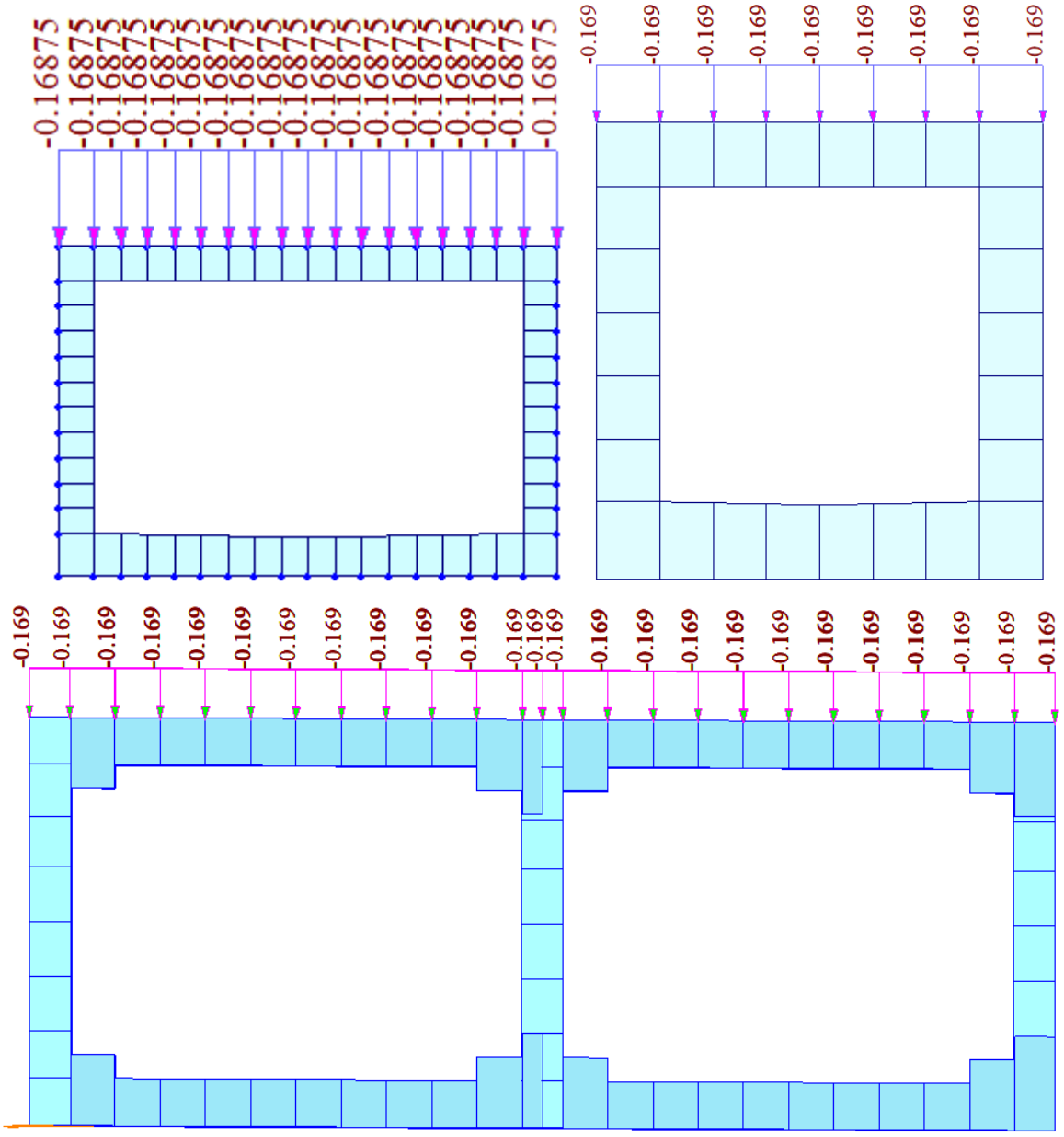



Figura 46. Carga de carpeta asfáltica (t/m) – Alcantarillas de cajón

#### 5.2.3.3 Peso de lleno

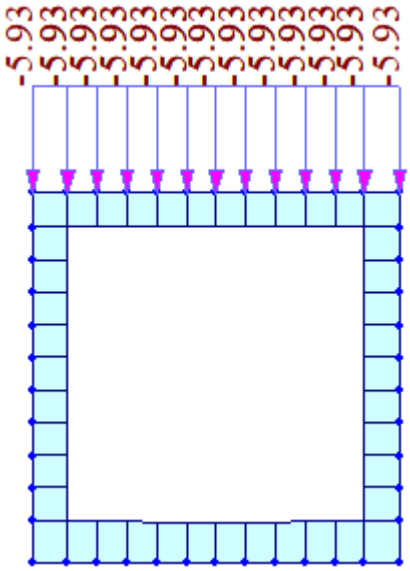



Figura 47. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926

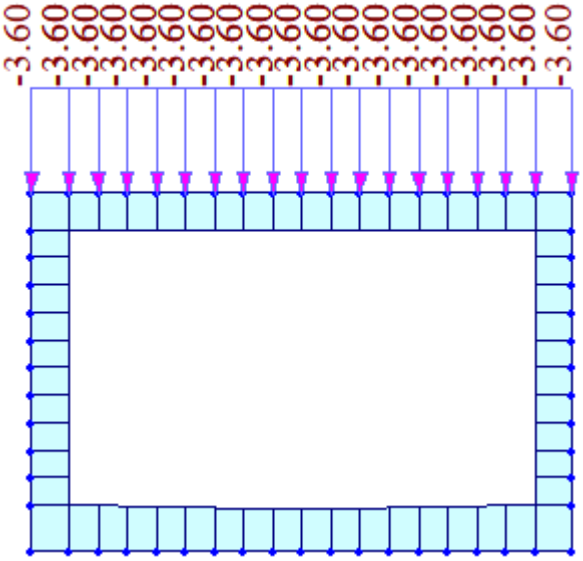



Figura 48. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981

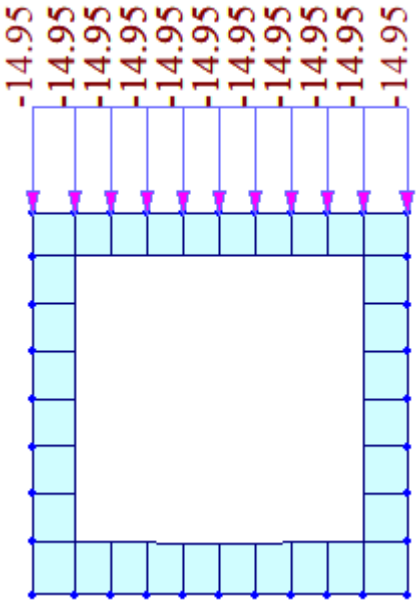



Figura 49. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K27+049, y K28+627

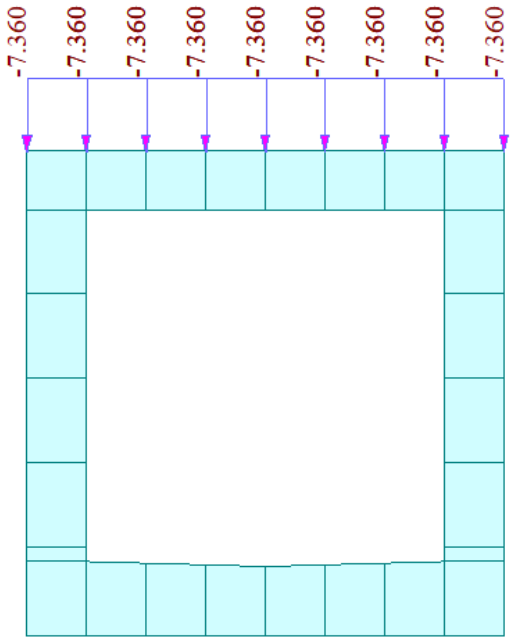



Figura 50. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K25+571

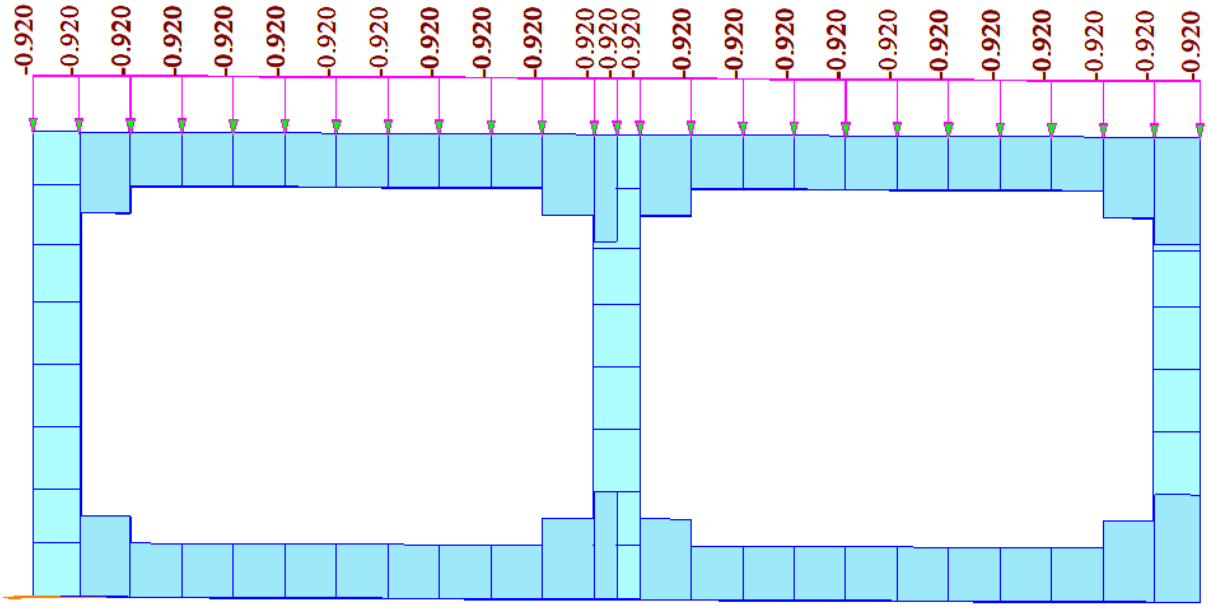



Figura 51. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarillas de cajón K27+712 y K30+804

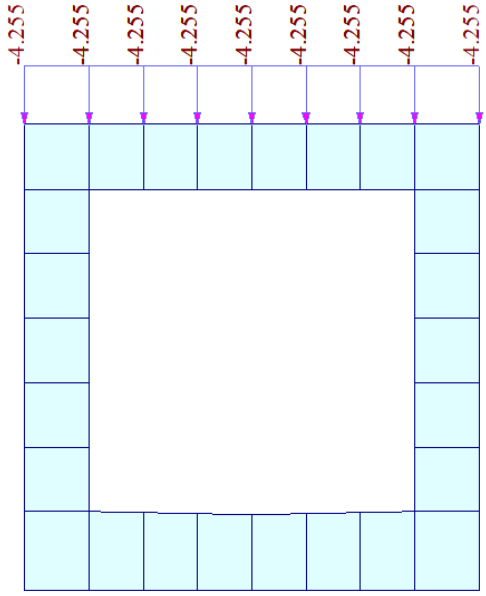



Figura 52. Carga de peso de lleno (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004

#### 5.2.3.4 Empuje Horizontal activo

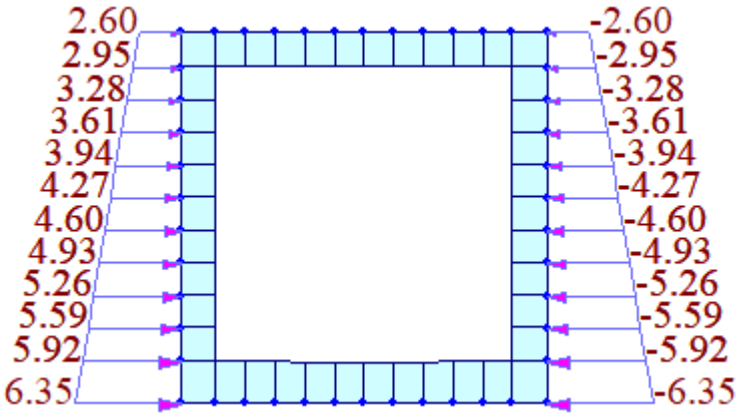



Figura 53. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926

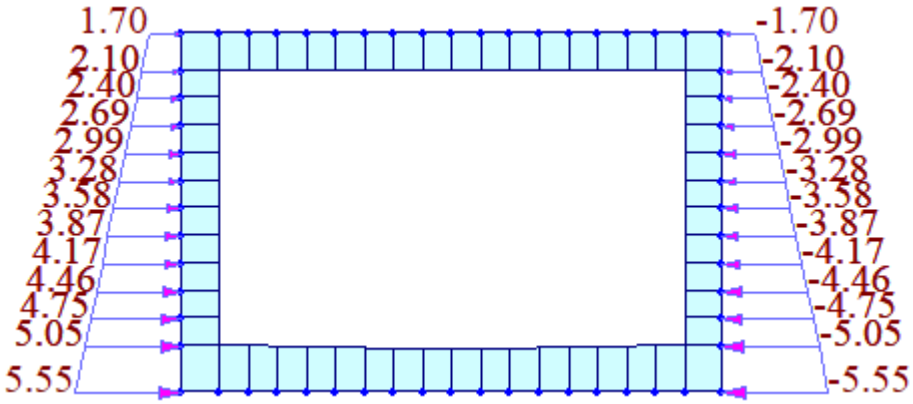



Figura 54. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981

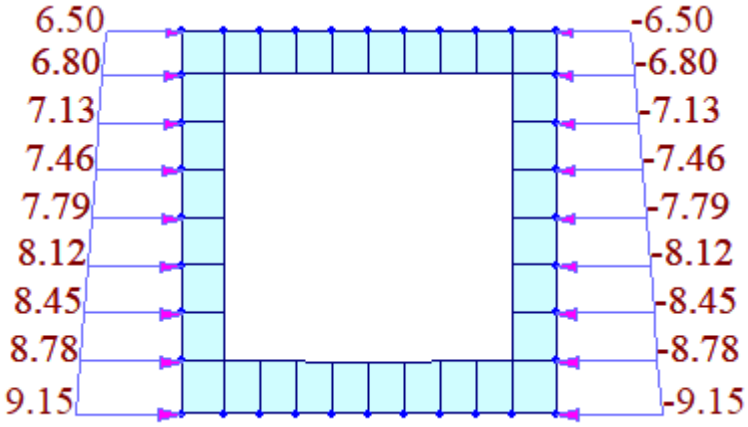



Figura 55.Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

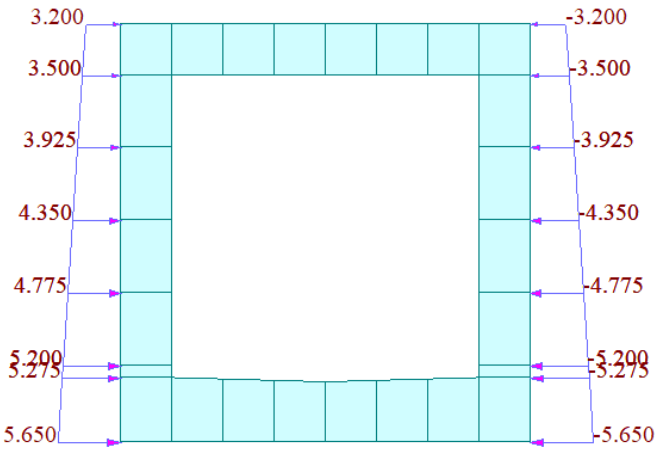



Figura 56.Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K25+571

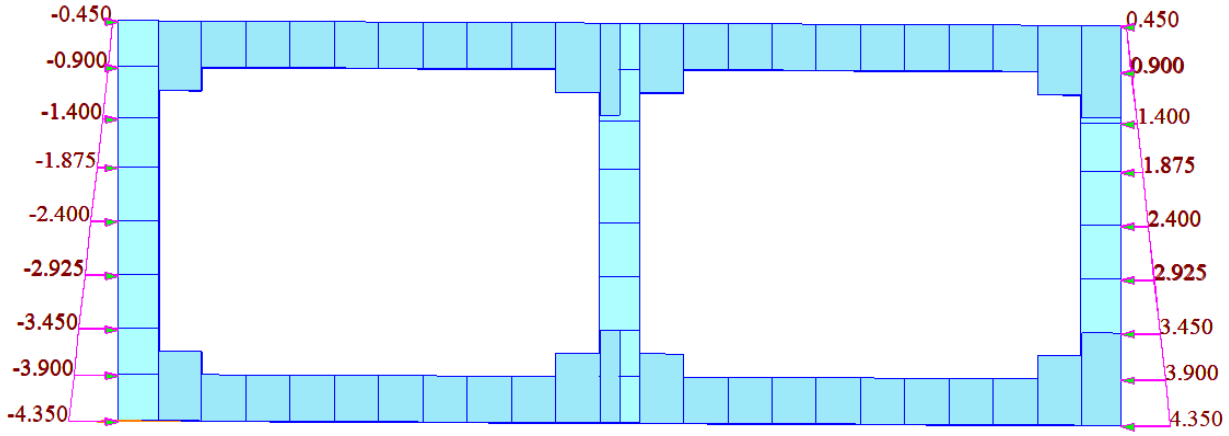



Figura 57. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarillas de cajón K27+712 y K30+804

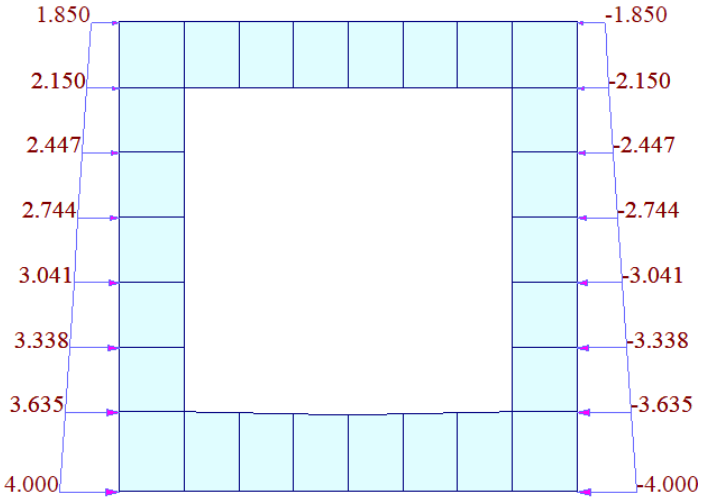



Figura 58. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004

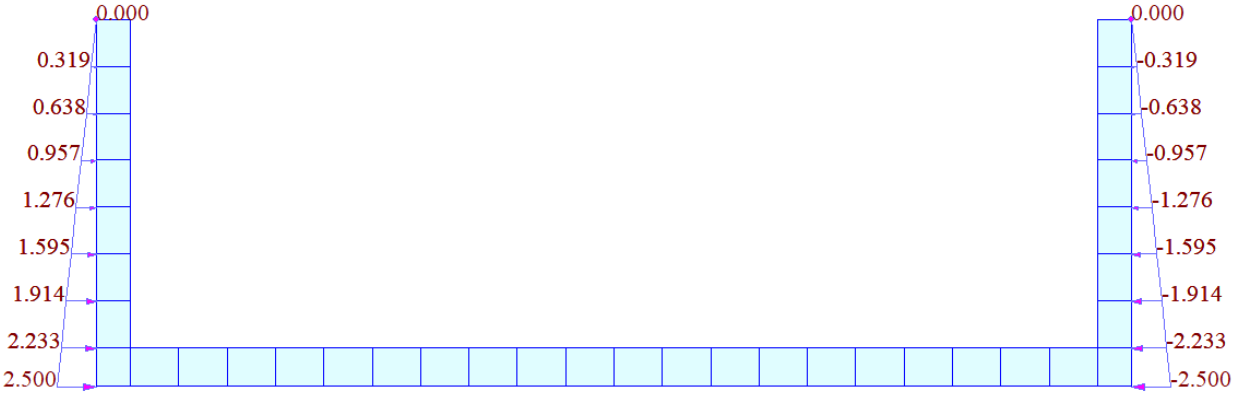



Figura 59. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Estructura de descarga H=3.75 m

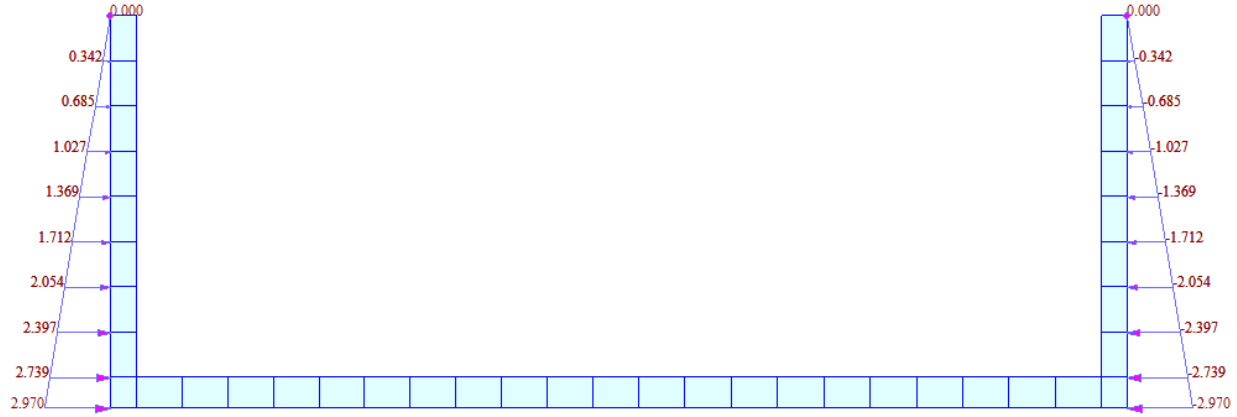



Figura 60. Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Estructura de descarga H=4.50 m

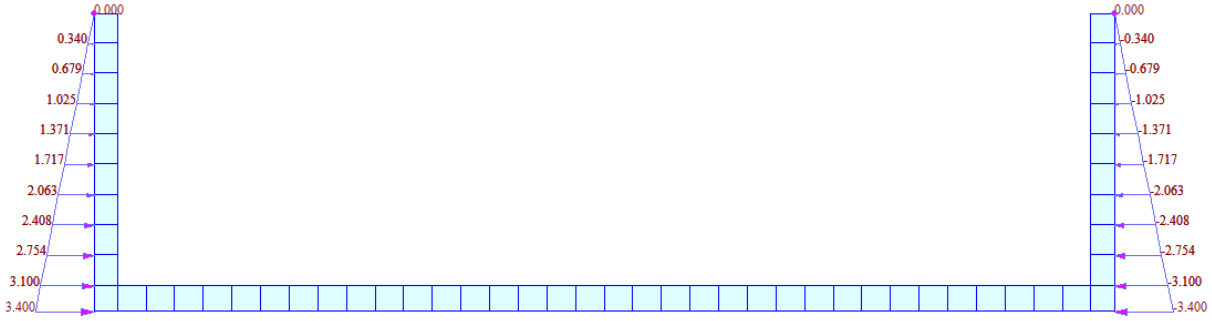



Figura 61.Carga lineal de Empuje horizontal (t/m) – Estructura de descarga H=5.10 m

### 5.2.3.5 Sobrecarga por carga viva

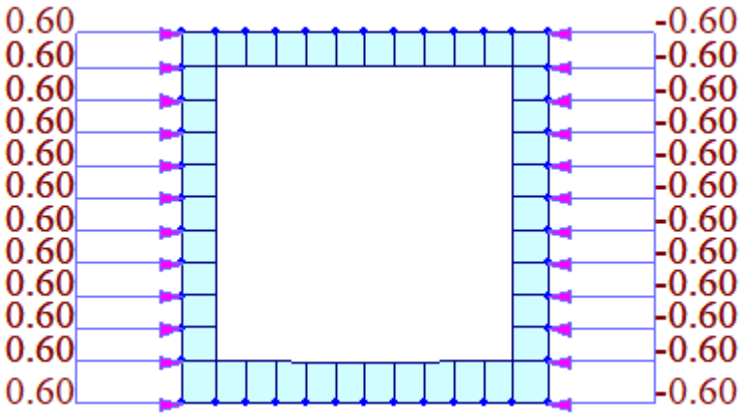



Figura 62. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926

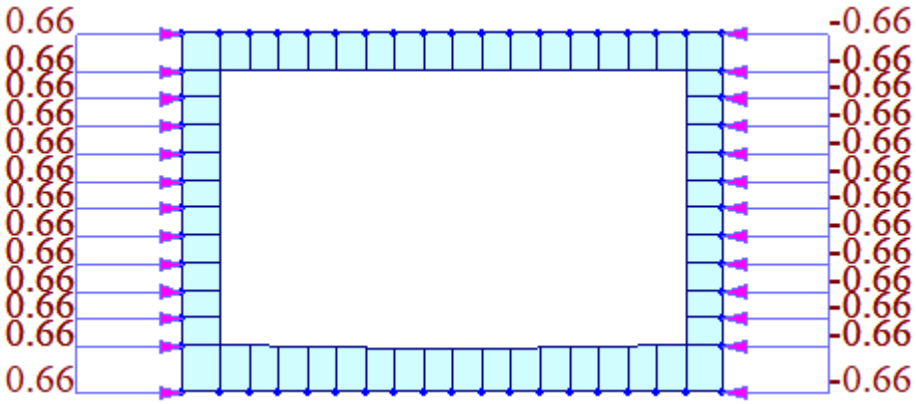



Figura 63. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981

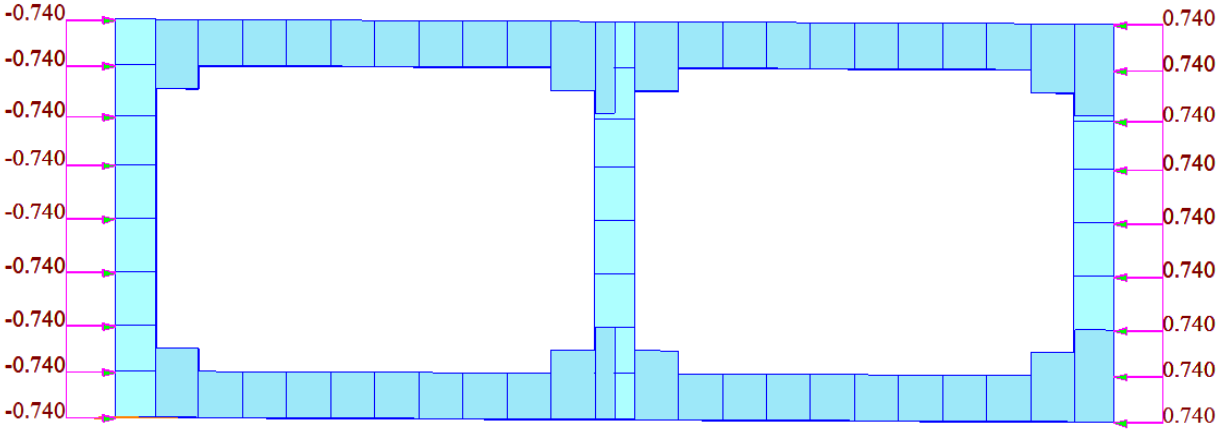



Figura 64. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Alcantarillas de cajón K27+712 y K30+804

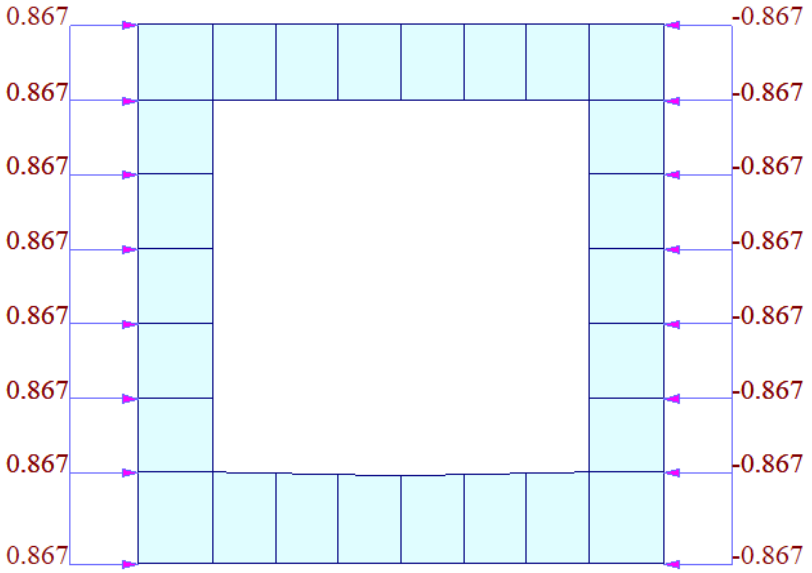



Figura 65. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004

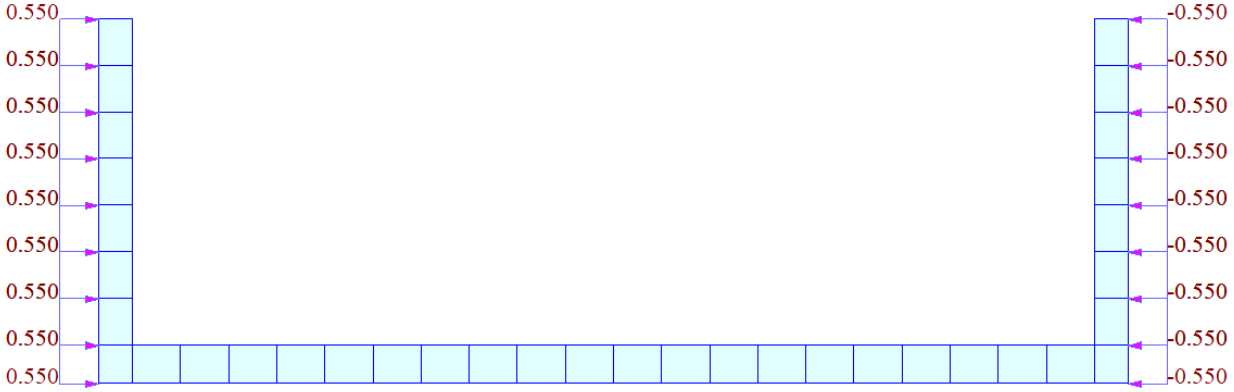



Figura 66. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Estructura de descarga H=3.75 m

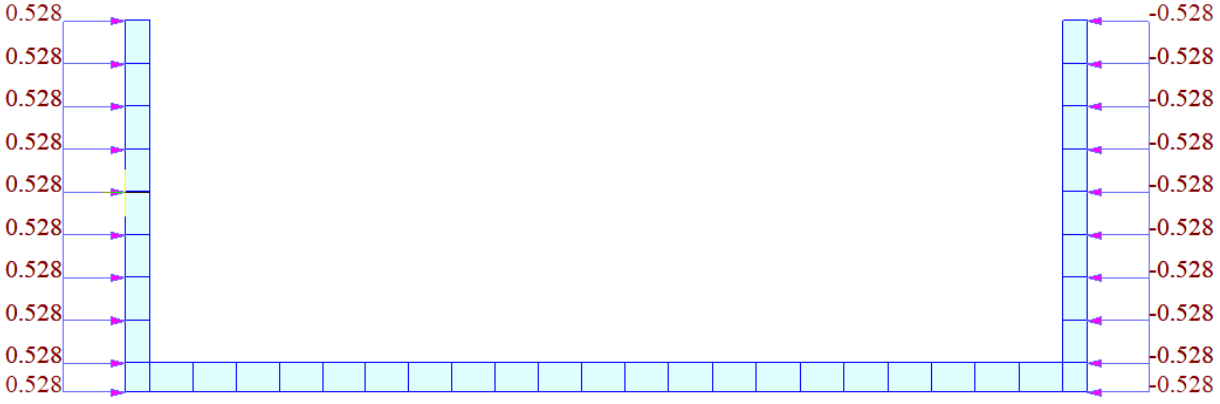



Figura 67. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Estructura de descarga H=4.50m

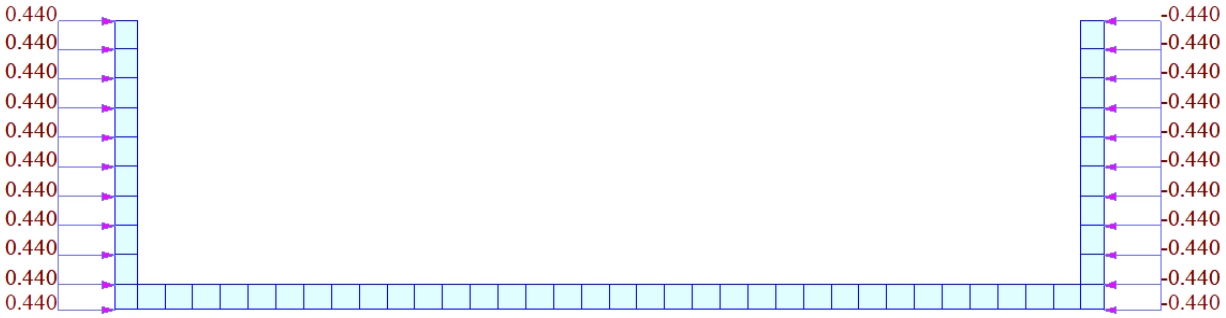



Figura 68. Sobrecarga por carga viva (t/m) – Estructura de descarga H=5.10 m

5.2.3.6 **Presión de agua**

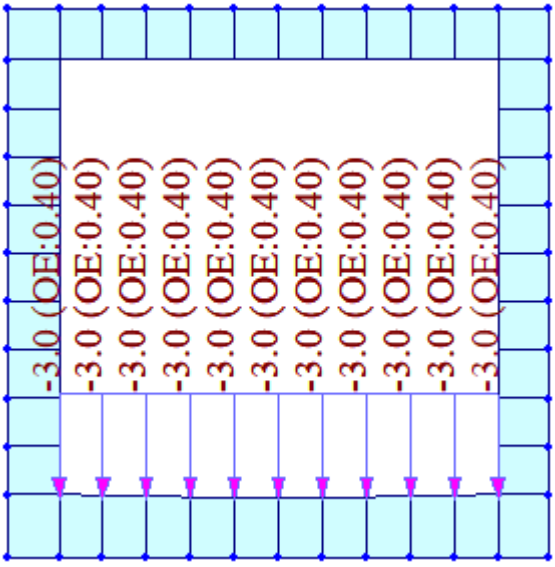



Figura 69. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926

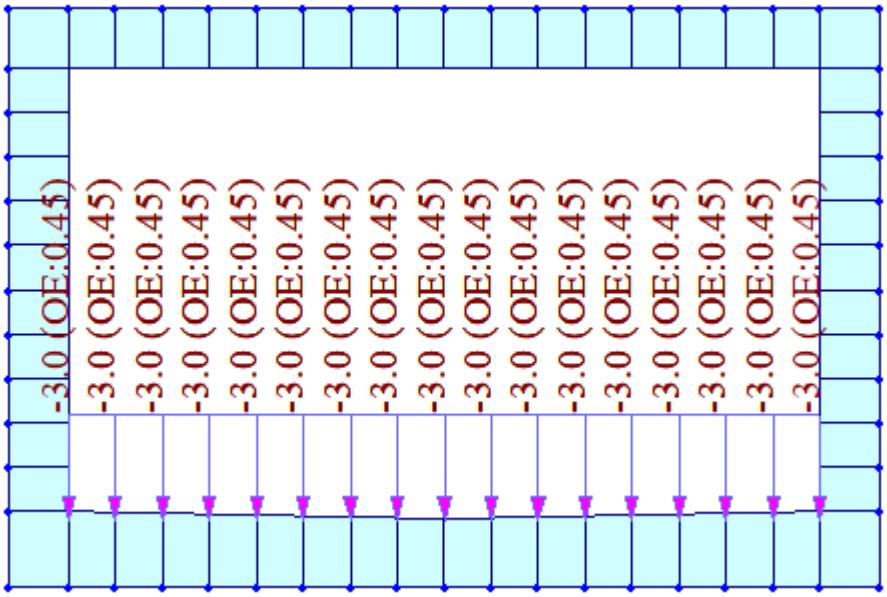



Figura 70. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981

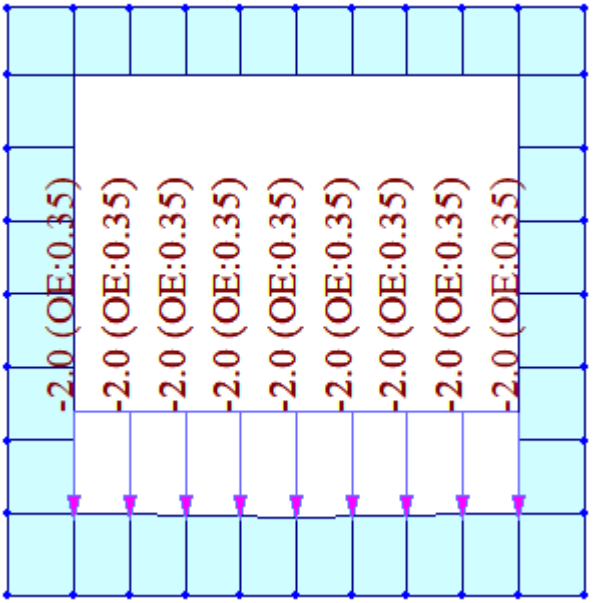



Figura 71. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

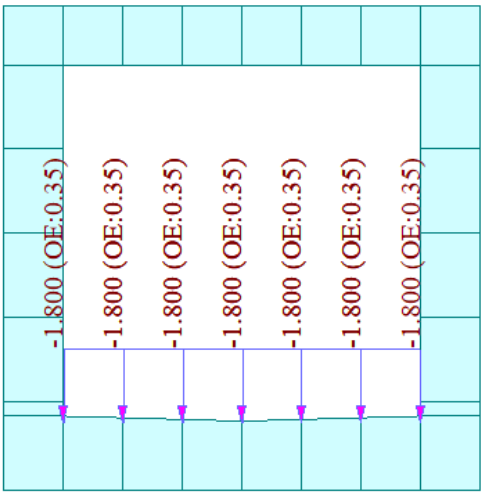



Figura 72. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K25+571

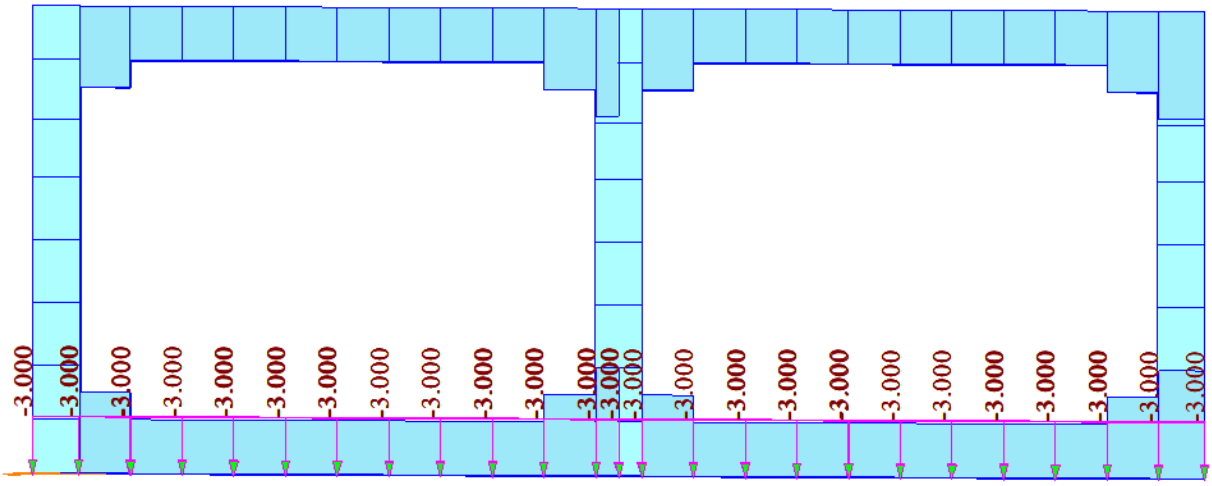



Figura 73. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K27+712 y K30+804

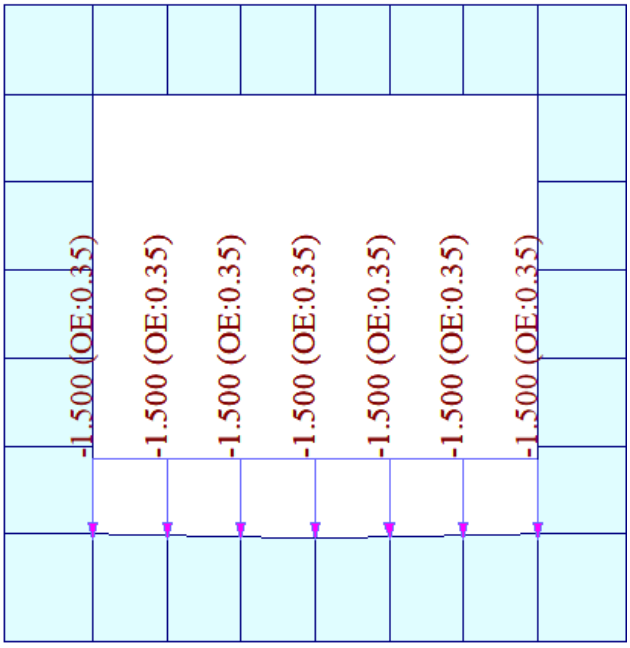



Figura 74. Presión de agua (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004

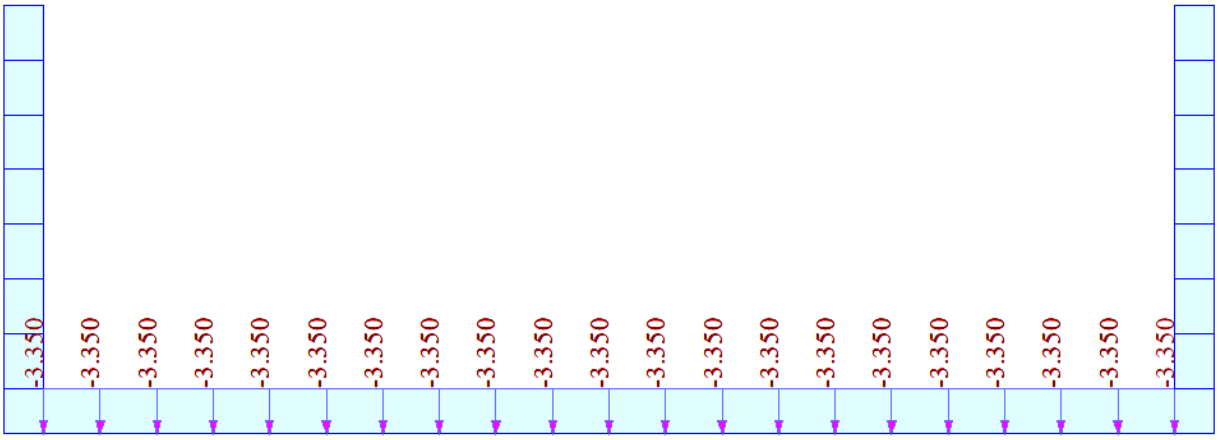



Figura 75. Presión de agua (t/m) – Estructura de descarga H=3.75 m

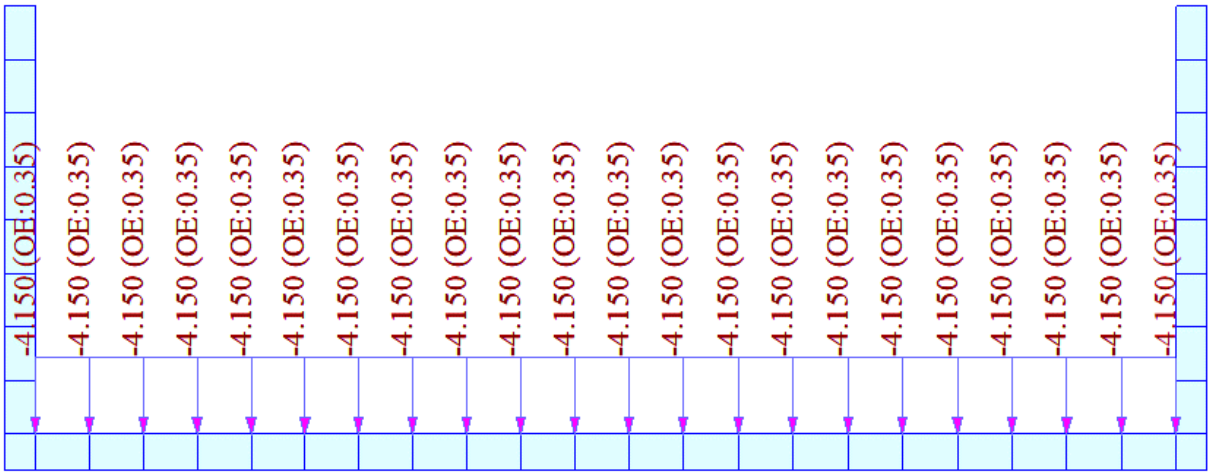



Figura 76. Presión de agua (t/m) – Estructura de descarga H=4.50 m

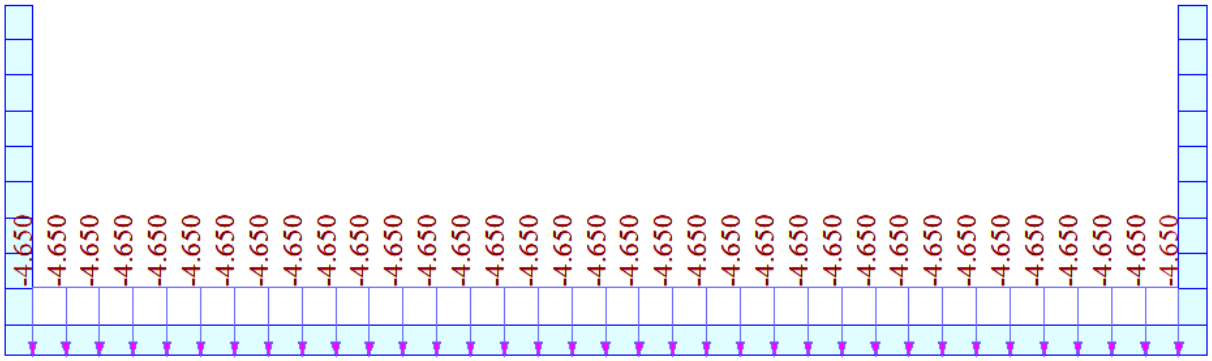



Figura 77. Presión de agua (t/m) – Estructura de descarga H=5.10m

**Nota:** Se consideraron dos (2) casos de carga de presión de agua: con presencia y sin presencia de la corriente, se diseña para el caso más desfavorable. Conservadoramente, no se modela el empuje lateral de agua, puesto que es una fuerza favorable que contrarresta los empujes del terreno

### 5.2.3.7 Carga viva vehicular

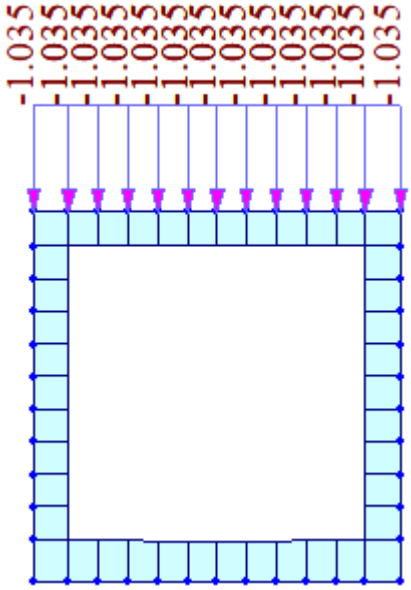



Figura 78. Carga viva vehicular (t/m) – Alcantarilla de cajón K23+926

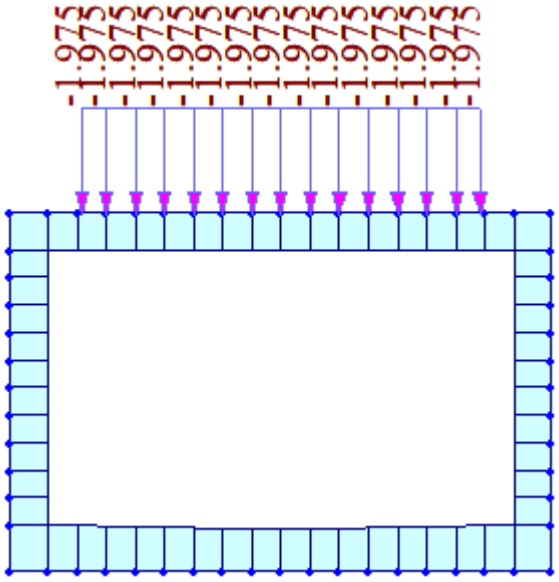



Figura 79. Carga viva vehicular (t/m) – Alcantarilla de cajón K24+981

Para la definición de la carga viva vehicular de las alcantarillas de cajón en las abscisas K27+712 y K30+804 se tomaron en consideración el movimiento transversal de los vehículos a lo largo ancho de los carriles definidos. Se consideró a lo sumo la acción simultanea de dos líneas de carga; se presenta los *Lanes* de carga lineal modelado en MIDAS CIVIL.

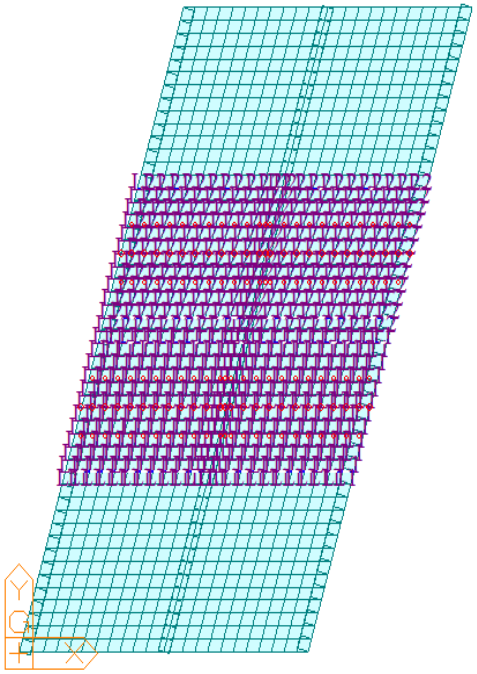


Figura 80. Lanes de Carga Viva - Caso 1: Dos (2) líneas orientadas hacia la izquierda de calzada- alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804

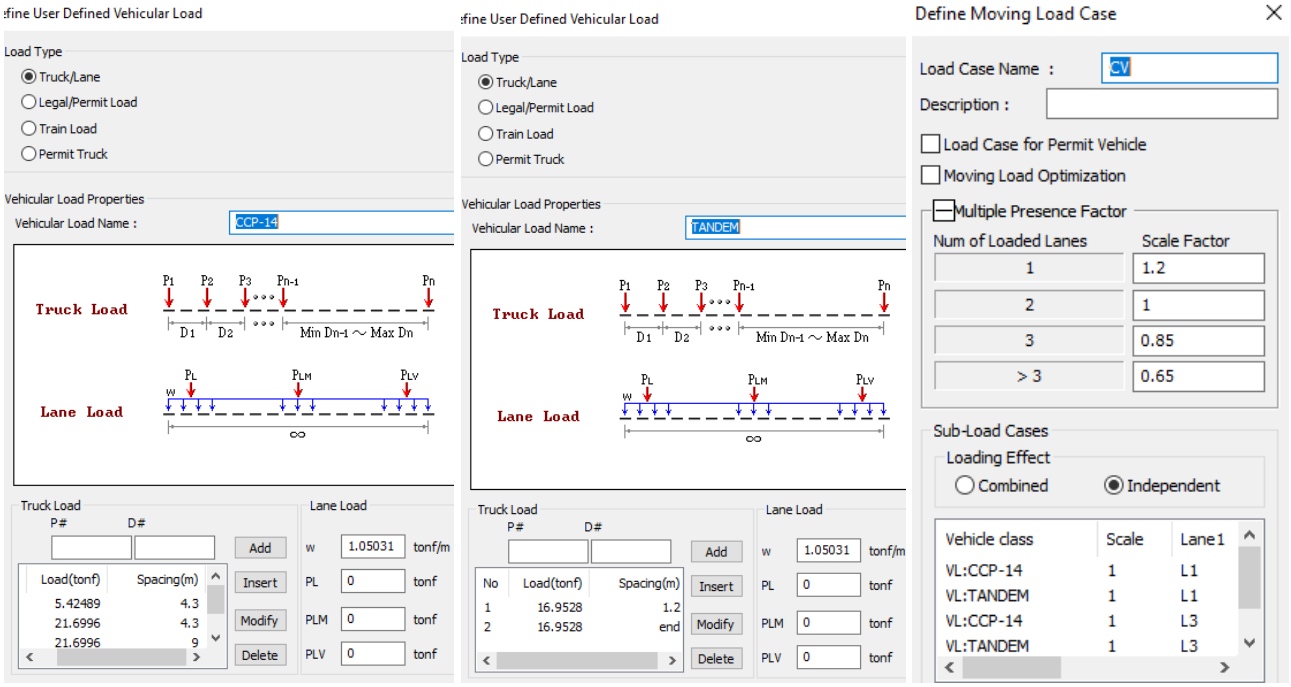



Figura 81. Definición de Camión y Tándem + Carga de línea y de estado de carga viva- alcantarillas de cajón en abscisas K27+712 y K30+804

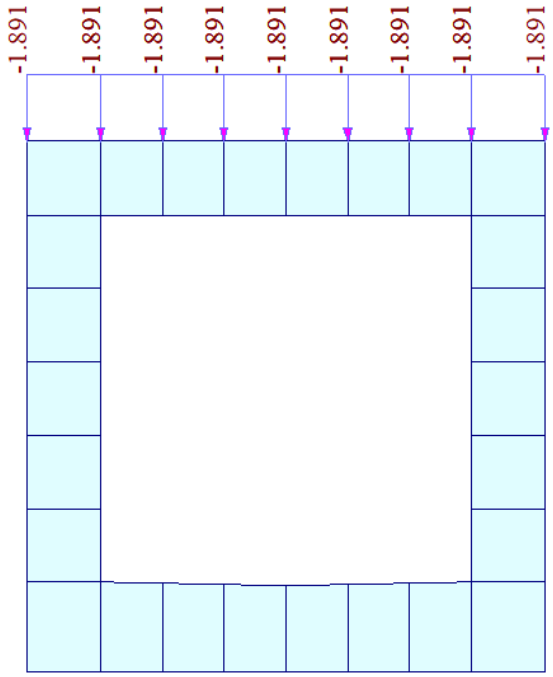



Figura 82. Carga viva vehicular (t/m) – Alcantarilla de cajón K31+004

### 5.2.3.8 Carga dinámica del suelo

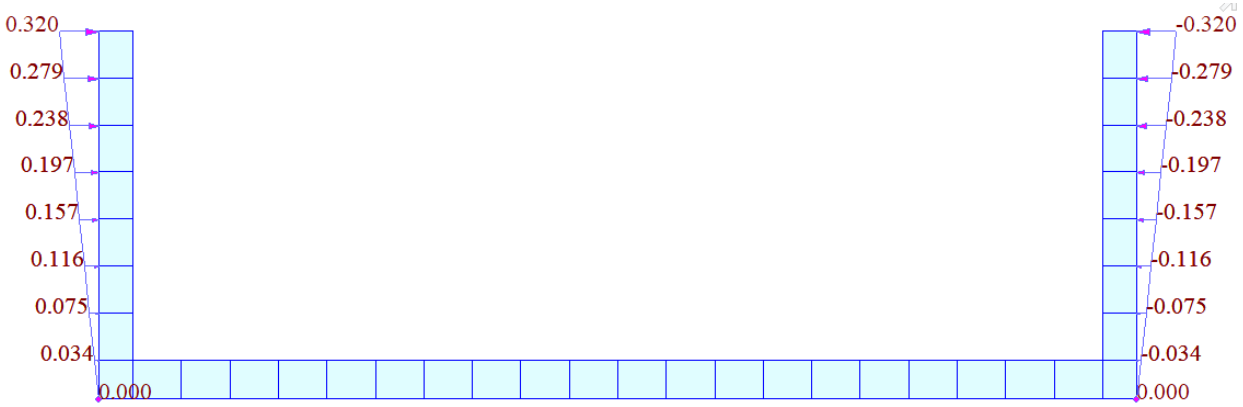



Figura 83. Carga dinamina del suelo (t/m)- Estructura de descarga H=3.75 m

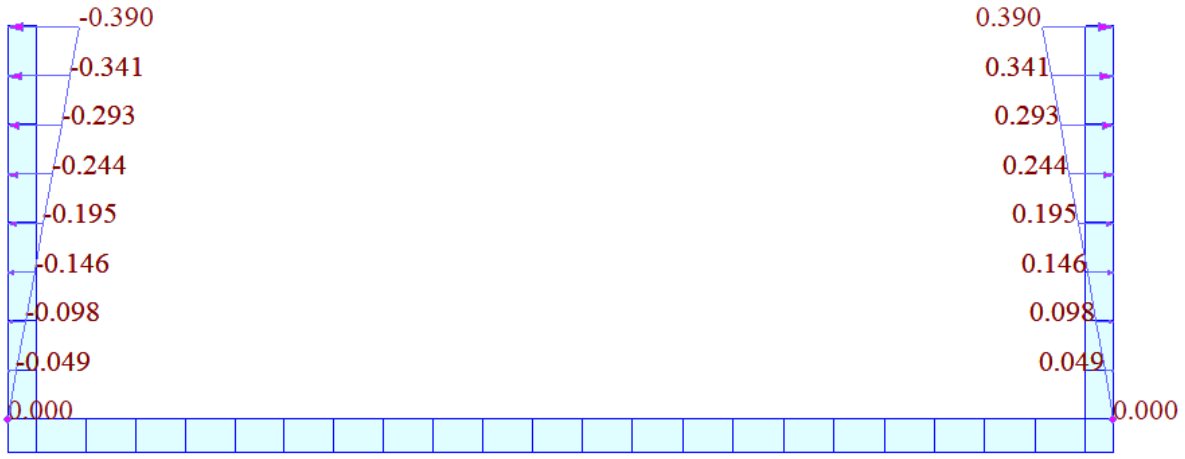



Figura 84. Carga dinamina del suelo (t/m)- Estructura de descarga H=4.50 m

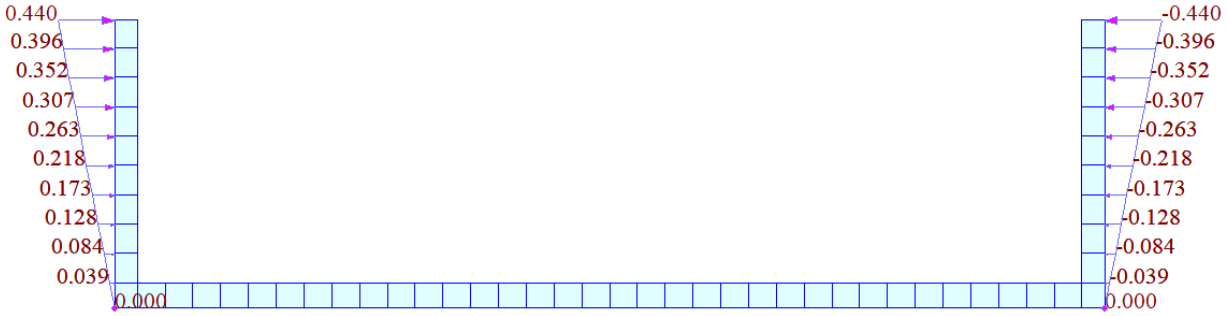



Figura 85. Carga dinamina del suelo (t/m)- Estructura de descarga H=5.10 m

## 5.3 DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN

La estructura se diseña para las condiciones más desfavorables que se pueden presentar durante su etapa constructiva y en condición de operación y servicio.

### 5.3.1 SOLICITACIONES

A continuación, se presentan las solicitaciones de las alcantarillas de cajón.

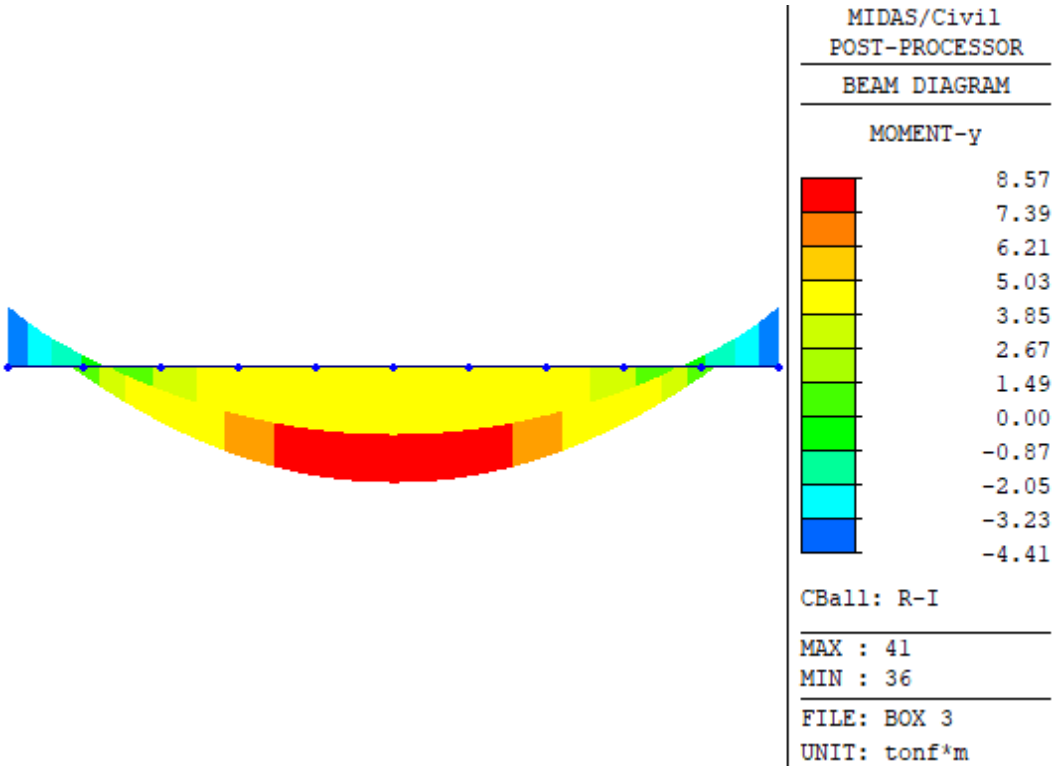



Figura 86. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K23+926

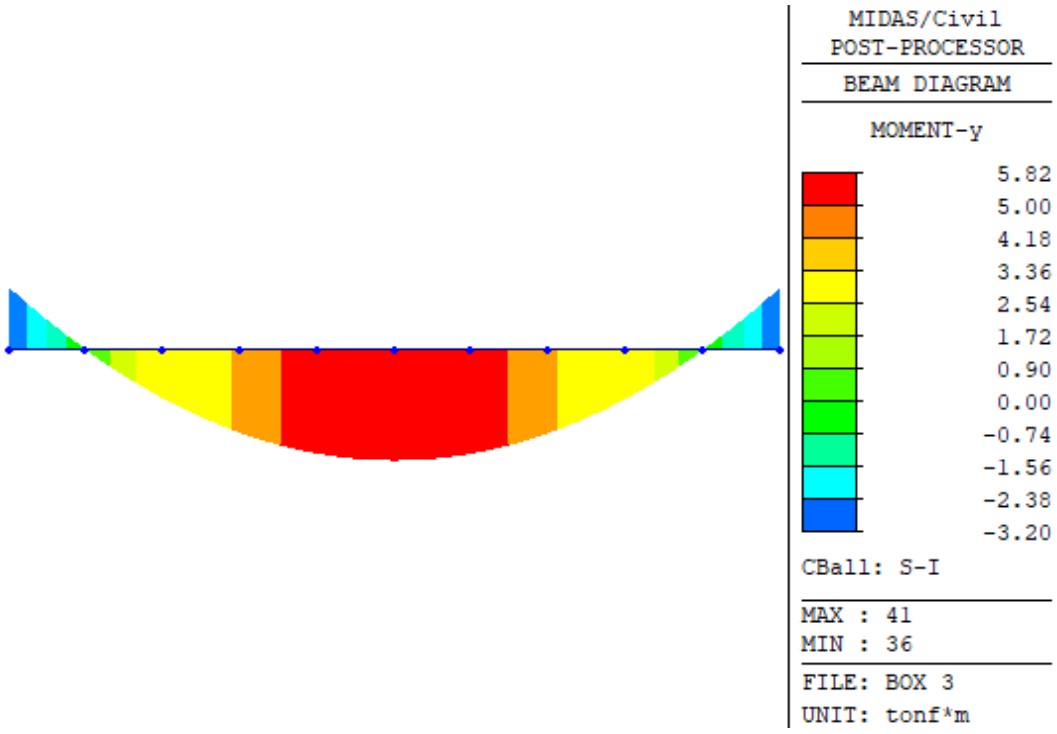



Figura 87. Momento en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K23+926

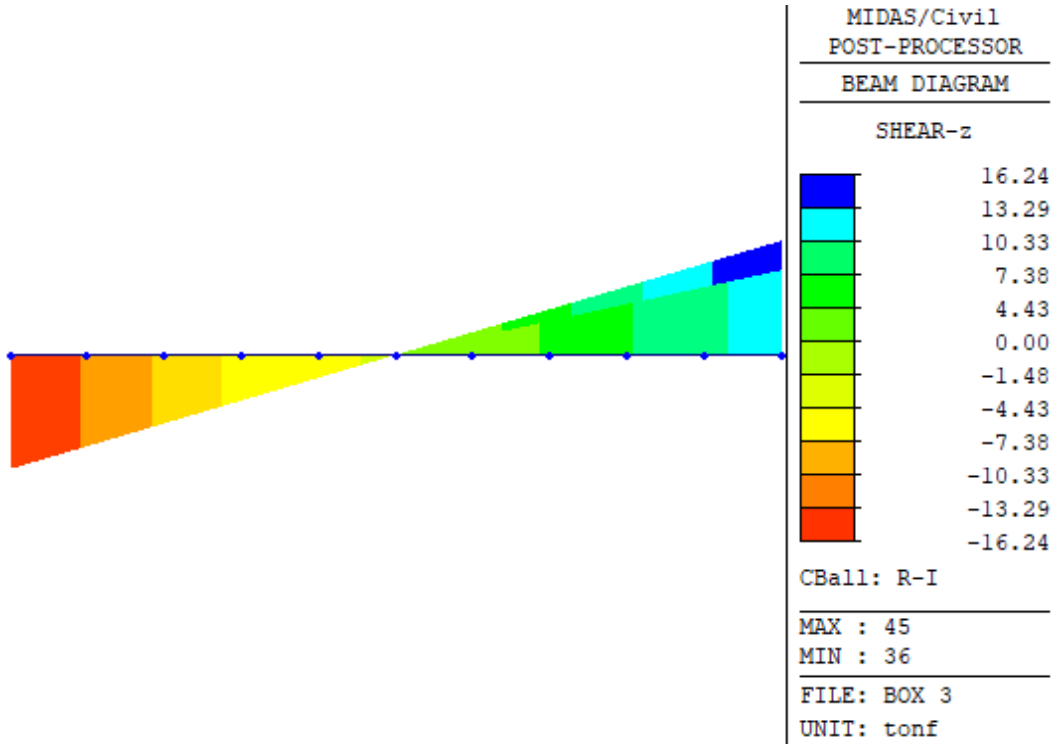



Figura 88. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K23+926

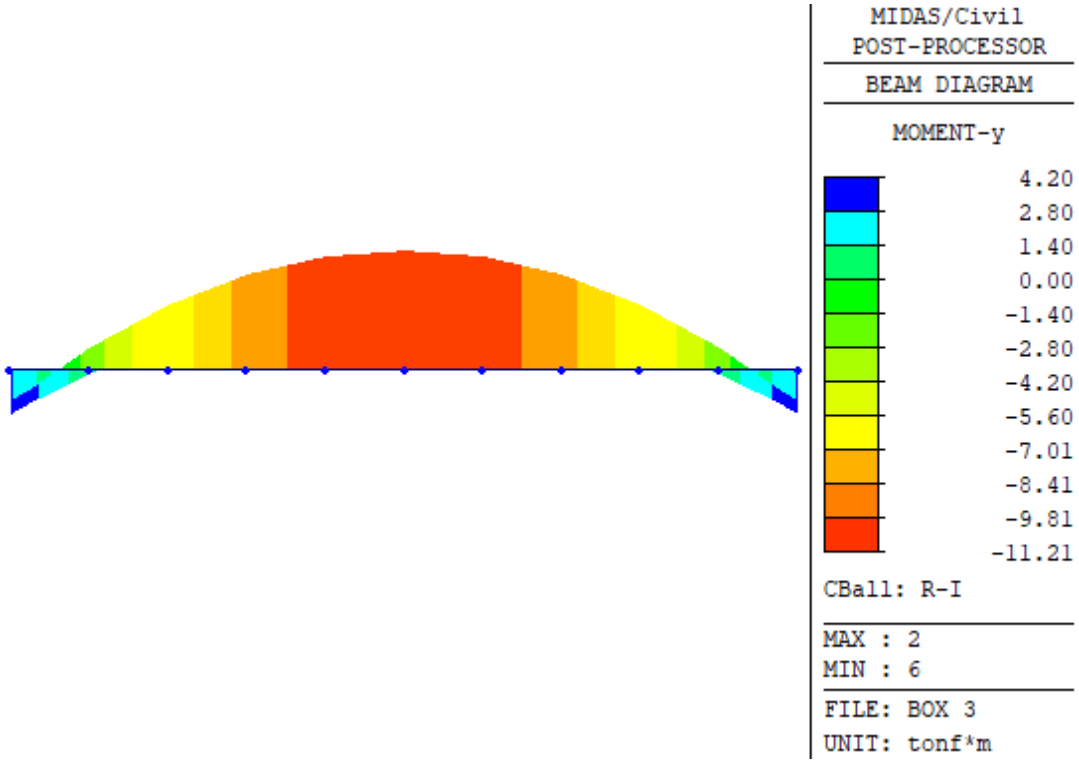



Figura 89. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K23+926

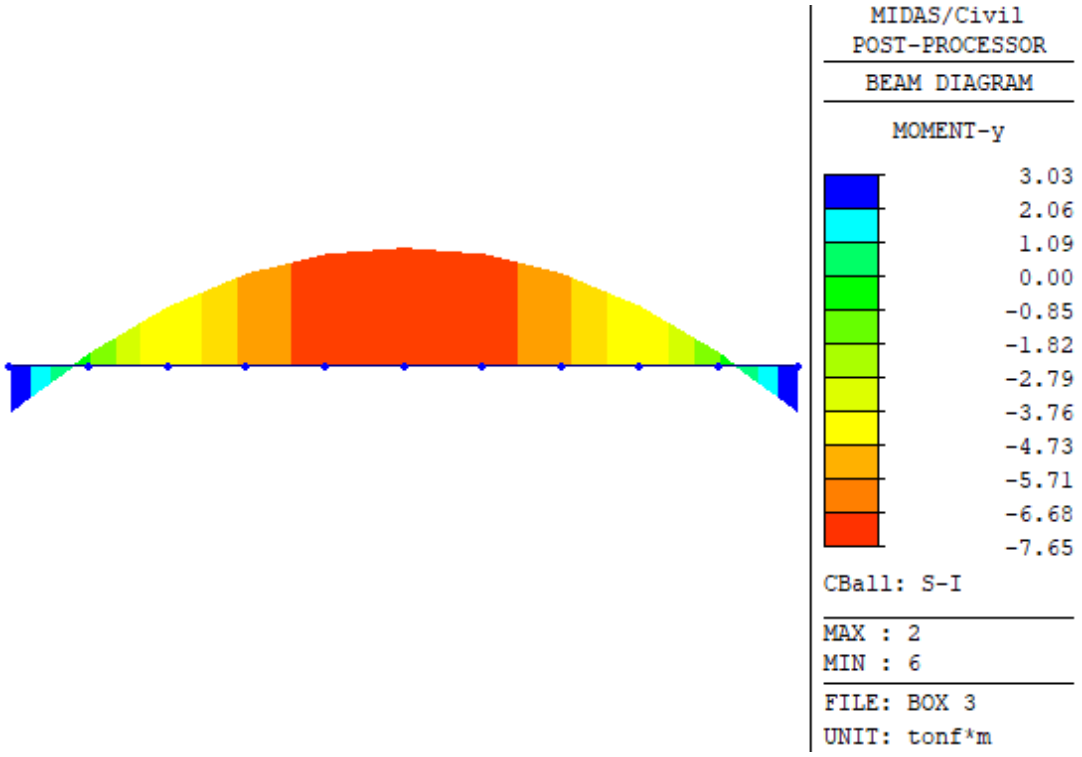



Figura 90. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K23+926

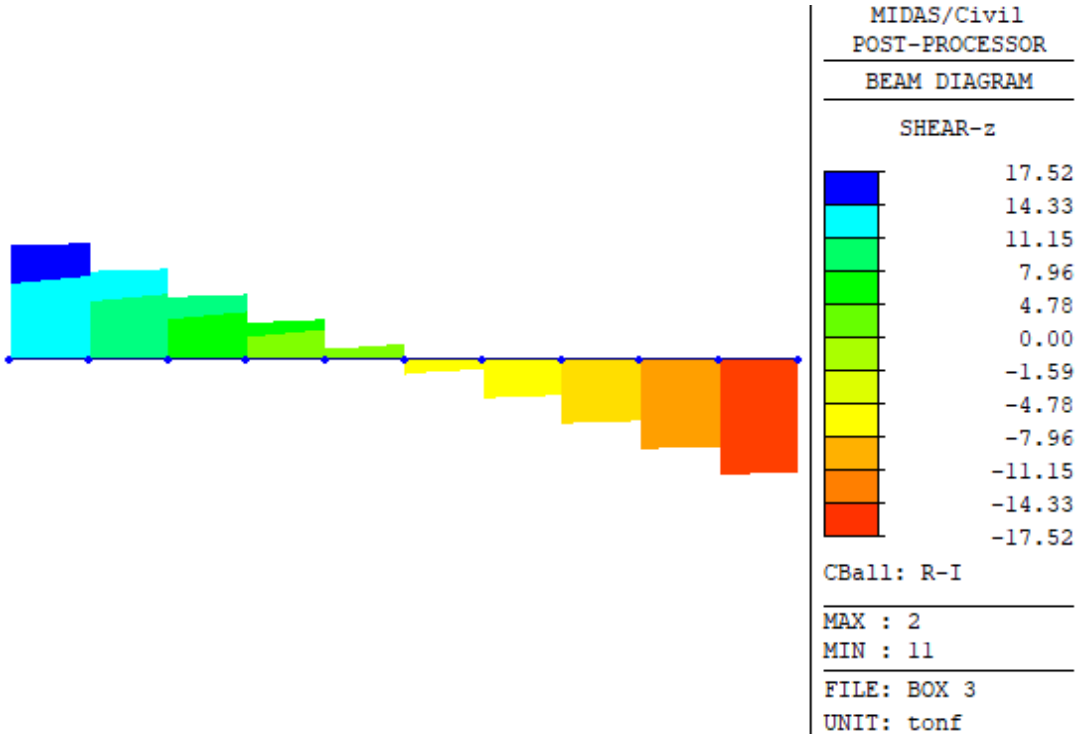



Figura 91. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K23+926

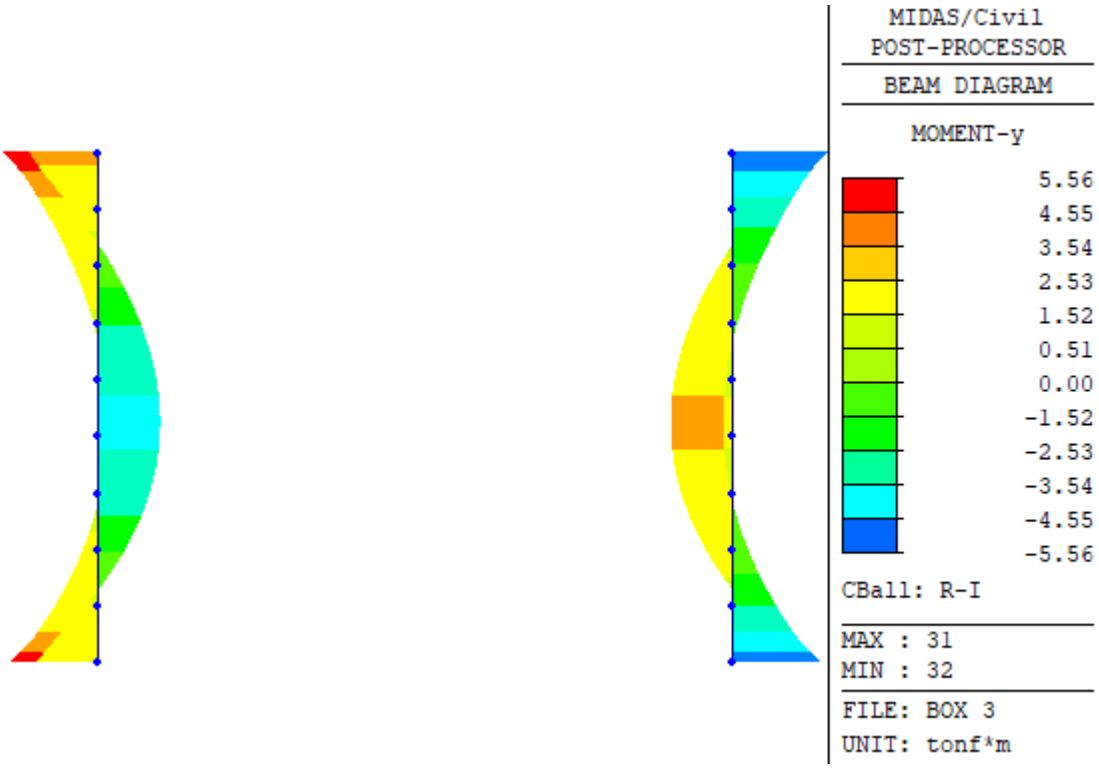



Figura 92. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K23+926

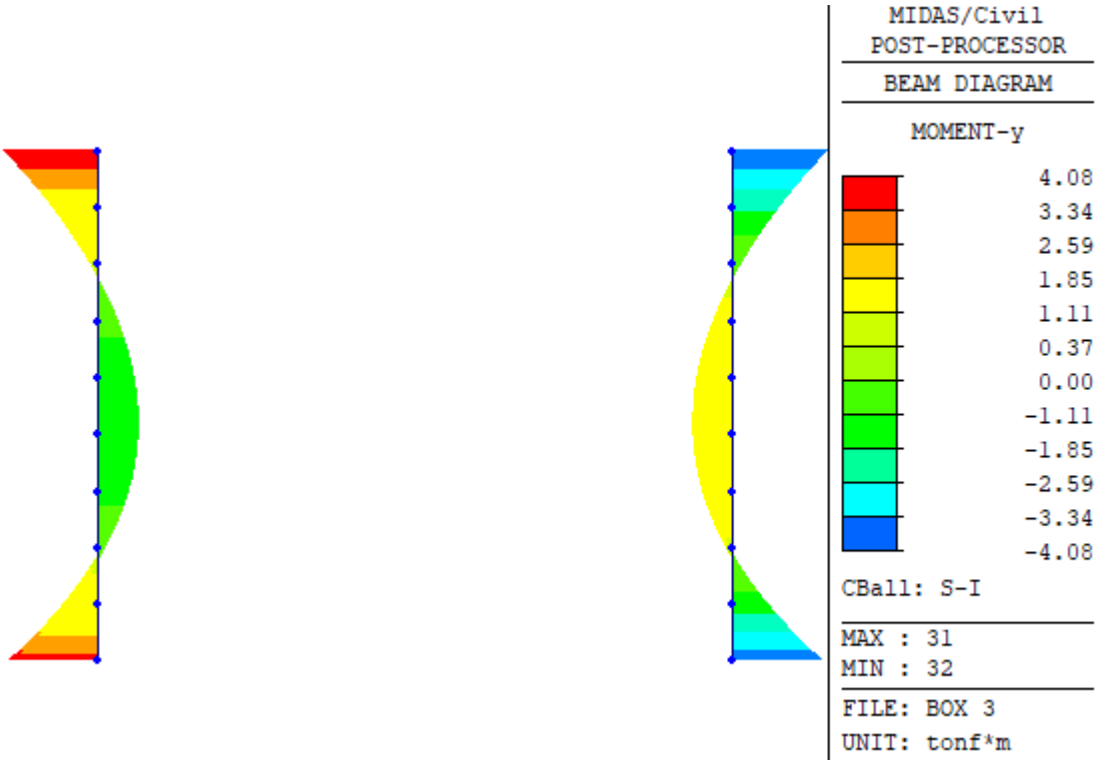



Figura 93. Momentos en servicios (t-m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K23+926

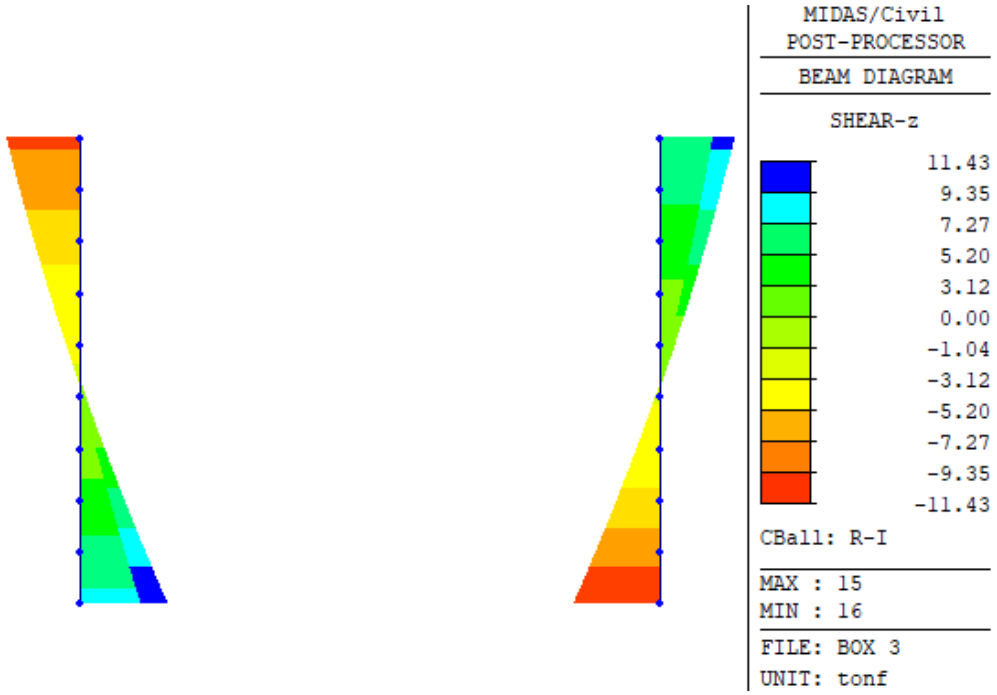



Figura 94. Cortante ultima (t) – Paredes – Alcantarilla de cajón K23+926

En el ANEXO 4 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K23+926 (3.0x3.0) se presenta el cálculo respectivo para la alcantarilla.

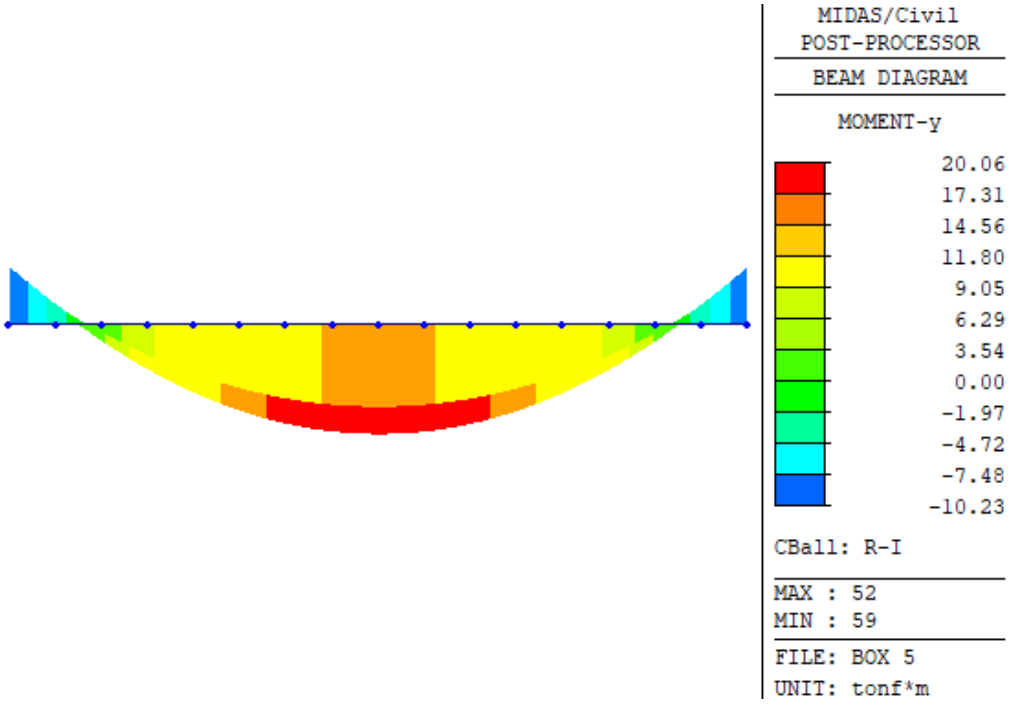



Figura 95. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K24+981

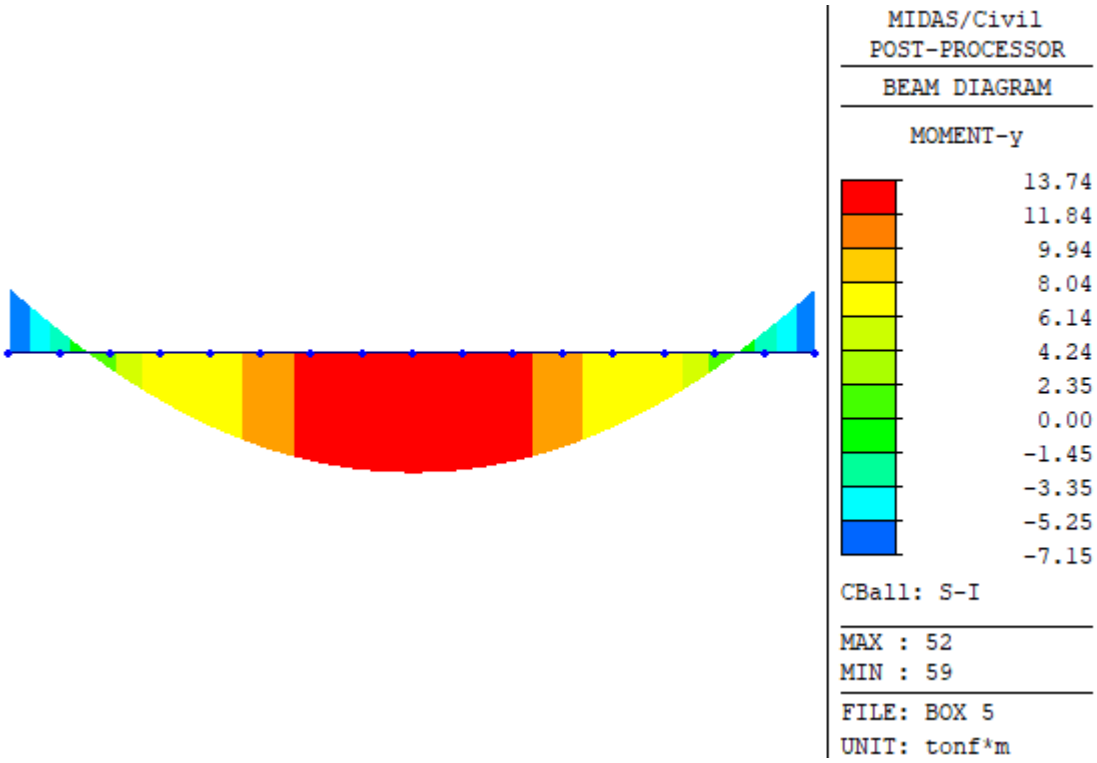



Figura 96. Momento en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K24+981

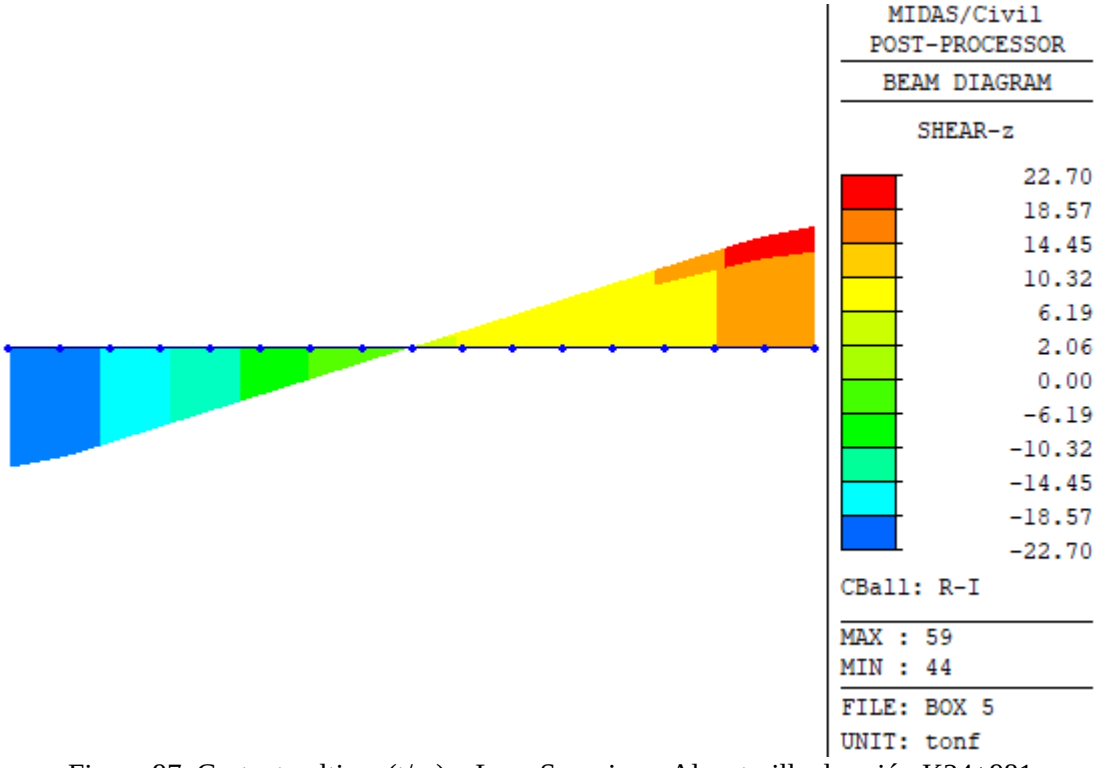



Figura 97. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K24+981

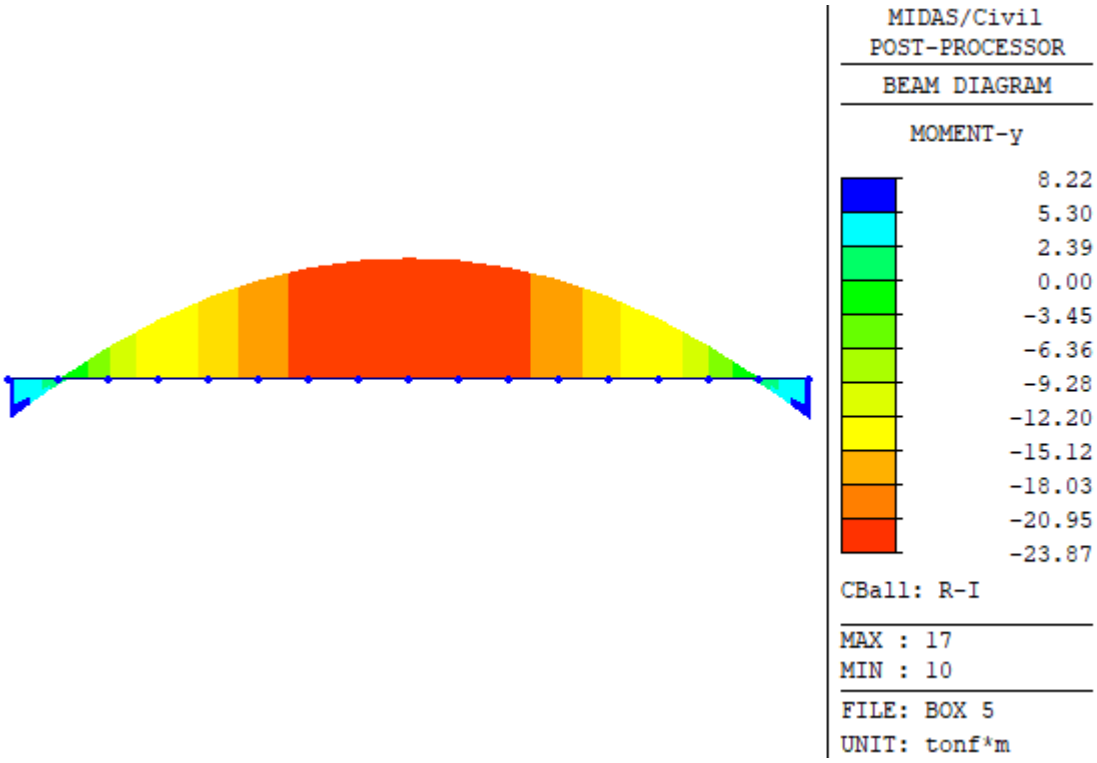



Figura 98. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K24+981

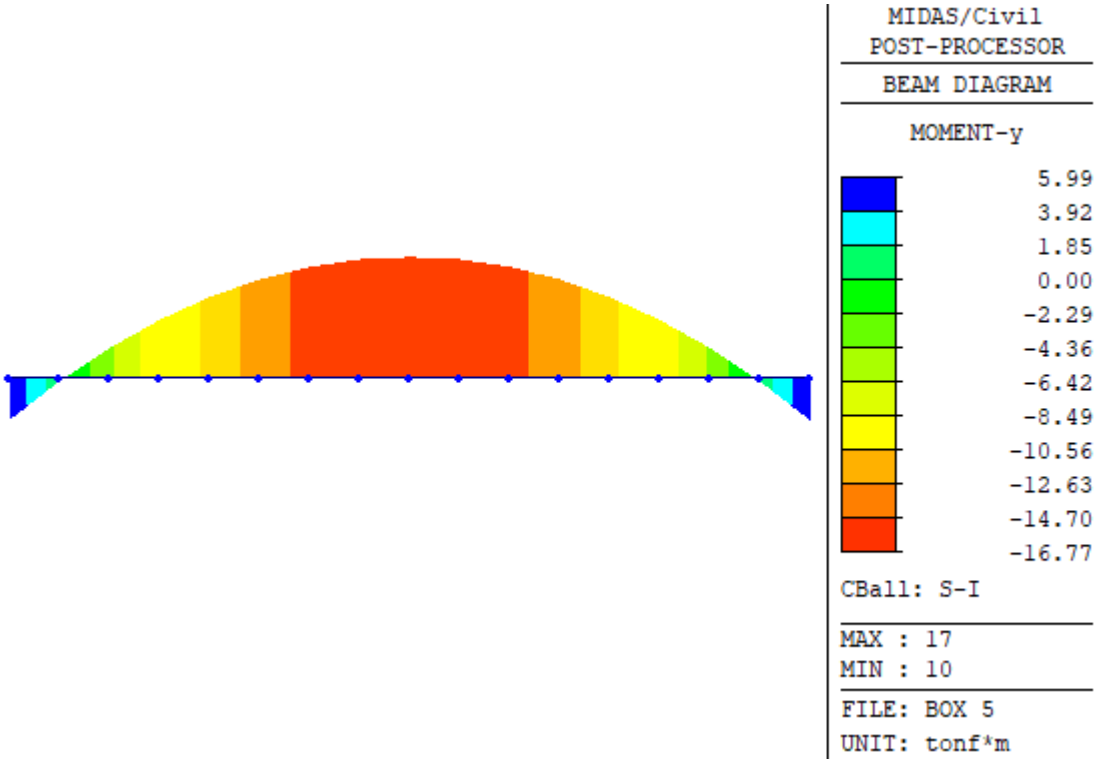



Figura 99. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K24+981

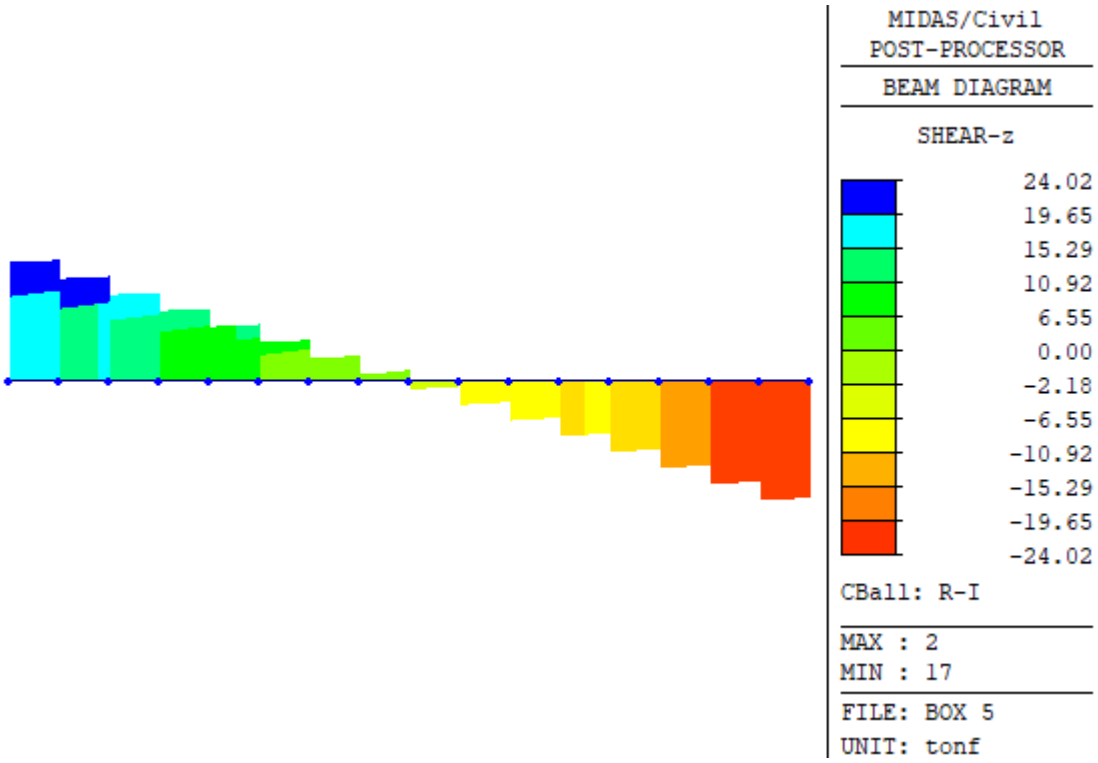



Figura 100. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K24+981

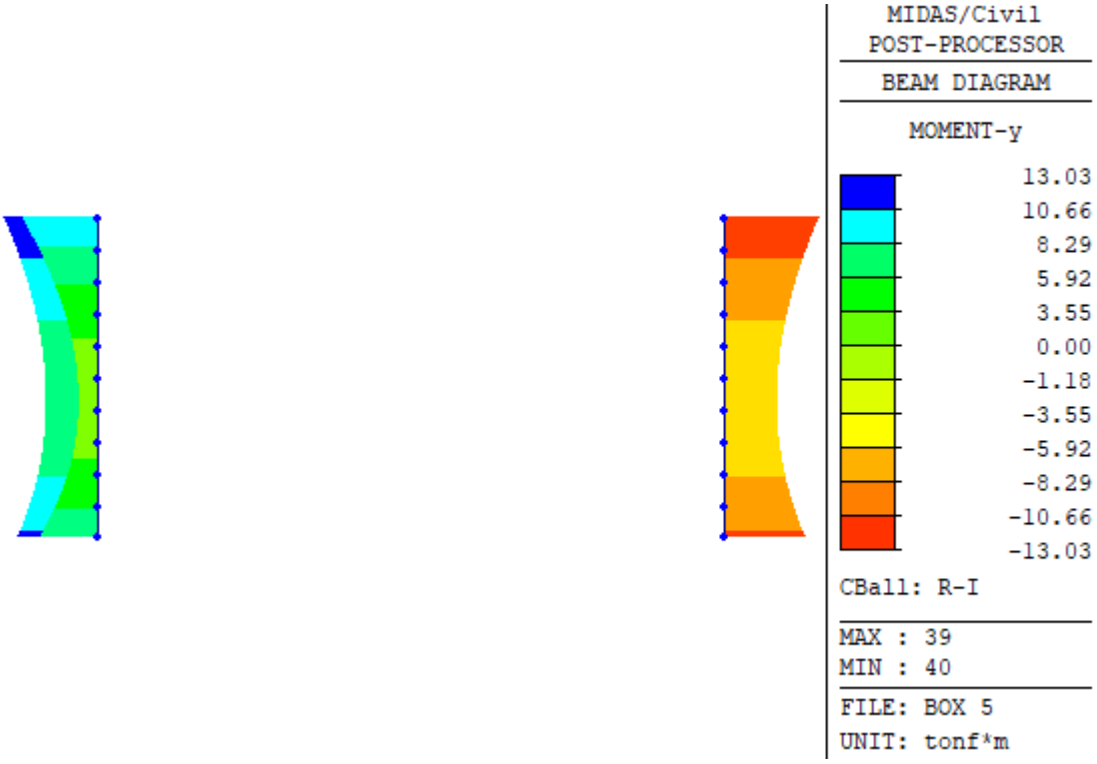



Figura 101. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K24+981

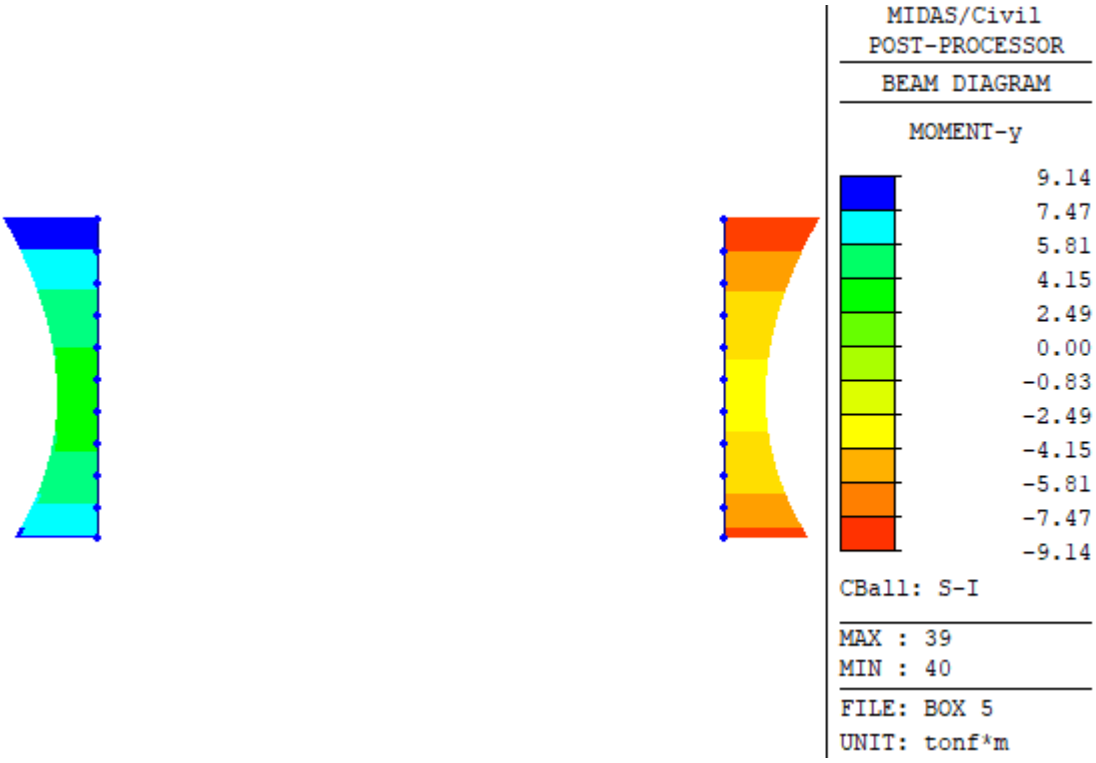



Figura 102. Momentos en servicios (t-m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K24+981

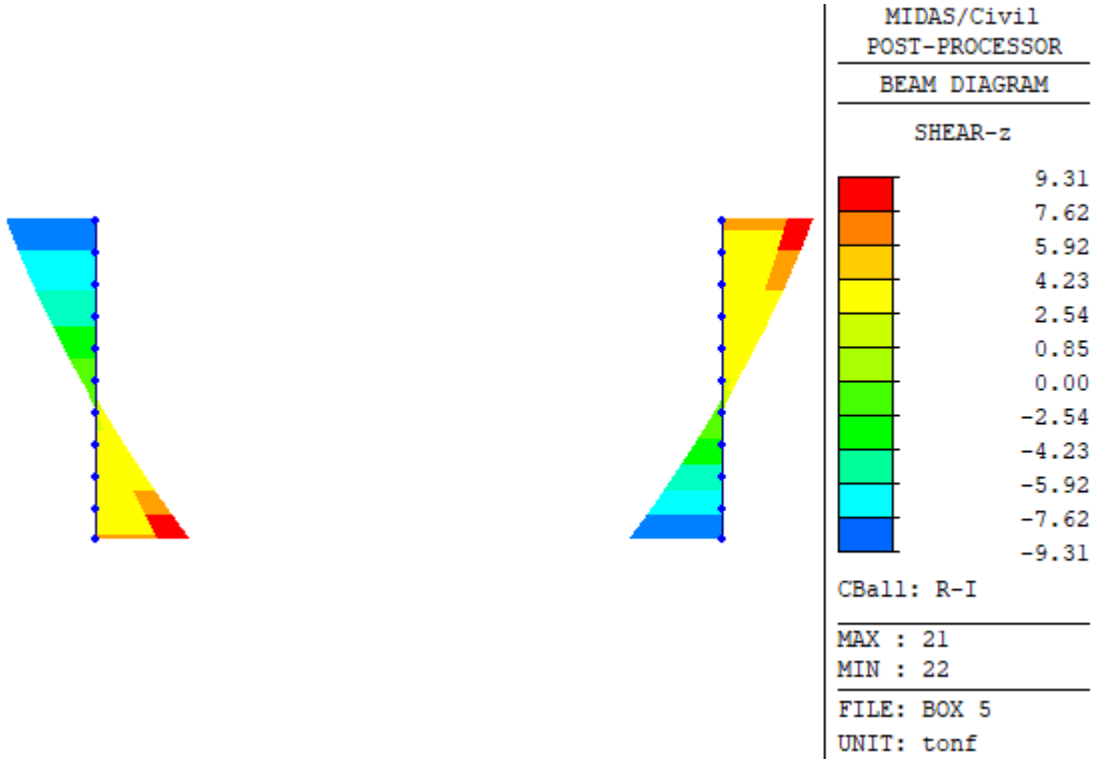



Figura 103. Cortante ultima (t) – Paredes – Alcantarilla de cajón K24+981

En el ANEXO 5 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K24+981 (5.0x3.0), se presenta el cálculo respectivo para la alcantarilla.

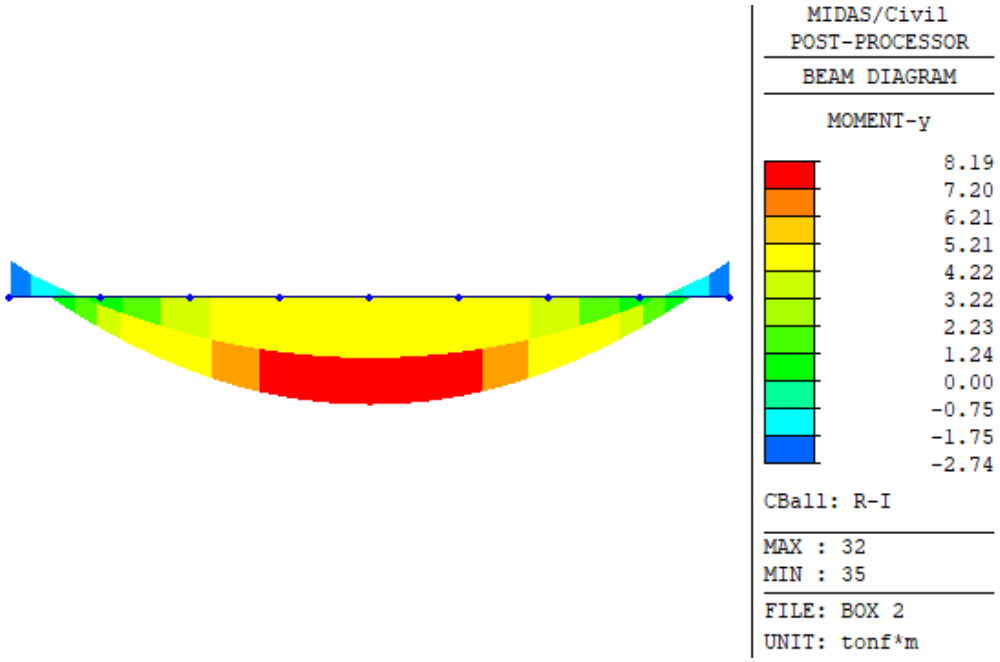



Figura 104. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

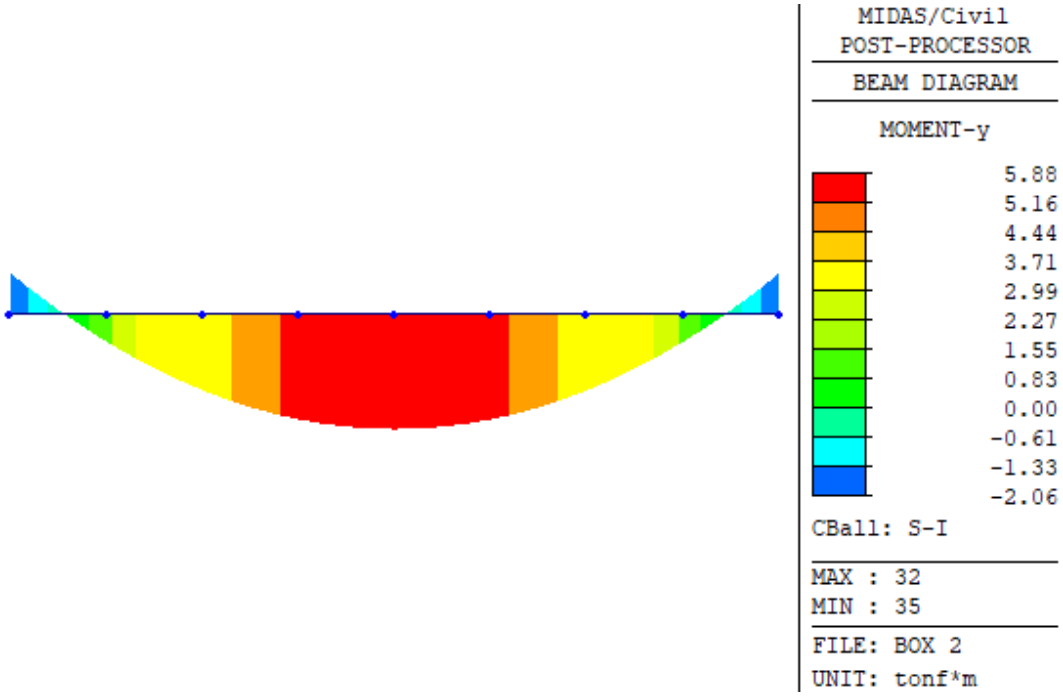



Figura 105. Momento en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

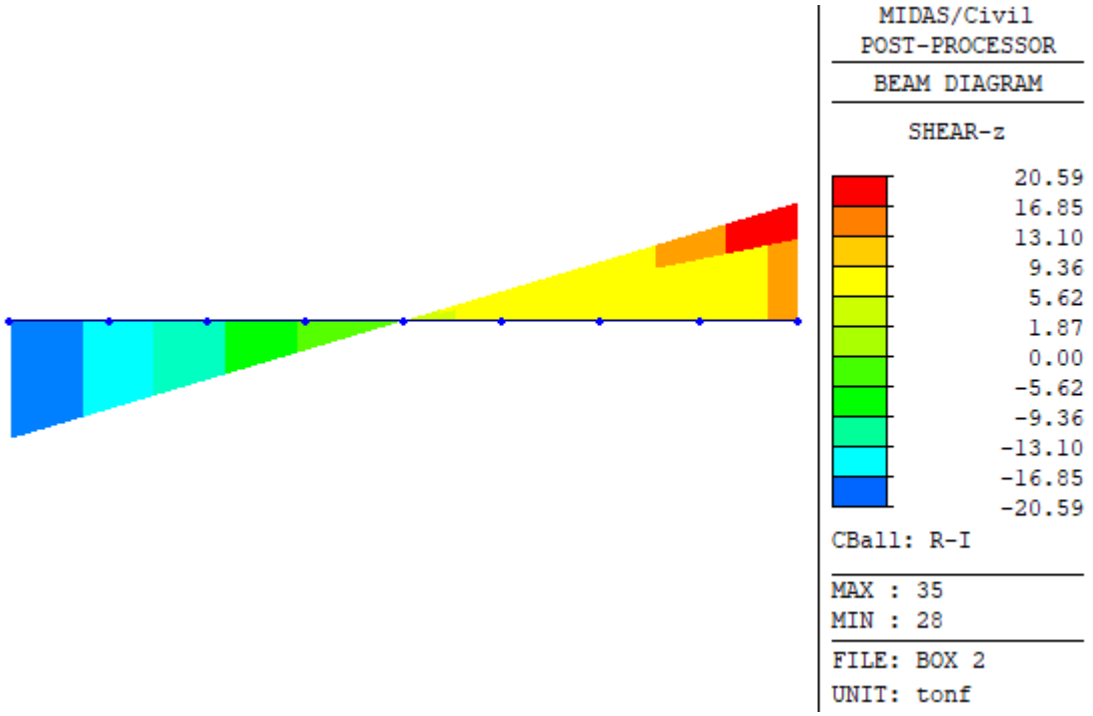



Figura 106. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

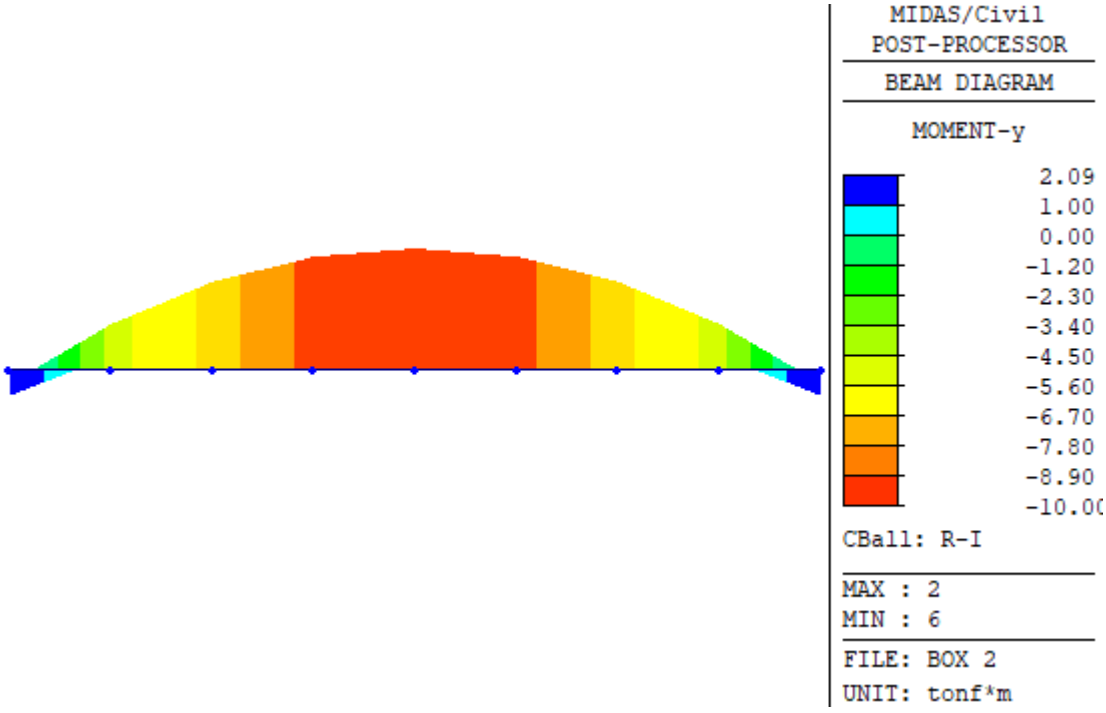



Figura 107. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

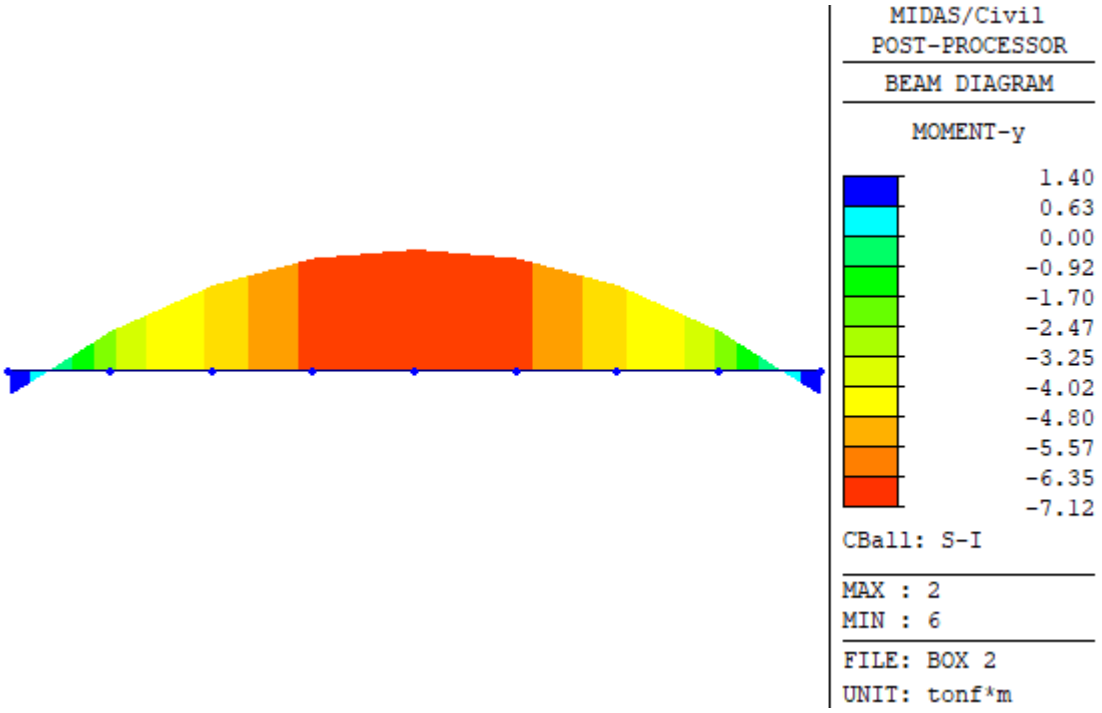



Figura 108. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

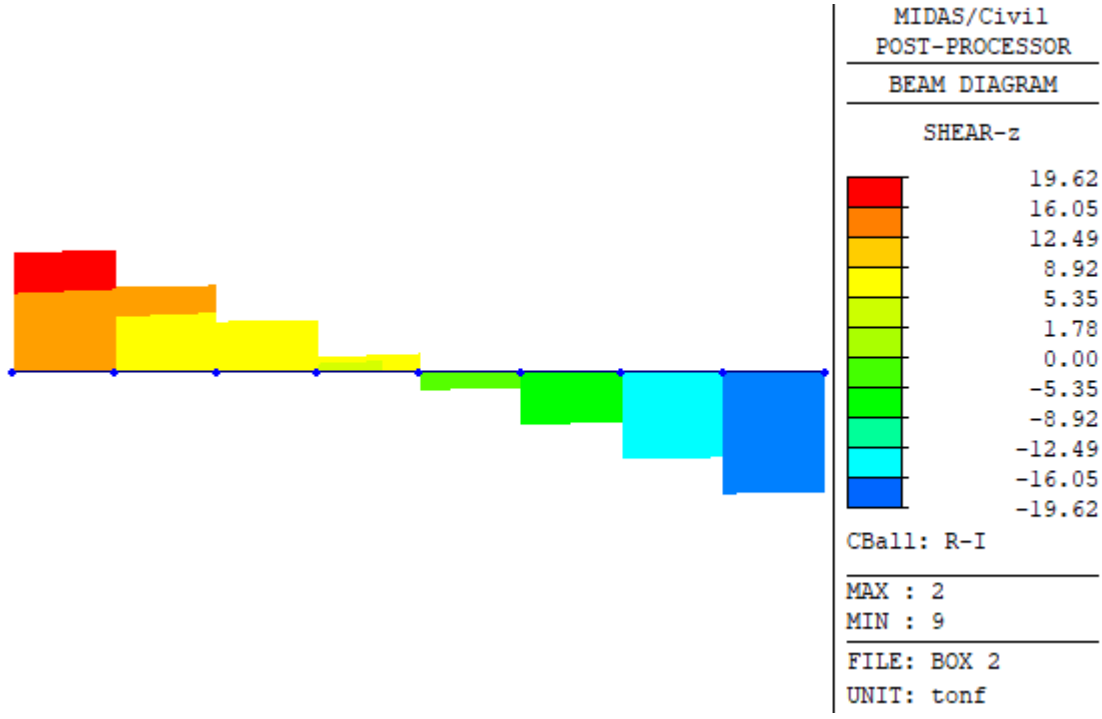



Figura 109. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

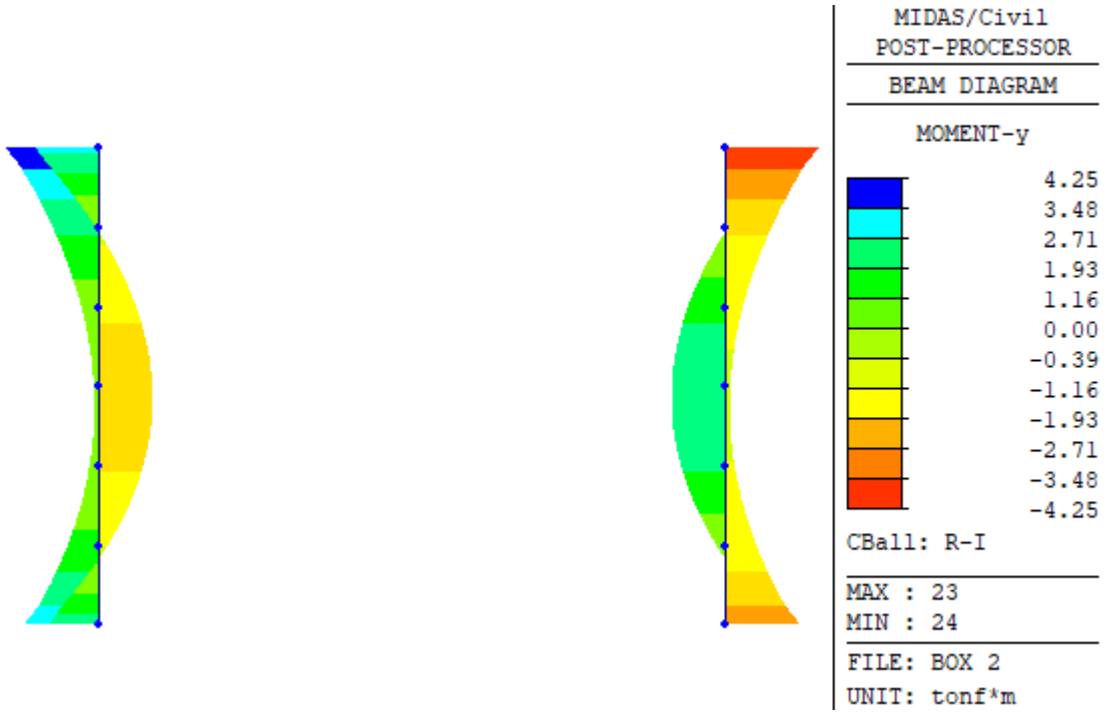



Figura 110. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

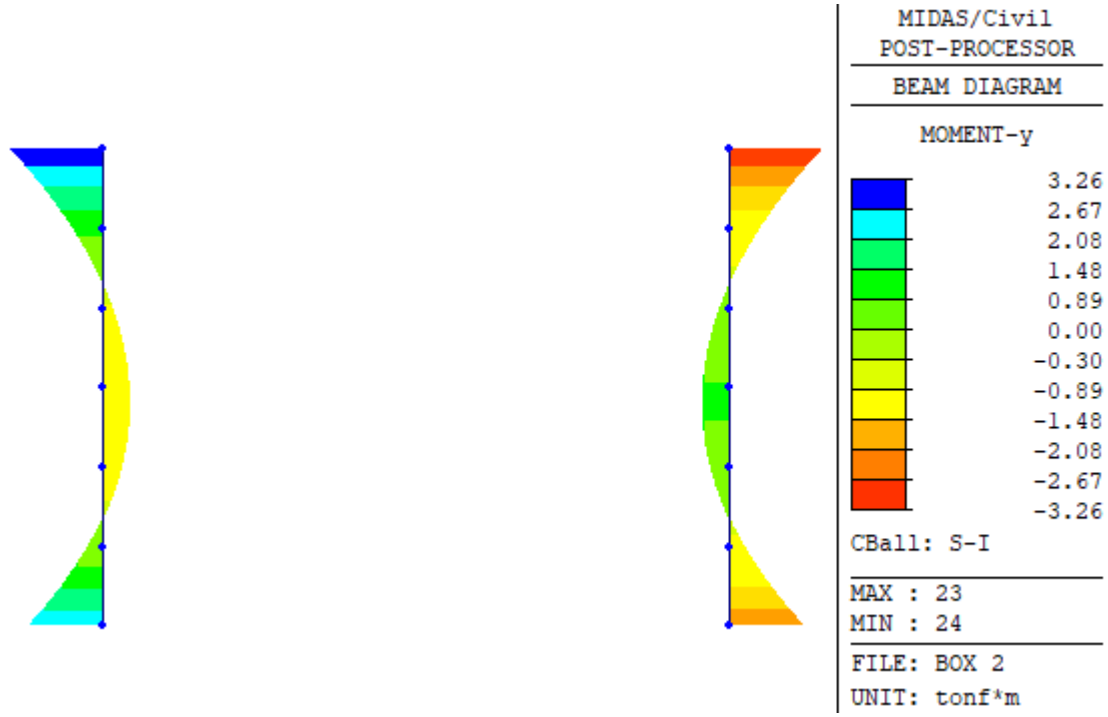



Figura 111. Momentos en servicios (t-m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

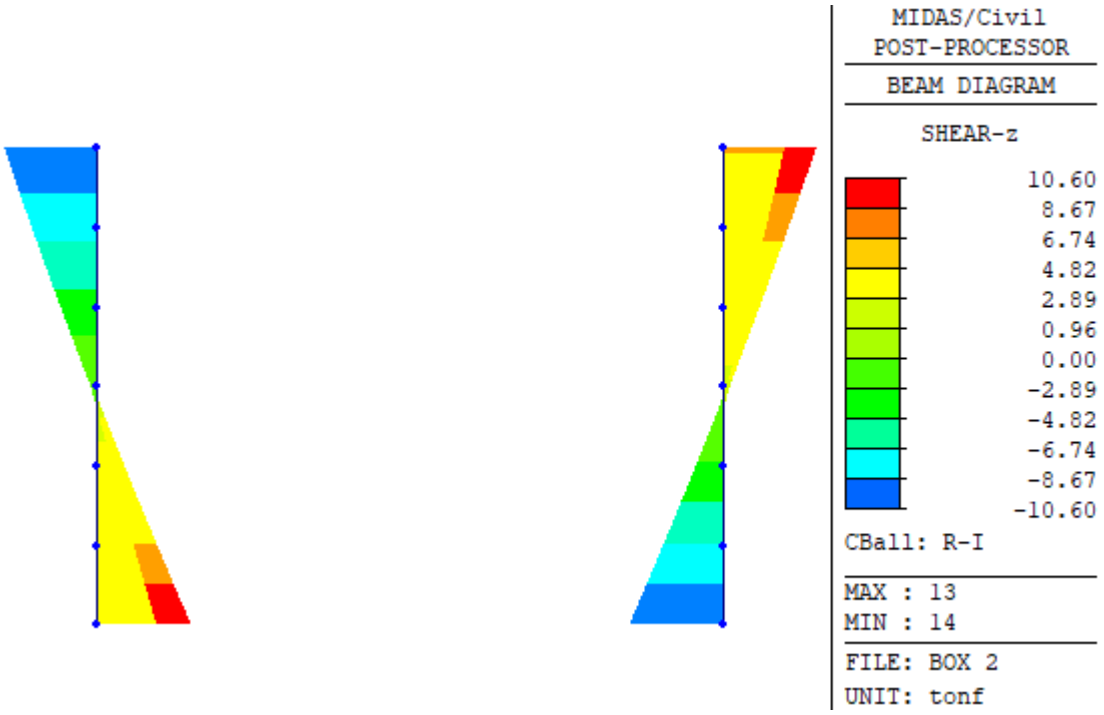



Figura 112. Cortante ultima (t) – Paredes – Alcantarilla de cajón K27+049 y K28+627

En el ANEXO 6 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K27+049 (2.0x2.0) y ANEXO 7 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K28+627 (2.0x2.2), se presentan los cálculos respectivos para las alcantarillas.

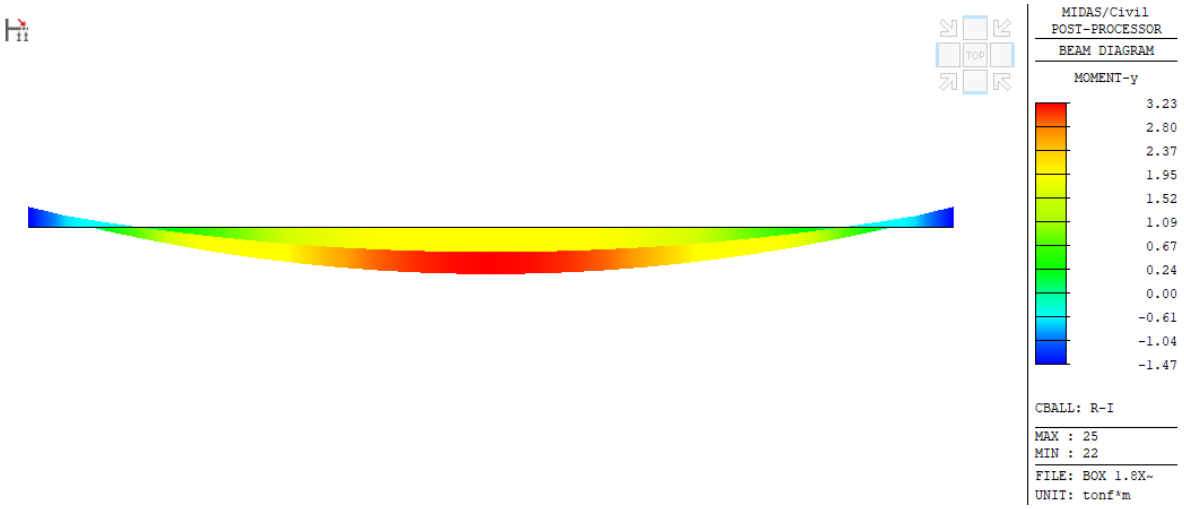



Figura 113. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K25+571

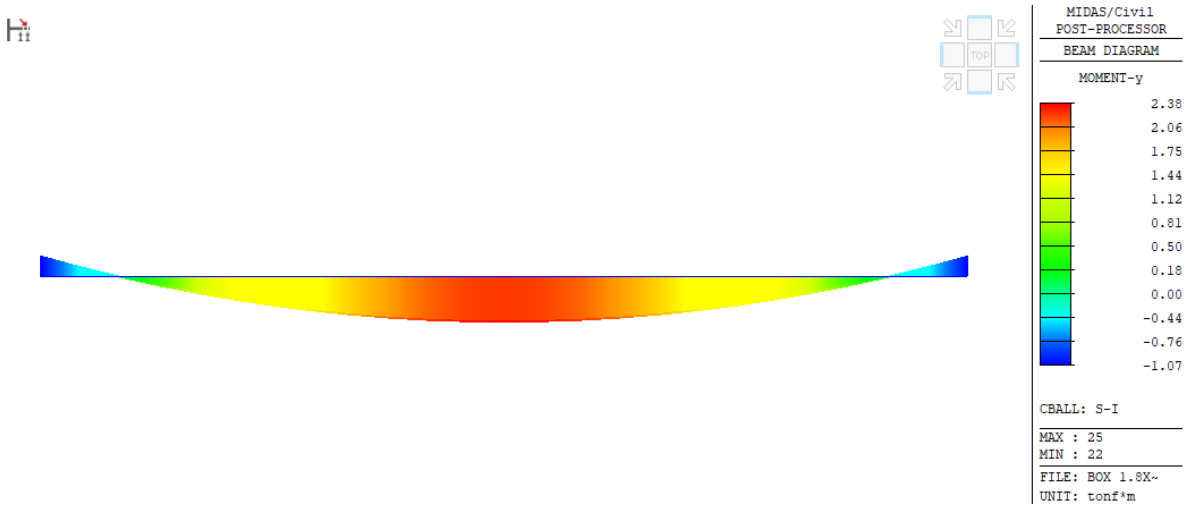



Figura 114. Momento en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K25+571

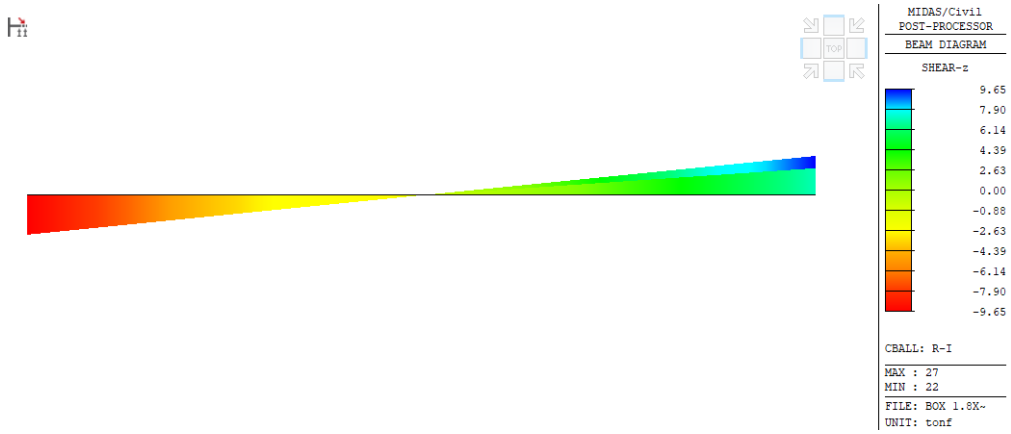



Figura 115. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K25+571

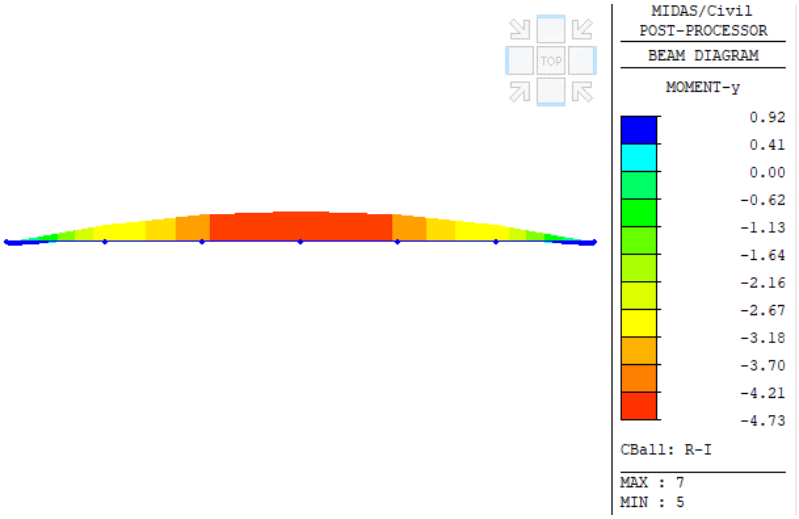



Figura 116. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K25+571

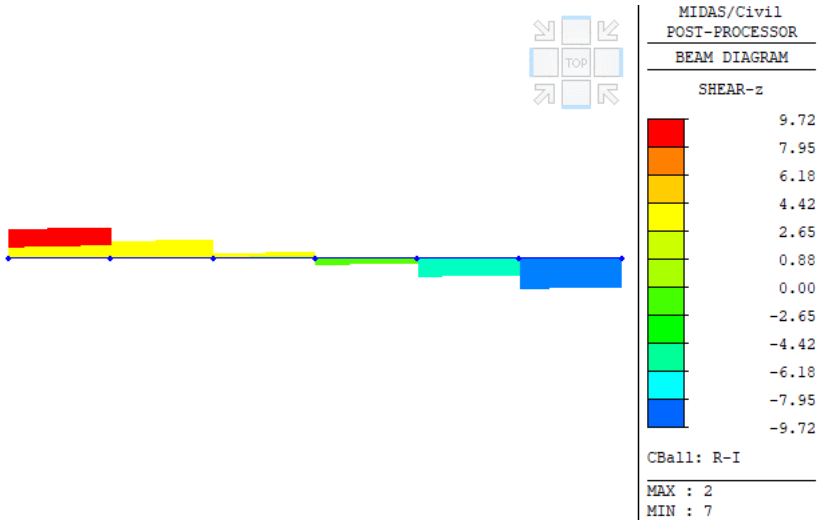



Figura 117. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K25+571

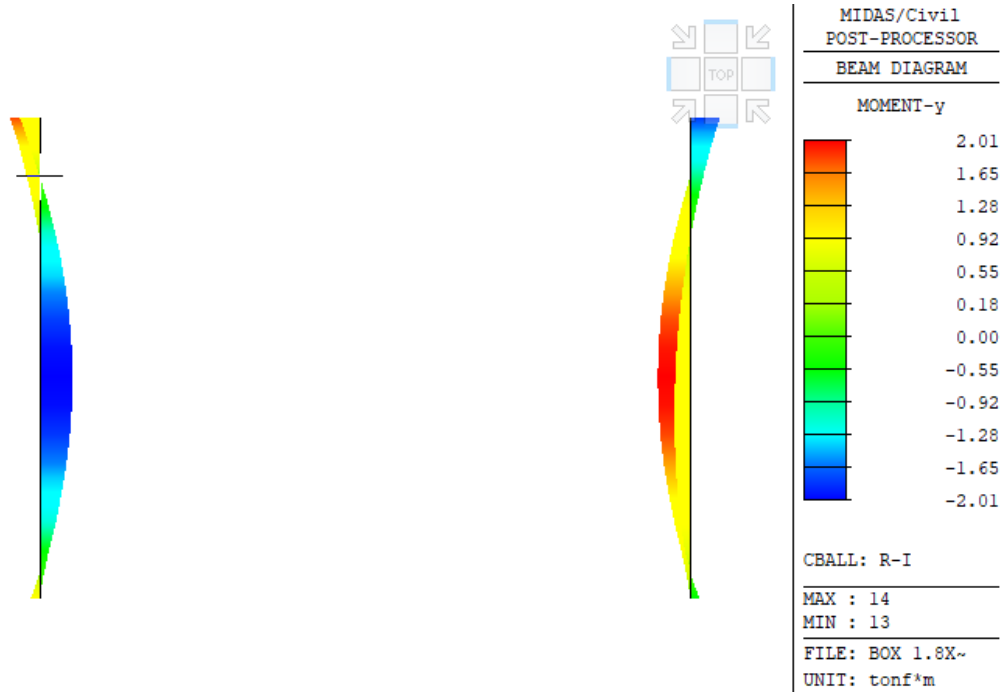



Figura 118. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K25+571

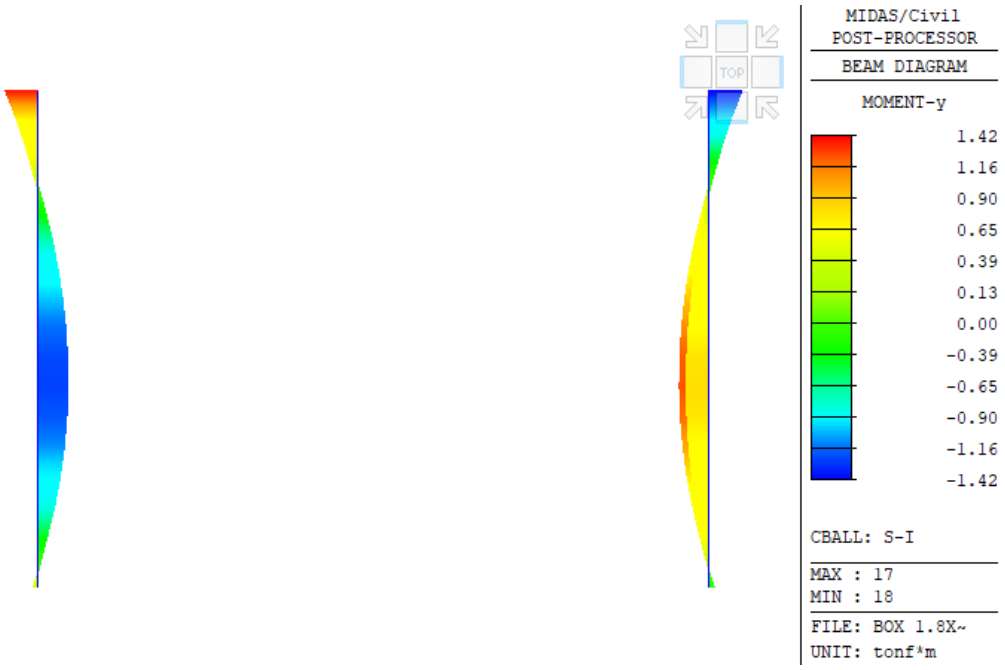



Figura 119. Momentos en servicios (t-m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K25+571

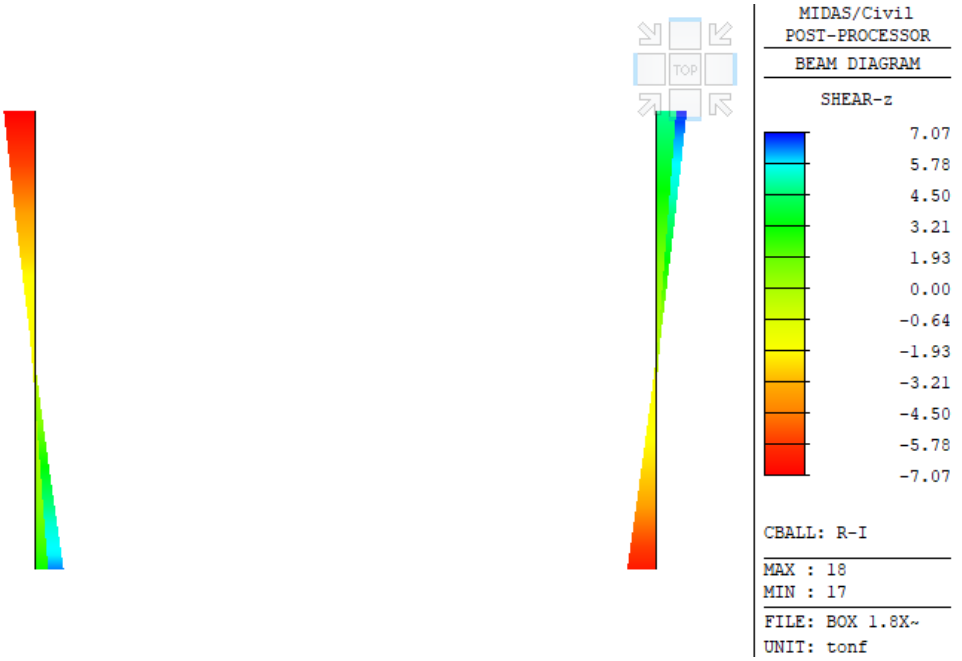



Figura 120. Cortante ultima (t) – Paredes – Alcantarilla de cajón K25+571

En el ANEXO 8 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K25+571 (1.8x1.8), se presentan los cálculos respectivos para la alcantarilla.

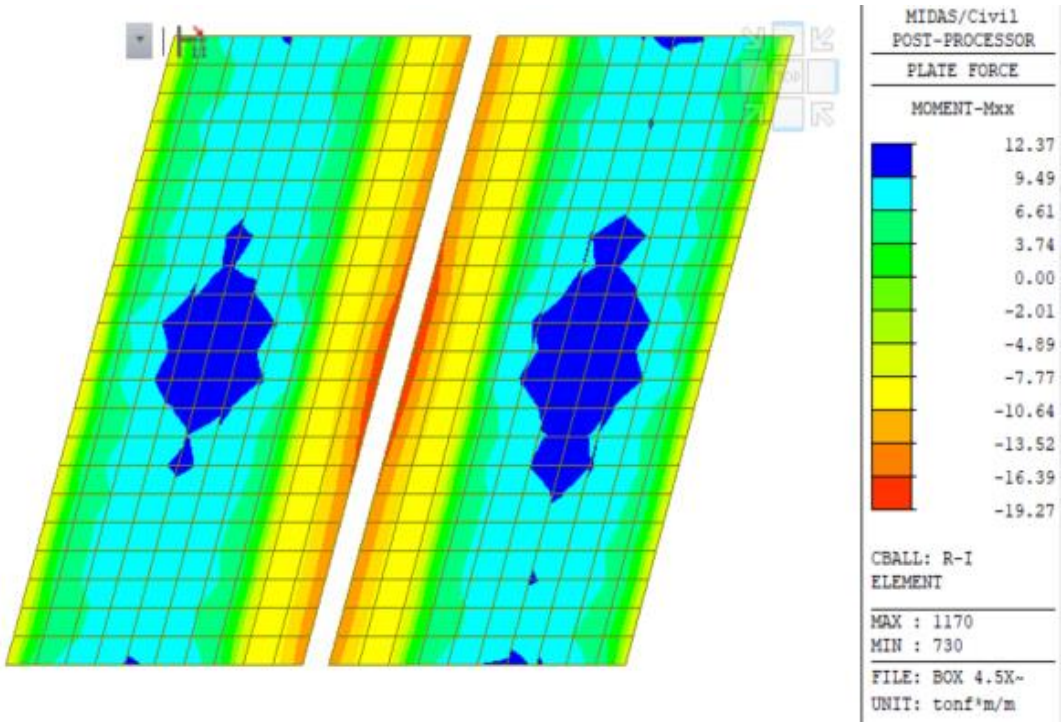



Figura 121. Momentos últimos en dirección transversal (t-m/m) – Losa Superior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

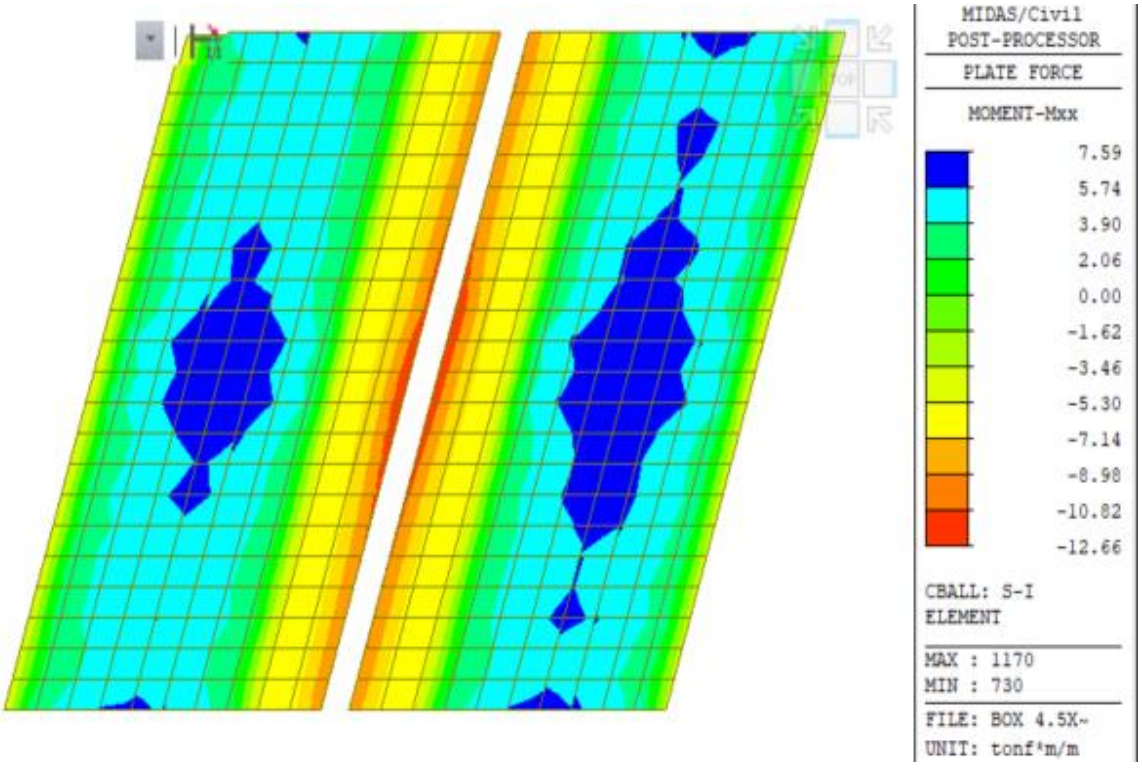



Figura 122. Momentos en servicio en dirección transversal (t-m/m) – Losa Superior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

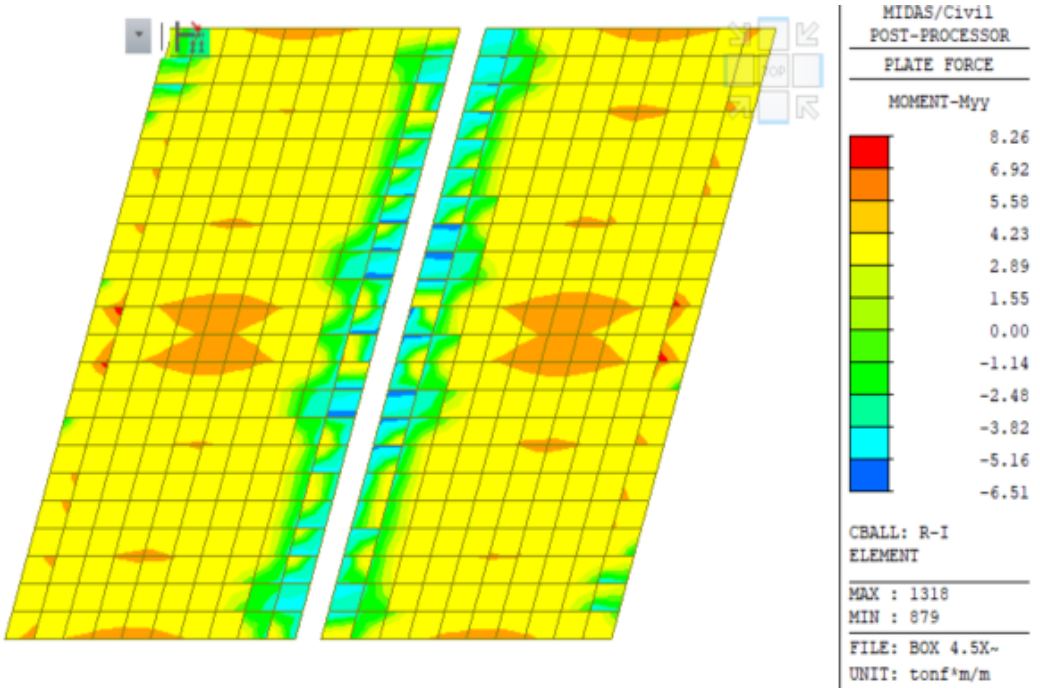



Figura 123. Momentos últimos en dirección longitudinal (t-m/m) – Losa Superior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

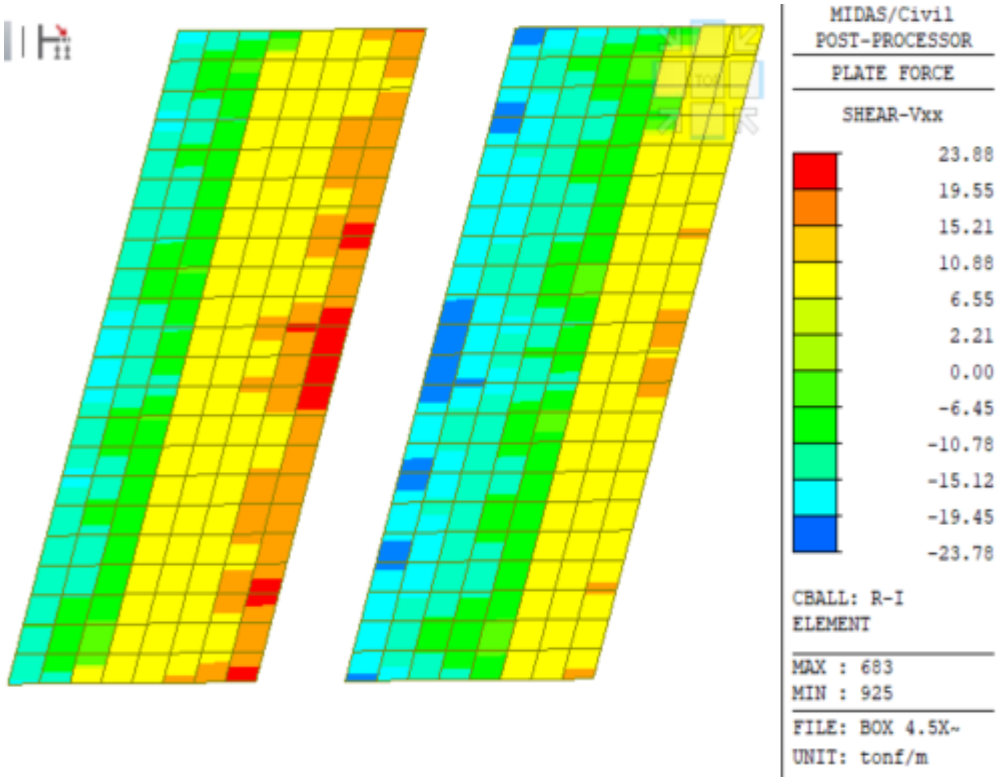



Figura 124. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

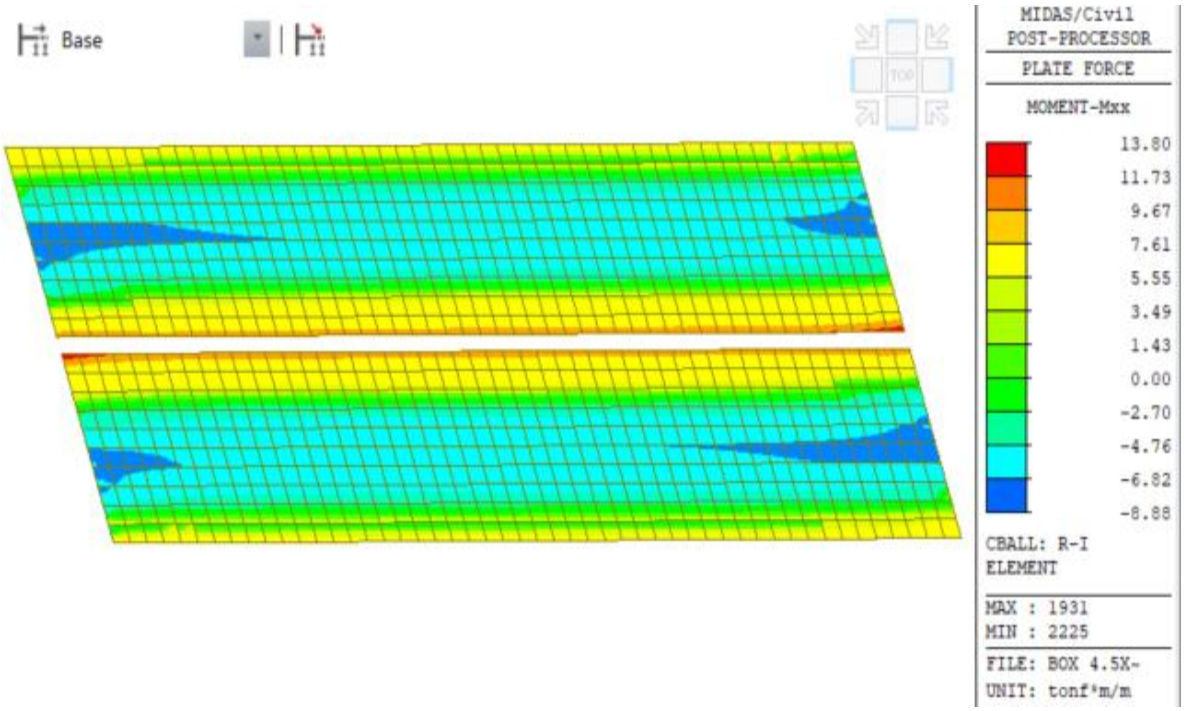



Figura 125. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

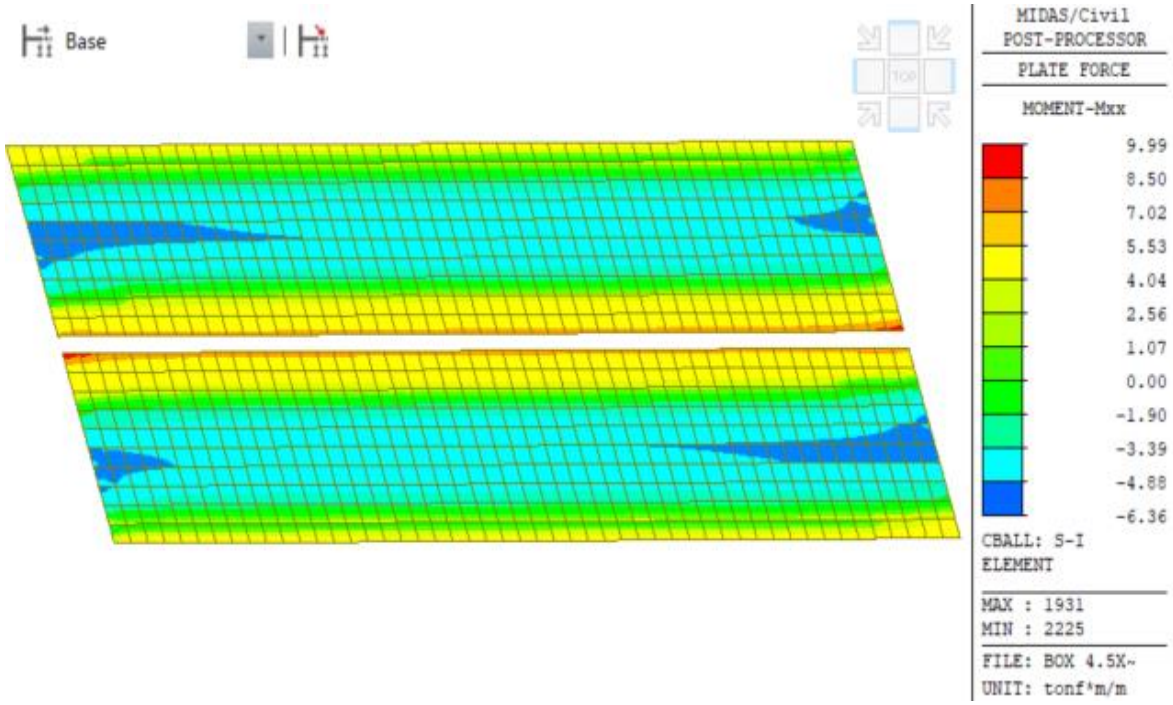



Figura 126. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

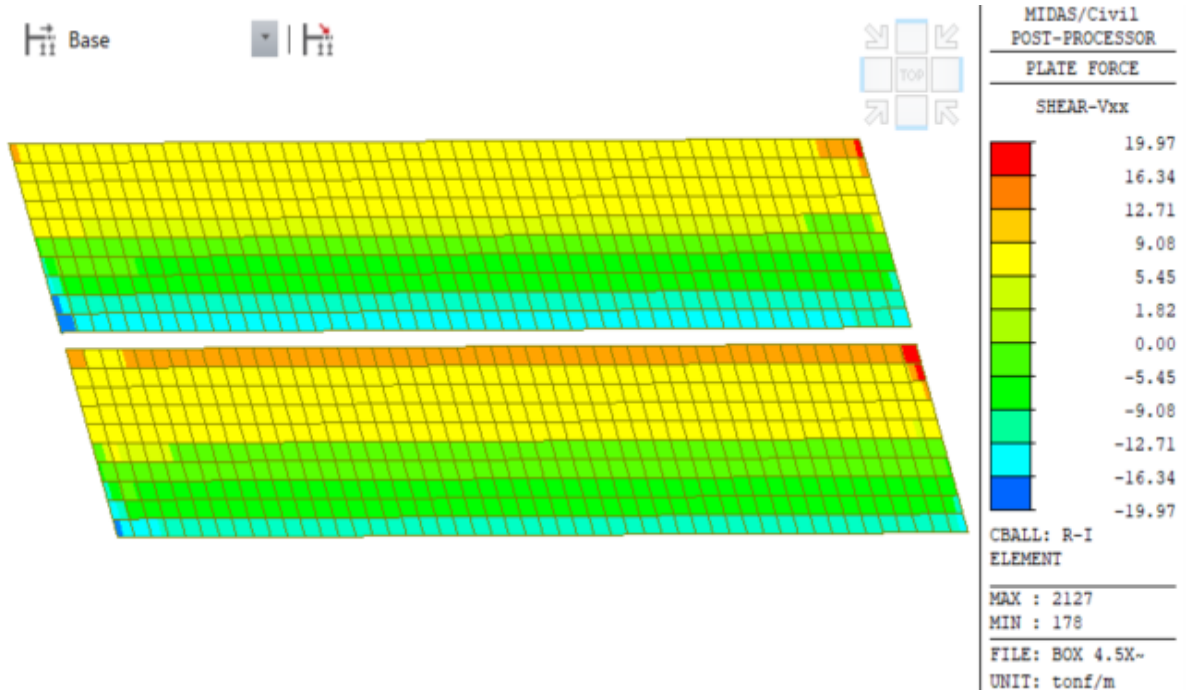



Figura 127. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

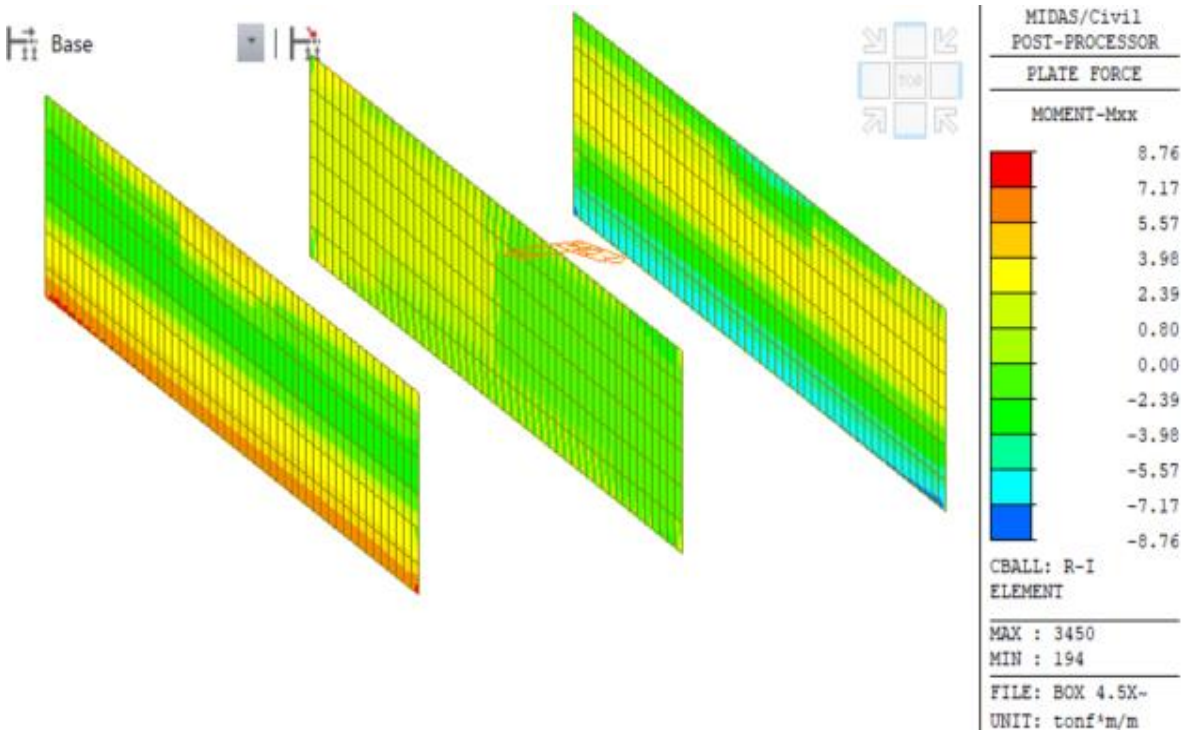



Figura 128. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

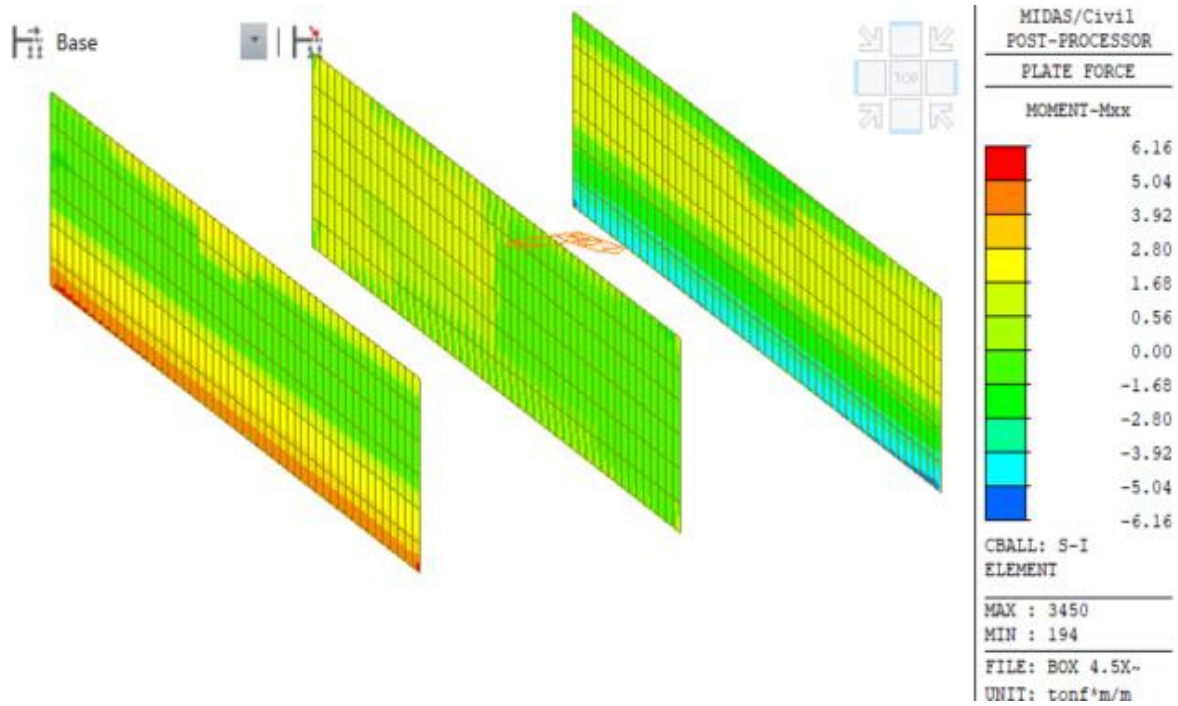



Figura 129. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

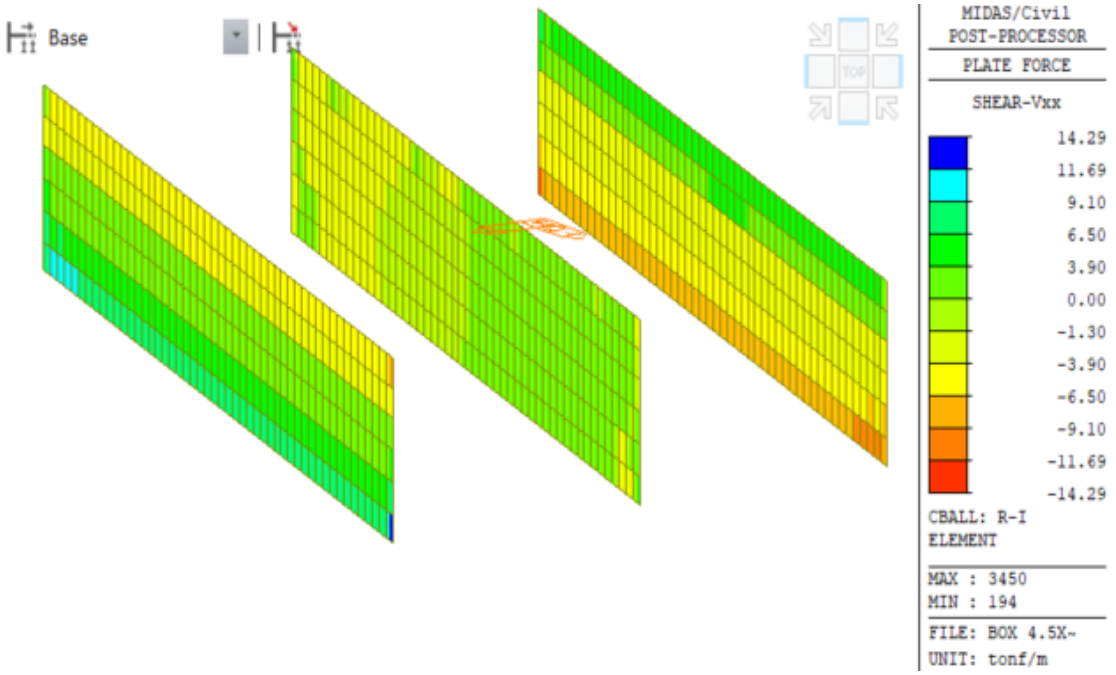



Figura 130. Cortante ultima (t/m) – Paredes- alcantarillas en abscisas K27+712 y K30+804

En el ANEXO 9 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K27+712 Y K30+804 (4.5x3.0) se presenta el cálculo respectivo para las alcantarillas.

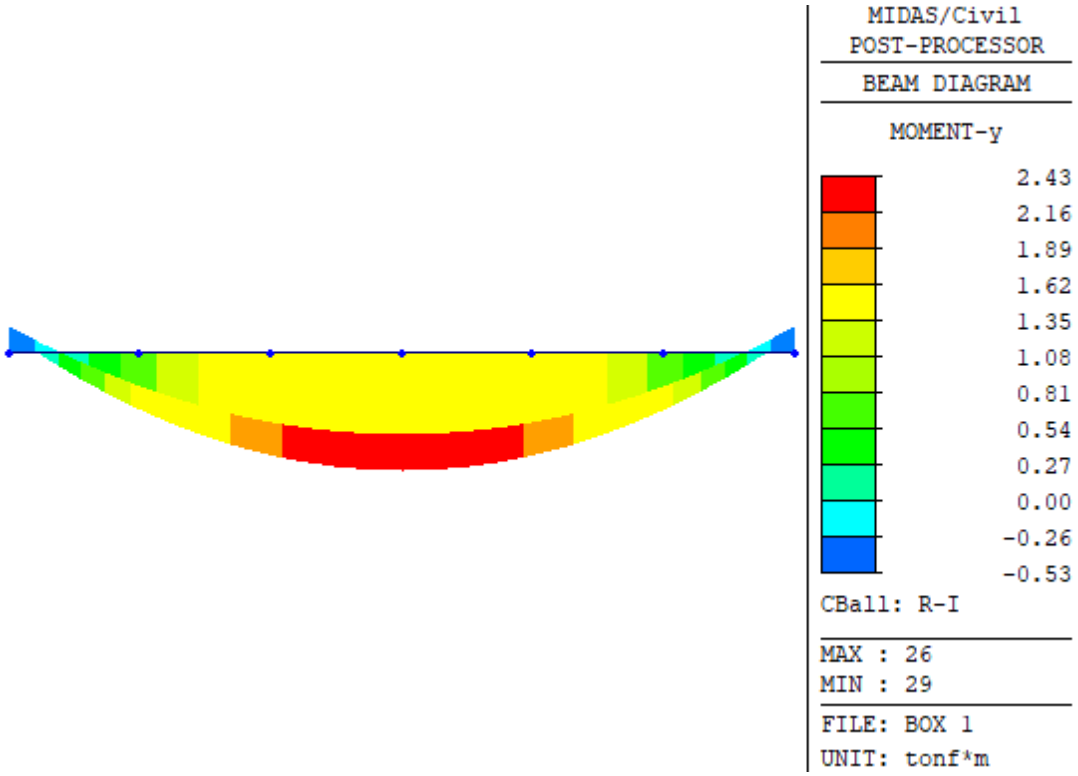



Figura 131. Momento último (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K31+004

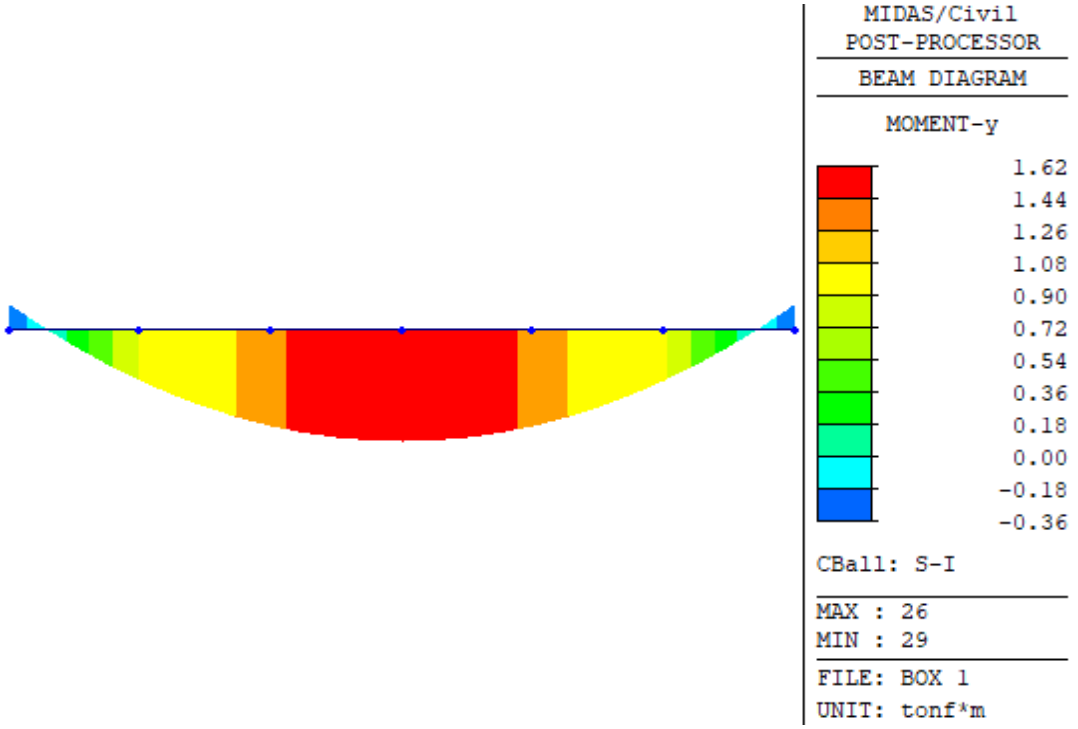



Figura 132. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K31+004

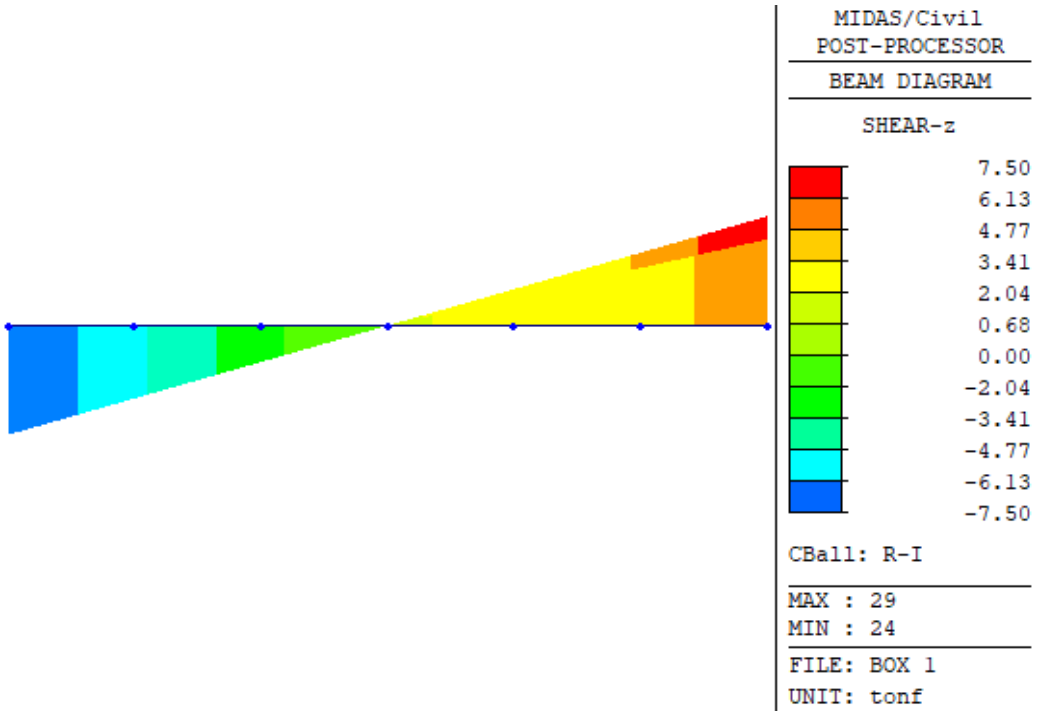



Figura 133. Cortante ultima (t/m) – Losa Superior – Alcantarilla de cajón K31+004

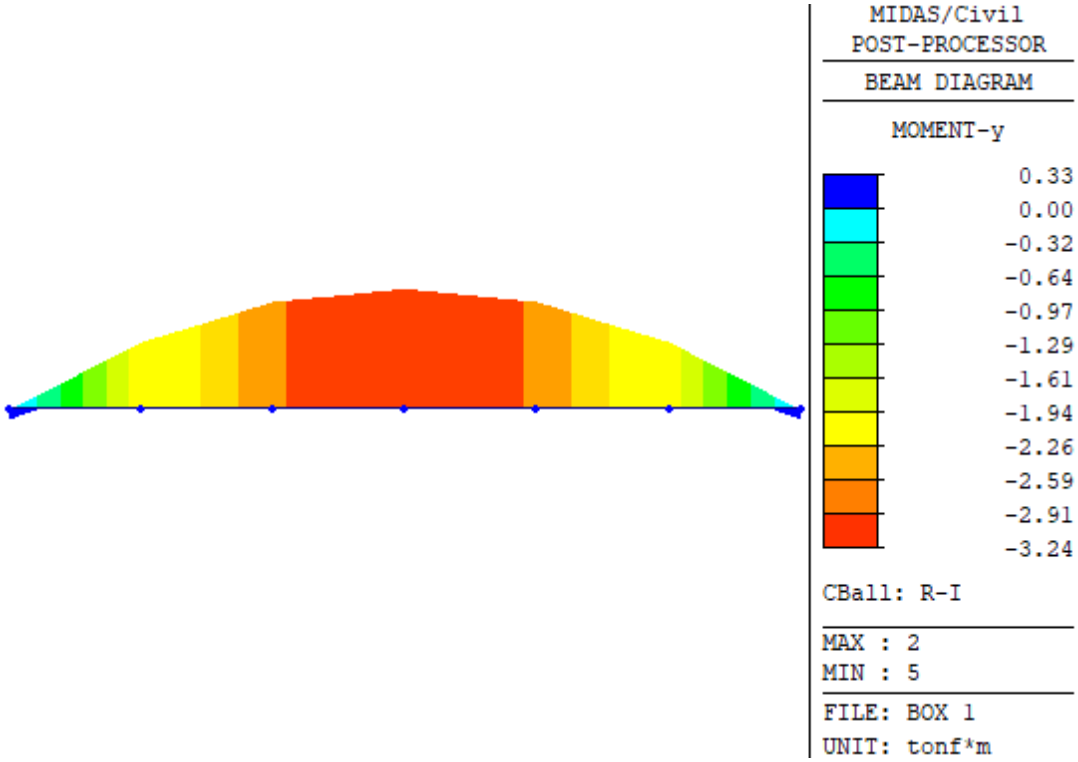



Figura 134. Momento último (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K31+004

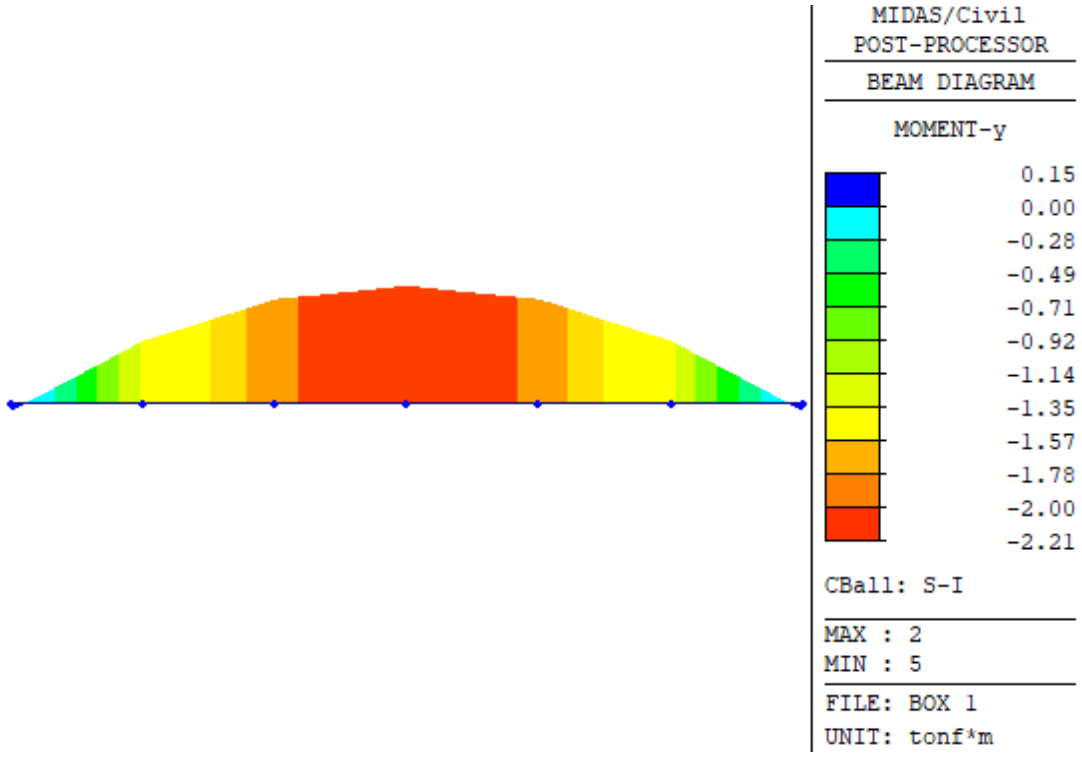



Figura 135. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior – Alcantarilla de cajón K31+004

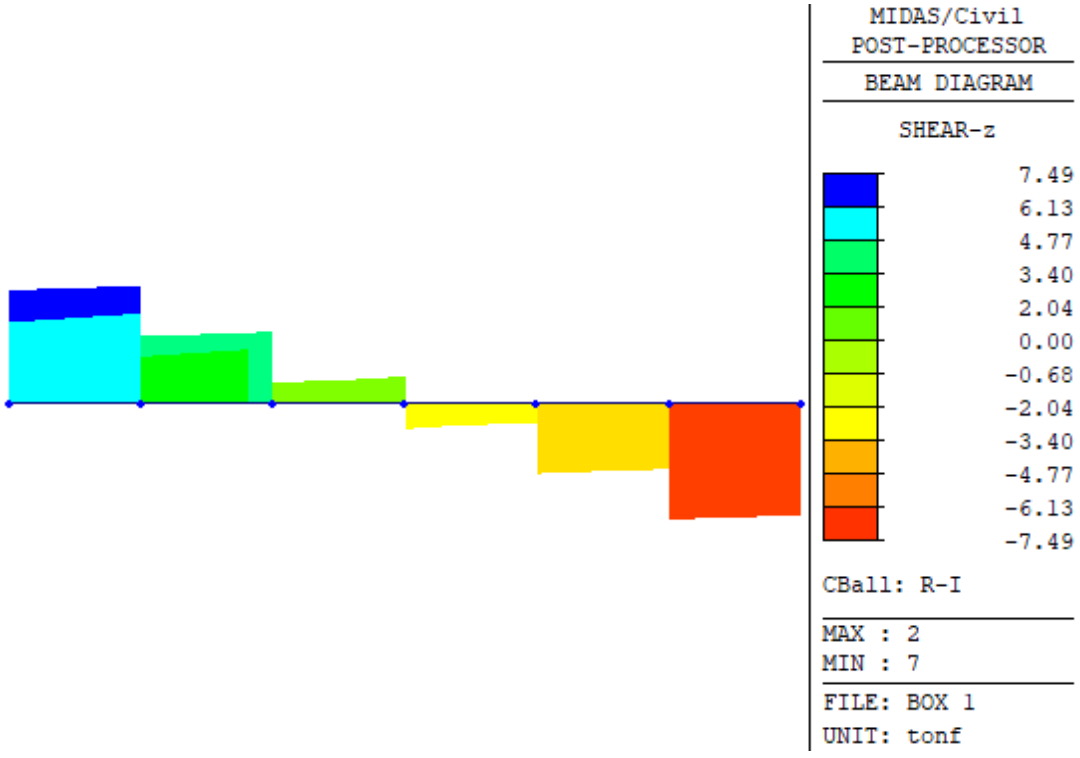



Figura 136. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior– Alcantarilla de cajón K31+004

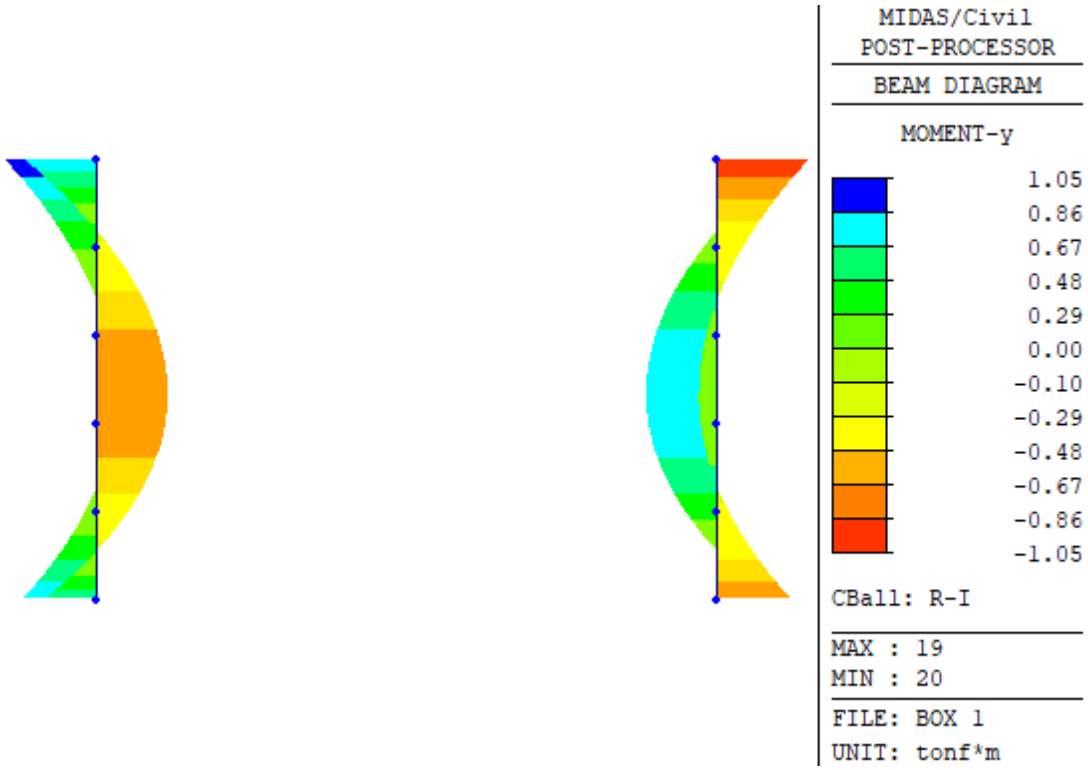



Figura 137. Momento último (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K31+004

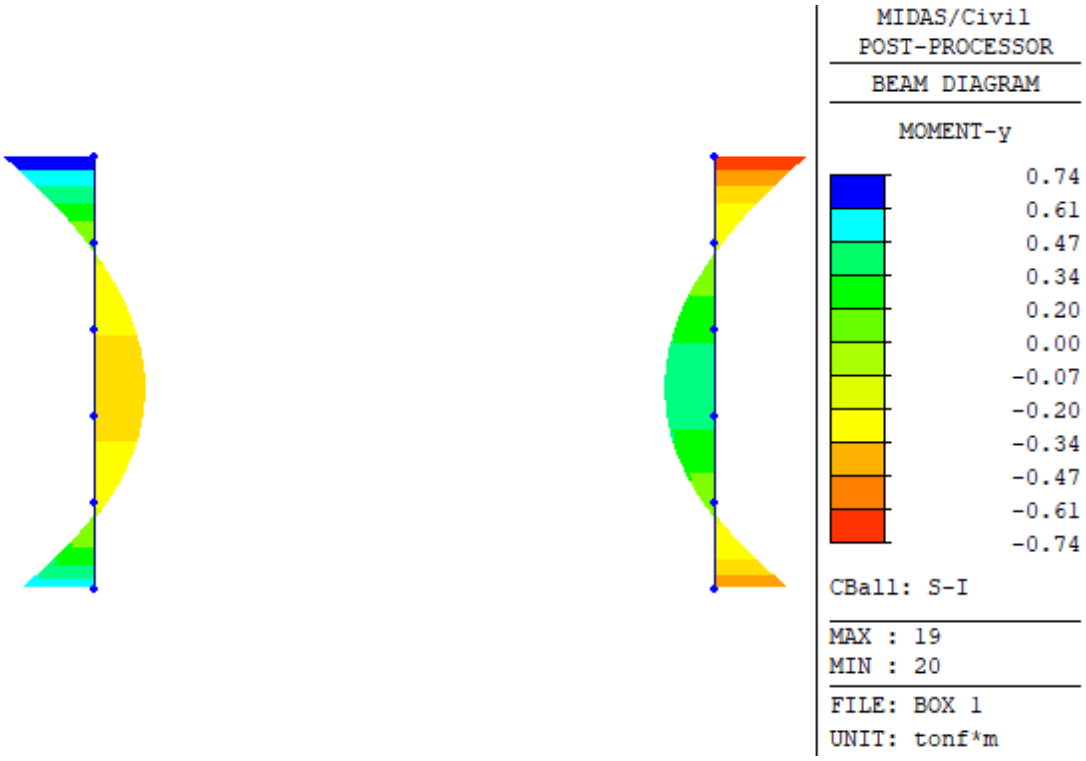



Figura 138. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes – Alcantarilla de cajón K31+004

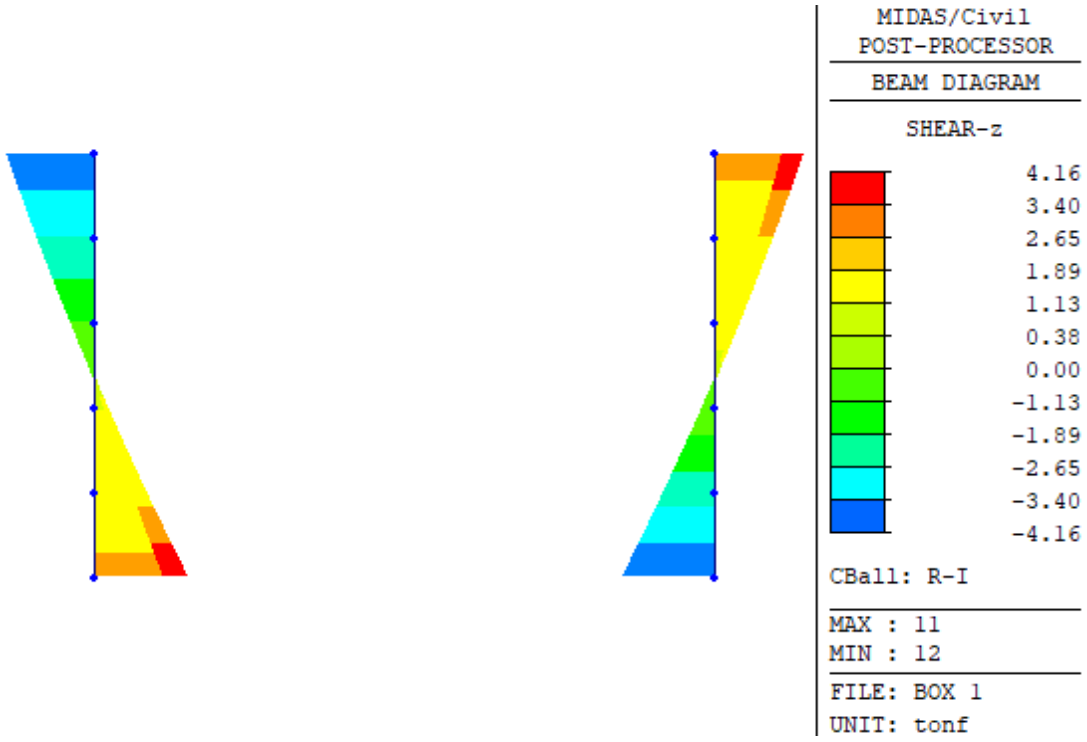



Figura 139. Cortante ultima (t/m) – Paredes– Alcantarilla de cajón K31+004

En el ANEXO 10 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K31+004 (1.5x1.5) se presenta el cálculo respectivo para la alcantarilla.

### 5.3.2 DEFLEXIONES

A continuación, se presentan las deformaciones por carga viva de la losa superior para cada una de las alcantarillas de cajón

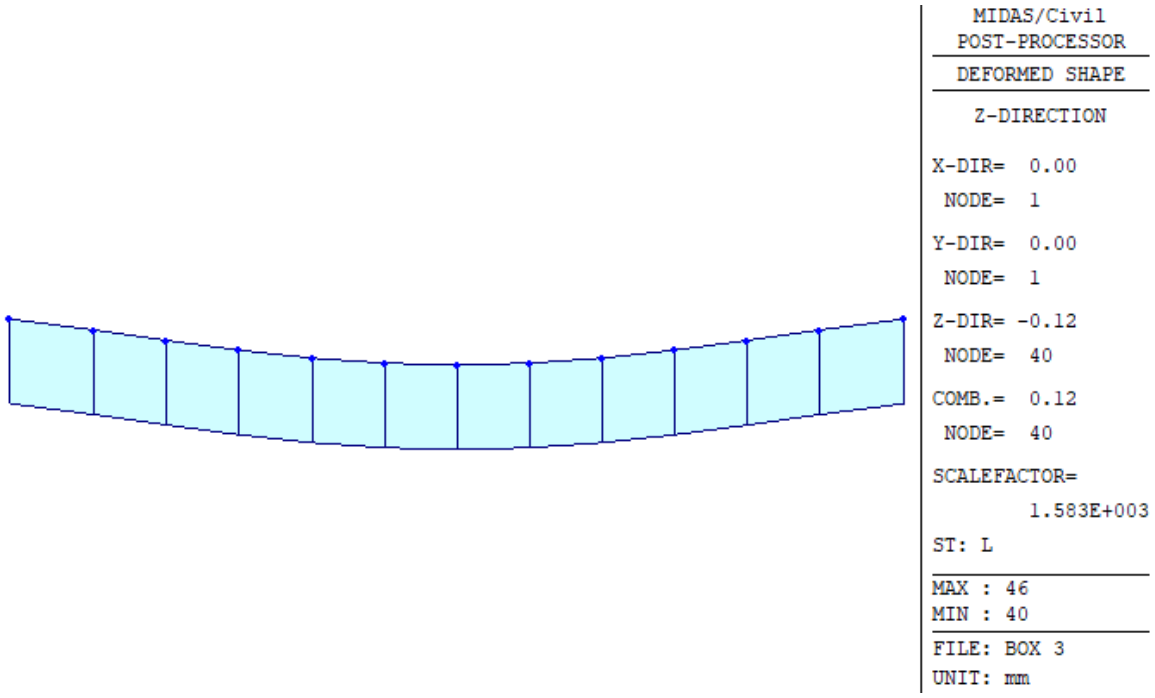



Figura 140. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K23+926

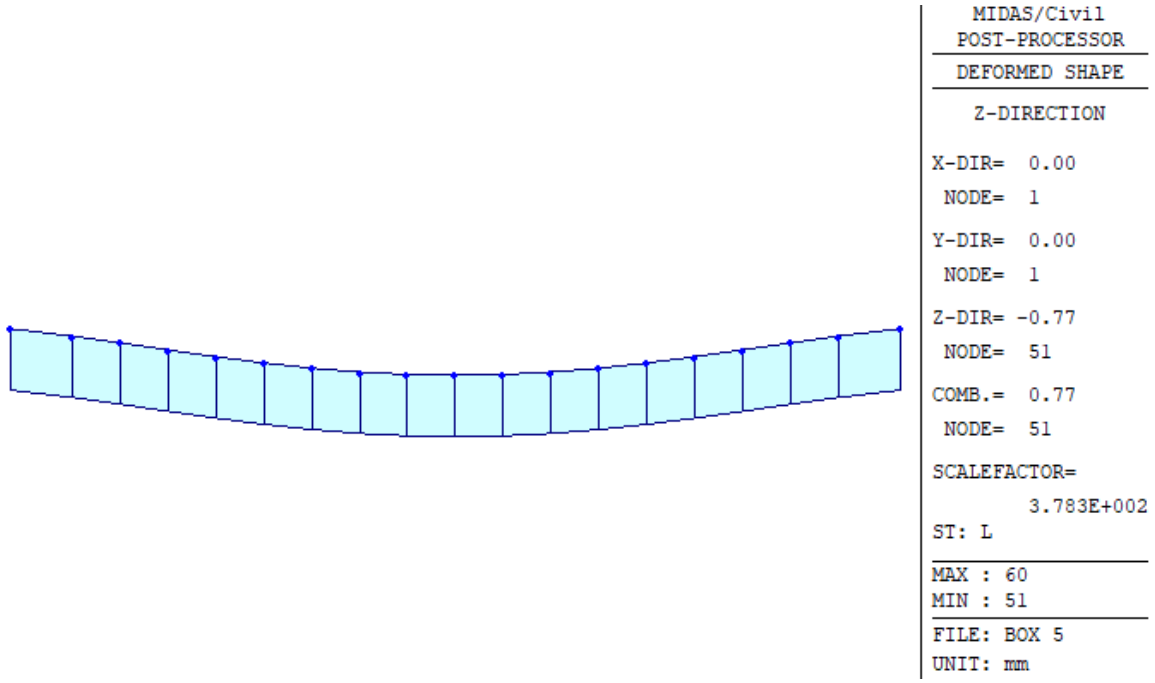



Figura 141. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K24+981

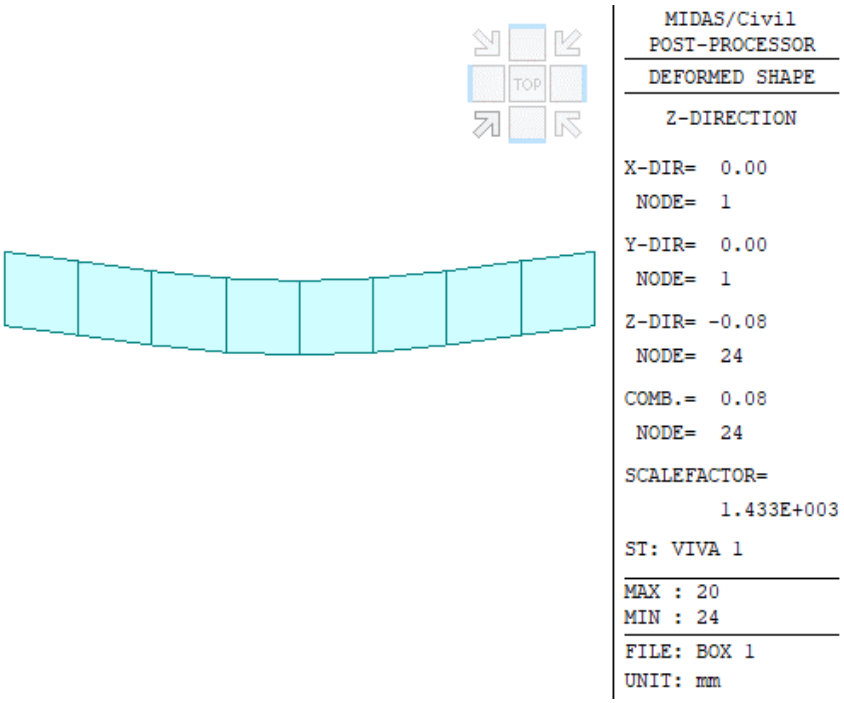



Figura 142. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K24+981

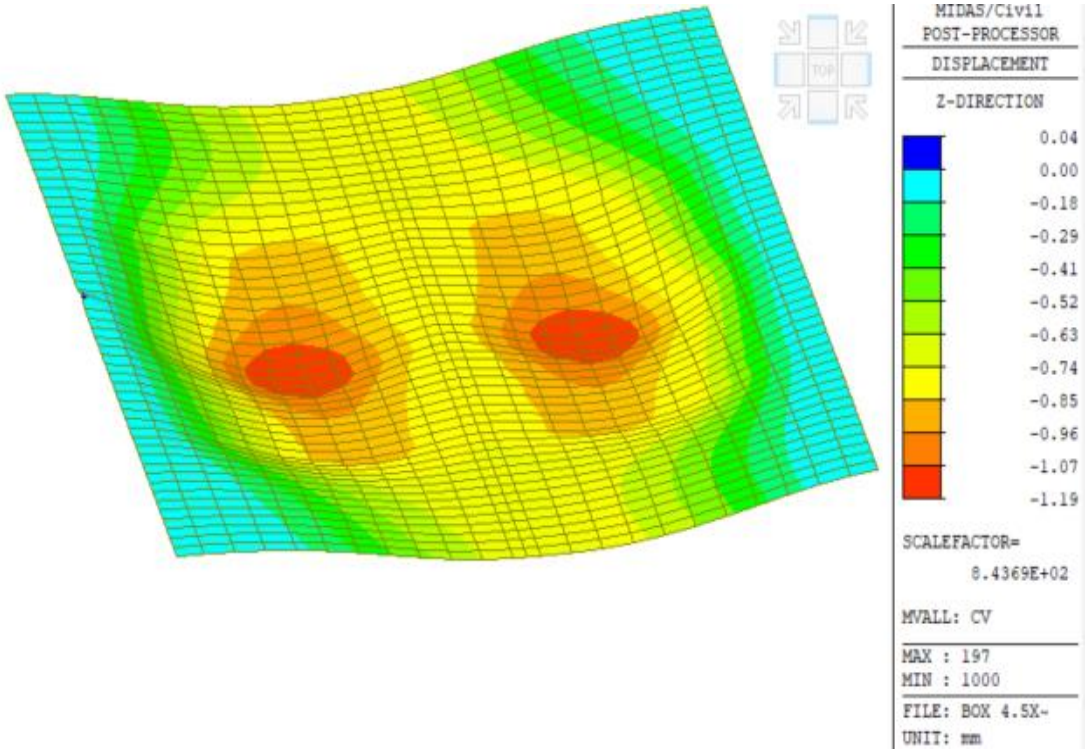



Figura 143. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K27+712 y K30+804

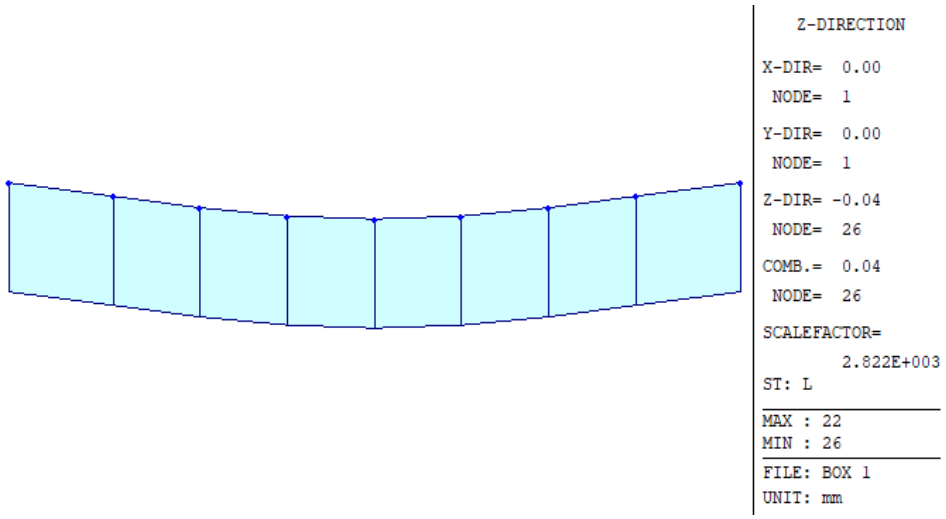



Figura 144. Deformación losa superior (mm) – Alcantarilla de cajón K31+004

## 5.4 DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ENTRADA y DESCARGA

La estructura se diseña para las condiciones más desfavorables que se pueden presentar durante su etapa constructiva y en condición de operación y servicio.

### 5.4.1 SOLICITACIONES

A continuación, se presentan las solicitaciones de las estructuras de descarga

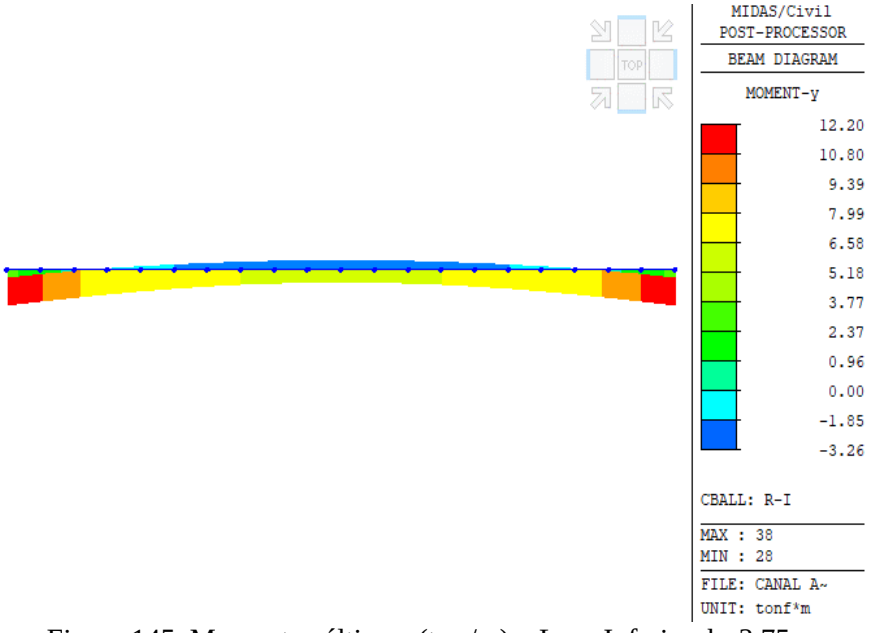



Figura 145. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior, h=3.75 m

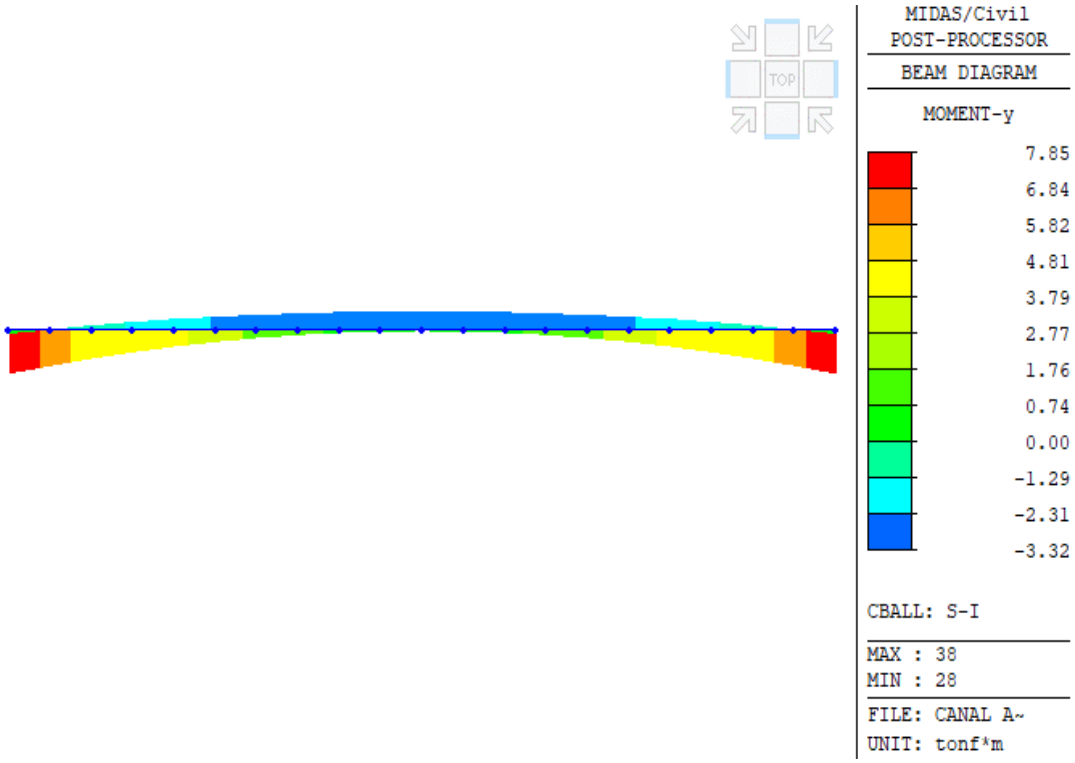



Figura 146. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior, h =3.75 m

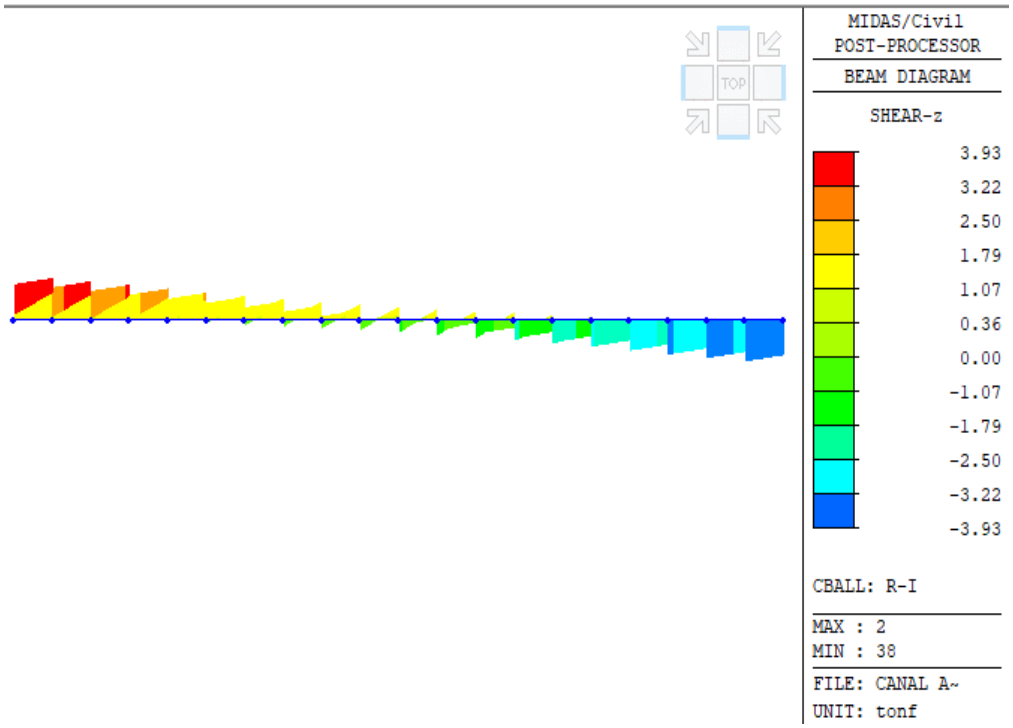



Figura 147. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior, h = 3.75 m

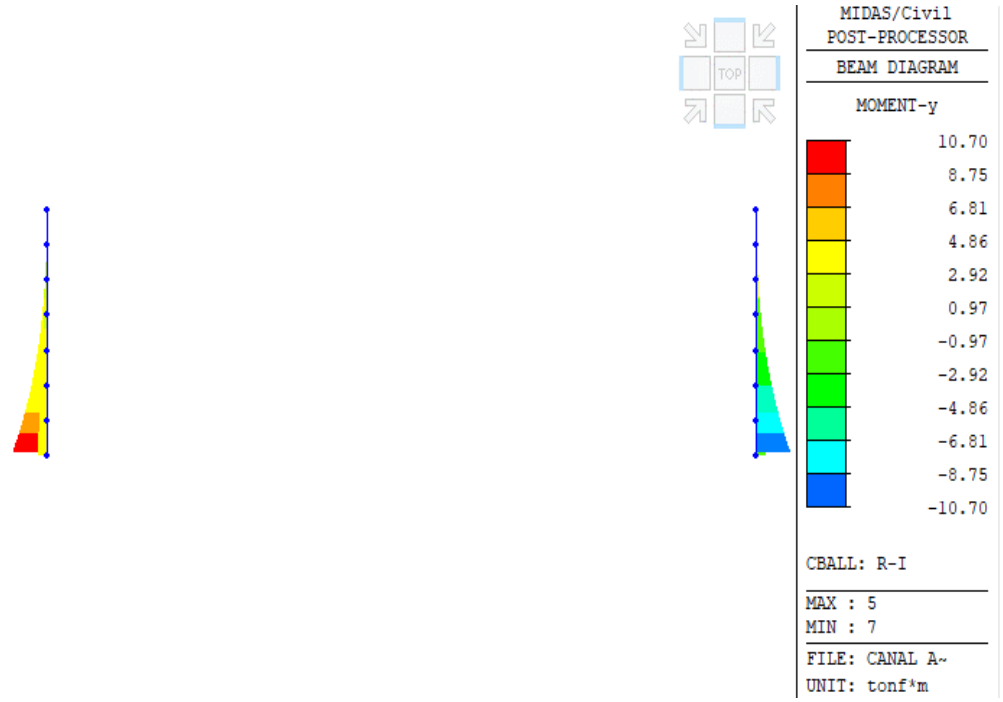



Figura 148. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes, h = 3.75 m

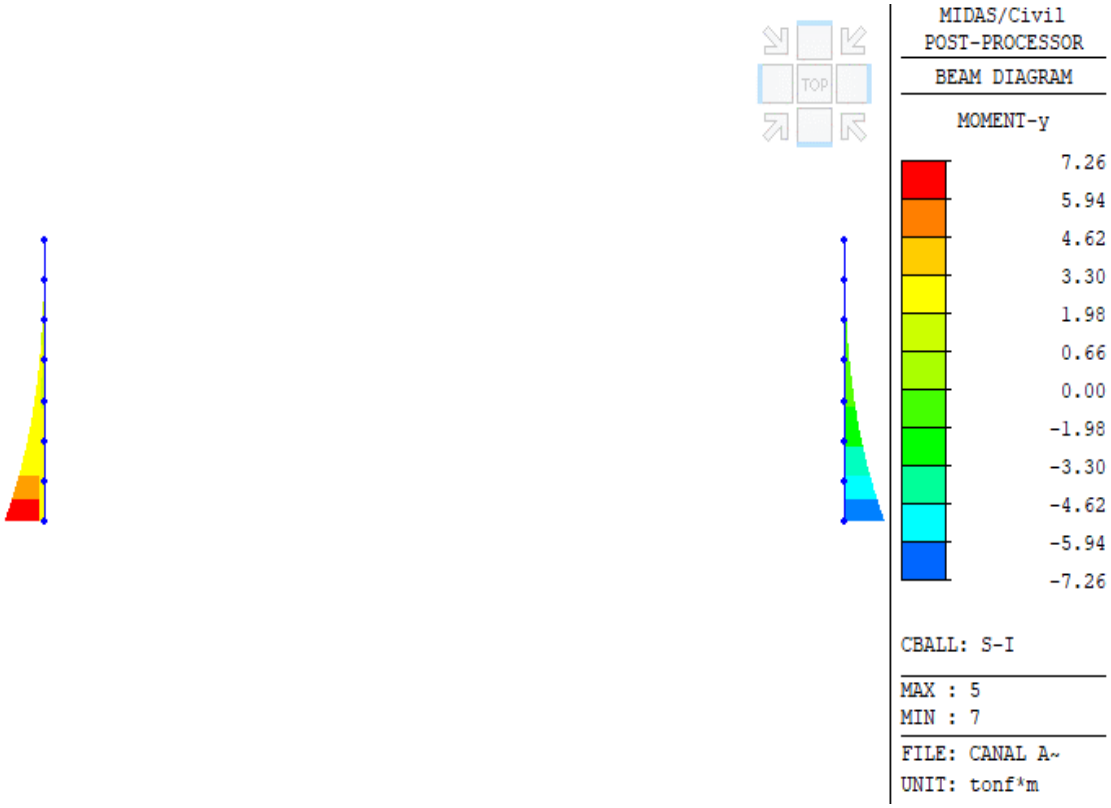



Figura 149. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes, h =3.75 m

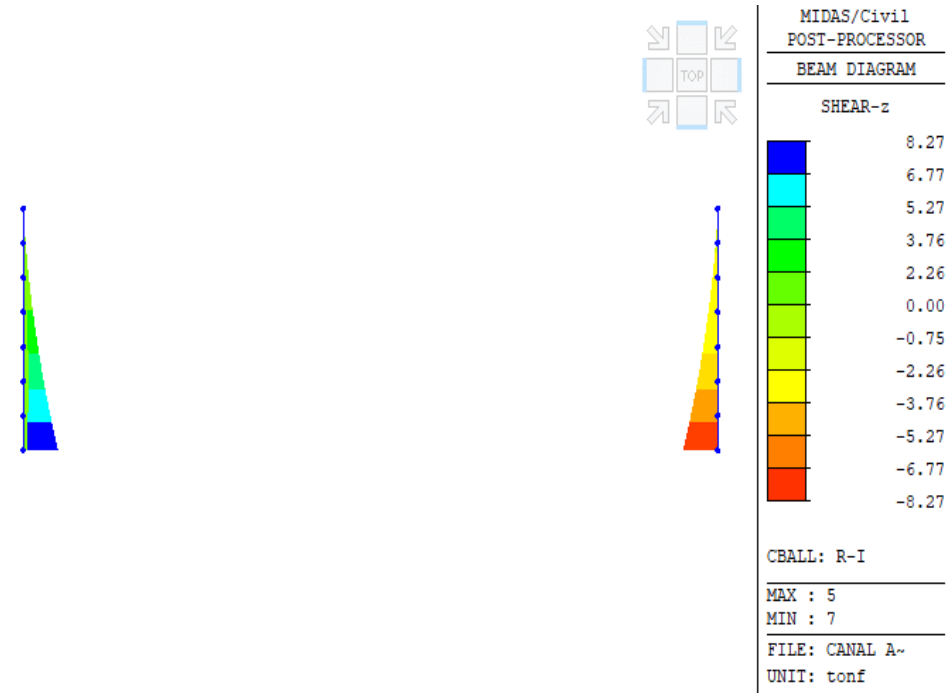



Figura 150. Cortante ultima (t/m) – Paredes, h =3.75 m

En el ANEXO 13 – CANAL ABIERTO T3, se presenta el cálculo respectivo para la estructura

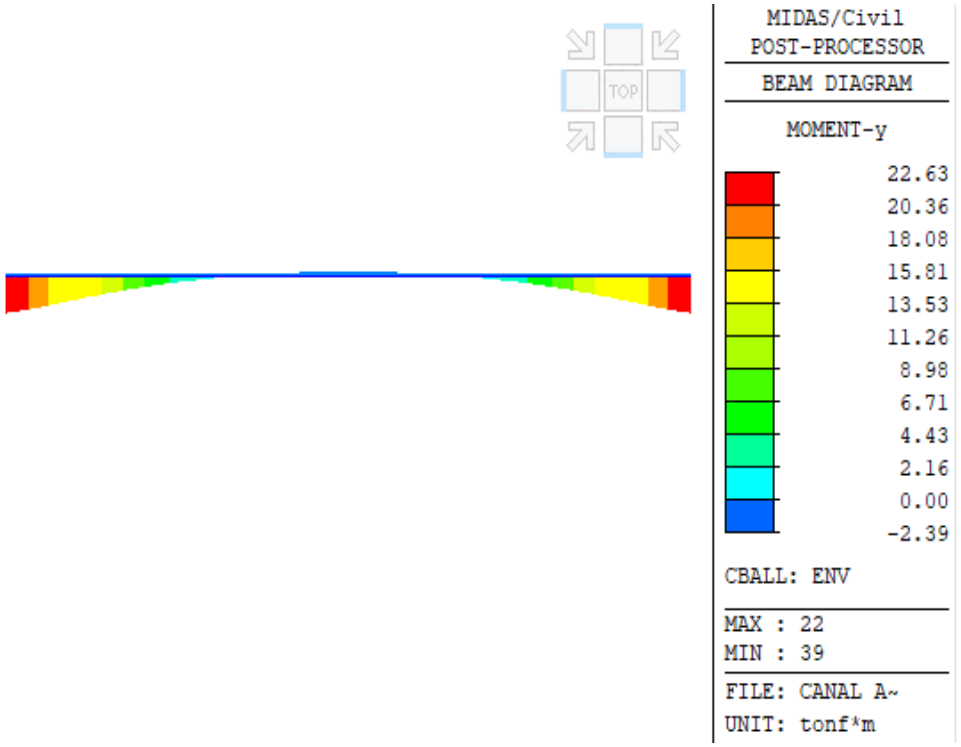



Figura 151. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior, h=5.10 m

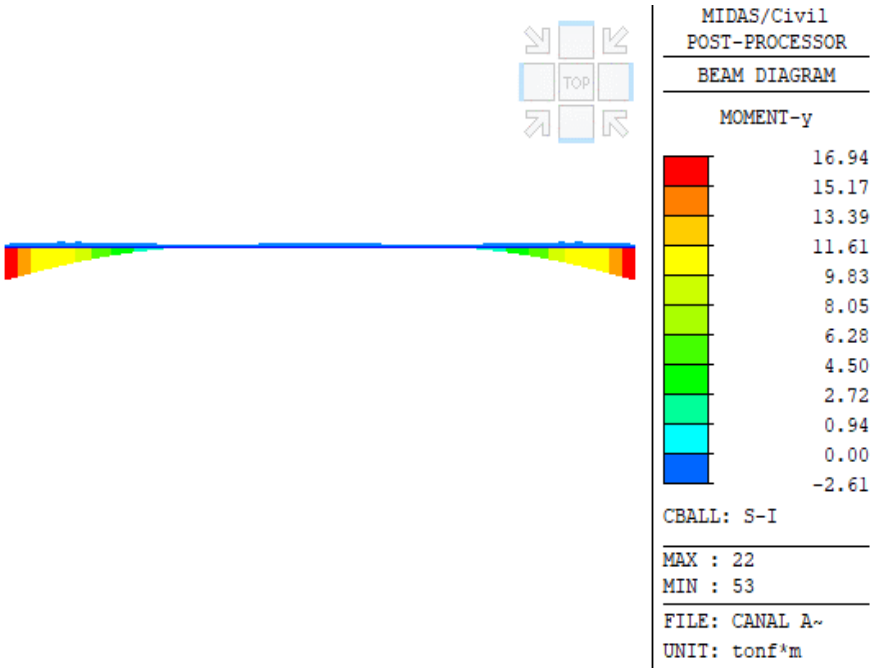



Figura 152. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior, h =5.10 m

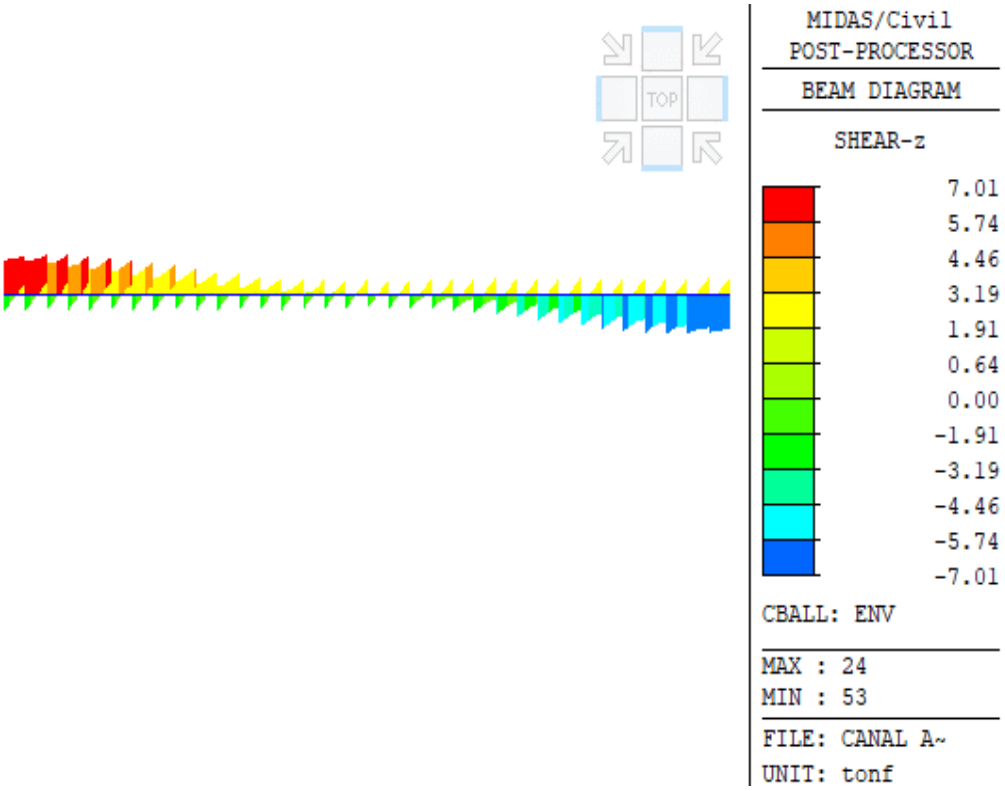



Figura 153. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior, h = 5.10 m

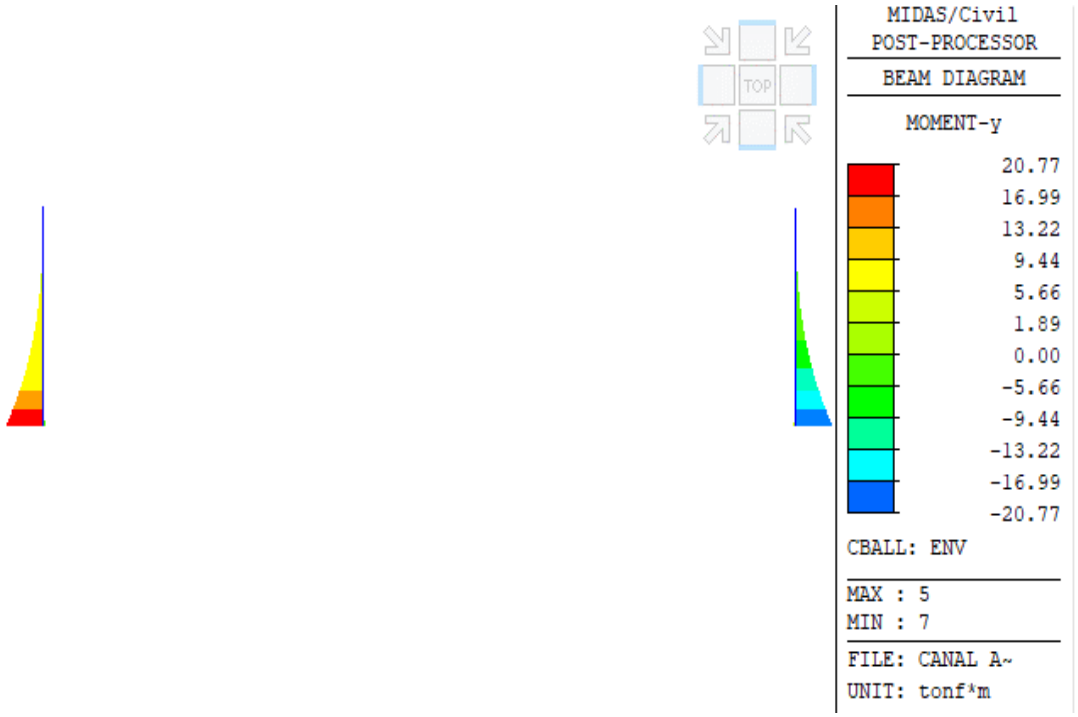



Figura 154. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes, h = 5.10 m

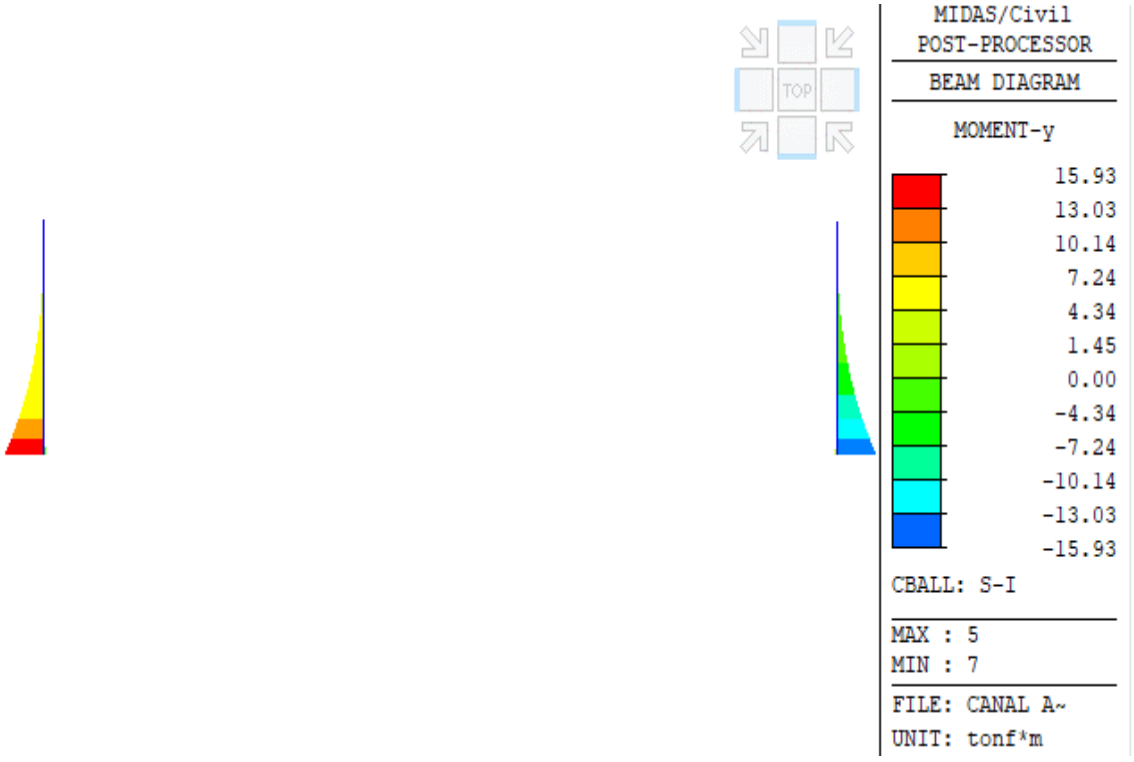



Figura 155. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes, h =5.10 m

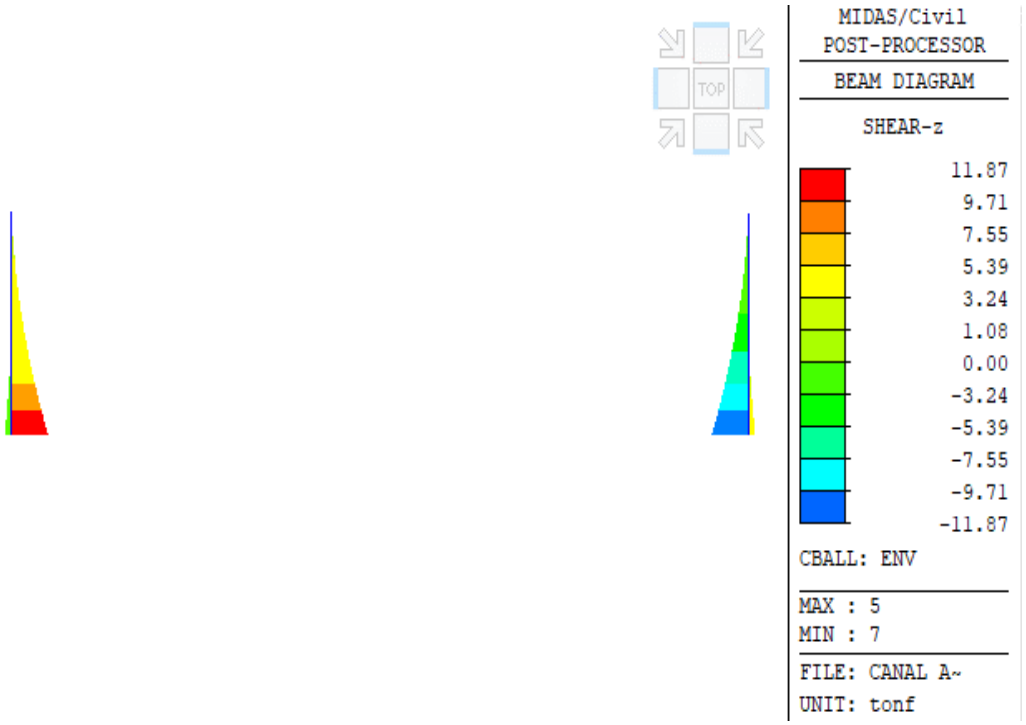



Figura 156. Cortante ultima (t/m) – Paredes, h =5.10 m

En el ANEXO 11 – CANAL ABIERTO T1, se presenta el cálculo respectivo para la estructura

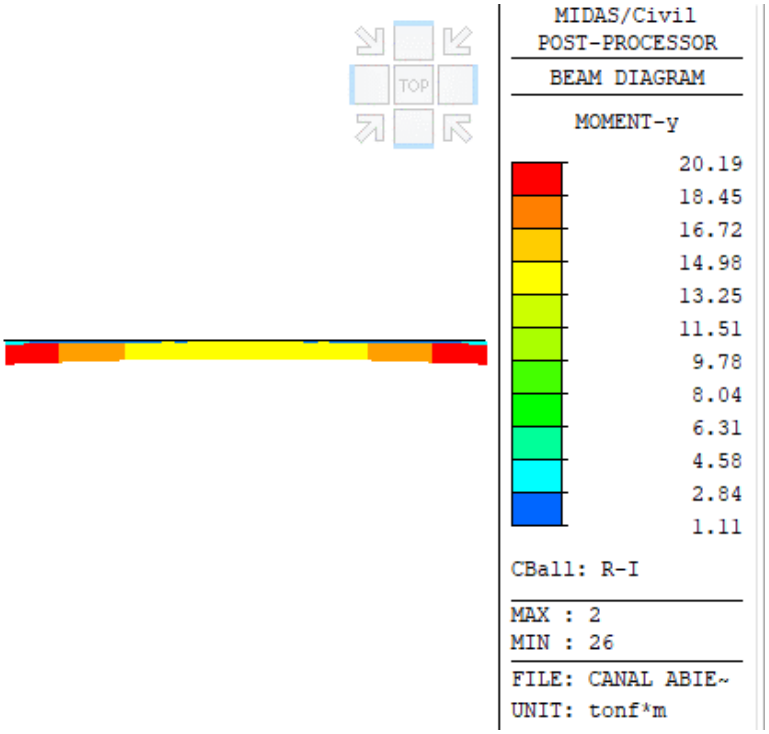



Figura 157. Momentos últimos (t-m/m) – Losa Inferior, h=4.50 m

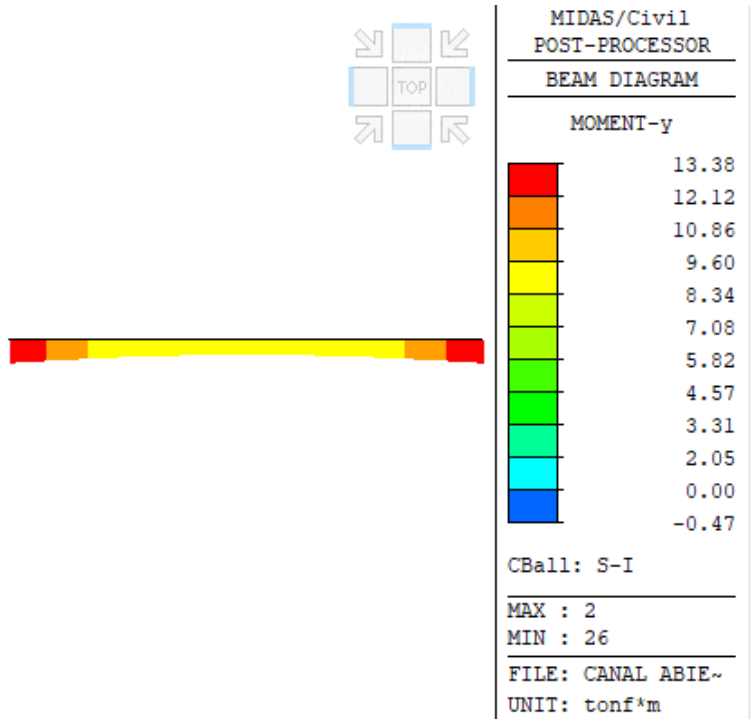



Figura 158. Momentos en servicio (t-m/m) – Losa Inferior, h =4.50 m

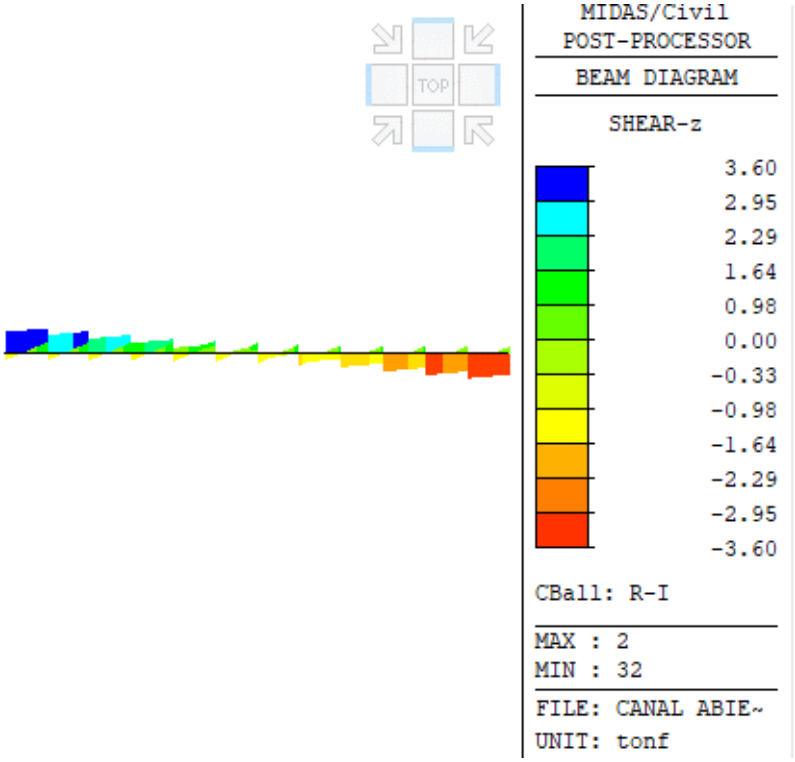



Figura 159. Cortante ultima (t/m) – Losa Inferior, h = 4.50 m

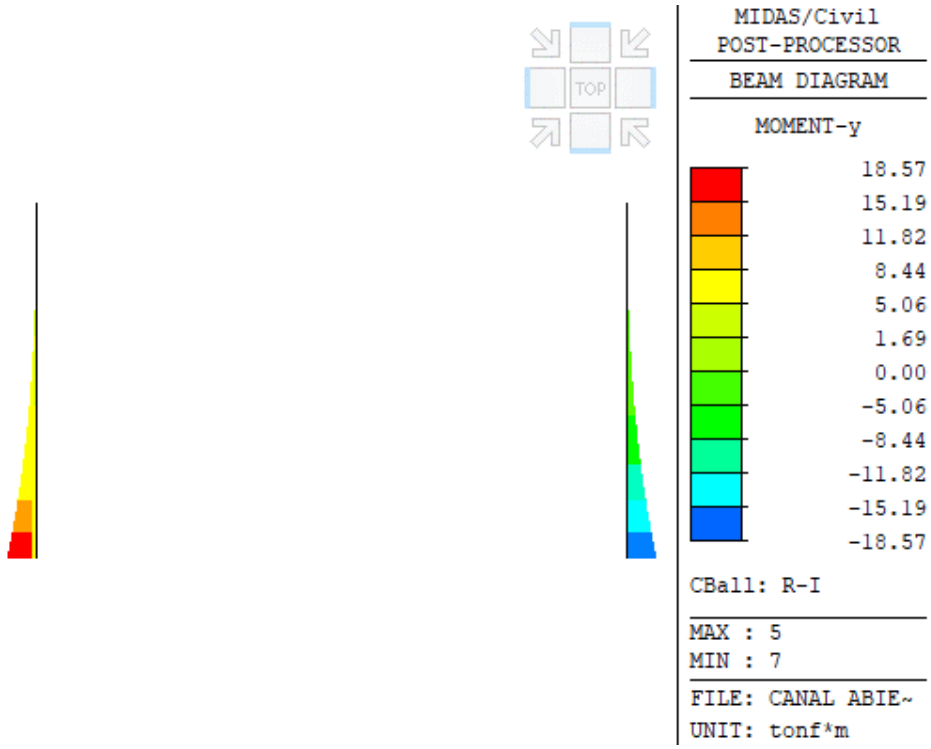



Figura 160. Momentos últimos (t-m/m) – Paredes, h = 4.50 m

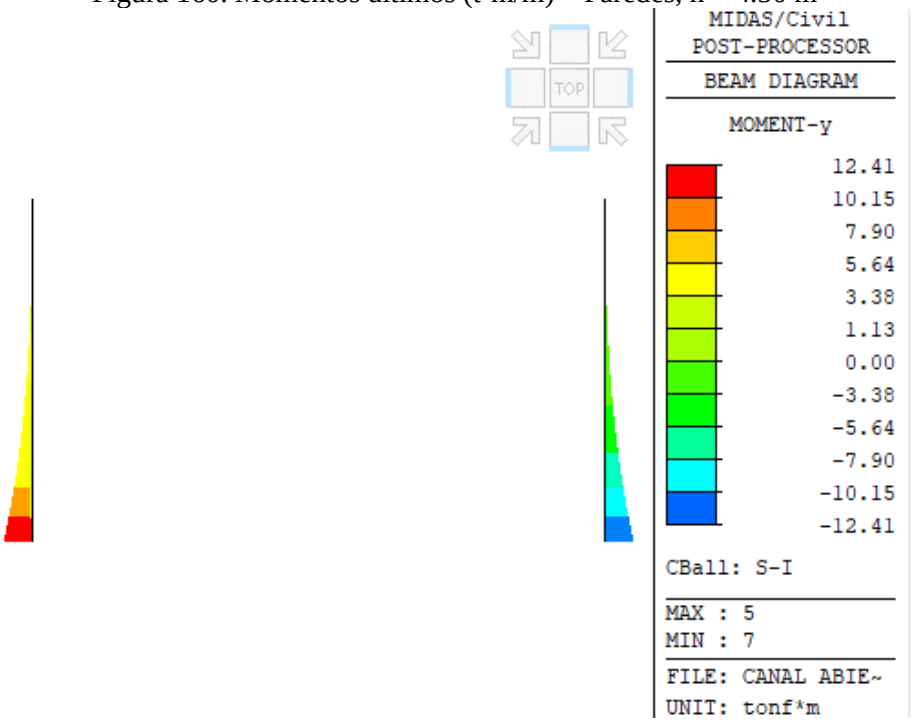



Figura 161. Momentos en servicio (t-m/m) – Paredes, h =4.50 m

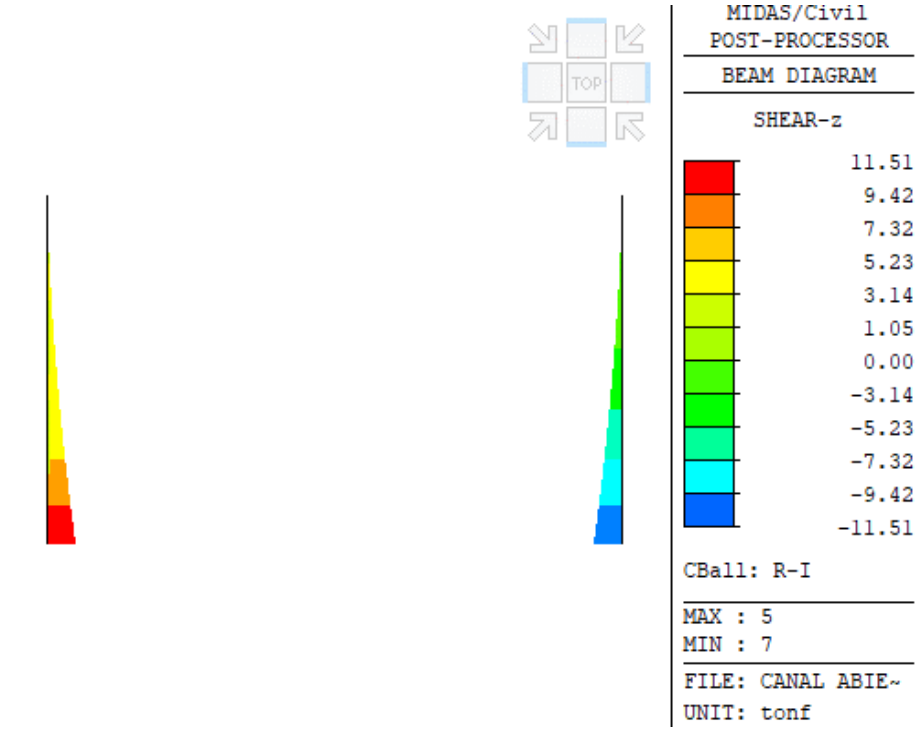



Figura 162. Cortante ultima (t/m) – Paredes, h =4.50 m

En el ANEXO 12 – CANAL ABIERTO T2 se presenta el cálculo respectivo.

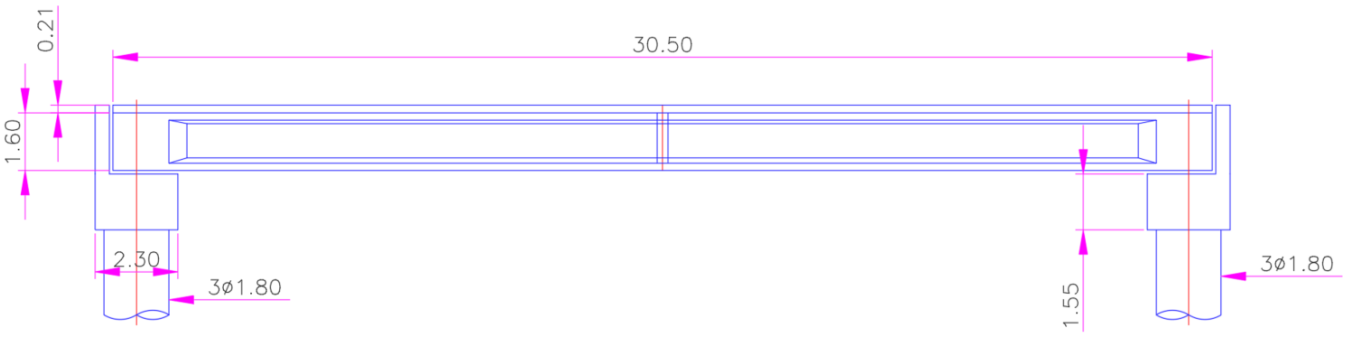



Figura 165 Perfil del Puente

**<u>Nota:</u> El puente actualmente no tiene carpeta de rodadura.**

### 6.1.2 SUBESTRUCTURA

La subestructura está conformada por dos (2) estribos externos, los cuales están conformados por una viga cabezal de dimensiones bxh 2.30 m x 1.55 m, sobre la cual está dispuesto un espaldar de espesor 0.40 m; la viga cabezal está apoyada en tres (3) pilotes de diámetro 1.80 m.

## 6.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

La capacidad de los elementos de concreto presforzado y reforzado se determinará por el método de factores de carga; la verificación de estado de esfuerzos se realizará por el método de esfuerzos en servicio.

### 6.2.1 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

Se presentan las resistencias de los elementos estructurales del puente, las cuales son obtenidas del ANEXO 14 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA – PUENTE PR22+330.

#### 6.2.1.1 Concreto

| | |
|---|---|
| Vigas presforzadas | f'c = 455 kgf/cm$^2$ |
| Tablero | f'c = 396 kgf/cm$^2$ |
| Coeficiente de expansión térmica (5.4.2.2) | $\alpha = 1.08 * 10^{-5}$ /ºC |
| Módulo de rotura | $f_r = 0.62\sqrt{f'c}$ |

El módulo de elasticidad se calculará como

$$Ec = 0.043 \cdot K_1 \cdot {w_c}^{1.5} \sqrt{f'c}\ MPa$$

Donde:
$K_1$ Factor de corrección para la fuente del agregado, tomado como 1.0
$w_c$ Densidad del concreto (kg/m$^3$)
$f'c$ Resistencia especificada de compresión del concreto

#### 6.2.1.2 Acero de refuerzo

| | |
|---|---|
| Resistencia a la fluencia del acero | fy = 4200 kg/cm$^2$ |
| Módulo de elasticidad | Es = 200 GPa |

#### 6.2.1.3 Acero de presforzado

| | | |
|---|---|---|
| Acero de baja relajación según la norma ASTM A416 - 270 | | |
| Torones de diámetro nominal: | 5/8" | |
| Área de cada torón: | 1.40 cm² | |
| Esfuerzo de rotura, $f_{pu}$: | 18600 kg/cm² | Tabla 5.4.4.1-1 |
| Esfuerzo de fluencia, $f_{py}$: | 16740 kg/cm² | Tabla 5.4.4.1-1 |
| Fuerza de tensado, $P_i$: | 20.0 t | (21.09 t máx.) |
| Esfuerzo de tensado, $f_{pi}$: | 14286 kg/cm² | OK, Menor a 0.9·Fpy |
| Módulo de elasticidad, $E_p$: | 1970000 kg/cm² | 5.4.4.2 |
| Coeficiente de rozamiento, μ: | 0.23 | Tabla 5.9.5.2.2b-1 |
| Coeficiente de ondulación, k: | 0.00066 | Tabla 5.9.5.2.2b-1 |
| Penetración en cuña: | 6 mm | |

### 6.2.2 CARGAS DE DISEÑO

Para el análisis de la estructura existente se tendrá en cuenta las siguientes cargas:

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Carga muerta | DC |
| 2. | Sobrecarga | DC |
| 3. | Superficie de rodadura | DW |
| 4. | Carga viva vehicular | LL |
| 5. | Amplificación dinámica de la carga viva | IM |
| 6. | Carga de presforzado | PS |

**Nota:** Para el análisis de la condición repotenciada se incluye la carga de carpeta asfáltica DW, en el análisis de la condición existente no se consideró dicha carga.

#### 6.2.2.1 Carga muerta - DC

Se toma en cuenta el peso de la totalidad de la estructura con un peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$.

#### 6.2.2.2 Sobrecarga - DC

Dentro de las cargas aplicadas por sobrecarga se tendrá en consideración el peso del bordillo, la pasarela peatonal y las barandas vehiculares, los cuales se calculan a continuación:

| | | |
|---|---|---|
| **Bordillo:** | 0.12 $m^2$ * 2.40 $t/m^3$ | = 0.288 t/m |
| **Pasarela peatonal:** | 0.285 $m^2$ * 2.40 $t/m^3$ | = 0.684 t/m |
| **Baranda vehicular:** | | = 0.100 t/m |

#### 6.2.2.3 Carga carpeta rodadura - DW

Se considera el peso de la carpeta asfáltica con un espesor de 7.5 cm (5.0 m + 2.5 cm futuros).

**Carpeta asfáltica**: 0.075 m · 2.25 $t/m^3$ = 0.169 $t/m^2$

#### 6.2.2.4 Carga viva vehicular - LL

Para la definición de la carga viva se tuvo en consideración dos (2) casos:

1. Carga viva C40-95, la cual corresponde a la carga del diseño original,
2. Carga viva CC 14, la cual corresponde a la carga de diseño de la Norma vigente.

##### 6.2.2.4.1 Camión C40-95

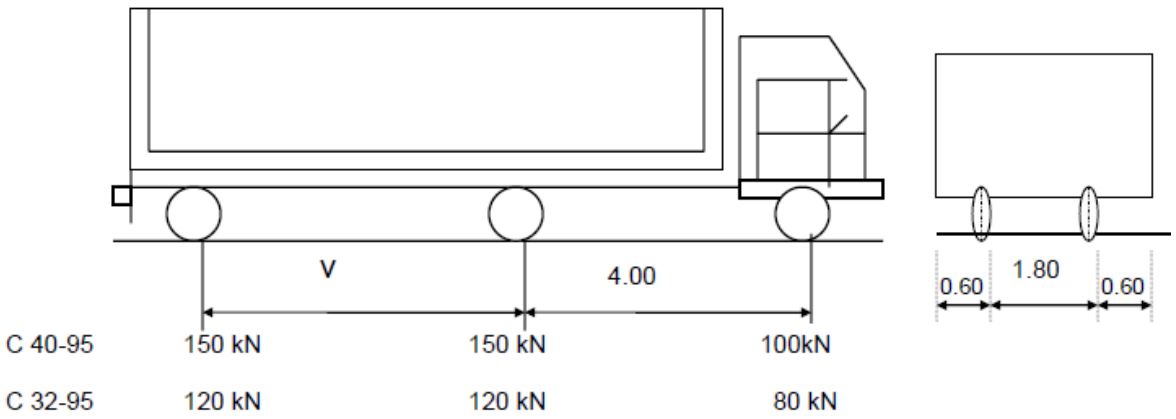
El camión C40-95, presentado en el *Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes CCDSP-95*, corresponde a un vehículo de tres (3) ejes con las siguientes cargas:

1. C1 = 10.0 t
2. C2 = 15.0 t
3. C3 = 15.0 t

Para un peso total de 40.0 t

La distancia entre los dos primeros ejes es de 4.00 m; la distancia entre el segundo y tercer eje es variable de 4.00 m a 9.00 m inclusive.

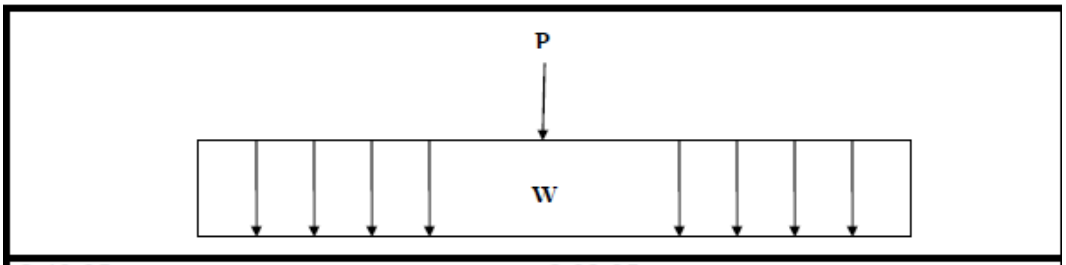
Transversalmente las ruedas están separadas una distancia de 1.80 m, en la Figura 166 se presenta la distribución del camión C40-95.




V = espaciamiento variable entre 4.0 m y 9.0 m inclusive. El espaciamiento a usar corresponde al que produzca los máximos esfuerzos

Figura 166. Carga de camión C40-95

Adicional a lo anterior, para puentes con luces mayores a 28.0 m, existe la carga de carril correspondiente a la carga C40-95, la cual corresponde a una carga uniformemente distribuida y una carga concentrada 12.0 t para momento y de 16.0 t para cortante, el cálculo de la carga de carril se presenta en la Figura 167.




| C 40-95 | C 32-95 |
|---|---|
| Para el cálculo de esfuerzos de flexión: | Para el cálculo de esfuerzos de flexión: |
| $w^* = 15 - \frac{L-28}{20}$ kN/m<br>$P = 120$ kN | $w^{**} = 12 - \frac{L-28}{20}$ kN/m<br>$P = 96$ kN |
| Para el cálculo de esfuerzos de cortante: | Para el cálculo de esfuerzos de cortante: |
| $W = 15 - \frac{L-24}{30}$ kN/m<br>$P = 160$ kN | $W = 15 - \frac{L-24}{30}$ kN/m<br>$P = 128$ kN |
| * La carga uniforme w no podrá ser menor que 11.4 kN/m ni mayor que 15 kN/m. | ** La carga uniforme w no podrá ser menor que 9.12 kN/m ni mayor que 12 kN/m. |

Figura 167. Carga de carril C40-95

#### 6.2.2.4.2 Camión CC 14

Se consideran las indicaciones del artículo 3.6 de la CCP-14, en el cual presenta el camión de diseño CC14 mostrado en la Figura 168.

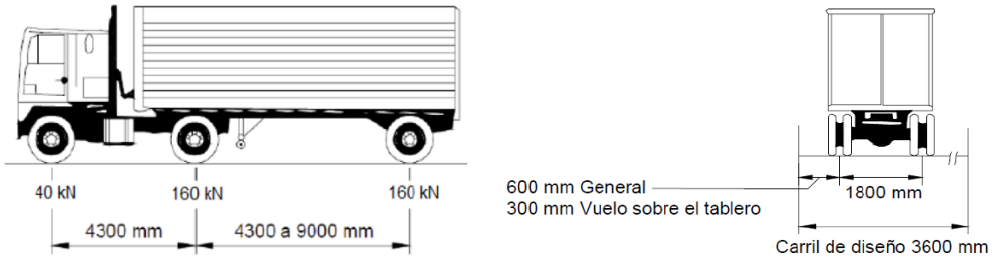



Figura 168. Camión de diseño CC14

Se analizará la condición de carga para los carriles de tráfico que apliquen cargados simultáneamente. La carga viva de diseño será la más crítica entre:

1. Camión de diseño más carril de diseño.
2. Tándem de diseño más carril de diseño.

En donde:

**Camión de diseño**

| | | |
|---|---|---|
| P1 = | 4.0 t | Carga del eje delantero del camión |
| P2 = | 16.0 t | Carga del eje medio del camión |
| P3 = | 16.0 t | Carga del eje trasero del camión |

**Tándem de diseño**

| | |
|---|---|
| T1 = | 12.5 t |
| T2 = | 12.5 t |

**Carril de diseño**

| | |
|---|---|
| $W_L$ = | 1.03 t/m |
| Ancho de carga = | 3.00 m |

Acorde con lo especificado en el artículo 3.6.1.1.2 debe multiplicarse la carga viva por el factor de presencia múltiple *m*, el cual se determina según la tabla 3.6.1.1.2-1 de la CCP-14.

| | |
|---|---|
| 1. Para un (1) carril cargado: | *m = 1.20* |
| 2. Para dos (2) carriles cargados: | *m = 1.00* |

**NÚMERO DE CARRILES DE DISEÑO**

De acuerdo con el artículo 3.6.1.1.1 de la CCP-14, el número de carriles de diseño para la calzada de 8.90 m. es de dos (2) carriles.

#### 6.2.2.5 Amplificación dinámica de la carga viva - IM

Para calcular la amplificación dinámica de la carga viva se tienen en cuenta las consideraciones del *Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes – CCDSP 95* para la evaluación de la capacidad existente de la estructura; para el diseño de la repotenciación se tiene en cuenta lo especificado en la CCP 14.

##### 6.2.2.5.1 CCDSP -95

De acuerdo con el artículo A.3.4.3.2, el impacto se debe calcular mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{16}{L + 40} \leq 30\%$$

Para la estructura (L = 30.50 m) se tiene:

$$IM = \frac{16}{30.5 + 40} = \mathbf{22.70}\%$$

##### 6.2.2.5.2 CCP 14

Se considera el incremento en la carga viva por su naturaleza dinámica, con el factor de amplificación de carga viva IM, de acuerdo con lo presentado en la sección 3 de la CCP 14 se tiene un valor IM de:

**IM = 33%**

El cual es aplicable únicamente a la carga de camión o de tándem de diseño para los estados límites, exceptuando el estado límite de fatiga y fractura.

#### 6.2.2.6 Carga de presforzado - PS

La carga de presforzado consistirá en una fuerza aplicada en los gatos de **20.0 t.** por torón, de manera que antes del acuñamiento los esfuerzos en los gatos son menores a los límites establecidos en la tabla 5.9.3-1 de la CCP-14 para torones de preesfuerzo.

### 6.2.3 COMBINACIONES DE CARGA

#### 6.2.3.1 CCDSP – 95

De acuerdo con el artículo A.3.12 del *Código Colombiano de Diseño Sísmico de Puentes CCDSP-95*, la combinación de carga para el diseño de superestructura está gobernada por el grupo I, el cual corresponde a:

$$Grupo\ I = 1.3 * (\beta_D * D + 1.67 * LL)$$

$$Grupo\ I = 1.3 * D + 2.17 * LL$$

#### 6.2.3.2 CCP 14

Se utilizarán las combinaciones de carga definidas en el artículo 3.4.1 para la revisión de los elementos estructurales de superestructura, las cuales son presentadas en la Tabla 2.

### 6.2.4 COEFICIENTES DE RESISTENCIA

Se considerarán los coeficientes de resistencia presentados en el numeral 3.2.5

## 6.3 MODELADO ESTRUCTURAL

Para el modelo estructural de la superestructura del puente fue usado el software de diseño estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las secciones empleadas en el modelado, las propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno, cargas y combinaciones de carga consideradas.

En la Figura 169 se presenta el modelo 3D del puente en MIDAS CIVIL.

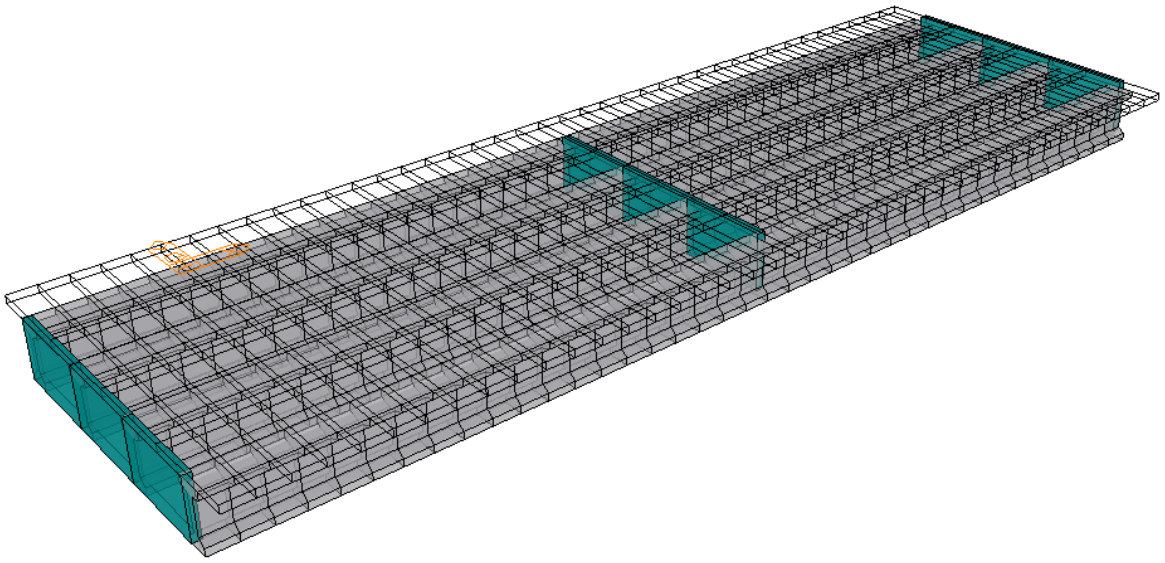


Figura 169 Modelo 3D del puente en MIDAS CIVIL

### 6.3.1 GEOMETRÍA

En la Figura 170 se presenta la planta y el perfil del modelo del puente en MIDAS CIVIL.

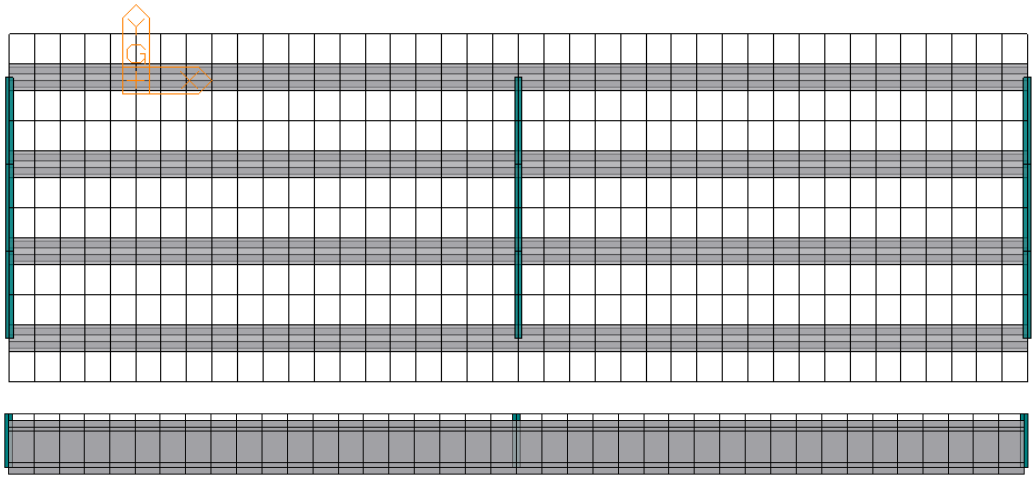


Figura 170 Planta - perfil del modelo estructural

### 6.3.2 MATERIALES

En la Figura 171 se definen las propiedades mecánicas de los materiales empleados para el modelo estructural, los cuales son obtenidos del estudio de patología del puente.

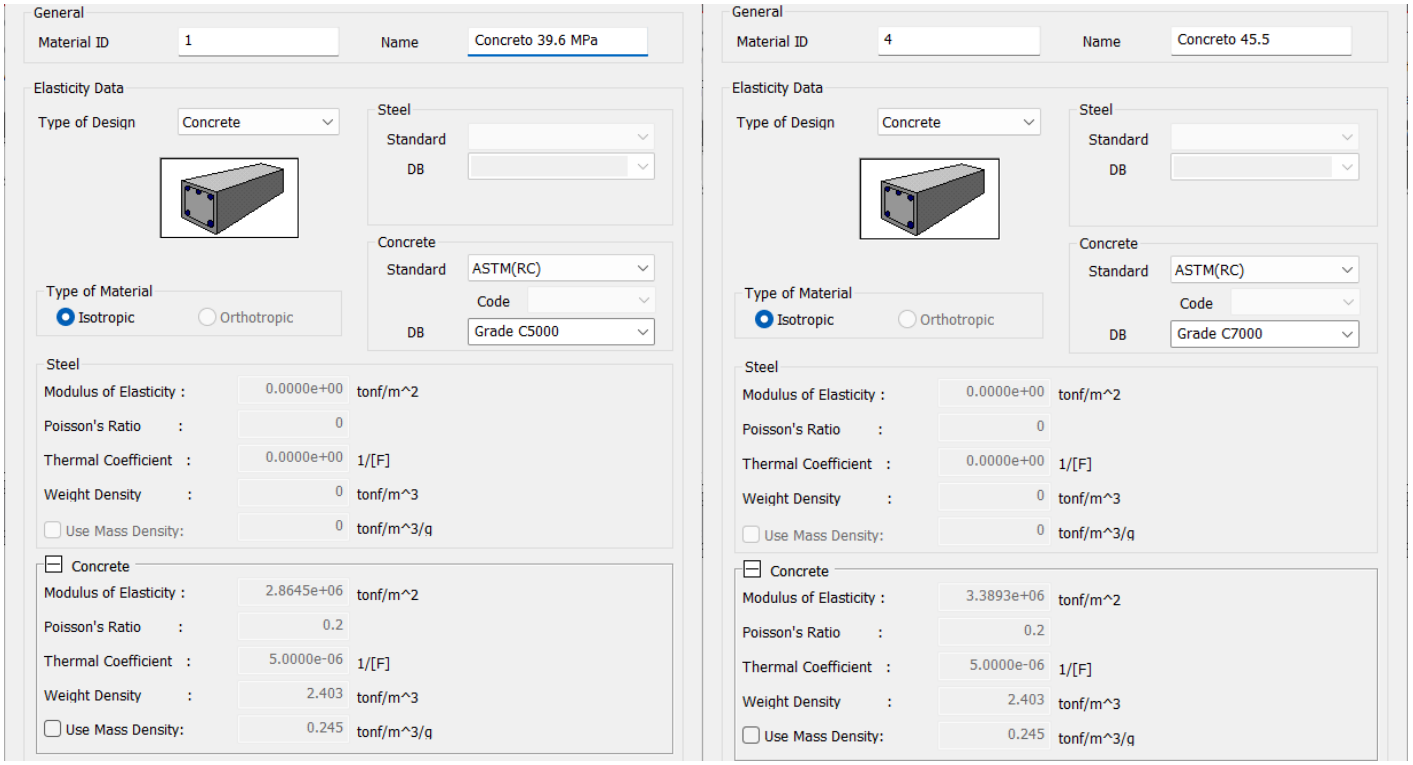
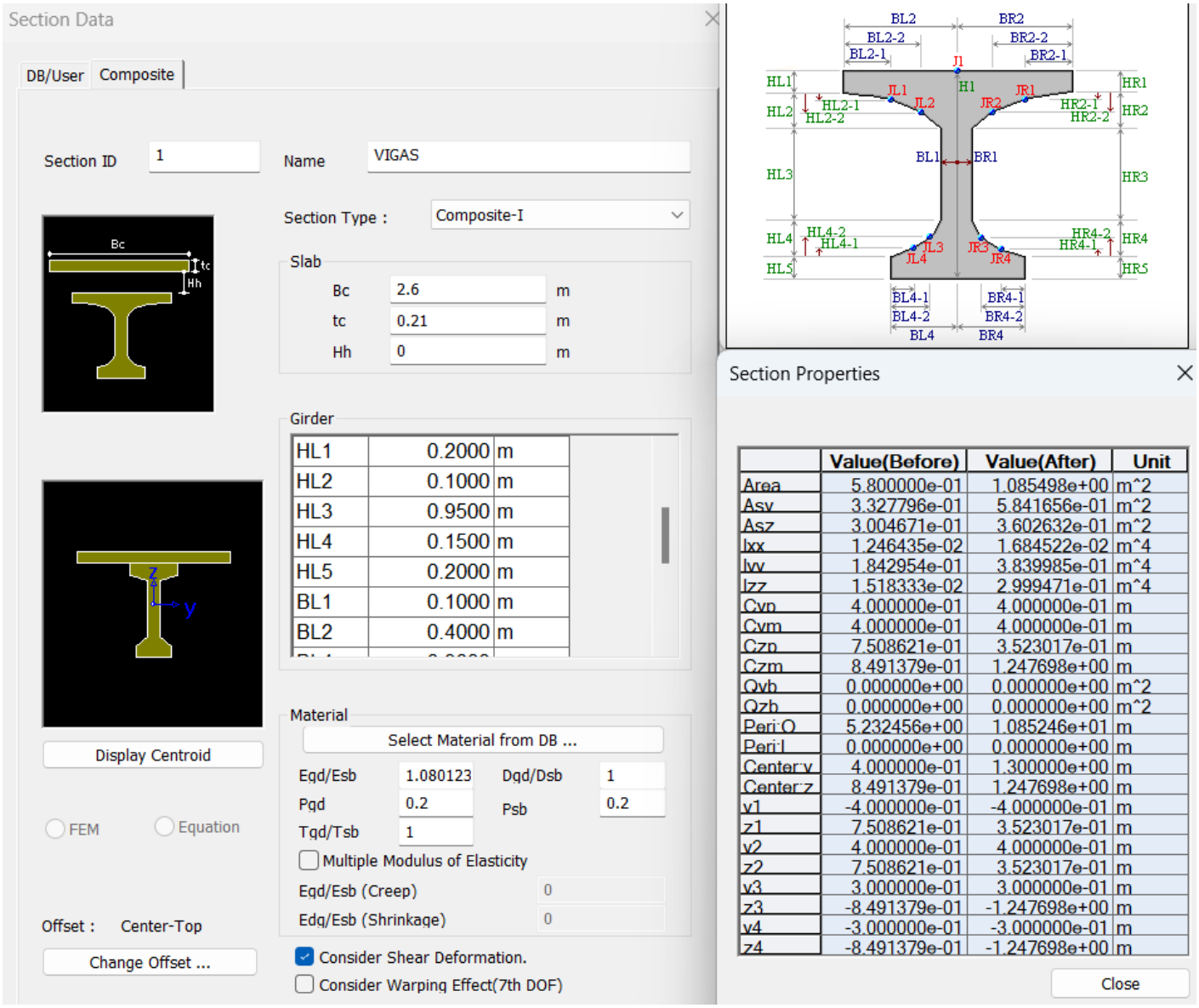



Figura 171 Modelado del concreto en la estructura

### 6.3.3 SECCIONES TRANSVERSALES

De la Figura 172 a la Figura 174 se presentan las secciones y elementos estructurales con sus respectivas propiedades geométricas empleadas en el modelo estructural.




| | Value(Before) | Value(After) | Unit |
|---|---|---|---|
| Area | 5.800000e-01 | 1.085498e+00 | m^2 |
| Asy | 3.327796e-01 | 5.841656e-01 | m^2 |
| Asz | 3.004671e-01 | 3.602632e-01 | m^2 |
| Ixx | 1.246435e-02 | 1.684522e-02 | m^4 |
| Iyy | 1.842954e-01 | 3.839985e-01 | m^4 |
| Izz | 1.518333e-02 | 2.999471e-01 | m^4 |
| Cyn | 4.000000e-01 | 4.000000e-01 | m |
| Cym | 4.000000e-01 | 4.000000e-01 | m |
| Czn | 7.508621e-01 | 3.523017e-01 | m |
| Czm | 8.491379e-01 | 1.247698e+00 | m |
| Qyb | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 | m^2 |
| Qzb | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 | m^2 |
| Peri:O | 5.232456e+00 | 1.085246e+01 | m |
| Peri:I | 0.000000e+00 | 0.000000e+00 | m |
| Center:y | 4.000000e-01 | 1.300000e+00 | m |
| Center:z | 8.491379e-01 | 1.247698e+00 | m |
| y1 | -4.000000e-01 | -4.000000e-01 | m |
| z1 | 7.508621e-01 | 3.523017e-01 | m |
| y2 | 4.000000e-01 | 4.000000e-01 | m |
| z2 | 7.508621e-01 | 3.523017e-01 | m |
| y3 | 3.000000e-01 | 3.000000e-01 | m |
| z3 | -8.491379e-01 | -1.247698e+00 | m |
| y4 | -3.000000e-01 | -3.000000e-01 | m |
| z4 | -8.491379e-01 | -1.247698e+00 | m |

Figura 172 Sección transversal vigas presforzadas

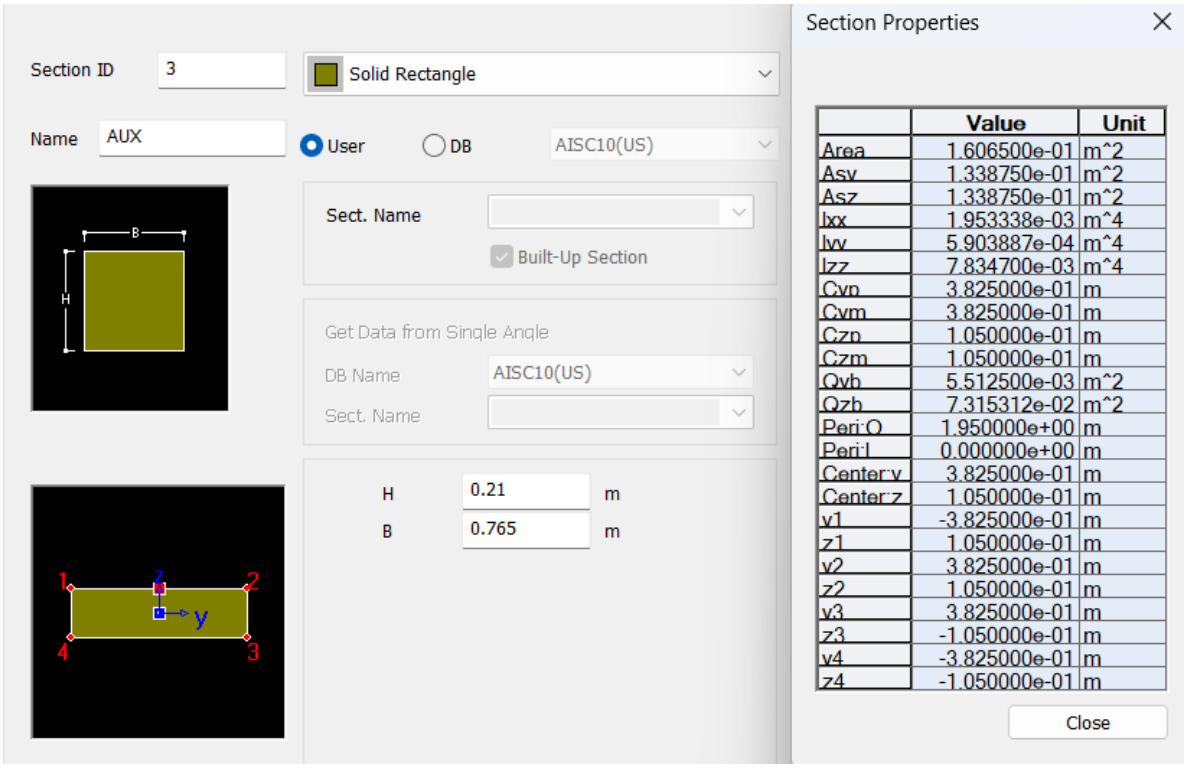



Figura 173 Sección transversal viga auxiliar tablero

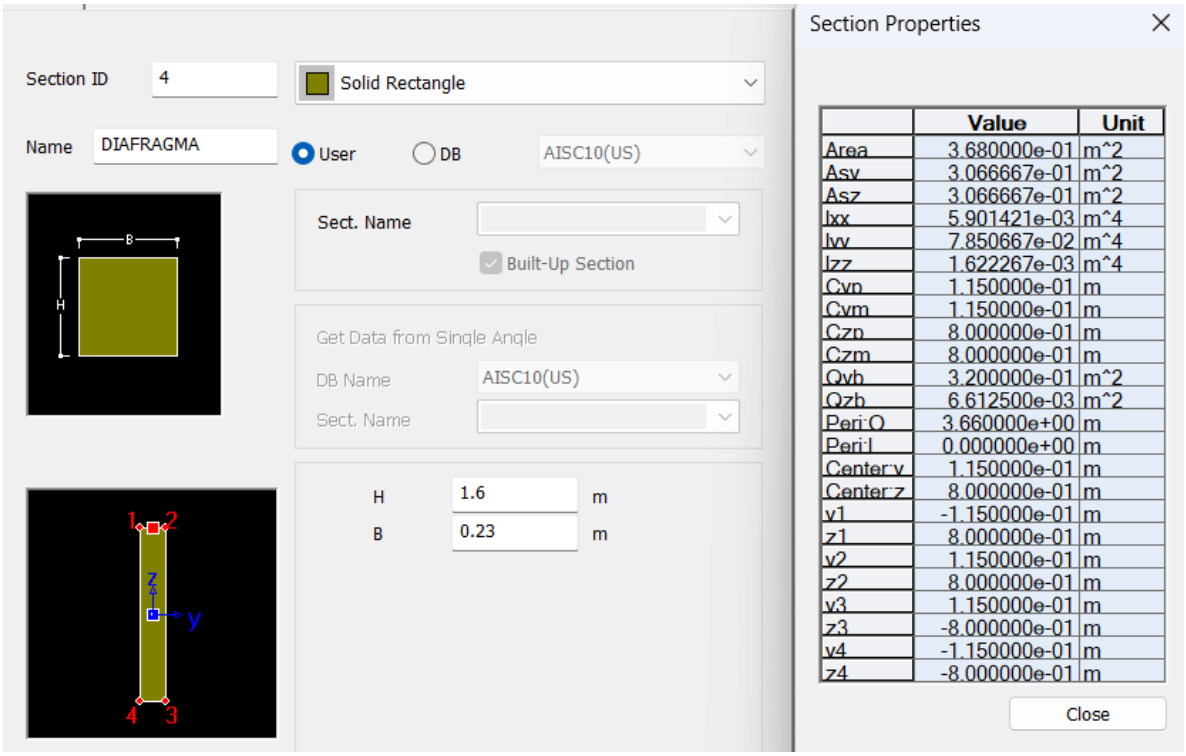



Figura 174 Sección transversal Viga Diafragma

### 6.3.4 CONDICIONES DE CONTORNO

**Apoyo en la Subestructura**

Para las condiciones de contorno modeladas, se considera que la superestructura se apoya directamente en los elementos de la subestructura mediante una articulación, el cual restringe el desplazamiento en todas las direcciones y permitiendo el giro, tal como se presenta en la Figura 175.

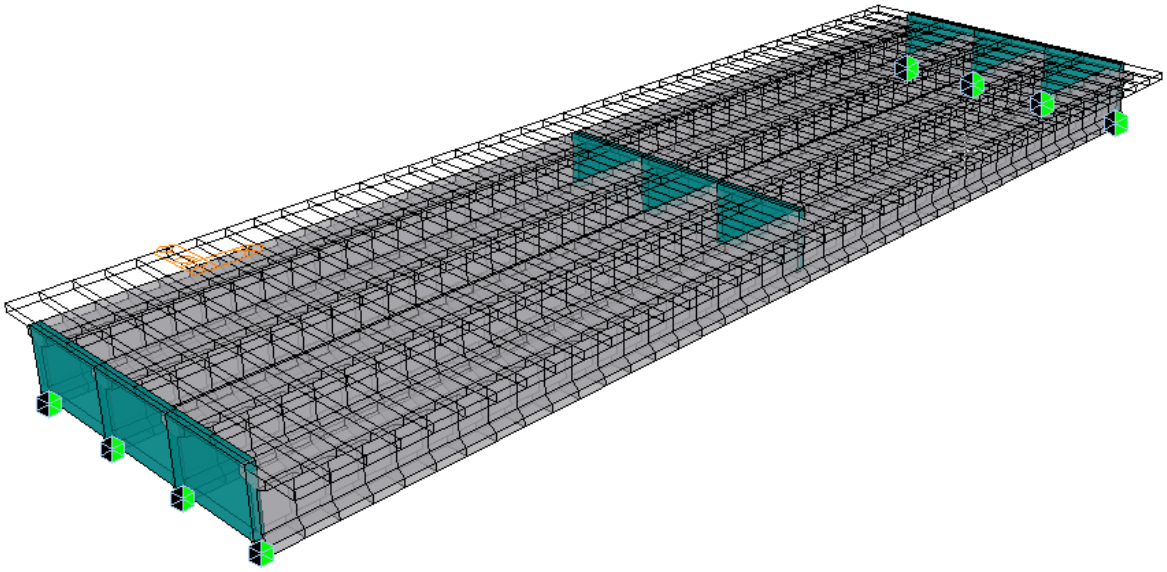


Figura 175 Apoyos modelados en la subestructura

Para apoyar la superestructura en la subestructura se crea un *Rigid link* que conecta la fibra superior con la inferior de la viga longitudinal, que a su vez conecta con el estribo mediante una articulación, el cual representa la rigidez de la subestructura.

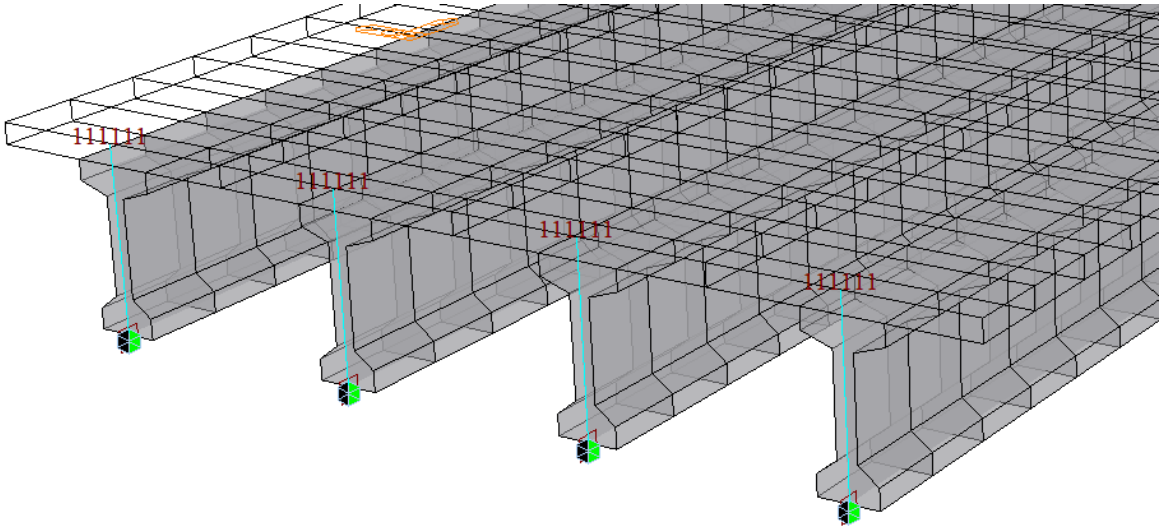


Figura 176 *Elastic* y *rigid links* modelados para conectar superestructura con subestructura

### 6.3.5 CARGAS APLICADAS

#### 6.3.5.1 Carga Muerta

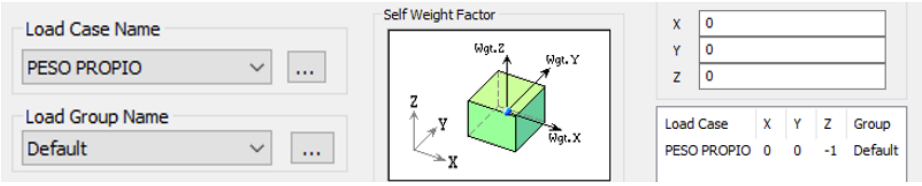



Figura 177 Carga muerta modelada

#### 6.3.5.2 Sobrecarga

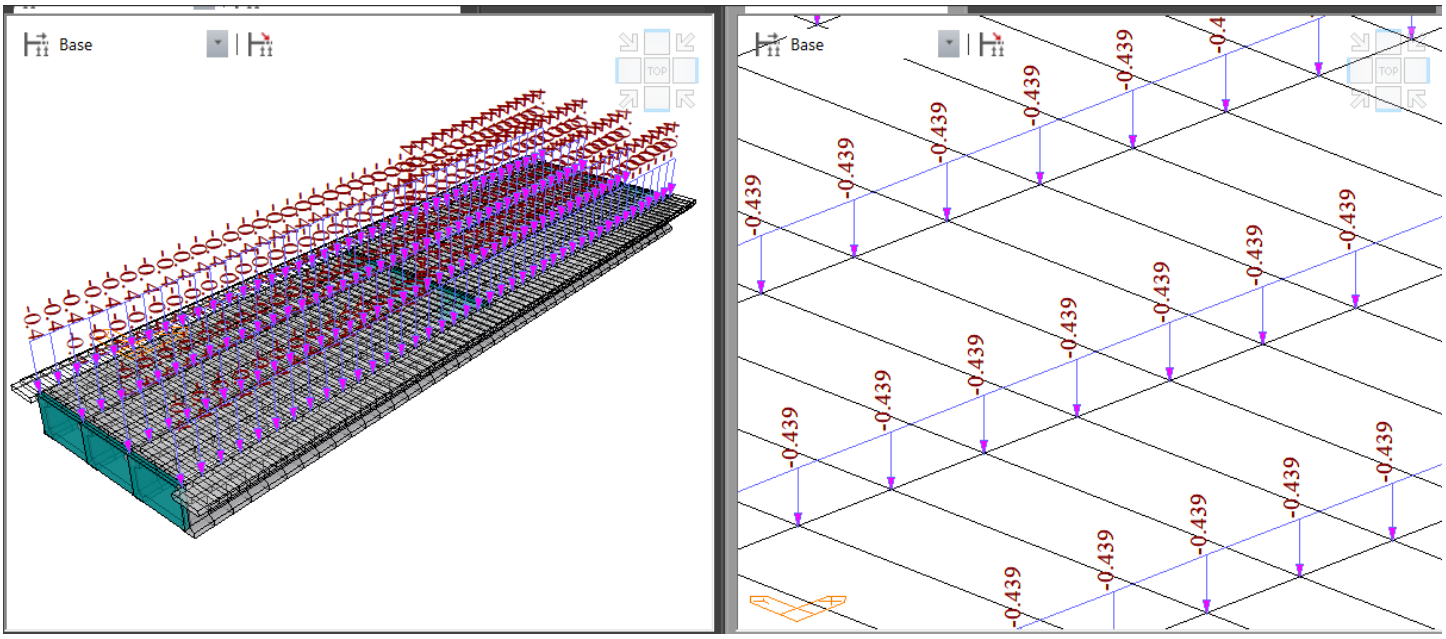



Figura 178 Carga lineal de carpeta asfáltica (t/m)

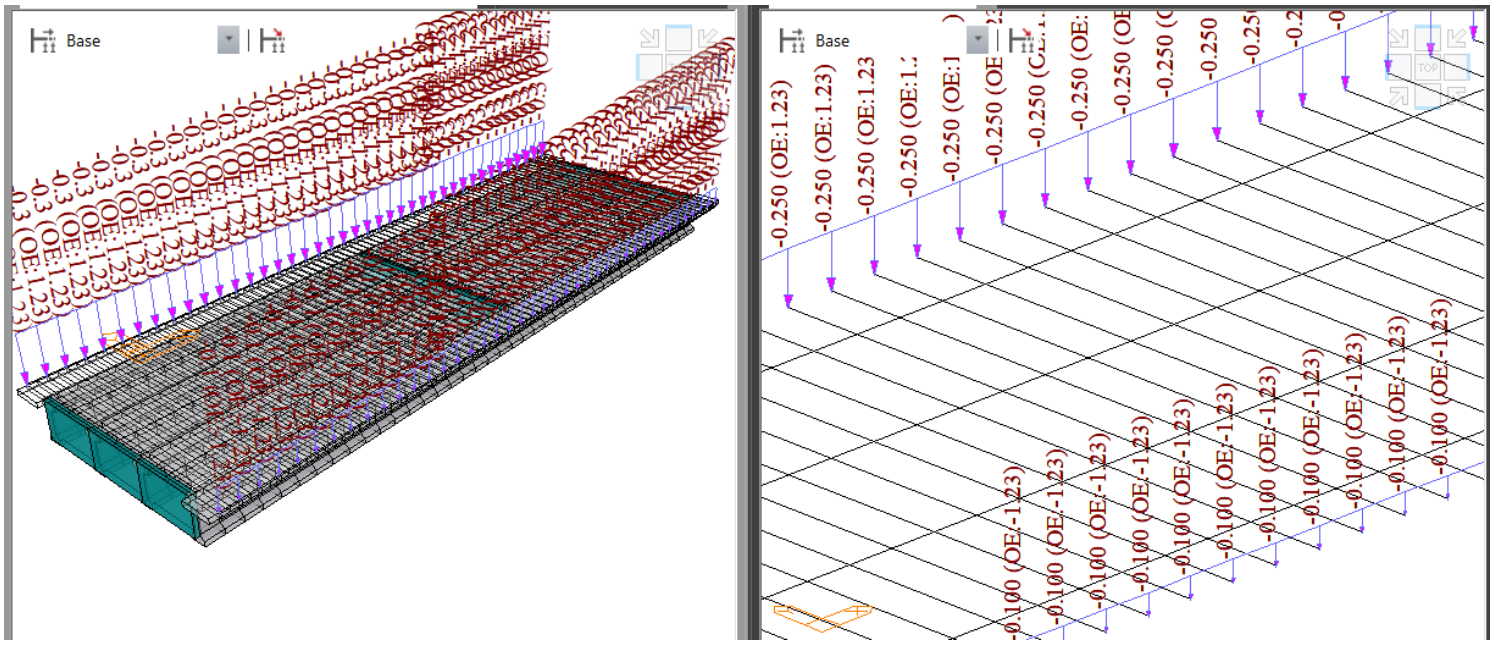



Figura 179 Carga lineal de bordillo / baranda (t/m)

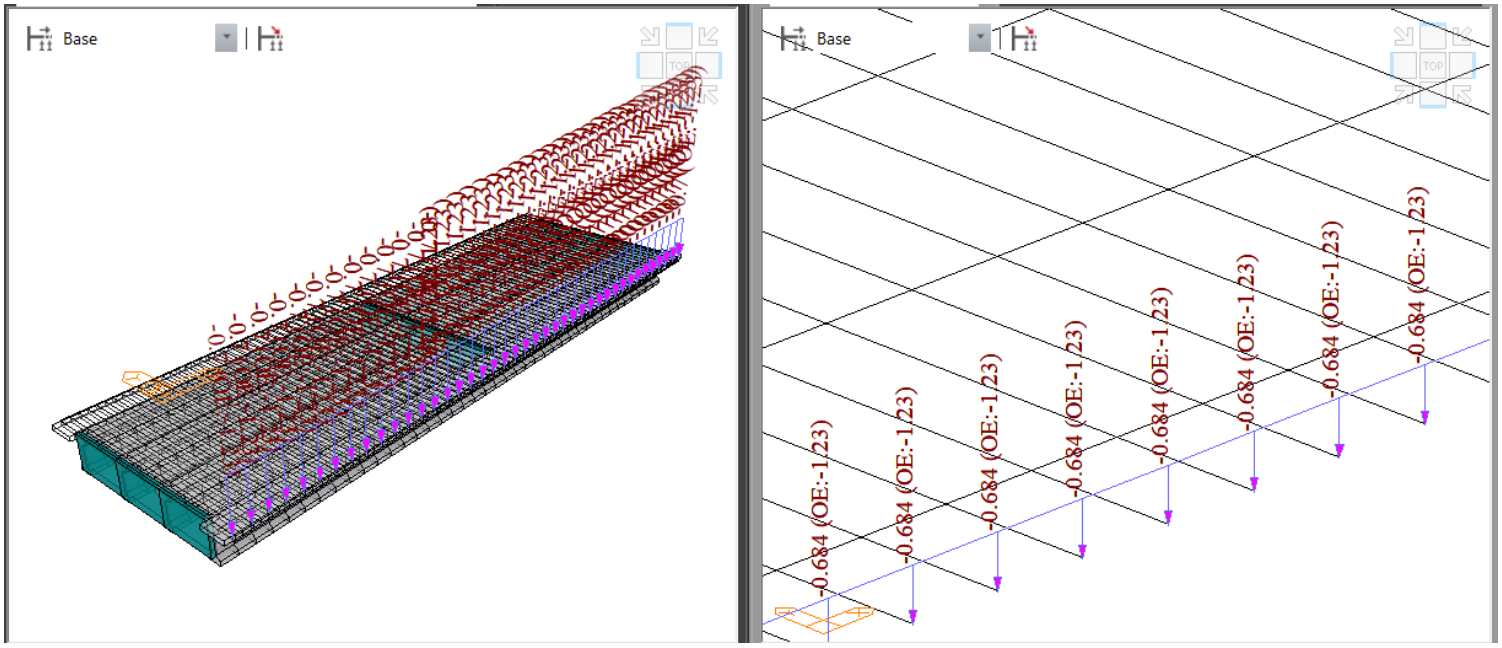



Figura 180 Carga de carpeta de pasarela peatonal (t/m)

#### 6.3.5.3 Carga viva peatonal

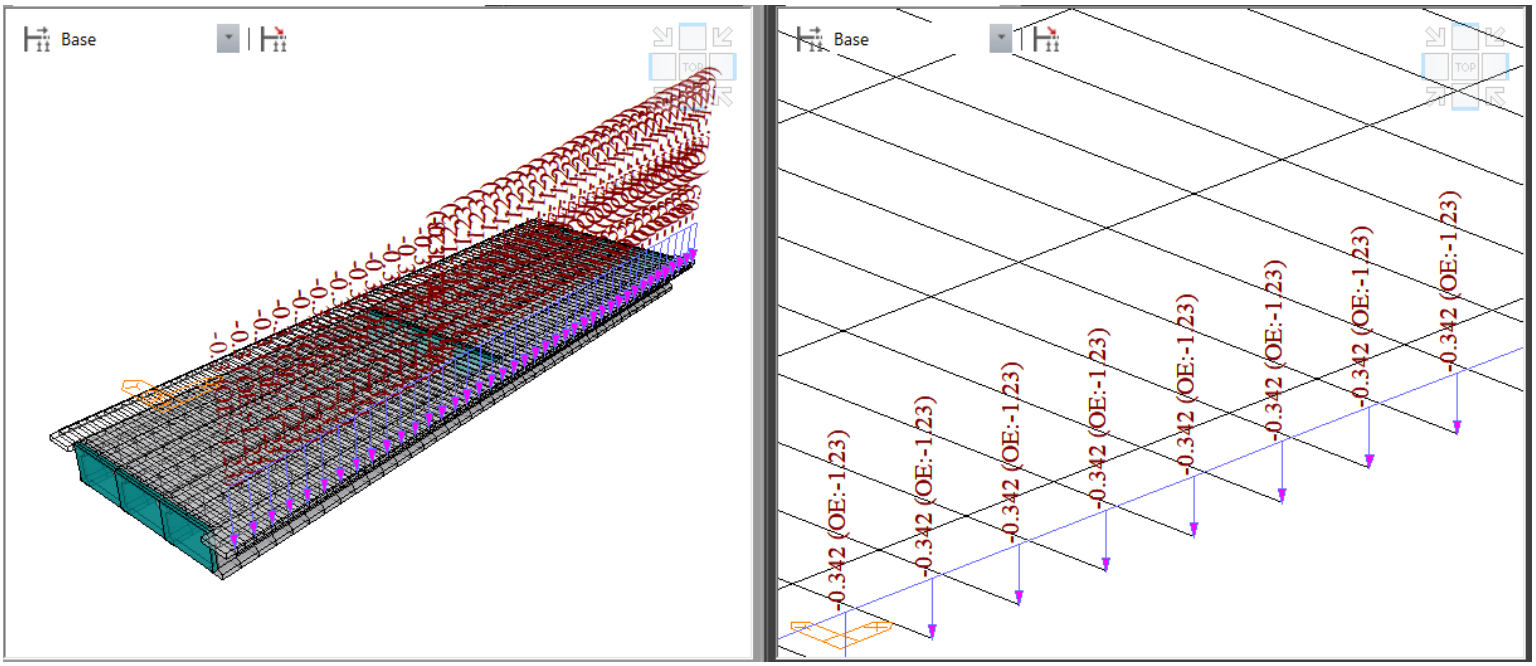



Figura 181 Carga viva peatonal (t/m)

### 6.3.5.4 Carga Viva Vehicular

Para la definición de la carga viva vehicular se tomaron en consideración distintas posiciones de las líneas de carga, a fin de representar adecuadamente el movimiento transversal de la misma. Para cada configuración se consideró a lo sumo la acción simultanea de dos (2) líneas de carga; se presentan los tres (3) casos de *Lanes* de carga lineal modelado en MIDAS CIVIL: Excéntrico hacia la derecha, excéntrico hacia la izquierda y centrado en el carril:

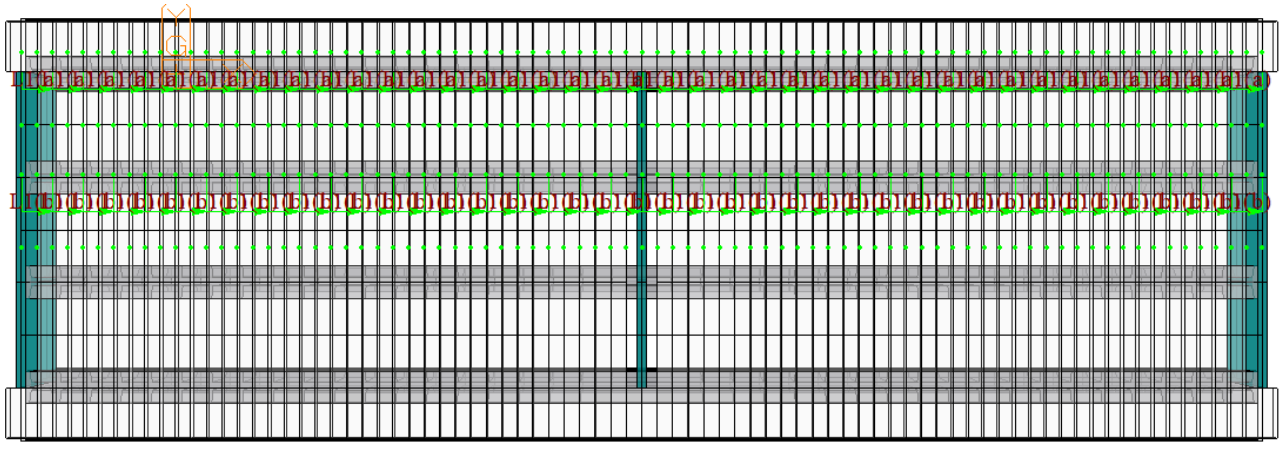


Figura 182 *Lanes* de Carga Viva 1 – Excéntrico hacia la izquierda

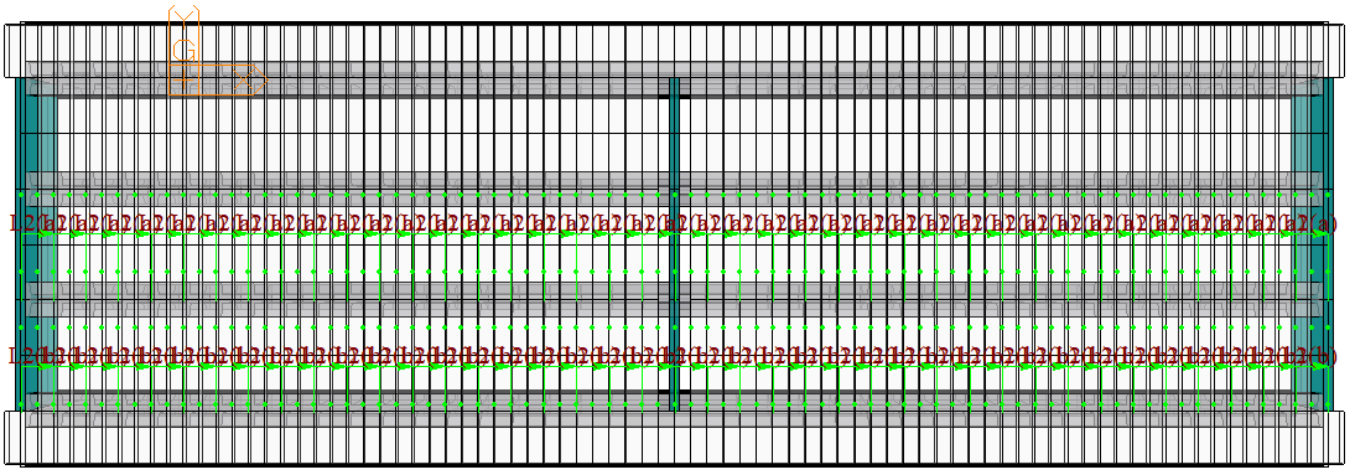


Figura 183 *Lanes* de Carga Viva 2 – Excéntrico hacia la derecha

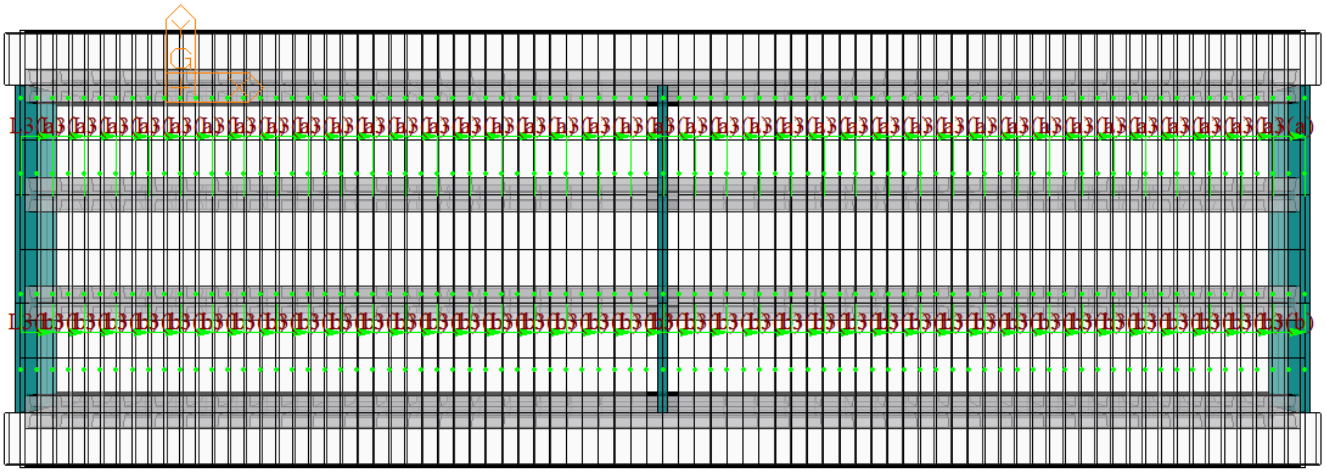


Figura 184 *Lanes* de Carga Viva 3 – Centrado en los carriles

Para la definición de la carga viva se tuvo en consideración dos (2) casos:

1. Carga viva C40-95, la cual corresponde a la carga del diseño original,
2. Carga viva CC 14, la cual corresponde a la carga de diseño de la Norma vigente.

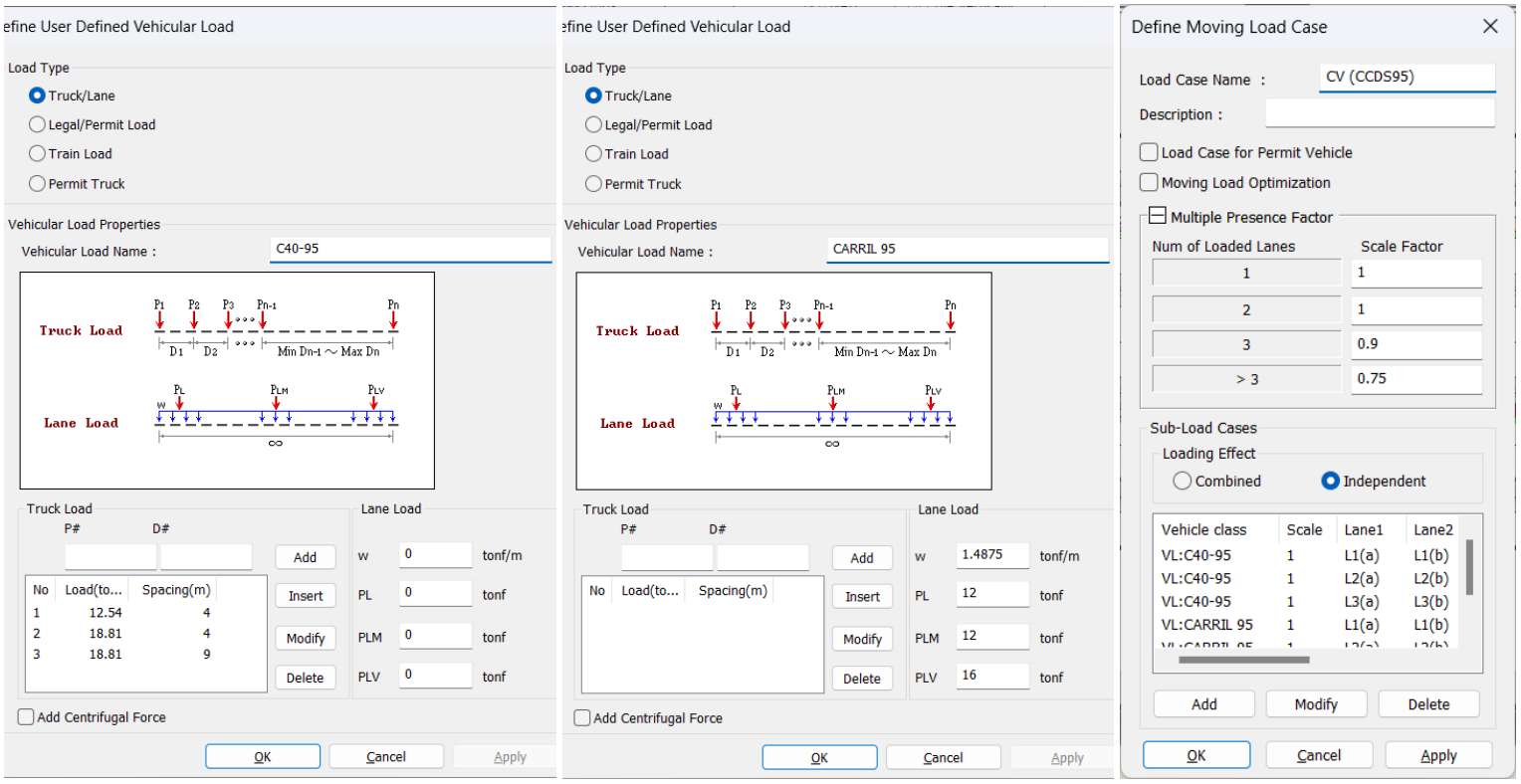



Figura 185 Definición de carga viva – C40-95 (diseño)

Con la definición de la carga viva de diseño (C40-95) se determinará la capacidad estructural de las vigas presforzadas, las cuales se asume que fueron diseñadas para dicha carga.

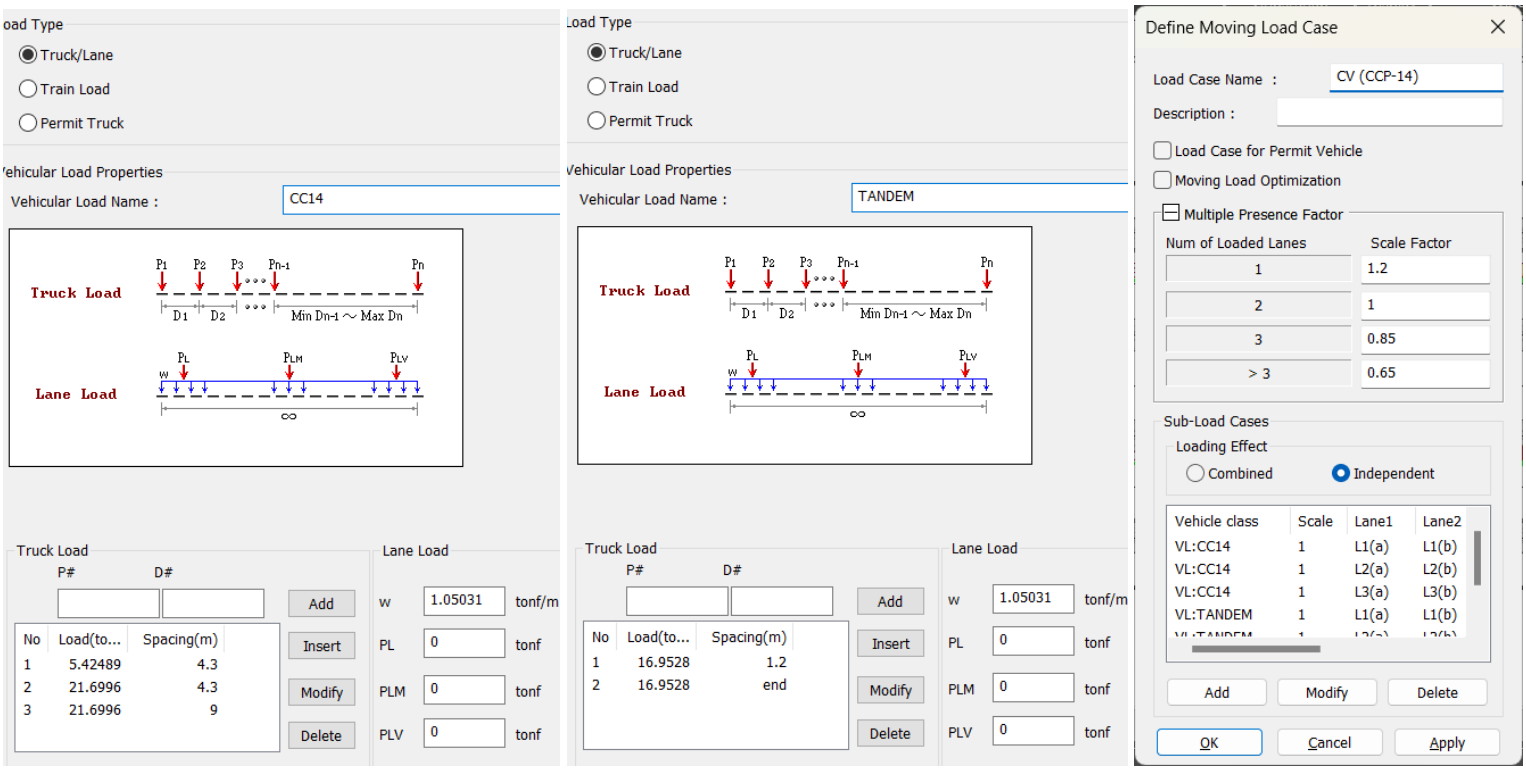



Figura 186 Definición de carga viva – CCP 14 (vigente)

Con las solicitaciones obtenidas debido a la carga viva vigente – CCP 14 – se determinará si los elementos estructurales existentes con el refuerzo dispuesto cumplen con los requisitos de la Norma actual de diseño, en caso de que no se presente dicha condición, se diseñará la repotenciación requerida para tal fin.

### 6.3.5.5 Carga de Presforzado Exterior

Se presenta la carga de preesfuerzo modelada, la cual corresponde al efecto de un (1) torón, al ser la respuesta total lineal, se multiplican los efectos de presforzado por la cantidad de torones dispuestos para la repotenciación.

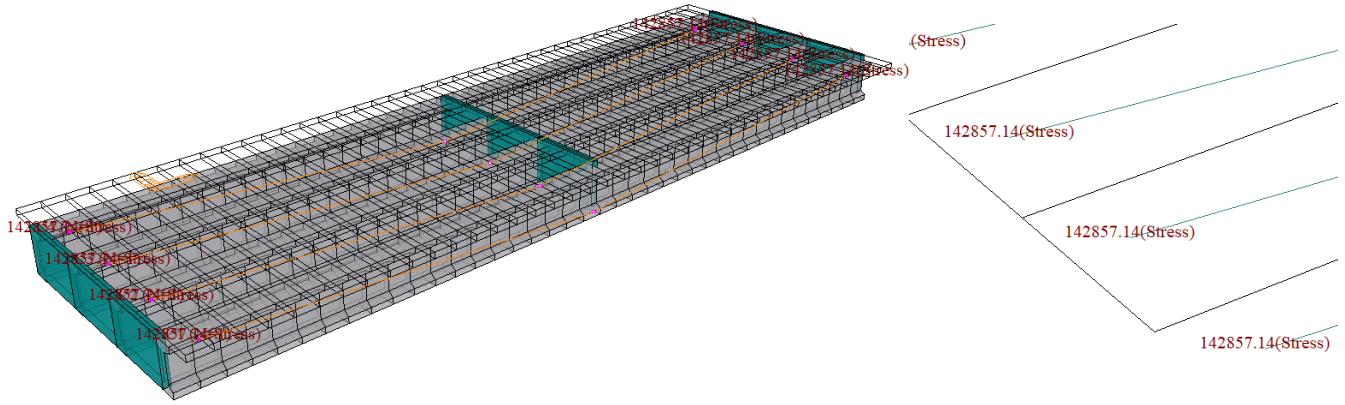



Figura 187 Carga de presforzado exterior modelada

## 6.4 ESTIMACIÓN DE REFUERZO - VIGA PRESFORZADA EXISTENTE

Se determina el refuerzo tensado requerido en la viga existente para cumplir con la carga del diseño original, la cual corresponde al camión C40-95. Para el análisis se tuvo en cuenta las condiciones geométricas y las solicitaciones obtenidas del modelo estructural, conservadoramente se asume que el refuerzo obtenido de dicho análisis es el dispuesto en la viga presforzada existente.

En el ANEXO 17 – VIGA PRESFORZADA PUENTE EXISTENTE – PUENTE PR22+330 se presenta el cálculo respectivo.

Como conclusión a este análisis, se determina que la viga presforzada existente debe tener alrededor de **29 torones de 5/8”**, para dar cumplimiento a la carga de diseño (C40-95).

## 6.5 REVISIÓN TABLERO

Para la revisión estructural del tablero se emplea el método aproximado de análisis descrito en el artículo 4.6.2.1 de la CCP 14 para tableros, el cual se subdivide en franjas perpendiculares a los componentes de apoyo (vigas longitudinales).

Se presenta el esquema en 3D del modelo transversal correspondiente al tablero del puente.

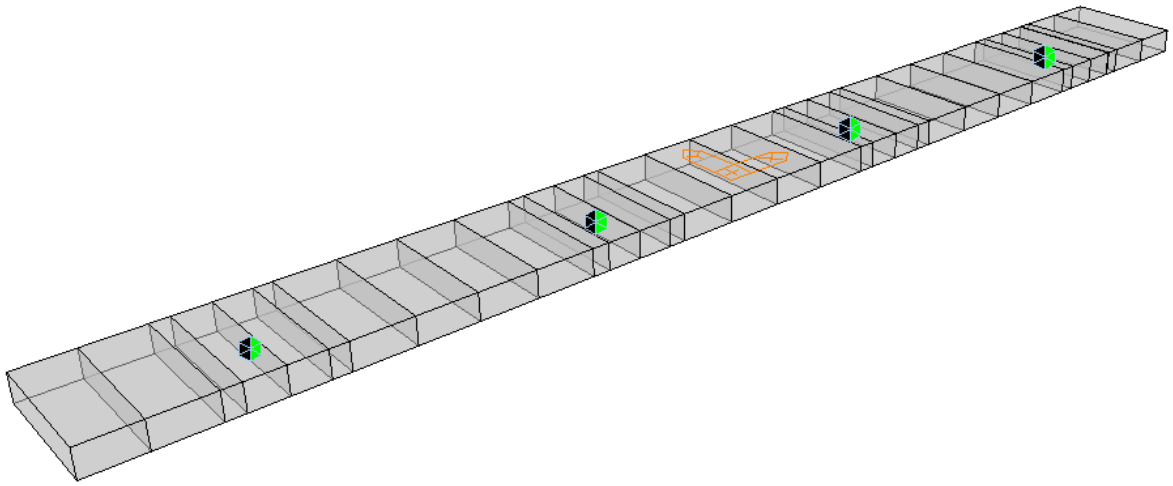


Figura 188 Modelo del tablero en MIDAS CIVIL

En la Figura 189 se presenta el material modelado y la sección transversal del tablero modelado.

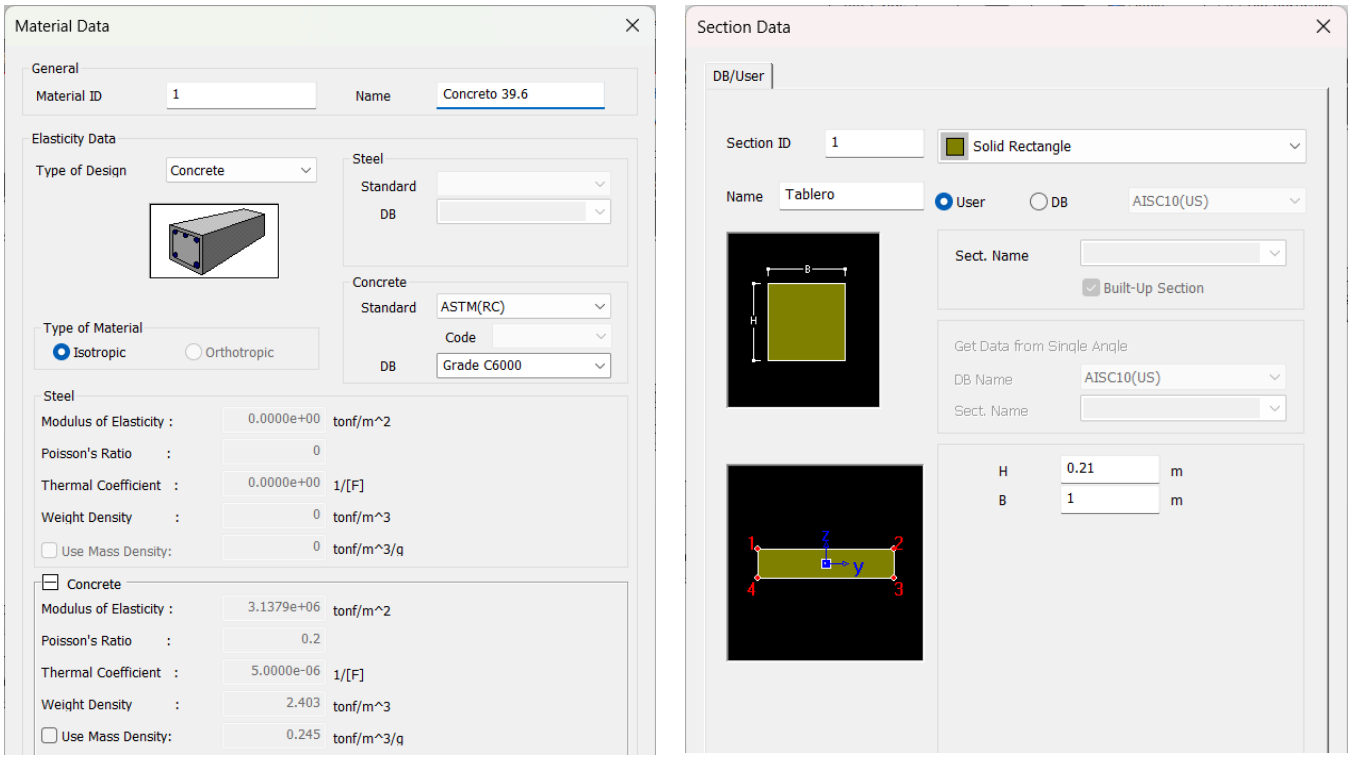



Figura 189 Materiales y sección transversal tablero

### 6.5.1 CARGAS APLICADAS

#### 6.5.1.1 Carga Muerta

Se presenta el peso propio modelado en la estructura.

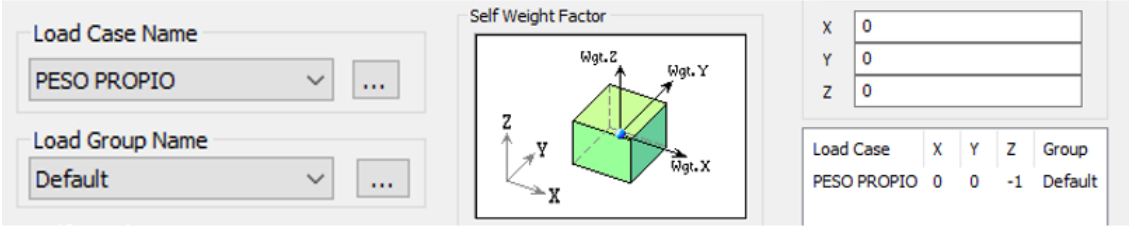



Figura 190 Asignación de la carga muerta en el modelo del tablero

#### 6.5.1.2 Sobrecarga

Se presentan las cargas modeladas que hacen parte de la sobrecarga del tablero.

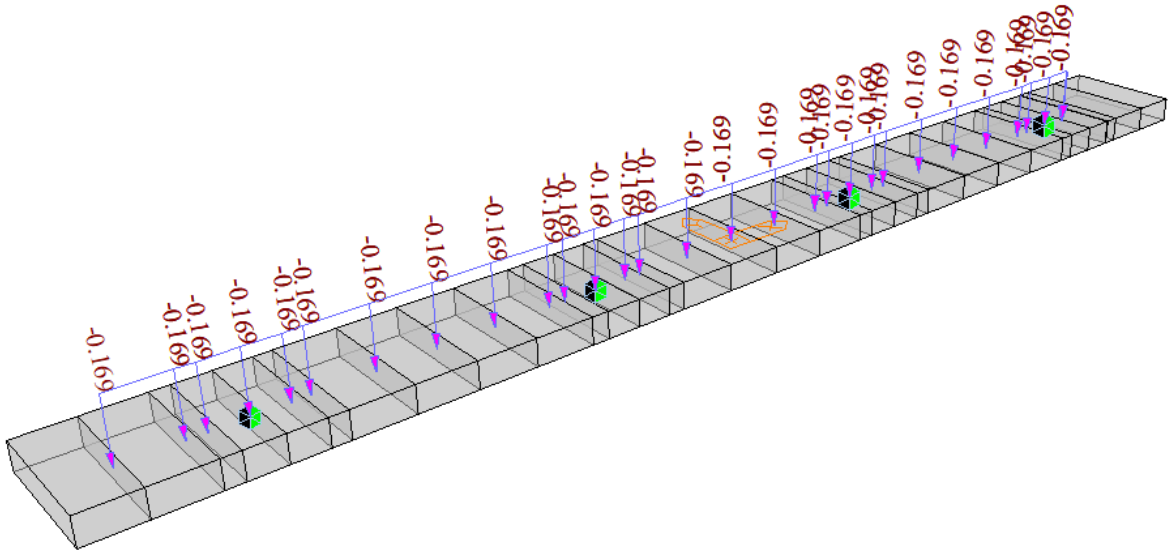



Figura 191 Asignación de la carga de carpeta asfáltica en el modelo del tablero

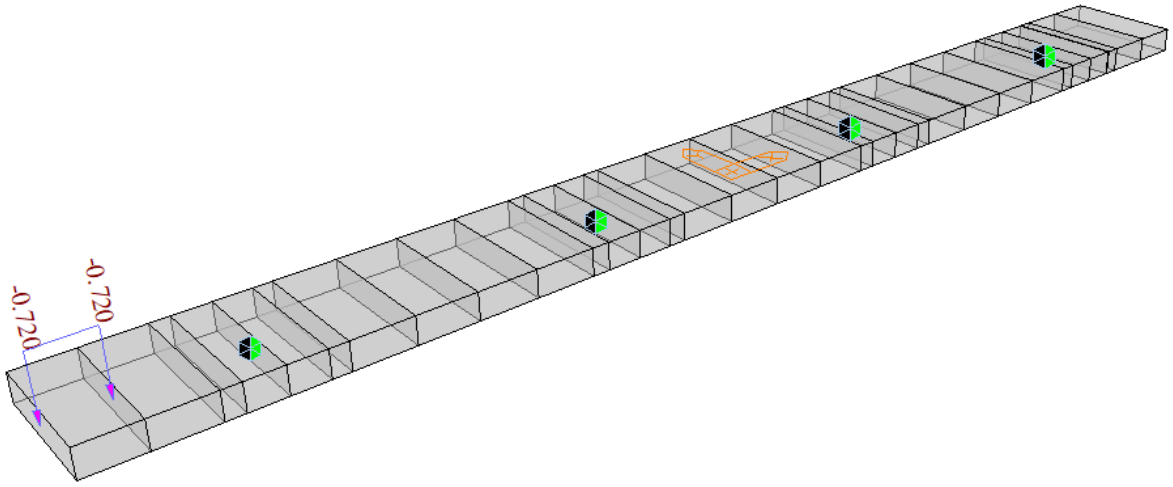



Figura 192 Asignación de la carga de bordillo

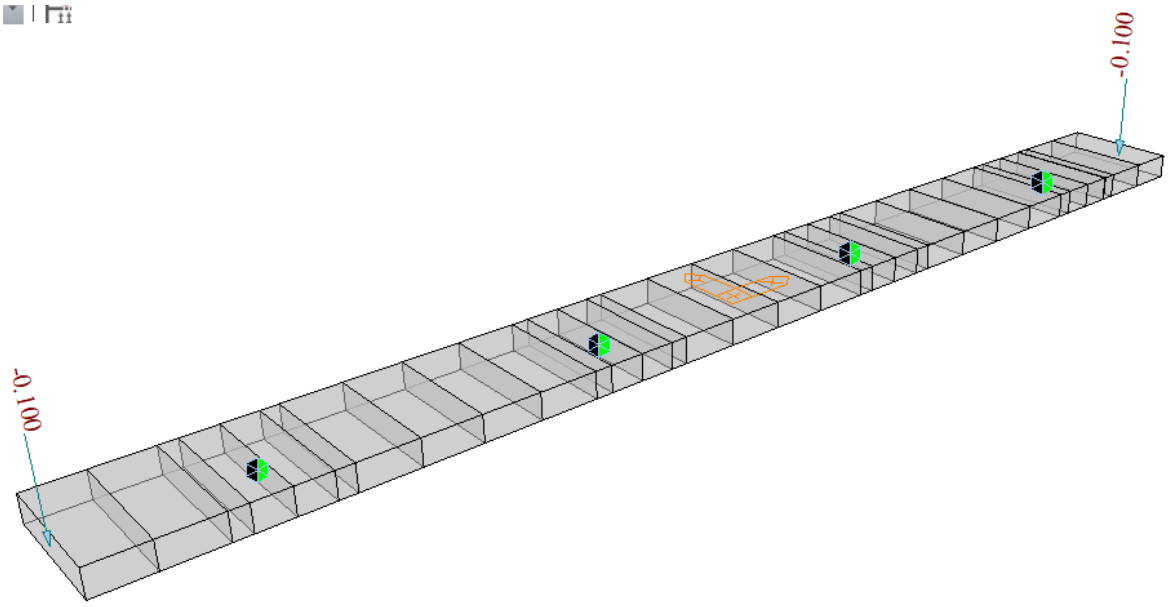



Figura 193 Asignación de la carga de baranda vehicular

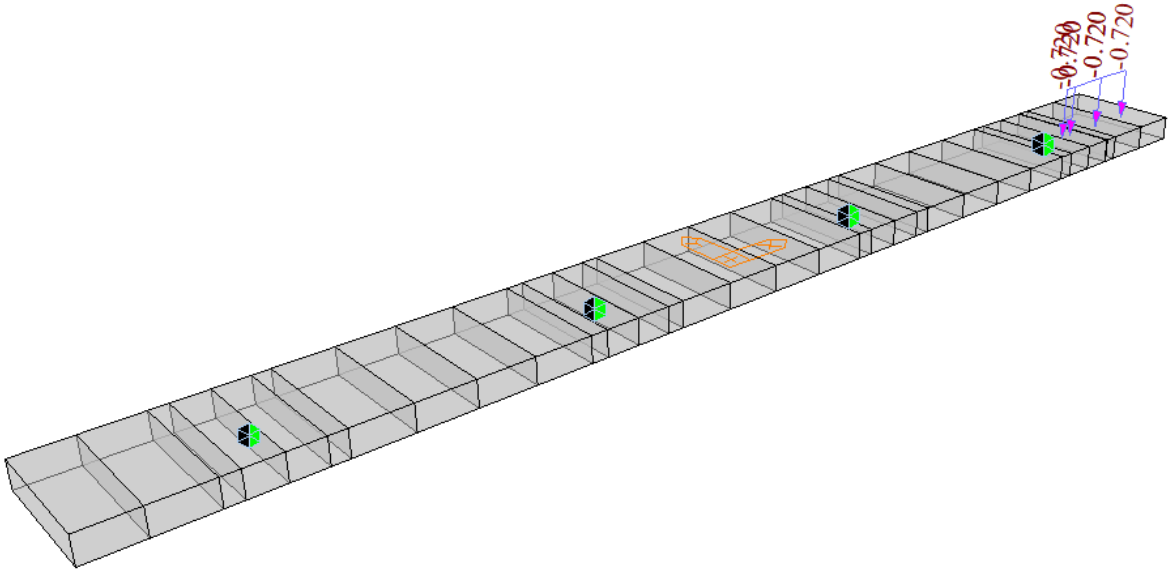



Figura 194 Asignación de la carga de pasarela peatonal

#### 6.5.1.3 Carga viva Peatonal

Se presenta la carga viva peatonal modelada.

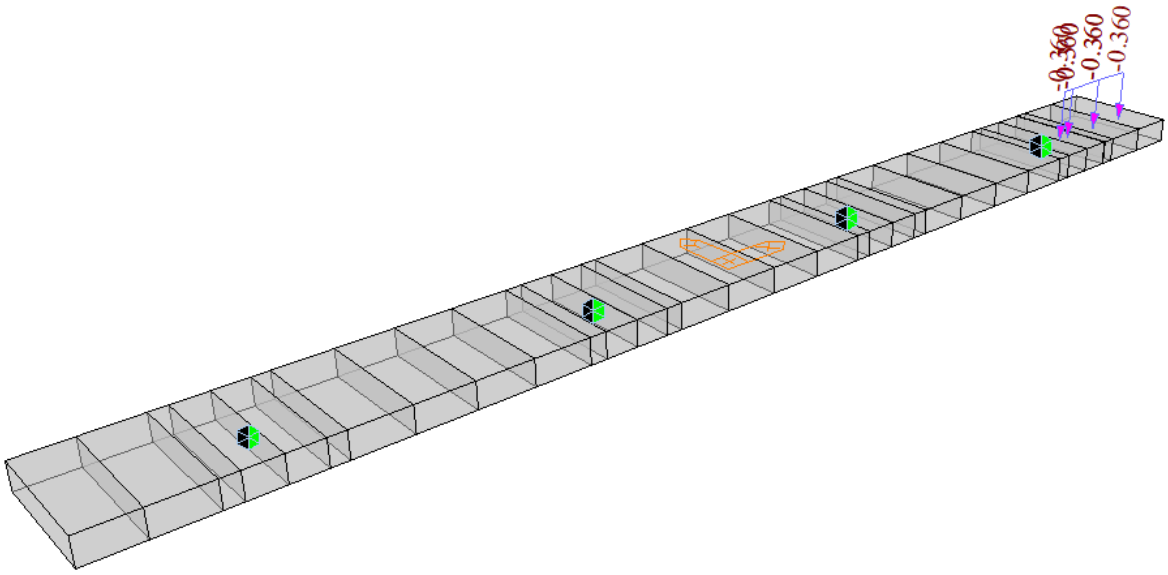



Figura 195 Asignación de la carga viva peatonal

#### 6.5.1.4 Carga Viva Vehicular

Para la definición de la carga viva vehicular se consideró un *Lane* de carga viva transversal dispuesto en el ancho de calzada existente, el cual es dinámico con la dirección principal del tablero; se presenta el Lane de carga viva lineal modelado en MIDAS CIVIL.

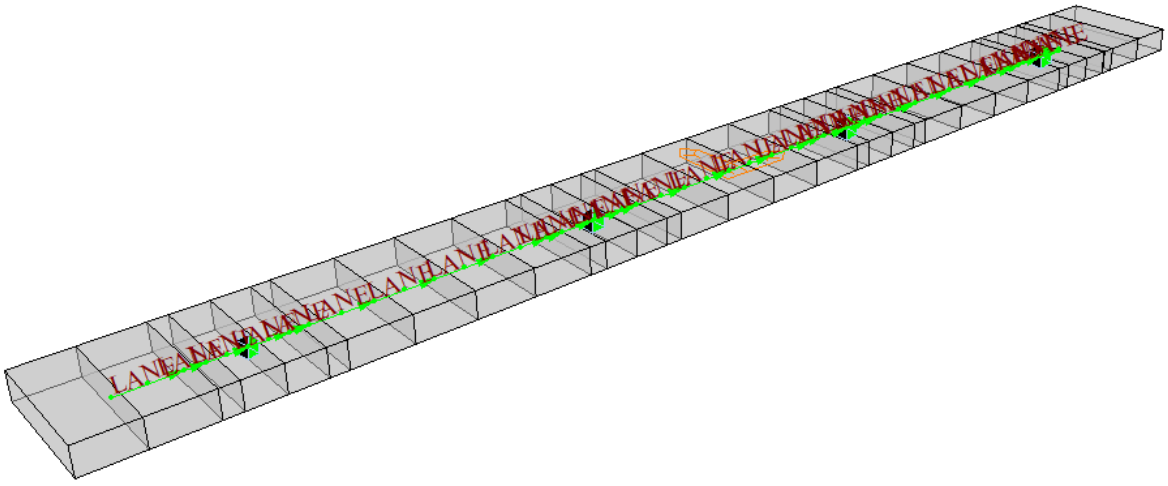


Figura 196 Lane de carga viva transversal modelado

**Ancho de franja equivalente**

Se toma el ancho de franja equivalente conforme a la tabla 4.6.2.1.3-1 para tableros de concreto vaciados *in situ* tal como se presenta a continuación:

1. Para momento Positivo: $B_{Pos}$: 0.66 + 0.55·*S* = 0.66+0.55·2.60m **= 2.09 m**

2. Para momento Negativo: $B_{Neg}$: 1.22 + 0.25·*S* = 1.22+0.25·2.60m **= 1.87 m**

3. Para Voladizo: $B_{Vol}$: 1.14 + 0.833·*X* = 1.14+0.83·0.53m **= 1.58 m**

*S* es el espaciamiento entre componentes de apoyo en la dirección de trabajo.
X es la distancia desde la carga al punto de apoyo, a 0.30 desde el borde del tablero o New Jersey.

Se toma como la distancia X = 0.53 m

Se modelan los camiones de carga viva para momento negativo, positivo y para el voladizo, según el ancho de franja correspondiente

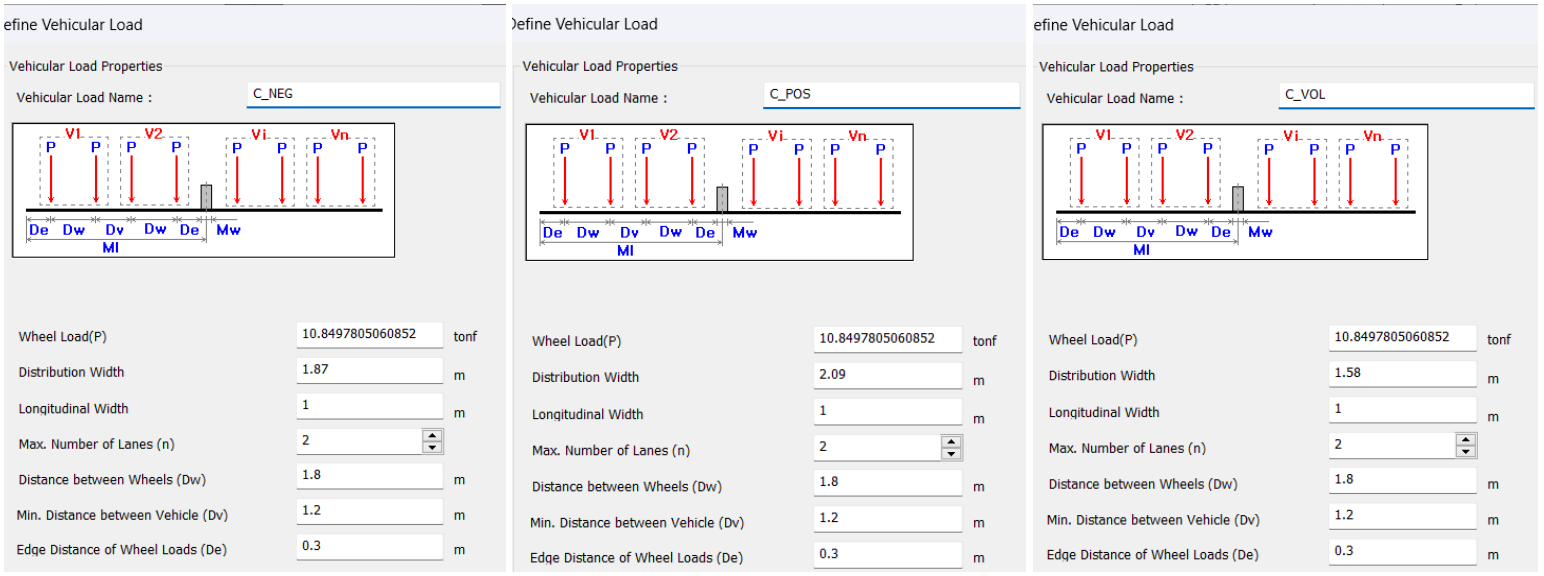



Figura 197 Definición de Camión para momento negativo, positivo y voladizo respectivamente

### 6.5.2 SOLICITACIONES DE DISEÑO

Se presentan de Figura 198 la a la Figura 200 las solicitaciones de diseño del tablero.

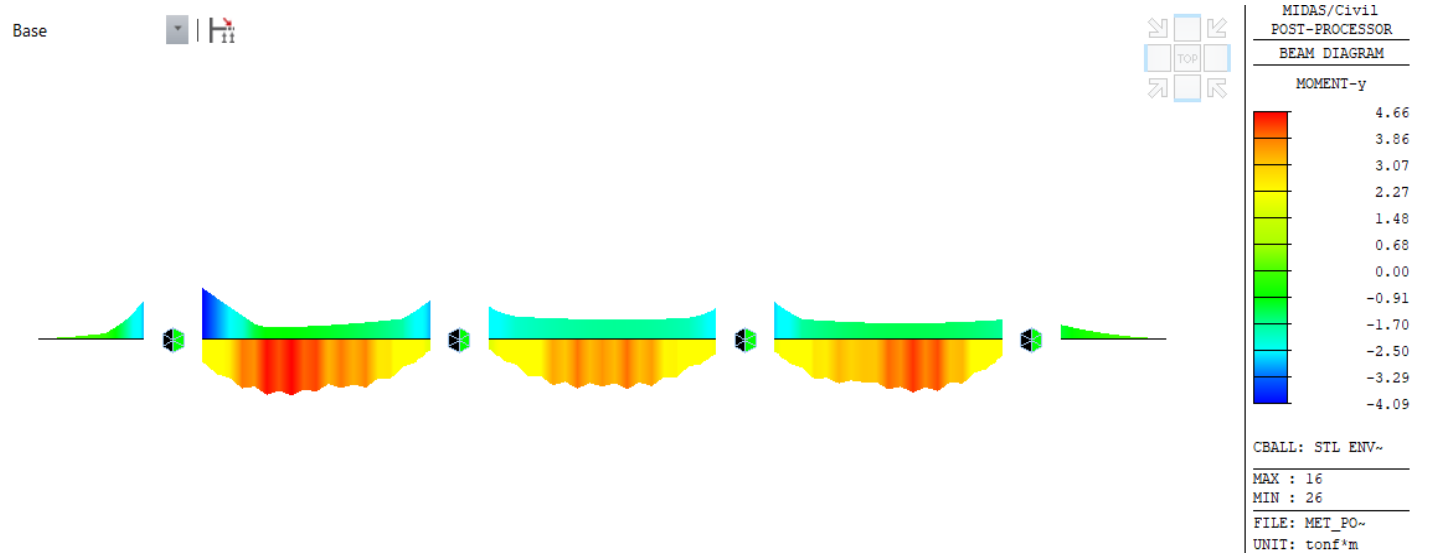



Figura 198 Diagrama de Momentos últimos en el tablero – positivo (t-m)

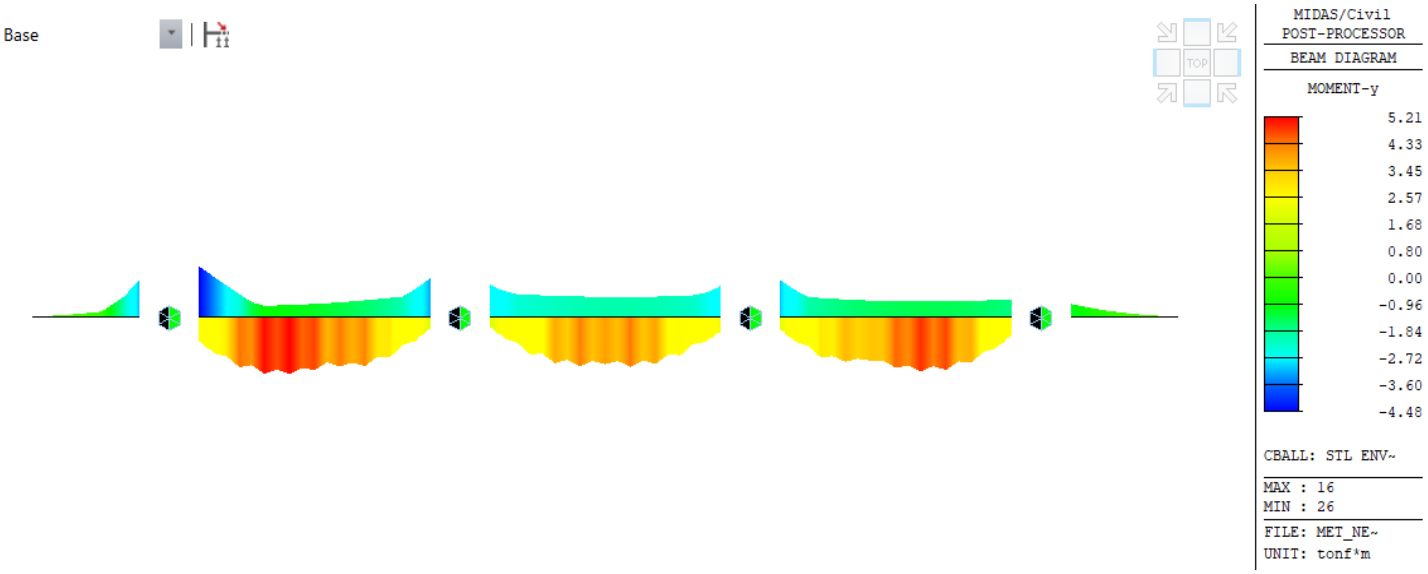



Figura 199 Diagrama de Momentos últimos en el tablero (negativo) (t-m)

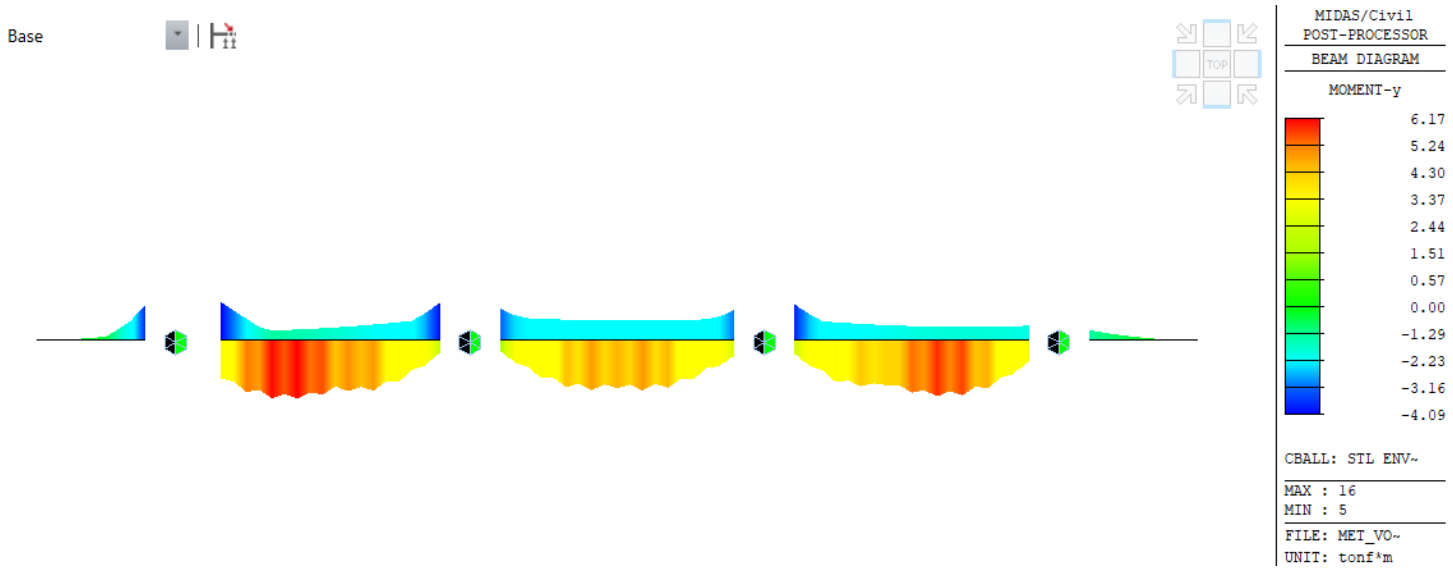



Figura 200 Diagrama de Momentos últimos en el tablero (voladizo) (t-m)

En el ANEXO 19 – REVISIÓN DE CAPACIDAD TABLERO – PUENTE PR22+330 se presenta el cálculo respectivo, en donde se concluye que el tablero existente con el refuerzo dispuesto tiene la capacidad para atender las solicitaciones de la CCP 14.

## 6.6 DISEÑO DE REPOTENCIACIÓN

De acuerdo con las conclusiones obtenidas en los numerales 6.4 y 6.5, se procede a diseñar la repotenciación de los elementos estructurales de superestructura que apliquen para dar cumplimiento a las especificaciones de la Norma de diseño – CCP 14.

El tablero con el refuerzo dispuesto cumple para los requerimientos de solicitación de la CCP 14, razón por la cual no se requiere hacer una repotenciación en dicho elemento.

En el ANEXO 18 – REPOTENCIACIÓN VIGA PRESFORZADA EXISTENTE – PUENTE PR22+330 se presenta el cálculo correspondiente a la repotenciación de las vigas presforzadas existentes del puente.

## 7.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

Es un puente de una (1) luz de 10.45 m con una (1) calzada de 3.60 m, con bordillos de 0.20 m en ambos bordes, para un ancho total de 4.00 m, la estructura consta de dos (2) estribos de apoyo, conformado cada uno por un muro en concreto reforzado en donde se apoyan las dos (2) vigas de concreto reforzado de ancho 0.45 m y altura total 0.85 m incluyendo el tablero de espesor 0.20 m, en la Figura 201 se presenta la sección transversal del puente PR27+710.

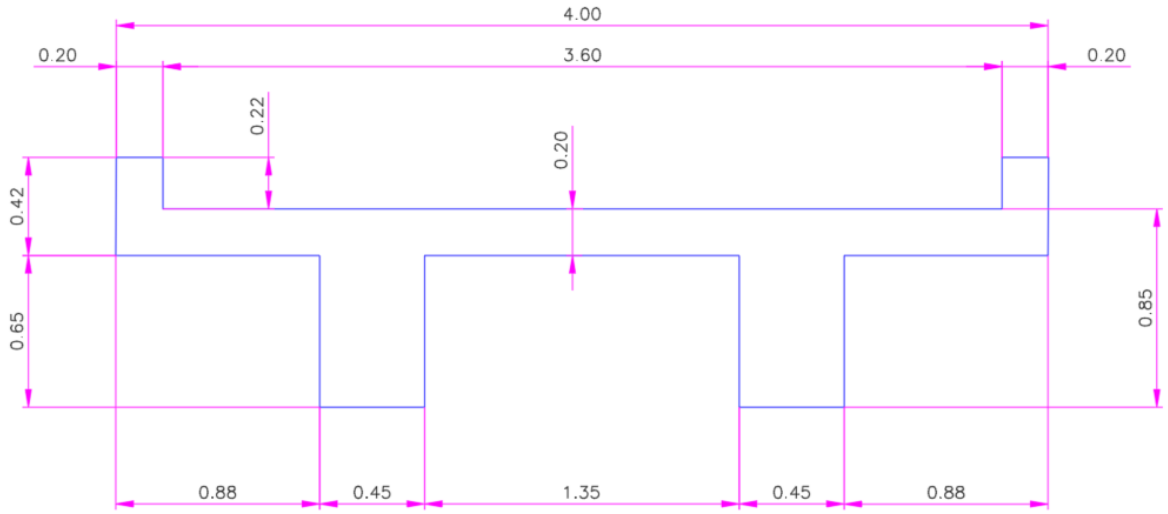



Figura 201 Sección transversal – Puente PR27+710

De acuerdo con el estudio de patología presentado en el ANEXO 15 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA – PUENTE PR27+710, las vigas longitudinales cuentan con un refuerzo a flexión conformada por tres (3) barras N7.

El refuerzo transversal del tablero está conformado por barras N5 a 0.20 m en cara superior y barras N5 a 0.25 m en cara inferior

## 7.2 MODELADO ESTRUCTURAL

Se presenta el modelo estructural de la superestructura del puente con sus condiciones de carga aplicadas.

### 7.2.1 GEOMETRÍA

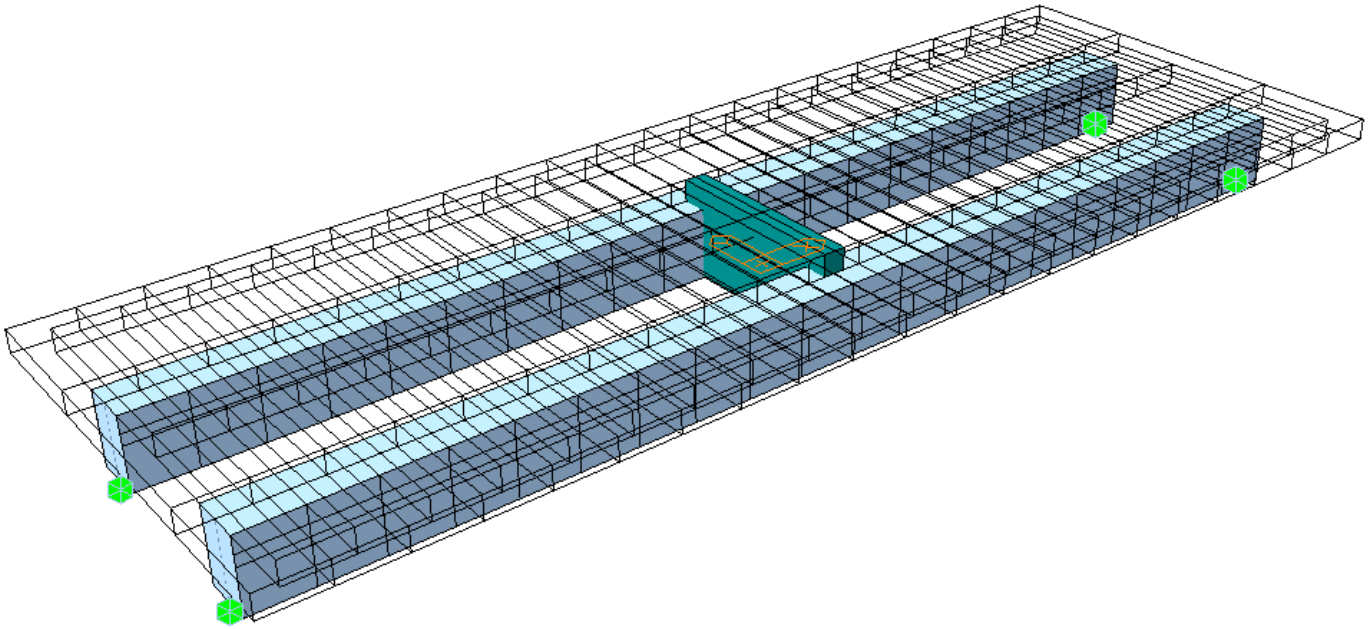


Figura 202 Modelo estructural – Puente PR27+710

### 7.2.2 CARGAS MODELADAS

Se presentan las cargas gravitacionales modeladas, como lo son el bordillo y la carpeta asfáltica.

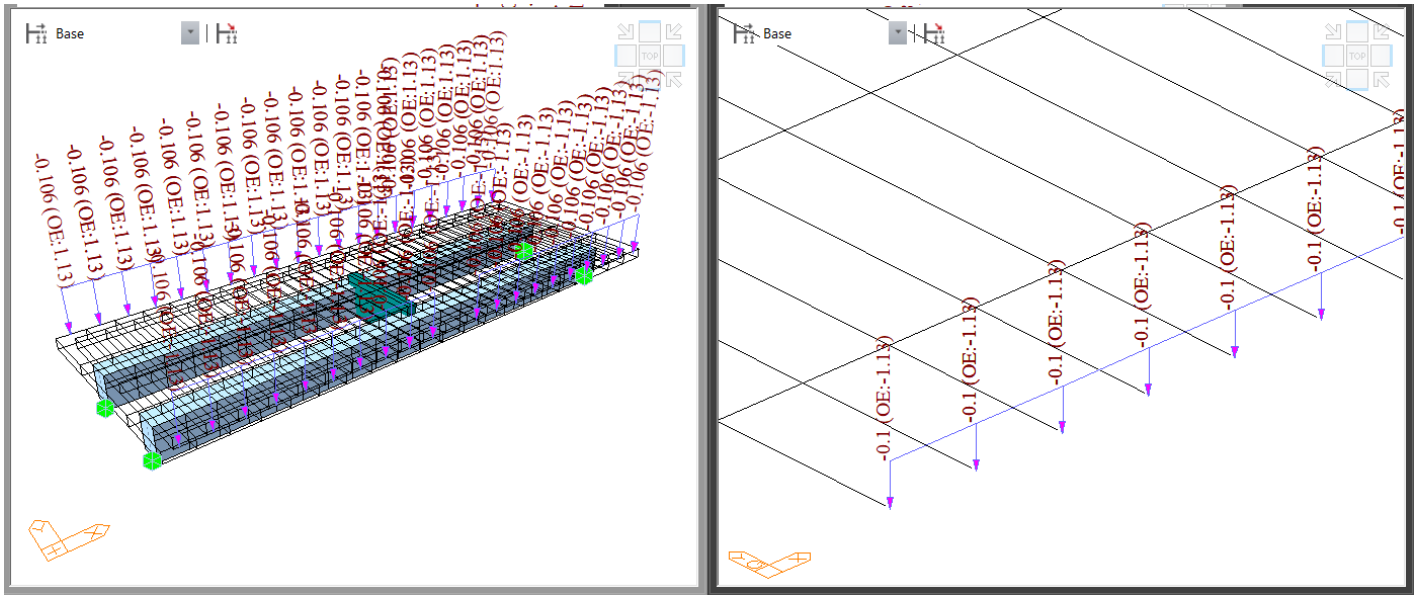



Figura 203 Carga de bordillo modelada

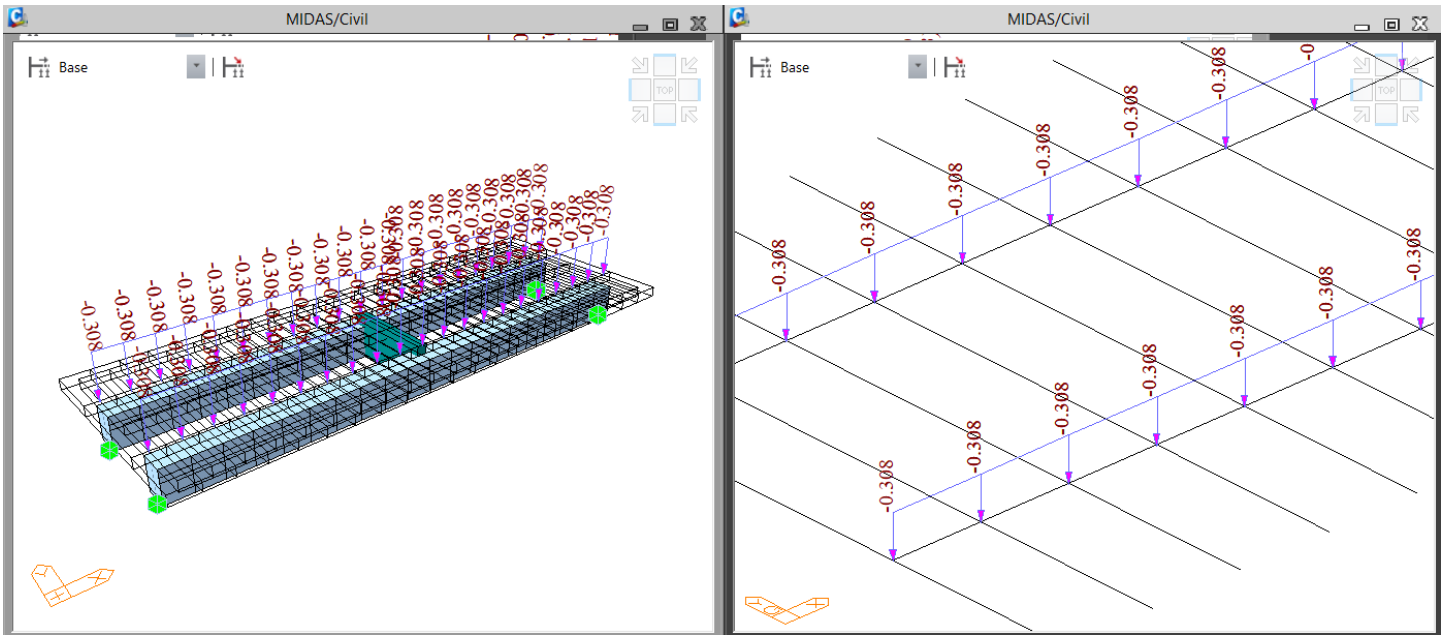



Figura 204 Carga de carpeta asfáltica modelada (condición final)

Nota: El puente no tiene dispuesta carpeta asfáltica, no obstante, para la modelación de la condición final repotenciada si es tenida en cuenta.

Se presenta el *Lane* de carga para el modelado de la carga viva móvil.

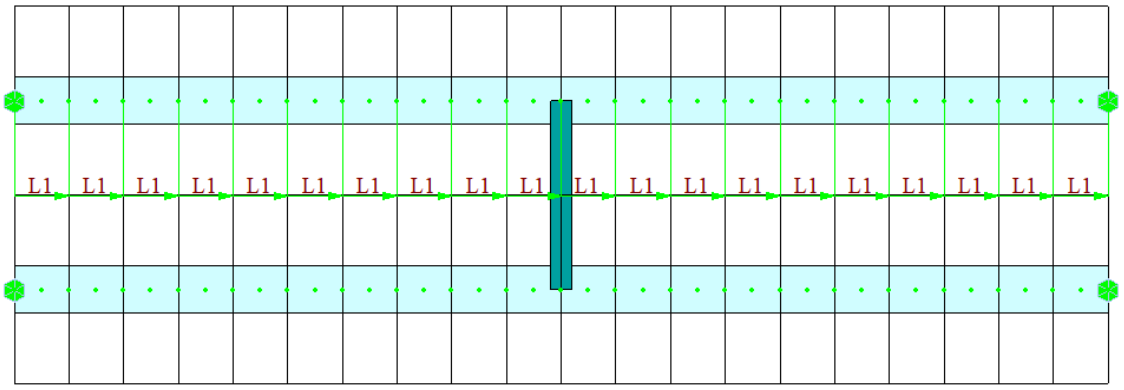



Figura 205 *Lane* de carga viva modelada

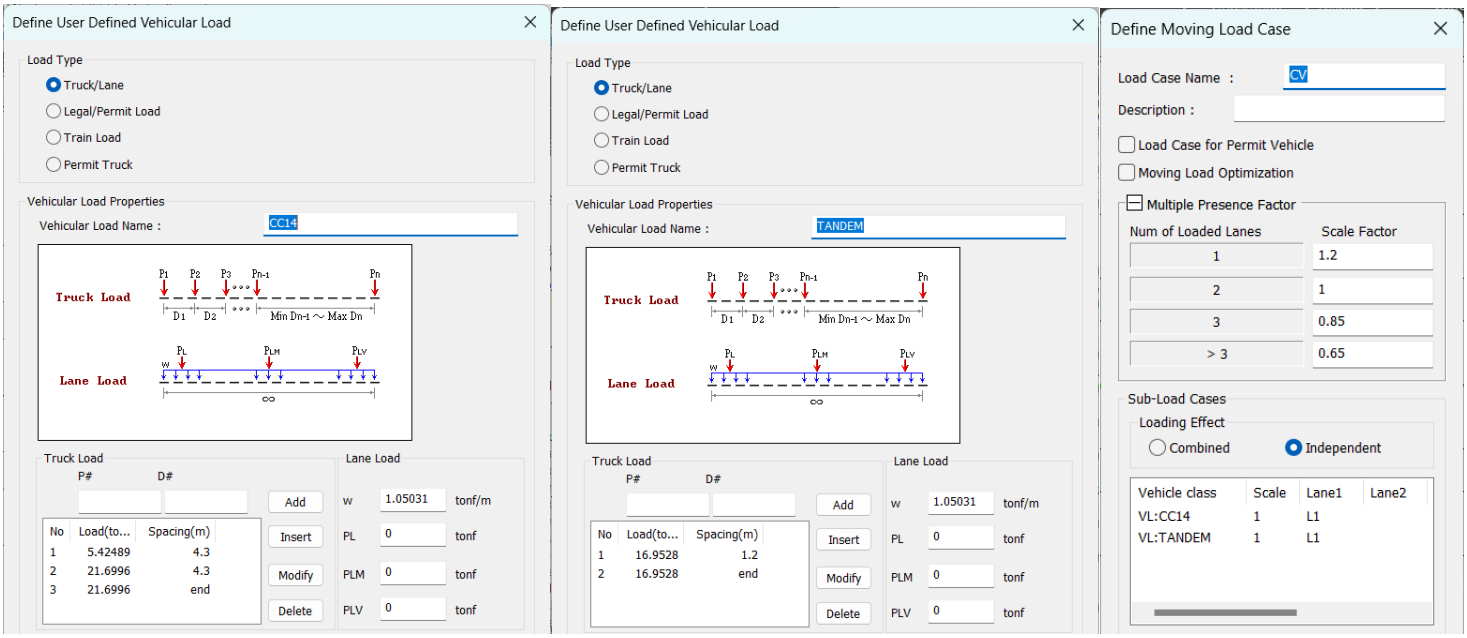



Figura 206 Camión de diseño CC14, Tándem y caso de carga viva

### 7.2.3 RESULTADOS

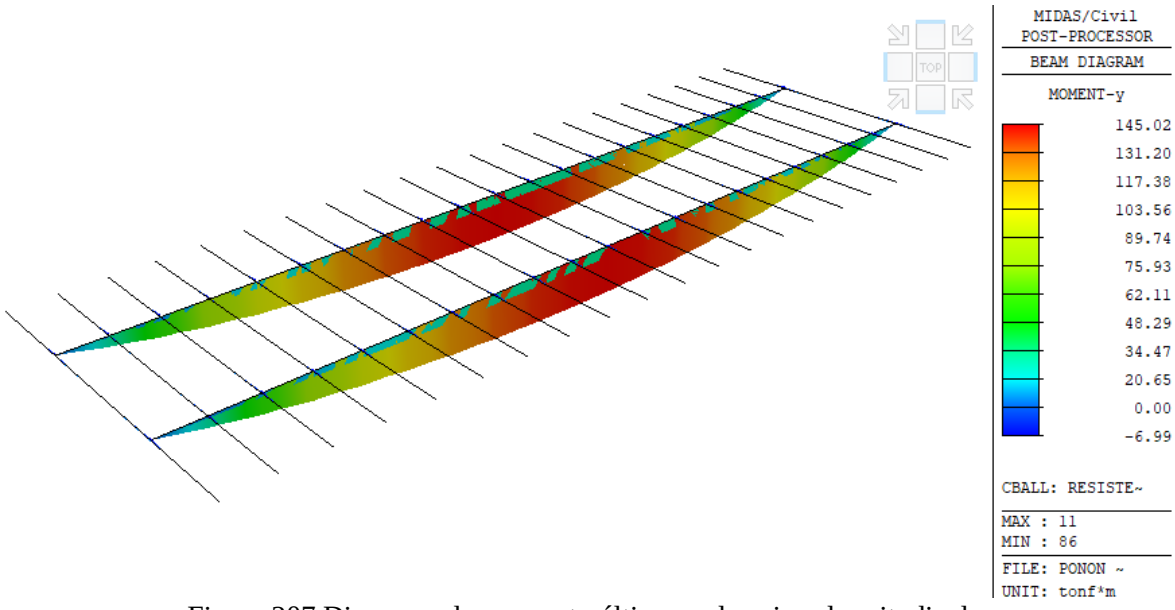



Figura 207 Diagrama de momento último en las vigas longitudinales

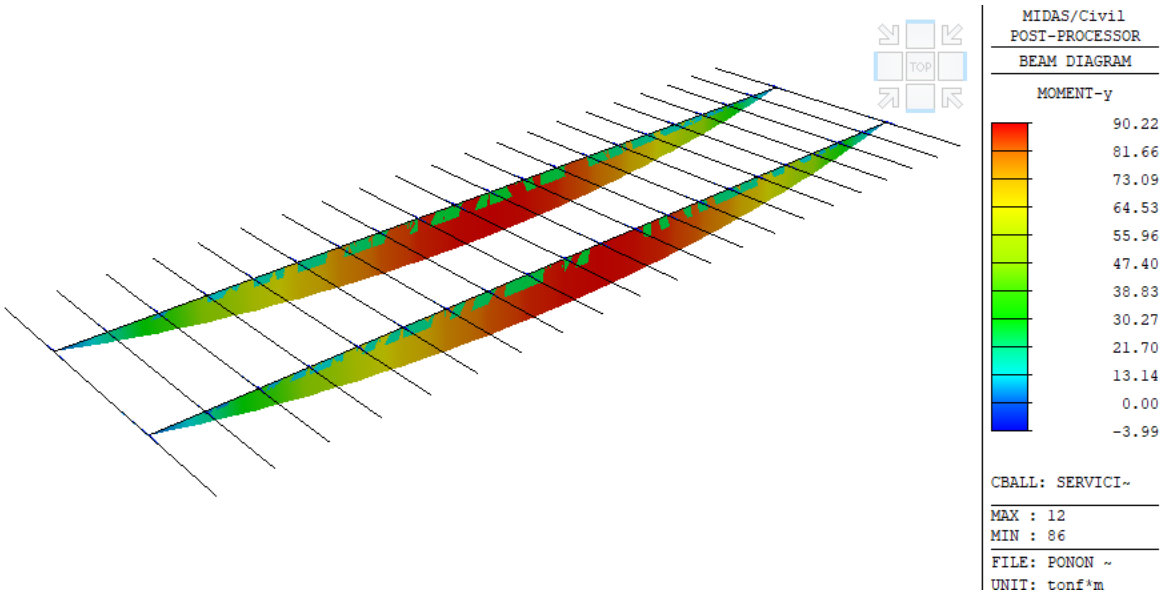



Figura 208 Diagrama de momento en servicio en las vigas longitudinales

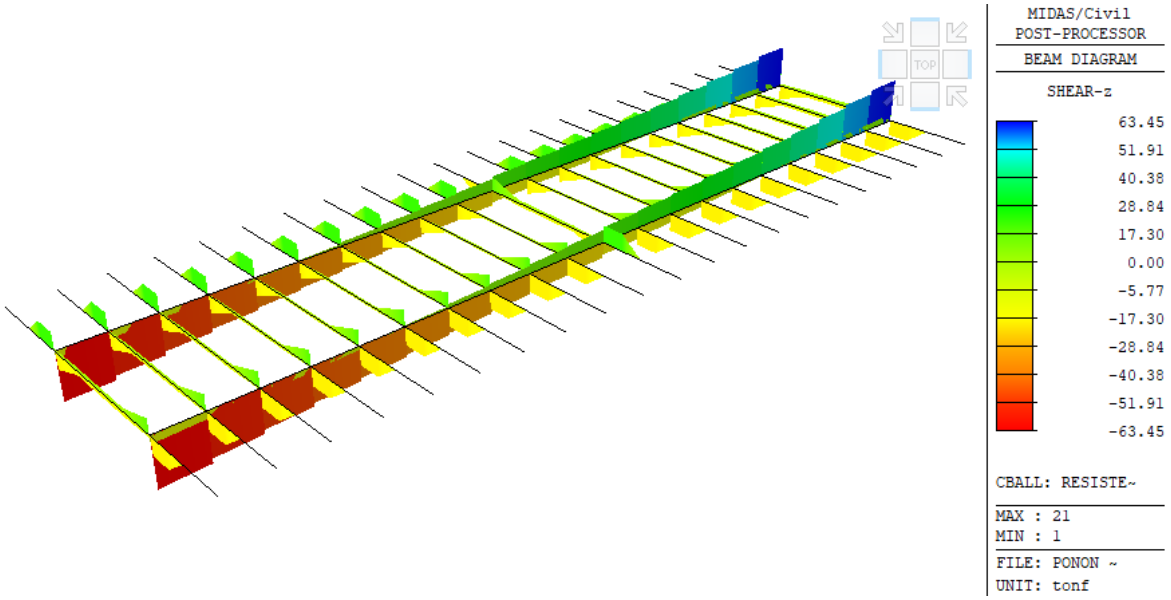



Figura 209 Diagrama de cortante última en las vigas longitudinales

## 7.3 EVALUACIÓN DE CAPACIDAD

Se presenta la evaluación de capacidad actual de las vigas del puente con el refuerzo existente, las cuales están sometidas a solicitaciones de momento, cortante y torsión.

**Geometría Viga**

Ancho Superior, $b_{sup}$ = 2.000 m  Recubrimiento libre = 0.040 m

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho Inferior, $b_{inf}$ = | 0.450 m | | |
| Alto, h = | 0.850 m | Res. del concreto, *f'c* = | 38.6 MPa |

**FLEXIÓN VERTICAL**

**Momento Positivo**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Momento último, $Mu^+$ = | **145.02 t-m** | | |
| Momento servicio, $Ms^+$ = | **90.22 t-m** | | |
| | | *f'c* = | 39 MPa |
| Ancho viga, b = | 2.000 m | *fr* = | 3.85 MPa |
| Altura viga, h = | 0.850 m | Fy = | 420 MPa |
| Recubrimiento = | 0.057 m | $\phi_{Fluencia}$ = | 0.9 |
| Profundidad efectiva, d = | 0.793 m | Ec= | 29468 MPa |
| | | Es= | 200000 MPa |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00311 | $\eta$ = | 6.79 |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.77 | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.0359 | ($\rho_s < \rho b$) | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.241 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 178.12 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 192.88 t-m | |
| Momento seleccionado = | **145.02 t-m** | (Mínimo) |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00311 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00311**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 49.34 cm² | As dispuesto = | 11.61 cm² |
| Barra a usar = | N7 | Prof. Bl. de compresión, a = | 0.74 cm |
| Área de la barra = | 3.87 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 0.96 cm |
| Número barras calculadas = | 12.8 | Resistencia a flexión = | 34.65 t-m |
| **Número barras seleccionadas =** | **3** | Verificación Capacidad = | NO CUMPLE |
| **Número hileras =** | **1** | Ver. retracción y temperatura= | CUMPLE |
| **Separación entre barras =** | **0.19 m** | | |
| Verificación Separación Mínima: | CUMPLE | | |

**Control de agrietamiento (5.7.3.4)**

| | | |
|---|---|---|
| βs = | 1.10 | |
| Altura del bl. de compresión, X = | 0.023 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.79 m | |
| Esfuerzo actuante en el acero, *fss*= | 989 MPa | |
| Factor de exposición, γe = | 0.75 | Exposición clase 2 |
| Espaciamiento del refuerzo, s ≤ | 0.073 m | NO CUMPLE SEPARACION |

**Refuerzo de Retracción y Temperatura**

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 5.33 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 5.33 cm² | |
| Barra a usar = | N7 | |
| Área de la barra = | 3.87 cm² | |
| Separación calculada = | 0.73 m | |
| Separación máxima = | 0.30 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.19 m** | OK |

As Dispuesto = 20.92 cm² > As req. = 5.33 cm² OK

**CORTANTE VERTICAL**

Se diseña a cortante la viga para las solicitaciones máximas obtenidas del análisis estructural.

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última vertical, $V_{uv}$ = | 63.45 t | |
| $\phi_{Cortante}$ = | 0.85 | |

De acuerdo con el artículo 5.8.3 se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_V \cdot d_V$$

| | | |
|---|---|---|
| Ancho resistente a cortante, bv = | 0.45 m | |
| Se toma un valor de β = | 2.00 | (5.8.3.4.1) |

De acuerdo con el artículo 5.8.2.9, la profundidad efectiva de cortante dv se calcula como la mayor entre:

| | |
|---|---|
| $d_{v1a} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.693 m |
| $d_{v1b} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.711 m |
| $d_{v2} = 0.90 \cdot d_e$ = | 0.714 m |

$d_{v3} = 0.72 \cdot H =$ 0.612 m

**$d_v =$ 0.714 m**

$\phi$ Vc = 28.19 t < Vu = 63.45 t ESTRIBAR

**Refuerzo a cortante**

Para el refuerzo transversal, en la viga están dispuestos estribos N3 simples

El refuerzo transversal mínimo está dado por: $Av/s_{min} = 0.083 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bv / fy$ (5.8.2.5)

Se tiene, $A_v/s_{min} =$ 5.53 cm²/m

Usando estribos simples N3 la separación máxima es : 0.26 m

Considerando el aporte del concreto a la resistencia a cortante, se debe disponer acero de refuerzo para atender una cortante de:

Vs = 36.64 t

El área de acero requerida por unidad de longitud $A_v/s$ es: 12.209 cm²/m

**CORTANTE HORIZONTAL**

Cortante última horizontal, $V_{uh} =$ 38.56 t

$\phi_{Cortante} =$ 0.85

Ancho resistente a cortante, bv = 0.45 m

Cálculo de la profundidad efectiva:

$d_{v1} = M_n/A_s \cdot F_y =$ 1.75 m

$d_{v2} = 0.90 \cdot d_e =$ 1.76 m

$d_{v3} = 0.72 \cdot H =$ 1.44 m

**$d_v =$ 1.76 m**

$\phi$ Vc = 69.31 t > Vu = 38.56 t OK

**DISEÑO A TORSIÓN**

Se diseña a torsión la viga, de acuerdo con las disposiciones del artículo 5.8 de la CCP14.

Momento Torsor Último, Tu = 48.73 t-m
$\phi_{Torsión}$ = 0.85

Ancho viga, b = 0.450 m
Altura viga, h = 0.850 m
Recubrimiento = 0.044 m

Área del concreto, $A_{cp}$ = 0.383 m²
Área del flujo de torsión, $A_o$ = 0.277 m²
Perímetro del concreto, $p_c$ = 2.600 m
Perímetro del refuerzo, $p_h$ = 2.252 m

**Torsión de Fisuración**

Se calcula la torsión de fisuración de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.8.2.1.

$T_{cr} = 0.328 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A^2_{cp}/p_c$ = 11.47 t-m
Tu > 0.25·ϕ·Tcr — Se debe Revisar Torsión

Por requerimientos de torsión, se requiere un área de acero mínima de $A_t/s$ = 24.65 cm²/m

Se usarán estribos simples N3 con As = 0.71 cm²

Combinando los efectos de cortante y torsión, se requiere un $A_v/s$ de: 30.76 cm²/m

Se requiere una separación de estribos de 0.02 m

La separación seleccionada de los estribos es: **0.12 m** NO OK

Las vigas del puente presentan un déficit a flexión del 419%, con un momento último solicitante de 145.02 t-m y una capacidad a flexión de 34.65 t-m.

De acuerdo con el ACI-440, para que una sección pueda ser repotenciada, su capacidad a flexión deberá ser mayor a la siguiente expresión:

$$M_n \geq 1.1 * CM + 0.75 * CV$$

El cual, para el caso de análisis se tiene $M_{n\,min} = 74.62\ t-m$

Como el momento resistente $\emptyset M_n = 34.65\ t-m$ es menor al momento mínimo nominal requerido para repotenciación (74.62 t-m), se concluye que la estructura no se puede repotenciar.

Se deberá proyectar una obra hidráulica en la zona del puente existente.

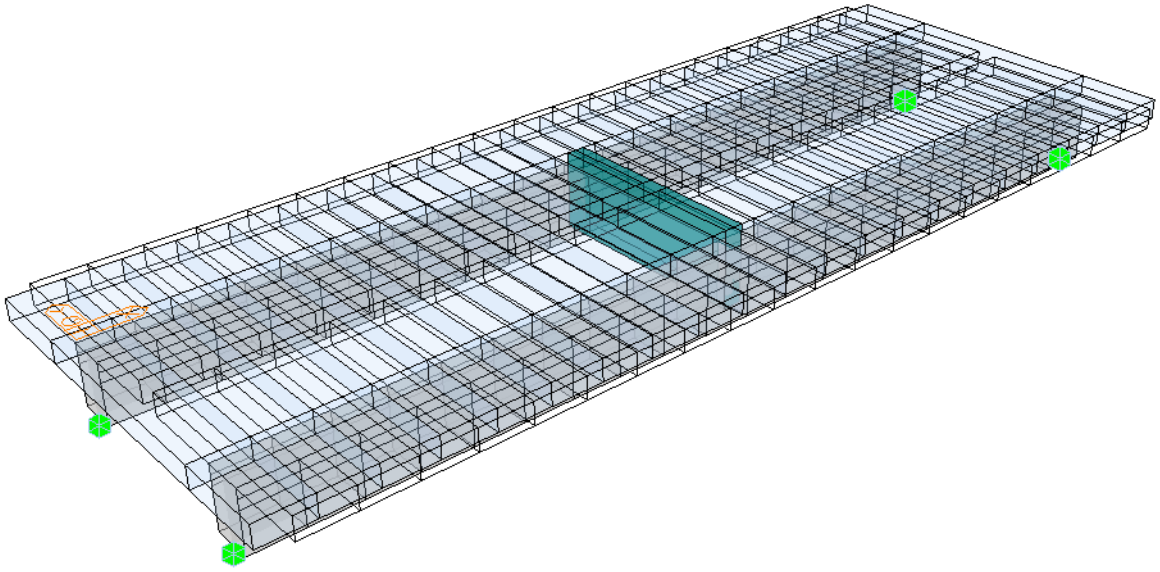


Figura 211 Modelo estructural – Puente PR30+810

### 8.2.2 CARGAS MODELADAS

Se presentan las cargas gravitacionales modeladas, como lo son el bordillo y la carpeta asfáltica.

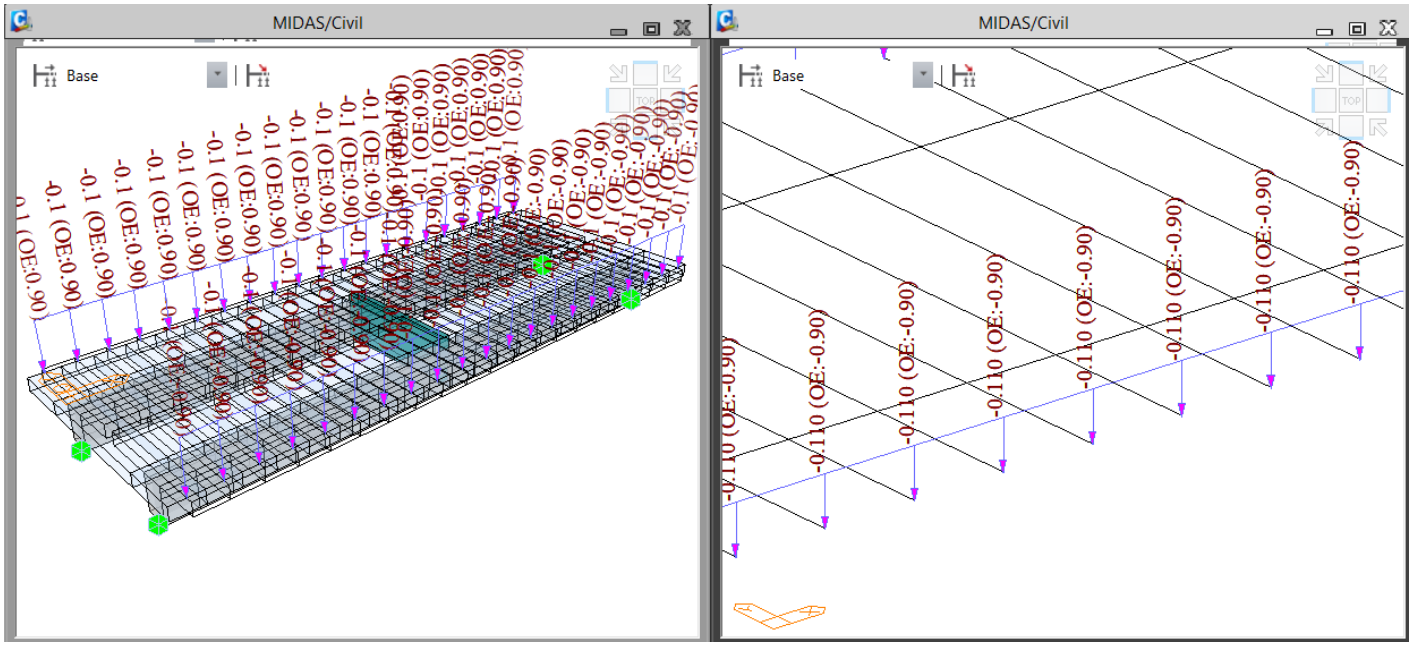



Figura 212 Carga de bordillo modelada

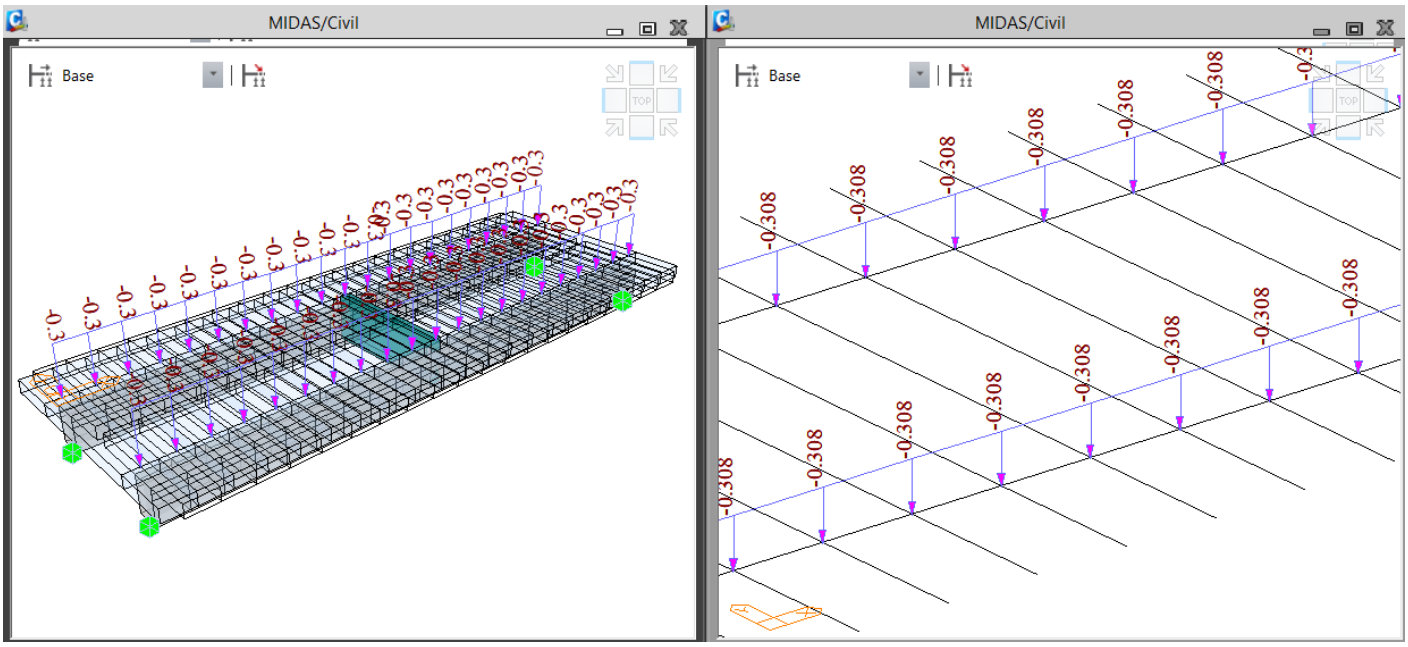



Figura 213 Carga de carpeta asfáltica modelada (condición final)

Nota: El puente no tiene dispuesta carpeta asfáltica, no obstante, para la modelación de la condición final repotenciada si es tenida en cuenta.

Se presenta el *Lane* de carga para el modelado de la carga viva móvil.

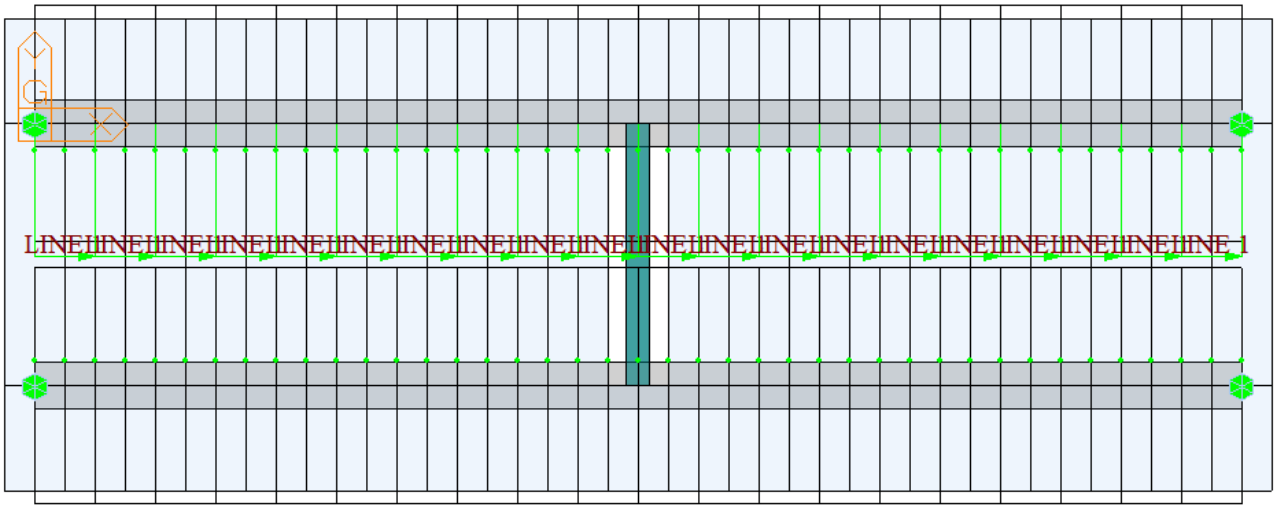


Figura 214 *Lane* de carga viva modelada

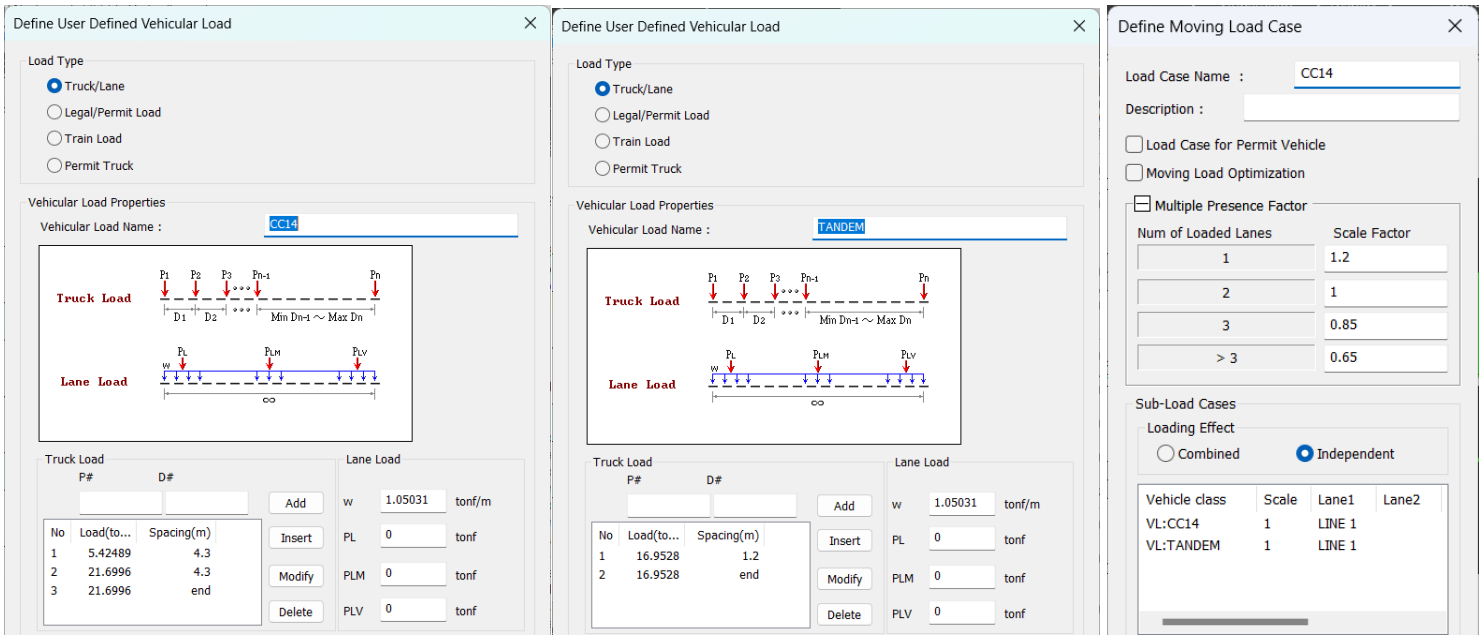



Figura 215 Camión de diseño CC14, Tándem y caso de carga viva

### 8.2.3 RESULTADOS

Se presentan los resultados obtenidos del modelo estructural.

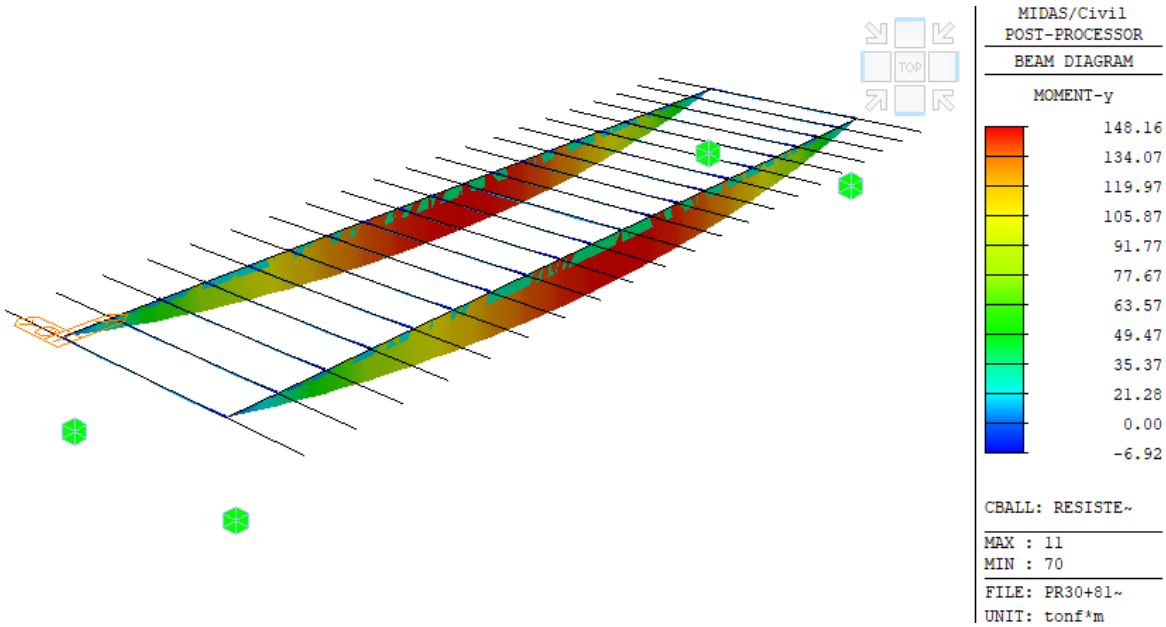



Figura 216 Diagrama de momento último en las vigas longitudinales

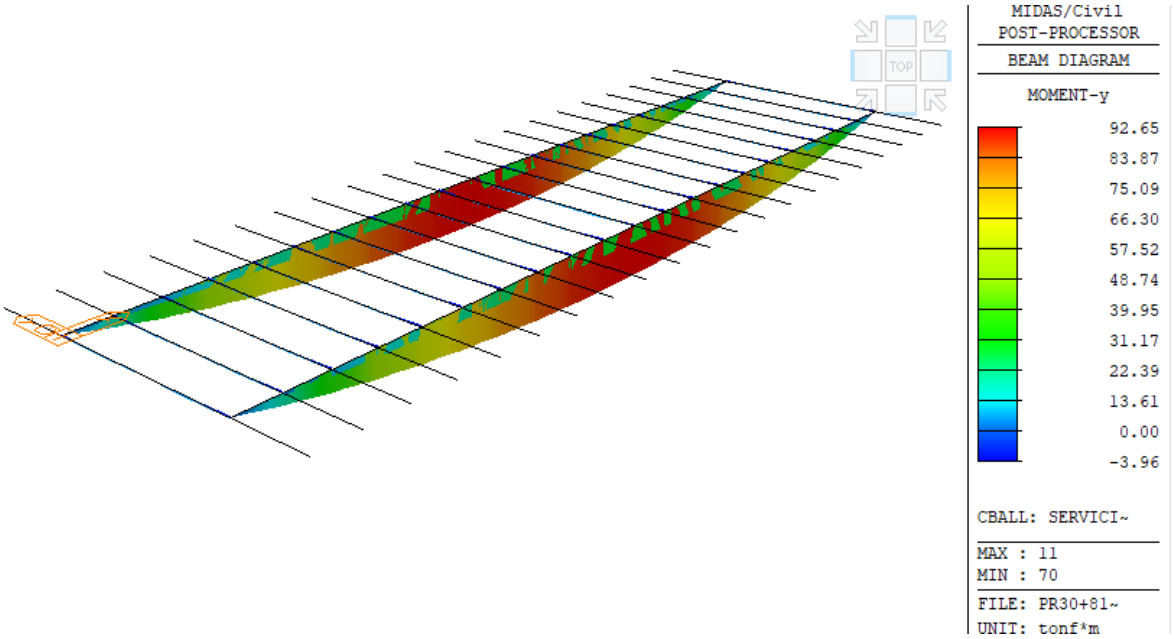



Figura 217 Diagrama de momento en servicio en las vigas longitudinales

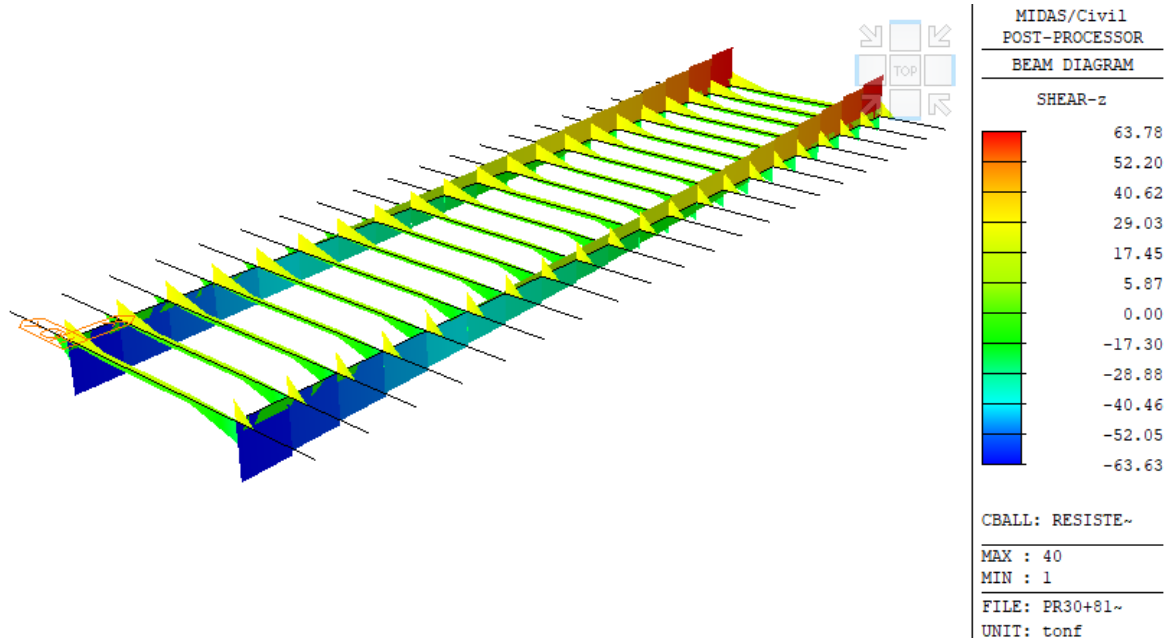



Figura 218 Diagrama de cortante última en las vigas longitudinales

## 8.3 EVALUACIÓN DE CAPACIDAD

Se presenta la evaluación de capacidad actual de las vigas del puente con el refuerzo existente, las cuales están sometidas a solicitaciones de momento, cortante y torsión.

**Geometría Viga**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho Superior, $b_{sup}$ = | 2.025 m | Recubrimiento libre = | 0.040 m |
| Ancho Inferior, $b_{inf}$ = | 0.400 m | | |
| Alto, h = | 0.840 m | Res. del concreto, *f'c* = | 34.8 MPa |

**FLEXIÓN VERTICAL**

**Momento Positivo**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Momento último, $Mu^+$ = | 148.16 t-m | | |
| Momento servicio, $Ms^+$ = | 92.65 t-m | | |
| | | *f'c* = | 35 MPa |
| Ancho viga, b = | 2.025 m | *fr* = | 3.66 MPa |
| Altura viga, h = | 0.840 m | Fy = | 420 MPa |
| Recubrimiento = | 0.057 m | $\phi_{Fluencia}$ = | 0.9 |
| Profundidad efectiva, d = | 0.783 m | Ec= | 27980 MPa |
| | | Es= | 200000 MPa |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00323 | $\eta$ = | 7.15 |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.80 | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.0335 | ($\rho_s < \rho b$) | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.238 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 167.23 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 197.05 t-m | |
| Momento seleccionado = | 167.23 t-m | (Mínimo) |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00366 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00323**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 51.21 cm² | As dispuesto = | 11.61 cm² |
| Barra a usar = | N7 | Prof. Bl. de compresión, a = | 0.81 cm |
| Área de la barra = | 3.87 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.02 cm |
| Número barras calculadas = | 13.2 | Resistencia a flexión = | 34.20 t-m |
| **Número barras seleccionadas =** | **3** | Verificación Capacidad = | NO CUMPLE |
| **Número hileras =** | **1** | Ver. retracción y temperatura= | CUMPLE |
| **Separación entre barras =** | **0.16 m** | | |

Verificación Separación Mínima: CUMPLE

**Control de agrietamiento (5.7.3.4)**

| | | |
|---|---|---|
| βs = | 1.10 | |
| Altura del bl. de compresión, X = | 0.023 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.78 m | |
| Esfuerzo actuante en el acero, *fss*= | 1029 MPa | |
| Factor de exposición, γe = | 0.75 | Exposición clase 2 |
| Espaciamiento del refuerzo, s ≤ | 0.070 m | NO CUMPLE SEPARACION |

**Refuerzo de Retracción y Temperatura**

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 5.30 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 5.30 cm² | |
| Barra a usar = | N7 | |
| Área de la barra = | 3.87 cm² | |
| Separación calculada = | 0.73 m | |
| Separación máxima = | 0.30 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.16 m** | OK |

As Dispuesto = 24.19 cm² > As req. = 5.30 cm² OK

**CORTANTE VERTICAL**

Se diseña a cortante la viga para las solicitaciones máximas obtenidas del análisis estructural.

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última vertical, $V_{uv}$ = | 63.78 t | |
| $\phi_{Cortante}$ = | 0.85 | |

De acuerdo con el artículo 5.8.3 se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

| | | |
|---|---|---|
| Ancho resistente a cortante, bv = | 0.40 m | |
| Se toma un valor de β = | 2.00 | (5.8.3.4.1) |

De acuerdo con el artículo 5.8.2.9, la profundidad efectiva de cortante dv se calcula como la mayor entre:

| | |
|---|---|
| $d_{v1a} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.682 m |
| $d_{v1b} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.701 m |

$d_{v2} = 0.90 \cdot d_e =$ 0.705 m
$d_{v3} = 0.72 \cdot H =$ 0.605 m
**$d_v =$ 0.705 m**

$\phi$ Vc = 23.49 t  < Vu = 63.78 t  ESTRIBAR

**Refuerzo a cortante**

Para el refuerzo transversal, en la viga están dispuestos estribos  N3  simples

El refuerzo transversal mínimo está dado por:  $Av/s_{min} = 0.083 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bv / fy$  (5.8.2.5)

Se tiene, $A_v/s_{min} =$ 4.66 cm²/m

Usando estribos simples N3 la separación máxima es : 0.30 m

Considerando el aporte del concreto a la resistencia a cortante, se debe disponer acero de refuerzo para atender una cortante de:

Vs = 51.55 t

El área de acero requerida por unidad de longitud $A_v/s$ es: 17.396 cm²/m

**CORTANTE HORIZONTAL**

Cortante última horizontal, $V_{uh} =$ 7.76 t
$\phi_{Cortante} =$ 0.85

Ancho resistente a cortante, bv = 0.40 m

Calculo de la profundidad efectiva :

$d_{v1} = M_n/A_s \cdot F_y =$ 1.77 m
$d_{v2} = 0.90 \cdot d_e =$ 1.78 m
$d_{v3} = 0.72 \cdot H =$ 1.46 m
**$d_v =$ 1.78 m**

$\phi$ Vc = 59.24 t  > Vu = 7.76 t  OK

**DISEÑO A TORSIÓN**

Se diseña a torsión la viga, de acuerdo con las disposiciones del artículo 5.8 de la CCP14.

Momento Torsor Último, Tu = 10.90 t-m
$\phi_{Torsión} =$ 0.85

| | |
|---|---|
| Ancho viga, b = | 0.400 m |
| Altura viga, h = | 0.840 m |
| Recubrimiento = | 0.044 m |
| Área del concreto, $A_{cp}$ = | 0.336 m² |
| Área del flujo de torsión, $A_o$ = | 0.236 m² |
| Perímetro del concreto, $p_c$ = | 2.480 m |
| Perímetro del refuerzo, $p_h$ = | 2.132 m |

**Torsión de Fisuración**

Se calcula la torsión de fisuración de acuerdo con lo especificado en el artículo 5.8.2.1.

$T_{cr} = 0.328 \cdot \sqrt{f'c} \cdot A^2_{cp}/p_c =$ 8.81 t-m

$Tu > 0.25 \cdot \phi \cdot Tcr$ Se debe Revisar Torsión

Por requerimientos de torsión, se requiere un área de acero mínima de $A_t/s =$ 6.48 cm²/m

Se usarán estribos simples N3 con As = 0.71 cm²

Combinando los efectos de cortante y torsión, individualmente se requiere un $A_v/s$ de: 15.18 cm²/m

Se requiere una separación de estribos de 0.05 m

La separación seleccionada de los estribos es: **0.10 m** NO OK

Las vigas del puente presentan un déficit a flexión del 433%, con un momento último solicitante de 148.16 t-m y una capacidad a flexión de 34.20 t-m.

De acuerdo con el ACI-440, para que una sección pueda ser repotenciada, su capacidad a flexión deberá ser mayor a la siguiente expresión:

$$M_n \geq 1.1 * CM + 0.75 * CV$$

El cual, para el caso de análisis se tiene $M_{n\,min} = 76.99\ t - m$

Como el momento resistente $\emptyset M_n = 34.20\ t - m$ es menor al momento mínimo nominal requerido para repotenciación (76.99 t-m), se concluye que la estructura no se puede repotenciar.

Se deberá proyectar una obra hidráulica en la zona del puente existente.

La subestructura está conformada por dos (2) estribos externos, los cuales están conformados por una viga cabezal de dimensiones bxh 2.30 m x 1.55 m, sobre la cual está dispuesto un espaldar de espesor 0.40 m; la viga cabezal está apoyada en tres (3) pilotes de diámetro 1.80 m.

2. Las resistencias de los concretos del puente PR22+330 fueron obtenidas del estudio de patología, las cuales se presentan a continuación:

| | |
|---|---|
| Vigas presforzadas | f'c = 455 kgf/cm$^2$ |
| Tablero | f'c = 396 kgf/cm$^2$ |

3. En el análisis de carga para la estructura del puente PR22+330 existente se consideraron las siguientes cargas.

| | | |
|---|---|---|
| **Carga muerta:** | con una densidad del concreto de | 2.4 t/m$^3$. |
| **Sobrecarga:** | Bordillo: | 0.288 t/m |
| | Andén: | 0.684 t/m |
| | Baranda: | 0.100 t/m |
| **Carpeta de rodadura** | | 0.169 t/m$^2$ |

Si bien el puente actualmente no tiene carpeta de rodadura, se considera dicha carga para el diseño de la repotenciación.

| | | |
|---|---|---|
| **Carga viva diseño** | Camión C40-95 | 40.0 t |
| **Carga viva repotenciación** | Camión CC14 | 36.0 t + carril |
| **Carga de presfuerzo** | Tensado a 20 t/torón | |

4. Para el modelo estructural de la superestructura del puente fue usado el software de diseño estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las secciones empleadas en el modelado, las propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno, cargas y combinaciones de carga consideradas.

5. Para dar cumplimiento a los requisitos del diseño, se determina que las vigas presforzadas existentes del puente PR22+330 deben tener alrededor de **29 torones de 5/8"**, para dar cumplimiento a la carga de diseño (C40-95).

6. Para dar cumplimiento a los requisitos de la CCP 14, las vigas presforzadas del puente PR22+330 se repotenciarán con dos (2) cables externos por viga, cada uno de tres (3) torones tensados a 20.0 t/torón.

7. El tablero existente del puente PR22+330, con la geometría, resistencia del concreto y refuerzo auscultado, tiene la capacidad suficiente para atender los requerimientos de la Norma de diseño, CCP 14.

8. El puente PR27+710 es un puente de una (1) luz de 10.45 m con una (1) calzada de 3.60 m, con bordillos de 0.20 m en ambos bordes, para un ancho total de 4.00 m, la estructura consta de dos (2) estribos de apoyo, conformado cada uno por un muro en concreto reforzado en donde se

apoyan las dos (2) vigas de concreto reforzado de ancho 0.45 m y altura total 0.85 m incluyendo el tablero de espesor 0.20 m.

9. De acuerdo con el estudio de patología, las vigas longitudinales en concreto del puente PR27+710 tienen un refuerzo inferior conformado por tres (3) barras N7.

10. Las resistencias de los concretos del puente PR27+710 fueron obtenidas del estudio de patología, las cuales se presentan a continuación:

| | |
|---|---|
| Vigas reforzadas | f'c = 386 kgf/cm$^2$ |
| Tablero | f'c = 448 kgf/cm$^2$ |

11. Las vigas reforzadas del puente PR27+710 presentan un déficit a flexión del 419%, con un momento último solicitante de 145.02 t-m y una capacidad a flexión de 34.65 t-m.

12. De acuerdo con los requisitos y especificaciones del ACI-440, para las solicitaciones presentadas, el puente no se puede repotenciar, razón por la cual se deberá proyectar una obra hidráulica en la zona del puente PR27+710.

13. El puente PR30+810 es un puente de una (1) luz de 10.35 m con una (1) calzada de 3.65 m, con bordillos de 0.20 m en ambos bordes, para un ancho total de 4.05 m, la estructura consta de dos (2) estribos de apoyo, conformado cada uno por un muro en concreto reforzado en donde se apoyan las dos (2) vigas de concreto reforzado de ancho 0.40 m y altura total 0.84 m incluyendo el tablero de espesor 0.22 m.

14. De acuerdo con el estudio de patología, las vigas longitudinales en concreto del puente PR30+810 tienen un refuerzo inferior conformado por tres (3) barras N7.

15. Las resistencias de los concretos del puente PR30+810 fueron obtenidas del estudio de patología, las cuales se presentan a continuación:

| | |
|---|---|
| Vigas reforzadas | f'c = 386 kgf/cm$^2$ |
| Tablero | f'c = 448 kgf/cm$^2$ |

16. Las vigas reforzadas del puente PR30+810 presentan un déficit a flexión del 433%, con un momento último solicitante de 148.16 t-m y una capacidad a flexión de 34.20 t-m.

17. De acuerdo con los requisitos y especificaciones del ACI-440, para las solicitaciones presentadas, el puente no se puede repotenciar, razón por la cual se deberá proyectar una obra hidráulica en la zona del puente PR30+810.

Se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones del componente estructural referentes a las obras hidráulicas:

1. Se realizó el diseño estructural de las siguientes estructuras:

Tabla 7. Tipos de alcantarilla.

| Abscisa | Tipo | Altura interna (m) | Ancho interno (m) | Altura de lleno (m) | Long. (m) | Altura máx. aletas (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| K23+926 | Nuevo | 3.00 | 3.00 | 2.60 | 17.10 | 3.75 |
| K24+981 | Nuevo | 3.00 | 5.00 | 1.70 | 10.40 | 5.10 |
| K25+571 | Nuevo | 1.80 | 1.80 | 3.20 | 16.00 | 3.70 |
| K27+049 | Nuevo | 2.00 | 2.00 | 6.50 | 23.80 | 4.50 |
| K28+627 | Prolongación | 2.20 | 2.00 | 1.42 | 10.90 | 3.43 |
| K27+712 | Nuevo | 3.00 | 4.50 | 0.45 | 11.00 | 4.70 |
| K30+804 | Nuevo | 3.00 | 4.50 | 0.45 | 11.00 | 4.60 |
| K31+004 | Nuevo | 1.50 | 1.50 | 0.98 | 12.00 | 2.54 |

2. El refuerzo longitudinal de las losas de fondo será continuo y con traslapo en donde se indica.

3. La superficie interior del concreto tanto de paredes como de la losa inferior deberá quedar lo más pulido posible reduciendo al máximo la rugosidad.

4. En la junta entre la losa de fondo y los muros o paredes verticales, así como la junta entre los muros o paredes verticales y la losa superior se dispondrá de junta tipo llave de cortante.

5. Al respaldo de las paredes del canal en todo el contacto suelo - pared, se dispondrá un filtro.

6. Se han empleado en el diseño las siguientes resistencias a la compresión del concreto:

| **Elemento** | **f'c** |
|---|---|
| Paredes, losa superior e inferior, incluyendo los cabezotes y llaves, | 280 kgf/cm$^2$ |
| Solado | 140 kgf/cm$^2$ |

7. De acuerdo con el artículo 3.6.1.1.1 de la CCP-14, el número de carriles de diseño para la calzada proyectada de 7.30 m es de dos (2) carriles.

8. Las cargas de diseño de las estructuras son:

| | |
|---|---|
| Peso unitario del concreto | 2.40 t/m$^3$ |
| Peso unitario de carpeta asfáltica: | 2.25 t/m$^3$ |
| Espesor carpeta asfáltica: | 0.05 m (+ 0.025 m. futuro) |
| Carga viva: | (Camión CC14 o Tándem) + Carril |

9. Los parámetros geotécnicos para el material de lleno son:

| | |
|---|---|
| Densidad del relleno | 2.00 t/m$^3$ |
| Ángulo de fricción | 30.0° |
| Coeficiente de presión activa | Ka = 0.33 |
| Coeficiente de presión pasiva | Kp = 3.00 |
| Coeficiente de presión en reposo | Ko = 0.50 |

10. Para el modelo estructural fue empleado el software de diseño estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las secciones empleadas en el modelado, las propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno, cargas y combinaciones de carga consideradas.

Para la condición de contorno en la base de la alcantarilla y de la estructura de descarga se consideran apoyos elásticos tipo resorte, "*Point Spring Support"*, con una rigidez vertical que emula el comportamiento del suelo, hallada por medio del módulo de balasto del suelo

11. Para la modelación de la *Interacción Suelo Estructura* - ISE, se modela la respuesta lineal del suelo con base a lo suministrado en el *Volumen VI - Estudio de Suelos para el Diseño de Fundaciones – Ruta 6006.*

12. Se considerarán los siguientes coeficientes de resistencia dados en el artículo 5.5.4.2.1.

    - Flexión y tracción en concreto reforzado $\phi = 0.90$
    - Cortante y torsión en concreto de densidad normal $\phi = 0.90$

13. Si durante el proceso constructivo se identifica que el nivel de fundación corresponde a un material de origen antrópico o materia orgánica, se debe realizar un reemplazo con concreto ciclópeo, empotrándose 0.50 m dentro de materiales de origen geológico (depósito aluvial o depósito de vertiente), con el fin de obtener un material de apoyo libre de escombros o desechos que puedan afectar la cimentación.

14. Cualquier modificación en los diseños deberá ser consultada y avalada con O.F.B. SAS.

De la Tabla 8 a la Tabla 10 se relacionan los planos que hacen parte del presente *Volumen X - Estudio y Diseño de Estructuras.*

Tabla 8. Lista de planos Estructuras de Contención

| PLANO | ARCHIVO | LAYOUT | CONTIENE |
|---|---|---|---|
| 01 | DE-R6006-PP-01 V1.dwg | NOTAS | NOTAS, LISTADO DE PLANOS, SECCIONES, DETALLES y CUADROS |
| 02 | DE-R6006-PP-01 V1.dwg | MURO 1 | PLANTA-PERFIL, CUADRO DE COORDENADAS, SECCIÓN A-A Y NOTAS MURO 1 |
| 03 | DE-R6006-PP-01 V1.dwg | MURO 2 | PLANTA-PERFIL, CUADRO DE COORDENADAS, SECCIONES Y NOTAS MURO 2 |
| 04 | DE-R6006-PP-01 V1.dwg | MÓDULO Z4-9 | PLANTA, PERFIL, SECCION - MUROS H=4.0m; ELEVACIÓN, SECCION, CUADROS Y NOTAS |
| 05 | DE-R6006-PP-01 V1.dwg | MÓDULO Z5-9 | PLANTA, PERFIL, SECCION - MUROS H=5.0m; ELEVACIÓN, SECCION, CUADROS Y NOTAS |

Tabla 9. Lista de planos Repotenciación Puente PR22+330

| PLANO | ARCHIVO | LAYOUT | CONTIENE |
|---|---|---|---|
| 01 | DE-R6006-RP-01.dwg | REPOTENCIACIÓN | REPOTENCIACIÓN VIGAS PRESFORZADAS EXISTENTES, SECCIÓN, DETALLES Y NOTAS |

Tabla 10. Lista de planos Obras Hidráulicas.

| PLANO | ARCHIVO | LAYOUT | CONTIENE |
|---|---|---|---|
| 01 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | NOTAS | NOTAS GENERALES, ÍNDICE Y CUADROS |
| 02 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | PLANTA-PERFIL OBRA 8 | PLANTA, PERFIL, SECCIÓN, CUADRO Y NOTAS |
| 03 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | REF. OBRA 8 | PLANTA, ELEVACIÓN, SECCIÓN TRANSVERSAL, CUADRO Y NOTAS |
| 04 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | PLANTA-PERFIL OBRA 13 | PLANTA, PERFIL, SECCIÓN, CUADRO Y NOTAS |
| 05 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | REF. OBRA 13 | PLANTA, ELEVACIÓN, SECCIÓN TRANSVERSAL, CUADRO Y NOTAS |
| 06 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | PLANTA-PERFIL OBRA 17 | PLANTA, PERFIL, SECCIÓN, CUADRO Y NOTAS |
| 07 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | REF. OBRA 17 | PLANTA, ELEVACIÓN, SECCIÓN TRANSVERSAL, CUADRO Y NOTAS |
| 08 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | PLANTA-PERFIL OBRA 22 | PLANTA, PERFIL, SECCIÓN, CUADRO Y NOTAS |

| PLANO | ARCHIVO | LAYOUT | CONTIENE |
|---|---|---|---|
| 09 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | REF. OBRA 22 | PLANTA, ELEVACIÓN, SECCIÓN TRANSVERSAL, CUADRO Y NOTAS |
| 10 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | PLANTA-PERFIL OBRA 25 | PLANTA, PERFIL, SECCIÓN, CUADRO Y NOTAS |
| 11 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | REF. OBRA 25 | PLANTA, ELEVACIÓN, SECCIÓN TRANSVERSAL, CUADRO Y NOTAS |
| 12 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | PLANTA-PERFIL OBRA 24 | PLANTA, PERFIL, SECCIÓN, CUADRO Y NOTAS |
| 13 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | REF. OBRA 24 | PLANTA, ELEVACIÓN, SECCIÓN TRANSVERSAL, CUADRO Y NOTAS |
| 14 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | PLANTA-PERFIL OBRA 37 | PLANTA, PERFIL, SECCIÓN, CUADRO Y NOTAS |
| 15 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | REF. OBRA 37 | PLANTA, ELEVACIÓN, SECCIÓN TRANSVERSAL, CUADRO Y NOTAS |
| 16 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | PLANTA-PERFIL OBRA 38 | PLANTA, PERFIL, SECCIÓN, CUADRO Y NOTAS |
| 17 | DE-R6006-OH 01 V1.dwg | REF. OBRA 38 | PLANTA, ELEVACIÓN, SECCIÓN TRANSVERSAL, CUADRO Y NOTAS |

1. American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO: LRFD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS, AASHTO, 2012

2. American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO: Guide Specifications for LRFD Seismic Bridge Design. Report to AASHTO T3 Subcommittee, Washington, DC, 2009.

3. American Concrete Institute, ACI Committee, American Concrete Institute, & International Organization for Standardization. Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary, 2008.

4. Instituto Nacional de Vías – INVIAS, Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD – CCP-14, INVIAS, 2014.

5. Instituto Nacional de Vías – INVIAS, Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, INVIAS, 2007.

6. Naaman, A. E.: Prestressed Concrete Analysis and Design: Fundamentals (pp. 360-364) New York, McGraw-Hill, 1982.

7. Nilson, A. H., Winter G: Diseño de Estructuras de Concreto, 11 Ed. Mac Graw Hill, 1993.

ANEXO 1 – MÓDULO Z4-9.00 – MURO: VÁSTAGO, ZAPATA

ANEXO 2 – MÓDULO Z5-9.00 – MURO: VÁSTAGO, ZAPATA

ANEXO 3 – BARRERA DE CONCRETO

ANEXO 4 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K23+926 (3.0x3.0)

ANEXO 5 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K24+981 (5.0x3.0)

ANEXO 6 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K27+049 (2.0x2.0)

ANEXO 7 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K28+627 (2.0x2.2)

ANEXO 8 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K25+571 (1.8x1.8)

ANEXO 9 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K27+712 Y K30+804 (4.5x3.0)

ANEXO 10 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K31+004 (1.5x1.5)

ANEXO 11 – CANAL ABIERTO T1

ANEXO 12 – CANAL ABIERTO T2

ANEXO 13 – CANAL ABIERTO T3

ANEXO 14 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA – PUENTE PR22+330

ANEXO 15 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA – PUENTE PR27+710

ANEXO 16 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA – PUENTE PR30+810

ANEXO 17 – VIGA PRESFORZADA PUENTE EXISTENTE – PUENTE PR22+330

ANEXO 18 – REPOTENCIACIÓN VIGA PRESFORZADA EXISTENTE – PUENTE PR22+330

ANEXO 19 – REVISIÓN DE CAPACIDAD TABLERO – PUENTE PR22+330

# ANEXO 1: MÓDULO Z4-9.00 - MURO: VÁSTAGO, ZAPATA

## PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| $f'c$ = | **28 MPa** | $\rho_{Concreto}$ = | **2.40 t/m³** |
| Fy = | **420 MPa** | | |

## PROPIEDADES DEL SUELO

| | |
|---|---|
| Ángulo de fricción, $\phi$ = | **30 °** |
| Densidad del suelo, $\gamma_S$ = | **2.00 t/m³** |
| Coeficiente de Aceleración, PGA = | **0.200** |
| Coeficiente de Aceleración, As = | **0.280** |
| Coeficiente de Emp. Hor, $K_H$ = | 0.187 |
| Coeficiente de Emp. Vert, $K_V$ = | 0.124 |
| Inclinación del talud, $\beta$ = | 0 ° |
| Inclinación cara del muro, $\theta$ = | 0 ° |
| Ángulo de fricción de la interacción suelo-muro, $\delta$ = | 20 ° |
| Ángulo $\psi$ = | 12.04 ° |

## COEFICIENTES DE EMPUJE - RANKINE

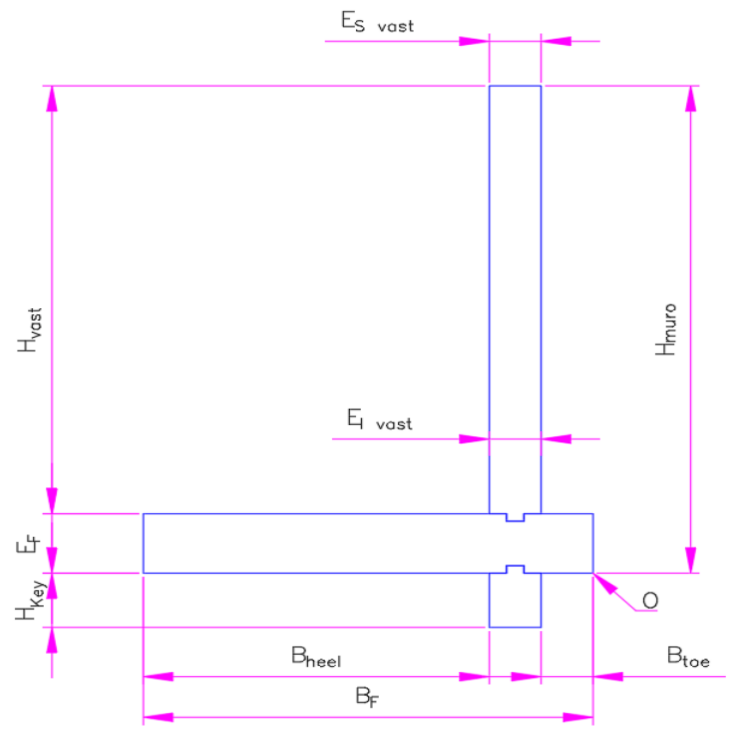
| | |
|---|---|
| Coef. de reposo, Ko = | 0.50 |
| Coef. de activo, Ka = | 0.33 |
| Coef. de pasivo, Kp = | 3.00 |
| Coef. de empuje dinámico, $K_{AE}$ = | 0.47 |

## DATOS DE COLISION

| | |
|---|---|
| Fuerza Transversal, Ft = | **24.00 t** |
| Longitud Transversal Lt = | **1.07 m** |

## GEOMETRÍA DEL MURO

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura máx de vástago, $H_{vast}$ = | **3.50 m** | Rec. libre cara post. Vast = | **0.075 m** |
| Espesor base vástago, $Ei_{vast}$ = | **0.40 m** | Rec. libre cara ant. Vast = | **0.050 m** |
| Espesor corona de vast, $Es_{vast}$ = | **0.30 m** | | |
| Ancho máx de talon, $B_{heel}$ = | **2.40 m** | Rec. libre cara sup. Zapata = | **0.075 m** |
| Espesor de zapata, $E_F$ = | **0.50 m** | Rec. libre cara inf. Zapata = | **0.075 m** |
| Altura de lleno, $H_{LL}$ = | 3.50 m | | |
| Altura de sobrecarga, $H_{SC}$ = | 0.93 m | **PUNTERA:** | **APLICA** |
| Ancho máx de zapata, $B_F$ = | 3.20 m | Ancho de puntera, $B_{toe}$ = | **0.40 m** |
| Altura total de muro, $H_{muro}$ = | 4.00 m | | |
| Altura mín de vástago, $h_{vast}$ = | **3.50 m** | **LLAVE:** | **APLICA** |
| Ancho mín de talon, $b_{heel}$ = | **2.40 m** | Alura de la llave, $H_{Key}$ = | **1.00 m** |
| Ancho mín de zapata, $b_F$ = | 3.20 m | | |




**SOBRECARGA EN CORONA**

**En la corona del muro se dispondrá una barrera de concreto, la cual representa una sobrecarga de:**

Área Barrera = **0.179** m²

Sobrecarga = 0.430 t/m

**COMBINACIONES**

Las combinaciones de diseño empleadas para el cálculo del muro y la zapata serán las de Estado Límite de Resistencia I, Evento Extremo I, las cuales se presentan a continuación:

EL*RI* : 1.25 $D_C$ + 1.50 $E_H$ +1.75 LS

EL*EEI* : 1.25 $D_C$ + 1.50 $E_H$ + 0.50 LS + 1.00 EQ

EL*EEII* : 1.00 CT

De acuerdo con las recomendaciones del apéndice A del *Bridge Design Manual (BDM) – Colorado Department of Transportation (CDOT) LRFD*, dicha fuerza no es concomitante con los empujes horizontales del suelo y la sobrecarga por carga viva dado que en el instante donde ocurre la colisión -impacto -, se prevé que el muro se desprenda ligeramente del suelo de contención.

**DISEÑO DEL VÁSTAGO**

Las combinaciones de diseño empleadas para el cálculo del vástago serán las de Estado Límite de Resistencia I, Evento Extremo I y Evento Extremo II, las cuales se presentan a continuación:

Empuje Activo Estático: $E_A = 0.5 \cdot \gamma_{SUELO} \cdot K_A \cdot H_{vast}^2$ $E_A$ = 4.08 t

Momento Activo Estático: $M_A = E_A \cdot H_{vast}/3$ $M_A$ = 4.76 t-m

Empuje Sobrecarga: $E_{SC} = Hsc \cdot \gamma_{SUELO} \cdot K_A \cdot H_{vast}$ $E_{SC}$ = 2.18 t

Momento Activo Estático: $M_{SC} = E_{SC} \cdot H_{vast}/2$ $M_A$ = 3.81 t-m

Empuje Dinámico: $\Delta E_{AE} = (0.5 \cdot \gamma_S \cdot K_{AE} \cdot H_{vast}^2) - EA$ $\Delta E_{AE} =$ 1.64 t

Momento Dinámico: $M_{AE} = E_{AE} \cdot 0.6\ H_{vast}$ $M_{AE} =$ 3.45 t-m

Fuerza Inercial Vástago, $FI_{vast} = W_{vast} \cdot As$ $FI_{ESP} =$ 0.94 t

Momento Inercial Vástago, $MI_{vast} = FI_{vast} \cdot H_{vast}/2$ $MI_{ESP} =$ 1.65 t-m

Se considera que la fuerza de colision se distribuye a lo largo de una longitud LT en la corona del muro y que se proyecta con un angulo de 45º hacia la base del bastago.

Longitud de distribución Lc= Lt+2Hprom $L_c =$ 8.07 m

Fuerza de colisión, $F_c = F_t/L_c$ $F_c =$ 2.97 t-m

Momento de colisión, $M_c = F_c \cdot Hprom$ $M_c =$ 10.41 t-m

| **Cortante** | **Momento** |
|---|---|
| ELRI = 9.94 t | ELRI = 13.82 t-m |
| ELEEI = 9.80 t | ELEEI = 14.15 t-m |
| ELEEII = 2.97 t | ELEEII = 10.41 t-m |
| **$V_{MÁX}$ = 9.94 t** | **$M_{MÁX}$ = 14.15 t-m** |
| | **$M_{SER}$ = 8.58 t-m** |

**Diseño a Flexión**

**Dirección Vertical**

$Mu_V =$ 14.15 t-m $Mu_S =$ 8.58 t-m

$Vu_V =$ 9.94 t

Se diseña para un momento máximo de 14.15 t-m; el diseño se realiza para una franja unitaria (1.00 m) de vástago y refuerzo principal se dispone en la cara posterior.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho, b = | 1.000 m | *f'c* = | 28 MPa |
| Altura, h = | 0.400 m | *fr* = | 3.28 MPa |
| Recubrimiento = | 0.083 m | Fy = | 420 MPa |
| Profundidad efectiva, d = | 0.317 m | $\phi_{Fluencia}$ = | 0.90 |
| | | Ec= | 25098 MPa |
| Cuantía calculada $\rho_{CALC}$ = | 0.00386 | Es= | 200000 MPa |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | $\eta$ = | 7.97 |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | Menor que la balanceada | |

***Control de Fisuración (5.7.3.3.2)***

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | |
|---|---|
| $\gamma_1$ = 1.6 | **Demás estructuras concreto** |
| $\gamma_2$ = - | **No presforzado** |
| $\gamma_3$ = 0.75 | **Refuerzo A706 - Grado 60** |
| $S_C$ = 0.027 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = 10.50 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = 18.82 t-m | |

Momento seleccionado = **10.50 t-m** (Mínimo)

Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = 0.00283

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00386**

As calculado = 12.22 cm²
Barra a usar = **N5**
Área de la barra = 1.98 cm²
Separación calculada = 0.16 m
**Separación seleccionada = 0.15 m**

As dispuesto = 13.20 cm²
Prof. Bl. de compresión, a = 2.33 cm
Prof. Eje neutro, c = 2.74 cm
Resistencia a flexión = 15.24 t-m
*VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE
No es Igual a la Puntera

***Control de agrietamiento (5.7.3.4)***

Se presenta la verificación de la separación del refuerzo en tracción, con el fin de controlar el agrietamiento por flexión.

βs = 1.37
ltura del bloque de compresión, X = 0.033 m
Brazo interno de palanca, jd = 0.31 m
Esfuerzo actuante en el acero, *fss* = 212 MPa
Factor de exposición, γe = 0.75 Exposición clase 2
Espaciamiento del refuerzo, s ≤ 0.30 m CUMPLE

***Refuerzo de retracción y temperatura***

De acuerdo con las disposiciones descritas en el comentario C5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura. Este refuerzo tendrá un área de acero equivalente a:

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.55 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

As requerido = 2.55 cm²
Barra a usar = **N4**
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.50 m
Separación máxima = 0.45 m (5.10.8)
**Separación seleccionada = 0.30 m** OK Igual al Talón

As Dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.55 cm² OK

***Revisión a cortante***

La fuerza cortante es es tomada a d veces de la cara del vástago

Cortante última, Vu = 9.94 t
$\phi_{Cortante}$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma que la resistencia del concreto al corte es:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_V \cdot d_V$$

Ancho resistente a cortante, bv = 1.00 m
Profundida efectiva, dv = 0.317 m
Se toma un valor de β = 2.00 (5.8.3.4.1)

La cortante resistente del vástago es = 23.67 t > Vu = 9.94 t OK

**Verificacion de interfaz vástago - zapata**

Se diseñan la interfaz para la carga lateral última calculada en el vástago.

Vu = 9.94 t
$\phi_{Cortante}$ = **0.85**

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

Espesor base muro, $E_{Muro}$ = **0.40 m**
Largo del muro, L = **1.00 m**
Área en planta, $A_{cv}$ = 0.40 m²

Ancho llave de interfaz = **0.10 m**
Ancho lateral = 0.15 m

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como:

$$\phi Vc = \phi \cdot c \cdot A_{cv}$$

Donde:
$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción
c: factor de cohesión.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa

Por lo cual,

c = 170 t/m²

La cortante resistente de la interfaz es = 57.80 t > Vu = 9.94 t OK

**DISEÑO DE TALÓN**

El talon sera diseñado para resistir la fuerza cortante y momento flector causados por las carga superimpuesta del suelo y de su peso propio. La presion de suelo actuando en contra de la fuerzas gravitacionales es despreciada de manera conservadora.

Peso de suelo: $V_s = (B_{heel}-d)\cdot\gamma_{SUELO}\cdot H_F$ — $V_s$ = 13.83 t
Momento peso de suelo: $B_{heel}^2\cdot\gamma_{SUELO}\cdot H_{LL}/2$ — $M_s$ = 20.16 t-m

Sobrecarga: $V_{SC} = (B_{heel}-d)\cdot H_{sc}\cdot\gamma_{SUELO}$ — $V_{SC}$ = 3.69 t
Momento Sobrecarga:: $M_{SC} = B_{heel}^2\cdot H_{sc}\cdot\gamma_{SUELO}/2$ — $M_{SA}$ = 5.38 t-m

Peso propio: $V_p = (B_{heel}-d)\cdot H_F\cdot\rho_{Concreto}$ — $V_p$ = 2.37 t
Momento Peso propio: $M_p = B_{heel}^2\cdot H_F\cdot\rho_{Concreto}/2$ — $M_p$ = 3.46 t-m

| **Cortante** | **Momento** |
|---|---|
| ELRI = 28.08 t | ELRI = 40.94 t-m |

**Diseño a Flexión**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Mu_V$ = | 40.94 t-m | $Mu_S$ = | 28.99 t-m |
| $Vu_V$ = | 28.08 t | | |

Se diseña para un momento máximo de 40.94 t-m; el diseño se realiza para una franja unitaria (1.00 m) de Talón y refuerzo principal se dispone en la cara posterior.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho, b = | 1.000 m | *f'c* = | 28 MPa |
| Altura, h = | 0.500 m | *fr* = | 3.28 MPa |
| Recubrimiento = | 0.075 m | Fy = | 420 MPa |
| Profundidad efectiva, d = | 0.425 m | $\phi_{Fluencia}$ = | 0.90 |
| | | Ec= | 25098 MPa |
| Cuantía calculada $\rho_{CALC}$ = | 0.00635 | Es= | 200000 MPa |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | $\eta$ = | 7.97 |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | Menor que la balanceada | |

***Control de Fisuración (5.7.3.3.2)***

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | **Demás estructuras concreto** |
| $\gamma_2$ = | - | **No presforzado** |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | **Refuerzo A706 - Grado 60** |
| $S_C$ = | 0.042 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 16.40 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 54.46 t-m | |
| Momento seleccionado = | **16.40 t-m** | (Mínimo) |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00246 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00635**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 27.01 cm² | As dispuesto = | 28.40 cm² |
| Barra a usar = | **N6** | Prof. Bl. de compresión, a = | 5.01 cm |
| Área de la barra = | 2.84 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 5.90 cm |
| Separación calculada = | 0.11 m | Resistencia a flexión = | 42.93 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

***Control de agrietamiento (5.7.3.4)***

Se presenta la verificación de la separación del refuerzo en tracción, con el fin de controlar el agrietamiento por flexión.

| | | |
|---|---|---|
| βs = | 1.25 | |
| ltura del bloque de compresión, X = | 0.040 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.41 m | |
| Esfuerzo actuante en el acero, *fss* = | 248 MPa | |
| Factor de exposición, γe = | 0.75 | Exposición clase 2 |
| Espaciamiento del refuerzo, s ≤ | 0.28 m | CUMPLE |

***Refuerzo de retracción y temperatura***

De acuerdo con las disposiciones descritas en el comentario C5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura. Este refuerzo tendrá un área de acero equivalente a:

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.98 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 2.98 cm² | | |
| Barra a usar = | **N4** | | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | | |
| Separación calculada = | 0.43 m | | |
| Separación máxima = | 0.30 m | (5.10.8) | |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK | |

As Dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.98 cm² OK

***Revisión a cortante***

La fuerza cortante es es tomada a d veces de la cara del vástago

Cortante última, Vu = 28.08 t

$\phi_{Cortante}$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma que la resistencia del concreto al corte es:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_V \cdot d_V$$

Ancho resistente a cortante, bv = 1.00 m

Profundida efectiva, dv = 0.425 m

Se toma un valor de β = 2.00 (5.8.3.4.1)

La cortante resistente del talon es = 31.73 t > Vu = 28.08 t OK

**DISEÑO PUNTERA**

La puntera es diseñada para la fuerza cortante y momento flector generado por la presion del suelo, la cual se calculara a travez del equilibrio de momentos

| | |
|---|---|
| Peso de suelo: $V_s = (B_{heel}) \cdot \gamma_{SUELO} \cdot H_{LL}$ | $V_s$ = 16.80 t |
| Momento suelo: $(B_{toe}+E_{vast}+B_{heel}/2) \cdot V_s$ | $M_s$ = 33.60 t-m |
| Peso del vástago $V_m = E_{vast} \cdot H_{vast} \cdot \rho_{Concreto}$ | $V_m$ = 3.36 t |
| Momento del muro: $V_m \cdot (B_{toe}+E_{vast}/2)$ | $M_m$ = 1.54 t-m |
| Peso de la zapata $V_F = E_F \cdot B_F \cdot \rho_{Concreto}$ | $V_F$ = 3.84 t |
| Momento de la zapata: $V_F \cdot B_F/2$ | $M_F$ = 6.14 t-m |

Peso de la sobrecarga muerta $V_{sm} = W_{sm}$ — $V_{sm} =$ 0.43 t
Momento de la sobrecarga muerta: $M_{sm} = V_{sm} \cdot B_{toe}$ — $M_{sm} =$ 0.17 t-m

Empuje Activo Estático: $E_A = 0.5 \cdot \gamma_{SUELO} \cdot K_A \cdot H_{Muro}^2$ — $E_A =$ 5.33 t
Momento Activo Estático: $M_A = E_A \cdot H_{Muro}/3$ — $M_A =$ 7.11 t-m

Sobrecarga: $V_{SC} = B_{heel} \cdot H_{sc} \cdot \gamma_{SUELO}$ — $V_{SC} =$ 4.48 t
Momento Sobrecarga: $M_{SC} = V_{sc} \cdot (B_{toe} + E_{ivast} + B_{heel}/2)$ — $M_{SCV} =$ 8.96 t-m

Empuje Sobrecarga: $E_{SC} = Hsc \cdot \gamma_{SUELO} \cdot K_A \cdot H_{muro}$ — $E_{SC} =$ 2.49 t
Momento Activo Estático: $M_{SC} = E_{SC} \cdot H_{Muro}/2$ — $M_{SC} =$ 4.98 t-m

Empuje Dinámico: $\Delta E_{AE} = (0.5 \cdot \gamma_S \cdot K_{AE} \cdot H_{Muro}^2) - EA$ — $\Delta E_{AE} =$ 2.15 t
Momento Dinámico: $M_{AE} = E_{AE} \cdot 0.6\ H_{muro}$ — $M_{AE} =$ 5.15 t-m

Fuerza Inercial, $FI_{muro} = (W_{vast} + W_F) \cdot As$ — $FI_{ESP} =$ 2.02 t
Momento Inercial, $MI_{muro} = FI_F \cdot E_F/2 + FI_{vast} \cdot (E_F + H_{vast}/2)$ — $MI_{ESP} =$ 2.39 t-m

**Factores de Carga**

**1.56 t-m**

| Carga | Valor | Rango |
|---|---|---|
| Muerta, $\gamma_p$ = | **1.25** | [0.90 - 1.25] |
| Viva Resistencia, $\gamma_{lR}$ = | **1.75** | [0.00 - 1.75] |
| Viva Extremo, $\gamma_{lE}$ = | **0.50** | [0.00 - 0.50] |
| Empuje Suelo, $\gamma_{EH}$ = | **1.50** | [0.90 - 1.50] |
| Peso Suelo, $\gamma_{EV}$ = | **1.35** | [1.00 - 1.35] |

| **Momento Resultante ΔM** | | **Axial Resultante ΣP** |
|---|---|---|
| ELRI = 51.49 t-m | | ELRI = 40.06 t |
| ELEEI = 38.97 t-m | | ELEEI = 34.46 t |
| ELS = 38.33 t-m | | ELS = 28.91 t-m |
| **Posición resultante, a** | | **Excentricidad, e** |
| ELRI = 1.29 m | | ELRI = 0.31 m |
| ELEEI = 1.13 m | | ELEEI = 0.47 m |
| ELS = 1.33 m | | ELS = 0.27 m |
| **Esfuerzo Mínimo $\sigma_{min}$** | | **Esfuerzo Máximo $\sigma_{max}$** |
| ELRI = 5.13 t/m2 | (e < L/6) | ELRI = 19.90 t/m2 |
| ELEEI = 1.30 t/m2 | (e < L/6) | ELEEI = 20.24 t/m2 |
| ELS = 4.39 t/m2 | (e < L/6) | ELS = 13.68 t/m2 |
| **Esfuerzo en Puntera $\sigma_1$** | | **$\sigma_{prom}$ Vu** |
| ELRI = 18.06 t/m2 | | ELRI = 12.47 t/m2 |
| ELEEI = 17.87 t/m2 | | ELEEI = 10.71 t/m2 |
| ELS = 12.52 t/m2 | | ELS = 9.01 t/m2 |

**Diseño a Flexión**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mu = | 1.56 t-m | $Mu_S$ = | 1.06 t-m |
| Vu = | -0.23 t | | |

Se diseña para un momento máximo de 1.56 t-m; el diseño se realiza para una franja unitaria (1.00 m) de puntera y el refuerzo principal se dispone en la cara posterior.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho, b = | 1.000 m | *f'c* = | 28 MPa |
| Altura, h = | 0.500 m | *fr* = | 3.28 MPa |
| Recubrimiento = | 0.081 m | Fy = | 420 MPa |
| Profundidad efectiva, d = | 0.419 m | $\phi_{Fluencia}$ = | 0.90 |
| | | Ec= | 25098 MPa |
| Cuantía calculada $\rho_{CALC}$ = | 0.00024 | Es= | 200000 MPa |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | $\eta$ = | 7.97 |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | Menor que la balanceada | |

***Control de Fisuración (5.7.3.3.2)***

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | **Demás estructuras concreto** |
| $\gamma_2$ = | - | **No presforzado** |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | **Refuerzo A706 - Grado 60** |
| $S_C$ = | 0.042 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 16.40 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 2.07 t-m | |
| Momento seleccionado = | **16.40 t-m** | (Mcr) |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00253 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00253**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 10.60 cm² | As dispuesto = | 12.70 cm² |
| Barra a usar = | **N4** | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.24 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.64 cm |
| Separación calculada = | 0.12 m | Resistencia a flexión = | 19.56 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

***Control de agrietamiento (5.7.3.4)***

Se presenta la verificación de la separación del refuerzo en tracción, con el fin de controlar el agrietamiento por flexión.

| | | |
|---|---|---|
| βs = | 1.28 | |
| ltura del bloque de compresión, X = | 0.032 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.41 m | |
| Esfuerzo actuante en el acero, *fss* = | 21 MPa | |
| Factor de exposición, γe = | 0.75 | Exposición clase 2 |
| Espaciamiento del refuerzo, s ≤ | 3.50 m | CUMPLE |

***Refuerzo de retracción y temperatura***

De acuerdo con las disposiciones descritas en el comentario C5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura. Este refuerzo tendrá un área de acero equivalente a:

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.98 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.98 cm² | |
| Barra a usar = | **N4** | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.43 m | |
| Separación máxima = | 0.30 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As Dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.98 cm² OK

***Revisión a cortante***

| | |
|---|---|
| Cortante última, Vu = | -0.23 t |
| $\phi_{Cortante}$ = | 0.85 |

Para la revisión a cortante, se toma que la resistencia del concreto al corte es:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_V \cdot d_V$$

| | | |
|---|---|---|
| Ancho resistente a cortante, bv = | 1.00 m | |
| Profundida efectiva, dv = | 0.419 m | |
| Se toma un valor de β = | 2.00 | (5.8.3.4.1) |

La cortante resistente de la puntera es = 31.26 t > Vu = -0.23 t OK

**Verificacion de interfaz puntera - vástago**

Se diseñan la interfaz para la carga vertical última calculada en la puntera.

| | |
|---|---|
| Vu = | 4.99 t |
| $\phi_{Cortante}$ = | 0.85 |

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

| | |
|---|---|
| Espesor zapata, $E_F$ = | **0.50 m** |
| Largo del muro, L = | **1.00 m** |
| Área en planta, $A_{cv}$ = | 0.50 m² |

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como:

$$\phi Vc = \phi \cdot c \cdot A_{cv}$$

Donde:

$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción
c: factor de cohesión.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

**Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa**

Por lo cual,

c = 170 t/m²

La cortante resistente de la puntera es = 72.25 t > Vu = 4.99 t OK

**DISEÑO DE LA LLAVE**

Vu = **12.47 t**
Ancho, b = **0.45 m** *f'c* = 28 MPa
Profundidad efectiva, d = 0.38 m Fy = 420 MPa

***Revisión a cortante***

Cortante última, Vu = 12.47 t
$\phi_{Cortante}$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma que la resistencia del concreto al corte es:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_V \cdot d_V$$

Ancho resistente a cortante, bv = 0.45 m
Profundida efectiva, dv = 0.375 m
Se toma un valor de β = 2.00 (5.8.3.4.1)

La cortante resistente de la puntera es = 12.60 t > Vu = 12.47 t OK

***Refuerzo transversal***

Como refuerzo transversal se dispondrán estribos **N4** cada **0.30 m**
Amarrando barras longitudinales **N4**

## ANEXO 2: MÓDULO Z5-9.00 – MURO: VÁSTAGO, ZAPATA

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| | | | |
|---|---|---|---|
| $f'c$ = | **28 MPa** | $\rho_{Concreto}$ = | **2.40 t/m³** |
| Fy = | **420 MPa** | | |

### PROPIEDADES DEL SUELO

| | |
|---|---|
| Ángulo de fricción, $\phi$ = | **30 °** |
| Densidad del suelo, $\gamma_S$ = | **2.00 t/m³** |
| Coeficiente de Aceleración, PGA = | **0.150** |
| Coeficiente de Aceleración, As = | **0.180** |
| Coeficiente de Emp. Hor, $K_H$ = | 0.120 |
| Coeficiente de Emp. Vert, $K_V$ = | 0.080 |
| Inclinación del talud, $\beta$ = | 0 ° |
| Inclinación cara del muro, $\theta$ = | 0 ° |
| Ángulo de fricción de la interacción suelo-muro, $\delta$ = | 20 ° |
| Ángulo $\psi$ = | 7.43 ° |

### COEFICIENTES DE EMPUJE - RANKINE

| | |
|---|---|
| Coef. de reposo, Ko = | 0.50 |
| Coef. de activo, Ka = | 0.33 |
| Coef. de pasivo, Kp = | 3.00 |
| Coef. de empuje dinámico, $K_{AE}$ = | 0.39 |

### DATOS DE COLISION

| | |
|---|---|
| Fuerza Transversal, Ft = | **24.00 t** |
| Longitud Transversal Lt = | **1.07 m** |

### GEOMETRÍA DEL MURO

| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura máx de vástago, $H_{vast}$ = | **4.30 m** | Rec. libre cara post. Vast = | **0.075 m** |
| Espesor base vástago, $Ei_{vast}$ = | **0.50 m** | Rec. libre cara ant. Vast = | **0.050 m** |
| Espesor corona de vast, $Es_{vast}$ = | **0.35 m** | | |
| Ancho máx de talon, $B_{heel}$ = | **3.20 m** | Rec. libre cara sup. Zapata = | **0.075 m** |
| Espesor de zapata max, $E_F$ = | **0.70 m** | Rec. libre cara inf. Zapata = | **0.075 m** |
| Espesor de zapata min, $E_F$ = | **0.35 m** | | |
| Altura de lleno, $H_{LL}$ = | 4.30 m | | |
| Altura de sobrecarga, $H_{SC}$ = | 0.83 m | **PUNTERA:** | **APLICA** |
| Ancho máx de zapata, $B_F$ = | 4.20 m | Ancho de puntera, $B_{toe}$ = | **0.50 m** |

Altura total de muro, $H_{muro}$ = 5.00 m

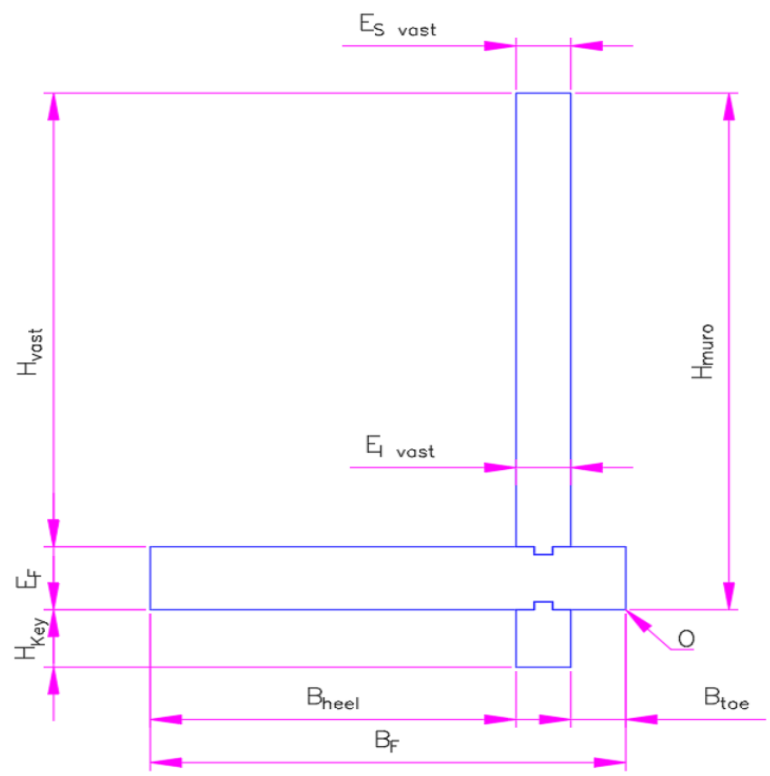
Altura mín de vástago, $h_{vast}$ = **4.30 m**

Ancho mín de talon, $b_{heel}$ = **3.20 m**

Ancho mín de zapata, $b_F$ = 4.20 m

**LLAVE:** **APLICA**

Alura de la llave, $H_{Key}$ = **0.90 m**




**SOBRECARGA EN CORONA**

**En la corona del muro se dispondrá una barrera de concreto, la cual representa una sobrecarga de:**

Área Barrera = **0.179** m²

Sobrecarga = 0.430 t/m

**COMBINACIONES**

Las combinaciones de diseño empleadas para el cálculo del muro y la zapata serán las de Estado Límite de Resistencia I, Evento Extremo I, las cuales se presentan a continuación:

EL*RI* : 1.25 $D_C$ + 1.50 $E_H$ +1.75 LS

EL*EEI* : 1.25 $D_C$ + 1.50 $E_H$ + 0.50 LS + 1.00 EQ

EL*EEII* : 1.00 CT

De acuerdo con las recomendaciones del apéndice A del *Bridge Design Manual (BDM) – Colorado Department of Transportation (CDOT) LRFD*, dicha fuerza no es concomitante con los empujes horizontales del suelo y la sobrecarga por carga viva dado que en el instante donde ocurre la colisión -impacto -, se prevé que el muro se desprenda ligeramente del suelo de contención.

## DISEÑO DEL VÁSTAGO

Las combinaciones de diseño empleadas para el cálculo del vástago serán las de Estado Límite de Resistencia I, Evento Extremo I y Evento Extremo II, las cuales se presentan a continuación:

Empuje Activo Estático: $E_A = 0.5 \cdot \gamma_{SUELO} \cdot K_A \cdot H_{vast}^2$ $E_A$ = 6.16 t
Momento Activo Estático: $M_A = E_A \cdot H_{vast}/3$ $M_A$ = 8.83 t-m

Empuje Sobrecarga: $E_{SC} = Hsc \cdot \gamma_{SUELO} \cdot K_A \cdot H_{vast}$ $E_{SC}$ = 2.37 t
Momento Activo Estático: $M_{SC} = E_{SC} \cdot H_{vast}/2$ $M_A$ = 5.10 t-m

Empuje Dinámico: $\Delta E_{AE} = (0.5 \cdot \gamma_S \cdot K_{AE} \cdot H_{vast}^2) - EA$ $\Delta E_{AE}$ = 1.05 t
Momento Dinámico: $M_{AE} = E_{AE} \cdot 0.6\ H_{vast}$ $M_{AE}$ = 2.72 t-m

Fuerza Inercial Vástago, $FI_{vast} = W_{vast} \cdot As$ $FI_{ESP}$ = 0.93 t
Momento Inercial Vástago, $MI_{vast} = FI_{vast} \cdot H_{vast}/2$ $MI_{ESP}$ = 2.00 t-m

Se considera que la fuerza de colision se distribuye a lo largo de una longitud LT en la corona del muro y

Longitud de distribución Lc= Lt+2Hprom $L_c$= 9.67 m
Fuerza de colisión, $F_c=F_t/L_c$ $F_c$= 2.48 t-m
Momento de colisión, $M_c=F_c \cdot Hprom$ $M_c$= 10.67 t-m

| **Cortante** | | **Momento** | |
|---|---|---|---|
| ELRI = | 13.39 t | ELRI = | 22.17 t-m |
| ELEEI = | 12.41 t | ELEEI = | 20.51 t-m |
| ELEEII = | 2.48 t | ELEEII = | 10.67 t-m |
| **$V_{MÁX}$ =** | **13.39 t** | **$M_{MÁX}$ =** | **22.17 t-m** |
| | | **$M_{SER}$ =** | **13.93 t-m** |

**Diseño a Flexión**

**Dirección Vertical**

$Mu_V$ = 22.17 t-m $Mu_S$ = 13.93 t-m
$Vu_V$ = 13.39 t

Se diseña para un momento máximo de 22.17 t-m; el diseño se realiza para una franja unitaria (1.00 m) de vástago y refuerzo principal se dispone en la cara posterior.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho, b = | 1.000 m | *f'c* = | 28 MPa |
| Altura, h = | 0.500 m | *fr* = | 3.28 MPa |
| Recubrimiento = | 0.083 m | Fy = | 420 MPa |
| Profundidad efectiva, d = | 0.417 m | $\phi_{Fluencia}$ = | 0.90 |
| | | Ec= | 25098 MPa |
| Cuantía calculada $\rho_{CALC}$ = | 0.00348 | Es= | 200000 MPa |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | $\eta$ = | 7.97 |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | Menor que la balanceada | |

***Control de Fisuración (5.7.3.3.2)***

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | **Demás estructuras concreto** |
| $\gamma_2$ = | - | **No presforzado** |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | **Refuerzo A706 - Grado 60** |
| $S_C$ = | 0.042 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 16.40 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 29.48 t-m | |
| Momento seleccionado = | **16.40 t-m** | (Mínimo) |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00255 | |
| **Cuantía de diseño, ρ =** | **0.00348** | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 14.51 cm² | As dispuesto = | 16.50 cm² |
| Barra a usar = | **N5** | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.91 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 3.43 cm |
| Separación calculada = | 0.14 m | Resistencia a flexión = | 25.10 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |
| | | Igual a la Puntera | |

***Control de agrietamiento (5.7.3.4)***

Se presenta la verificación de la separación del refuerzo en tracción, con el fin de controlar el agrietamiento por flexión.

| | | |
|---|---|---|
| βs = | 1.28 | |
| ltura del bloque de compresión, X = | 0.035 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.41 m | |
| Esfuerzo actuante en el acero, *fss* = | 208 MPa | |
| Factor de exposición, γe = | 0.75 | Exposición clase 2 |
| Espaciamiento del refuerzo, s ≤ | 0.33 m | CUMPLE |

***Refuerzo de retracción y temperatura***

De acuerdo con las disposiciones descritas en el comentario C5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura. Este refuerzo tendrá un área de acero equivalente a:

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.98 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.98 cm² | |
| Barra a usar = | **N4** | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.43 m | |
| Separación máxima = | 0.30 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | OK |

***Revisión a cortante***

La fuerza cortante es es tomada a d veces de la cara del vástago

Cortante última, Vu = 13.39 t
$\phi_{Cortante}$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma que la resistencia del concreto al corte es:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_V \cdot d_V$$

Ancho resistente a cortante, bv = 1.00 m
Profundida efectiva, dv = 0.417 m
Se toma un valor de β = 2.00 (5.8.3.4.1)

La cortante resistente del vástago es = 31.14 t > Vu = 13.39 t OK

**Verificacion de interfaz vástago - zapata**

Se diseñan la interfaz para la carga lateral última calculada en el vástago.

Vu = 13.39 t
$\phi_{Cortante}$ = **0.85**

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

Espesor base muro, $E_{Muro}$ = **0.50 m**
Largo del muro, L = **1.00 m**
Área en planta, $A_{cv}$ = 0.50 m²

Ancho llave de interfaz = **0.10 m**
Ancho lateral = 0.20 m

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como:

$$\phi Vc = \phi \cdot c \cdot A_{cv}$$

Donde:
$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción
c: factor de cohesión.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa

Por lo cual,

c = 170 t/m²

La cortante resistente de la interfaz es = 72.25 t > Vu = 13.39 t OK

**DISEÑO DE TALÓN**

El talon sera diseñado para resistir la fuerza cortante y momento flector causados por las carga superimpuesta del suelo y de su peso propio. La presion de suelo actuando en contra de la fuerzas gravitacionales es despreciada de manera conservadora.

Peso de suelo: $V_s = (B_{heel}\text{-}d)\cdot\gamma_{SUELO}\cdot H_F$ — $V_s$ = 22.67 t

Momento peso de suelo: $B_{heel}^2\cdot\gamma_{SUELO}\cdot H_{LL}/2$ — $M_s$ = 44.03 t-m

Sobrecarga: $V_{SC} = (B_{heel}\text{-}d)\cdot H_{sc}\cdot\gamma_{SUELO}$ — $V_{SC}$ = 4.36 t

Momento Sobrecarga:: $M_{SC} = B_{heel}^2\cdot H_{sc}\cdot\gamma_{SUELO}/2$ — $M_{SA}$ = 8.47 t-m

Peso propio: $V_p = (B_{heel}\text{-}d)\cdot H_F\cdot\rho_{Concreto}$ — $V_p$ = 4.43 t

Momento Peso propio: $M_p = B_{heel}^2\cdot H_F\cdot\rho_{Concreto}/2$ — $M_p$ = 8.60 t-m

| **Cortante** | **Momento** |
|---|---|
| ELRI = 43.78 t | ELRI = 85.01 t-m |
| | ELS = 61.10 t-m |

**Diseño a Flexión**

$Mu_V$ = 85.01 t-m — $Mu_S$ = 61.10 t-m

$Vu_V$ = 43.78 t

Se diseña para un momento máximo de 85.01 t-m; el diseño se realiza para una franja unitaria (1.00 m) de Talón y refuerzo principal se dispone en la cara posterior.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho, b | = 1.000 m | *f'c* | = 28 MPa |
| Altura, h | = 0.700 m | *fr* | = 3.28 MPa |
| Recubrimiento | = 0.075 m | Fy | = 420 MPa |
| Profundidad efectiva, d | = 0.625 m | $\phi_{Fluencia}$ | = 0.90 |
| | | Ec | = 25098 MPa |
| Cuantía calculada $\rho_{CALC}$ | = 0.00608 | Es | = 200000 MPa |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ | = 0.85 | $\eta$ | = 7.97 |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ | = 0.02856 | Menor que la balanceada | |

***Control de Fisuración (5.7.3.3.2)***

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | **Demás estructuras concreto** |
| $\gamma_2$ = | - | **No presforzado** |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | **Refuerzo A706 - Grado 60** |
| $S_C$ = | 0.082 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 32.15 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 113.06 t-m | |
| Momento seleccionado = | **32.15 t-m** | (Mínimo) |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00222 | |
| **Cuantía de diseño, ρ =** | **0.00608** | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 38.03 cm² | As dispuesto = | 42.50 cm² |
| Barra a usar = | **N8** | Prof. Bl. de compresión, a = | 7.50 cm |
| Área de la barra = | 5.10 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 8.82 cm |
| Separación calculada = | 0.13 m | Resistencia a flexión = | 94.38 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

***Control de agrietamiento (5.7.3.4)***

Se presenta la verificación de la separación del refuerzo en tracción, con el fin de controlar el agrietamiento por flexión.

| | | |
|---|---|---|
| βs = | 1.17 | |
| ltura del bloque de compresión, X = | 0.045 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.61 m | |
| Esfuerzo actuante en el acero, *fss* = | 236 MPa | |
| Factor de exposición, γe = | 0.75 | Exposición clase 2 |
| Espaciamiento del refuerzo, s ≤ | 0.32 m | CUMPLE |

***Refuerzo de retracción y temperatura***

De acuerdo con las disposiciones descritas en el comentario C5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura. Este refuerzo tendrá un área de acero equivalente a:

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 3.68 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 3.68 cm² | | |
| Barra a usar = | **N4** | | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | | |
| Separación calculada = | 0.35 m | | |
| Separación máxima = | 0.30 m | (5.10.8) | |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | OK | |

As Dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 3.68 cm² OK

***Revisión a cortante***

La fuerza cortante es es tomada a d veces de la cara del vástago

Cortante última, Vu = 43.78 t
$\phi_{Cortante}$ = 0.9

Para la revisión a cortante, se toma que la resistencia del concreto al corte es:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_V \cdot d_V$$

Ancho resistente a cortante, bv = 1.00 m
Profundida efectiva, dv = 0.563 m
Se toma un valor de β = 2.00 (5.8.3.4.1)

La cortante resistente del talon es = 44.54 t > Vu = 43.78 t OK

**DISEÑO PUNTERA**

La puntera es diseñada para la fuerza cortante y momento flector generado por la presion del suelo, la cual se calculara a travez del equilibrio de momentos

| | |
|---|---|
| Peso de suelo: $V_s = (B_{heel}) \cdot \gamma_{SUELO} \cdot H_{LL}$ | $V_s$ = 27.52 t |
| Momento suelo: $(B_{toe}+E_{vast}+B_{heel}/2) \cdot V_s$ | $M_s$ = 71.55 t-m |
| Peso del vástago $V_m = E_{vast} \cdot H_{vast} \cdot \rho_{Concreto}$ | $V_m$ = 5.16 t |
| Momento del muro: $V_m \cdot (B_{toe}+E_{vast}/2)$ | $M_m$ = 2.83 t-m |
| Peso de la zapata $V_F = E_F \cdot B_F \cdot \rho_{Concreto}$ | $V_F$ = 7.06 t |
| Momento de la zapata: $V_F \cdot B_F/2$ | $M_F$ = 14.82 t-m |
| Peso de la sobrecarga muerta $V_{sm} = W_{sm}$ | $V_{sm}$ = 0.43 t |
| Momento de la sobrecarga muerta: $M_{sm} = V_{sm} \cdot B_{toe}$ | $M_{sm}$ = 0.21 t-m |
| Empuje Activo Estático: $E_A = 0.5 \cdot \gamma_{SUELO} \cdot K_A \cdot H_{Muro}^2$ | $E_A$ = 8.33 t |
| Momento Activo Estático: $M_A = E_A \cdot H_{Muro}/3$ | $M_A$ = 13.89 t-m |
| Sobrecarga: $V_{SC} = B_{heel} \cdot H_{sc} \cdot \gamma_{SUELO}$ | $V_{SC}$ = 5.29 t |
| Momento Sobrecarga: $M_{SC} = V_{sc} \cdot (B_{toe} + E_{ivast} + B_{heel}/2)$ | $M_{SCV}$ = 13.76 t-m |
| Empuje Sobrecarga: $E_{SC} = Hsc \cdot \gamma_{SUELO} \cdot K_A \cdot H_{muro}$ | $E_{SC}$ = 2.76 t |
| Momento Activo Estático: $M_{SC} = E_{SC} \cdot H_{Muro}/2$ | $M_{SC}$ = 6.89 t-m |

Empuje Dinámico: $\Delta E_{AE} = (0.5 \cdot \gamma_S \cdot K_{AE} \cdot H_{Muro}^2) - EA$ $\Delta E_{AE} =$ 1.42 t

Momento Dinámico: $M_{AE} = E_{AE} \cdot 0.6\ H_{muro}$ $M_{AE} =$ 4.27 t-m

Fuerza Inercial, $FI_{muro} = (W_{vast}+W_F) \cdot As$ $FI_{ESP} =$ 2.20 t

Momento Inercial, $MI_{muro} = FI_F \cdot E_F/2 + FI_{vast} \cdot (E_F + H_{vast}/2)$ $MI_{ESP} =$ 3.09 t-m

**Factores de Carga**

**2.66 t-m**

| Carga | Valor | Rango |
|---|---|---|
| Muerta, $\gamma_p$ = | **1.25** | [0.90 - 1.25] |
| Viva Resistencia, $\gamma_{lR}$ = | **1.75** | [0.00 - 1.75] |
| Viva Extremo, $\gamma_{lE}$ = | **0.50** | [0.00 - 0.50] |
| Empuje Suelo, $\gamma_{EH}$ = | **1.50** | [0.90 - 1.50] |
| Peso Suelo, $\gamma_{EV}$ = | **1.35** | [1.00 - 1.35] |

| **Momento Resultante ΔM** | **Axial Resultante ΣP** |
|---|---|
| ELRI = 110.11 t-m | ELRI = 62.22 t |
| ELEEI = 94.16 t-m | ELEEI = 55.60 t |
| ELS = 82.39 t-m | ELS = 45.46 t-m |

| **Posición resultante, a** | **Excentricidad, e** |
|---|---|
| ELRI = 1.77 m | ELRI = 0.33 m |
| ELEEI = 1.69 m | ELEEI = 0.41 m |
| ELS = 1.81 m | ELS = 0.29 m |

| **Esfuerzo Mínimo $\sigma_{min}$** | | **Esfuerzo Máximo $\sigma_{max}$** |
|---|---|---|
| ELRI = 7.82 t/m2 | (e < L/6) | ELRI = 21.80 t/m2 |
| ELEEI = 5.55 t/m2 | (e < L/6) | ELEEI = 20.93 t/m2 |
| ELS = 6.38 t/m2 | (e < L/6) | ELS = 15.27 t/m2 |

| **Esfuerzo en Puntera $\sigma_1$** | **$\sigma_{prom}$ Vu** |
|---|---|
| ELRI = 20.14 t/m2 | ELRI = 14.62 t/m2 |
| ELEEI = 19.10 t/m2 | ELEEI = 13.02 t/m2 |
| ELS = 14.21 t/m2 | ELS = 10.70 t/m2 |

**Diseño a Flexión**

Mu = 2.66 t-m $Mu_S =$ 1.86 t-m

Vu = 7.31 t

Se diseña para un momento máximo de 2.66 t-m; el diseño se realiza para una franja unitaria (1.00 m) de puntera y el refuerzo principal se dispone en la cara posterior.

| | |
|---|---|
| Ancho, b = 1.000 m | $f'c$ = 28 MPa |
| Altura, h = 0.700 m | $fr$ = 3.28 MPa |
| Recubrimiento = 0.083 m | Fy = 420 MPa |
| Profundidad efectiva, d = 0.617 m | $\phi_{Fluencia}$ = 0.90 |
| | Ec= 25098 MPa |
| Cuantía calculada $\rho_{CALC}$ = 0.00018 | Es= 200000 MPa |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85 | $\eta$ = 7.97 |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 | Menor que la balanceada |

***Control de Fisuración (5.7.3.3.2)***

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | **Demás estructuras concreto** |
| $\gamma_2$ = | - | **No presforzado** |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | **Refuerzo A706 - Grado 60** |
| $S_C$ = | 0.082 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 32.15 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 3.53 t-m | |
| Momento seleccionado = | **32.15 t-m** | (Mcr) |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00228 | |
| **Cuantía de diseño, ρ =** | **0.00228** | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 14.07 cm² | As dispuesto = | 16.50 cm² |
| Barra a usar = | **N5** | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.91 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 3.43 cm |
| Separación calculada = | 0.14 m | Resistencia a flexión = | 37.58 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

***Control de agrietamiento (5.7.3.4)***

Se presenta la verificación de la separación del refuerzo en tracción, con el fin de controlar el agrietamiento por flexión.

| | | |
|---|---|---|
| βs = | 1.19 | |
| ltura del bloque de compresión, X = | 0.035 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.61 m | |
| Esfuerzo actuante en el acero, *fss* = | 19 MPa | |
| Factor de exposición, γe = | 0.75 | Exposición clase 2 |
| Espaciamiento del refuerzo, s ≤ | 4.13 m | CUMPLE |

***Refuerzo de retracción y temperatura***

De acuerdo con las disposiciones descritas en el comentario C5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura. Este refuerzo tendrá un área de acero equivalente a:

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 3.68 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

As requerido = 3.68 cm²
Barra a usar = **N4**
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.35 m
Separación máxima = 0.30 m (5.10.8)
**Separación seleccionada = 0.24 m** OK

As Dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 3.68 cm² OK

***Revisión a cortante***

Cortante última, Vu = 7.31 t
$\phi_{Cortante}$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma que la resistencia del concreto al corte es:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_V \cdot d_V$$

Ancho resistente a cortante, bv = 1.00 m
Profundida efectiva, dv = 0.617 m
Se toma un valor de β = 2.00 (5.8.3.4.1)

La cortante resistente de la puntera es = 46.07 t > Vu = 7.31 t OK

**Verificacion de interfaz puntera - vástago**

Se diseñan la interfaz para la carga vertical última calculada en la puntera.

Vu = 7.31 t

$\phi_{Cortante}$ = 0.85

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

Espesor zapata, $E_F$ = **0.70 m**
Largo del muro, L = **1.00 m**
Área en planta, $A_{cv}$ = 0.70 m²

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como:

$$\phi Vc = \phi \cdot c \cdot A_{cv}$$

Donde:

$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción
c: factor de cohesión.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

**Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa**

Por lo cual,

c = 170 t/m²

La cortante resistente de la puntera es = 101.15 t > Vu = 7.31 t OK

**DISEÑO DE LA LLAVE**

Vu = **13.16 t**
Ancho, b = **0.50 m** $f'c$ = 28 MPa
Profundidad efectiva, d = 0.43 m Fy = 420 MPa

***Revisión a cortante***

Cortante última, Vu = 13.16 t
$\phi_{Cortante}$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma que la resistencia del concreto al corte es:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_V \cdot d_V$$

Ancho resistente a cortante, bv = 0.50 m
Profundida efectiva, dv = 0.425 m
Se toma un valor de β = 2.00 (5.8.3.4.1)

La cortante resistente de la puntera es = 15.87 t > Vu = 13.16 t OK

## ANEXO 3 - BARRERA DE CONCRETO - R6006

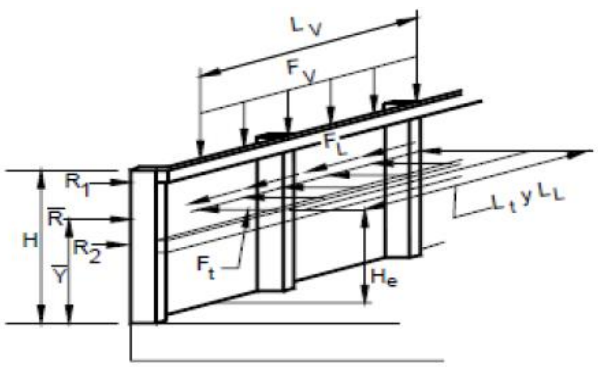
El diseño de las barreras de seguridad se realiza acorde con lo especificado en los artículos 13.7; 13.8 y 13.10 de la CCP-14, se realiza para un (1) metro lineal de barrera.

### MATERIALES

| | |
|---|---|
| $f'c$ = **28 MPa** | Recubrimiento = **0.050 m** |
| Fy = **420 MPa** | $\varphi_{cortante}$ = **0.85** |

### CARGAS DE DISEÑO

Las fuerzas de diseño para la barrera de concreto vehicular son las presentadas en el apéndice A13.2 de la CCP-14, las cuales se esquematizan en la:



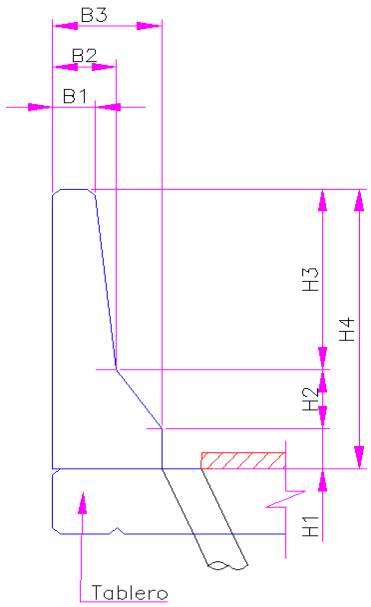

Para definir la fuerza de diseño se deberá determinar el Nivel de ensayo correspondiente:

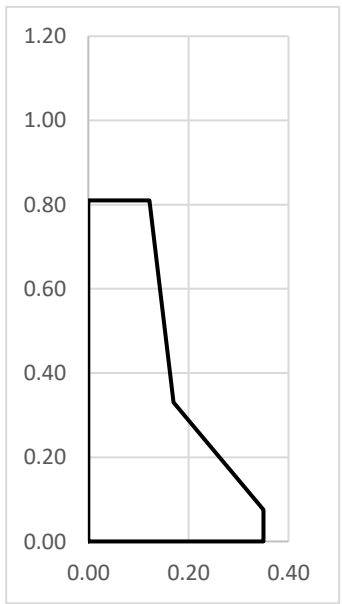
**Zonas de alta velocidad, autovías, autopistas y carreteras interestatales en las cuales el tráfico incluye camiones y vehículos pesados.**

| | | |
|---|---|---|
| Nivel de ensayo = | TL-4 | |
| Fuerza Transversal, Ft = | 24.0 t | |
| Fuerza Longitudinal, FL = | 8.0 t | |
| Fuerza Vertical, Fv = | 8.0 t | |
| Longitud Transversal Lt = | 1.070 m | |
| Longitud Longitudinal $L_L$ = | 1.070 m | |
| Longitud Vertical, Lv = | 5.500 m | |
| Altura de aplicación de carga, He = | 0.810 m | |
| Altura mínima del parapeto, H = | 0.810 m | *(13.7.3.2 CCP-14)* |

### GEOMETRÍA

Se describe la geometría de la barrera propuesta en la :

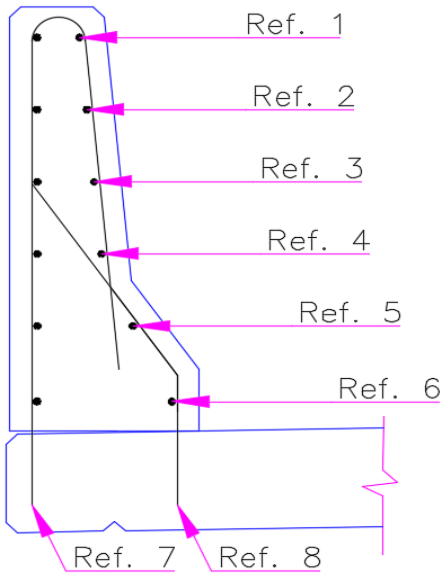



| | | |
|---|---|---|
| H1 = **0.075 m** | B1 = **0.122 m** | B4 = 0.35 m |
| H2 = **0.255 m** | B2 = **0.170 m** | H4 = 0.81 m |
| H3 = **0.480 m** | B3 = **0.350 m** | Verifi. $H_{min}$: OK |

**PROPUESTA DE REFUERZO**

Se describe la configuración de acero propuesto:




**REFUERZO HORIZONTAL**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Capa 1 = | 1 | **N4** | 1.27 cm² |
| Capa 2 = | 0 | **N3** | 0.71 cm² |
| Capa 3 = | 2 | **N4** | 1.27 cm² |
| Capa 4 = | 0 | **N3** | 0.71 cm² |
| Capa 5 = | 2 | **N4** | 1.27 cm² |
| Capa 6 = | 2 | **N4** | 1.27 cm² |

d1 = 0.050 m
d2 = **0.250 m**
d3 = **0.250 m**
d4 = **0.250 m**
$d_{prom}$ = 0.200 m
$A_{s1}$ = 2.54 cm²
$A_{s2}$ = 1.27 cm²
$A_{s3}$ = 0.64 cm²

**REFUERZO VERTICAL**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Ref 7 = | N4 | a | 0.15 m | - | 1.27 cm² |
| Ref 8 = | N4 | a | 0.15 m | - | 1.27 cm² |

| | | |
|---|---|---|
| $h_{prom\ 1}$ = 0.146 m | $d_{5\text{-}1}$ = 9.60 cm | $A_{s5\text{-}1}$ = 8.47 cm² |
| $h_{prom\ 2}$ = 0.260 m | $d_{5\text{-}2}$ = 20.99 cm | $A_{s5\text{-}2}$ = 8.47 cm² |
| $h_{prom\ 3}$ = 0.350 m | $d_{6\text{-}3}$ = 29.99 cm | $A_{s6\text{-}3}$ = 8.47 cm² |

**MOMENTO RESISTENTE CON RESPECTO AL EJE VERTICAL**

La cara a tracción de la barrera es la cara exterior en el instante del impacto del vehículo, así que:

b : Ancho sección
d : Profundidad efectiva
a : Altura bloq. compresión
$M_u$ : Capacidad a flexión

| Momento área A1: | Momento área A2: | Momento área A3: |
|---|---|---|
| b = 0.480 m | b = 0.255 m | b = 0.075 m |
| d = 0.200 m | d = 0.250 m | d = 0.250 m |
| a = 0.93 cm | a = 0.88 cm | a = 1.49 cm |
| $M_{ui}$ = 2.08 t-m | $M_{ui}$ = 1.31 t-m | $M_{ui}$ = 0.67 t-m |

Momento resistente total:

$M_W$ = 4.06 t-m

**MOMENTO RESISTENTE CON RESPECTO AL EJE HORIZONTAL**

Durante el impacto de la rueda del vehículo se producen tracciones en la armadura vertical de la cara interior de la barrera de concreto, así que:

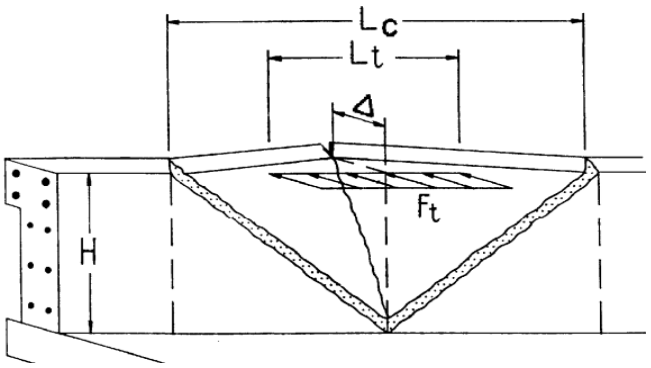
| Momento área A1: | Momento área A2: | Momento área A3: |
|---|---|---|
| b = 1.000 m | b = 1.000 m | b = 1.000 m |
| d = 0.096 m | d = 0.210 m | d = 0.300 m |
| a = 1.49 cm | a = 1.49 cm | a = 1.49 cm |
| $M_{ui}$ = 3.15 t-m | $M_{ui}$ = 7.20 t-m | $M_{ui}$ = 10.40 t-m |

Momento resistente promedio respecto al eje horizontal es:

Mc = 5.09 t-m

**Nota:** se supone que el momento resistente Mc de cada una de las tres áreas es proporcional a la altura de las mismas.

**LONGITUD CRITICA DE LA LÍNEA DE ROTURA**




Según la ecuación A13.3.1-2 de la AASTHO 2012, la longitud critica de la línea de rotura, para fuerzas de colisión dentro del segmento de la barrera, es igual a:

$$L_c = \frac{L_t}{2} + \sqrt{\left(\frac{L_t}{2}\right)^2 + \frac{8HM_w}{M_C}}$$

Lc = 2.87 m

Según la ecuación A13.3.1-1 de la AASTHO 2012, la fuerza transversal Rw que resiste la barrera , para la fuerza de colisión dentro del segmento de la barrera, es igual a:

$$R_w = \left(\frac{2}{2L_c - L_t}\right)\left(8M_w + \frac{M_c L_c^2}{H}\right)$$

Rw = 36.1 t > Vu = 24.0 t OK

**TRANSFERENCIA DE LA FUERZA CORTANTE ENTRE LA BARRERA Y LA LOSA O MURO**

De acuerdo con la ecuación A13.4.2 (AASTHO 2012), la fuerza de tracción es igual a:

$$T = \frac{R_w}{L_c + 2H}$$

T = 8.04 t/m < Vni = 33.0 t OK

**VERIFICACIÓN CORTANTE EN LA UNIÓN BARRERA - LOSA O MURO**

Se revisa la cortante resistente en la base de la barrera, en la cual se genera una interfaz de transferencia de cortante, cortante por fricción:

Acorde con el artículo 5.8.4 de la CCP-147, la resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como la menor entre:

$$V_{ni} = cA_{cv} + \mu\left(A_{vf} f_y + P_c\right) \qquad V_{ni} \le K_1 f_c' A_{cv} \qquad V_{ni} \le K_2 A_{cv}$$

Donde:

$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción

$A_{vf}$: área de refuerzo a cortante de interfaz que cruza el plano de corte.

c: factor de cohesión.

μ: factor de fricción

Pc: Fuerza permanente neta a compresión perpendicular al plano de corte.

K1: fracción de la resistencia del concreto disponible para resistir la cortante de interfaz

K2: resistencia limitante a cortante de interfaz

De manera conservadora se desprecia la fuerza de compresión perpendicular al plano de corte y se considera que la transferencia se da en:

Concreto de densidad normal vaciado en una superficie lisa

Por lo cual,

$c = 50\ t/m^2$

$\mu = 0.60$

$K_1 = 0.20$

$K_2 = 550\ t/m^2$

Según lo dispuesto en el numeral 5.8.4.4 de la CCP-14, el área mínima de refuerzo a cortante en la interfaz es de:

$$A_{vf} \geq \frac{0.35 A_{cv}}{f_y}$$

Cortante resistente, **$V_{ni}$ = 33.0 t** > Vu = 24.0 t — OK

Considerando los artículos 5.8.4.1-4 ó 5.8.4.1-5 de la CCP-14:

$Vni \leq 196.0\ t/m$
$Vni \leq 192.5\ t/m$ — OK

El área mínima de refuerzo a cortante en la interfaz:

$A_{vf} > 2.92\ cm^2/m$ — OK

**LONGITUD DE ANCLAJE DEL REFUERZO EN LA LOSA O MURO**

De acuerdo con el articulo 5.11.2.4.2 de la CCP-14, la longitud básica de anclaje para barras terminadas en gancho es:

Ganchos a 90° con recubrimientos mayores a 50mm

$L_{hb} = 168$ mm — $L_{hb}$ a usar = **200 mm**

Verificaciones adicionales = 152 mm — OK

## ANEXO 4 - DISEÑO DE ALCANTARILLA CAJÓN K23+926

El diseño de la estructural se realiza para un 1.00 m. de alcantarilla.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| f'c Paredes y losa sup. = | **28 MPa** | $\rho_{Concreto}$ = | **2.40 t/m³** | rec. ext = | **0.075 m** |
| losa inf. f'c = | **28 MPa** | $\rho_{Pavimento}$ = | **2.25 t/m³** | rec. int = | **0.050 m** |
| fy = | **420 MPa** | $\rho_{Agua}$ = | **1.00 t/m³** | rec. losa inferior | **0.100 m** |

### PROPIEDADES DEL SUELO

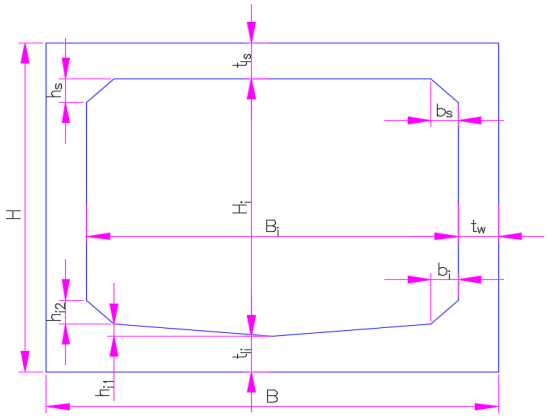
| | | |
|---|---|---|
| Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = | **30 °** | |
| Inclinación del talud, $\beta$ = | **0 °** | |
| Densidad del suelo, $\gamma_S$ = | **2.00 t/m³** | |
| Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = | **50.00 t/m²** | |
| Coef. en reposo, $k_o$ = | 0.50 | |
| Coef. activo, $k_a$ = | 0.33 | (RANKINE) |
| Coef. pasivo, $k_p$ = | 3.00 | |

### GEOMETRÍA

Los espesores de las losas y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

| | |
|---|---|
| Ancho interno, $B_i$ = | **3.00 m** |
| Altura interna, $H_i$ = | **3.00 m** |
| Espesor paredes, $t_w$ = | **0.35 m** |
| Espesor losa superior, $t_{ls}$ = | **0.35 m** |
| Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = | **0.40 m** |
| Altura chaflán losa superior, $h_s$ = | **0.20 m** |
| Ancho chaflán losa superior, $b_s$ = | **0.20 m** |
| Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = | **0.03 m** |
| Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = | **0.00 m** |
| Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = | **0.00 m** |
| Altura total, H = | 3.75 m |
| Ancho total, B = | 3.70 m |




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Carpeta de rodadura | DW |
| 3 | Peso del lleno | EV |
| 4 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 5 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 6 | Presión de agua | WA |
| 7 | Carga viva vehicular | LL |

8 Amplificación dinámica de la carga viva IM

**Nota: Según el artículo 3.10.1 de la CCP 14, no es necesario considerar el efecto símico para alcantarillas cajón.**

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales de la alcantarilla, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa superior = 3.11 t
Carga losa inferior = 3.71 t
Peso paredes = 5.09 t

CARPETA DE RODADURA (DW)

Se toma la densidad del pavimento bituminoso de la tabla 3.5.1-1 de la CCP 14, de 2.25 t/m3

El espesor de la carpeta de rodadura se toma como 0.05 m. más 0.025 m futuros.

Espesor carpeta de rodadura = **0.075 m**
Carga carpeta rodadura, DW = 0.169 t/m

PESO DEL LLENO (EV)

El peso del lleno se calcula con base al contenido del artículo 12.11.2.2 de la CCP 14.

Instalación de la alcantarilla = **Bajo terraplén** (Figura 12.11.2.2.1-1)
¿Relleno compactado? = **Sí**
Profundidad del lleno, $H_{LL}$ = **2.60 m**
Factor ISE, Fe = 1.141
Carga vertical del suelo, EV = 5.93 t/m

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Debido a que la estructura se encuentra completamente enterrada y el suelo en contacto con las paredes no presenta deformaciones de expansión ni compresión, se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral en reposo, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP 14.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 6.35 t/m
Presión constante, EH = 2.60 t/m

SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

La altura equivalente de la sobrecarga por carga viva se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.6.4 de la CCP 14.

Altura equivalente, heq = 0.60 m (Tabla 3.11.6.4-1)
LS = 0.60 t/m

PRESIÓN DE AGUA (WA)

La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior, por lo cual se diseña para los resultados más desfavorables al analizar dos condiciones de carga: 1) La alcantarilla llena de agua, y 2) La alcantarilla vacía.

Altura columna de agua, hw = **3.00 m**
Peso columna de agua, $WA_v$ = 3.00 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 3.00 t/m

**Distribución de Carga de Rueda**

La carga de rueda se considera uniformemente distribuida sobre un área rectangular $A_{ll}$, tal como se detalla en la sección 3.6.1.2.6 de la CCP 14 ya que la altura de lleno es 2.60 m ≥ a 0.60 m.

Dirección tráfico vehicular = **Perpendicular a la luz** **CC14** (Caso 3)
Tramo libre alcantarilla, Di = 3.00 m
Fact. Distrib. carga viva, LLDF = **1.15** (Tabla 3.6.1.2.6a-1)
Distancia entre ruedas, Sw = 1.800 m
Ancho del parche de rueda, $W_t$ = 0.508 m
Longitud del parche de rueda, $l_t$ = 0.254 m
Distancia entre ejes, Sa = 4.30 m
Prof. Interac. rueda/ejes, Hint-t = 3.36 m
Ancho parche de carga viva, Ww = 3.42 m
Prof. Interac. rueda/ejes, Hint-p = 1.12 m (Superposición de la proyección de carga)
Longitud parche de carga viva, lw = 5.30 m

Área distribución de carga viva, $A_{ll}$ = 18.14035 m²

El tráfico es paralelo a la luz de la alcantarilla y la profundidad del lleno es mayor 0.60 m, por tanto se analiza el efecto más desfavorable causado por la rueda del vehículo de diseño descrito en el artículo 3.6.1.2.2 para una carga móvil distibuida en la losa superior distribuida en una longitud lw, para un (1) carril de diseño.

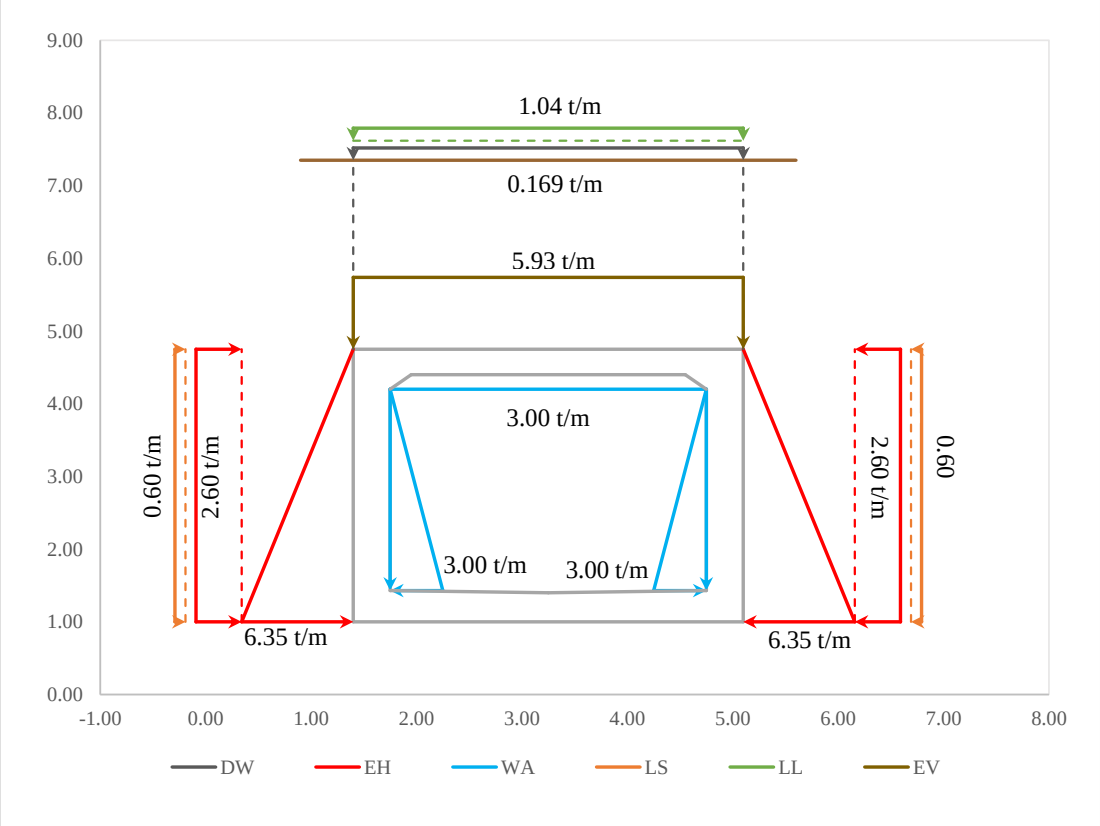
Fact. de presencia múltiple, m = **1.20**
Amplificación dinámica, IM = -2.18% (3.6.2.2)

$$P = Po \cdot (1+IM) \cdot m / A_{ll}$$

Carga de rueda del Eje 1 = 0.65 t/m² (CC14 Delantero)
Carga de rueda del Eje 2 = 1.04 t/m² (CC14 Trasero)
Carga de rueda del Eje 3 = 1.04 t/m² (CC14 Trasero)

El efecto de la carga viva se evalúa para una carga distribuida de 1.04 t/m en una longitud L = 3.70m.

Se presenta en la _ _ la geometría y las solicitaciones que actúan en la alcantarilla de cajón.




Los estados límites analizados para el diseño de la alcantarilla, según el artículo 3.4.1 son presentados en la _ _:

| Estado Límite | DC, DW, EH, EV | LL, IM, LS | WA |
|---|---|---|---|
| **Resistencia I** | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 |
| **Servicio I** | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para el factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | DW | 1.50 | 0.65 |
| | EH | 1.35 | 0.90 |
| | EV | 1.30 | 0.90 |

Para el modelo estructural de la alcantarilla de cajón se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE DEFORMACIONES**

Se obtienen las deflexiones del modelo considerando la inercia efectiva segun lo dispuesto en el articulo

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^3\right) I_{cr} \leq I_g \qquad M_{cr} = \frac{f_y I_g}{y}$$

$y_t$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Inercia bruta de la sección, Ig = | 0.004 m⁴ | Ec= | 25098 MPa |
| Momento de fisuración, Mcr = | 6.83 t-m | Es= | 200000 MPa |
| Momento maximo, Ma = | 8.57 t-m | η = | 7.97 |
| Acero en compresión, As' = | 6.35 cm² | | |
| d' = | 0.081 m | | |
| Acero en tensión, As = | 12.70 cm² | | |
| d = | 0.294 m | | |
| eje neutro de la sección, c = | 0.059 m | | |
| Inercia agrietada de la sección, Icr = | 0.001 m⁴ | | |
| Inercia efectiva de la sección, Ie = | 0.002 m⁴ | | |
| Relacion inercias, Ie/Ig = | 0.59 | | |

La deflexión en la losa superior se verifica para el efecto de la carga viva, de acuerdo con el contenido del artículo 2.5.2.6.2 de la CCP 14.

Max. Deflexión permitida, $\delta_{max}$ = 4.625 mm
Deflexión carga viva, δ = 0.120 mm OK

Se presenta en la _ _ la deformación por carga viva en la losa superior.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación de la alcantarilla sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de resistencia.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| **Esfuerzo** | **23.42 t/m²** | **34.85 t/m²** |

La presión que la alcantarilla le transmite al suelo debido a sus cargas gravitacionales es de:

$\sigma_{max}$ = 34.85 t/m² ≤ σadm = 50.00 t/m² OK

**DISEÑO LOSA SUPERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa superior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural y presentadas en la _ _

$Mu^-$ = **4.41 t-m**
$Mu^+$ = **8.57 t-m**
Vu = **16.24 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^-$)

$Mu^-$ = 4.41 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.269 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00167 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.020 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 5.87 t-m | |
| Momento seleccionado = | **5.87 t-m** | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00219 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00219**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 5.89 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.22 m | Resistencia a flexión = | 6.31 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 8.57 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor losa, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.056 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.294 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00272 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 11.40 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 8.04 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00252 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00272**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 7.99 cm² | As dispuesto = | 12.70 cm² |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.24 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.64 cm |
| Separación calculada = | 0.16 m | Resistencia a flexión = | 13.56 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **3.20 t-m** | | **5.82 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.275 m | | 0.300 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.081 m | | 0.056 m | |
| $d_t$ = | 0.269 m | | 0.294 m | |
| $\beta_s$ = | 1.43 | | 1.27 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.047 m | | 0.068 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.25 m | | 0.271 m | |
| *fss* = | 199 MPa | | 168 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.27 m | | 0.46 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.10 m** | OK |

REFUERZO DE DISTRIBUCIÓN

Según 12.11.2.1 y 9.7.3.2 el porcentaje de refuerzo requerido en la parte inferior de la losa, en su dirección secundaria, se calcula como:

$$\frac{1750}{\sqrt{S}} \leq 50\%$$

Longitud efectiva, S = 2.60 m

Para este caso %Dist = 110.7 %, como es mayor al máximo permitido entonces se elige %Dist = 50.0 %.

$As_{Distr}$ = 0.343 · 7.99 cm² = 2.74 cm²

Usando barras N4 Se requiere una separación de: 0.46 m

Se selecciona una separación para el refuerzo de distribución = **0.24 m** OK

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.31 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | OK |

As dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 16.24 t

$\phi_v$ = **0.85** (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa superior es = 23.22 t > Vu = 16.24 t OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural son presentadas en la _ _

$Mu^-$ = **4.20 t-m**
$Mu^+$ = **11.21 t-m**
Vu = **17.52 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 11.21 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.400 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.108 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.292 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00359 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.027 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 10.50 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 14.91 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 10.50 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00336 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00359**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 10.49 cm² | As dispuesto = | 19.80 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 3.49 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 4.11 cm |
| Separación calculada = | 0.19 m | Resistencia a flexión = | 20.55 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^-$)

$Mu^-$ = 4.20 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.400 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.319 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00111 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.027 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 10.50 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 5.59 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 5.59 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00147 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00147**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 4.70 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.27 m | Resistencia a flexión = | 7.51 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **7.65 t-m** | | **3.03 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.100 m | | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.300 m | | 0.325 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.106 m | | 0.081 m | |
| $d_t$ = | 0.294 m | | 0.319 m | |
| $\beta_s$ = | 1.52 | | 1.36 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.082 m | | 0.052 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.27 m | | 0.301 m | |
| *fss* = | 145 MPa | | 158 MPa | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $S_{máx}$ = | 0.21 m | | 0.27 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.55 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.55 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.50 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.55 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 17.52 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa inferior es = 29.64 t > Vu = 17.52 t OK

**DISEÑO PAREDES**

Las solicitaciones de diseño son presentadas en la _ _

| | |
|---|---|
| $Mu^-$ = | **5.56 t-m** |
| $Mu^+$ = | **5.56 t-m** |
| Vu = | **11.43 t** |

REFUERZO CARA EXTERIOR ($Mu^-$)

$Mu^-$ = 5.56 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.083 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.267 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00213 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 7.39 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 7.39 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00281 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00281**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 7.51 cm² | As dispuesto = | 9.95 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.76 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.07 cm |
| Separación calculada = | 0.26 m | Resistencia a flexión = | 9.71 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INTERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 5.56 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.058 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.292 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00178 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 7.39 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 7.39 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00234 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00234**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 6.84 cm² | As dispuesto = | 9.90 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.75 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.06 cm |
| Separación calculada = | 0.29 m | Resistencia a flexión = | 10.60 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REVISIÓN DE AGRIETAMIENTO

| | **CARA EXTERIOR** | **CARA INTERIOR** |
|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **4.08 t-m** | **4.08 t-m** |
| Recubrimiento = | 0.075 m | 0.050 m |
| Profundidad efectiva, d = | 0.275 m | 0.300 m |
| Barra usada = | N5 | N5 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.083 m | | 0.058 m | |
| $d_t$ = | 0.267 m | | 0.292 m | |
| $\beta_s$ = | 1.44 | | 1.28 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.058 m | | 0.060 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.25 m | | 0.272 m | |
| *fss* = | 165 MPa | | 151 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.22 m | | 0.36 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.31 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 11.43 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por la pared es = 21.81 t > Vu = 11.43 t OK

**DISEÑO DEL CABEZOTE**

GEOMETRÍA

| | |
|---|---|
| Altura del elemento, H = | **0.45 m** |
| Espesor del elemento, B = | **0.30 m** |

SOLICITACIONES DE DISEÑO

El elemento estructural se encuentra sometido al empuje horizontal de suelo y a la sobrecarga por carga viva, las cuales se presentan a continuación:

**Empuje Horizontal de Suelo (EH)**

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.07 t | ← | 0.15 m | 0.010 t-m |

**Sobrecarga por Carga Viva (LS)**

Altura de sobrecarga = **0.60 m** (3.11.6.4)

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.18 t | ← | 0.23 m | 0.04 t-m |

Las cargas de diseño se obtienen de la combinación de carga 1.50 EH + 1.75 LS, tanto para el diseño a flexión como para el chequeo de cortante.

Momento de diseño, Mu = 0.09 t-m
Cortante de diseño, Vu = 0.42 t

DISEÑO A FLEXIÓN

Mu = 0.09 t-m

Ancho diseño cabezote, b = 1.000 m
Espesor cabezote, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.219 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00007
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.015 m³
Mcr = 5.91 t-m
$1.33M_{Diseño}$ = 0.11 t-m
M elegido = 5.91 t-m
Cuantía Fisuración $\rho_r$ = 0.00337
**Cuantía seleccionada ρ = 0.00337**

$\gamma_1$ = 1.6
$\gamma_2$ = -
$\gamma_3$ = 0.75

As calculado = 7.36 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.17 m
**Separación seleccionada = 0.15 m**

As dispuesto = 8.47 cm²
Prof. Bl. de compresión, a = 1.49 cm
Prof. Eje neutro, c = 1.76 cm
Resistencia a flexión = 6.76 t-m
*VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

As requerido = 2.34 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.54 m
Separación máxima = 0.45 m
**Separación seleccionada = 0.30 m**

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 0.42 t
$\phi_v$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por el cabezote es = 16.33 t > Vu = 0.42 t OK

**VERIFICACIÓN DE LLAVE A CORTANTE**

Dt = 11.43 t
$\varphi_{SF}$ = 0.85
Vu = 11.4 t

$f'c$ = 28 MPa
Fy = 420 MPa

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como la menor entre:

$$V_{ni} = cA_{cv} + \mu\left(A_{vf} f_y + P_c\right) \qquad V_{ni} \le K_1 f'_c A_{cv} \qquad V_{ni} \le K_2 A_{cv}$$

Donde:
$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción
$A_{vf}$: área de refuerzo a cortante de interfaz que cruza el plano de corte.
c: factor de cohesión.
μ: factor de fricción
Pc: Fuerza permanente neta a compresión perpendicular al plano de corte.
$K_1$: fracción de la resistencia del concreto disponible para resistir la cortante de interfaz
$K_2$: resistencia limitante a cortante de interfaz.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa

Por lo cual,

c = 170 t/m²
μ = 1.0
$K_1$ = 0.25
$K_2$ = 1000 t/m²

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

Ancho de llave, $b_{vi}$ = 0.35 m
Largo de llave, $L_{vi}$ = 1.00 m
Área en planta, $A_{cv}$ = 0.35 m²

**Refuerzo en el plano de corte**

El área de acero requerida para soportar la fuerza cortante en la interfaz se calcula como:

$$A_{vf} = \frac{V_{ni} - c \cdot A_{cv}}{\mu \cdot f_y}$$

Considerar concreto? NO
Área de acero req = 3.20 cm²

Según lo dispuesto en el numeral 5.8.4.4 de la CCP-14, el área de refuerzo transversal en la interfaz de cortante viene dado por la expresión:

$$A_{vf} \geq \frac{0.35 A_{cv}}{f_y}$$

Área de acero mínimo = 2.92 cm²
Área de acero selecc. = 3.20 cm²

Barra a usar = N5
Área de la barra = 1.98 cm²
**Separación seleccionada =** 0.20 m
Área de refuerzo, $A_{vf}$ = 9.95 cm²

**Resistencia al corte de la interfaz de transferencia - cortante por fricción**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Vn_1$ = | 35.5 t | | |
| $Vn_2$ = | 208.3 t | | |
| $Vn_3$ = | 297.5 t | | |
| **Vn =** | **35.5 t** | > Vu = 11.4 t | OK |

## ANEXO 5 – DISEÑO DE ALCANTARILLAS DE CAJÓN K24+981

El diseño de la estructural se realiza para un 1.00 m. de alcantarilla.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| f'c Paredes y losa sup. = | **28 MPa** | $\rho_{Concreto}$ = | **2.40 t/m³** | rec. ext = | **0.075 m** |
| losa inf. f'c = | **28 MPa** | $\rho_{Pavimento}$ = | **2.25 t/m³** | rec. int = | **0.050 m** |
| fy = | **420 MPa** | $\rho_{Agua}$ = | **1.00 t/m³** | rec. losa inferior | **0.100 m** |

### PROPIEDADES DEL SUELO

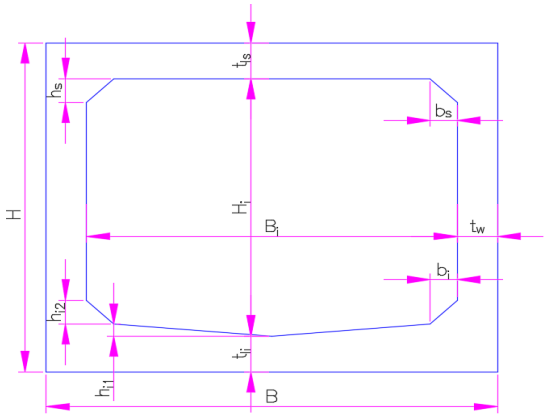
| | | |
|---|---|---|
| Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = | **30 °** | |
| Inclinación del talud, $\beta$ = | **0 °** | |
| Densidad del suelo, $\gamma_S$ = | **2.00 t/m³** | |
| Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = | **50.00 t/m²** | |
| Coef. en reposo, $k_o$ = | 0.50 | |
| Coef. activo, $k_a$ = | 0.33 | (RANKINE) |
| Coef. pasivo, $k_p$ = | 3.00 | |

### GEOMETRÍA

Los espesores de las losas y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

| | |
|---|---|
| Ancho interno, $B_i$ = | **5.00 m** |
| Altura interna, $H_i$ = | **3.00 m** |
| Espesor paredes, $t_w$ = | **0.40 m** |
| Espesor losa superior, $t_{ls}$ = | **0.40 m** |
| Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = | **0.45 m** |
| Altura chaflán losa superior, $h_s$ = | **0.45 m** |
| Ancho chaflán losa superior, $b_s$ = | **0.45 m** |
| Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = | **0.05 m** |
| Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = | **0.00 m** |
| Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = | **0.00 m** |
| Altura total, H = | 3.85 m |
| Ancho total, B = | 5.80 m |




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Carpeta de rodadura | DW |
| 3 | Peso del lleno | EV |
| 4 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 5 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 6 | Presión de agua | WA |
| 7 | Carga viva vehicular | LL |

8 Amplificación dinámica de la carga viva IM

**Nota: Según el artículo 3.10.1 de la CCP 14, no es necesario considerar el efecto símico para alcantarillas cajón.**

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales de la alcantarilla, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa superior = 5.57 t
Carga losa inferior = 6.66 t
Peso paredes = 6.15 t

CARPETA DE RODADURA (DW)

Se toma la densidad del pavimento bituminoso de la tabla 3.5.1-1 de la CCP 14, de 2.25 t/m3

El espesor de la carpeta de rodadura se toma como 0.05 m. más 0.025 m futuros.

Espesor carpeta de rodadura = **0.075 m**
Carga carpeta rodadura, DW = 0.169 t/m

PESO DEL LLENO (EV)

El peso del lleno se calcula con base al contenido del artículo 12.11.2.2 de la CCP 14.

Instalación de la alcantarilla = **Bajo terraplén** (Figura 12.11.2.2.1-1)
¿Relleno compactado? = **Sí**
Profundidad del lleno, $H_{LL}$ = **1.70 m**
Factor ISE, Fe = 1.059
Carga vertical del suelo, EV = 3.60 t/m

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Debido a que la estructura se encuentra completamente enterrada y el suelo en contacto con las paredes no presenta deformaciones de expansión ni compresión, se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral en reposo, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP 14.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 5.55 t/m
Presión constante, EH = 1.70 t/m

SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

La altura equivalente de la sobrecarga por carga viva se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.6.4 de la CCP 14.

Altura equivalente, heq = 0.66 m (Tabla 3.11.6.4-1)
LS = 0.66 t/m

PRESIÓN DE AGUA (WA)

La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior, por lo cual se diseña para los resultados más desfavorables al analizar dos condiciones de carga: 1) La alcantarilla llena de agua, y 2) La alcantarilla vacía.

Altura columna de agua, hw = **3.00 m**
Peso columna de agua, $WA_v$ = 3.00 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 3.00 t/m

**Distribución de Carga de Rueda**

La carga de rueda se considera uniformemente distribuida sobre un área rectangular $A_{ll}$, tal como se detalla en la sección 3.6.1.2.6 de la CCP 14 ya que la altura de lleno es 1.70 m ≥ a 0.60 m.

Dirección tráfico vehicular = **Perpendicular a la luz** **CC14** (Caso 3)
Tramo libre alcantarilla, Di = 5.00 m
Fact. Distrib. carga viva, LLDF = **1.15** (Tabla 3.6.1.2.6a-1)
Distancia entre ruedas, Sw = 1.800 m
Ancho del parche de rueda, $W_t$ = 0.508 m
Longitud del parche de rueda, $l_t$ = 0.254 m
Distancia entre ejes, Sa = 4.30 m
Prof. Interac. rueda/ejes, Hint-t = 3.26 m
Ancho parche de carga viva, Ww = 2.51 m
Prof. Interac. rueda/ejes, Hint-p = 1.12 m (Superposición de la proyección de carga)
Longitud parche de carga viva, lw = 4.26 m

Área distribución de carga viva, $A_{ll}$ = 10.69587 m²

**Carga Viva Vehicular (LL)**

El tráfico es paralelo a la luz de la alcantarilla y la profundidad del lleno es mayor 0.60 m, por tanto se analiza el efecto más desfavorable causado por la rueda del vehículo de diseño descrito en el artículo 3.6.1.2.2 para una carga móvil distibuida en la losa superior distribuida en una longitud lw, para un (1) carril de diseño.

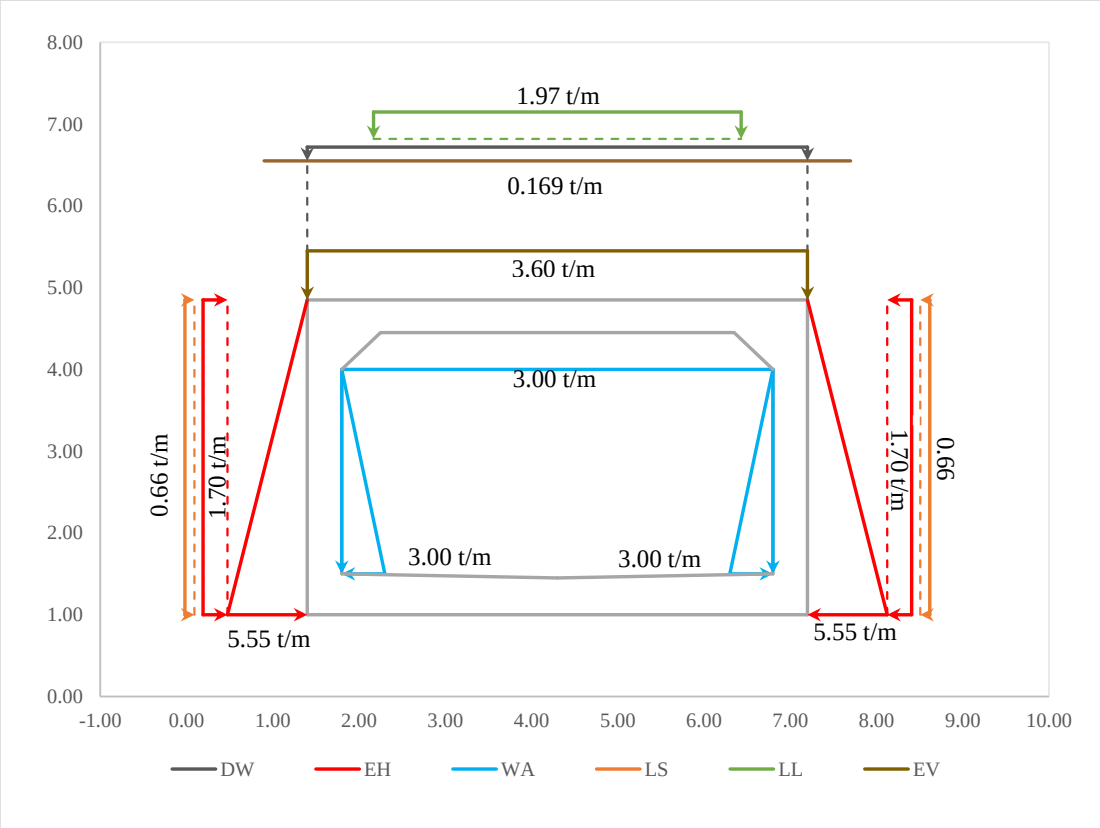
Fact. de presencia múltiple, m = **1.20**
Amplificación dinámica, IM = 10.00% (3.6.2.2)

$$P = Po\cdot(1+IM)\cdot m/A_{ll}$$

Carga de rueda del Eje 1 = 1.23 t/m² (CC14 Delantero)
Carga de rueda del Eje 2 = 1.97 t/m² (CC14 Trasero)
Carga de rueda del Eje 3 = 1.97 t/m² (CC14 Trasero)

El efecto de la carga viva se evalúa para una carga distribuida de 1.97 t/m en una longitud L = 4.26m.

Se presenta en la _ _ la geometría y las solicitaciones que actúan en la alcantarilla de cajón.




Los estados límites analizados para el diseño de la alcantarilla, según el artículo 3.4.1 son presentados en la _ _:

| Estado Límite | DC, DW, EH, EV | LL, IM, LS | WA |
|---|---|---|---|
| **Resistencia I** | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 |
| **Servicio I** | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para el factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | DW | 1.50 | 0.65 |
| | EH | 1.35 | 0.90 |
| | EV | 1.30 | 0.90 |

Para el modelo estructural de la alcantarilla de cajón se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE DEFORMACIONES**

Se obtienen las deflexiones del modelo considerando la inercia efectiva segun lo dispuesto en el articulo

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^3\right) I_{cr} \leq I_g \qquad M_{cr} = \frac{f_y I_g}{\quad}$$

$y_t$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Inercia bruta de la sección, Ig = | 0.005 m⁴ | Ec= | 25098 MPa |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.92 t-m | Es= | 200000 MPa |
| Momento maximo, Ma = | 20.06 t-m | η = | 7.97 |
| Acero en compresión, As' = | 9.90 cm² | | |
| d' = | 0.083 m | | |
| Acero en tensión, As = | 19.80 cm² | | |
| d = | 0.342 m | | |
| eje neutro de la sección, c = | 0.078 m | | |
| Inercia agrietada de la sección, Icr = | 0.001 m⁴ | | |
| Inercia efectiva de la sección, Ie = | 0.002 m⁴ | | |
| Relacion inercias, Ie/Ig = | 0.30 | | |

La deflexión en la losa superior se verifica para el efecto de la carga viva, de acuerdo con el contenido del artículo 2.5.2.6.2 de la CCP 14.

Max. Deflexión permitida, $\delta_{max}$ = 7.250 mm
Deflexión carga viva, δ = 0.770 mm OK

Se presenta en la _ _ la deformación por carga viva en la losa superior.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación de la alcantarilla sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de resistencia.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| **Esfuerzo** | **16.97 t/m²** | **24.51 t/m²** |

La presión que la alcantarilla le transmite al suelo debido a sus cargas gravitacionales es de:

$\sigma_{max}$ = 24.51 t/m² ≤ σadm = 50.00 t/m² OK

**DISEÑO LOSA SUPERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa superior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural y presentadas en la _ _

$Mu^-$ = **10.23 t-m**
$Mu^+$ = **20.06 t-m**
Vu = **22.70 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^-$)

$Mu^-$ = 10.23 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.400 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.083 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.317 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00279 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.027 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 10.50 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 13.61 t-m | |
| Momento seleccionado = | **10.50 t-m** | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00283 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00283**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 8.99 cm² | As dispuesto = | 9.90 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.75 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.06 cm |
| Separación calculada = | 0.22 m | Resistencia a flexión = | 11.54 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 20.06 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor losa, h = | 0.400 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.058 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.342 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00476 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.027 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 10.50 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 26.68 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 10.50 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00243 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00476**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 16.28 cm² | As dispuesto = | 19.80 cm² |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 3.49 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 4.11 cm |
| Separación calculada = | 0.12 m | Resistencia a flexión = | 24.29 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **7.15 t-m** | | **13.74 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.325 m | | 0.350 m | |
| Barra usada = | N5 | | N5 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.083 m | | 0.058 m | |
| $d_t$ = | 0.317 m | | 0.342 m | |
| $\beta_s$ = | 1.37 | | 1.24 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.063 m | | 0.089 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.30 m | | 0.312 m | |
| *fss* = | 243 MPa | | 221 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.20 m | | 0.33 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.10 m** | OK |

REFUERZO DE DISTRIBUCIÓN

Según 12.11.2.1 y 9.7.3.2 el porcentaje de refuerzo requerido en la parte inferior de la losa, en su dirección secundaria, se calcula como:

$$\frac{1750}{\sqrt{S}} \leq 50\%$$

Longitud efectiva, S = 4.10 m

Para este caso %Dist = 114 %, como es mayor al máximo permitido entonces se elige %Dist = 50.0 %.

$As_{Distr}$ = 0.273 · 16.28 cm² = 4.45 cm²

Usando barras N4 Se requiere una separación de: 0.29 m

Se selecciona una separación para el refuerzo de distribución = **0.24 m** OK

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.55 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.55 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.50 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | OK |

As dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 2.55 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 22.70 t

$\phi_v$ = **0.85** (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa superior es = 27.28 t > Vu = 22.70 t OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural son presentadas en la _ _

$Mu^-$ = **8.22 t-m**

$Mu^+$ = **23.87 t-m**

Vu = **24.02 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 23.87 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.450 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.110 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.340 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00574 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.034 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 13.29 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 31.75 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 13.29 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00312 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00574**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 19.54 cm² | As dispuesto = | 28.40 cm² |
| Barra a usar = | N6 | Prof. Bl. de compresión, a = | 5.01 cm |
| Área de la barra = | 2.84 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 5.90 cm |
| Separación calculada = | 0.15 m | Resistencia a flexión = | 33.86 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^-$)

$Mu^-$ = 8.22 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.450 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.083 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.367 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00164 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.034 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 13.29 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 10.93 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 10.93 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00219 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00219**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 8.04 cm² | As dispuesto = | 9.90 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.75 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.06 cm |
| Separación calculada = | 0.25 m | Resistencia a flexión = | 13.41 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **16.77 t-m** | | **5.99 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.100 m | | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.350 m | | 0.375 m | |
| Barra usada = | N5 | | N5 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.108 m | | 0.083 m | |
| $d_t$ = | 0.342 m | | 0.367 m | |
| $\beta_s$ = | 1.45 | | 1.32 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.104 m | | 0.069 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.31 m | | 0.344 m | |
| *fss* = | 191 MPa | | 175 MPa | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $S_{máx}$ = | 0.12 m | | 0.23 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.77 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.77 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.46 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.77 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 24.02 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa inferior es = 36.08 t > Vu = 24.02 t OK

**DISEÑO PAREDES**

Las solicitaciones de diseño son presentadas en la _ _

| | |
|---|---|
| $Mu^-$ = | **13.03 t-m** |
| $Mu^+$ = | **13.03 t-m** |
| Vu = | **9.31 t** |

REFUERZO CARA EXTERIOR ($Mu^-$)

$Mu^-$ = 13.03 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.400 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.319 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00353 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.027 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 10.50 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 17.33 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 10.50 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00280 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00353**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 11.25 cm² | As dispuesto = | 12.70 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.24 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.64 cm |
| Separación calculada = | 0.11 m | Resistencia a flexión = | 14.76 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INTERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 13.03 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.400 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.056 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.344 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00303 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.027 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 10.50 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 17.33 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 10.50 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00240 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00303**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 10.40 cm² | As dispuesto = | 12.70 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.24 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.64 cm |
| Separación calculada = | 0.12 m | Resistencia a flexión = | 15.96 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REVISIÓN DE AGRIETAMIENTO

| | **CARA EXTERIOR** | **CARA INTERIOR** |
|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **9.14 t-m** | **9.14 t-m** |
| Recubrimiento = | 0.075 m | 0.050 m |
| Profundidad efectiva, d = | 0.325 m | 0.350 m |
| Barra usada = | N4 | N4 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.081 m | | 0.056 m | |
| $d_t$ = | 0.319 m | | 0.344 m | |
| $\beta_s$ = | 1.36 | | 1.23 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.071 m | | 0.074 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.30 m | | 0.319 m | |
| *fss* = | 243 MPa | | 225 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.12 m | | 0.22 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | OK | **0.10 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.55 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 2.55 cm² | | |
| Barra a usar = | N4 | | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | | |
| Separación calculada = | 0.50 m | | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) | |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK | |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.55 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 9.31 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por la pared es = 25.66 t > Vu = 9.31 t OK

**DISEÑO DEL CABEZOTE**

GEOMETRÍA

| | |
|---|---|
| Altura del elemento, H = | **0.95 m** |
| Espesor del elemento, B = | **0.30 m** |

SOLICITACIONES DE DISEÑO

El elemento estructural se encuentra sometido al empuje horizontal de suelo y a la sobrecarga por carga viva, las cuales se presentan a continuación:

**Empuje Horizontal de Suelo (EH)**

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.30 t | ← | 0.32 m | 0.095 t-m |

**Sobrecarga por Carga Viva (LS)**

Altura de sobrecarga = **0.66 m** (3.11.6.4)

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.42 t | ← | 0.48 m | 0.20 t-m |

Las cargas de diseño se obtienen de la combinación de carga 1.50 EH + 1.75 LS, tanto para el diseño a flexión como para el chequeo de cortante.

Momento de diseño, Mu = 0.49 t-m
Cortante de diseño, Vu = 1.18 t

DISEÑO A FLEXIÓN

Mu = 0.49 t-m

Ancho diseño cabezote, b = 1.000 m
Espesor cabezote, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.219 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00030
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.015 m³
Mcr = 5.91 t-m
$1.33M_{Diseño}$ = 0.65 t-m
M elegido = 5.91 t-m
Cuantía Fisuración $\rho_r$ = 0.00337
**Cuantía seleccionada ρ = 0.00337**

$\gamma_1$ = 1.6
$\gamma_2$ = -
$\gamma_3$ = 0.75

As calculado = 7.36 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.17 m
**Separación seleccionada = 0.15 m**

As dispuesto = 8.47 cm²
Prof. Bl. de compresión, a = 1.49 cm
Prof. Eje neutro, c = 1.76 cm
Resistencia a flexión = 6.76 t-m
*VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

As requerido = 2.34 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.54 m
Separación máxima = 0.45 m
**Separación seleccionada = 0.30 m**

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 1.18 t
$\phi_v$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por el cabezote es = 16.33 t > Vu = 1.18 t OK

**VERIFICACIÓN DE LLAVE A CORTANTE**

Dt = 9.31 t
$\varphi_{SF}$ = 0.85
Vu = 9.3 t

$f'c$ = 28 MPa
Fy = 420 MPa

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como la menor entre:

$$V_{ni} = cA_{cv} + \mu\left(A_{vf} f_y + P_c\right) \qquad V_{ni} \le K_1 f'_c A_{cv} \qquad V_{ni} \le K_2 A_{cv}$$

Donde:
$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción
$A_{vf}$: área de refuerzo a cortante de interfaz que cruza el plano de corte.
c: factor de cohesión.
μ: factor de fricción
Pc: Fuerza permanente neta a compresión perpendicular al plano de corte.
$K_1$: fracción de la resistencia del concreto disponible para resistir la cortante de interfaz
$K_2$: resistencia limitante a cortante de interfaz.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa

Por lo cual,

c = 170 t/m²
μ = 1.0
$K_1$ = 0.25
$K_2$ = 1000 t/m²

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

Ancho de llave, $b_{vi}$ = 0.40 m
Largo de llave, $L_{vi}$ = 1.00 m
Área en planta, $A_{cv}$ = 0.40 m²

**Refuerzo en el plano de corte**

El área de acero requerida para soportar la fuerza cortante en la interfaz se calcula como:

$$A_{vf} = \frac{V_{ni} - c \cdot A_{cv}}{\mu \cdot f_y}$$

Considerar concreto? NO
Área de acero req = 2.61 cm²

Según lo dispuesto en el numeral 5.8.4.4 de la CCP-14, el área de refuerzo transversal en la interfaz de cortante viene dado por la expresión:

$$A_{vf} \geq \frac{0.35 A_{cv}}{f_y}$$

Área de acero mínimo = 3.33 cm²
Área de acero selecc. = 3.33 cm²

Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
**Separación seleccionada =** 0.10 m
Área de refuerzo, $A_{vf}$ = 12.70 cm²

**Resistencia al corte de la interfaz de transferencia - cortante por fricción**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Vn_1$ = | 45.3 t | | |
| $Vn_2$ = | 238.0 t | | |
| $Vn_3$ = | 340.0 t | | |
| **Vn =** | **45.3 t** | > Vu = 9.3 t | OK |

## ANEXO 6 - DISEÑO DE ALCANTARILLA CAJÓN K27+049

El diseño de la estructural se realiza para un 1.00 m. de alcantarilla.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| f'c Paredes y losa sup. = | **28 MPa** | $\rho_{Concreto}$ = | **2.40 t/m³** | rec. ext = | **0.075 m** |
| losa inf. f'c = | **28 MPa** | $\rho_{Pavimento}$ = | **2.25 t/m³** | rec. int = | **0.050 m** |
| fy = | **420 MPa** | $\rho_{Agua}$ = | **1.00 t/m³** | rec. losa inferior | **0.100 m** |

### PROPIEDADES DEL SUELO

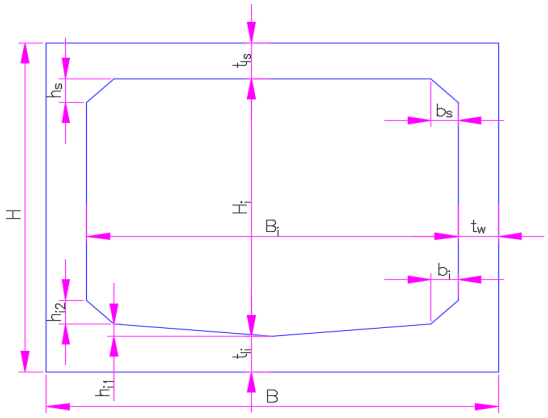
| | | |
|---|---|---|
| Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = | **30 °** | |
| Inclinación del talud, $\beta$ = | **0 °** | |
| Densidad del suelo, $\gamma_S$ = | **2.00 t/m³** | |
| Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = | **50.00 t/m²** | |
| Coef. en reposo, $k_o$ = | 0.50 | |
| Coef. activo, $k_a$ = | 0.33 | (RANKINE) |
| Coef. pasivo, $k_p$ = | 3.00 | |

### GEOMETRÍA

Los espesores de las losas y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

| | |
|---|---|
| Ancho interno, $B_i$ = | **2.00 m** |
| Altura interna, $H_i$ = | **2.00 m** |
| Espesor paredes, $t_w$ = | **0.30 m** |
| Espesor losa superior, $t_{ls}$ = | **0.30 m** |
| Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = | **0.35 m** |
| Altura chaflán losa superior, $h_s$ = | **0.20 m** |
| Ancho chaflán losa superior, $b_s$ = | **0.20 m** |
| Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = | **0.02 m** |
| Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = | **0.00 m** |
| Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = | **0.00 m** |
| Altura total, H = | 2.65 m |
| Ancho total, B = | 2.60 m |




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Carpeta de rodadura | DW |
| 3 | Peso del lleno | EV |
| 4 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 5 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 6 | Presión de agua | WA |
| 7 | Carga viva vehicular | LL |

8 Amplificación dinámica de la carga viva IM

**Nota: Según el artículo 3.10.1 de la CCP 14, no es necesario considerar el efecto símico para alcantarillas cajón.**

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales de la alcantarilla, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa superior = 1.87 t
Carga losa inferior = 2.26 t
Peso paredes = 2.95 t

CARPETA DE RODADURA (DW)

Se toma la densidad del pavimento bituminoso de la tabla 3.5.1-1 de la CCP 14, de 2.25 t/m3

El espesor de la carpeta de rodadura se toma como 0.05 m. más 0.025 m futuros.

Espesor carpeta de rodadura = **0.075 m**
Carga carpeta rodadura, DW = 0.169 t/m

PESO DEL LLENO (EV)

El peso del lleno se calcula con base al contenido del artículo 12.11.2.2 de la CCP 14.

Instalación de la alcantarilla = **Bajo terraplén** (Figura 12.11.2.2.1-1)
¿Relleno compactado? = **Sí**
Profundidad del lleno, $H_{LL}$ = **6.50 m**
Factor ISE, Fe = 1.150
Carga vertical del suelo, EV = 14.95 t/m

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Debido a que la estructura se encuentra completamente enterrada y el suelo en contacto con las paredes no presenta deformaciones de expansión ni compresión, se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral en reposo, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP 14.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 9.15 t/m
Presión constante, EH = 6.50 t/m

SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

No es necesario considerar los efectos de la sobrecarga por carga viva ya que la carga viva vehicular no tiene incidencia sobre la estructura según el contenido del artículo 3.6.1.2.6a.

PRESIÓN DE AGUA (WA)

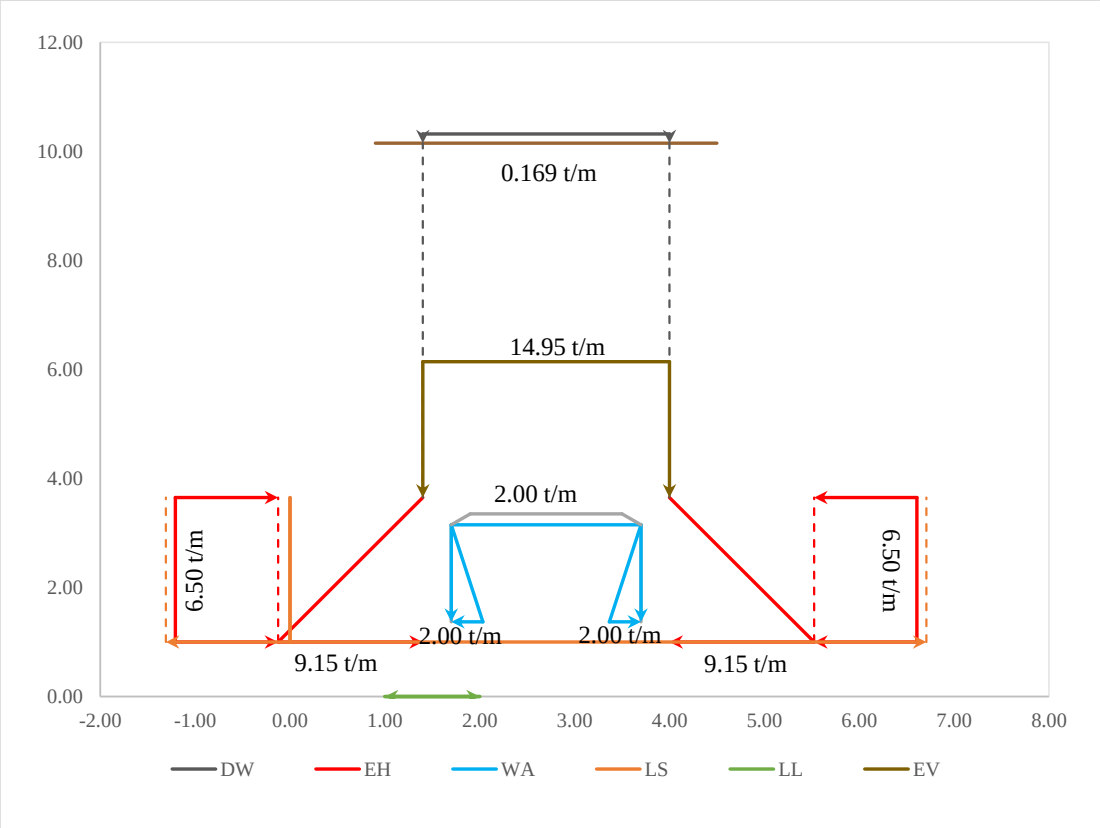
La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior, por lo cual se diseña para los resultados más desfavorables al analizar dos condiciones de carga: 1) La alcantarilla llena de agua, y 2) La alcantarilla vacía.

Altura columna de agua, hw = **2.00 m**
Peso columna de agua, $WA_v$ = 2.00 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 2.00 t/m

**Distribución de Carga de Rueda**

Según el artículo 3.6.1.2.6a los efectos de la carga viva no se tienen en cuenta ya que la profundidad del lleno excede los 2.438 m y el ancho de la sección

Se presenta en la _ _ la geometría y las solicitaciones que actúan en la alcantarilla de cajón.




Los estados límites analizados para el diseño de la alcantarilla, según el artículo 3.4.1 son presentados en la _ _:

| Estado Límite | DC, DW, EH, EV | LL, IM, LS | WA |
|---|---|---|---|
| **Resistencia I** | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 |
| **Servicio I** | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para el factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | DW | 1.50 | 0.65 |
| | EH | 1.35 | 0.90 |
| | EV | 1.30 | 0.90 |

Para el modelo estructural de la alcantarilla de cajón se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE DEFORMACIONES**

Se obtienen las deflexiones del modelo considerando la inercia efectiva segun lo dispuesto en el articulo

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right) I_{cr} \leq I_g \qquad M_{cr} = \frac{f_y I_g}{y}$$

$y_t$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Inercia bruta de la sección, Ig = | 0.002 m⁴ | Ec= | 25098 MPa |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.02 t-m | Es= | 200000 MPa |
| Momento maximo, Ma = | 8.19 t-m | η = | 7.97 |
| Acero en compresión, As' = | 6.35 cm² | | |
| d' = | 0.081 m | | |
| Acero en tensión, As = | 12.70 cm² | | |
| d = | 0.244 m | | |
| eje neutro de la sección, c = | 0.052 m | | |
| Inercia agrietada de la sección, Icr = | 0.000 m⁴ | | |
| Inercia efectiva de la sección, Ie = | 0.001 m⁴ | | |
| Relacion inercias, Ie/Ig = | 0.37 | | |

La deflexión en la losa superior se verifica para el efecto de la carga viva, de acuerdo con el contenido del artículo 2.5.2.6.2 de la CCP 14.

Max. Deflexión permitida, $\delta_{max}$ = 3.250 mm
Deflexión carga viva, δ = 0.000 mm OK

Se presenta en la _ _ la deformación por carga viva en la losa superior.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación de la alcantarilla sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de resistencia.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| **Esfuerzo** | **19.38 t/m²** | **24.63 t/m²** |

La presión que la alcantarilla le transmite al suelo debido a sus cargas gravitacionales es de:

$\sigma_{max}$ = 24.63 t/m² ≤ σadm = 50.00 t/m² OK

**DISEÑO LOSA SUPERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa superior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural y presentadas en la _ _

$Mu^-$ = **2.74 t-m**
$Mu^+$ = **8.19 t-m**
Vu = **19.15 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^-$)

$Mu^-$ = 2.74 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.219 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00156 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.015 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 3.64 t-m | |
| Momento seleccionado = | **3.64 t-m** | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00205 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00205**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 4.49 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.28 m | Resistencia a flexión = | 5.11 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 8.19 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.056 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.244 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00380 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 10.89 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 5.91 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00270 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00380**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 9.26 cm² | As dispuesto = | 12.70 cm² |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.24 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.64 cm |
| Separación calculada = | 0.14 m | Resistencia a flexión = | 11.16 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **2.06 t-m** | | **5.88 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.225 m | | 0.250 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.081 m | | 0.056 m | |
| $d_t$ = | 0.219 m | | 0.244 m | |
| $\beta_s$ = | 1.53 | | 1.33 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.042 m | | 0.061 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.20 m | | 0.223 m | |
| *fss* = | 158 MPa | | 207 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.35 m | | 0.33 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.10 m** | OK |

REFUERZO LONGITUDINAL CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = **4.10 t-m**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.069 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.231 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00210 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 5.45 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 5.45 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00277 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00277**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 6.40 cm² | As dispuesto = | 5.29 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 0.93 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.10 cm |
| Separación calculada = | 0.20 m | Resistencia a flexión = | 4.53 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO DE DISTRIBUCIÓN

Según 12.11.2.1 y 9.7.3.2 el porcentaje de refuerzo requerido en la parte inferior de la losa, en su dirección secundaria, se calcula como:

$$\frac{1750}{\sqrt{S}} \leq 50\%$$

Longitud efectiva, S = 1.60 m

Para este caso %Dist = 113 %, como es mayor al máximo permitido entonces se elige %Dist = 50.0 %.

$As_{Distr}$ = 0.438 · 9.26 cm² = 4.06 cm²

Usando barras N4 Se requiere una separación de: 0.31 m

Se selecciona una separación para el refuerzo de distribución = **0.24 m** OK

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | OK |

As dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 19.15 t

$\phi_v$ = **0.85** (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa superior es = 19.23 t > Vu = 19.15 t OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural son presentadas en la _ _

$Mu^- =$ **2.09 t-m**
$Mu^+ =$ **10.00 t-m**
$Vu =$ **19.62 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ =$ 10.00 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.108 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.242 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00471 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 13.30 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 8.04 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00375 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00471**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 11.40 cm² | As dispuesto = | 19.80 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 3.49 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 4.11 cm |
| Separación calculada = | 0.17 m | Resistencia a flexión = | 16.81 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- =$ 2.09 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.269 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00077 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 2.78 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 2.78 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00103 | | |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00103** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 2.76 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.46 m | Resistencia a flexión = | 6.31 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | CARA SUPERIOR | | CARA INFERIOR | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **7.12 t-m** | | **1.40 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.100 m | | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.250 m | | 0.275 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.106 m | | 0.081 m | |
| $d_t$ = | 0.244 m | | 0.269 m | |
| $\beta_s$ = | 1.62 | | 1.43 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.073 m | | 0.047 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.22 m | | 0.253 m | |
| *fss* = | 163 MPa | | 87 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.13 m | | 0.58 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.31 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 19.62 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa inferior es = 24.84 t > Vu = 19.62 t OK

**DISEÑO PAREDES**

Las solicitaciones de diseño son presentadas en la _ _

$Mu^- =$ **4.25 t-m**
$Mu^+ =$ **4.25 t-m**
$Vu =$ **10.60 t**

REFUERZO CARA EXTERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- =$ 4.25 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.083 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.217 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00247 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 5.65 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 5.65 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00327 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00327**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 7.09 cm² | As dispuesto = | 10.15 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.79 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.11 cm |
| Separación calculada = | 0.28 m | Resistencia a flexión = | 7.99 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INTERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ =$ 4.25 t-m

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa |
| Espesor de pared, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa |
| Recubrimiento = | 0.058 m | fy = | 420 MPa |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Profundidad efectiva, d = | 0.242 m | | $\phi_f$ = 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00198 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 5.65 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 5.65 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00261 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00261**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 6.32 cm² | As dispuesto = | 9.95 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.76 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.07 cm |
| Separación calculada = | 0.31 m | Resistencia a flexión = | 8.77 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REVISIÓN DE AGRIETAMIENTO

| | **CARA EXTERIOR** | | **CARA INTERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **3.26 t-m** | | **3.26 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.225 m | | 0.250 m | |
| Barra usada = | N5 | | N5 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.083 m | | 0.058 m | |
| $d_t$ = | 0.217 m | | 0.242 m | |
| $\beta_s$ = | 1.55 | | 1.34 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.052 m | | 0.055 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.20 m | | 0.224 m | |
| *fss* = | 160 MPa | | 146 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.21 m | | 0.36 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | | |
| Barra a usar = | N4 | | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | | |
| Separación calculada = | 0.54 m | | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) | |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK | |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 10.60 t
$\phi_v$ = 0.85 (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por la pared es = 18.07 t > Vu = 10.60 t OK

**DISEÑO DEL CABEZOTE**

GEOMETRÍA

Altura del elemento, H = **2.40 m**
Espesor del elemento, B = **0.30 m**

SOLICITACIONES DE DISEÑO

El elemento estructural se encuentra sometido al empuje horizontal de suelo y a la sobrecarga por carga viva, las cuales se presentan a continuación:

**Empuje Horizontal de Suelo (EH)**

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 1.92 t | ← | 0.80 m | 1.536 t-m |

**Sobrecarga por Carga Viva (LS)**

Altura de sobrecarga = **0.60 m** (3.11.6.4)

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.96 t | ← | 1.20 m | 1.15 t-m |

Las cargas de diseño se obtienen de la combinación de carga 1.50 EH + 1.75 LS, tanto para el diseño a flexión como para el chequeo de cortante.

Momento de diseño, Mu = 4.32 t-m
Cortante de diseño, Vu = 4.56 t

DISEÑO A FLEXIÓN

Mu = 4.32 t-m

Ancho diseño cabezote, b = 1.000 m
Espesor cabezote, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.219 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00247
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.015 m³ — $\gamma_1$ = 1.6
Mcr = 5.91 t-m — $\gamma_2$ = -
$1.33M_{Diseño}$ = 5.75 t-m — $\gamma_3$ = 0.75
M elegido = 5.91 t-m
Cuantía Fisuración $\rho_r$ = 0.00337
**Cuantía seleccionada ρ = 0.00337**

As calculado = 7.36 cm² — As dispuesto = 8.47 cm²
Barra a usar = N4 — Prof. Bl. de compresión, a = 1.49 cm
Área de la barra = 1.27 cm² — Prof. Eje neutro, c = 1.76 cm
Separación calculada = 0.17 m — Resistencia a flexión = 6.76 t-m
**Separación seleccionada = 0.15 m** — *VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

As requerido = 2.34 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.54 m
Separación máxima = 0.45 m
**Separación seleccionada = 0.30 m**

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 4.56 t
$\phi_v$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por el cabezote es = 16.33 t > Vu = 4.56 t OK

**VERIFICACIÓN DE LLAVE A CORTANTE**

Dt = 10.60 t — *f'c* = 28 MPa
$\varphi_{SF}$ = 0.85 — Fy = 420 MPa
Vu = 10.6 t

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como la menor entre:

$$V_{ni} = cA_{cv} + \mu\left(A_{vf} f_y + P_c\right) \qquad V_{ni} \le K_1 f_c' A_{cv} \qquad V_{ni} \le K_2 A_{cv}$$

Donde:

$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción

$A_{vf}$: área de refuerzo a cortante de interfaz que cruza el plano de corte.

c: factor de cohesión.

μ: factor de fricción

Pc: Fuerza permanente neta a compresión perpendicular al plano de corte.

$K_1$: fracción de la resistencia del concreto disponible para resistir la cortante de interfaz

$K_2$: resistencia limitante a cortante de interfaz.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa

Por lo cual,

c = 170 t/m²
μ = 1.0
$K_1$ = 0.25
$K_2$ = 1000 t/m²

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

Ancho de llave, $b_{vi}$ = 0.30 m
Largo de llave, $L_{vi}$ = 1.00 m
Área en planta, $A_{cv}$ = 0.30 m²

**Refuerzo en el plano de corte**

El área de acero requerida para soportar la fuerza cortante en la interfaz se calcula como:

$$A_{vf} = \frac{V_{ni} - c \cdot A_{cv}}{\mu \cdot f_y}$$

Considerar concreto? NO
Área de acero req = 2.97 cm²

Según lo dispuesto en el numeral 5.8.4.4 de la CCP-14, el área de refuerzo transversal en la interfaz de cortante viene dado por la expresión:

$$A_{vf} \ge \frac{0.35 A_{cv}}{f_y}$$

Área de acero mínimo = 2.50 cm²
Área de acero selecc. = 2.97 cm²

Barra a usar = N5
Área de la barra = 1.98 cm²
**Separación seleccionada =** 0.20 m
Área de refuerzo, $A_{vf}$ = 10.15 cm²

**Resistencia al corte de la interfaz de transferencia - cortante por fricción**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Vn_1$ = | 36.2 t | | |
| $Vn_2$ = | 178.5 t | | |
| $Vn_3$ = | 255.0 t | | |
| **Vn =** | **36.2 t** | > Vu = 10.6 t | OK |

## ANEXO 7 - DISEÑO DE ALCANTARILLA CAJÓN K28+627

El diseño de la estructural se realiza para un 1.00 m. de alcantarilla.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| f'c Paredes y losa sup. = | **28 MPa** | $\rho_{Concreto}$ = | **2.40 t/m³** | rec. ext = | **0.075 m** |
| losa inf. f'c = | **28 MPa** | $\rho_{Pavimento}$ = | **2.25 t/m³** | rec. int = | **0.050 m** |
| fy = | **420 MPa** | $\rho_{Agua}$ = | **1.00 t/m³** | rec. losa inferior | **0.100 m** |

### PROPIEDADES DEL SUELO

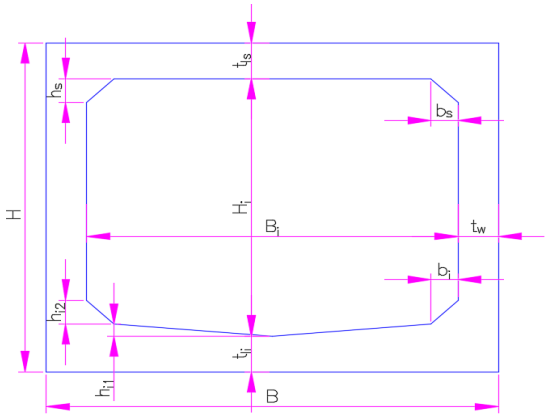
| | | |
|---|---|---|
| Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = | **30 °** | |
| Inclinación del talud, $\beta$ = | **0 °** | |
| Densidad del suelo, $\gamma_S$ = | **2.00 t/m³** | |
| Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = | **50.00 t/m²** | |
| Coef. en reposo, $k_o$ = | 0.50 | |
| Coef. activo, $k_a$ = | 0.33 | (RANKINE) |
| Coef. pasivo, $k_p$ = | 3.00 | |

### GEOMETRÍA

Los espesores de las losas y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

| | |
|---|---|
| Ancho interno, $B_i$ = | **2.20 m** |
| Altura interna, $H_i$ = | **2.00 m** |
| Espesor paredes, $t_w$ = | **0.30 m** |
| Espesor losa superior, $t_{ls}$ = | **0.30 m** |
| Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = | **0.35 m** |
| Altura chaflán losa superior, $h_s$ = | **0.20 m** |
| Ancho chaflán losa superior, $b_s$ = | **0.20 m** |
| Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = | **0.02 m** |
| Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = | **0.00 m** |
| Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = | **0.00 m** |
| Altura total, H = | 2.65 m |
| Ancho total, B = | 2.80 m |




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Carpeta de rodadura | DW |
| 3 | Peso del lleno | EV |
| 4 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 5 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 6 | Presión de agua | WA |
| 7 | Carga viva vehicular | LL |

8 Amplificación dinámica de la carga viva IM

**Nota: Según el artículo 3.10.1 de la CCP 14, no es necesario considerar el efecto símico para alcantarillas cajón.**

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales de la alcantarilla, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa superior = 2.02 t
Carga losa inferior = 2.44 t
Peso paredes = 2.94 t

CARPETA DE RODADURA (DW)

Se toma la densidad del pavimento bituminoso de la tabla 3.5.1-1 de la CCP 14, de 2.25 t/m3

El espesor de la carpeta de rodadura se toma como 0.05 m. más 0.025 m futuros.

Espesor carpeta de rodadura = **0.075 m**
Carga carpeta rodadura, DW = 0.169 t/m

PESO DEL LLENO (EV)

El peso del lleno se calcula con base al contenido del artículo 12.11.2.2 de la CCP 14.

Instalación de la alcantarilla = **Bajo terraplén** (Figura 12.11.2.2.1-1)
¿Relleno compactado? = **Sí**
Profundidad del lleno, $H_{LL}$ = **6.50 m**
Factor ISE, Fe = 1.150
Carga vertical del suelo, EV = 14.95 t/m

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Debido a que la estructura se encuentra completamente enterrada y el suelo en contacto con las paredes no presenta deformaciones de expansión ni compresión, se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral en reposo, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP 14.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 9.15 t/m
Presión constante, EH = 6.50 t/m

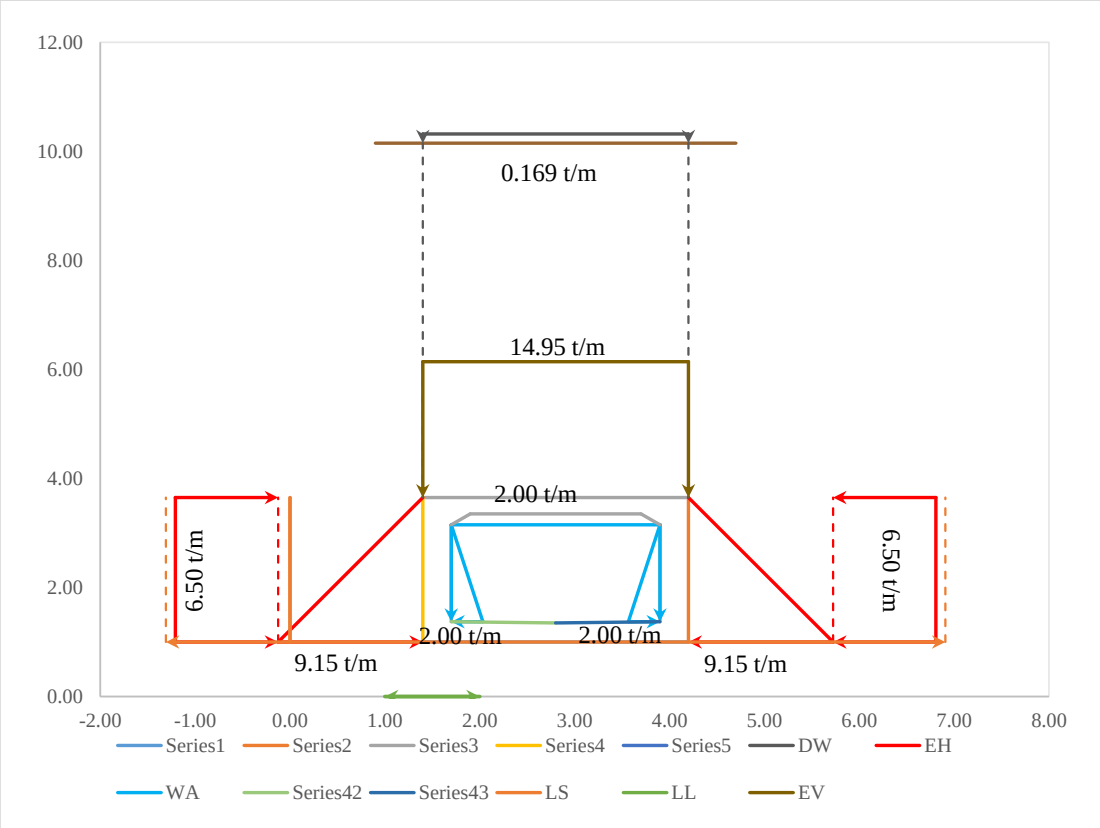
SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

No es necesario considerar los efectos de la sobrecarga por carga viva ya que la carga viva vehicular no tiene incidencia sobre la estructura según el contenido del artículo 3.6.1.2.6a.

PRESIÓN DE AGUA (WA)

La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior, por lo cual se diseña para los resultados más desfavorables al analizar dos condiciones de carga: 1) La alcantarilla llena de agua, y 2) La alcantarilla vacía.

Altura columna de agua, hw = **2.00 m**
Peso columna de agua, $WA_v$ = 2.00 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 2.00 t/m




Los estados límites analizados para el diseño de la alcantarilla, según el artículo 3.4.1 son presentados en la _ _:

| Estado Límite | DC, DW, EH, EV | LL, IM, LS | WA |
|---|---|---|---|
| **Resistencia I** | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 |
| **Servicio I** | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para el factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | DW | 1.50 | 0.65 |
| | EH | 1.35 | 0.90 |
| | EV | 1.30 | 0.90 |

Para el modelo estructural de la alcantarilla de cajón se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE DEFORMACIONES**

Se obtienen las deflexiones del modelo considerando la inercia efectiva segun lo dispuesto en el articulo

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M}\right)^3\right) I_{cr} \leq I_g \qquad M_{cr} = \frac{f_y I_g}{}$$

$y_t$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Inercia bruta de la sección, Ig = | 0.002 m⁴ | Ec= | 25098 MPa |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.02 t-m | Es= | 200000 MPa |
| Momento maximo, Ma = | 8.19 t-m | η = | 7.97 |
| Acero en compresión, As' = | 6.35 cm² | | |
| d' = | 0.081 m | | |
| Acero en tensión, As = | 12.70 cm² | | |
| d = | 0.244 m | | |
| eje neutro de la sección, c = | 0.052 m | | |
| Inercia agrietada de la sección, Icr = | 0.000 m⁴ | | |
| Inercia efectiva de la sección, Ie = | 0.001 m⁴ | | |
| Relacion inercias, Ie/Ig = | 0.37 | | |

La deflexión en la losa superior se verifica para el efecto de la carga viva, de acuerdo con el contenido del artículo 2.5.2.6.2 de la CCP 14.

Max. Deflexión permitida, $\delta_{max}$ = 3.500 mm
Deflexión carga viva, δ = 0.000 mm OK

Se presenta en la _ _ la deformación por carga viva en la losa superior.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación de la alcantarilla sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de resistencia.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| **Esfuerzo** | **19.33 t/m²** | **24.56 t/m²** |

La presión que la alcantarilla le transmite al suelo debido a sus cargas gravitacionales es de:

$\sigma_{max}$ = 24.56 t/m² ≤ σadm = 50.00 t/m² OK

**DISEÑO LOSA SUPERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa superior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural y presentadas en la _ _

$Mu^-$ = **2.74 t-m**
$Mu^+$ = **8.19 t-m**
Vu = **19.15 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^-$)

$Mu^-$ = 2.74 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.219 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00156 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.015 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 3.64 t-m | |
| Momento seleccionado = | **3.64 t-m** | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00205 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00205**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 4.49 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.28 m | Resistencia a flexión = | 5.11 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 8.19 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.056 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.244 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00380 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 10.89 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 5.91 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00270 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00380**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 9.26 cm² | As dispuesto = | 12.70 cm² |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.24 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.64 cm |
| Separación calculada = | 0.14 m | Resistencia a flexión = | 11.16 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **2.06 t-m** | | **5.88 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.225 m | | 0.250 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.081 m | | 0.056 m | |
| $d_t$ = | 0.219 m | | 0.244 m | |
| $\beta_s$ = | 1.53 | | 1.33 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.042 m | | 0.061 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.20 m | | 0.223 m | |
| *fss* = | 158 MPa | | 207 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.35 m | | 0.33 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.10 m** | OK |

REFUERZO LONGITUDINAL CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = **4.10 t-m**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.069 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.231 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00210 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 5.45 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 5.45 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00277 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00277**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 6.40 cm² | As dispuesto = | 5.29 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 0.93 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.10 cm |
| Separación calculada = | 0.20 m | Resistencia a flexión = | 4.53 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO DE DISTRIBUCIÓN

Según 12.11.2.1 y 9.7.3.2 el porcentaje de refuerzo requerido en la parte inferior de la losa, en su dirección secundaria, se calcula como:

$$\frac{1750}{\sqrt{S}} \leq 50\%$$

Longitud efectiva, S = 1.80 m

Para este caso %Dist = 113 %, como es mayor al máximo permitido entonces se elige %Dist = 50.0 %.

$As_{Distr}$ = 0.412 · 9.26 cm² = 3.82 cm²

Usando barras N4 Se requiere una separación de: 0.33 m

Se selecciona una separación para el refuerzo de distribución = **0.24 m** OK

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | OK |

As dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 19.15 t

$\phi_v$ = **0.85** (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa superior es = 19.23 t > Vu = 19.15 t OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural son presentadas en la _ _

$Mu^- =$ **2.09 t-m**
$Mu^+ =$ **10.00 t-m**
$Vu =$ **19.62 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ =$ 10.00 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.108 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.242 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00471 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 13.30 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 8.04 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00375 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00471**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 11.40 cm² | As dispuesto = | 19.80 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 3.49 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 4.11 cm |
| Separación calculada = | 0.17 m | Resistencia a flexión = | 16.81 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- =$ 2.09 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.269 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00077 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 2.78 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 2.78 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00103 | | |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00103** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 2.76 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.46 m | Resistencia a flexión = | 6.31 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | CARA SUPERIOR | | CARA INFERIOR | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **7.12 t-m** | | **1.40 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.100 m | | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.250 m | | 0.275 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.106 m | | 0.081 m | |
| $d_t$ = | 0.244 m | | 0.269 m | |
| $\beta_s$ = | 1.62 | | 1.43 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.073 m | | 0.047 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.22 m | | 0.253 m | |
| *fss* = | 163 MPa | | 87 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.13 m | | 0.58 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.31 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 19.62 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa inferior es = 25.00 t > Vu = 19.62 t OK

**DISEÑO PAREDES**

$Mu^- =$ **4.25 t-m**
$Mu^+ =$ **4.25 t-m**
Vu = **10.60 t**

REFUERZO CARA EXTERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- =$ 4.25 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.083 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.217 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00247 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 5.65 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 5.65 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00327 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00327**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 7.09 cm² | As dispuesto = | 10.15 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.79 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.11 cm |
| Separación calculada = | 0.28 m | Resistencia a flexión = | 7.99 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INTERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ =$ 4.25 t-m

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa |
| Espesor de pared, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa |
| Recubrimiento = | 0.058 m | fy = | 420 MPa |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Profundidad efectiva, d = | 0.242 m | | $\phi_f$ = 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00198 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 5.65 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 5.65 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00261 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00261**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| As calculado = | 6.32 cm² | As dispuesto = | 9.95 cm² | |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.76 cm | |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.07 cm | |
| Separación calculada = | 0.31 m | Resistencia a flexión = | 8.77 t-m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE | |

REVISIÓN DE AGRIETAMIENTO

| | **CARA EXTERIOR** | | **CARA INTERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **3.26 t-m** | | **3.26 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.225 m | | 0.250 m | |
| Barra usada = | N5 | | N5 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.083 m | | 0.058 m | |
| $d_t$ = | 0.217 m | | 0.242 m | |
| $\beta_s$ = | 1.55 | | 1.34 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.052 m | | 0.055 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.20 m | | 0.224 m | |
| *fss* = | 160 MPa | | 146 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.21 m | | 0.36 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | | |
| Barra a usar = | N4 | | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | | |
| Separación calculada = | 0.54 m | | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) | |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK | |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 10.60 t
$\phi_v$ = 0.85 (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por la pared es = 18.07 t > Vu = 10.60 t OK

**DISEÑO DEL CABEZOTE**

GEOMETRÍA

Altura del elemento, H = **1.35 m**
Espesor del elemento, B = **0.30 m**

SOLICITACIONES DE DISEÑO

El elemento estructural se encuentra sometido al empuje horizontal de suelo y a la sobrecarga por carga viva, las cuales se presentan a continuación:

**Empuje Horizontal de Suelo (EH)**

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.61 t | ← | 0.45 m | 0.273 t-m |

**Sobrecarga por Carga Viva (LS)**

Altura de sobrecarga = **0.60 m** (3.11.6.4)

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.54 t | ← | 0.68 m | 0.36 t-m |

Las cargas de diseño se obtienen de la combinación de carga 1.50 EH + 1.75 LS, tanto para el diseño a flexión como para el chequeo de cortante.

Momento de diseño, Mu = 1.05 t-m
Cortante de diseño, Vu = 1.86 t

DISEÑO A FLEXIÓN

Mu = 1.05 t-m

Ancho diseño cabezote, b = 1.000 m
Espesor cabezote, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.219 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90

| | |
|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00061 |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 |

($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 1.39 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| M elegido = | 5.91 t-m | | |
| Cuantía Fisuración $\rho_r$ = | 0.00337 | | |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00337** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 7.36 cm² | As dispuesto = | 8.47 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.49 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.76 cm |
| Separación calculada = | 0.17 m | Resistencia a flexión = | 6.76 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.15 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | |
|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² |
| Barra a usar = | N4 |
| Área de la barra = | 1.27 cm² |
| Separación calculada = | 0.54 m |
| Separación máxima = | 0.45 m |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | |
|---|---|
| Cortante última, Vu = | 1.86 t |
| $\phi_v$ = | 0.85 |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por el cabezote es = 16.33 t > Vu = 1.86 t OK

**VERIFICACIÓN DE LLAVE A CORTANTE**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dt = | 10.60 t | *f'c* = | 28 MPa |
| $\varphi_{SF}$ = | 0.85 | Fy = | 420 MPa |
| Vu = | 10.6 t | | |

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como la menor entre:

$$V_{ni} = cA_{cv} + \mu\left(A_{vf} f_y + P_c\right) \qquad V_{ni} \le K_1 f_c' A_{cv} \qquad V_{ni} \le K_2 A_{cv}$$

Donde:
$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción
$A_{vf}$: área de refuerzo a cortante de interfaz que cruza el plano de corte.
c: factor de cohesión.
μ: factor de fricción
Pc: Fuerza permanente neta a compresión perpendicular al plano de corte.
$K_1$: fracción de la resistencia del concreto disponible para resistir la cortante de interfaz
$K_2$: resistencia limitante a cortante de interfaz.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa

Por lo cual,

c = 170 t/m²
μ = 1.0
$K_1$ = 0.25
$K_2$ = 1000 t/m²

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

Ancho de llave, $b_{vi}$ = 0.30 m
Largo de llave, $L_{vi}$ = 1.00 m
Área en planta, $A_{cv}$ = 0.30 m²

**Refuerzo en el plano de corte**

El área de acero requerida para soportar la fuerza cortante en la interfaz se calcula como:

$$A_{vf} = \frac{V_{ni} - c \cdot A_{cv}}{\mu \cdot f_y}$$

Considerar concreto? NO
Área de acero req = 2.97 cm²

Según lo dispuesto en el numeral 5.8.4.4 de la CCP-14, el área de refuerzo transversal en la interfaz de cortante viene dado por la expresión:

$$A_{vf} \ge \frac{0.35 A_{cv}}{f_y}$$

Área de acero mínimo = 2.50 cm²
Área de acero selecc. = 2.97 cm²

Barra a usar = N5
Área de la barra = 1.98 cm²
**Separación seleccionada =** 0.20 m
Área de refuerzo, $A_{vf}$ = 10.15 cm²

**Resistencia al corte de la interfaz de transferencia - cortante por fricción**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Vn_1$ = | 36.2 t | | |
| $Vn_2$ = | 178.5 t | | |
| $Vn_3$ = | 255.0 t | | |
| **Vn =** | **36.2 t** | > Vu = 10.6 t | OK |

## ANEXO 8 - DISEÑO DE ALCANTARILLA CAJÓN K25+571

El diseño de la estructural se realiza para un 1.00 m. de alcantarilla.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| f'c Paredes y losa sup. = | **28 MPa** | $\rho_{Concreto}$ = | **2.40 t/m³** | rec. ext = | **0.075 m** |
| losa inf. f'c = | **28 MPa** | $\rho_{Pavimento}$ = | **2.25 t/m³** | rec. int = | **0.050 m** |
| fy = | **420 MPa** | $\rho_{Agua}$ = | **1.00 t/m³** | rec. losa inferior = | **0.100 m** |

### PROPIEDADES DEL SUELO

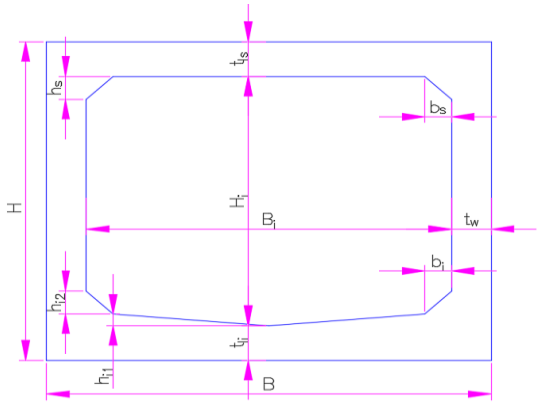
| | | |
|---|---|---|
| Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = | **30 °** | |
| Inclinación del talud, $\beta$ = | **0 °** | |
| Densidad del suelo, $\gamma_S$ = | **2.00 t/m³** | |
| Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = | **50.00 t/m²** | |
| Coef. en reposo, $k_o$ = | 0.50 | |
| Coef. activo, $k_a$ = | 0.33 | (RANKINE) |
| Coef. pasivo, $k_p$ = | 3.00 | |

### GEOMETRÍA

Los espesores de las losas y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

| | |
|---|---|
| Ancho interno, $B_i$ = | **1.80 m** |
| Altura interna, $H_i$ = | **1.80 m** |
| Espesor paredes, $t_w$ = | **0.30 m** |
| Espesor losa superior, $t_{ls}$ = | **0.30 m** |
| Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = | **0.35 m** |
| Altura chaflán losa superior, $h_s$ = | **0.20 m** |
| Ancho chaflán losa superior, $b_s$ = | **0.20 m** |
| Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = | **0.03 m** |
| Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = | **0.00 m** |
| Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = | **0.05 m** |
| Altura total, H = | 2.45 m |
| Ancho total, B = | 2.40 m |




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Carpeta de rodadura | DW |
| 3 | Peso del lleno | EV |
| 4 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 5 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 6 | Presión de agua | WA |
| 7 | Carga viva vehicular | LL |
| 8 | Amplificación dinámica de la carga viva | IM |

**Nota: Según el artículo 3.10.1 de la CCP 14, no es necesario considerar el efecto símico para alcantarillas cajón.**

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales de la alcantarilla, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa superior = 1.73 t
Carga losa inferior = 2.11 t
Peso paredes = 2.65 t

CARPETA DE RODADURA (DW)

Se toma la densidad del pavimento bituminoso de la tabla 3.5.1-1 de la CCP 14, de 2.25 t/m3

El espesor de la carpeta de rodadura se toma como 0.050 m. más 0.025 m futuros.

Espesor carpeta de rodadura = **0.075 m**
Carga carpeta rodadura, DW = 0.169 t/m

PESO DEL LLENO (EV)

El peso del lleno se calcula con base al contenido del artículo 12.11.2.2 de la CCP 14.

Instalación de la alcantarilla = **Bajo terraplén** (Figura 12.11.2.2.1-1)
¿Relleno compactado? = **Sí**
Profundidad del lleno, $H_{LL}$ = **3.20 m**
Factor ISE, Fe = 1.150
Carga vertical del suelo, EV = 7.36 t/m

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Debido a que la estructura se encuentra completamente enterrada y el suelo en contacto con las paredes no presenta deformaciones de expansión ni compresión, se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral en reposo, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP 14.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 5.65 t/m
Presión constante, EH = 3.20 t/m

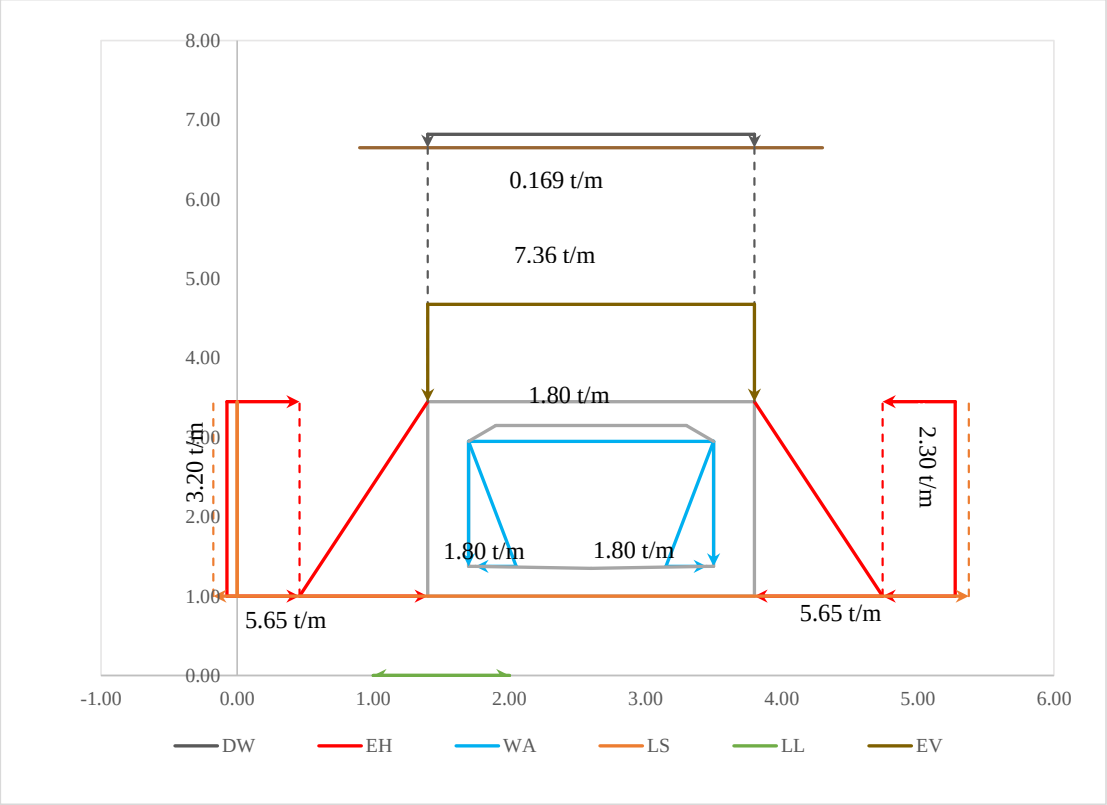
SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

No es necesario considerar los efectos de la sobrecarga por carga viva ya que la carga viva vehicular no tiene incidencia sobre la estructura según el contenido del artículo 3.6.1.2.6a.

PRESIÓN DE AGUA (WA)

La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior, por lo cual se diseña para los resultados más desfavorables al analizar dos condiciones de carga: 1) La alcantarilla llena de agua, y 2) La alcantarilla vacía.

Altura columna de agua, hw = **1.80 m**
Peso columna de agua, $WA_v$ = 1.80 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 1.80 t/m




Los estados límites analizados para el diseño de la alcantarilla, según el artículo 3.4.1 son presentados en la siguiente tabla:

| Estado Límite | DC, DW, EH, EV | LL, IM, LS | WA |
|---|---|---|---|
| **Resistencia I** | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 |
| **Servicio I** | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para el factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | DW | 1.50 | 0.65 |
| | EH | 1.35 | 0.90 |
| | EV | 1.30 | 0.90 |

Para el modelo estructural de la alcantarilla de cajón se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE DEFORMACIONES**

Se obtienen las deflexiones del modelo considerando la inercia efectiva segun lo dispuesto en el articulo

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right) I_{cr} \leq I_g \qquad M_{cr} = \frac{f_y I_g}{y_t}$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Inercia bruta de la sección, Ig = | 0.002 m⁴ | Ec= | 25098 MPa |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.02 t-m | Es= | 200000 MPa |
| Momento maximo, Ma = | 3.23 t-m | η = | 7.97 |
| Acero en compresión, As' = | 6.35 cm² | | |
| d' = | 0.081 m | | |
| Acero en tensión, As = | 6.35 cm² | | |
| d = | 0.244 m | | |
| eje neutro de la sección, c = | 0.033 m | | |
| Inercia agrietada de la sección, Icr = | 0.000 m⁴ | | |
| Inercia efectiva de la sección, Ie = | 0.002 m⁴ | | |
| Relacion inercias, Ie/Ig = | 1.00 | | |

La deflexión en la losa superior se verifica para el efecto de la carga viva, de acuerdo con el contenido del artículo 2.5.2.6.2 de la CCP 14.

| | | |
|---|---|---|
| Max. Deflexión permitida, $\delta_{max}$ = | 3.000 mm | |
| Deflexión carga viva, δ = | 0.080 mm | OK |

Se presenta en la _ _ la deformación por carga viva en la losa superior.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación de la alcantarilla sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de resistencia.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| **Carga** | **27.80 t** | **34.92 t** |
| **Esfuerzo** | **11.58 t/m²** | **14.55 t/m²** |

La presión que la alcantarilla le transmite al suelo debido a sus cargas gravitacionales es de:

$\sigma_{max}$ = 14.55 t/m² ≤ σadm = 50.00 t/m² OK

**DISEÑO LOSA SUPERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa superior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural

$Mu^- =$ **1.47 t-m**
$Mu^+ =$ **3.23 t-m**
Vu = **9.65 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- = 1.47$ t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.219 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00085 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.015 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 1.96 t-m | |
| Momento seleccionado = | **1.96 t-m** | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00109 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00109**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 2.39 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.53 m | Resistencia a flexión = | 5.11 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ = 3.23$ t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.056 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.244 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00148 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C = 0.015$ m³ $\gamma_1 = 1.6$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 4.30 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 4.30 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00195 | | |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00195** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 4.75 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.27 m | Resistencia a flexión = | 5.71 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | CARA SUPERIOR | | CARA INFERIOR | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **1.07 t-m** | | **2.38 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.225 m | | 0.250 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.081 m | | 0.056 m | |
| $d_t$ = | 0.219 m | | 0.244 m | |
| $\beta_s$ = | 1.53 | | 1.33 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.042 m | | 0.045 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.20 m | | 0.229 m | |
| *fss* = | 82 MPa | | 163 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.82 m | | 0.45 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO LONGITUDINAL CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = **1.62 t-m**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.069 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.231 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00083 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 2.15 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 2.15 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00108 | | |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00108** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 2.48 cm² | As dispuesto = | 5.29 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 0.93 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.10 cm |
| Separación calculada = | 0.51 m | Resistencia a flexión = | 4.53 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO DE DISTRIBUCIÓN

Según 12.11.2.1 y 9.7.3.2 el porcentaje de refuerzo requerido en la parte inferior de la losa, en su dirección secundaria, se calcula como:

$$\frac{1750}{\sqrt{S}} \leq 50\%$$

Longitud efectiva, S = 1.40 m

Para este caso %Dist = 113 %, como es mayor al máximo permitido entonces se elige %Dist = 50.0 %.

$As_{Distr}$ = 0.468 · 4.75 cm² = 2.22 cm²

Usando barras N4 Se requiere una separación de: 0.57 m

Se selecciona una separación para el refuerzo de distribución = **0.24 m** OK

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | | |
| Barra a usar = | N4 | | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | | |
| Separación calculada = | 0.54 m | | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) | |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | OK | |

As dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 9.65 t | |
| $\phi_v$ = | **0.85** | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa superior es = 19.23 t > Vu = 9.65 t OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural son presentadas en la _ _

$Mu^- =$ **0.92 t-m**
$Mu^+ =$ **4.73 t-m**
$Vu =$ **9.72 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ =$ 4.73 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.106 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.244 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00215
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 6.29 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 6.29 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00288 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00288**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 7.01 cm² | As dispuesto = | 12.96 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.29 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.69 cm |
| Separación calculada = | 0.18 m | Resistencia a flexión = | 11.38 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- =$ 0.92 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.269 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00034
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 1.22 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 1.22 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00045 | | |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00045** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 1.21 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 1.05 m | Resistencia a flexión = | 6.31 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **3.15 t-m** | | **0.50 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.100 m | | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.250 m | | 0.275 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.106 m | | 0.081 m | |
| $d_t$ = | 0.244 m | | 0.269 m | |
| $\beta_s$ = | 1.62 | | 1.43 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.061 m | | 0.047 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.22 m | | 0.253 m | |
| *fss* = | 109 MPa | | 31 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.31 m | | 1.91 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.31 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | | | |
| Barra a usar = | N4 | | | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | | | |
| Separación calculada = | 0.54 m | | | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) | | |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK | | |
| As dispuesto = | 4.23 cm² | > As req. = | 2.34 cm² | OK |

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 9.72 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa inferior es = 25.24 t > Vu = 9.72 t OK

**DISEÑO PAREDES**

Se presentan las solicitaciones de diseño

$Mu^- =$ **2.01 t-m**
$Mu^+ =$ **2.01 t-m**
$Vu =$ **7.07 t**

REFUERZO CARA EXTERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- =$ 2.01 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.219 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00115 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 2.67 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 2.67 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00150 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00150**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 3.28 cm² | As dispuesto = | 6.38 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.13 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.39 m | Resistencia a flexión = | 5.14 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INTERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ =$ 2.01 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.056 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.244 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00093 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 2.67 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 2.67 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00120 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00120**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 2.93 cm² | As dispuesto = | 6.38 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.13 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.43 m | Resistencia a flexión = | 5.74 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REVISIÓN DE AGRIETAMIENTO

| | CARA EXTERIOR | | CARA INTERIOR | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **1.42 t-m** | | **1.42 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.225 m | | 0.250 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.081 m | | 0.056 m | |
| $d_t$ = | 0.219 m | | 0.244 m | |
| $\beta_s$ = | 1.53 | | 1.33 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.042 m | | 0.045 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.20 m | | 0.229 m | |
| *fss* = | 108 MPa | | 97 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.39 m | | 0.60 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | | |
| Barra a usar = | N4 | | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | | |
| Separación calculada = | 0.54 m | | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) | |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK | |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 7.07 t
$\phi_v$ = 0.85 (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por la pared es = 18.19 t > Vu = 7.07 t OK

**DISEÑO DEL CABEZOTE**

GEOMETRÍA

Altura del elemento, H = **1.30 m**
Espesor del elemento, B = **0.30 m**

SOLICITACIONES DE DISEÑO

El elemento estructural se encuentra sometido al empuje horizontal de suelo y a la sobrecarga por carga viva, las cuales se presentan a continuación:

**Empuje Horizontal de Suelo (EH)**

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.56 t | ← | 0.43 m | 0.244 t-m |

**Sobrecarga por Carga Viva (LS)**

Altura de sobrecarga = **0.60 m** (3.11.6.4)

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.52 t | ← | 0.65 m | 0.34 t-m |

Las cargas de diseño se obtienen de la combinación de carga 1.50 EH + 1.75 LS, tanto para el diseño a flexión como para el chequeo de cortante.

Momento de diseño, Mu = 0.96 t-m
Cortante de diseño, Vu = 1.76 t

DISEÑO A FLEXIÓN

Mu = 0.96 t-m

Ancho diseño cabezote, b = 1.000 m
Espesor cabezote, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.219 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00056
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85

Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 1.27 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| M elegido = | 5.91 t-m | | |
| Cuantía Fisuración $\rho_r$ = | 0.00337 | | |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00337** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 7.36 cm² | As dispuesto = | 8.47 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.49 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.76 cm |
| Separación calculada = | 0.17 m | Resistencia a flexión = | 6.76 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.15 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | |
|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² |
| Barra a usar = | N4 |
| Área de la barra = | 1.27 cm² |
| Separación calculada = | 0.54 m |
| Separación máxima = | 0.45 m |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 1.76 t

$\phi_v$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por el cabezote es = 16.33 t > Vu = 1.76 t OK

**VERIFICACIÓN DE LLAVE A CORTANTE**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dt = | 7.07 t | $f'c$ = | 28 MPa |
| $\varphi_{SF}$ = | 0.85 | Fy = | 420 MPa |
| Vu = | 7.1 t | | |

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como la menor entre:

$V_{ni} = cA_{cv} + \mu\left(A_{vf} f_y + P_c\right)$ $V_{ni} \le K_1 f'_c A_{cv}$ $V_{ni} \le K_2 A_{cv}$

Donde:

$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción

$A_{vf}$: área de refuerzo a cortante de interfaz que cruza el plano de corte.
c: factor de cohesión.
μ: factor de fricción
Pc: Fuerza permanente neta a compresión perpendicular al plano de corte.
$K_1$: fracción de la resistencia del concreto disponible para resistir la cortante de interfaz
$K_2$: resistencia limitante a cortante de interfaz.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa

Por lo cual,

c = 170 t/m²
μ = 1.0
$K_1$ = 0.25
$K_2$ = 1000 t/m²

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

Ancho de llave, $b_{vi}$ = 0.30 m
Largo de llave, $L_{vi}$ = 1.00 m
Área en planta, $A_{cv}$ = 0.30 m²

**Refuerzo en el plano de corte**

El área de acero requerida para soportar la fuerza cortante en la interfaz se calcula como:

$$A_{vf} = \frac{V_{ni} - c \cdot A_{cv}}{\mu \cdot f_y}$$

Considerar concreto? NO
Área de acero req = 1.98 cm²

Según lo dispuesto en el numeral 5.8.4.4 de la CCP-14, el área de refuerzo transversal en la interfaz de cortante viene dado por la expresión:

$$A_{vf} \geq \frac{0.35 A_{cv}}{f_y}$$

Área de acero mínimo = 2.50 cm²
Área de acero selecc. = 2.50 cm²

Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
**Separación seleccionada =** 0.20 m
Área de refuerzo, $A_{vf}$ = 6.38 cm²

**Resistencia al corte de la interfaz de transferencia - cortante por fricción**

$Vn_1$ = 22.8 t
$Vn_2$ = 178.5 t
$Vn_3$ = 255.0 t
**Vn = 22.8 t** > Vu = 7.1 t OK

## ANEXO 9 - DISEÑO DE ALCANTARILLA CAJÓN K27+712 Y K30+804

El diseño de la estructura se realiza para toda la alcantarilla.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| f'c Paredes y losa sup. = | **28 MPa** | $\rho_{Concreto}$ = | **2.40 t/m³** | rec. ext = | **0.075 m** |
| losa inf. f'c = | **28 MPa** | $\rho_{Pavimento}$ = | **2.25 t/m³** | rec. int = | **0.050 m** |
| fy = | **420 MPa** | $\rho_{Agua}$ = | **1.00 t/m³** | rec. losa inferior | **0.100 m** |

### PROPIEDADES DEL SUELO

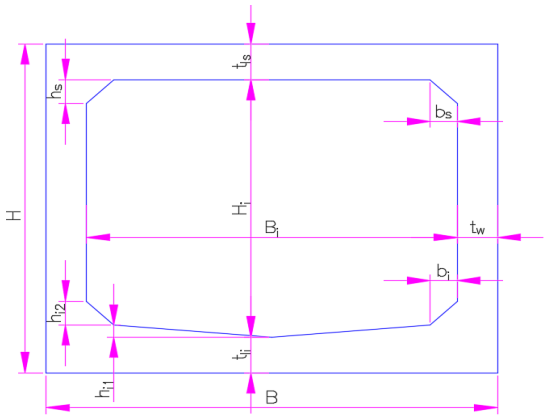
| | | |
|---|---|---|
| Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = | **30 °** | |
| Inclinación del talud, $\beta$ = | **0 °** | |
| Densidad del suelo, $\gamma_S$ = | **2.00 t/m³** | |
| Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = | **50.00 t/m²** | |
| Coef. en reposo, $k_o$ = | 0.50 | |
| Coef. activo, $k_a$ = | 0.33 | (RANKINE) |
| Coef. pasivo, $k_p$ = | 3.00 | |

### GEOMETRÍA

Los espesores de las losas y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

| | |
|---|---|
| Ancho interno, $B_i$ = | **4.50 m** |
| Altura interna, $H_i$ = | **3.00 m** |
| Espesor paredes, $t_w$ = | **0.40 m** |
| Espesor losa superior, $t_{ls}$ = | **0.45 m** |
| Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = | **0.45 m** |
| Altura chaflán losa superior, $h_s$ = | **0.45 m** |
| Ancho chaflán losa superior, $b_s$ = | **0.45 m** |
| Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = | **0.03 m** |
| Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = | **0.00 m** |
| Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = | **0.00 m** |
| Altura total, H = | 3.90 m |
| Ancho total, B = | 5.30 m |




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Carpeta de rodadura | DW |
| 3 | Peso del lleno | EV |
| 4 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 5 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 6 | Presión de agua | WA |
| 7 | Carga viva vehicular | LL |

8 Amplificación dinámica de la carga viva IM

**Nota: Según el artículo 3.10.1 de la CCP 14, no es necesario considerar el efecto símico para alcantarillas cajón.**

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales de la alcantarilla, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa superior = 5.72 t
Carga losa inferior = 5.91 t
Peso paredes = 6.20 t

CARPETA DE RODADURA (DW)

Se toma la densidad del pavimento bituminoso de la tabla 3.5.1-1 de la CCP 14, de 2.25 t/m3

El espesor de la carpeta de rodadura se toma como 0.05 m. más 0.025 m futuros.

Espesor carpeta de rodadura = **0.075 m**
Carga carpeta rodadura, DW = 0.169 t/m

PESO DEL LLENO (EV)

El peso del lleno se calcula con base al contenido del artículo 12.11.2.2 de la CCP 14.

Instalación de la alcantarilla = **Bajo terraplén** (Figura 12.11.2.2.1-1)
¿Relleno compactado? = **Sí**
Profundidad del lleno, $H_{LL}$ = **0.45 m**
Factor ISE, Fe = 1.017
Carga vertical del suelo, EV = 0.92 t/m

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Debido a que la estructura se encuentra completamente enterrada y el suelo en contacto con las paredes no presenta deformaciones de expansión ni compresión, se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral en reposo, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP 14.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 4.35 t/m
Presión constante, EH = 0.45 t/m

SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

La altura equivalente de la sobrecarga por carga viva se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.6.4 de la CCP 14.

Altura equivalente, heq = 0.77 m (Tabla 3.11.6.4-1)
LS = 0.77 t/m

PRESIÓN DE AGUA (WA)

La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior, por lo cual se diseña para los resultados más desfavorables al analizar dos condiciones de carga: 1) La alcantarilla llena de agua, y 2) La alcantarilla vacía.

Altura columna de agua, hw = **3.00 m**
Peso columna de agua, $WA_v$ = 3.00 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 3.00 t/m

**Distribución de Carga de Rueda**

La carga de eje se debe disribuir uniformemente sobre un área rectangular E·Eluz, tal como se detalla en la sección 4.6.2.10 de la CCP 14 ya que la altura de lleno es 0.45 m < a 0.60 m.

Dirección tráfico vehicular = **Paralelo a la luz** **CC14**
Luz libre alcantarilla, S = 4.50 m
Fact. Distrib. carga viva, LLDF = **1.15**
Longitud del parche de rueda, $l_t$ = 0.254 m
Ancho de distribución equivalente, E = 2.980 m
Longitud de distribución equiv., Eluz = 0.772 m
Área distribución de carga viva, = 2.30 m

Área distribución de carga viva, E·Eluz = 2.29907 m²

**Carga Viva Vehicular (LL)**

El tráfico es paralelo a la luz de la alcantarilla y la profundidad del lleno es menor 0.60 m, por tanto se analiza el efecto más desfavorable causado por el eje del vehículo de diseño descrito en el artículo 3.6.1.2.2 para una carga móvil distibuida en la losa superior distribuida en una longitud Eluz, para un (1) carril de diseño.

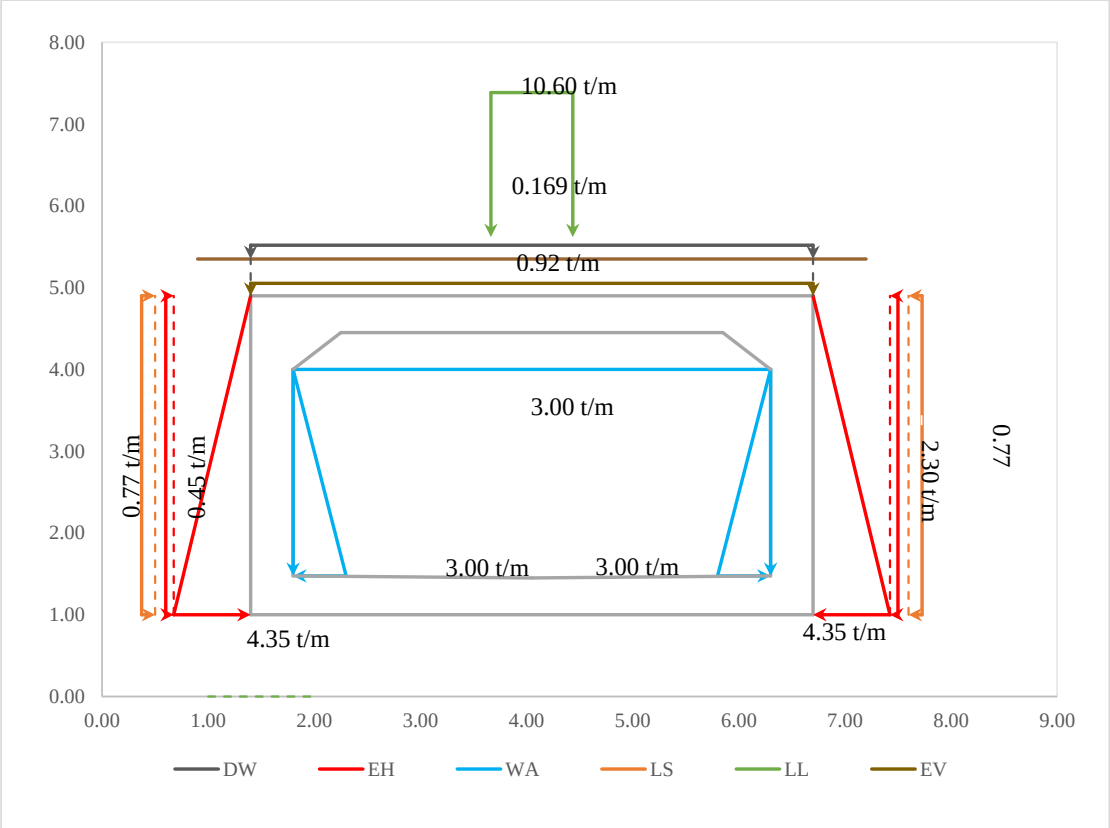
Fact. de presencia múltiple, m = **1.20**
Amplificación dinámica, IM = 26.91% (3.6.2.2)

$$P = Po\cdot(1+IM)\cdot m/(E\cdot Eluz)$$

Carga del Eje 1 = 10.60 t/m² (CC14 Delantero)
Carga del Eje 2 = 10.60 t/m² (CC14 Trasero)
Carga del Eje 3 = 10.60 t/m² (CC14 Trasero)

El efecto de la carga viva se evalúa para una carga distribuida de 10.60 t/m en una longitud L = 0.77m.

Se presenta en la _ _ la geometría y las solicitaciones que actúan en la alcantarilla de cajón.




Los estados límites analizados para el diseño de la alcantarilla, según el artículo 3.4.1 son presentados en la _ _:

| Estado Límite | DC, DW, EH, EV | LL, IM, LS | WA |
|---|---|---|---|
| **Resistencia I** | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 |
| **Servicio I** | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para el factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | DW | 1.50 | 0.65 |
| | EH | 1.35 | 0.90 |
| | EV | 1.30 | 0.90 |

Para el modelo estructural de la alcantarilla de cajón se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE DEFORMACIONES**

Se obtienen las deflexiones del modelo considerando la inercia efectiva segun lo dispuesto en el articulo

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right) I_{cr} \leq I_g \qquad M_{cr} = \frac{f_y I_g}{y}$$

$\left(\frac{M_a}{\quad}\right)^{\quad}\left[\quad\left(\frac{M_a}{\quad}\right)^{\quad}\right]\quad y_t$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Inercia bruta de la sección, Ig = | 0.008 m⁴ | Ec= | 25098 MPa |
| Momento de fisuración, Mcr = | 11.29 t-m | Es= | 200000 MPa |
| Momento maximo, Ma = | 19.50 t-m | η = | 7.97 |
| Acero en compresión, As' = | 16.50 cm² | | |
| d' = | 0.083 m | | |
| Acero en tensión, As = | 10.58 cm² | | |
| d = | 0.394 m | | |
| eje neutro de la sección, c = | 0.052 m | | |
| Inercia agrietada de la sección, Icr = | 0.001 m⁴ | | |
| Inercia efectiva de la sección, Ie = | 0.002 m⁴ | | |
| Relacion inercias, Ie/Ig = | 0.30 | | |

La deflexión en la losa superior se verifica para el efecto de la carga viva, de acuerdo con el contenido del artículo 2.5.2.6.2 de la CCP 14.

| | | |
|---|---|---|
| Max. Deflexión permitida, $\delta_{max}$ = | 6.625 mm | |
| Deflexión carga viva, δ = | 1.200 mm | OK |

Se presenta en la _ _ la deformación por carga viva en la losa superior.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación de la alcantarilla sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de resistencia.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| **Esfuerzo** | **15.15 t/m²** | **22.46 t/m²** |

La presión que la alcantarilla le transmite al suelo debido a sus cargas gravitacionales es de:

$\sigma_{max}$ = 22.46 t/m² ≤ σadm = 50.00 t/m² OK

**DISEÑO LOSA SUPERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa superior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural

$Mu^{-}$ = **19.50 t-m**
$Mu^{+}$ = **12.50 t-m**
Vu = **24.00 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^{-}$)

$Mu^{-}$ = 19.50 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.450 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.083 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.367 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00399
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

$\gamma_1$ = 1.6 Demás estructuras concreto
$\gamma_2$ = - No presforzado
$\gamma_3$ = 0.75 Refuerzo A706 - Grado 60
$S_C$ = 0.034 m³
Momento de fisuración, Mcr = 13.29 t-m
$1.33M_{Diseño}$ = 25.94 t-m
Momento seleccionado = **13.29 t-m**
Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = 0.00267

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00399**

As calculado = 14.66 cm² | As dispuesto = 16.50 cm²
Barra a usar = N5 | Prof. Bl. de compresión, a = 2.91 cm
Área de la barra = 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = 3.43 cm
Separación calculada = 0.14 m | Resistencia a flexión = 21.99 t-m
**Separación seleccionada = 0.12 m** | *VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 12.50 t-m

Ancho diseño losa, b = 1.000 m | f'c = 28 MPa
Espesor losa, h = 0.450 m | *fr* = 3.28 MPa
Recubrimiento = 0.056 m | fy = 420 MPa
Profundidad efectiva, d = 0.394 m | $\phi_f$ = 0.90 (12.5.5-1)

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00220
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.034 m³ | $\gamma_1$ = 1.6
Momento de fisuración, Mcr = 13.17 t-m | $\gamma_2$ = -
$1.33M_{Diseño}$ = 16.63 t-m | $\gamma_3$ = 0.75
Momento seleccionado = 13.17 t-m
Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = 0.00229

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00229**

As calculado = 9.03 cm² | As dispuesto = 10.58 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.87 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.20 cm |
| Separación calculada = | 0.14 m | Resistencia a flexión = | 15.37 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **13.00 t-m** | | **9.00 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.375 m | | 0.400 m | |
| Barra usada = | N5 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.083 m | | 0.056 m | |
| $d_t$ = | 0.367 m | | 0.394 m | |
| $\beta_s$ = | 1.32 | | 1.20 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.086 m | | 0.073 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.34 m | | 0.369 m | |
| *fss* = | 232 MPa | | 230 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.23 m | | 0.33 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | OK | **0.12 m** | OK |

REFUERZO LONGITUDINAL CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = **6.25 t-m**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor losa, h = | 0.450 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.071 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.379 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00119 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.034 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 13.29 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 8.31 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 8.31 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00155 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00155**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 5.88 cm² | As dispuesto = | 6.60 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.16 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.37 cm |
| Separación calculada = | 0.34 m | Resistencia a flexión = | 9.32 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO DE DISTRIBUCIÓN

Según 12.11.2.1 y 9.7.3.2 el porcentaje de refuerzo requerido en la parte inferior de la losa, en su dirección secundaria, se calcula como:

$$\frac{1750}{\sqrt{S}} \leq 50\%$$

Longitud efectiva, S = 3.60 m

Para este caso %Dist = 101 %, como es mayor al máximo permitido entonces se elige %Dist = 50.0 %.

$As_{Distr}$ = 0.292 · 9.03 cm² = 2.64 cm²

Usando barras N5 Se requiere una separación de: 0.75 m

Se selecciona una separación para el refuerzo de distribución = **0.30 m** OK

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.77 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.77 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.46 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.77 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 24.00 t

$\phi_v$ = **0.85** (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.8.3.3

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot bv \cdot dv$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por la losa superior es = 27.41 t > Vu = 24.00 t OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural son presentadas en la _ _

$Mu^- =$ **9.00 t-m**
$Mu^+ =$ **13.80 t-m**
$Vu =$ **20.00 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- =$ 13.80 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.450 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.108 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.342 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00321 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.034 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 13.29 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 18.35 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 13.29 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00309 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00321**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 10.99 cm² | As dispuesto = | 16.50 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. de compresión, a = | 2.91 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 3.43 cm |
| Separación calculada = | 0.18 m | Resistencia a flexión = | 20.43 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ =$ 9.00 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.450 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.369 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00178 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.034 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 13.29 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 11.97 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 11.97 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00238 | | |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00238** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 8.77 cm² | As dispuesto = | 10.58 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.87 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.20 cm |
| Separación calculada = | 0.14 m | Resistencia a flexión = | 14.37 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **7.00 t-m** | | **10.00 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.100 m | | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.350 m | | 0.375 m | |
| Barra usada = | N5 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.108 m | | 0.081 m | |
| $d_t$ = | 0.342 m | | 0.369 m | |
| $\beta_s$ = | 1.45 | | 1.32 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.083 m | | 0.071 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.31 m | | 0.345 m | |
| *fss* = | 134 MPa | | 273 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.26 m | | 0.18 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | OK | **0.12 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.77 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.77 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.46 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.77 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 20.00 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.8.3.3

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot bv \cdot dv$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por la losa inferior es = 29.39 t > Vu = 20.00 t OK

**DISEÑO PAREDES**

Se presenta el diseño de las paredes para las solicitaciones presentadas.

$Mu^- =$ **9.00 t-m**
$Mu^+ =$ **9.00 t-m**
Vu = **15.00 t**

REFUERZO CARA EXTERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- =$ 9.00 t-m

Ancho diseño pared, b = 1.000 m
Espesor de pared, h = 0.400 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.319 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90 (12.5.5-1)

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00242
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.027 m³
Momento de fisuración, Mcr = 10.50 t-m
$1.33M_{Diseño}$ = 11.97 t-m
Momento seleccionado = 10.50 t-m
Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = 0.00280

$\gamma_1$ = 1.6
$\gamma_2$ = -
$\gamma_3$ = 0.75

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00280**

As calculado = 8.94 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.14 m
**Separación seleccionada = 0.12 m**

As dispuesto = 10.58 cm²
Prof. Bl. de compresión, a = 1.87 cm
Prof. Eje neutro, c = 2.20 cm
Resistencia a flexión = 12.37 t-m
*VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE

REFUERZO CARA INTERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ =$ 9.00 t-m

Ancho diseño pared, b = 1.000 m
Espesor de pared, h = 0.400 m
Recubrimiento = 0.056 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Profundidad efectiva, d = | 0.344 m | | $\phi_f$ = 0.90 | (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00208 | | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.027 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 10.50 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 11.97 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 10.50 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00240 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00240**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 8.26 cm² | As dispuesto = | 10.58 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.87 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 2.20 cm |
| Separación calculada = | 0.15 m | Resistencia a flexión = | 13.37 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REVISIÓN DE AGRIETAMIENTO

| | CARA EXTERIOR | | CARA INTERIOR | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **7.00 t-m** | | **7.00 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.325 m | | 0.350 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.081 m | | 0.056 m | |
| $d_t$ = | 0.319 m | | 0.344 m | |
| $\beta_s$ = | 1.36 | | 1.23 | |
| Altura del bloque de compresión, X = | 0.065 m | | 0.068 m | |
| Brazo interno de palanca, jd = | 0.30 m | | 0.321 m | |
| *fss* = | 222 MPa | | 205 MPa | |
| $S_{máx}$ = | 0.14 m | | 0.25 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.12 m** | OK | **0.12 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.55 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.55 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.50 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.55 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 15.00 t
$\phi_v$ = 0.85 (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por la pared es = 25.66 t > Vu = 15.00 t OK

**DISEÑO DEL CABEZOTE**

GEOMETRÍA

Altura del elemento, H = **1.45 m**
Espesor del elemento, B = **0.30 m**

SOLICITACIONES DE DISEÑO

El elemento estructural se encuentra sometido al empuje horizontal de suelo y a la sobrecarga por carga viva, las cuales se presentan a continuación:

**Empuje Horizontal de Suelo (EH)**

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.70 t | ← | 0.48 m | 0.339 t-m |

**Sobrecarga por Carga Viva (LS)**

Altura de sobrecarga = **0.60 m** (3.11.6.4)

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.58 t | ← | 0.73 m | 0.42 t-m |

Las cargas de diseño se obtienen de la combinación de carga 1.50 EH + 1.75 LS, tanto para el diseño a flexión como para el chequeo de cortante.

Momento de diseño, Mu = 1.24 t-m
Cortante de diseño, Vu = 2.07 t

DISEÑO A FLEXIÓN

Mu = 1.24 t-m

Ancho diseño cabezote, b = 1.000 m
Espesor cabezote, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.219 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00072
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.015 m³ — $\gamma_1$ = 1.6
Mcr = 5.91 t-m — $\gamma_2$ = -
$1.33M_{Diseño}$ = 1.65 t-m — $\gamma_3$ = 0.75
M elegido = 5.91 t-m
Cuantía Fisuración $\rho_r$ = 0.00337
**Cuantía seleccionada ρ = 0.00337**

As calculado = 7.36 cm² — As dispuesto = 8.47 cm²
Barra a usar = N4 — Prof. Bl. de compresión, a = 1.49 cm
Área de la barra = 1.27 cm² — Prof. Eje neutro, c = 1.76 cm
Separación calculada = 0.17 m — Resistencia a flexión = 6.76 t-m
**Separación seleccionada = 0.15 m** — *VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

As requerido = 2.34 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.54 m
Separación máxima = 0.45 m
**Separación seleccionada = 0.30 m**

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 2.07 t
$\phi_v$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por el cabezote es = 16.33 t > Vu = 2.07 t OK

**VERIFICACIÓN DE LLAVE A CORTANTE**

Dt = 15.00 t — *f'c* = 28 MPa
$\varphi_{SF}$ = 0.85 — Fy = 420 MPa
Vu = 15.0 t

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como la menor entre:

$$V_{ni} = cA_{cv} + \mu\left(A_{vf} f_y + P_c\right) \qquad V_{ni} \le K_1 f_c' A_{cv} \qquad V_{ni} \le K_2 A_{cv}$$

Donde:

$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción

$A_{vf}$: área de refuerzo a cortante de interfaz que cruza el plano de corte.

c: factor de cohesión.

μ: factor de fricción

Pc: Fuerza permanente neta a compresión perpendicular al plano de corte.

$K_1$: fracción de la resistencia del concreto disponible para resistir la cortante de interfaz

$K_2$: resistencia limitante a cortante de interfaz.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa

Por lo cual,

c = 170 t/m²
μ = 1.0
$K_1$ = 0.25
$K_2$ = 1000 t/m²

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

Ancho de llave, $b_{vi}$ = 0.40 m
Largo de llave, $L_{vi}$ = 1.00 m
Área en planta, $A_{cv}$ = 0.40 m²

**Refuerzo en el plano de corte**

El área de acero requerida para soportar la fuerza cortante en la interfaz se calcula como:

$$A_{vf} = \frac{V_{ni} - c \cdot A_{cv}}{\mu \cdot f_y}$$

Considerar concreto? NO
Área de acero req = 4.20 cm²

Según lo dispuesto en el numeral 5.8.4.4 de la CCP-14, el área de refuerzo transversal en la interfaz de cortante viene dado por la expresión:

$$A_{vf} \ge \frac{0.35 A_{cv}}{f_y}$$

Área de acero mínimo = 3.33 cm²
Área de acero selecc. = 4.20 cm²

Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
**Separación seleccionada =** 0.12 m
Área de refuerzo, $A_{vf}$ = 10.58 cm²

**Resistencia al corte de la interfaz de transferencia - cortante por fricción**

| | | |
|---|---|---|
| $Vn_1$ = 37.8 t | | |
| $Vn_2$ = 238.0 t | | |
| $Vn_3$ = 340.0 t | | |
| **Vn = 37.8 t** | > Vu = 15.0 t | OK |

## ANEXO 10. DISEÑO DE ALCANTARILLA CAJÓN K31+004

El diseño de la estructural se realiza para un 1.00 m. de alcantarilla.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| f'c Paredes y losa sup. = | **28 MPa** | $\rho_{Concreto}$ = | **2.40 t/m³** | rec. ext = | **0.075 m** |
| losa inf. f'c = | **28 MPa** | $\rho_{Pavimento}$ = | **2.25 t/m³** | rec. int = | **0.050 m** |
| fy = | **420 MPa** | $\rho_{Agua}$ = | **1.00 t/m³** | rec. losa inferior | **0.100 m** |

### PROPIEDADES DEL SUELO

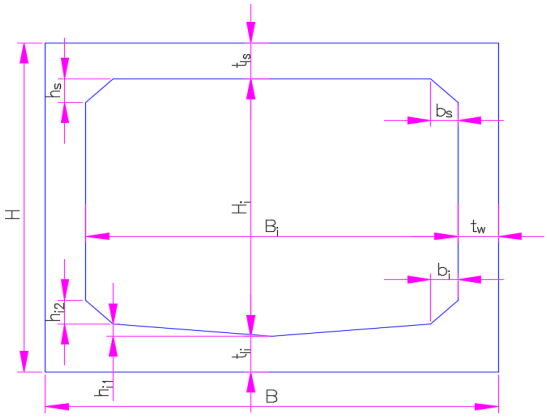
| | | |
|---|---|---|
| Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = | **30 °** | |
| Inclinación del talud, $\beta$ = | **0 °** | |
| Densidad del suelo, $\gamma_S$ = | **2.00 t/m³** | |
| Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = | **50.00 t/m²** | |
| Coef. en reposo, $k_o$ = | 0.50 | |
| Coef. activo, $k_a$ = | 0.33 | (RANKINE) |
| Coef. pasivo, $k_p$ = | 3.00 | |

### GEOMETRÍA

Los espesores de las losas y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

| | |
|---|---|
| Ancho interno, $B_i$ = | **1.50 m** |
| Altura interna, $H_i$ = | **1.50 m** |
| Espesor paredes, $t_w$ = | **0.30 m** |
| Espesor losa superior, $t_{ls}$ = | **0.30 m** |
| Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = | **0.35 m** |
| Altura chaflán losa superior, $h_s$ = | **0.20 m** |
| Ancho chaflán losa superior, $b_s$ = | **0.20 m** |
| Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = | **0.015 m** |
| Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = | **0.00 m** |
| Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = | **0.00 m** |
| Altura total, H = | 2.15 m |
| Ancho total, B = | 2.10 m |




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Carpeta de rodadura | DW |
| 3 | Peso del lleno | EV |
| 4 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 5 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 6 | Presión de agua | WA |
| 7 | Carga viva vehicular | LL |

8 Amplificación dinámica de la carga viva IM

**Nota: Según el artículo 3.10.1 de la CCP 14, no es necesario considerar el efecto símico para alcantarillas cajón.**

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales de la alcantarilla, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa superior = 1.51 t
Carga losa inferior = 1.81 t
Peso paredes = 2.23 t

CARPETA DE RODADURA (DW)

Se toma la densidad del pavimento bituminoso de la tabla 3.5.1-1 de la CCP 14, de 2.25 t/m3

El espesor de la carpeta de rodadura se toma como 0.05 m. más 0.025 m futuros.

Espesor carpeta de rodadura = **0.075 m**
Carga carpeta rodadura, DW = 0.169 t/m

PESO DEL LLENO (EV)

El peso del lleno se calcula con base al contenido del artículo 12.11.2.2 de la CCP 14.

Instalación de la alcantarilla = **Bajo terraplén** (Figura 12.11.2.2.1-1)
¿Relleno compactado? = **Sí**
Profundidad del lleno, $H_{LL}$ = **0.98 m**
Factor ISE, Fe = 1.093
Carga vertical del suelo, EV = 2.14 t/m

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Debido a que la estructura se encuentra completamente enterrada y el suelo en contacto con las paredes no presenta deformaciones de expansión ni compresión, se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral en reposo, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP 14.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 3.13 t/m
Presión constante, EH = 0.98 t/m

SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

La altura equivalente de la sobrecarga por carga viva se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.6.4 de la CCP 14.

Altura equivalente, heq = 0.98 m (Tabla 3.11.6.4-1)
LS = 0.98 t/m

PRESIÓN DE AGUA (WA)

La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior, por lo cual se diseña para los resultados más desfavorables al analizar dos condiciones de carga: 1) La alcantarilla llena de agua, y 2) La alcantarilla vacía.

Altura columna de agua, hw = **1.50 m**
Peso columna de agua, $WA_v$ = 1.50 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 1.50 t/m

**Distribución de Carga de Rueda**

La carga de rueda se considera uniformemente distribuida sobre un área rectangular $A_{ll}$, tal como se detalla en la sección 3.6.1.2.6 de la CCP 14 ya que la altura de lleno es 0.98 m ≥ a 0.60 m.

Dirección tráfico vehicular = **Perpendicular a la luz** **CC14** (Caso 1)
Tramo libre alcantarilla, Di = 1.50 m
Fact. Distrib. carga viva, LLDF = **1.15** (Tabla 3.6.1.2.6a-1)
Distancia entre ruedas, Sw = 1.800 m
Ancho del parche de rueda, $W_t$ = 0.508 m
Longitud del parche de rueda, $l_t$ = 0.254 m
Distancia entre ejes, Sa = 4.30 m
Prof. Interac. rueda/ejes, Hint-t = 3.44 m
Ancho parche de carga viva, Ww = 1.47 m
Prof. Interac. rueda/ejes, Hint-p = 1.12 m
Longitud parche de carga viva, lw = 1.64 m

Área distribución de carga viva, $A_{ll}$ = 2.40509 m²

**Carga Viva Vehicular (LL)**

El tráfico es paralelo a la luz de la alcantarilla y la profundidad del lleno es mayor 0.60 m, por tanto se analiza el efecto más desfavorable causado por la rueda del vehículo de diseño descrito en el artículo 3.6.1.2.2 para una carga móvil distibuida en la losa superior distribuida en una longitud lw, para un (1) carril de diseño.

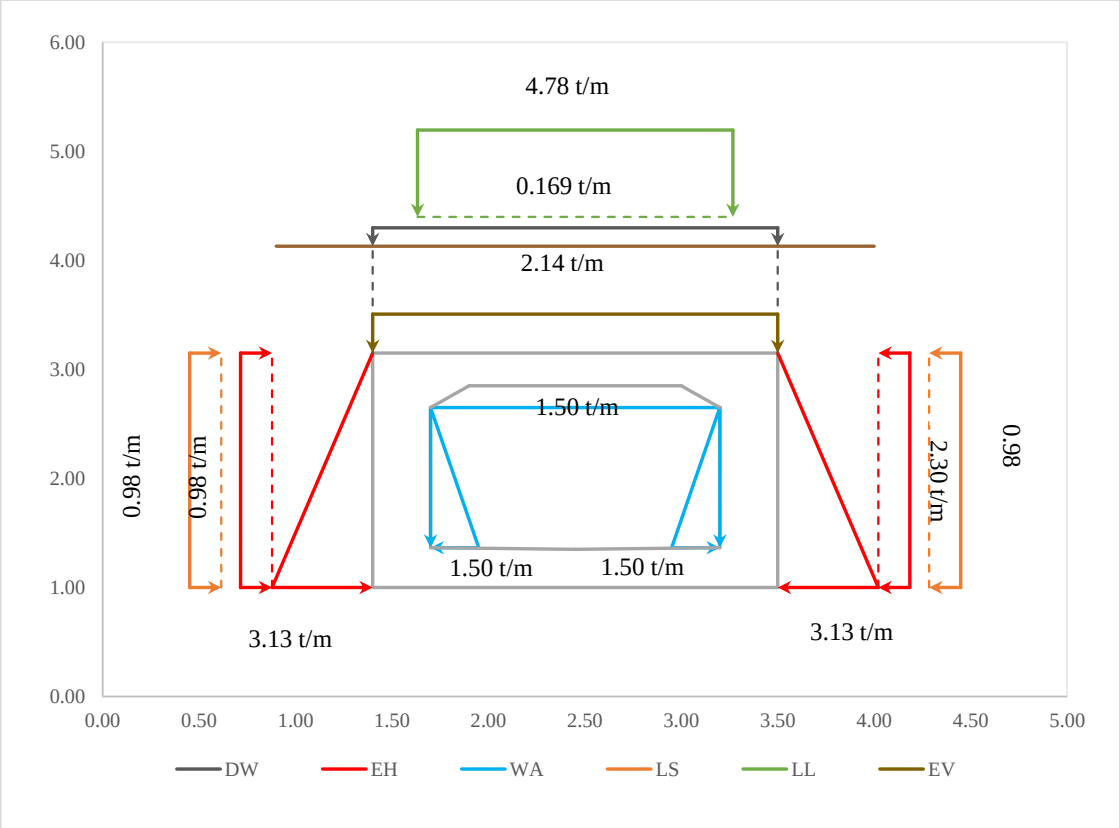
Fact. de presencia múltiple, m = **1.20**
Amplificación dinámica, IM = 19.74% (3.6.2.2)

$$P = Po \cdot (1+IM) \cdot m / A_{ll}$$

Carga de rueda del Eje 1 = 1.19 t/m² (CC14 Delantero)
Carga de rueda del Eje 2 = 4.78 t/m² (CC14 Trasero)
Carga de rueda del Eje 3 = 4.78 t/m² (CC14 Trasero)

El efecto de la carga viva se evalúa para una carga distribuida de 4.78 t/m en una longitud L = 1.64m.

Se presenta la geometría y las solicitaciones que actúan en la alcantarilla de cajón.




Los estados límites analizados para el diseño de la alcantarilla, según el artículo 3.4.1 son presentadosa continuación.

| Estado Límite | DC, DW, EH, EV | LL, IM, LS | WA |
|---|---|---|---|
| **Resistencia I** | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 |
| **Servicio I** | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para el factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | DW | 1.50 | 0.65 |
| | EH | 1.35 | 0.90 |
| | EV | 1.30 | 0.90 |

Para el modelo estructural de la alcantarilla de cajón se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE DEFORMACIONES**

Se obtienen las deflexiones del modelo considerando la inercia efectiva segun lo dispuesto en el articulo

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right) I_{cr} \leq I_g \qquad M_{cr} = \frac{f_y I_g}{y_t}$$

$$\left(\frac{M_a}{\quad}\right)^{g} \left(\frac{M_a}{\quad}\right) \quad y_t$$

| | | | |
|---|---|---|---|
| Inercia bruta de la sección, Ig = | 0.002 m⁴ | Ec= | 25098 MPa |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.02 t-m | Es= | 200000 MPa |
| Momento maximo, Ma = | 2.43 t-m | η = | 7.97 |
| Acero en compresión, As' = | 6.35 cm² | | |
| d' = | 0.081 m | | |
| Acero en tensión, As = | 6.35 cm² | | |
| d = | 0.244 m | | |
| eje neutro de la sección, c = | 0.033 m | | |
| Inercia agrietada de la sección, Icr = | 0.000 m⁴ | | |
| Inercia efectiva de la sección, Ie = | 0.002 m⁴ | | |
| Relacion inercias, Ie/Ig = | 1.00 | | |

La deflexión en la losa superior se verifica para el efecto de la carga viva, de acuerdo con el contenido del artículo 2.5.2.6.2 de la CCP 14.

| | | |
|---|---|---|
| Max. Deflexión permitida, $\delta_{max}$ = | 2.625 mm | |
| Deflexión carga viva, δ = | 0.040 mm | OK |

Se presenta la deformación por carga viva en la losa superior.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación de la alcantarilla sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de resistencia.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| **Esfuerzo** | **26.60 t/m²** | **43.42 t/m²** |

La presión que la alcantarilla le transmite al suelo debido a sus cargas gravitacionales es de:

$\sigma_{max}$ = 43.42 t/m² ≤ σadm = 50.00 t/m² OK

**DISEÑO LOSA SUPERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa superior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural.

$Mu^{-}$ = **0.53 t-m**
$Mu^{+}$ = **2.43 t-m**
Vu = **7.50 t**

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^{-}$)

$Mu^{-}$ = 0.53 t-m

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.219 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00032
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

$\gamma_1$ = 1.6 Demás estructuras concreto
$\gamma_2$ = - No presforzado
$\gamma_3$ = 0.75 Refuerzo A706 - Grado 60
$S_C$ = 0.015 m³
Momento de fisuración, Mcr = 5.91 t-m
$1.33M_{Diseño}$ = 0.70 t-m
Momento seleccionado = **0.70 t-m**
Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = 0.00039

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00039**

As calculado = 0.86 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 1.48 m
**Separación seleccionada = 0.20 m**

As dispuesto = 6.35 cm²
Prof. Bl. de compresión, a = 1.12 cm
Prof. Eje neutro, c = 1.32 cm
Resistencia a flexión = 5.11 t-m
*VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = 2.43 t-m

Ancho diseño losa, b = 1.000 m
Espesor losa, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.056 m
Profundidad efectiva, d = 0.244 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90 (12.5.5-1)

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00112
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.015 m³
Momento de fisuración, Mcr = 5.91 t-m
$1.33M_{Diseño}$ = 3.23 t-m
Momento seleccionado = 3.23 t-m
Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = 0.00146

$\gamma_1$ = 1.6
$\gamma_2$ = -
$\gamma_3$ = 0.75

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00146**

As calculado = 3.56 cm²
As dispuesto = 6.35 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.36 m | Resistencia a flexión = | 5.71 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **0.36 t-m** | | **1.62 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.050 m | | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.250 m | | 0.225 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.056 m | | 0.081 m | |
| *fss* = | 23 MPa | | 114.16 MPa | |
| $d_t$ = | 0.244 m | | 0.219 m | |
| $\beta_s$ = | 1.33 | | 1.53 | |
| $S_{máx}$ = | 3.96 m | | 0.54 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO LONGITUDINAL CARA INFERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+$ = **1.22 t-m**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa |
| Espesor losa, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa |
| Recubrimiento = | 0.069 m | fy = | 420 MPa |
| Profundidad efectiva, d = | 0.231 m | $\phi_f$ = | 0.90 (12.5.5-1) |
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00063 | | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | | |
| Cuantía balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) | |

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 1.62 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 1.62 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00081 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00081**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 1.86 cm² | As dispuesto = | 5.29 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 0.93 cm |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.10 cm |
| Separación calculada = | 0.68 m | Resistencia a flexión = | 4.53 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO DE DISTRIBUCIÓN

Según 12.11.2.1 y 9.7.3.2 el porcentaje de refuerzo requerido en la parte inferior de la losa, en su dirección secundaria, se calcula como:

$$\frac{1750}{\sqrt{S}} \leq 50\%$$

Longitud efectiva, S = 1.10 m

Para este caso %Dist = 113 %, como es mayor al máximo permitido entonces se elige %Dist = 50.0 %.

$As_{Distr}$ = 0.5 · 3.56 cm² = 1.78 cm²

Usando barras N4 Se requiere una separación de: 0.71 m

Se selecciona una separación para el refuerzo de distribución = **0.24 m** OK

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | | |
| Barra a usar = | N4 | | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | | |
| Separación calculada = | 0.54 m | | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) | |
| **Separación seleccionada =** | **0.24 m** | OK | |

As dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 7.50 t

$\phi_v$ = **0.85** (12.5.5-1)

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa superior es = 19.23 t > Vu = 7.50 t OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural son presentadas en la _ _

$Mu^- = \mathbf{0.33\ t\text{-}m}$
$Mu^+ = \mathbf{3.24\ t\text{-}m}$
$Vu = \mathbf{7.49\ t}$

REFUERZO CARA SUPERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ = 3.24$ t-m

Ancho diseño losa, b = 1.000 m
Espesor de losa, h = 0.350 m
Recubrimiento = 0.106 m
Profundidad efectiva, d = 0.244 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90 (12.5.5-1)

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00146
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.020 m³
Momento de fisuración, Mcr = 8.04 t-m
$1.33M_{Diseño}$ = 4.31 t-m
Momento seleccionado = 4.31 t-m
Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = 0.00195

$\gamma_1$ = 1.6
$\gamma_2$ = -
$\gamma_3$ = 0.75

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00195**

As calculado = 4.76 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.27 m
**Separación seleccionada = 0.10 m**

As dispuesto = 12.70 cm²
Prof. Bl. de compresión, a = 2.24 cm
Prof. Eje neutro, c = 2.64 cm
Resistencia a flexión = 11.16 t-m
*VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE

REFUERZO CARA INFERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- = 0.33$ t-m

Ancho diseño losa, b = 1.000 m
Espesor de losa, h = 0.350 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.269 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90 (12.5.5-1)

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00012
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.020 m³
Momento de fisuración, Mcr = 8.04 t-m
$1.33M_{Diseño}$ = 0.44 t-m

$\gamma_1$ = 1.6
$\gamma_2$ = -
$\gamma_3$ = 0.75

| | |
|---|---|
| Momento seleccionado = | 0.44 t-m |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00016 |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00016** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 0.43 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 2.93 m | Resistencia a flexión = | 6.31 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | **CARA SUPERIOR** | | **CARA INFERIOR** | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **2.21 t-m** | | **0.15 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.100 m | | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.250 m | | 0.275 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 0.75 | Clase 2 | 0.75 | Clase 2 |
| $d_c$ = | 0.106 m | | 0.081 m | |
| *fss* = | 70 MPa | | 9 MPa | |
| $d_t$ = | 0.244 m | | 0.269 m | |
| $\beta_s$ = | 1.62 | | 1.43 | |
| $S_{máx}$ = | 0.60 m | | 7.33 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.10 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.31 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 7.49 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.14.5.3

$$\phi Vc = \phi \cdot (0.178 \cdot \sqrt{f'c} + 32 \cdot (As \cdot Vu \cdot de)/(b \cdot de \cdot Mu)) \cdot b \cdot de$$

La cortante resistida por la losa inferior es = 24.44 t > Vu = 7.49 t OK

**DISEÑO PAREDES**

Se diseñan las paredes de acuerdo con las solicitaciones de diseño presentadas.

$Mu^- =$ **1.05 t-m**
$Mu^+ =$ **1.05 t-m**
Vu = **4.16 t**

REFUERZO CARA EXTERIOR ($Mu^-$)

$Mu^- =$ 1.05 t-m

Ancho diseño pared, b = 1.000 m
Espesor de pared, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.219 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90 (12.5.5-1)

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00061
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

$S_C$ = 0.015 m³
Momento de fisuración, Mcr = 5.91 t-m
$1.33M_{Diseño}$ = 1.40 t-m
Momento seleccionado = 1.40 t-m
Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = 0.00078

$\gamma_1$ = 1.6
$\gamma_2$ = -
$\gamma_3$ = 0.75

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00078**

As calculado = 1.70 cm²
Barra a usar = N4
Área de la barra = 1.27 cm²
Separación calculada = 0.75 m
**Separación seleccionada = 0.20 m**

As dispuesto = 6.35 cm²
Prof. Bl. de compresión, a = 1.12 cm
Prof. Eje neutro, c = 1.32 cm
Resistencia a flexión = 5.11 t-m
*VERIF.CAPACIDAD* CUMPLE

REFUERZO CARA INTERIOR ($Mu^+$)

$Mu^+ =$ 1.05 t-m

Ancho diseño pared, b = 1.000 m
Espesor de pared, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.056 m
Profundidad efectiva, d = 0.244 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90 (12.5.5-1)

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00050
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Momento de fisuración, Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 1.40 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento seleccionado = | 1.40 t-m | | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00063 | | |

**Cuantía seleccionada ρ = 0.00063**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 1.52 cm² | As dispuesto = | 6.35 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.12 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.32 cm |
| Separación calculada = | 0.83 m | Resistencia a flexión = | 5.71 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REVISIÓN DE AGRIETAMIENTO

| | CARA EXTERIOR | | CARA INTERIOR | |
|---|---|---|---|---|
| Momento en servicio, Ms = | **0.74 t-m** | | **0.74 t-m** | |
| Recubrimiento = | 0.075 m | | 0.050 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.225 m | | 0.250 m | |
| Barra usada = | N4 | | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.081 m | | 0.056 m | |
| *fss* = | 52 MPa | | 47 MPa | |
| $d_t$ = | 0.219 m | | 0.244 m | |
| $\beta_s$ = | 1.53 | | 1.33 | |
| $S_{máx}$ = | 1.38 m | | 1.87 m | |
| **Separación seleccionada =** | **0.20 m** | OK | **0.20 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 4.16 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por la pared es = 18.19 t > Vu = 4.16 t OK

**DISEÑO DEL CABEZOTE**

GEOMETRÍA

Altura del elemento, H = **1.00 m**
Espesor del elemento, B = **0.30 m**

SOLICITACIONES DE DISEÑO

El elemento estructural se encuentra sometido al empuje horizontal de suelo y a la sobrecarga por carga viva, las cuales se presentan a continuación:

**Empuje Horizontal de Suelo (EH)**

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.33 t | ← | 0.33 m | 0.111 t-m |

**Sobrecarga por Carga Viva (LS)**

Altura de sobrecarga = **0.87 m** (3.11.6.4)

| Fuerza | Brazo | | Momento |
|---|---|---|---|
| 0.58 t | ← | 0.50 m | 0.29 t-m |

Las cargas de diseño se obtienen de la combinación de carga 1.50 EH + 1.75 LS, tanto para el diseño a flexión como para el chequeo de cortante.

Momento de diseño, Mu = 0.67 t-m
Cortante de diseño, Vu = 1.51 t

DISEÑO A FLEXIÓN

Mu = 0.67 t-m

Ancho diseño cabezote, b = 1.000 m
Espesor cabezote, h = 0.300 m
Recubrimiento = 0.081 m
Profundidad efectiva, d = 0.219 m

f'c = 28 MPa
*fr* = 3.28 MPa
fy = 420 MPa
$\phi_f$ = 0.90

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00040
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 0.89 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| M elegido = | 5.91 t-m | | |
| Cuantía Fisuración $\rho_r$ = | 0.00337 | | |
| **Cuantía seleccionada ρ =** | **0.00337** | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| As calculado = | 7.36 cm² | As dispuesto = | 8.47 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. de compresión, a = | 1.49 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje neutro, c = | 1.76 cm |
| Separación calculada = | 0.17 m | Resistencia a flexión = | 6.76 t-m |
| **Separación seleccionada =** | **0.15 m** | *VERIF.CAPACIDAD* | CUMPLE |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | |
|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² |
| Barra a usar = | N4 |
| Área de la barra = | 1.27 cm² |
| Separación calculada = | 0.54 m |
| Separación máxima = | 0.45 m |
| **Separación seleccionada =** | **0.30 m** |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

Cortante última, Vu = 1.51 t

$\phi_v$ = 0.85

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

La cortante resistida por el cabezote es = 16.33 t > Vu = 1.51 t OK

**VERIFICACIÓN DE LLAVE A CORTANTE**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dt = | 4.16 t | *f'c* = | 28 MPa |
| $\varphi_{SF}$ = | 0.85 | Fy = | 420 MPa |
| Vu = | 4.2 t | | |

La resistencia nominal a cortante en el plano de interfaz debe tomarse como la menor entre:

$V_{ni} = cA_{cv} + \mu\left(A_{vf} f_y + P_c\right)$ $V_{ni} \le K_1 f'_c A_{cv}$ $V_{ni} \le K_2 A_{cv}$

Donde:

$A_{cv}$: área de concreto que participa en la transferencia de cortante por fricción

$A_{vf}$: área de refuerzo a cortante de interfaz que cruza el plano de corte.

c: factor de cohesión.

μ: factor de fricción
Pc: Fuerza permanente neta a compresión perpendicular al plano de corte.
$K_1$: fracción de la resistencia del concreto disponible para resistir la cortante de interfaz
$K_2$: resistencia limitante a cortante de interfaz.

Para este caso se considera que la transferencia se da de la siguiente manera:

Concreto de densidad normal vaciado con superficie intencionalmente rugosa

Por lo cual,

| | |
|---|---|
| c = | 170 t/m² |
| μ = | 1.0 |
| $K_1$ = | 0.25 |
| $K_2$ = | 1000 t/m² |

**Geometría**

Se define la geometría de la interfaz de transferencia - cortante por fricción:

| | |
|---|---|
| Ancho de llave, $b_{vi}$ = | 0.30 m |
| Largo de llave, $L_{vi}$ = | 1.00 m |
| Área en planta, $A_{cv}$ = | 0.30 m² |

**Refuerzo en el plano de corte**

El área de acero requerida para soportar la fuerza cortante en la interfaz se calcula como:

$$A_{vf} = \frac{V_{ni} - c \cdot A_{cv}}{\mu \cdot f_y}$$

| | |
|---|---|
| Considerar concreto? | NO |
| Área de acero req = | 1.17 cm² |

Según lo dispuesto en el numeral 5.8.4.4 de la CCP-14, el área de refuerzo transversal en la interfaz de cortante viene dado por la expresión:

$$A_{vf} \geq \frac{0.35 A_{cv}}{f_y}$$

| | |
|---|---|
| Área de acero mínimo = | 2.50 cm² |
| Área de acero selecc. = | 2.50 cm² |
| Barra a usar = | N4 |
| Área de la barra = | 1.27 cm² |
| **Separación seleccionada =** | 0.20 m |
| Área de refuerzo, $A_{vf}$ = | 6.35 cm² |

**Resistencia al corte de la interfaz de transferencia - cortante por fricción**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Vn_1$ = | 22.7 t | | |
| $Vn_2$ = | 178.5 t | | |
| $Vn_3$ = | 255.0 t | | |
| **Vn =** | **22.7 t** | > Vu = 4.2 t | OK |

## ANEXO 11- DISEÑO DE ESTRUCTRA DE ENTRADA y SALIDA TIPICA - TIPO 1

El diseño de la estructural se realiza para un (1) metro lineal de canal.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

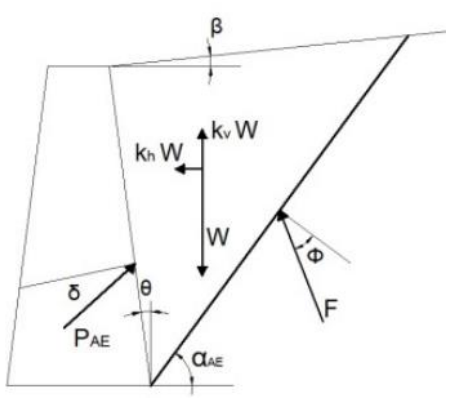
f'c = 28 MPa
fy = 420 MPa

$\rho_{Concreto}$ = 2.40 t/m³
$\rho_{Agua}$ = 1.00 t/m³

rec. ext = 0.075 m
rec. int = 0.075 m
rec. losa inf. = 0.100 m

### PROPIEDADES DEL SUELO

Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = 30 °
Inclinación del talud, β = 0.00 °
Inclinación de la cara del muro, θ = 0 °
Interacción suelo-muro, δ = 0 °
Angulo, ψ = 3.99 °
Densidad del suelo, $\gamma_S$ = 2.00 t/m³
Sobrecarga de suelo , $\sigma_{sobrecarga}$ = 0.00 t/m²
Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = **47.01 t/m²**
Coeficiente de Aceleración, As = 0.100
Coeficiente de Emp. Hor, $K_H$ = 0.067
Coeficiente de Emp. Vert, $K_V$ = 0.044
Coef. en reposo, $k_o$ = 0.50
Coef. activo, $k_a$ = 0.33 (RANKINE)
Coef. pasivo, $k_p$ = 3.00
Coef. dinámico, $k_{AE}$ = 0.38

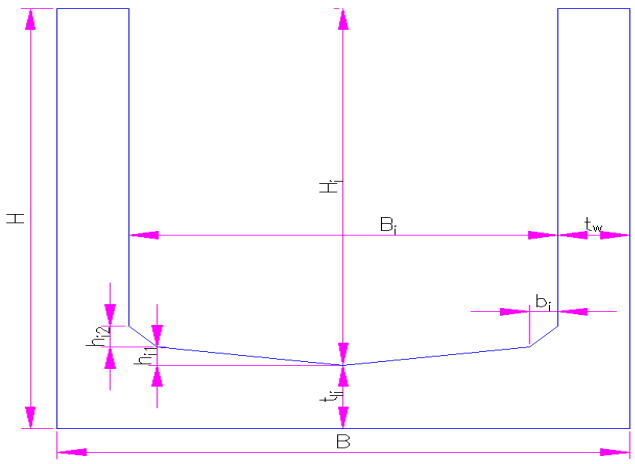



### GEOMETRÍA

Los espesores de la losa de fondo y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

Ancho interno, $B_i$ = 16.70 m
Altura interna, $H_i$ = 4.65 m
Espesor paredes, $t_w$ = 0.40 m
Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = 0.45 m
Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = 0.45 m
Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = 0.45 m
Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = 0.05 m
Altura total, H = 5.10 m
Ancho total, B = 17.50 m




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 3 | Presión dinámica de suelo | EQ |
| 4 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 5 | Presión de agua | WA |

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales del canal, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa inferior = 28.02 t
Peso paredes = 8.93 t

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Para el cálculo de los empujes se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral activa, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP-14 y la metodología de Rankine.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 3.40 t/m

PRESIÓN DINÁMICA DE SUELO (EQ)

Para el cálculo de los empujes dinámicos se emplea el coeficiente de presión dinámica.

Presión mínima, EQ min = 0.44 t/m

SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

El valor de la sobrecarga por carga viva se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.6.1 de la CCP-14.

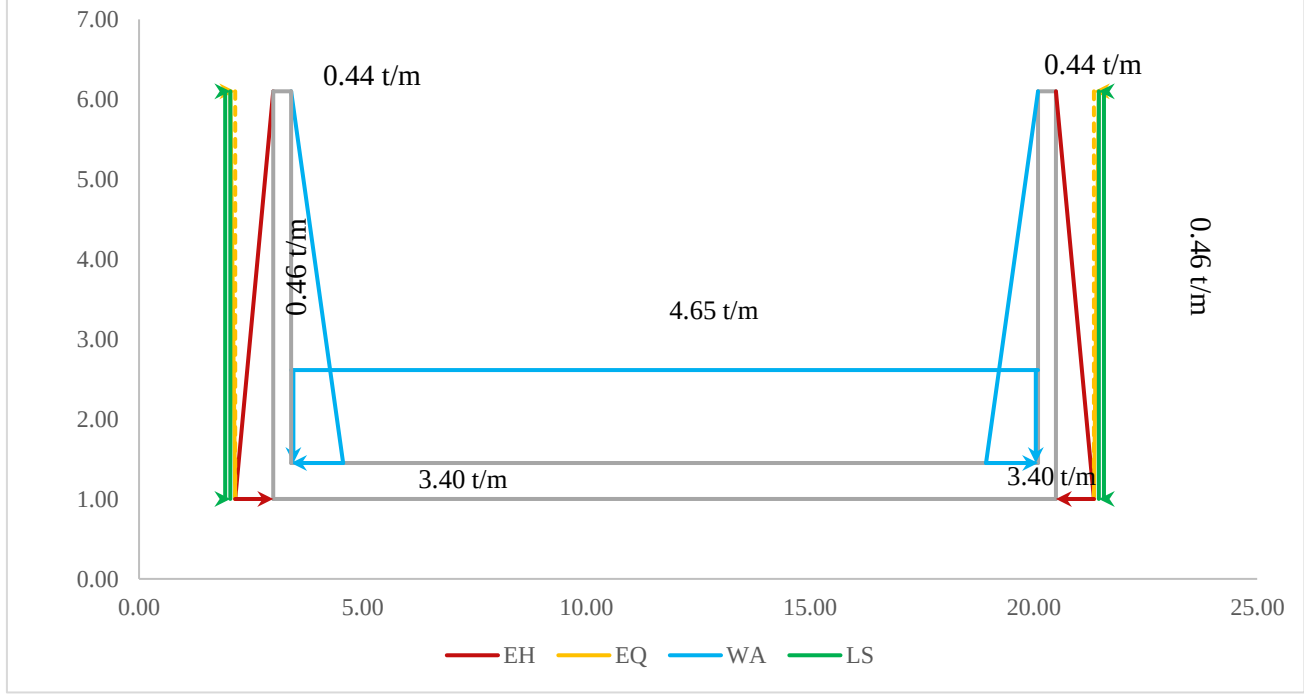
Orientación del Muro = **Perpendicular**
Altura del muro equivalente = 0.69 m
Sobrecarga por carga viva, LS = 0.46 t/m

PRESIÓN DE AGUA (WA)

La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior:

Altura columna de agua, hw = 4.65 m
Peso columna de agua, $WA_v$ = 4.65 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 4.65 t/m

Se presenta la geometría y las solicitaciones que actúan en el canal abierto.




Los estados límites analizados para el diseño del canal, según el artículo 3.4.1 son:

| Estado Límite | DC, EH, ES | LS | WA | EQ |
|---|---|---|---|---|
| Resistencia I | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 | - |
| Evento Extremo I | $\gamma_p$ | $\gamma_{EQ}$ | 1.00 | 1.00 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para los factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | EH | 1.50 | 0.90 |
| | ES | 1.50 | 0.75 |
| $\gamma_{EQ}$ | LS | 0.50 | 0.00 |

Para el modelo estructural del canal abierto se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación del canal sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de servicio.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| DC = | 36.94 t | 46.18 t |
| WA = | 77.66 t | 77.66 t |
| **Carga** | **114.60 t** | **123.84 t** |
| **Esfuerzo** | **6.55 t/m²** | **7.08 t/m²** |

El esfuerzo que el canal abierto le transmite al suelo considerando la sección más crítica del canal, es:

$\sigma_{max}$ = 7.08 t/m² ≤ σadm = 47.01 t/m² OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa inferior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural.

Mu = 22.70 t-m
Ms = 17.00 t-m
Vu = 7.02 t

DISEÑO A FLEXION

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Altura losa, h = | 0.450 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.110 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.340 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00544
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía Balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.034 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 13.29 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 30.19 t-m | |
| Momento seleccionado = | 13.29 t-m | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00312 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00544**

0.750356045

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 18.53 cm² | As Colocado = | 24.70 cm² |
| Barra a usar = | N6 | Prof. Bl. Compresión, a = | 4.36 cm |
| Área de la barra = | 2.84 cm² | Prof. Eje Neutro, c = | 5.13 cm |
| Separación Calculada = | 0.15 m | Capacidad a flexión = | 29.75 t-m |
| **Separación Seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIFICACIÓN RESIST.* | CUMPLE |

0

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | | |
|---|---|---|
| Recubrimiento = | 0.110 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.340 m | |
| Barra usada = | N6 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.119 m | |
| *fss* = | 209 MPa | |
| $d_t$ = | 0.331 m | |
| $\beta_s$ = | 1.51 | |
| $S_{máx}$ = | 0.15 m | |
| **Separación Seleccionada =** | **0.12 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.77 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.77 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.46 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada (C.I) =** | **0.24 m** | OK |
| **Separación seleccionada (Trans.) =** | **0.30 m** | OK |

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 7.02 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.8.3.3

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot bv \cdot dv$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

De acuerdo con el artículo 5.8.2.9, la profundidad efectiva de cortante dv se calcula como la mayor entre:

| | |
|---|---|
| $d_{v1} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.219 m |
| $d_{v2} = 0.90 \cdot d_e$ = | 0.306 m |
| $d_{v3} = 0.72 \cdot H$ = | 0.324 m |
| **$d_v$ =** | **0.324 m** |

La cortante resistida por la losa inferior es = 24.19 t > Vu = 7.02 t OK

**DISEÑO PAREDES**

Mu = 21.00 t-m
Ms = 16.00 t-m
Vu = 12.00 t

DISEÑO A FLEXIÓN

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.400 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.085 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.315 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00592 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía Balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

Momento Fisuración (5.7.3.3.2)

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.027 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Mcr = | 10.50 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 27.93 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento fisuración, Mr = | 10.50 t-m | | |
| Cuantía Fisuración $\rho_r$ = | 0.00286 | | |

**Cuantía Seleccionada ρ = 0.00592**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 18.66 cm² | As Colocado = | 23.67 cm² |
| Barra a usar = | N6 | Prof. Bl. Compresión, a = | 4.18 cm |
| Área de la barra = | 2.84 cm² | Prof. Eje Neutro, c = | 4.91 cm |
| Separación Calculada = | 0.152 m | Capacidad a flexión = | 26.35 t-m |
| **Separación Seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIFICACIÓN RESIST.* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | | |
|---|---|---|
| | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.325 m | |
| Barra usada = | N6 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.085 m | |
| *fss* = | 215 MPa | |
| $d_t$ = | 0.315 m | |
| $\beta_s$ = | 1.38 | |
| $S_{máx}$ = | 0.24 m | |
| **Separación Seleccionada =** | **0.12 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.55 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.55 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.50 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada (C.I) =** | **0.24 m** | OK |
| **Separación seleccionada (Trans.) =** | **0.30 m** | OK |

As dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 2.55 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 12.00 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

De acuerdo con el artículo 5.8.2.9, la profundidad efectiva de cortante dv se calcula como la mayor entre:

| | |
|---|---|
| $d_{v1} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.211 m |
| $d_{v2} = 0.90 \cdot d_e$ = | 0.284 m |
| $d_{v3} = 0.72 \cdot H$ = | 0.288 m |
| **$d_v$ =** | **0.288 m** |

La cortante resistida por la pared es = 21.50 t > Vu = 12.00 t OK

## ANEXO 12 - DISEÑO DE ESTRUCTRA DE ENTRADA y SALIDA TIPICA - TIPO 2

El diseño de la estructural se realiza para un (1) metro lineal de canal.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

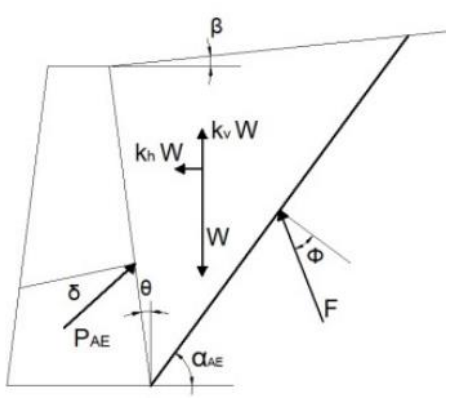
f'c = 28 MPa
fy = 420 MPa

$\rho_{Concreto}$ = 2.40 t/m³
$\rho_{Agua}$ = 1.00 t/m³

rec. ext = 0.075 m
rec. int = 0.075 m
rec. losa inf. = 0.100 m

### PROPIEDADES DEL SUELO

Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = 30 °
Inclinación del talud, β = 0.00 °
Inclinación de la cara del muro, θ = 0 °
Interacción suelo-muro, δ = 0 °
Angulo, ψ = 3.99 °
Densidad del suelo, $\gamma_S$ = 2.00 t/m³
Sobrecarga de suelo , $\sigma_{sobrecarga}$ = 0.00 t/m²
Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = **47.01 t/m²**
Coeficiente de Aceleración, As = 0.100
Coeficiente de Emp. Hor, $K_H$ = 0.067
Coeficiente de Emp. Vert, $K_V$ = 0.044
Coef. en reposo, $k_o$ = 0.50
Coef. activo, $k_a$ = 0.33 (RANKINE)
Coef. pasivo, $k_p$ = 3.00
Coef. dinámico, $k_{AE}$ = 0.38

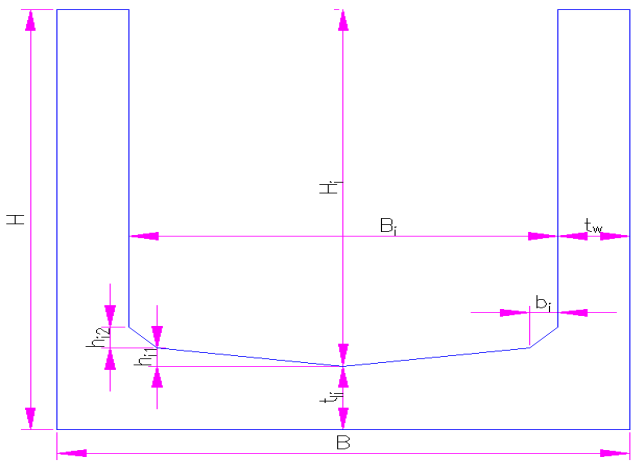



### GEOMETRÍA

Los espesores de la losa de fondo y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

Ancho interno, $B_i$ = 11.10 m
Altura interna, $H_i$ = 4.15 m
Espesor paredes, $t_w$ = 0.30 m
Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = 0.35 m
Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = 0.00 m
Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = 0.00 m
Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = 0.05 m
Altura total, H = 4.50 m
Ancho total, B = 11.70 m




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 3 | Presión dinámica de suelo | EQ |
| 4 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 5 | Presión de agua | WA |

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales del canal, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa inferior = 9.83 t
Peso paredes = 5.98 t

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Para el cálculo de los empujes se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral activa, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP-14 y la metodología de Rankine.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 3.00 t/m

PRESIÓN DINÁMICA DE SUELO (EQ)

Para el cálculo de los empujes dinámicos se emplea el coeficiente de presión dinámica.

Presión mínima, EQ min = 0.39 t/m

SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

El valor de la sobrecarga por carga viva se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.6.1 de la CCP-14.

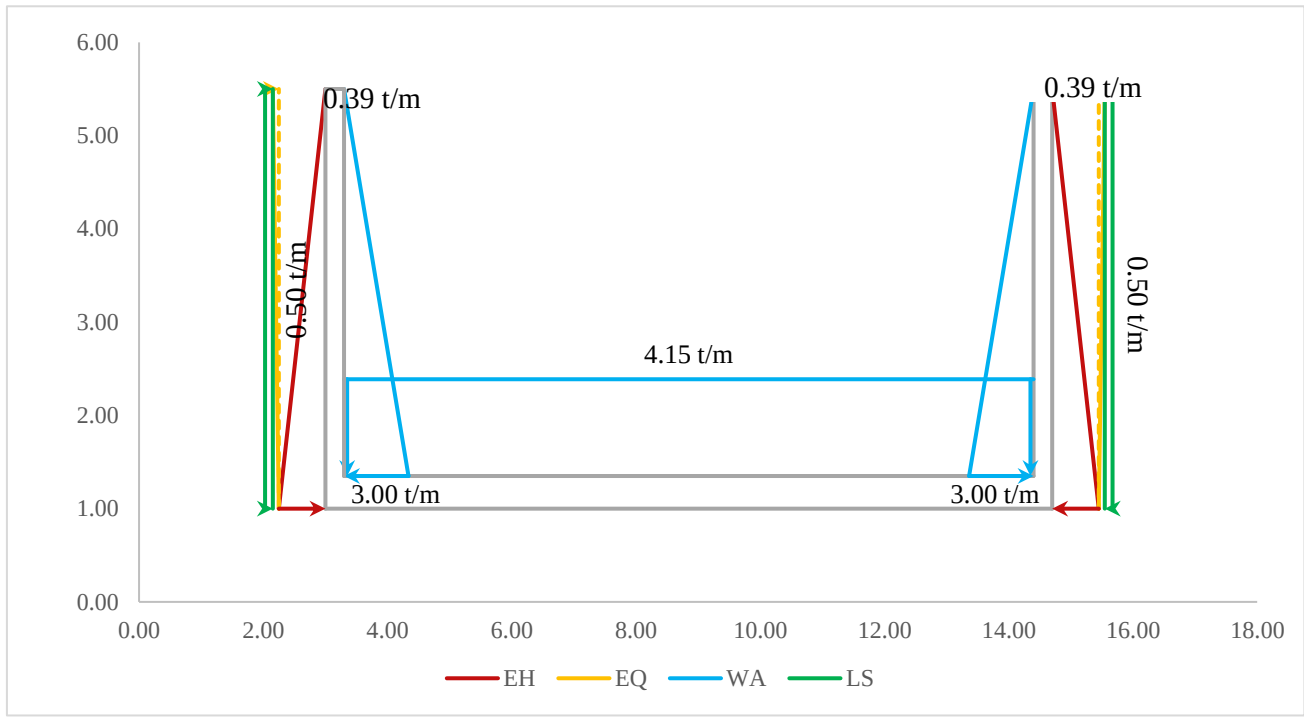
Orientación del Muro = **Perpendicular**
Altura del muro equivalente = 0.75 m
Sobrecarga por carga viva, LS = 0.50 t/m

PRESIÓN DE AGUA (WA)

La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior:

Altura columna de agua, hw = 4.15 m
Peso columna de agua, $WA_v$ = 4.15 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 4.15 t/m

Se presenta la geometría y las solicitaciones que actúan en el canal abierto.




Los estados límites analizados para el diseño del canal, según el artículo 3.4.1 son:

| Estado Límite | DC, EH, ES | LS | WA | EQ |
|---|---|---|---|---|
| Resistencia I | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 | - |
| Evento Extremo I | $\gamma_p$ | $\gamma_{EQ}$ | 1.00 | 1.00 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para los factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | EH | 1.50 | 0.90 |
| | ES | 1.50 | 0.75 |
| $\gamma_{EQ}$ | LS | 0.50 | 0.00 |

Para el modelo estructural del canal abierto se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación del canal sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de servicio.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| DC = | 15.80 t | 19.76 t |
| WA = | 46.07 t | 46.07 t |
| **Carga** | **61.87 t** | **65.82 t** |
| **Esfuerzo** | **5.29 t/m²** | **5.63 t/m²** |

El esfuerzo que el canal abierto le transmite al suelo considerando la sección más crítica del canal, es:

$\sigma_{max}$ = 5.63 t/m² ≤ σadm = 47.01 t/m² OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa inferior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural.

Mu = 20.19 t-m
Ms = 13.38 t-m
Vu = 3.60 t

DISEÑO A FLEXION

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Altura losa, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.110 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.240 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.01015
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía Balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.020 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 8.04 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 26.85 t-m | |
| Momento seleccionado = | 8.04 t-m | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00381 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.01015**

0.859257277

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 24.40 cm² | As Colocado = | 28.40 cm² |
| Barra a usar = | N6 | Prof. Bl. Compresión, a = | 5.01 cm |
| Área de la barra = | 2.84 cm² | Prof. Eje Neutro, c = | 5.90 cm |
| Separación Calculada = | 0.12 m | Capacidad a flexión = | 23.13 t-m |
| **Separación Seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIFICACIÓN RESIST.* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | | |
|---|---|---|
| Recubrimiento = | 0.110 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.240 m | |
| Barra usada = | N6 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.119 m | |
| *fss* = | 206 MPa | |
| $d_t$ = | 0.231 m | |
| $\beta_s$ = | 1.74 | |
| $S_{máx}$ = | 0.10 m | |
| **Separación Seleccionada =** | **0.10 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.31 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada (C.I) =** | **0.20 m** | OK |
| **Separación seleccionada (Trans.) =** | **0.30 m** | OK |

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 3.60 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.8.3.3

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot bv \cdot dv$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

De acuerdo con el artículo 5.8.2.9, la profundidad efectiva de cortante dv se calcula como la mayor entre:

| | |
|---|---|
| $d_{v1} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.169 m |
| $d_{v2} = 0.90 \cdot d_e$ = | 0.216 m |
| $d_{v3} = 0.72 \cdot H$ = | 0.252 m |
| **$d_v$ =** | **0.252 m** |

La cortante resistida por la losa inferior es = 18.82 t > Vu = 3.60 t OK

**DISEÑO PAREDES**

Mu = 18.57 t-m
Ms = 12.41 t-m
Vu = 9.30 t

DISEÑO A FLEXIÓN

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.300 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.085 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.215 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.01184 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía Balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

Momento Fisuración (5.7.3.3.2)

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.015 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Mcr = | 5.91 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 24.70 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento fisuración, Mr = | 5.91 t-m | | |
| Cuantía Fisuración $\rho_r$ = | 0.00347 | | |

**Cuantía Seleccionada ρ = 0.01184**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 25.52 cm² | As Colocado = | 28.40 cm² |
| Barra a usar = | N6 | Prof. Bl. Compresión, a = | 5.01 cm |
| Área de la barra = | 2.84 cm² | Prof. Eje Neutro, c = | 5.90 cm |
| Separación Calculada = | 0.11 m | Capacidad a flexión = | 20.44 t-m |
| **Separación Seleccionada =** | **0.10 m** | *VERIFICACIÓN RESIST.* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | | |
|---|---|---|
| | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.225 m | |
| Barra usada = | N6 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.085 m | |
| *fss* = | 205 MPa | |
| $d_t$ = | 0.215 m | |
| $\beta_s$ = | 1.56 | |
| $S_{máx}$ = | 0.21 m | |
| **Separación Seleccionada =** | **0.10 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.06 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada (C.I) =** | **0.30 m** | OK |
| **Separación seleccionada (Trans.) =** | **0.20 m** | OK |

As dispuesto = 4.23 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 9.30 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

De acuerdo con el artículo 5.8.2.9, la profundidad efectiva de cortante dv se calcula como la mayor entre:

| | |
|---|---|
| $d_{v1} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.156 m |
| $d_{v2} = 0.90 \cdot d_e$ = | 0.194 m |
| $d_{v3} = 0.72 \cdot H$ = | 0.216 m |
| **$d_v$ =** | **0.216 m** |

La cortante resistida por la pared es = 16.13 t > Vu = 9.30 t OK

## ANEXO 13 - DISEÑO DE ESTRUCTRA DE ENTRADA y SALIDA - TIPO 3

El diseño de la estructural se realiza para un (1) metro lineal de canal.

### PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

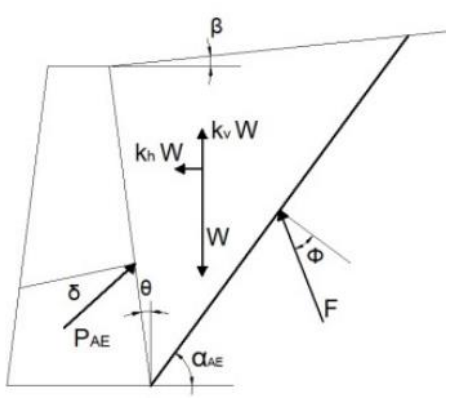
f'c = 28 MPa
fy = 420 MPa

$\rho_{Concreto}$ = 2.40 t/m³
$\rho_{Agua}$ = 1.00 t/m³

rec. ext = 0.075 m
rec. int = 0.075 m
rec. losa inf. = 0.100 m

### PROPIEDADES DEL SUELO

Ángulo de fricción efectiva, $\phi'_f$ = 30 °
Inclinación del talud, β = 0.00 °
Inclinación de la cara del muro, θ = 0 °
Interacción suelo-muro, δ = 0 °
Angulo, ψ = 3.99 °
Densidad del suelo, $\gamma_S$ = 2.00 t/m³
Sobrecarga de suelo , $\sigma_{sobrecarga}$ = 0.00 t/m²
Capacidad admisible, $\sigma_{adm}$ = **47.01 t/m²**
Coeficiente de Aceleración, As = 0.100
Coeficiente de Emp. Hor, $K_H$ = 0.067
Coeficiente de Emp. Vert, $K_V$ = 0.044
Coef. en reposo, $k_o$ = 0.50
Coef. activo, $k_a$ = 0.33 (RANKINE)
Coef. pasivo, $k_p$ = 3.00
Coef. dinámico, $k_{AE}$ = 0.38

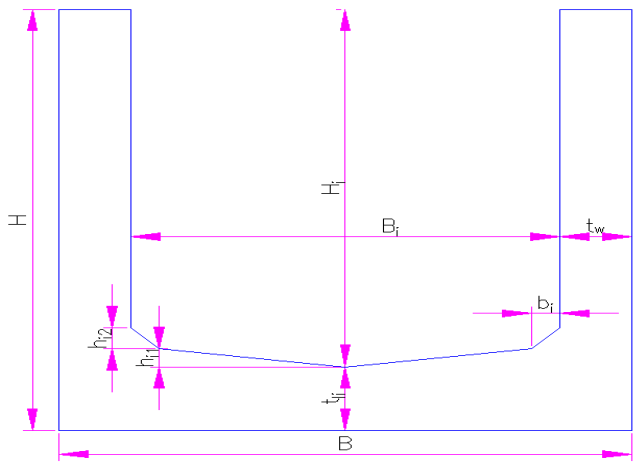



### GEOMETRÍA

Los espesores de la losa de fondo y las paredes son definidos según los criterios **recomendados** por la *Portland Cement Association* (PCA) y al contenido del 751.8 LRFD Concrete Box Culverts

La geometría básica de la sección transversal es presentada a continuación.

Ancho interno, $B_i$ = 6.30 m
Altura interna, $H_i$ = 3.35 m
Espesor paredes, $t_w$ = 0.35 m
Espesor mín losa inferior, $t_{li}$ = 0.40 m
Altura chaflán1 losa inferior, $h_{i1}$ = 0.00 m
Altura chaflán2 losa inferior, $h_{i2}$ = 0.00 m
Ancho chaflán losa inferior, $b_i$ = 0.05 m
Altura total, H = 3.75 m
Ancho total, B = 7.00 m




### CARGAS DE DISEÑO

La estructura se diseñará para soportar las siguientes cargas según la CCP14.

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Peso propio | DC |
| 2 | Presión horizontal del suelo | EH |
| 3 | Presión dinámica de suelo | EQ |
| 4 | Sobrecarga por carga viva | LS |
| 5 | Presión de agua | WA |

PESO PROPIO (DC)

Se presenta el peso propio de los elementos principales del canal, tomando el peso unitario del concreto de 2.40 t/m$^3$:

Carga losa inferior = 6.72 t
Peso paredes = 5.63 t

PRESIÓN HORIZONTAL DE SUELO (EH)

Para el cálculo de los empujes se emplea para el cálculo de los empujes el coeficiente de presión lateral activa, el cual se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.5 de la CCP-14 y la metodología de Rankine.

Presión mínima, EH min = 0.00 t/m
Presión máxima, EH max = 2.50 t/m

PRESIÓN DINÁMICA DE SUELO (EQ)

Para el cálculo de los empujes dinámicos se emplea el coeficiente de presión dinámica.

Presión mínima, EQ min = 0.32 t/m

SOBRECARGA POR CARGA VIVA (LS)

El valor de la sobrecarga por carga viva se calcula según lo descrito en el artículo 3.11.6.1 de la CCP-14.

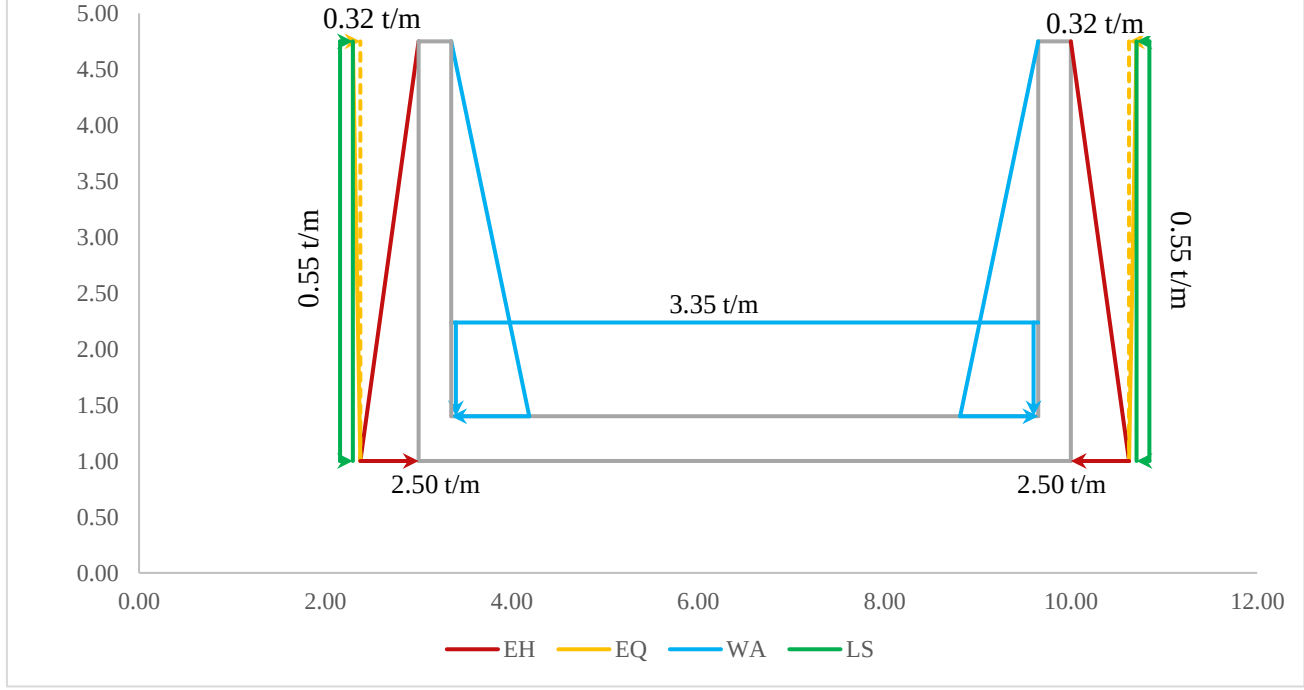
Orientación del Muro = **Perpendicular**
Altura del muro equivalente = 0.83 m
Sobrecarga por carga viva, LS = 0.55 t/m

PRESIÓN DE AGUA (WA)

La columna de agua ejerce una carga tanto en las paredes como en la losa inferior:

Altura columna de agua, hw = 3.35 m
Peso columna de agua, $WA_v$ = 3.35 t/m
C. min. columna de agua, $WA_h$ = 0.00 t/m
C. max. columna de agua, $WA_h$ = 3.35 t/m

Se presenta la geometría y las solicitaciones que actúan en el canal abierto.




Los estados límites analizados para el diseño del canal, según el artículo 3.4.1 son:

| Estado Límite | DC, EH, ES | LS | WA | EQ |
|---|---|---|---|---|
| Resistencia I | $\gamma_p$ | 1.75 | 1.00 | - |
| Evento Extremo I | $\gamma_p$ | $\gamma_{EQ}$ | 1.00 | 1.00 |
| Servicio I | 1.00 | 1.00 | 1.00 | - |

Según la tabla 3.4.1-2, se obtiene los siguientes valores para los factor de carga:

| F. de carga | Carga | Máx. | Mín. |
|---|---|---|---|
| $\gamma_p$ | DC | 1.25 | 0.90 |
| | EH | 1.50 | 0.90 |
| | ES | 1.50 | 0.75 |
| $\gamma_{EQ}$ | LS | 0.50 | 0.00 |

Para el modelo estructural del canal abierto se empleó el software estructural MIDAS CIVIL, donde se incluye las diferentes secciones empleadas en el diseño, propiedades mecánicas de los materiales, condiciones de contorno y las cargas consideradas.

**REVISIÓN DE CAPACIDAD ADMISIBLE DEL SUELO**

Se verifica que la capacidad portante del suelo a nivel de cimentación del canal sea suficiente para soportar las cargas gravitacionales provenientes de la estructura, en estado límite de servicio.

| Carga | *EL* S-I | *EL* R-I |
|---|---|---|
| DC = | 12.35 t | 15.44 t |
| WA = | 21.11 t | 21.11 t |
| **Carga** | **33.45 t** | **36.54 t** |
| **Esfuerzo** | **4.78 t/m²** | **5.22 t/m²** |

El esfuerzo que el canal abierto le transmite al suelo considerando la sección más crítica del canal, es:

$\sigma_{max}$ = 5.22 t/m² ≤ σadm = 47.01 t/m² OK

**DISEÑO LOSA INFERIOR**

Se presenta el diseño estructural de la losa inferior para las solicitaciones máximas obtenidas del modelo estructural.

Mu = 13.00 t-m
Ms = 8.00 t-m
Vu = 4.00 t

DISEÑO A FLEXION

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño losa, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Altura losa, h = | 0.400 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.108 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.292 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

Cuantía calculada, $\rho_s$ = 0.00419
Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = 0.85
Cuantía Balanceada, $\rho_b$ = 0.02856 ($\rho_s < \rho b$)

*Refuerzo mínimo (5.7.3.3.2)*

Se calcula una cuantía mínima que disminuya las probabilidades de ocurrir una falla frágil en la sección, como la menor entre la cuantía requerida para atender 1.33 veces el momento de diseño y la cuantía del momento de fisuración

| | | |
|---|---|---|
| $\gamma_1$ = | 1.6 | Demás estructuras concreto |
| $\gamma_2$ = | - | No presforzado |
| $\gamma_3$ = | 0.75 | Refuerzo A706 - Grado 60 |
| $S_C$ = | 0.027 m³ | |
| Momento de fisuración, Mcr = | 10.50 t-m | |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 17.29 t-m | |
| Momento seleccionado = | 10.50 t-m | |
| Cuantía mínima, $\rho_{mín}$ = | 0.00336 | |

**Cuantía de diseño, ρ = 0.00419**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 12.23 cm² | As Colocado = | 16.50 cm² |
| Barra a usar = | N5 | Prof. Bl. Compresión, a = | 2.91 cm |
| Área de la barra = | 1.98 cm² | Prof. Eje Neutro, c = | 3.43 cm |
| Separación Calculada = | 0.16 m | Capacidad a flexión = | 17.31 t-m |
| **Separación Seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIFICACIÓN RESIST.* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

Según el artículo 12.11.3 para controlar el ancho de fisuración en el estado límite de servicios se debe tener en cuenta los requisitos del artículo 5.7.3.4

| | | |
|---|---|---|
| Recubrimiento = | 0.108 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.292 m | |
| Barra usada = | N5 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.116 m | |
| *fss* = | 169 MPa | |
| $d_t$ = | 0.284 m | |
| $\beta_s$ = | 1.58 | |
| $S_{máx}$ = | 0.23 m | |
| **Separación Seleccionada =** | **0.12 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

De acuerdo con las disposiciones del artículo 5.10.8 se deberá disponer refuerzo para atender los efectos de retracción del concreto y los cambios de temperatura.

Asmin = 2.34 cm² ≤ Ascalculado = 2.55 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.55 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.50 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada (C.I) =** | **0.24 m** | OK |
| **Separación seleccionada (Trans.) =** | **0.30 m** | OK |

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 4.00 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como se especifica en el artículo 5.8.3.3

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot bv \cdot dv$$

Se toma un valor de β = 2.0 según el artículo 5.8.3.4.1

De acuerdo con el artículo 5.8.2.9, la profundidad efectiva de cortante dv se calcula como la mayor entre:

| | |
|---|---|
| $d_{v1} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.188 m |
| $d_{v2} = 0.90 \cdot d_e$ = | 0.263 m |
| $d_{v3} = 0.72 \cdot H$ = | 0.288 m |
| **$d_v$ =** | **0.288 m** |

La cortante resistida por la losa inferior es = 21.50 t > Vu = 4.00 t OK

**DISEÑO PAREDES**

Mu = 10.70 t-m
Ms = 8.00 t-m
Vu = 9.00 t

DISEÑO A FLEXIÓN

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ancho diseño pared, b = | 1.000 m | f'c = | 28 MPa | |
| Espesor de pared, h = | 0.350 m | *fr* = | 3.28 MPa | |
| Recubrimiento = | 0.081 m | fy = | 420 MPa | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.269 m | $\phi_f$ = | 0.90 | (12.5.5-1) |

| | | |
|---|---|---|
| Cuantía calculada, $\rho_s$ = | 0.00410 | |
| Factor del bloque a comp., $\beta_1$ = | 0.85 | |
| Cuantía Balanceada, $\rho_b$ = | 0.02856 | ($\rho_s < \rho b$) |

Momento Fisuración (5.7.3.3.2)

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_C$ = | 0.020 m³ | $\gamma_1$ = | 1.6 |
| Mcr = | 8.04 t-m | $\gamma_2$ = | - |
| $1.33M_{Diseño}$ = | 14.23 t-m | $\gamma_3$ = | 0.75 |
| Momento fisuración, Mr = | 8.04 t-m | | |
| Cuantía Fisuración $\rho_r$ = | 0.00303 | | |

**Cuantía Seleccionada ρ = 0.00410**

| | | | |
|---|---|---|---|
| As requerido = | 11.00 cm² | As Colocado = | 11.00 cm² |
| Barra a usar = | N4 | Prof. Bl. Compresión, a = | 1.94 cm |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | Prof. Eje Neutro, c = | 2.28 cm |
| Separación Calculada = | 0.12 m | Capacidad a flexión = | 10.77 t-m |
| **Separación Seleccionada =** | **0.12 m** | *VERIFICACIÓN RESIST.* | CUMPLE |

CONTROL DE AGRIETAMIENTO

| | | |
|---|---|---|
| | 0.075 m | |
| Profundidad efectiva, d = | 0.275 m | |
| Barra usada = | N4 | |
| $\gamma_e$ = | 1.00 | Clase 1 |
| $d_c$ = | 0.081 m | |
| *fss* = | 271 MPa | |
| $d_t$ = | 0.269 m | |
| $\beta_s$ = | 1.43 | |
| $S_{máx}$ = | 0.15 m | |
| **Separación Seleccionada =** | **0.12 m** | OK |

REFUERZO DE RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

Asmin = 2.34 cm² ≥ Ascalculado = 2.31 cm² ≤ Asmax = 12.78 cm²

| | | |
|---|---|---|
| As requerido = | 2.34 cm² | |
| Barra a usar = | N4 | |
| Área de la barra = | 1.27 cm² | |
| Separación calculada = | 0.54 m | |
| Separación máxima = | 0.45 m | (5.10.8) |
| **Separación seleccionada (C.I) =** | **0.24 m** | OK |
| **Separación seleccionada (Trans.) =** | **0.20 m** | OK |

As dispuesto = 5.29 cm² > As req. = 2.34 cm² OK

REVISIÓN A CORTANTE

| | | |
|---|---|---|
| Cortante última, Vu = | 9.00 t | |
| $\phi_v$ = | 0.85 | (12.5.5-1) |

Para la revisión a cortante, se toma la resistencia del concreto al corte como:

$$\phi Vc = \phi \cdot 0.083 \cdot \beta \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_v \cdot d_v$$

Se toma un valor de $\beta = 2.0$ según el artículo 5.8.3.4.1

De acuerdo con el artículo 5.8.2.9, la profundidad efectiva de cortante dv se calcula como la mayor entre:

| | |
|---|---|
| $d_{v1} = M_n/A_s \cdot F_y$ = | 0.232 m |
| $d_{v2} = 0.90 \cdot d_e$ = | 0.242 m |
| $d_{v3} = 0.72 \cdot H$ = | 0.252 m |
| **$d_v$ =** | **0.252 m** |

La cortante resistida por la pared es = 18.82 t > Vu = 9.00 t OK

# ANEXO 14 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA - PUENTE PR22+330

## 1 ANTECEDENTES

Se realizaron los trabajos de campo en el puente, desde el martes 3 a viernes 6 de octubre de 2023, realizando una serie de ensayos sobre la estructura, previamente se determinó el proceso a seguir, los puntos a revisar.

La información obtenida sobre este proceso es la siguiente:

- El trabajo de campo se realizó a un puente denominado sector Santa Teresa, ubicado en la vía Vereda Dos y medio a Otanche en Puerto Boyacá en el Departamento de Boyacá.

- El puente está ubicado en área rural del Departamentos de Boyacá en límites con el Departamento de Cundinamarca.

- Su construcción en Placa de rodamiento de concreto reforzado con dos mallas (superior e inferior) apoyada sobre muros a cada extremo (puente de una luz) con 4 vigas pre esforzadas con muros extremos en concreto reforzado como apoyo, además de una viga riostra en el centro de la luz.

- Esta estructura fue construida hace unos 20 años, (según datos de los lugareños, pues no se tiene información concreta) por lo tanto debe haber sido construido con código. el refuerzo es corrugado tanto en vigas como en tablero de rodamiento (ver detalle más adelante). Las vigas pre esforzadas por su condición solo se logró una extracción, además la mayor parte de ensayos se realizaron con equipos no destructivos.

- Se revisará la resistencia del concreto componente del Tablero, muro de apoyo y vigas pre esforzadas, más la cuantía, estado y calibre del refuerzo, con ensayos destructivos y no destructivos. Por lo tanto, se determinó la realización de ensayos de localización del acero de refuerzo, apiques, regatas, Extracción de núcleos, ultras en campo y probetas en laboratorio antes de fallarlos, pruebas químicas para profundidad de carbonatación (todos estos ensayos en sitios aleatorios).

Durante el estudio de campo, se observaron los siguientes aspectos:

- Se encontró en general un concreto con un F´c por encima de 5100 psi en vigas, 5300 psi para la placa del tablero; es de tener en cuenta que no se tuvo información sobre el diseño del puente.

- El refuerzo de todas las estructuras revisadas, en general lo encontramos en buen estado sin grandes procesos de corrosión. En su generalidad solo encontramos algunos problemas patológicos en la parte inferior del tablero de rodamiento, algo muy común en estas estructuras ubicadas en regiones con alta humedad.

- Se utilizó concreto vaciado "in situ" con materiales tomados del entorno, si se evidencia agregados contaminados o con materia orgánica, canto rodado o agregado falso, llamado así en la región.

- Los agregados están compuestos de canto rodado, con materia orgánica con algunos sobre tamaños cerca de 2".

- Las pruebas químicas presentaron concretos con sanidad en vigas, entretanto, hay carbonatación por sectores (zona Occidental parte inferior del tablero) en el concreto de la placa inferior este problema patológico afecta al refuerzo, el cual tiene un proceso leve de corrosión a pesar de su buen recubrimiento, lo que hace que en algunos sectores se presente carbonatación y corrosión.

- Las vigas pre esforzadas presentan una aparente sanidad y las pruebas realizadas solo con equipo electrónico, así lo demuestran (solo fue posible una sola extracción).

**GENERALIDADES Y OBJETO DEL ESTUDIO.**

El objeto del presente estudio es la revisión patológica en el Puente de una luz del denominado puente sobre quebrada en el sector de Santa Teresa, zona rural de Puerto Boyacá vía Dos y medio a Otanche en el Departamento de Boyacá, por medio de ensayos destructivos y no destructivos del estado actual del puente; incluye el tablero, vigas pre esforzadas (por lo tanto se realiza una extracción y lo demás con ensayos no destructivos) determinando sección y resistencia del concreto, cuantías y calibres del refuerzo, que sirvan como base para modelado por parte del ingeniero calculista.

El estudio no incluye revisión de la cimentación de los estribos del puente, ni apoyos de este.

# 2 INFORMACIÓN PREVIA

## 2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

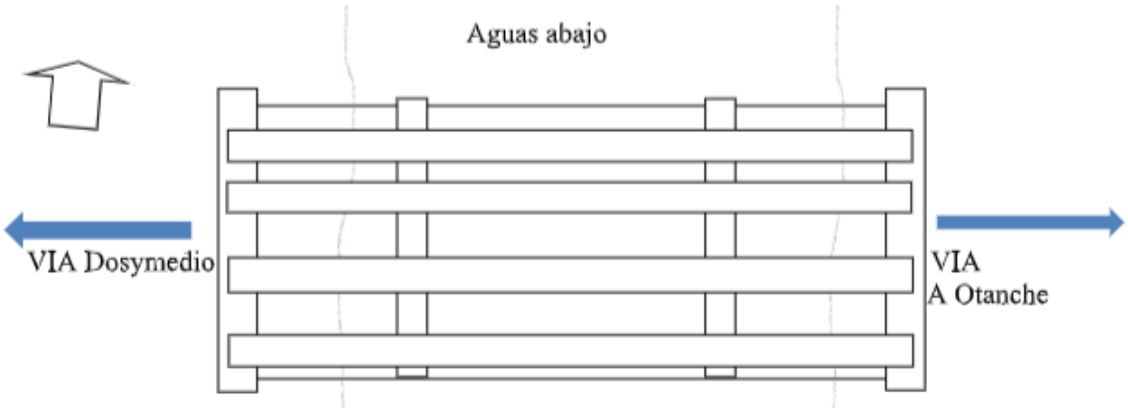



Figura. 1 Puente sector Santa Teresa PR22+330

La estructura Puente Santa Teresa, está ubicado en la vía de la Vereda Dos y medio de Puerto Boyacá y conduce a Otanche en el Departamento de Boyacá, sobre una Quebrada, a 30 kilómetros del casco Urbano del Municipio de Puerto Boyacá en el Departamento de Boyacá, localizado en zona rural a lo largo de la vía a Chiquinquirá.

## 2.2 HISTORIA DE LA ESTRUCTURA

El Puente PR 22+330 tiene una edad aproximada de 20 años y une las poblaciones Dos y medio con Otanche (Boyacá) Vía secundaria hacia Chiquinquirá, y cruza una Quebrada; durante su existencia no ha tenido remodelaciones, pero si la adición de un paso peatonal (anden en concreto) en el costado Sur, tema que no es del alcance del presente estudio.

## 2.3 TIPOLOGÍA GENERAL DE LA ESTRUCTURA

Puente de una luz (22,95 m) y una calzada con dos carriles, el ancho del puente es de 8.90m más sardineles y el andén del costado Sur, cuya estructura consta de dos estribos de apoyo, conformado cada uno por un muro en concreto Reforzado, donde se apoyan las 4 vigas pre esforzadas en sentido Occidente Oriente.

Con respecto al tablero, se destaca que está conformado por una placa de concreto reforzado con dos parrillas de acero corrugado localizadas en cada una de las caras de la misma (una superior y otra inferior). El tablero se apoya en 4 vigas pre esforzadas, las cuales tienen una viga riostra en el centro de su longitud. El tablero no posee carpeta asfáltica, solo es la placa en concreto con desgaste medio, la vía actualmente es tipo destapada (afirmado).

## 2.4 USO DE LA ESTRUCTURA

La estructura actualmente funciona como conexión vehicular y peatonal (cuenta solo con una senda peatonal en concreto en el costado Sur) entre las poblaciones de Dos y medio y el Otanche en el Departamento de Boyacá.

Posee una calzada de dos carriles (8.90 metros), con dilatación abierta y con blindaje metálico en buen estado, además en ambos extremos existe placa de aproximación de 5,95m hacia el Occidente y de 6,05 hacia el Oriente.

Este es un puente con transito medio y pesado. Con respecto al paso peatonal, este se hace de manera segura por la estructura de concreto, existen barandas a de protección a cada lado (pingüinos metálicos), ancladas a los sardineles en concreto reforzado donde estas se apoyan, las cuales evidencian falta de mantenimiento.

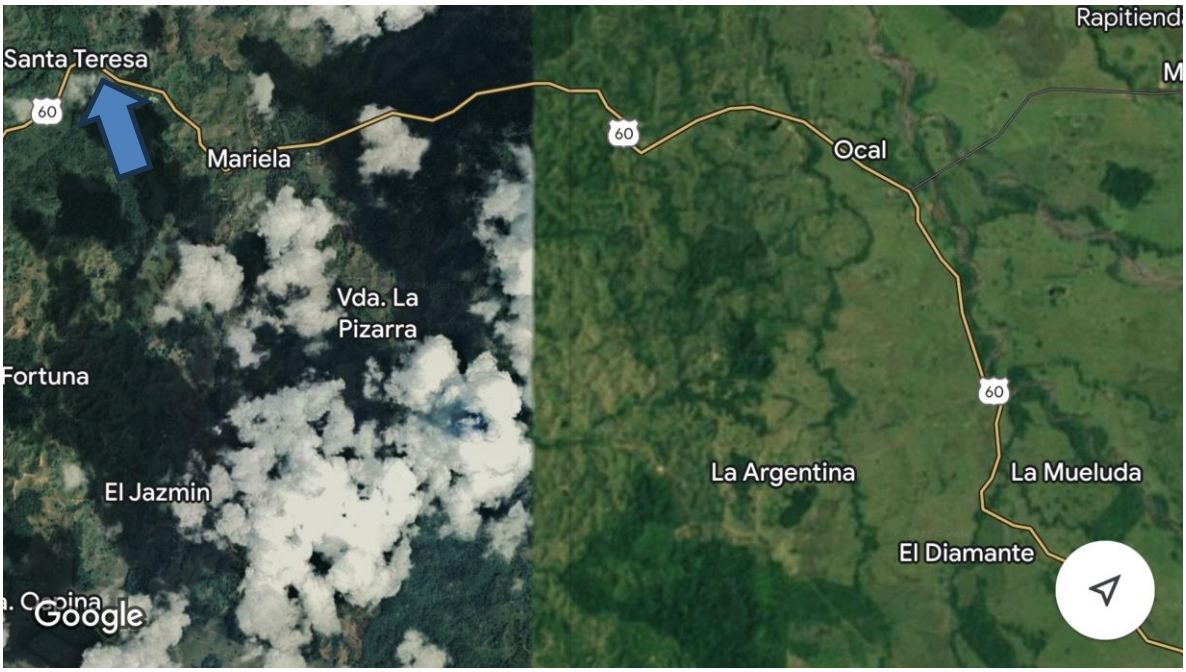



Figura. 2. Localización de la estructura.

## 3 RECONOCIMIENTO INICIAL

### 3.1 ENTORNO DE LA ESTRUCTURA

El Puente Santa Teresa, está ubicado en una zona rural, donde se presenta una conexión secundaria dentro del Departamento de Boyacá y áreas límites del Departamento de Cundinamarca, región que presenta una alta humedad relativa, pues se encuentra muy cerca al Rio Magdalena, situación que afecta especialmente la parte inferior del puente, bajo placa, y los elementos metálicos (barandas) las vigas presentan sanidad. Este puente tiene un proceso inicial de corrosión en la parte inferior del

tablero (de acuerdo a sitios auscultados de la placa), posiblemente por humedad afectación directa de la Quebrada y el guano de murciélagos sobre vigas, a pesar del buen recubrimiento del refuerzo.

## 3.2 CONDICIONES DE TRABAJO DE CAMPO

Debido a que la estructura se haya en uso y que el puente sirve en dos sentidos, el trabajo de campo se desarrolló aprovechando las horas de menor impacto por el tráfico, ya que allí antes de ingresar se maneja uno de los "pare y siga" de la carretera principal, entretanto, que las vigas y placa inferior (que hacen parte del trabajo de campo), que demandan mayor trabajo, se realizaron con un horario más flexible; no fue necesario realizar los trabajos con andamios especiales a pesar de tener un galibo considerable, ya que gran parte de los ensayos se pudieron realizar en sitios de altura promedia de una persona, especialmente en la zona inferior del tablero y las vigas principales.

Inicialmente, se realizó una exploración preliminar, localizando y marcando los sectores y elementos a revisar, que posteriormente fueron auscultados ocasionando las menores molestias posibles a los vehículos y transeúntes que circulaban por el puente.

La detección del acero en el concreto reforzado, se efectuó por medio de equipo electrónico, indicando su posición por medio de marcas directas sobre el concreto, actividad que se efectuó en horario de la mañana, facilitando esta labor debido a la humedad y lluvias intermitentes (hay ensayos que no se pueden realizar con lluvia o superficies húmedas), haciendo posteriormente los apiques, regatas y extracciones de núcleos en horas posteriores, elaborando luego las hojas de campo, la toma de fotos, resanes y el aseo, que se realizaron al día siguiente.

Los ensayos de campo se realizaron con los siguientes equipos:

- Detector de aceros marca MILWAKEE y HILTI PS-20, para la localización del acero de refuerzo, antes de hacer los ultrasonidos.
- Equipo de ultrasonido marca PUNDI 71, para la toma de los tiempos que tarda el sonido en viajar de un punto a otro, estableciendo con su distancia conocida, una velocidad expresada en metros/segundo.
- Extractor de núcleos marca BLACK AND DECKER y HILTI con broca de diamante de 3".
- Cámara digital y otras herramientas menores. Esclerómetro CONTROLS.

## 3.3 LISTADO DE ELEMENTOS SELECCIONADOS

Los elementos revisados en el presente estudio fueron:

Vigas pre esforzadas (centro y extremo), placa o tablero, y elementos complementarios a nivel general (baranda de protección, lloraderos, sardineles), que se listan en el siguiente cuadro general (el detalle de los elementos y ensayos realizados se encuentra en los anexos del presente informe):

Tabla 1 Listado de elementos seleccionados

| ELEMENTO | CANTIDAD | LOCALIZACIÓN GENERAL |
|---|---|---|
| V. Pre esforzadas | 4 | Zona Occidental, Oriental y central del Puente (entre vigas). |
| Muro apoyo en concreto reforzado | 2 | Costados Occidental (vía a Dos y medio a Otanche. |
| Tablero | 4 | 4 puntos en Cara inferior y cara superior. |
| Núcleos | 5 | Viga Nor Occidente. Placa tablero rodamiento Sur (superior). Tablero Nor Occidental. Muro apoyo en concreto reforzado. Uno de los núcleos fallo en su extracción. |
| Dilataciones y placas de aproximación. | 2 | Fue posible detectar las placas de aproximación, una al Oriente con 6,05m y la del extremo contrario con 5,95m. las dilataciones son abiertas y metálicas. |
| Baranda de protección y lloraderos | 2 | Costados laterales. Barandas de protección a cada lado en pingüinos metálicos anclados a los sardineles de concreto y estructura para paso peatonal o anden sobre el tablero sector Sur. No se encontraron Neoprenos en apoyos de vigas con muros. Hay 8 lloraderos de 3” por cada costado lateral. |

# 4 RECONOCIMIENTO PATOLÓGICO

## 4.1 RESISTENCIA ESTIMADA DEL CONCRETO.

En los anexos, se encuentra el cuadro detallado de las resistencias obtenidas de los núcleos y sus correlaciones con las lecturas de ultrasonido, por cada elemento revisado y según sean vigas o tablero de rodamiento; algunos de los resultados son producto de los ensayos directos realizados en cada elemento y otros son obtenidos por las correlaciones de los resultados del ultrasonido, con los ensayos a compresión de los núcleos.

Para definir los rangos más representativos, se dan los siguientes valores (sin factor de seguridad):

Vigas pre esforzadas: promedio de 6900psi kg/cm2. Con núcleos y equipo electrónico.
Tablero: por correlación núcleos y ultrasonido 6500psi.
Muros apoyo: promedio 6300psi. Con núcleos y ultrasonido.

El concreto para vigas, de acuerdo con su edad, se debe comparar con una resistencia por encima de F’c de 280 kg/cm2 y para el tablero, por encima de F’c de 280 kg/cm2. El resultado de las vigas con equipo electrónico es aceptable.

El promedio de densidad del concreto en gr/cm3 es el siguiente:

Estribo: 2,29 gr/cm3.
Viga: 2,43 gr/cm3.
Tablero: 2,34 gr/cm3

Estos resultados se consideran buenos (un promedio aceptable es de 2,30 a 2,40gr/cm3) para los concretos de la región, teniendo en cuenta que los elementos tienen posiblemente entre 30 a 40 años.

## 4.2 CARBONATACIÓN DEL CONCRETO.

Se realizaron pruebas químicas de carbonatación en el concreto, encontrando los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultado de pruebas de carbonatación.

| No. | Localización | Comentarios |
|---|---|---|
| 1 | TABLERO OCC, Vía Dos y medio a Otanche. | Concreto con carbonatación inicial de 20% inferior. Refuerzo sano sin corrosión. Pequeños hormigueros en la parte inferior. Zona superior concreto Sano igual el refuerzo. Buen recubrimiento. |
| 2 | TABLERO ZONA SUR ORIENTE (entre vigas pre esforzadas). | Concreto sin carbonatación en tablero zona superior y en la parte inferior de apenas un 10%. |
| 3 | MURO APOYO NOR OCCIDENTE, vía a Dos y medio. | Concreto con carbonatación de 30% inferior. Refuerzo sin corrosión. Hormigueros en la parte inferior. Sano parte superior. |
| 4 | VIGAS OCCIDENTE, Vía a Dos y medio. | Concreto sin carbonatación con ensayos en dos sitios de cada viga. |

## 4.3 TIPO DE REFUERZO Y ESTADO EN LOS SITIOS EXPLORADOS

El acero de refuerzo encontrado en la placa de concreto del tablero es de alta resistencia, siendo dos mallas, una superior de 5/8” corrugada cada 12cm sentido transversal (Norte Sur), y 1/2” corrugada en el sentido longitudinal cada 25cm; igualmente la malla inferior es de 1/2” corrugada cada 20 cm en sentido longitudinal y 5/8” corrugada cada 15 a 17cm sentido transversal (ensayos realizados en el centro y costado Norte del tablero). El recubrimiento en la cara superior es de 4 a 5cm mientras que en la cara inferior de la placa llega a tener en algunos sectores puntuales del costado Norte hasta 6cm.

Para los muros extremos de apoyo encontramos refuerzo vertical de ½” corrugada cada 25cm y refuerzo horizontal de 7/8” corrugada cada 30cm.
Como dijimos anteriormente, hay 4 vigas pre esforzadas (sección de 0.61 x 1.58) sobre los muros de apoyo en concreto reforzado, son elementos sanos no registran fisuras y la afectación externa radica solo en el guano de los murciélagos, principalmente en el cruce con la viga riostra y en los apoyos

con los muros Oriental y Occidental, donde este problema patológico se une con la penetración de humedad desde el tablero.

No hay evidencia de neopreno en los apoyos de vigas con muros de apoyo, aunque no hace parte de este informe.

## 4.4 ESPESOR DE LOSAS Y ACABADOS

La exploración del tablero del puente se hace por medio de perforaciones pasantes con broca, regatas de exploración y extracción de núcleos, encontrando los siguientes resultados:

Tablero en sector Nor Occ: espesor de 22 cm no hay asfalto.
Placa en el sector Central: espesor 21 cm. Sin asfalto.

Con base en lo anterior, tenemos un promedio de 21,5 cm de espesor de la placa o tablero de rodamiento (sin carpeta de asfalto), apoyada sobre las vigas.

Hay un sardinel en el lado Norte de la vía, de 30 cm de ancho x 30cm de altura, en el costado Sur es un andén de 0,90m de ancho x 0,30m de altura y encontramos 8 lloraderos o evacuaciones de agua lluvia por cada lado de la placa a un lado del sardinel y a un lado del andén (con evidencia de acceso de humedad al interior de la estructura), la placa tiene una longitud de 22,95 m en promedio por un ancho de 8,90m. Y un galibo máximo cerca de 5,60m (desde la parte inferior de las vigas).

## 4.5 EXPLORACIÓN DE ESTRIBOS DE APOYO

En este puente a pesar de que no se considera esta inspección para el informe actual, se realizaron algunas auscultaciones debido a que el elemento es construido en concreto reforzado, se realizaron apiques y extracción de núcleo de 3”.

## 4.6 EXPLORACIÓN DE VIGAS RIOSTRAS.

Hay 1 viga riostra ubicada en la mitad de la longitud de las vigas pre esforzadas, a pesar de su afectación por guano y humedad proveniente desde el tablero (lloraderos), aun presentan sanidad.

## 4.7 EXPLORACIÓN DE VIGAS

Se destacan los siguientes datos

Tabla 3. Descripción general de vigas.

| Elemento | Luz | Sección | Estado | Forma geométrica |
|---|---|---|---|---|
| 1 viga transversal | 1,88m | 1,38m X 0,23m | Elementos aun sanos hay humedad periódica desde tablero y excremento de murciélago. | Rectangular. Ubicadas en la mitad de la luz del puente aproximadamente a los 11,40m. |
| 4 vigas longitudinales | 22,95 | B= 0,61 m H= 1,58 m | Elementos sanos. Humedad en apoyo Norte y Sur. | Sección rectangular "I" apoyadas sobre los dos muros extremos en concreto reforzado de apoyo, en el sentido Oriente Occidente. |

## 4.8 EXPLORACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS Y NEOPRENOS.

En este puente se encontraron elementos metálicos anclados (pingüinos) en el costado Norte y Sur, que sirve como paso peatonal, dichos elementos metálicos carecen de mantenimiento y ya evidencian perdida de material por la corrosión. No se evidenció la existencia de neopreno en el apoyo de las vigas con los muros de apoyo.

## 4.9 INFORMACIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS REVISADOS

Se relaciona a continuación, la información básica de los elementos que conforman la estructura principal, desde el punto de vista patológico, para establecer su estado actual.

Tabla 4. Información básica de los elementos que conforman la estructura principal

| | |
|---|---|
| **Tipo de estructura** | VIGAS PRINCIPALES. Puente conformado por 4 vigas pre esforzadas apoyadas en los dos estribos, uno a cada extremo (generando un puente de 1 luz) longitud de 22,95m X 8,90 de ancho y sección inferior de 0,61 x 1,58m (altura total de viga). VIGA RIOSTRA. Una viga riostra en concreto reforzado vaciadas "in situ" con longitud de 1,88m, con sección rectangular de 0,23m x 1,38m. |
| **Concretos** | No existe mucha información al respecto, pero los materiales componentes del concreto constan de canto rodado extraído de fuente cercana al sitio, con algunos desprendimientos, hay sobre tamaño de agregados de cerca de 2" y algunos agregados contaminados con materia orgánica. |
| **Fecha de construcción** | Estructura con una edad aproximada de unos 20 años. Hay evidencias de la construcción y reemplazo del puente anterior. |
| **Nivel revisado** | Como objeto del trabajo se tiene la revisión de cuantías y diámetros del acero de refuerzo en tablero, revisión de elementos en concreto vaciadas "in Situ" y pre esforzadas con equipo electrónico y la extracción de 5 núcleos (uno de ellos |

| | |
|---|---|
| | con falla en obra y no cumple para ensayo en laboratorio) en sitios aleatorios para determinar la resistencia del concreto y calidad de este. |
| **Especificaciones** | Concretos promedios de 5900 a 6700 kg/cm2. El refuerzo de la placa o tablero se encontraron dos mallas la superior con aceros de ½" corrugada cada 25cm en sentido longitudinal y 5/8" corrugada cada 12cm sentido transversal; la inferior de 1/2" corrugada cada 20cm sentido longitudinal y 5/8" corrugada en sentido transversal, cada 15 a 17cm con recubrimiento de 4 a 5cm parte superior, y hasta 6cm la malla inferior con leve carbonatación.<br>El estribo revisado en costado Occidental es en concreto reforzado con una malla exterior de 7/8" corrugado sentido horizontal cada 30cm y 3/8" corrugada cada 25cm en sentido vertical. |

Foto 1. Detalle del puente en la parte inferior con sus cuatro vigas pre esforzadas y viga riostra ubicada en el centro de la longitud de las vigas

## 4.10 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS Y PROCEDIMIENTO

Inicialmente se recibe por parte del contratante una información general, fotográfica y de detalles, en archivos digitales y que corresponde a un recorrido inicial y la información suministrada por parte del concesionario.

Se realizó el siguiente procedimiento para los ensayos en esta estructura de acuerdo a 4 requerimientos por parte del contratante:

- Detección del acero de refuerzo en los diferentes elementos a revisar como vigas principales de apoyo del tablero, (riostra y pre esforzadas) y tablero entre vigas para realizar los respectivos ensayos.
- Marcación de los puntos para la toma núcleos, evitando el refuerzo.
- Toma de núcleos para resistencia y lecturas de ultrasonido en vigas pre esforzadas y otros elementos para resistencia.
- Regatas y apiques en los elementos de concreto, para revisar el acero de refuerzo, vigas extremas y tablero. Además de prueba química para calidad del concreto.
- Lecturas de ultrasonido en elementos estructurales donde fue posible y a las probetas en laboratorio antes de fallarlas. Adicionalmente realizamos unos ensayos con esclerómetro (los cuales consideramos necesario realizar) que, aunque es una prueba poco fiable, en nuestro caso nos sirve para determinar análisis patológico de homogeneidad y posible carbonatación en el concreto.
- Se hicieron recorridos por el puente, para determinar la presencia de fisuras y de problemas patológicos que afectaran la sanidad de la estructura.
- Toma de fotos detalladas en los sectores revisados y de los diversos elementos estructurales.

- Por último, se hizo una revisión planimétrica de boceto e información suministrada en cuanto a secciones, longitudes, cantidades y calibres del refuerzo, no se realizó fidelidad entre lo encontrado y lo construido, pues no existe un diseño o registro planimétrico. Finalmente, esta información sirve como soporte del informe final de patología y de vulnerabilidad estructural.

Con el ultrasonido, se pueden determinar varias propiedades del concreto, como son:

- Homogeneidad de la masa de concreto evaluada
- Presencia de vacíos, fisuras u otras imperfecciones (cuerpos extraños en el concreto)
- Cambios por ganancia de resistencia del concreto (por hidratación del cemento) o pérdida de la misma debido a la acción del fuego, ciclos de hielo-deshielo o por ataques químicos.
- Pérdidas de sanidad en hormigueros o grietas y determinación de la calidad en la reparación de las mismas usando morteros acrílicos o resinas epóxicas.

Se destaca en estas pruebas, el uso del equipo de ultrasonido y sus bondades para calcular dos de estas propiedades del concreto, como son sus pérdidas de sanidad y la calidad del concreto vaciado, compactado y curado en el propio elemento a evaluar.

**Particularidades del equipo de ultrasonido:** el equipo utilizado en este ensayo, está especialmente diseñado para tomar lecturas del tiempo que tarda en viajar un impulso ultrasónico entre dos puntos, en un elemento de concreto.

Este pulso, se produce por la excitación eléctrica de un cristal de cuarzo, que emite un sonido de alta frecuencia, que viaja por el material evaluado.

La velocidad con que este impulso viaja en un material sólido y elástico, está relacionada con 3 variables:

El módulo elástico dinámico, la densidad del material y su relación de Poisson.

**Relación de Poisson:** es la relación que se da entre la contracción transversal de un cilindro y su elongación longitudinal, cuando está sometido a fuerzas aplicadas en sus extremos, en dirección paralela al eje longitudinal del cilindro (se da normalmente en kilos/cm2).

Así mismo, la velocidad del sonido en el concreto está influenciada por las siguientes características:

- Distancia entre los palpadores
- Espesor del elemento de concreto evaluado
- Presencia cercana del acero de refuerzo al sitio de la lectura.
- Grado de saturación del concreto (para este caso el agua libre atrapada en el concreto)
- Grado de agrietamiento del elemento.

Con base en lo anterior, se estableció una relación entre las lecturas con el equipo de ultrasonido y los resultados de resistencia de los núcleos ensayados.

Foto 2. Detalle de contaminación en agregados por materia orgánica, en la región se denomina agregado falso, debido a que con el tiempo pierden consistencia y calibre, creando cámaras internas, por donde penetra el aire y posteriormente la carbonatación dentro.

## 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS Y SU INTERPRETACIÓN

A nivel general el siguiente es un resumen de los aspectos encontrados al momento de realizar los ensayos a compresión y de ultrasonido a cada una de las probetas:

- **Concreto:** Encontramos un concreto sin problemas en la gradación de sus agregados, pero con leves desprendimientos con la pasta de cemento, principalmente los núcleos correspondientes a tablero. En los núcleos de vigas se presentaron buena condición, sin sobre tamaños de los agregados, y sin contaminación por materia orgánica, lo que en ocasiones produce la falla en el proceso de extracción; todas las probetas presentaron una densidad, por encima de 2,30 gr/cm3 normal en concretos de la región.

  La resistencia del concreto en vigas con los ensayos de ultrasonido y esclerómetro se correlaciona con laboratorio (el cual, a pesar de su baja confiabilidad, nos sirve en patología para determinar homogeneidad del concreto) en los ensayos a compresión la resistencia encontrada en vigas es muy buena y se encuentran en un promedio de más de 6800psi producto de la correlación con ultrasonido, y el resultado en laboratorio.
  En el tablero con los ensayos de probeta, ultrasonido y esclerómetro, encontramos un concreto por encima de los 6300psi promedio, entretanto que en las vigas pre esforzadas la resistencia está por encima de 7000psi.

- **Refuerzo:** las vigas principales del puente corresponden a un diseño determinado para elementos de carga pre esforzada.

En la placa o tablero se encontraron dos mallas, la superior con aceros de ½" corrugada en sentido longitudinal cada 25cm y de 5/8" corrugada en sentido transversal cada 12cm, y la inferior de 1/2" corrugado sentido longitudinal cada 20cm y de 5/8" corrugada cada 15 a 17cm en el sentido transversal; con recubrimiento de hasta 6cm para la malla inferior. Los detalles del refuerzo y secciones de los elementos revisados se pueden consultar en los esquemas ubicados en los anexos a este informe.

El estribo revisado en el costado Oriental, encontramos un concreto de 6345psi con una malla con refuerzo 7/8" corrugada cada 30cm en el sentido horizontal y 3/8" corrugada cada 25cm en el sentido vertical. Este refuerzo tiene sanidad y un buen recubrimiento de 6 a 7cm.

**Otros ensayos realizados:**

Foto 3. Detalle 2.

**Detalle 2:** Detalle de una extracción de núcleo en tablero, se observa un concreto con agregados de sobre tamaños de hasta de 2" canto rodado con material orgánico, lo que puede incidir en el resultado de laboratorio, para lo cual se realizaron ensayos de ultrasonido y esclerómetro en forma complementaria. Igualmente se aprecia una regata en tablero, con su respectivo refuerzo y un ensayo químico.

**Ensayos de laboratorio:**

Se dan los resultados obtenidos en los 5 núcleos extraídos (uno con falla en obra) en los diferentes elementos estructurales del puente Santa Teresa, previamente localizando el refuerzo por medio de un equipo electrónico; aquí presentamos tanto los ensayos destructivos de las probetas, como las lecturas de ultrasonido, antes de ser fallados en el laboratorio:

La siguiente tabla nos enseña los resultados de laboratorio a las probetas extraídas.

Núcleos con relación alto/diámetro de 2.0 – Factor para reducción de resistencia de 1,0 NTC 889.

Tabla 5. Resultados de laboratorio de las probetas extraídas.

| Nucleo | Distancia | Tiempo | Velocidad | F'c | Factor | Densidad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm | Mseg | m/s | Lbpulg2 | | gr/cm3 |
| 1 TABLERO RODAMIENTO NOROCCIDEN | 13,20 | 18,9 | 6984 | **7182** | 1,02833 | 2,34 |
| 2 TABLERO SURORIENTE | 15,14 | 27,3 | 5546 | **5744** | 1,03574 | 2,35 |
| 3 VIGA PRE ESFORZADA SUR | 15,15 | 22,7 | 6674 | **7354** | 1,10189 | 2,48 |
| 4 ESTRIBO MURO NOROCC. | 14,31 | 25,4 | 5634 | **6345** | 1,12623 | 2,27 |
| 5 VIGA PRE ESFORZADA NORTE | 8,27 | 13,5 | 6126 | **falla** | falla | 2,31 |

Tiempo y velocidad corresponde a ensayos de trayectorias directas con ultrasonido, en las probetas antes de practicar la carga en laboratorio.

**ENSAYOS DE ULTRASONIDO EN CAMPO.**

A continuación, presentamos los cuadros con las trayectorias de Ultrasonido, 7 por cada elemento estructural, tomadas en tres vigas de carga y dos tramos de placa de tablero de rodamiento (zona inferior y superior sin carpeta asfáltica). Cada trayectoria indirecta se toma en m/s para luego ser trasladada a las tablas correspondientes. En laboratorio se tomaron a cada una de las probetas estos mismos ensayos, pero con trayectorias directas, las cuales se encuentran registradas en el cuadro de núcleos en laboratorio.

Tabla 6. Ultrasonido tablero Rod. Nor Occidente Superior entre vigas preesforzadas.

| **ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 22+330 SANTA TERESA.** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TABLERO ROD. NOR OCCIDENTE SUPERIOR ENTRE VIGAS PREESF. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 10 | 18,3 | **5464** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 11 | 19,4 | **5670** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 10 | 16,3 | **6135** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 12 | 19,4 | **6186** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 12 | 20,9 | **5742** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 11 | 20,1 | **5473** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 11 | 20 | **5500** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 19,20 | **5738** | |

Tabla 7. Ultrasonido tablero Rod. Nor Occidente Inferior entre vigas preesforzadas.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 22+330 SANTA TERESA. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TABLERO ROD. NOR OCCIDENTE INFERIOR ENTRE VIGAS PREESF. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 11 | 21 | **5238** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 12 | 22,5 | **5333** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 12 | 23,3 | **5150** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 11 | 21,8 | **5046** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 13 | 24,4 | **5328** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 13 | 25,2 | **5159** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 12 | 23,3 | **5150** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 23,07 | **5201** | |

Tabla 8. Ultrasonido viga preesforzada oriente extremo.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE SANTA TERESA PR 22+330 Dos y medio. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| VIGA PREESFORZADA ORIENTE EXTREMO | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 13 | 21,3 | **6103** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 12 | 17,7 | **6780** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 13 | 20,2 | **6436** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 11 | 17,6 | **6250** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 12 | 19,3 | **6218** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 13 | 21,2 | **6132** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 11 | 16,5 | **6667** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| | TOTAL | | 19,11 | **6369** | |

Tabla 9. Ultrasonido viga preesforzada Nor-Occidente medio.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE SANTA TERESA PR 22+330 Dos y medio. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| VIGA PREESFORZADA NOR OCCIDENTE MEDIO | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 14 | 21,7 | **6452** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 12 | 18,9 | **6349** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 12 | 18,2 | **6593** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 12 | 18,9 | **6349** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 13 | 20,8 | **6250** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 12 | 18,4 | **6522** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 12 | 18,2 | **6593** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| | TOTAL | | 19,30 | **6444** | |

Tabla 10. Ultrasonido viga preesforzada Centro Occidente.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE SANTA TERESA PR 22+330 Dos y medio. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| VIGA PREESFORZADA CENTRO OCC | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 15 | 24,4 | **6148** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 14 | 22,9 | **6114** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 14 | 20,6 | **6796** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 13 | 20,8 | **6250** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 14 | 21,6 | **6481** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 13 | 20,7 | **6280** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 13 | 19,8 | **6566** | Lectura Indirecta Elemento sano. |
| | TOTAL | | 21,54 | **6376** | |

**ULTRASONIDO.**

Con la información condensada en los cuadros anteriores con ultrasonidos, se estimaron los rangos promedios generales que nos muestran un concreto, como se describe a continuación:

- Las velocidades obtenidas en las lecturas indirectas en campo con el ultrasonido evidencian que en el concreto al hacer una correlación de los sectores sanos y los sectores donde se presentan dudas (humedad), nos muestra un promedio en trayectorias de ultrasonido para tablero de más de 6500m/s para un concreto de cerca de 6800psi promedio. Para vigas pre esforzadas de 6700 m/s correspondientes a 7000psi. Y para vigas (extremas) de 5200 m/s. para un concreto de cerca de 5500psi.

- Igualmente, las lecturas de ultrasonido en laboratorio, en las probetas en campo y antes de fallarlas nos muestran resultados levemente por debajo con respecto a los ensayos practicados a los núcleos extraídos, es por ello que, al hacer la correlación, el resultado es levemente varia así, tablero 6500 m/s, Vigas extremas 6800 m/s.

- Estos resultados de ultrasonido en obra y laboratorio más los resultados de los núcleos fallados y las lecturas de esclerometría (aunque su confiabilidad es baja) nos muestran un concreto que se encuentra muy por encima del F´c esperado para los elementos revisados en el trabajo de campo.

Foto 4. Detalle de toma de lecturas con equipos electrónicos, trayectorias de ultrasonidos y equipo de lecturas de esclerometría, sobre vigas y muros.

**ESCLEROMETRO.**

**Ensayos de Esclerómetro:**

**LECTURA ESCLEROMETRO TABLERO.**

Tabla 11. Lectura de esclerómetro en tablero Noroccidente.

| | TABLERO DE RODAMIENTO NOROCCIDENTE PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 46 | 44 | 44 | 42 | Promedio | 44,80 |
| 46 | 46 | 46 | 42 | Desviación | 1,51 |
| 44 | 44 | 44 | 46 | Coef. De variación | **3,37** |
| 44 | 48 | 46 | 44 | Número de datos | 20 |
| 44 | 46 | 46 | 44 | **F'c min.** | **448 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **513 kg/cm2** |

Tabla 12. Lectura de esclerómetro en tablero Suroriente.

| | TABLERO DE RODAMIENTO SURORIENTE PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 44 | 46 | 48 | 44 | Promedio | 45,30 |
| 46 | 46 | 46 | 46 | Desviación | 1,75 |
| 44 | 44 | 44 | 46 | Coef. De variación | **3,86** |
| 48 | 44 | 44 | 42 | Número de datos | 20 |
| 44 | 48 | 48 | 44 | **F'c min.** | **448 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **513 kg/cm2** |

**LECTURA ESCLEROMETRO VIGAS PREESFORZADAS**.

Tabla 13. Lectura de esclerómetro en viga preesforzada occidente.

| | VIGA VIGA PREESFORZADA OCCIDENTE PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 44 | 44 | 44 | 44 | Promedio | 45,60 |
| 46 | 46 | 48 | 48 | Desviación | 1,67 |
| 48 | 44 | 46 | 44 | Coef. De variación | **3,66** |
| 48 | 48 | 44 | 44 | Número de datos | 20 |
| 46 | 44 | 46 | 46 | **F'c min.** | **464 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **530 kg/cm2** |

Tabla 14. Lectura de esclerómetro en viga preesforzada Sur Oriente.

| | VIGA VIGA PREESFORZADA SUR ORIENTE PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 44 | 44 | 46 | 46 | Promedio | 45,70 |
| 46 | 44 | 48 | 48 | Desviación | 1,49 |
| 44 | 44 | 46 | 44 | Coef. De variación | **3,26** |
| 48 | 46 | 46 | 46 | Número de datos | 20 |
| 46 | 48 | 44 | 46 | **F'c min.** | **464 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **530 kg/cm2** |

Tabla 15. Lectura de esclerómetro en viga preesforzada centro.

| | VIGA VIGA PREESFORZADA CENTRO PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 46 | 46 | 44 | 44 | Promedio | 45,90 |
| 48 | 44 | 46 | 46 | Desviación | 1,52 |
| 44 | 48 | 46 | 44 | Coef. De variación | **3,31** |
| 46 | 46 | 48 | 48 | Número de datos | 20 |
| 46 | 48 | 44 | 46 | **F'c min.** | **464 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **530 kg/cm2** |

En resumen, las resistencias promedio obtenidas en los elementos por medio de los diversos ensayos son las siguientes:

## 5.1 VIGAS

El esclerómetro muestra lecturas promedias altas y nos muestran homogeneidad del concreto analizado, en este caso solo las utilizamos para determinar homogeneidad y posible afectación del concreto.

## 5.2 TABLERO

Las lecturas de esclerómetro, muestran igualmente unos resultados altos (propio de esta prueba), que corresponden a concretos con una buena homogeneidad.

## 5.3 BARANDA Y SENDEROS DE PROTECCIÓN.

Las barandas a cada lado del puente son en tubería metálica y en el costado Sur existe una senda peatonal o anden de 0,90m, construida con posteridad y adosada al tablero de rodamiento y la viga de borde o sardinel, la cual sirve como sendero peatonal y de comunicación entre las dos zonas.
El puente solo cuenta con sardinel de protección a ambos lados donde se apoya la baranda de concreto reforzado, hay dos puntos de impacto vehicular, en ambos costados de acceso al puente.

# 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 6.1 ESTADO Y CALIDAD DEL CONCRETO.

El concreto revisado, para una estructura con una edad aproximada de 20 años, ha presentado una resistencia satisfactoria, en razón a que los ensayos no destructivos y núcleos para tablero y vigas, han generado unas resistencias promedio reales (sin factores de seguridad) por encima de 6800psi en vigas pre esforzadas (con equipo electrónico) y más de 6500psi en tablero (con probetas y equipo electrónico en sitios auscultados), luego de correlacionar las diferentes pruebas.

Adicionalmente, el proceso de carbonatación en el concreto se evidencia muy leve en este puente en la parte inferior del tablero de rodamiento y zona inferior de vigas, posiblemente por el constante ciclo de húmedo-seco, y por el guano o excremento de murciélagos, hay que tener en cuenta esta situación, lo cual deteriora progresivamente, y sale de los parámetros normales para una estructura de esta edad además de las condiciones ambientales de alta humedad reinantes.

Los resultados de ultrasonido registran que la velocidad indirecta muestra lecturas promedias que son acordes con los resultados de los núcleos en el Laboratorio luego de correlacionar las diferentes pruebas.

## 6.2 LESIONES ENCONTRADAS EN LOS ELEMENTOS REVISADOS.

La exposición a la humedad por agua lluvia y vegetación nativa, la falta de protección y mantenimiento en los elementos estructurales, más el deterioro progresivo del concreto por el guano de murciélago sobre la superficie de las vigas (especialmente en el costado Norte y Sur), hay que tener en cuenta que esta estructura está sirviendo a una vía de carácter destapado, donde la humedad es mayor, estas son las afectaciones más importantes encontradas en esta estructura.

## 6.3 FRENTES DE CARBONATACIÓN EN LOS ELEMENTOS DE CONCRETO REVISADOS.

En la parte inferior se evidenció proceso inicial de carbonatación en el concreto, principalmente en el tablero costado Sur, pero la parte inferior de las vigas se encuentran aún sanas (situación normal en estructuras de concreto sobre lechos de agua), debido a los ciclos de mojado y secado constante; es de resaltar que la zona donde se ubica el puente presenta un alto nivel de humedad y se han utilizado agregados calizos. Actualmente, se destaca que la carbonatación del concreto solo ha afectado de manera leve el concreto, evidenciando sanidad del acero de refuerzo parrilla inferior de la placa de rodamiento de la estructura.

## 6.4 DETECCIÓN DE AGREGADOS CALIZOS.

Considerando que en los concretos elaborados con agregados calizos y material orgánico, se podrían presentar problemas de durabilidad, especialmente al estar expuestos al intemperismo, no se evidenció su presencia en forma considerable.

## 6.5 TIPO Y RESISTENCIA DE ACERO DE REFUERZO EN CONCRETO

El acero de refuerzo detectado en la exploración de esta estructura se encontró así:

En la placa del tablero, son dos parrillas, la superior de ½" corrugada cada 25cm sentido longitudinal (a lo largo del puente) y de 5/8" corrugada cada 12cm sentido transversal (ancho del puente), y la inferior con 3/8" corrugada sentido Longitudinal (Norte Sur), y 5/8" corrugada sentido transversal (Oriente Occidente), allí encontramos que las mallas inferior y superior se encuentra n con sanidad sin corrosión, donde el adecuado recubrimiento protege que la malla se afecte en la superficie del concreto. Las vigas longitudinales (pre esforzadas), con los ensayos realizados con equipo electrónico, se encuentran con sanidad.

## 6.6 RECOMENDACIONES.

1. En la auscultación realizada se encontró la existencia de placas de aproximación de acceso al puente, tanto de entrada como salida, debido a que la vía que cruza el puente es del tipo destapada (sin placa de concreto o carpeta asfáltica) este elemento presenta algunas afectaciones, revisar esta situación y prevenirla.

2. **Revisar algunos sectores de las vigas principales y riostras afectadas por humedad y por excremento de murciélagos o guano del costado central y en los apoyos con los estribos, pues estos elementos estructurales se encuentran saturados de guano.**

3. **Se detectaron elementos parásitos en la estructura, consistente en vegetación nativa invasora que acumula humedad, el puente solo tiene una senda peatonal hacia el costado Sur.**

4. **Por factores externos (el afluente presenta aumentos constantes con gran flujo, aumentando su cauce) aunque no se presentan patrones de socavación, particularmente en el costado Sur, hay evidencias de sedimentación por medio de rocas y tramos de árboles.**

5. **Aunque existen desagües de agua lluvia en la parte superior del tablero, estos deben tener mantenimiento para evitar su taponamiento y con ello afectar el interior del concreto de tablero y vigas.**

6. Aplicar pinturas de protección para detener el proceso de carbonatación en el concreto, que, aunque en este puente aun es incipiente, es bueno prevenir el avance de este problema patológico, particularmente en la parte inferior del tablero de rodamiento sector Sur y Norte, donde la carbonatación es inicial y apenas llega entre 5 a 8mm.

   Esto con el fin de prevenir que en un futuro el refuerzo se llegue a ver afectado, hay que abonar que en este puente PR 22+330 el recubrimiento es el adecuado, llegando hasta el momento a proteger el refuerzo.

7. Realizar una limpieza del cauce o afluente, pues a su paso por el puente hay grandes sedimentos que disminuyen el galibo en el sector Norte y podrían llegar a causar taponamiento en un aumento considerable del cauce del afluente. Igualmente, el mantenimiento periódico del puente, por situaciones como la humedad, el guano y la vegetación parasita.

# ANEXO 15 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA - PUENTE PR27+710

## 1 ANTECEDENTES

Se realizaron los trabajos de campo, desde el martes 3 a viernes 6 de octubre de 2023, realizando una serie de ensayos sobre la estructura, previamente se determinó el proceso a seguir, los puntos a revisar, la cantidad y tipo de ensayos que se realizarían según cotización aprobada y recorrido con ingenieros del contrato.

La información obtenida sobre este proceso es la siguiente:

- El trabajo de campo se realizó a un puente denominado sector OCAL, ubicado en la vía Vereda Dos y medio a Otanche en Puerto Boyacá en el Departamento de Boyacá.

- El puente está ubicado en área rural del Departamento de Boyacá en límites con el Departamento de Cundinamarca.

- Su construcción en Placa de rodamiento de concreto reforzado con dos mallas (superior e inferior) apoyada sobre estribos a cada extremo (puente de una luz) con 2 vigas en concreto con muros extremos en concreto reforzado como apoyo, además de una viga riostra en el centro de la luz.

- Esta estructura fue construida hace unos 45 a 50 años, (según datos de los lugareños, pues no se tiene información concreta) por lo tanto debe haber sido construido con código. el refuerzo es corrugado tanto en vigas como en tablero de rodamiento (ver detalle más adelante). En las vigas reforzadas y tablero se logró la extracción de dos núcleos, combinando con otros ensayos complementarios que se realizaron con equipos no destructivos.

- Se revisó la resistencia del concreto componente del Tablero, muro de apoyo y vigas principales, más la cuantía, estado y calibre del refuerzo, con ensayos destructivos y no destructivos. Por lo tanto, se determinó la realización de ensayos de localización del acero de refuerzo, apiques, regatas, Extracción de núcleos, ultras en campo y probetas en laboratorio antes de fallarlos, pruebas químicas para profundidad de carbonatación (todos estos ensayos en sitios aleatorios).

Durante el estudio de campo, se observaron los siguientes aspectos:

- Se encontró en general un concreto con un F´c por encima de 5100psi en vigas, 5300psi para la placa del tablero; es de tener en cuenta que no se tiene información sobre el diseño del puente.

- Se evidenciaron problemas iniciales en cuanto a socavación de los estribos o muros (no incluido en la presente patología), aunque estos elementos estructurales presentan estabilidad.

- El refuerzo de todas las estructuras revisadas, en general se encontró en buen estado sin grandes procesos de corrosión. En su generalidad solo se identifican algunos problemas patológicos en la parte inferior del tablero de rodamiento, algo muy común en estas estructuras ubicadas en regiones con alta humedad.

- Se utilizó concreto vaciado “in situ” con materiales tomados del entorno, si se evidencia agregados contaminados o con materia orgánica, canto rodado o agregado falso, llamado así en la región.

- Los agregados están compuestos de canto rodado, con materia orgánica con algunos sobre tamaños cerca de 2”.

- Las pruebas químicas presentaron concretos con sanidad en vigas, entretanto, hay carbonatación por sectores (zona Occidental parte inferior del tablero) en el concreto de la placa inferior este problema patológico afecta al refuerzo, el cual tiene un proceso leve de corrosión a pesar de su buen recubrimiento, lo que hace que en algunos sectores se presente carbonatación y corrosión.

- Las vigas pre esforzadas presentan una aparente sanidad y las pruebas realizadas solo con equipo electrónico, así lo demuestran (solo fue posible una sola extracción).

**GENERALIDADES Y OBJETO DEL ESTUDIO.**

El objeto del presente estudio es la revisión patológica, por medio de ensayos destructivos y no destructivos del estado actual del puente; incluye el tablero, vigas en concreto reforzado (por lo tanto se realiza una extracción y lo demás con ensayos no destructivos) determinando sección y resistencia del concreto, cuantías y calibres del refuerzo, que sirvan como base para modelado por parte del ingeniero calculista.

El estudio no incluye revisión de la cimentación de los estribos del puente, ni apoyos de este.

# 2 INFORMACIÓN PREVIA

## 2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

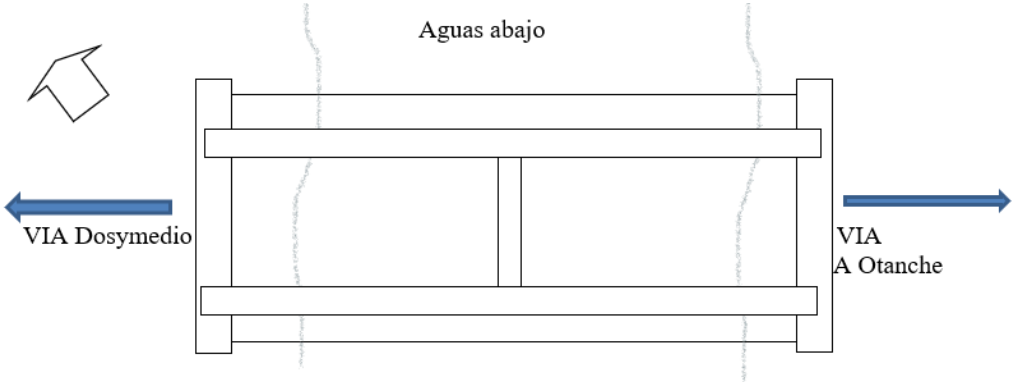



Figura. 1 Puente sector OCAL PR27+710

La estructura Puente OCAL, está ubicado en la vía de la Vereda Dos y medio de Puerto Boyacá y conduce a Otanche en el Departamento de Boyacá, sobre un Caño, a 35 kilómetros del casco Urbano del Municipio de Puerto Boyacá en el Departamento de Boyacá, localizado en zona rural a lo largo de la vía a Chiquinquirá. Consta de media calzada y un carril en ambos sentidos.

## 2.2 HISTORIA DE LA ESTRUCTURA

El Puente OCAL PR 27+710 tiene una edad aproximada de 45 años y une las poblaciones Dos y medio con Otanche (Boyacá) Vía secundaria hacia Chiquinquirá, y cruza un Caño; durante su existencia no ha tenido remodelaciones, pero se evidencian unos elementos en concreto, que revelan la posible existencia de una estructura anterior, tema que no es del alcance del presente estudio.

## 2.3 TIPOLOGÍA GENERAL DE LA ESTRUCTURA

Puente de una luz (10,45 m) y una calzada con dos carriles, el ancho del puente es de 4.00m más sardineles y sin senda peatonal, cuya estructura consta de dos estribos de apoyo, conformado cada uno por un muro en concreto Reforzado, donde se apoyan las 2 vigas de concreto reforzado en sentido Occidente Oriente.

Con respecto al tablero, se destaca que está conformado por una placa de concreto reforzado con dos parrillas de acero corrugado localizadas en cada una de las caras de la misma (una superior y otra inferior). El tablero se apoya en 2 vigas de concreto, las cuales tienen una viga riostra en el centro de su longitud. El tablero no posee carpeta asfáltica, solo es la placa en concreto con desgaste medio, la vía actualmente es tipo destapada (afirmado).

## 2.4 USO DE LA ESTRUCTURA

La estructura actualmente funciona como conexión vehicular y peatonal (cuenta solo con una senda peatonal en concreto en el costado Sur) entre las poblaciones de Dos y medio y el Otanche en el Departamento de Boyacá.

Posee una calzada de un carril (3.60 metros), con dilatación abierta y con blindaje metálico en buen estado, además en ambos extremos existe placa de aproximación de 3,10m hacia el Occidente y de 3,05 hacia el Oriente.

Este es un puente con transito medio y pesado. Con respecto al paso peatonal, este se hace de manera insegura por la estructura de concreto, NO existen barandas de protección a cada lado, solo hay sardineles en concreto reforzado de 0,20 x 0,30m, las cuales evidencian falta de mantenimiento.

Figura. 2. Localización de la estructura.

# 3 RECONOCIMIENTO INICIAL

## 3.1 ENTORNO DE LA ESTRUCTURA

El Puente OCAL, está ubicado en una zona rural, donde se presenta una conexión secundaria dentro del Departamento de Boyacá y áreas límites del Departamento de Cundinamarca, región que presenta una alta humedad relativa, pues se encuentra muy cerca al Rio Magdalena, situación que afecta especialmente la parte inferior del puente, bajo placa, y los sardineles (no hay barandas) las vigas presentan sanidad. Este puente tiene un proceso inicial de corrosión en la parte inferior del tablero (de acuerdo a sitios auscultados de la placa), posiblemente por humedad afectación directa del afluente o caño y el guano de murciélagos sobre vigas, a pesar del buen recubrimiento del refuerzo.

## 3.2 CONDICIONES DE TRABAJO DE CAMPO

Debido a que la estructura se haya en uso y que el puente sirve en dos sentidos, además de tener un ancho de un carril o media calzada, el trabajo de campo se desarrolló aprovechando las horas de menor impacto por el tráfico, ya que allí antes de ingresar se maneja uno de los “pare y siga” de la carretera principal, entretanto, que las vigas y placa inferior (que hacen parte del trabajo de campo), que demandan mayor trabajo, se realizaron con un horario más flexible; no fue necesario realizar los trabajos con andamios especiales a pesar de tener un galibo considerable, ya que gran parte de los

ensayos se pudieron realizar en sitios de altura promedia de una persona, especialmente en la zona inferior del tablero y las vigas principales.

Inicialmente, se realizó una exploración preliminar, localizando y marcando los sectores y elementos a revisar, que posteriormente fueron auscultados ocasionando las menores molestias posibles a los vehículos y transeúntes que circulaban por el puente.

La detección del acero en el concreto reforzado, se efectuó por medio de equipo electrónico, indicando su posición por medio de marcas directas sobre el concreto, actividad que se efectuó en horario de la mañana, facilitando esta labor debido a la humedad y lluvias intermitentes (hay ensayos que no se pueden realizar con lluvia o superficies húmedas), haciendo posteriormente los apiques, regatas y extracciones de núcleos en horas posteriores, elaborando luego las hojas de campo, la toma de fotos, resanes y el aseo, que se realizaron al día siguiente.

Los ensayos de campo se realizaron con los siguientes equipos:

- Detector de aceros marca MILWAKEE y HILTI PS-20, para la localización del acero de refuerzo, antes de hacer los ultrasonidos.
- Equipo de ultrasonido marca PUNDI 71, para la toma de los tiempos que tarda el sonido en viajar de un punto a otro, estableciendo con su distancia conocida, una velocidad expresada en metros/segundo.
- Extractor de núcleos marca BLACK AND DECKER y HILTI con broca de diamante de 3”.
- Cámara digital y otras herramientas menores. Esclerómetro CONTROLS.

## 3.3 LISTADO DE ELEMENTOS SELECCIONADOS

Los elementos revisados en el presente estudio fueron:

Vigas pre esforzadas (centro y extremo), placa o tablero, y elementos complementarios a nivel general (baranda de protección, lloraderos, sardineles), que se listan en el siguiente cuadro general (el detalle de los elementos y ensayos realizados se encuentra en los anexos del presente informe):

Tabla 1 Listado de elementos seleccionados

| ELEMENTO | CANTIDAD | LOCALIZACIÓN GENERAL |
|---|---|---|
| Vigas en concreto | 2 | Zona Norte, Sur y central del Puente (entre vigas). Inferior y superior. |
| Estribos muro apoyo en concreto reforzado. | 2 | Costados Occidental y Oriental (vía de Dos y medio a Otanche). |
| Tablero | 2 | 2 puntos en Cara inferior y cara superior. |
| Núcleos | 2 | Viga Nor Occidente. Placa tablero rodamiento Sur (superior). |
| Dilataciones y placas de aproximación. | 2 | Fue posible detectar las placas de aproximación, una al Oriente con 3,05m y la del extremo contrario con 3,10m. las dilataciones son abiertas y metálicas. |

| | | |
|---|---|---|
| Baranda de protección, sardineles y lloraderos | 2 | Costados laterales. No hay Barandas de protección a cada lado, ni tampoco estructura para paso peatonal o anden. Se encontraron Neoprenos en apoyos de vigas con muros. Hay 3 lloraderos de 3” por cada costado lateral. |

# 4 RECONOCIMIENTO PATOLÓGICO

## 4.1 RESISTENCIA ESTIMADA DEL CONCRETO.

En los anexos, se encuentra el cuadro detallado de las resistencias obtenidas de los núcleos y sus correlaciones con las lecturas de ultrasonido, por cada elemento revisado y según sean vigas o tablero de rodamiento; algunos de los resultados son producto de los ensayos directos realizados en cada elemento y otros son obtenidos por las correlaciones de los resultados del ultrasonido, con los ensayos a compresión de los núcleos.

Para definir los rangos más representativos, se dan los siguientes valores (sin factor de seguridad):

| | |
|---|---|
| Vigas concreto: | promedio de 5600psi. Con núcleo y equipo electrónico. |
| Tablero: | por correlación núcleos y ultrasonido 6500psi. |
| Muros apoyo: | promedio 5500psi. Con ultrasonido. |

El concreto para vigas, de acuerdo con su edad, se debe comparar con una resistencia por encima de F’c de 280 kg/cm2 y para el tablero, por encima de F’c de 280 kg/cm2. El resultado de las vigas con núcleo y equipo electrónico es muy bueno.

El promedio de densidad del concreto en gr/cm3 es el siguiente:

| | |
|---|---|
| Viga: | 2,30 gr/cm3. |
| Viga: | 2,26 gr/cm3. |
| Tablero: | 2,30 gr/cm3 |

Estos resultados se consideran buenos (un promedio aceptable es de 2,30 a 2,40gr/cm3) para los concretos de la región, teniendo en cuenta que los elementos tienen posiblemente entre 40 a 50 años.

## 4.2 CARBONATACIÓN DEL CONCRETO.

Se realizaron pruebas químicas de carbonatación en el concreto, encontrando los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultado de pruebas de carbonatación.

| No. | Localización | Comentarios |
|---|---|---|
| 1 | TABLERO OCC, Vía Dos y medio a Otanche. | Concreto con carbonatación de 30% inferior. Refuerzo con inicio de corrosión. Hormigueros en la parte inferior. Sobre el tablero Sano Parte superior. |
| 2 | TABLERO ZONA SUR ORIENTE (entre vigas pre esforzadas). | Concreto sin carbonatación en tablero zona superior. |
| 3 | MURO APOYO NOR OCCIDENTE, vía a Dos y medio. | Concreto con carbonatación de 30% inferior. Refuerzo sano sin corrosión. Hormigueros en la parte inferior. Sano parte superior. |
| 4 | VIGAS OCCIDENTE, Vía a Dos y medio. | Concreto sin carbonatación con ensayos en dos sitios de cada viga. Refuerzo sano, buen recubrimiento de más de 5cm. |

## 4.3 TIPO DE REFUERZO Y ESTADO EN LOS SITIOS EXPLORADOS

El acero de refuerzo encontrado en la placa de concreto del tablero es de alta resistencia, siendo dos mallas, una superior de 5/8" corrugada cada 20cm sentido transversal (Norte Sur), y 1/2" corrugada en el sentido longitudinal cada 25cm; igualmente la malla inferior es de 1/2" corrugada cada 20 cm en sentido longitudinal y 5/8" corrugada cada 25cm sentido transversal (ensayos realizados en el centro y costado Norte del tablero). El recubrimiento en la cara superior es de 5cm mientras que en la cara inferior de la placa esta tiene en algunos sectores puntuales del costado Norte hasta 6cm.

Para los muros extremos de apoyo se identifica refuerzo vertical de ½" corrugada cada 25cm y refuerzo horizontal de 5/8" corrugada cada 25cm.

Como se expresó anteriormente, hay 2 vigas en concreto reforzado (sección de 0.45 x 0.65) sobre los muros de apoyo en concreto reforzado, **tienen 3 varillas de 7/8"** corrugada con flejes de 3/8" corrugada cada 10 a 12cm; son elementos sanos no registran fisuras y la afectación externa radica suciedad y telarañas en toda la estructura, y afectación superficial por el guano de los murciélagos, principalmente en el cruce con las vigas riostras y en los apoyos con los muros Oriental y Occidental, donde este problema patológico se une con la penetración de humedad desde el tablero.

## 4.4 ESPESOR DE LOSAS Y ACABADOS

La exploración del tablero del puente se hace por medio de perforaciones pasantes con broca, regatas de exploración y extracción de núcleos, encontrando los siguientes resultados:

Tablero en sector Nor Occ: espesor de 22 cm no hay asfalto.
Tablero en el sector Central: espesor 22 cm. Sin asfalto.

Con base en lo anterior, se tiene un promedio de 22 cm de espesor de la placa o tablero de rodamiento (sin carpeta de asfalto), apoyada sobre las vigas.

Hay sardinel a cada lado de la vía, de 30 cm de ancho x 20cm de altura, no existen sendas peatonales o andén pues por la vía escasamente pasa un vehículo a la vez por cada dirección. Se identificaron 3 lloraderos o evacuaciones de agua lluvia por cada lado de la placa a un costado del sardinel (con evidencia de acceso de humedad), la placa tiene una longitud de 10,45 m en promedio por un ancho de 4,00m. Y un galibo máximo cerca de 3,80m (desde la parte inferior de las vigas).

## 4.5 EXPLORACIÓN DE ESTRIBOS DE APOYO

En este puente a pesar de que no se considera esta inspección para el informe actual, el muro de apoyo Occidental es en concreto reforzado con resistencia de 5500psi y refuerzo de 7/8" corrugada y ½" corrugada.

## 4.6 EXPLORACIÓN DE VIGAS RIOSTRAS.

Hay 1 viga riostra ubicada en la mitad de la longitud de las vigas pre esforzadas, a pesar de su afectación por guano y humedad proveniente desde el tablero (lloraderos y dilataciones), aun presenta sanidad.

## 4.7 EXPLORACIÓN DE VIGAS

Se destacan los siguientes datos

Tabla 3. Descripción general de vigas.

| Elemento | Luz | Sección | Estado | Forma geométrica |
|---|---|---|---|---|
| 1 viga transversal | 1,30m | 0,20m X 0,62m | Elementos aun sanos hay humedad periódica desde tablero y excremento de murciélago. | Rectangular. Ubicada en la mitad de la luz a 10,22m. |
| 2 vigas longitudinales | 10,45 | B= 0,45 m H= 0,65 m | Elementos sanos. Humedad en apoyo Norte y Sur. | Sección rectangular apoyadas sobre los dos estribos extremos en concreto reforzado de apoyo, costado Oriental y Occidental. |

## 4.8 EXPLORACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS Y NEOPRENOS.

En este puente se encontraron elementos metálicos anclados (pingüinos) en el costado Norte y Sur, que sirve como paso peatonal, dichos elementos metálicos carecen de mantenimiento y ya evidencian

perdida de material por la corrosión. No se evidenció la existencia de neopreno en el apoyo de las vigas con los muros de apoyo.

## 4.9 INFORMACIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS REVISADOS

Se relaciona a continuación, la información básica de los elementos que conforman la estructura principal, desde el punto de vista patológico, para establecer su estado actual.

Tabla 4. Información básica de los elementos que conforman la estructura principal

| | |
|---|---|
| **Tipo de estructura** | VIGAS. Puente conformado por 2 vigas en concreto reforzado apoyadas en los dos estribos extremos (generando un puente de 1 luz) longitud de 10,45m X 4,00m de ancho y sección viga inferior de 0,45 x 0,65m (altura total de viga).<br>VIGA RIOSTRA. En la mitad de la luz es una viga en concreto reforzado vaciadas “in situ” con longitud de 1,30m entre vigas principales, con sección rectangular de 0,20m x 0,65m. |
| **Concretos** | No existe mucha información al respecto, pero los materiales componentes del concreto constan de canto rodado extraído de fuente cercana al sitio, con algunos desprendimientos, hay sobre tamaño de agregados de cerca de 2”. y algunos agregados contaminados con materia orgánica. |
| **Fecha de construcción** | Estructura con una edad aproximada de unos 40 a 50 años. Hay evidencias de la construcción y reemplazo del puente anterior. |
| **Nivel revisado** | Como objeto del trabajo se tiene la revisión de cuantías y diámetros del acero de refuerzo en tablero, revisión de elementos en concreto vaciadas “in Situ” y pre esforzadas con equipo electrónico y la extracción de 4 núcleos en sitios aleatorios para determinar la resistencia del concreto y calidad de este. |
| **Especificaciones** | Concretos de 5600 a 6800 kg/cm2. El refuerzo de la placa o tablero se encontraron dos mallas la superior con aceros de ½” corrugada cada 25cm en sentido longitudinal y 5/8” corrugada cada 20cm sentido transversal; la inferior de 1/2” corrugada cada 25cm sentido longitudinal y 5/8” corrugada en sentido transversal, cada 20cm con recubrimiento de 4 a 5cm parte superior, y hasta 6cm la malla inferior con leve carbonatación.<br>El estribo revisado en costado Occidental es en concreto reforzado con una malla exterior de 7/8” corrugado sentido horizontal cada 30cm y ½”” corrugada cada 25cm en sentido vertical. |

Foto 1. Detalle del puente en la parte inferior con sus dos vigas de concreto y viga riostra ubicada en el centro de la longitud de las vigas, donde descansan las vigas reforzadas hay proceso de afectación de vigas y viga riostra por humedad y guano

## 4.10 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS Y PROCEDIMIENTO

Se realizó el siguiente procedimiento para los ensayos en esta estructura de acuerdo a 4 requerimientos por parte del contratante:

- Detección del acero de refuerzo en los diferentes elementos a revisar como vigas principales de apoyo del tablero, (riostra y de concreto) y tablero entre vigas para realizar los respectivos ensayos.
- Marcación de los puntos para la toma núcleos, evitando el refuerzo.

- Toma de núcleos para resistencia y lecturas de ultrasonido en vigas pre esforzadas y otros elementos para resistencia.
- Regatas y apiques en los elementos de concreto, para revisar el acero de refuerzo, vigas extremas y tablero. Además de prueba química para calidad del concreto.
- Lecturas de ultrasonido en elementos estructurales donde fue posible y a las probetas en laboratorio antes de fallarlas. Adicionalmente se realizaron unos ensayos con esclerómetro (los cuales se consideran necesarios realizar) que, aunque es una prueba poco fiable, en nuestro caso nos sirve para determinar análisis patológico de homogeneidad y posible carbonatación en el concreto.
- Se hicieron recorridos por el puente, para determinar la presencia de fisuras y de problemas patológicos que afectaran la sanidad de la estructura.
- Toma de fotos detalladas en los sectores revisados y de los diversos elementos estructurales.
- Por último, se hizo una revisión planimétrica de boceto e información suministrada en cuanto a secciones, longitudes, cantidades y calibres del refuerzo, no se realizó fidelidad entre lo encontrado y lo construido, pues no existe un diseño o registro planimétrico. Finalmente, esta información sirve como soporte del informe final de patología y de vulnerabilidad estructural.

Con el ultrasonido, se pueden determinar varias propiedades del concreto, como son:

- Homogeneidad de la masa de concreto evaluada
- Presencia de vacíos, fisuras u otras imperfecciones (cuerpos extraños en el concreto)
- Cambios por ganancia de resistencia del concreto (por hidratación del cemento) o pérdida de la misma debido a la acción del fuego, ciclos de hielo-deshielo o por ataques químicos.
- Pérdidas de sanidad en hormigueros o grietas y determinación de la calidad en la reparación de las mismas usando morteros acrílicos o resinas epóxicas.

Se destaca en estas pruebas, el uso del equipo de ultrasonido y sus bondades para calcular dos de estas propiedades del concreto, como son sus pérdidas de sanidad y la calidad del concreto vaciado, compactado y curado en el propio elemento a evaluar.

**Particularidades del equipo de ultrasonido:** el equipo utilizado en este ensayo, está especialmente diseñado para tomar lecturas del tiempo que tarda en viajar un impulso ultrasónico entre dos puntos, en un elemento de concreto.

Este pulso, se produce por la excitación eléctrica de un cristal de cuarzo, que emite un sonido de alta frecuencia, que viaja por el material evaluado.

La velocidad con que este impulso viaja en un material sólido y elástico, está relacionada con 3 variables:

El módulo elástico dinámico, la densidad del material y su relación de Poisson.

**Relación de Poisson:** es la relación que se da entre la contracción transversal de un cilindro y su elongación longitudinal, cuando está sometido a fuerzas aplicadas en sus extremos, en dirección paralela al eje longitudinal del cilindro (se da normalmente en kilos/cm2).

Así mismo, la velocidad del sonido en el concreto está influenciada por las siguientes características:

- Distancia entre los palpadores
- Espesor del elemento de concreto evaluado
- Presencia cercana del acero de refuerzo al sitio de la lectura.
- Grado de saturación del concreto (para este caso el agua libre atrapada en el concreto)
- Grado de agrietamiento del elemento.

Con base en lo anterior, se estableció una relación entre las lecturas con el equipo de ultrasonido y los resultados de resistencia de los núcleos ensayados.

Foto 2. Extracción de núcleos.

Detalle de contaminación en agregados por materia orgánica, en la región se denomina agregado falso, debido a que con el tiempo pierden consistencia y calibre, creando cámaras internas, por donde penetra el aire y posteriormente la carbonatación dentro del concreto.

La imagen izquierda muestra el proceso de extracción de núcleo en viga, luego de localizar los elementos de refuerzo, en este tipo de vigas esta labor es más dispendiosa y de cuidado, luego el respectivo ensayo de ultrasonido en campo y laboratorio para correlacionar ambas pruebas.

## 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS Y SU INTERPRETACIÓN

A nivel general el siguiente es un resumen de los aspectos encontrados al momento de realizar los ensayos a compresión y de ultrasonido a cada una de las probetas:

- **Concreto**: Se encontró un concreto sin problemas en la gradación de sus agregados, pero con leves desprendimientos con la pasta de cemento, principalmente los núcleos correspondientes a tablero. En los núcleos de vigas se presentaron buena condición, sin sobre tamaños de los agregados, y también con contaminación por materia orgánica, lo que en ocasiones produce la

falla en el proceso de extracción; todas las probetas presentaron una densidad, por encima de 2,30 gr/cm3.

La resistencia del concreto en vigas con los ensayos de ultrasonido y esclerómetro (el cual, a pesar de su baja confiabilidad, nos sirve en patología para determinar homogeneidad del concreto) en los ensayos a compresión la resistencia encontrada en vigas es muy buena y se encuentran en un promedio de 5600psi producto de la correlación con ultrasonido, y el resultado en laboratorio.

En el tablero con los ensayos de probeta ultrasonido y esclerómetro, se encuentra un concreto por encima de los 5300psi entretanto que en las vigas pre esforzadas la resistencia está por encima de 5500psi.

- **Refuerzo:** las vigas principales del puente corresponden a un diseño determinado para elementos de carga en elementos reforzados.

  En la placa o tablero se encontraron dos mallas, la superior con aceros de ½" corrugada en sentido longitudinal cada 25cm y de 5/8" corrugada en sentido transversal cada 20cm, y la inferior de 1/2" corrugado sentido longitudinal cada 25cm y de 5/8" corrugada cada 20cm en el sentido transversal; con recubrimiento de hasta 6cm para la malla inferior. Los detalles del refuerzo y secciones de los elementos revisados se pueden consultar en los esquemas ubicados en los anexos a este informe.

**Otros ensayos realizados:**

Foto 3. Extracción de núcleos en el tablero.

Detalle de una extracción de núcleo en tablero, se observa un concreto con agregados de sobre tamaños de hasta de 2" canto rodado con material orgánico, lo que puede incidir en el resultado de laboratorio, para lo cual se realizaron ensayos de ultrasonido y esclerómetro en forma complementaria. Igualmente se aprecia una probeta extraída en el tablero donde se aprecian las características de los agregados expuestas anteriormente.

**Ensayos de laboratorio:**

Se dan los resultados obtenidos en los 2 núcleos extraídos en los diferentes elementos estructurales del puente OCAL PR 27+710, previamente localizando el refuerzo por medio de un equipo electrónico; aquí se presentan tanto los ensayos destructivos de las probetas, como las lecturas de ultrasonido, antes de ser fallados en el laboratorio:

La siguiente tabla nos enseña los resultados de laboratorio a las probetas extraídas.

Núcleos con relación alto/diámetro de 2.0 – Factor para reducción de resistencia de 1,0 NTC 889.

Tabla 5. Resultados de laboratorio de las probetas extraídas.

| Nucleo | Distancia | Tiempo | Velocidad | F'c | Factor | Densidad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm | Mseg | m/s | Lbpulg2 | | gr/cm3 |
| 1 TABLERO RODAMIENTO SUROCCIDEN | 15,18 | 22,6 | 6717 | **6879** | 1,02415 | 2,3 |
| 2 VIGA CONCRETO NOROCC. | 15,20 | 27,1 | 5609 | **5618** | 1,00163 | 2,26 |

Tiempo y velocidad corresponde a ensayos de trayectorias directas con ultrasonido, en las probetas antes de practicar la carga en laboratorio.

**ENSAYOS DE ULTRASONIDO EN CAMPO.**

A continuación, se presentan los cuadros con las trayectorias de Ultrasonido, 7 por cada elemento estructural, tomadas en dos vigas de carga y dos tramos de placa de tablero de rodamiento (zona inferior y superior sin carpeta asfáltica). Cada trayectoria indirecta se toma en m/s para luego ser trasladada a las tablas correspondientes. En laboratorio se tomaron a cada una de las probetas estos mismos ensayos, pero con trayectorias directas, las cuales se encuentran registradas en el cuadro de núcleos en laboratorio

Tabla 6. Ultrasonido 1.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 27+710 OCAL. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TABLERO ROD. SUR ORIENTE INFERIOR ENTRE VIGAS CONCRETO. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 14 | 25,8 | **5426** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 13 | 24,9 | **5221** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 13 | 25,2 | **5159** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 12 | 22,5 | **5333** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 12 | 21,9 | **5479** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 11 | 19,1 | **5759** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 11 | 18,5 | **5946** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 22,56 | **5475** | |

Tabla 7. Ultrasonido 2.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 27+710 OCAL. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TABLERO ROD. NORTE INFERIOR ENTRE VIGAS CONCRETO. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 12 | 22,7 | **5286** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 12 | 22,9 | **5240** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 13 | 23,4 | **5556** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 11 | 21 | **5238** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 11 | 20,7 | **5314** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 13 | 24,1 | **5394** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 13 | 23,8 | **5462** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 22,66 | **5356** | |

Tabla 8. Ultrasonido 3.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 27+710 OCAL. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| VIGA CONCRETO NORTE INFERIOR PR 27+710. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 12 | 24,7 | **4858** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 12 | 25,9 | **4633** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 13 | 26,4 | **4924** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 11 | 27 | **4074** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 11 | 26,7 | **4120** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 13 | 26,1 | **4981** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 13 | 27,8 | **4676** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 26,37 | **4610** | |

Tabla 9. Ultrasonido 4.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 27+710 OCAL. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| VIGA CONCRETO SUR ORIENTE INFERIOR PR 27+710. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 11 | 23,7 | **4641** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 12 | 27,8 | **4317** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 12 | 28,4 | **4225** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 14 | 31,6 | **4430** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 13 | 28,9 | **4498** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 14 | 29,2 | **4795** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 12 | 25,5 | **4706** | Lectura Ind. Viga inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 27,87 | **4516** | |

**ULTRASONIDO.**

Con la información condensada en los cuadros anteriores con ultrasonidos, se estimaron los rangos promedios generales que nos muestran un concreto, como se describe a continuación:

- Las velocidades obtenidas en las lecturas indirectas en campo con el ultrasonido evidencian que en el concreto al hacer una correlación de los sectores sanos y los sectores donde se presentan dudas (humedad), nos muestra un promedio en trayectorias de ultrasonido para tablero de más de 5600m/s para un concreto de cerca de 5900psi promedio. Para vigas en concreto de 4900 m/s correspondientes a 5300psi.

- Igualmente, las lecturas de ultrasonido en laboratorio, en las probetas en campo y antes de fallarlas nos muestran resultados levemente por debajo con respecto a los ensayos practicados a los núcleos extraídos, es por ello que, al hacer la correlación, el resultado es levemente mayor así, tablero 6000 m/s, Vigas concreto 5600 m/s.

- Estos resultados de ultrasonido en obra y laboratorio más los resultados de los núcleos fallados y las lecturas de esclerometría (aunque su confiabilidad es baja) nos muestran un concreto que se encuentra muy por encima del F´c esperado para los elementos revisados en el trabajo de campo.

Foto 4. Detalle de toma de lecturas con equipos electrónicos, trayectorias de ultrasonidos y equipo de lecturas de esclerometría, sobre vigas y tableros.

**ESCLEROMETRO.**

**Ensayos de Esclerómetro:**

**LECTURA ESCLEROMETRO TABLERO.**

Tabla 10. Lectura de esclerómetro en tablero Noroccidente.

| | TABLERO DE RODAMIENTO PR 27+710 NOROCCIDENTE PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 38 | 42 | 40 | 42 | Promedio | 40,50 |
| 40 | 40 | 40 | 42 | Desviación | 1,82 |
| 42 | 42 | 38 | 40 | Coef. De variación | **4,50** |
| 38 | 38 | 42 | 44 | Número de datos | 20 |
| 40 | 38 | 42 | 42 | **F'c min.** | **400 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **464 kg/cm2** |

Foto 5. Ensayos de esclerometría

Tabla 11. Lectura de esclerómetro en tablero Sur.

| | TABLERO DE RODAMIENTO PR 27+710 SUR PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 36 | 38 | 40 | 40 | Promedio | 38,90 |
| 38 | 38 | 42 | 40 | Desviación | 1,77 |
| 40 | 40 | 38 | 38 | Coef. De variación | **4,56** |
| 40 | 40 | 38 | 36 | Número de datos | 20 |
| 38 | 42 | 36 | 40 | **F'c min.** | **383 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **447 kg/cm2** |

**LECTURA ESCLEROMETRO VIGAS REFORZADAS**.

Tabla 12. Lectura de esclerómetro en viga reforzada norte.

| | VIGA CONCRETO PR 27+710 NORTE PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 38 | 40 | 40 | 38 | Promedio | 39,50 |
| 38 | 40 | 38 | 40 | Desviación | 1,43 |
| 40 | 38 | 38 | 42 | Coef. De variación | **3,63** |
| 42 | 40 | 40 | 38 | Número de datos | 20 |
| 38 | 40 | 42 | 40 | **F'c min.** | **400 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **464 kg/cm2** |

Tabla 13. Lectura de esclerómetro en viga reforzada Sur.

| | VIGA CONCRETO PR 27+710 SUR PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 40 | 40 | 42 | 40 | Promedio | 40,00 |
| 42 | 42 | 44 | 38 | Desviación | 1,84 |
| 38 | 38 | 38 | 38 | Coef. De variación | **4,59** |
| 42 | 38 | 38 | 40 | Número de datos | 20 |
| 40 | 40 | 40 | 42 | **F'c min.** | **400 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **464 kg/cm2** |

En resumen, las resistencias promedio obtenidas en los elementos por medio de los diversos ensayos son las siguientes:

## 5.1 VIGAS

El esclerómetro muestra lecturas promedias altas y nos muestran homogeneidad del concreto analizado, en este caso solo se utilizaron para determinar homogeneidad y posible afectación del concreto.

## 5.2 TABLERO

Las lecturas de esclerómetro, muestran igualmente unos resultados altos (propio de esta prueba), que corresponden a concretos con una buena homogeneidad.

## 5.3 BARANDA Y SENDEROS DE PROTECCIÓN.

Esta estructura no tiene barandas a cada lado del puente, solo se identifican unos sardineles a cada lado limitando la calzada y tampoco existe una senda peatonal debido a que el puente Ocal es solo media calzada o un solo carril.

Pero el puente si tiene las dos placas de acceso, una en cada extremo y que permiten la amortiguación del vehículo al acceder a la estructura.

# 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 6.1 ESTADO Y CALIDAD DEL CONCRETO.

El concreto revisado, para una estructura con una edad aproximada de 40 a 50 años, ha presentado una resistencia satisfactoria, en razón a que los ensayos no destructivos y núcleos para tablero y vigas, han generado unas resistencias promedio reales (sin factores de seguridad) por encima de 5600psi en vigas (concreto sistema tradicional) y 5900psi en tablero (con probetas y equipo electrónico en sitios auscultados), luego de correlacionar las diferentes pruebas.

Adicionalmente, el proceso de carbonatación en el concreto se evidencia en este puente en la parte inferior del tablero de rodamiento, aun así, la zona inferior de vigas permanece sana, posiblemente por el constante ciclo de húmedo-seco, y por el guano o excremento de murciélagos, hay que tener en cuenta esta situación, lo cual deteriora progresivamente, y sale de los parámetros normales para una estructura de esta edad además de las condiciones ambientales de alta humedad reinantes.

Los resultados de ultrasonido registran que la velocidad indirecta muestra lecturas promedias que son acordes con los resultados de los núcleos en el Laboratorio luego de correlacionar las diferentes pruebas.

Finalmente, se recomienda al Ingeniero Calculista, tomar valores libres en el F’c del concreto, para la revisión del modelo estructural del puente en cuanto a vigas y tablero (elementos que hacen parte del presente informe).

## 6.2 LESIONES ENCONTRADAS EN LOS ELEMENTOS REVISADOS.

La exposición a la humedad por agua lluvia y vegetación nativa, la falta de protección y mantenimiento en los elementos estructurales, más el deterioro progresivo del concreto por el guano de murciélago sobre la superficie de las vigas (especialmente en el costado Norte y Sur), son las afectaciones más importantes encontradas en esta estructura. hay que tener en cuenta que esta estructura está sirviendo a una vía de carácter destapado, donde la humedad es mayor.

## 6.3 FRENTES DE CARBONATACIÓN EN LOS ELEMENTOS DE CONCRETO REVISADOS.

En la parte inferior se evidenció proceso inicial de carbonatación en el concreto, principalmente en el tablero costado Sur, pero la parte inferior de las vigas aún permanece sana igual que el refuerzo (situación normal en estructuras de concreto sobre lechos de agua), debido a los ciclos de mojado y secado constante; es de resaltar que la zona donde se ubica el puente presenta un alto nivel de humedad y se han utilizado agregados calizos.

Actualmente, se destaca que la carbonatación del concreto solo ha afectado de manera muy leve (aun es oxidación) el acero de refuerzo parrilla inferior costado Sur de la placa de rodamiento de la estructura y pero no los sectores inferiores de las vigas de concreto.

## 6.4 DETECCIÓN DE AGREGADOS CALIZOS.

Considerando que en los concretos elaborados con agregados calizos y material orgánico, se podrían presentar problemas de durabilidad, especialmente al estar expuestos al intemperismo, no se evidenció su presencia en forma considerable.

## 6.5 TIPO Y RESISTENCIA DE ACERO DE REFUERZO EN CONCRETO

El acero de refuerzo detectado en la exploración de esta estructura se encontró así:

En la placa del tablero, son dos parrillas, la superior de ½" corrugada cada 25cm sentido longitudinal (a lo largo del puente) y de 5/8" corrugada cada 20cm sentido transversal (ancho del puente), y la inferior con 3/8" corrugada sentido Longitudinal (Norte Sur), y 5/8" corrugada sentido transversal (Oriente Occidente), allí se identificó que las mallas inferior y superior se encuentra n con sanidad sin corrosión, donde el adecuado recubrimiento protege que la malla se afecte en la superficie del concreto. Las vigas longitudinales (concreto reforzado), con los ensayos realizados con equipo electrónico, se encuentran con sanidad.

## 6.6 RECOMENDACIONES.

1. En la auscultación realizada se identificó la existencia de placas de aproximación de acceso al puente, tanto de entrada como salida, debido a que la vía que cruza el puente es del tipo destapada (sin placa de concreto o carpeta asfáltica) este elemento presenta algunas afectaciones, revisar esta situación y prevenirla.

2. Revisar algunos sectores de las vigas principales y riostras afectadas por humedad y por excremento de murciélagos o guano del costado central y en los apoyos con los estribos, pues estos elementos estructurales se encuentran saturados de guano.

3. Se detectaron elementos parásitos en la estructura, consistente en vegetación nativa invasora que acumula humedad, el puente no tiene una senda peatonal para comunicar los diferentes sectores, paso que se hace con poca seguridad.

4. Por factores externos (el afluente presenta aumentos constantes con gran flujo, aumentando su cauce) aunque no se presentan patrones de socavación, particularmente en el costado Sur, hay evidencias de sedimentación por medio de rocas y tramos de árboles.

5. Aunque existen desagües de agua lluvia en la parte superior del tablero, estos deben tener mantenimiento para evitar su taponamiento y con ello afectar el interior del concreto de tablero y vigas.

6. Aplicar pinturas de protección para detener el proceso de carbonatación en el concreto, que, aunque en este puente aun es incipiente, es bueno prevenir el avance de este problema patológico, particularmente en la parte inferior del tablero de rodamiento sector Sur y Norte, donde la carbonatación es inicial y apenas llega a un 20%.

7. Esto con el fin de prevenir que en un futuro el refuerzo se llegue a ver afectado, hay que abonar que en este puente PR 27+710 el recubrimiento es el adecuado, llegando hasta el momento a proteger el refuerzo.

8. Realizar una limpieza del cauce o afluente, pues a su paso por el puente hay grandes sedimentos que disminuyen el galibo en el sector Oriental y podrían llegar a causar taponamiento en un aumento considerable del cauce del afluente. Igualmente, el mantenimiento periódico del puente, por situaciones como la humedad, el guano y la vegetación parasita.

# ANEXO 16 – ESTUDIO DE PATOLOGÍA - PUENTE PR30+810

## 1 ANTECEDENTES

Se realizaron los trabajos de campo, desde el martes 3 a viernes 6 de octubre de 2023, realizando una serie de ensayos sobre la estructura, previamente se determinó el proceso a seguir, los puntos a revisar, la cantidad y tipo de ensayos que se realizarán y recorrido con ingenieros del contrato.

La información obtenida sobre este proceso es la siguiente:

- El trabajo de campo se realizó a un puente denominado LA MUELUDA sector El Diamante, ubicado en la vía Vereda Dos y medio a Otanche en Puerto Boyacá en el Departamento de Boyacá.

- El puente está ubicado en área rural del Departamentos de Boyacá en límites con el Departamento de Cundinamarca.

- Su construcción en Placa de rodamiento de concreto reforzado con dos mallas (superior e inferior) apoyada sobre estribos a cada extremo (puente de una luz) con 2 vigas en concreto con muros extremos en concreto reforzado como apoyo, además de una viga riostra en el centro de la luz.

- Esta estructura o puente fue construida hace unos 45 a 50 años, (según datos de los lugareños, pues no se tiene información concreta) por lo tanto debe haber sido construido sin código. el refuerzo es corrugado tanto en vigas como en tablero de rodamiento. En las vigas reforzadas y tablero se logró la extracción de dos núcleos, combinando con otros ensayos complementarios que se realizaron con equipos no destructivos.

- Se revisará la resistencia del concreto componente del Tablero, muro de apoyo y vigas principales, más la cuantía, estado y calibre del refuerzo, con ensayos destructivos y no destructivos. Por lo tanto, se determinó la realización de ensayos de localización del acero de refuerzo, apiques, regatas, Extracción de núcleos, ultras en campo y probetas en laboratorio antes de fallarlos, pruebas químicas para profundidad de carbonatación (todos estos ensayos en sitios aleatorios).

Durante el estudio de campo, se observaron los siguientes aspectos:

- Se identificó en general un concreto con un F´c por encima de 5060psi en vigas, 5800psi para la placa del tablero.

- Se evidenciaron problemas iniciales en cuanto a socavación de un estribo o muro (no incluido en la presente patología), aunque estos elementos estructurales presentan estabilidad.

- El refuerzo de todas las estructuras revisadas, en general se encontró en buen estado, sin grandes procesos de corrosión, pero si con inicios principalmente en zona inferior. En su generalidad solo

se identificaron algunos problemas patológicos en la parte inferior de vigas y del tablero de rodamiento, algo muy común en estas estructuras ubicadas en regiones con alta humedad.

- Se utilizó concreto vaciado “in situ” con materiales tomados del entorno, si se evidencia agregados contaminados o con materia orgánica, canto rodado o agregado falso, llamado así en la región.

- Los agregados están compuestos de canto rodado, con materia orgánica con algunos sobre tamaños cerca de 2”.

- Las pruebas químicas nos presentaron concretos con sanidad en vigas, entretanto, hay carbonatación por sectores (zona Occidental parte inferior del tablero) en el concreto de la placa inferior este problema patológico afecta al refuerzo, el cual tiene un proceso de corrosión parte inferior donde el recubrimiento es insuficiente, lo que hace que en algunos sectores se presente carbonatación y corrosión.

- Los estribos están construidos en concreto reforzado y aunque no hacen parte del presente informe, nos pareció muy importante reseñar algunos aspectos de estos elementos de apoyo estructurales.

**GENERALIDADES Y OBJETO DEL ESTUDIO.**

El objeto del presente estudio es la revisión patológica, por medio de ensayos destructivos y no destructivos del estado actual del puente; incluye el tablero, vigas en concreto reforzado (por lo tanto, se realiza una extracción y lo demás con ensayos no destructivos) determinando sección y resistencia del concreto, cuantías y calibres del refuerzo, que sirvan como base para modelado por parte del ingeniero calculista.

El estudio no incluye revisión de la cimentación de los estribos del puente, ni apoyos de este

# 2 INFORMACIÓN PREVIA

## 2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

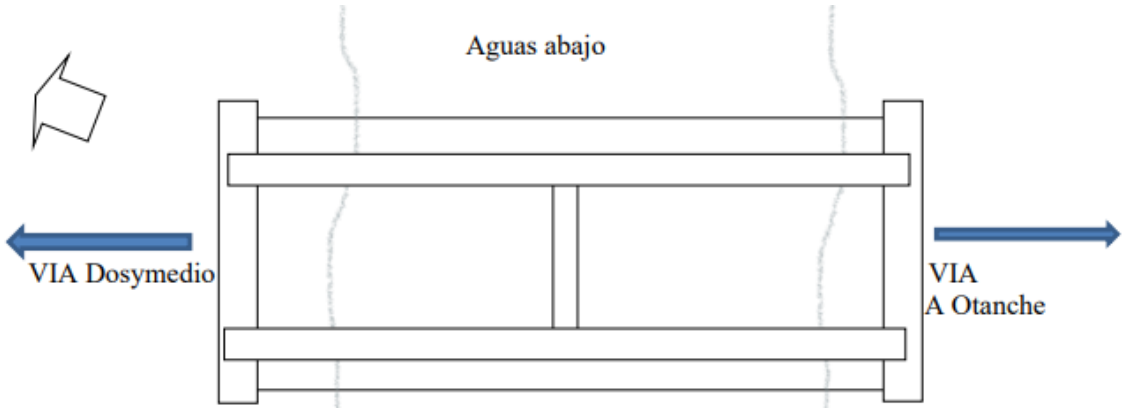



Figura. 1 Puente La Mueluda sector el diamante PR30+810

La estructura Puente LA MUELUDA, está ubicado en la vía de la Vereda Dos y medio de Puerto Boyacá y conduce a Otanche en el Departamento de Boyacá, sobre el Caño La Mueluda, a 38 kilómetros del casco Urbano del Municipio de Puerto Boyacá en el Departamento de Boyacá, localizado en zona rural a lo largo de la vía a Chiquinquirá. Consta de media calzada y un carril en ambos sentidos.

## 2.2 HISTORIA DE LA ESTRUCTURA

El Puente LA MUELUDA PR 30+810 tiene una edad aproximada de 40 a 45 años y une las poblaciones Dos y medio con Otanche (Boyacá) Vía secundaria hacia Chiquinquirá, y cruza el Caño La Mueluda; durante su existencia no ha tenido remodelaciones, pero se evidencian unos elementos en concreto, que revelan la posible existencia de una estructura anterior, tema que no es del alcance del presente estudio.

## 2.3 TIPOLOGÍA GENERAL DE LA ESTRUCTURA

Puente de una luz (10,35 m) y una calzada con un carril, el ancho del puente es de 4.05m más sardineles y sin senda peatonal, cuya estructura consta de dos estribos de apoyo, conformado cada uno por un muro en concreto Reforzado, donde se apoyan las 2 vigas de concreto reforzado en sentido Nor Occidente Sur Oriente.

Con respecto al tablero, se destaca que está conformado por una placa de concreto reforzado con dos parrillas de acero corrugado localizadas en cada una de las caras de la misma (una superior y otra inferior). El tablero se apoya en 2 vigas de concreto, las cuales tienen una viga riostra en el centro de su longitud. El tablero no posee carpeta asfáltica, solo es la placa en concreto con desgaste medio, la vía actualmente es tipo destapada (afirmado).

## 2.4 USO DE LA ESTRUCTURA

La estructura actualmente funciona como conexión vehicular y peatonal (no cuenta con senda peatonal) entre las poblaciones de Dos y medio y el Otanche en el Departamento de Boyacá.

Posee una calzada de un carril (4.05 metros), con dilatación abierta y con blindaje metálico en buen estado, además en ambos extremos existe placa de aproximación de 3,10m hacia el Occidente y de 3,05 hacia el Oriente.

Este es un puente con transito medio y pesado. Con respecto al paso peatonal, este se hace de manera insegura por la estructura de concreto, NO existen barandas de protección a cada lado, solo hay sardineles en concreto reforzado de 0,20 x 0,00m, las cuales evidencian falta de mantenimiento.

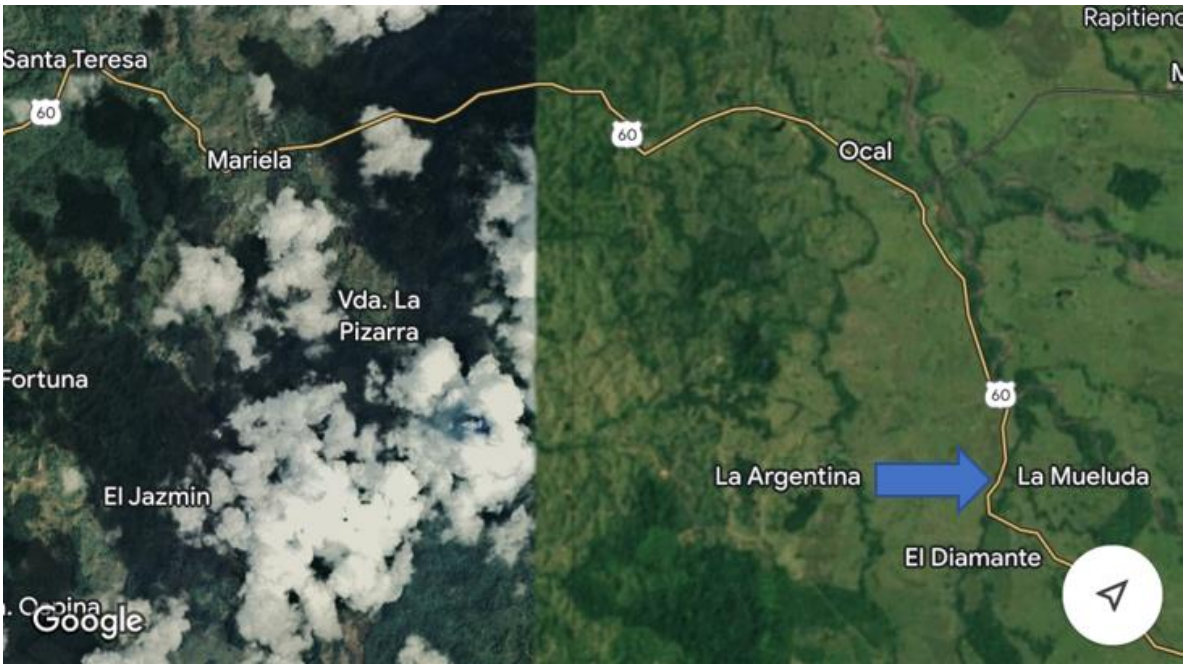



Figura. 2. Localización de la estructura.

## 3 RECONOCIMIENTO INICIAL

### 3.1 ENTORNO DE LA ESTRUCTURA

El Puente LA MUELUDA, está ubicado en una zona rural, donde se presenta una conexión secundaria dentro del Departamento de Boyacá y áreas límites del Departamento de Cundinamarca, región que presenta una alta humedad relativa, pues se encuentra muy cerca al Rio Magdalena, situación que afecta especialmente la parte inferior del puente, bajo placa, y los sardineles (no hay barandas) las vigas presentan sanidad. Este puente tiene un proceso inicial de corrosión en la parte inferior del tablero (de acuerdo a sitios auscultados de la placa), posiblemente por humedad afectación directa del

afluente o caño y el guano de murciélagos sobre vigas, en su parte inferior el recubrimiento es insuficiente para protección del refuerzo..

## 3.2 CONDICIONES DE TRABAJO DE CAMPO

Debido a que la estructura se encuentra en uso y que el puente sirve en dos sentidos, además de tener un ancho de un carril o media calzada, el trabajo de campo se desarrolló aprovechando las horas de menor impacto por el tráfico, ya que allí antes de ingresar se maneja uno de los "pare y siga" de la carretera principal, entretanto, que las vigas y placa inferior (que hacen parte del trabajo de campo), que demandan mayor trabajo, se realizaron con un horario más flexible; no fue necesario realizar los trabajos con andamios especiales a pesar de tener un galibo considerable, ya que gran parte de los ensayos se pudieron realizar en sitios de altura promedia de una persona, especialmente en la zona inferior del tablero y las vigas principales.

Inicialmente, se realizó una exploración preliminar, localizando y marcando los sectores y elementos a revisar, que posteriormente fueron auscultados ocasionando las menores molestias posibles a los vehículos y transeúntes que circulaban por el puente.

La detección del acero en el concreto reforzado, se efectuó por medio de equipo electrónico, indicando su posición por medio de marcas directas sobre el concreto, actividad que se efectuó en horario de la mañana, facilitando esta labor debido a la humedad y lluvias intermitentes (hay ensayos que no se pueden realizar con lluvia o superficies húmedas), haciendo posteriormente los apiques, regatas y extracciones de núcleos en horas posteriores, elaborando luego las hojas de campo, la toma de fotos, resanes y el aseo, que se realizaron al día siguiente.

Los ensayos de campo se realizaron con los siguientes equipos:

- Detector de aceros marca MILWAKEE y HILTI PS-20, para la localización del acero de refuerzo, antes de hacer los ultrasonidos.
- Equipo de ultrasonido marca PUNDI 71, para la toma de los tiempos que tarda el sonido en viajar de un punto a otro, estableciendo con su distancia conocida, una velocidad expresada en metros/segundo.
- Extractor de núcleos marca BLACK AND DECKER y HILTI con broca de diamante de 3".
- Cámara digital y otras herramientas menores. Esclerómetro CONTROLS.

## 3.3 LISTADO DE ELEMENTOS SELECCIONADOS

Los elementos revisados en el presente estudio fueron:

Vigas reforzadas (centro y extremo), placa o tablero, y elementos complementarios a nivel general (baranda de protección, lloraderos, sardineles), que se listan en el siguiente cuadro general (el detalle de los elementos y ensayos realizados se encuentra en los anexos del presente informe):

Tabla 1 Listado de elementos seleccionados

| ELEMENTO | CANTIDAD | LOCALIZACIÓN GENERAL |
|---|---|---|
| Vigas en concreto | 2 | Zona Norte, Sur y central del Puente (entre vigas). Inferior y superior. |
| Estribos muro apoyo en concreto reforzado. | 2 | Costados Occidental y Oriental (vía de Dos y medio a Otanche). |
| Tablero | 2 | 2 puntos en Cara inferior y cara superior. |
| Núcleos | 2 | Viga Nor Occidente. Placa tablero rodamiento Sur (superior). |
| Dilataciones y placas de aproximación. | 2 | Fue posible detectar las placas de aproximación, una al Oriente con 3,05m y la del extremo contrario con 3,10m. las dilataciones son abiertas y metálicas. |
| Baranda de protección, sardineles y lloraderos | 2 | Costados laterales. No hay Barandas de protección a cada lado, ni tampoco estructura para paso peatonal o anden. Se encontraron Neoprenos en apoyos de vigas con muros. Hay 3 lloraderos de 3” por cada costado lateral. |

# 4 RECONOCIMIENTO PATOLÓGICO

## 4.1 RESISTENCIA ESTIMADA DEL CONCRETO.

En los anexos, se encuentra el cuadro detallado de las resistencias obtenidas de los núcleos y sus correlaciones con las lecturas de ultrasonido, por cada elemento revisado y según sean vigas o tablero de rodamiento; algunos de los resultados son producto de los ensayos directos realizados en cada elemento y otros son obtenidos por las correlaciones de los resultados del ultrasonido, con los ensayos a compresión de los núcleos.

Para definir los rangos más representativos, se dan los siguientes valores (sin factor de seguridad):

Vigas reforzadas: promedio de 5600psi. Con núcleo y equipo electrónico.
Tablero: por correlación núcleos y ultrasonido 6500psi.
Muros apoyo: promedio 5500psi. Con ultrasonido.

El concreto para vigas, de acuerdo con su edad, se debe comparar con una resistencia por encima de F’c de 280 kg/cm2 y para el tablero, por encima de F’c de 280 kg/cm2. El resultado de las vigas con núcleo y equipo electrónico es muy bueno.

El promedio de densidad del concreto en gr/cm3 es el siguiente:

Viga: 2,34 gr/cm3.
Tablero: 2,48 gr/cm3

Estos resultados se consideran buenos (un promedio aceptable es de 2,30 a 2,40gr/cm3) para los concretos de la región, teniendo en cuenta que los elementos tienen posiblemente entre 40 a 45 años.

## 4.2 CARBONATACIÓN DEL CONCRETO.

Se realizaron pruebas químicas de carbonatación en el concreto, encontrando los siguientes resultados:

Tabla 2. Resultado de pruebas de carbonatación.

| No. | Localización | Comentarios |
|---|---|---|
| 1 | TABLERO OCC, Vía Dos y medio a Otanche. | Concreto con carbonatación de 60 a 80% inferior. Refuerzo con inicio de corrosión. Reflejo del acero (ya descubierto) en la parte inferior. Sobre el tablero el concreto y refuerzo son Sanos, Parte superior. |
| 2 | TABLERO ZONA SUR ORIENTE (entre vigas pre esforzadas). | Concreto sin carbonatación en tablero zona superior. |
| 3 | MURO APOYO NOR OCCIDENTE, vía a Dos y medio. | Concreto con carbonatación de 90% inferior. Refuerzo sano sin corrosión. Hormigueros en la parte inferior. Sano parte superior. |
| 4 | VIGAS OCCIDENTE, Vía a Dos y medio. | Concreto con carbonatación del 60% con ensayos en dos sitios de cada viga. Refuerzo con corrosión por sectores (reflejado bajo viga), insuficiente recubrimiento entre 1 y 2cm. |

## 4.3 TIPO DE REFUERZO Y ESTADO EN LOS SITIOS EXPLORADOS

El acero de refuerzo encontrado en la placa de concreto del tablero es de alta resistencia, siendo dos mallas, una superior de 5/8” corrugada cada 15cm sentido transversal (Norte Sur), y 1/2” corrugada en el sentido longitudinal cada 20cm; igualmente la malla inferior es de 1/2” corrugada cada 20 cm en sentido longitudinal y 5/8” corrugada cada 25cm sentido transversal (ensayos realizados en el centro y costado Norte del tablero). El recubrimiento en la cara superior es de 5 a 6cm mientras que en la cara inferior de la placa esta tiene en algunos sectores puntuales del costado Norte de 1 a 2cm. Para los muros extremos de apoyo se encontró refuerzo vertical de ½” corrugada cada 25cm y refuerzo horizontal de 7/8” corrugada cada 25cm.

Como se expresó anteriormente, hay 2 vigas en concreto reforzado (sección de 0.40 x 0.63) sobre los muros de apoyo en concreto reforzado, son elementos sanos no registran fisuras, pero si el reflejo del refuerzo en la parte inferior donde hay insuficiente recubrimiento y la afectación externa que radica

suciedad y telarañas en toda la estructura, y afectación superficial por el guano de los murciélagos, principalmente en el cruce con las vigas riostras y en los apoyos con los muros Oriental y Occidental, donde este problema patológico se une con la penetración de humedad desde el tablero.

Hay evidencia de neopreno en los apoyos de vigas con estribos, aunque no hace parte de este informe.

## 4.4 ESPESOR DE LOSAS Y ACABADOS

La exploración del tablero del puente se hace por medio de perforaciones pasantes con broca, regatas de exploración y extracción de núcleos, encontrando los siguientes resultados:

Tablero en sector Nor Occ: espesor de 22 cm Sin asfalto.
Tablero en el sector Central: espesor 23 cm. Sin asfalto.

Con base en lo anterior, se tiene un promedio de 22,5 cm de espesor de la placa o tablero de rodamiento (sin carpeta de asfalto), apoyada sobre las vigas.

Hay sardinel a cada lado de la vía, de 20 cm de ancho x 20cm de altura, no existen sendas peatonales o andén pues por la vía escasamente pasa un vehículo a la vez por cada dirección. Se identificaron 3 lloraderos o evacuaciones de agua lluvia por cada lado de la placa a un costado del sardinel (con evidencia de acceso de humedad), la placa tiene una longitud de 10,35 m en promedio por un ancho de 4,05m. Y un galibo máximo cerca de 3,80m (desde la parte inferior de las vigas).

## 4.5 EXPLORACIÓN DE ESTRIBOS DE APOYO

En este puente a pesar de que no se considera esta inspección para el informe actual, el muro de apoyo Nor Occidental es en concreto reforzado con resistencia de 5200psi y refuerzo de 7/8” corrugada y 1/2" corrugada.

## 4.6 EXPLORACIÓN DE VIGAS RIOSTRAS.

Hay 1 viga riostra ubicada en la mitad de la longitud de las vigas pre esforzadas, a pesar de su afectación por guano y humedad proveniente desde el tablero (lloraderos y dilataciones), aun presenta relativa sanidad.

## 4.7 EXPLORACIÓN DE VIGAS

Se destacan los siguientes datos

Tabla 3. Descripción general de vigas.

| Elemento | Luz | Sección | Estado | Forma geométrica |
|---|---|---|---|---|
| 1 viga transversal | 1,80m | 0,20m X 0,66m | Elemento con afectación, hay humedad periódica desde tablero y excremento de murciélago. | Rectangular. Ubicada en la mitad de la luz a 10,17m. |
| 2 vigas longitudinales | 10,35 | B= 0,40 m H= 0,63 m | Elementos con refuerzo reflejado bajo viga y tablero. Humedad en apoyo Norte y Sur | Sección rectangular apoyadas sobre los dos estribos extremos en concreto reforzado de apoyo, costado Oriental y Occidental. |

## 4.8 EXPLORACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS Y NEOPRENOS.

En este puente NO se encontraron elementos metálicos anclados (barandas) en los costados Noroccidente y Suroriente solo existen sardineles como límite de calzada, no hay senda peatonal. Se evidenció la existencia de neopreno en el apoyo de las vigas con los muros de apoyo.

## 4.9 INFORMACIÓN GENERAL DE LOS ELEMENTOS REVISADOS

Se relaciona a continuación, la información básica de los elementos que conforman la estructura principal, desde el punto de vista patológico, para establecer su estado actual.

Tabla 4. Información básica de los elementos que conforman la estructura principal

| | |
|---|---|
| **Tipo de estructura** | VIGAS. Puente conformado por 2 vigas en concreto reforzado apoyadas en los dos estribos extremos (generando un puente de 1 luz) longitud de 10,35m X 4,05m de ancho y sección viga inferior de 0,40 x 0,63m (altura total de viga).<br>VIGA RIOSTRA. En la mitad de la luz es una viga en concreto reforzado vaciadas “in situ” con longitud de 1,30m entre vigas principales, con sección rectangular de 0,20m x 0,60m. |
| **Concretos** | No existe mucha información al respecto, pero los materiales componentes del concreto constan de canto rodado extraído de fuente cercana al sitio, con algunos desprendimientos, hay sobre tamaño de agregados de cerca de 2”. y algunos agregados contaminados con materia orgánica. |
| **Fecha de construcción** | Estructura con una edad aproximada de unos 40 a 50 años. Hay evidencias de la construcción y reemplazo del puente anterior. |
| **Nivel revisado** | Como objeto del trabajo se tiene la revisión de cuantías y diámetros del acero de refuerzo en tablero, revisión de elementos en concreto vaciadas “in Situ” con equipo |

| | |
|---|---|
| | electrónico y la extracción de 2 núcleos en sitios aleatorios para determinar la resistencia del concreto y calidad de este. |
| **Especificaciones** | Concretos de 5060 a 5800 kg/cm2. El refuerzo de la placa o tablero se encontraron dos mallas la superior con aceros de ½" corrugada cada 20cm en sentido longitudinal y 5/8" corrugada cada 15cm sentido transversal; la inferior de 1/2" corrugada cada 20cm sentido longitudinal y 5/8" corrugada en sentido transversal, cada 25cm con recubrimiento de 4 a 5cm parte superior, y de 1 a 2cm la malla inferior con carbonatación por sectores y corrosión del refuerzo reflejado bajo el tablero y vigas.<br>El estribo revisado en costado Occidental es en concreto reforzado con una malla exterior de 7/8" corrugado sentido horizontal cada 30cm y ½"" corrugada cada 25cm en sentido vertical. |

Foto 1. Detalle del puente en la parte inferior con sus dos vigas de concreto y viga riostra.

***Observación:*** *donde descansan las vigas reforzadas hay proceso de afectación de vigas y viga riostra por humedad y guano. Además de reflejo del acero en viga y tablero por insuficiente recubrimiento, esto solo en la parte inferior del puente.*

## 4.10 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS Y PROCEDIMIENTO

Se realizó el siguiente procedimiento para los ensayos en esta estructura de acuerdo a 4 requerimientos por parte del contratante:

- Detección del acero de refuerzo en los diferentes elementos a revisar como vigas principales de apoyo del tablero, (riostra y de concreto) y tablero entre vigas para realizar los respectivos ensayos.
- Marcación de los puntos para la toma núcleos, evitando el refuerzo.

- Toma de núcleos para resistencia y lecturas de ultrasonido en vigas reforzadas y otros elementos para resistencia.
- Regatas y apiques en los elementos de concreto, para revisar el acero de refuerzo, vigas extremas y tablero. Además de prueba química para calidad del concreto.
- Lecturas de ultrasonido en elementos estructurales donde fue posible y a las probetas en laboratorio antes de fallarlas. Adicionalmente se realizaron unos ensayos con esclerómetro (los cuales se consideran necesarios realizar) que, aunque es una prueba poco fiable, en nuestro caso nos sirve para determinar análisis patológico de homogeneidad y posible carbonatación en el concreto.
- Se hicieron recorridos por el puente, para determinar la presencia de fisuras y de problemas patológicos que afectaran la sanidad de la estructura.
- Toma de fotos detalladas en los sectores revisados y de los diversos elementos estructurales.
- Por último, se hizo una revisión planimétrica de boceto e información suministrada en cuanto a secciones, longitudes, cantidades y calibres del refuerzo, no se realizó fidelidad entre lo encontrado y lo construido, pues no existe un diseño o registro planimétrico. Finalmente, esta información sirve como soporte del informe final de patología y de vulnerabilidad estructural.

Con el ultrasonido, se pueden determinar varias propiedades del concreto, como son:

- Homogeneidad de la masa de concreto evaluada
- Presencia de vacíos, fisuras u otras imperfecciones (cuerpos extraños en el concreto)
- Cambios por ganancia de resistencia del concreto (por hidratación del cemento) o pérdida de la misma debido a la acción del fuego, ciclos de hielo-deshielo o por ataques químicos.
- Pérdidas de sanidad en hormigueros o grietas y determinación de la calidad en la reparación de las mismas usando morteros acrílicos o resinas epóxicas.

Se destaca en estas pruebas, el uso del equipo de ultrasonido y sus bondades para calcular dos de estas propiedades del concreto, como son sus pérdidas de sanidad y la calidad del concreto vaciado, compactado y curado en el propio elemento a evaluar.

**Particularidades del equipo de ultrasonido:** el equipo utilizado en este ensayo, está especialmente diseñado para tomar lecturas del tiempo que tarda en viajar un impulso ultrasónico entre dos puntos, en un elemento de concreto.

Este pulso, se produce por la excitación eléctrica de un cristal de cuarzo, que emite un sonido de alta frecuencia, que viaja por el material evaluado.

La velocidad con que este impulso viaja en un material sólido y elástico, está relacionada con 3 variables:

El módulo elástico dinámico, la densidad del material y su relación de Poisson.

**Relación de Poisson:** es la relación que se da entre la contracción transversal de un cilindro y su elongación longitudinal, cuando está sometido a fuerzas aplicadas en sus extremos, en dirección paralela al eje longitudinal del cilindro (se da normalmente en kilos/cm2).

Así mismo, la velocidad del sonido en el concreto está influenciada por las siguientes características:

- Distancia entre los palpadores
- Espesor del elemento de concreto evaluado
- Presencia cercana del acero de refuerzo al sitio de la lectura.
- Grado de saturación del concreto (para este caso el agua libre atrapada en el concreto)
- Grado de agrietamiento del elemento.

Con base en lo anterior, se estableció una relación entre las lecturas con el equipo de ultrasonido y los resultados de resistencia de los núcleos ensayados.

Foto 2. Extracción de núcleos.

Detalle de contaminación en agregados por materia orgánica, en la región se denomina agregado falso, debido a que con el tiempo pierden consistencia y calibre, creando cámaras internas, por donde penetra el aire y posteriormente la carbonatación dentro del concreto.

La imagen izquierda muestra el proceso de extracción de núcleo en viga, luego de localizar los elementos de refuerzo, en este tipo de vigas esta labor es más dispendiosa y de cuidado, luego el respectivo ensayo de ultrasonido en campo y laboratorio para correlacionar ambas pruebas.

## 5 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS Y SU INTERPRETACIÓN

A nivel general el siguiente es un resumen de los aspectos encontrados al momento de realizar los ensayos a compresión y de ultrasonido a cada una de las probetas:

- **Concreto:** Se encontró un concreto sin problemas en la gradación de sus agregados, pero con leves desprendimientos con la pasta de cemento, principalmente los núcleos correspondientes a tablero. En los núcleos de vigas se presentaron buena condición, sin sobre tamaños de los

agregados, pero con contaminación por materia orgánica, lo que en ocasiones produce la falla en el proceso de extracción; todas las probetas presentaron una densidad, por encima de 2,30 gr/cm3.

La resistencia del concreto en vigas con los ensayos de ultrasonido y esclerómetro (el cual, a pesar de su baja confiabilidad, nos sirve en patología para determinar homogeneidad del concreto) en los ensayos a compresión la resistencia encontrada en vigas es buena y se encuentran en un promedio de 5060psi producto de la correlación con ultrasonido, y el resultado en laboratorio.

En el tablero con los ensayos de probeta ultrasonido y esclerómetro, se encontró un concreto por encima de los 5300psi.

- **Refuerzo:** las vigas principales del puente corresponden a un diseño determinado para elementos de carga en elementos reforzados.

  En la placa o tablero se encontraron dos mallas, la superior con aceros de ½" corrugada en sentido longitudinal cada 20cm y de 5/8" corrugada en sentido transversal cada 15cm, y la inferior de 1/2" corrugado sentido longitudinal cada 20cm y de 5/8" corrugada cada 25cm en el sentido transversal; con recubrimiento de hasta 6cm para la malla superior. La malla inferior a diferencia del puente anterior tiene recubrimientos superficiales en algunos sectores llegando a tener 1 a 2cm. Los detalles del refuerzo y secciones de los elementos revisados se pueden consultar en los esquemas ubicados en los anexos a este informe.

## Otros ensayos realizados:

Foto 3. Extracción de núcleos en el tablero.

Se observa un concreto con agregados de sobre tamaños de hasta de 2" canto rodado con material orgánico, lo que puede incidir en el resultado de laboratorio, para lo cual se realizaron ensayos de ultrasonido y esclerómetro en forma complementaria. Igualmente se aprecia una probeta extraída en el tablero donde se aprecian las características de los agregados expuestas anteriormente.

**Ensayos de laboratorio:**

Se dan los resultados obtenidos en los 2 núcleos extraídos en los diferentes elementos estructurales del puente La Mueluda PR 30+810, previamente localizando el refuerzo por medio de un equipo electrónico; aquí se presentan tanto los ensayos destructivos de las probetas, como las lecturas de ultrasonido, antes de ser fallados en el laboratorio:

La siguiente tabla nos enseña los resultados de laboratorio a las probetas extraídas.

Núcleos con relación alto/diámetro de 2.0 – Factor para reducción de resistencia de 1,0 NTC 889.

Tabla 5. Resultados de laboratorio de las probetas extraídas.

| Nucleo | Distancia | Tiempo | Velocidad | F'c | Factor | Densidad |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm | Mseg | m/s | Lbpulg2 | | gr/cm3 |
| 1 TABLERO RODAMIENTO NORTE | 15,16 | 23,2 | 6534 | **6803** | 1,04109 | 2,48 |
| 2 VIGA CONCRETO NOROCC. | 15,13 | 29,3 | 5164 | **5064** | 0,98067 | 2,34 |

Tiempo y velocidad corresponde a ensayos de trayectorias directas con ultrasonido, en las probetas antes de practicar la carga en laboratorio.

**ENSAYOS DE ULTRASONIDO EN CAMPO.**

A continuación, se presentan los cuadros con las trayectorias de Ultrasonido, 7 por cada elemento estructural, tomadas en dos vigas de carga y tres tramos de placa de tablero de rodamiento (zona inferior y superior sin carpeta asfáltica).

Cada trayectoria indirecta se toma en m/s para luego ser trasladada a las tablas correspondientes. En laboratorio se tomaron a cada una de las probetas estos mismos ensayos, pero con trayectorias directas, las cuales se encuentran registradas en el cuadro de núcleos en laboratorio

Tabla 6. Ultrasonido tablero Rodadura. Nor Oriente Inferior

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 30+810 La Mueluda. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TABLERO ROD. NORORIENTE INFERIOR. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 14 | 22,4 | **6250** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 14 | 23,1 | **6061** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 13 | 21,2 | **6132** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 14 | 22,7 | **6167** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 15 | 23,6 | **6356** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 12 | 19,1 | **6283** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 13 | 20,9 | **6220** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 21,86 | **6210** | |

Tabla 7. Ultrasonido tablero Rodadura. Sur occidente

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 30+810 La Mueluda. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| TABLERO ROD. SUR OCCIDENTE SUPERIOR. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 10 | 17,1 | **5848** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 10 | 17,7 | **5650** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 11 | 17,4 | **6322** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 11 | 17,2 | **6395** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 12 | 20,5 | **5854** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 12 | 19,4 | **6186** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 11 | 18,1 | **6077** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 18,20 | **6047** | |

Tabla 8. Ultrasonido viga concreto Nor oriente Lateral.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 30+810 La Mueluda. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| VIGA CONCRETO. NOR ORIENTE LAT. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 11 | 22,7 | **4846** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 12 | 26,6 | **4511** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 12 | 24,8 | **4839** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 11 | 23,3 | **4721** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 13 | 28,5 | **4561** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 13 | 27,7 | **4693** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 12 | 25,4 | **4724** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 25,57 | **4699** | |

Tabla 9. Ultrasonido viga concreto norte, lateral.

| ENSAYOS DE ULTRASONIDO PUENTE PR 30+810 La Mueluda. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| VIGA CONCRETO. NORTE LAT. | | | | | |
| FECHA: OCTUBRE de 2023 | | | | | |
| | | | | | |
| **No.** | Elemento | Dist.(cm) | Tiempo (Mseg) | Velocidad | **Comentarios** |
| 1 | Lectura 1 a 2 | 10 | 21,2 | **4717** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 2 | Lectura 2 a 3 | 11 | 21,8 | **5046** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 3 | Lectura 3 a 4 | 13 | 25,1 | **5179** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 4 | Lectura 4 a 5 | 12 | 23,8 | **5042** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 5 | Lectura 4 a 5 | 12 | 25,3 | **4743** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 6 | Lectura 4 a 5 | 11 | 23,6 | **4661** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| 7 | Lectura 5 a 6 | 11 | 22,4 | **4911** | Lectura Ind. Tablero inf. Concreto sano. |
| | TOTAL | | 23,31 | **4900** | |

**ULTRASONIDO.**

Con la información condensada en los cuadros anteriores con ultrasonidos, se estimaron los rangos promedios generales que nos muestran un concreto, como se describe a continuación:

- Las velocidades obtenidas en las lecturas indirectas en campo con el ultrasonido evidencian que en el concreto al hacer una correlación de los sectores sanos y los sectores donde se presentan dudas (humedad), nos muestra un promedio en trayectorias de ultrasonido para tablero de más de 5500m/s para un concreto de cerca de 5800psi promedio. Para vigas en concreto de 4700 m/s correspondientes a 5000psi.

- Igualmente, las lecturas de ultrasonido en laboratorio, en las probetas en campo y antes de fallarlas nos muestran resultados levemente por debajo con respecto a los ensayos practicados a los núcleos extraídos, es por ello que, al hacer la correlación, el resultado es levemente mayor así, tablero 5800 m/s, Vigas concreto 4700 m/s.

- Estos resultados de ultrasonido en obra y laboratorio más los resultados de los núcleos fallados y las lecturas de esclerometría (aunque su confiabilidad es baja) nos muestran un concreto que se encuentra muy por encima del F´c esperado para los elementos revisados en el trabajo de campo.

Foto 4. Detalle de toma de lecturas con equipos electrónicos, trayectorias de ultrasonidos y equipo de lecturas de esclerometría, sobre vigas y muros.

**ESCLEROMETRO.**

**Ensayos de Esclerómetro:**

**LECTURA ESCLEROMETRO TABLERO.**

Tabla 10. Lectura de esclerómetro en tablero Nororiente.

| TABLERO DE RODAMIENTO NORORIENTE PR30 PTO BOYACA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 46 | 46 | 42 | 42 | Promedio | 44,80 |
| 44 | 46 | 44 | 44 | Desviación | 1,36 |
| 44 | 44 | 46 | 46 | Coef. De variación | **3,04** |
| 44 | 46 | 46 | 46 | Número de datos | 20 |
| 44 | 46 | 46 | 44 | **F'c min.** | **448 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **513 kg/cm2** |

Foto 5. Lectura esclerómetro

Tabla 11. Lectura de esclerómetro en tablero Noroccidente.

| TABLERO DE RODAMIENTO NOROCCIDENTE PR 30 PTO BOYACA | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 44 | 42 | 46 | 44 | Promedio | 44,70 |
| 42 | 44 | 46 | 42 | Desviación | 1,49 |
| 46 | 46 | 44 | 46 | Coef. De variación | **3,33** |
| 44 | 46 | 46 | 44 | Número de datos | 20 |
| 44 | 46 | 46 | 46 | **F'c min.** | **448 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **513 kg/cm2** |

**LECTURA ESCLEROMETRO VIGAS REFORZADAS**.

Tabla 12. Lectura de esclerómetro en viga en concreto- Noroccidente.

| | VIGA CONCRETO NOROCCIDENTE PR 30 PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 40 | 40 | 46 | 42 | Promedio | 43,10 |
| 42 | 44 | 44 | 42 | Desviación | 1,65 |
| 44 | 44 | 42 | 44 | Coef. De variación | **3,83** |
| 44 | 42 | 44 | 44 | Número de datos | 20 |
| 42 | 42 | 44 | 46 | **F'c min.** | **432 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **496 kg/cm2** |

Tabla 13. Lectura de esclerómetro en viga reforzada Noroccidente.

| | VIGA CONCRETO NOROCCIDENTE PR 30 PTO BOYACA | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Lectura** | **Comentarios** | **Valores** |
| 40 | 40 | 44 | 42 | Promedio | 41,20 |
| 38 | 44 | 42 | 40 | Desviación | 2,38 |
| 38 | 38 | 42 | 44 | Coef. De variación | **5,77** |
| 44 | 42 | 38 | 38 | Número de datos | 20 |
| 40 | 42 | 44 | 44 | **F'c min.** | **416 kg/cm2** |
| | | | | **F'c prom.** | **480 kg/cm2** |

En resumen, las resistencias promedio obtenidas en los elementos por medio de los diversos ensayos son las siguientes:

## 5.1 VIGAS

El esclerómetro muestra lecturas promedias altas y nos muestran homogeneidad del concreto analizado, en este caso solo se usaron para determinar homogeneidad y posible afectación del concreto.

## 5.2 TABLERO

Las lecturas de esclerómetro, muestran igualmente unos resultados altos (propio de esta prueba), que corresponden a concretos con una buena homogeneidad.

## 5.3 BARANDA Y SENDEROS DE PROTECCIÓN.

Esta estructura no tiene barandas a cada lado del puente, solo se identifican unos sardineles a cada lado limitando la calzada y tampoco existe una senda peatonal debido a que el puente Ocal es solo media calzada o un solo carril.

Pero el puente si tiene las dos placas de acceso, una en cada extremo y que permiten la amortiguación del vehículo al acceder a la estructura.

# 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 6.1 ESTADO Y CALIDAD DEL CONCRETO.

El concreto revisado, para una estructura con una edad aproximada de 40 a 50 años, ha presentado una resistencia satisfactoria, en razón a que los ensayos no destructivos y núcleos para tablero y vigas, han generado unas resistencias promedio reales (sin factores de seguridad) por encima de 5060psi en vigas (concreto sistema tradicional) y 5800psi en tablero (con probetas y equipo electrónico en sitios auscultados), luego de correlacionar las diferentes pruebas.

Adicionalmente, el proceso de carbonatación en el concreto se evidencia en este puente en la parte inferior del tablero de rodamiento, y zona inferior de vigas que permanece con reflejo del refuerzo en la parte inferior del elemento, posiblemente por tener insuficiente recubrimiento (aunque la parte superior posee un recubrimiento adecuado que protege) y por el constante ciclo de húmedo-seco, además el guano o excremento de murciélagos, hay que tener en cuenta esta situación, lo cual deteriora progresivamente, y sale de los parámetros normales para una estructura de esta edad además de las condiciones ambientales de alta humedad reinantes.

Los resultados de ultrasonido registran que la velocidad indirecta muestra lecturas promedias que son acordes con los resultados de los núcleos en el Laboratorio luego de correlacionar las diferentes pruebas.

Finalmente, se recomienda al Ingeniero Calculista, tomar valores libres en el F’c del concreto, para la revisión del modelo estructural del puente en cuanto a vigas y tablero (elementos que hacen parte del presente informe).

## 6.2 LESIONES ENCONTRADAS EN LOS ELEMENTOS REVISADOS.

La exposición a la humedad por agua lluvia y vegetación nativa, la falta de protección y mantenimiento en los elementos estructurales, más el deterioro progresivo del concreto por el guano de murciélago sobre la superficie de las vigas (especialmente en el costado Norte y Sur), el insuficiente recubrimiento en algunos sectores de la zona inferior del puente, más el proceso de evaporación de agua y condiciones ambientales del caño La Mueluda, son las afectaciones más importantes encontradas en esta estructura. hay que tener en cuenta que esta estructura está sirviendo a una vía de carácter destapado, donde la humedad es mayor.

## 6.3 FRENTES DE CARBONATACIÓN EN LOS ELEMENTOS DE CONCRETO REVISADOS.

En la parte inferior se evidenció proceso inicial de carbonatación en el concreto, principalmente en el tablero costado Sur, y en algunos sectores de la parte inferior de las vigas (situación normal en estructuras de concreto sobre lechos de agua), debido a los ciclos de mojado y secado constante; es de resaltar que la zona donde se ubica el puente presenta un alto nivel de humedad, especialmente este puente La Mueluda.

Actualmente, se destaca que la carbonatación del concreto solo ha afectado de manera inicial el acero de refuerzo parrilla inferior costado Sur de la placa de rodamiento de la estructura y también algunos sectores inferiores puntuales de las vigas de concreto.

## 6.4 DETECCIÓN DE AGREGADOS CALIZOS.

Considerando que en los concretos elaborados con agregados calizos y material orgánico, se podrían presentar problemas de durabilidad, especialmente al estar expuestos al intemperismo, no se evidenció su presencia en forma considerable.

## 6.5 TIPO Y RESISTENCIA DE ACERO DE REFUERZO EN CONCRETO

El acero de refuerzo detectado en la exploración de esta estructura se encontró así:

En la placa del tablero, son dos parrillas, la superior de ½" corrugada cada 20 cm sentido longitudinal (a lo largo del puente) y de 5/8" corrugada cada 15 cm sentido transversal (ancho del puente), y la inferior con 1/2" corrugada cada 20 cm sentido Longitudinal (Norte Sur), y 5/8" corrugada sentido transversal (Oriente Occidente) cada 25 cm, allí se encontró que la malla superior se encuentra con sanidad sin corrosión, donde el adecuado recubrimiento protege que la malla se afecte en la superficie del concreto. Mientras que en algunos sectores la malla inferior se encuentra con proceso de corrosión. Las vigas longitudinales (concreto reforzado), con los ensayos realizados se identifica que hay varillas que se reflejan en la parte inferior y ya tienen carbonatación.

## 6.6 RECOMENDACIONES.

Este puente denominado La Mueluda PR30+810 es muy similar en cuanto a construcción, secciones, calibres y especificaciones al puente anterior analizado, (puente OCAL PR27+710). Es una estructura construida por la misma época y con un diseño similar. La diferencia es que este puente tiene más afectación en la parte inferior (vigas, estribos y tablero, que es similar PR27+710); es así que los procesos de carbonatación en el concreto y corrosión del refuerzo en la zona inferior y que permanecen en contacto directo con el Caño La Mueluda, se reflejan aquí con mayor intensidad. A continuación, se establecen las recomendaciones pertinentes.

1. En la auscultación realizada se encontró la existencia de placas de aproximación de acceso al puente, tanto de entrada como salida, debido a que la vía que cruza el puente es del tipo destapada (sin placa de concreto o carpeta asfáltica) este elemento presenta algunas afectaciones.

2. Revisar algunos sectores de las vigas principales y riostras afectadas por humedad y por excremento de murciélagos o guano del costado central y en los apoyos con los estribos, pues estos elementos estructurales se encuentran saturados de guano. Es así que se encuentran algunas varillas reflejadas en la parte inferior de una viga y en tramos del tablero (inferior), estos elementos de acero presentan corrosión y algunos con perdida de calibre. Igualmente, la carbonatación en algunos sitios llega al 100%.

3. Se detectaron elementos parásitos en la estructura, consistente en vegetación nativa invasora que acumula humedad, no hay mantenimiento. El puente no tiene una senda peatonal para comunicar los diferentes sectores, paso que se hace con poca seguridad. Revisar esta situación.

4. Por factores externos (el afluente presenta aumentos constantes con gran flujo, aumentando su cauce) en el estribo Sur ya se presenta un proceso de socavación, particularmente en este costado, hay evidencias de sedimentación por medio de rocas y tramos de árboles.

5. Aunque existen desagües de agua lluvia en la parte superior del tablero, estos deben tener mantenimiento para evitar su taponamiento y con ello afectar el interior del concreto de tablero y vigas.

6. Aplicar pinturas de protección para detener el proceso de carbonatación en el concreto, parte inferior del tablero y viga afectada que, en este puente es un proceso que está avanzando, es importante corregir este problema antes que la afectación sea mayor. Esta es la gran diferencia con el puente OCAL PR27+710, el cual aún no se ha visto afectado tan severamente, se resalta que el puente La Mueluda tiene un proceso de construcción similar al puente nombrado, pero que por condiciones de su entorno ha generado un proceso de deterioro más avanzado que la estructura del puente Ocal.

   Esto con el fin de prevenir que en un futuro el refuerzo se llegue a ver afectado, hay que abonar que en este puente La Mueluda PR 30+810 el recubrimiento es el adecuado, llegando hasta el momento a proteger el refuerzo.

7. Al refuerzo afectado se le debe realizar una limpieza con grata metálica y luego aplicar un inhibidor de corrosión, con el fin de recuperar los elementos afectados

8. Realizar una limpieza del cauce o afluente, pues a su paso por el puente hay grandes sedimentos que disminuyen el galibo en el sector Oriental y podrían llegar a causar taponamiento y un aumento considerable del cauce del afluente. Igualmente, el mantenimiento periódico del puente, por situaciones como la humedad, el guano y la vegetación parasita.

# ANEXO 17. CAPACIDAD VIGA PRESFORZADA EXISTENTE

## DATOS GENERALES

| | | |
|---|---|---|
| Longitud total de Viga: | **30.50 m** | (30500 mm) |
| Longitud entre apoyos de Viga: | **30.50 m** | (30500 mm) |
| Ancho Tablero: | **10.25 m** | (10250 mm) |
| Ancho Calzada: | **8.90 m** | (8900 mm) |
| Esviaje α: | **0.00 m** | (0 rad) |

| | | |
|---|---|---|
| Espesor carpeta asfáltica: | **0.000 m** | Proyectados |
| | **0.000 m** | Futuros |
| | 0.000 m | Totales |

| | | |
|---|---|---|
| Ancho Bordillo | **0.40 m** | |
| Area Bordillo | **0.12 m²** | |
| Nº Carriles: | **2** | 3.6.1.1.1 |
| Nº Vigas: | **4** | |
| Andén Peatonal: | **Si, en un borde** | |
| Ancho Andén: | **0.95 m** | |

## FACTORES DE RESISTENCIA

| | |
|---|---|
| $\phi_{FlexReforzado}$ = | **0.90** |
| $\phi_{FlexPresforzado}$ = | **0.90** |
| $\phi_{Cortante}$ = | **0.85** |

## MATERIALES

### Concreto

| | | | |
|---|---|---|---|
| $f'_c$ Tablero = | **39.6 MPa** | (396 kg/cm²) | β = 0.77 |
| $f'_c$ Viga = | **45.5 MPa** | (455 kg/cm²) | β = 0.73 |
| n = | 1.07 | Relación Modular | |

$\gamma_{Concreto}$ = Wc = **2.40 t/m³** (2400 kg/m³)

### Carpeta Asfáltica

$\gamma_{Carpeta\ Asfáltica}$ = **2.25 t/m²** (2250 kg/m²) Tabla 3.5.1-1

### Acero de Refuerzo

Se usará acero A706 (NTC 2289)

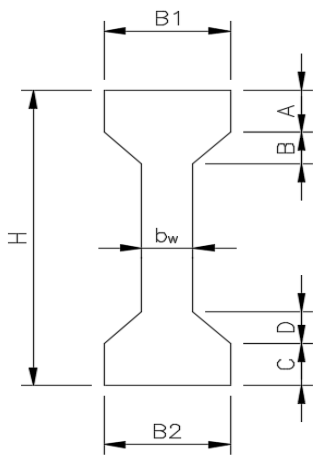
$f_y$ = **420 MPa** (4200 kg/cm²)

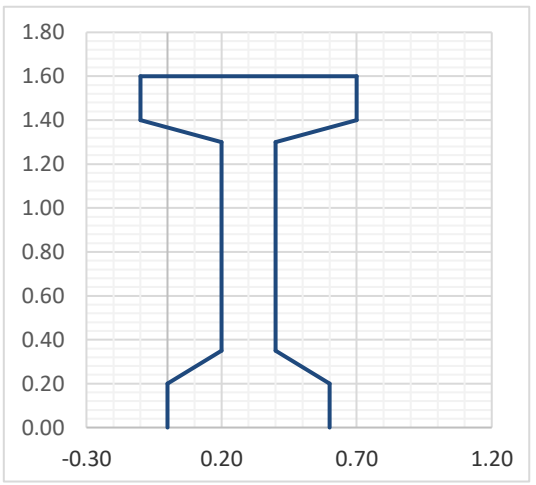
### Acero Presforzado

Se usará acero de baja relajación según la norma ASTM A416 - 270

| | | |
|---|---|---|
| Torones de diámetro nominal: | **5/8''** | |
| Área de cada torón: | 1.40 cm² | |
| Esfuerzo de rotura, $f_{pu}$: | **18600 kg/cm²** | Tabla 5.4.4.1-1 |
| Esfuerzo de fluencia, $f_{py}$: | 16740 kg/cm² | Tabla 5.4.4.1-1 |
| Fuerza de tensionamiento, $P_i$: | **20.00 t** | (21.09 t máx) |
| Esfuerzo de tensionamiento, $f_{pi}$: | 14286 kg/cm² | OK, Menor a 0.9·Fpy |

## GEOMETRIA SECCIÓN VIGA I




| | | | |
|---|---|---|---|
| Altura aleta superior A = | **0.200 m** | > 0.05 m | OK, Cumple 5.14.1.2.2 |
| Transición patín sup. B = | **0.100 m** | | |
| Ancho aleta superior $B_1$ = | **0.800 m** | | |
| Altura total de la viga H = | **1.600 m** | > 0.045·L | OK, Cumple 2.5.2.6.3 |
| Transición aleta inferior D = | **0.150 m** | | |
| Altura aleta inferior C = | **0.200 m** | > 0.125 m | OK, Cumple 5.14.1.2.2 |
| Ancho aleta inferior $B_2$ = | **0.600 m** | | |
| Espesor del alma $b_w$ = | **0.200 m** | > 0.165 m | OK, Cumple 5.14.1.2.2 |

Se considera un ajuste de f = **0.02 m**

**PROPIEDADES GEOMÉTRICAS SECCIÓN SIMPLE**

Se presentan las propiedades geométricas de la sección simple para el cálculo de esfuerzos durante las etapas de tensionamiento.

| Sección | Área ($m^2$) | $Y_{Sup}$ (m) | $Y_{Inf}$ (m) | $I_g$ ($m^4$) |
|---|---|---|---|---|
| *Simple sin contar huecos* | 0.5750 | 0.7443 | 0.8557 | 0.1814 |
| *Simple incluyendo huecos* | 0.5800 | 0.7509 | 0.8491 | 0.1843 |
| *Simple Culata* | 0.9600 | 0.8000 | 0.8000 | 0.2048 |

**GEOMETRÍA TABLERO**

| | |
|---|---|
| Separación entre vigas aprox: $S_{aprox}$ = | 2.63 m |
| Separación entre vigas seleccionada: $S_{vigas}$ = | **2.60 m** |
| Longitud voladizo transv Lv = | **1.225 m** |
| Longitud voladizo esviada Lv = | 1.225 m |

| | |
|---|---|
| $h_{calc}$ = (S+3000)/30 = | 160.0 mm |
| $h_{selecc}$ = | **210 mm** |

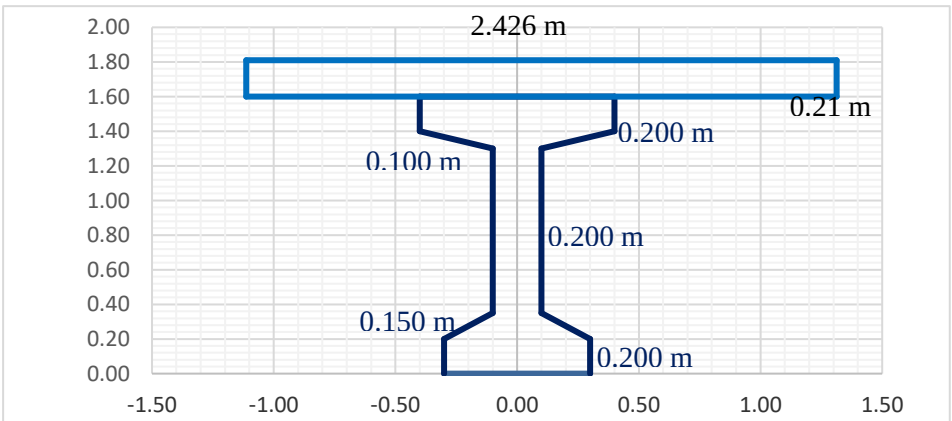
**SECCIÓN COMPUESTA**

**Ancho efectivo de la aleta**

Acorde con lo especificado en el numeral 4.6.2.6.1, el ancho efectivo de la aleta se tomará como el ancho tributario perpendicular al eje del miembro para determinar la rigidez de la sección transversal para el análisis y para determinar la resistencia a la flexión.

El ancho tributario se afecta por el factor de relación modular n para convertir toda la sección al concreto de la viga, el cual es de 45.5 MPa, por lo tanto:

$b_{ef}$ = 2.426 m




**PROPIEDADES GEOMÉTRICAS SECCIÓN COMPUESTA**

| S. Compuesta | Área ($m^2$) | $Y_{Sup}$ (m) | $Y_{Inf}$ (m) | $Y_{SVT}$ (m) | I ($m^4$) |
|---|---|---|---|---|---|
| *Sin huecos* | 1.0843 | 0.5549 | 1.2551 | 0.3449 | 0.3769 |
| *Con huecos* | 1.0894 | 0.5607 | 1.2493 | 0.3507 | 0.3848 |
| *Culata* | 1.4694 | 0.8838 | 0.9262 | 0.6738 | 0.8245 |

**VIGAS DIAFRAGMA**

| | |
|---|---|
| Número de vigas diafragma intermedias = | **1 U** |
| Número de paneles intermedios = | **3 U** |
| Altura viga diafragma = | **1.40 m** |
| Espesor viga diafragma = | **0.23 m** |
| Área de cada panel = | **3.58 m²** |

**CALCULO DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL - VIGA PRESFORZADA EXISTENTE**

**Solicitaciones**

**Peso propio**

| | | |
|---|---|---|
| Sección simple descontando huecos = | 0.57 m² ·2.4 t/m³ = | 1.38 t/m |
| Sección simple incluyendo huecos = | 0.58 m² ·2.4 t/m³ = | 1.39 t/m |
| Sección Simple culata = | 0.96 m² ·2.4 t/m³ = | 2.30 t/m |
| Sección compuesta descontando huecos = | 1.14 m² ·2.4 t/m³ = | 2.73 t/m |
| Sección compuesta incluyendo huecos = | 1.14 m² ·2.4 t/m³ = | 2.74 t/m |
| Sección compuesta culata = | 1.52 m² ·2.4 t/m³ = | 3.53 t/m |
| Ajuste = | 0.02 m² ·2.4 t/m³ = | 0.04 t/m |
| Viga diafragma = | 0.82 m³ ·2.4 t/m³ = | 1.98 t |
| Concreto del tablero fundido = | 0.55 m² ·2.4 t/m³ = | 1.31 t/m |

**Convención de signos**

Para el cálculo de esfuerzos en la viga, se toma en cuenta que los esfuerzos de compresión son negativos (-) y los esfuerzos de tracción son positivos (+).

**Predimensionamiento de cables**

Para el predimensionamiento de los cables se parte del criterio de que para la acción del momento de diseño sobre la sección compuesta en el centro de la viga, los esfuerzos en la fibra inferior deben ser iguales a 0, es decir, toda la sección se encuentra en esfuerzos de compresión, de manera que:

$\sigma_{inf}$ = **0.00 t/m²**

$$\sigma_{inf} = \frac{P_{t=\infty}}{A_c} + \frac{P_{t=\infty} * e * Y_{inf}}{I_c} + \frac{M_s * Y_{inf}}{I_c}$$

Se asume que la excentricidad del acero de preesfuerzo al eje neutro de la sección es: 1.15 m

| | |
|---|---|
| Por carga muerta, $M_D = w_D \cdot L^2 / 8$ = | 318.70 t-m |
| Por sobrecarga, $M_{SC} = w_{SC} \cdot L^2 / 8$ = | 33.49 t-m |
| Por peatonal, $M_{PT} = w_{PT} \cdot L^2 / 8$ = | 39.77 t-m |
| Por carril, $M_{Cr} = w_{Cr} \cdot L^2 / 8$ = | 59.88 t-m |
| Por camión, $M_{Cm} = P_{Cm} \cdot L / 4$ = | 149.78 t-m |
| **Total, Ms =** | **601.62 t-m** |

Según la formulación anterior, la carga de tensionamiento P en el tiempo infinito es:

$P_{t=\infty}$ = 420.11 t

Suponiendo pérdidas totales (instantáneas más diferidas) del orden del 25%, se tiene una fuerza de tensionamiento para el tiempo inicial t = 0 igual a:

$P_{t=0}$ = 560.14 t

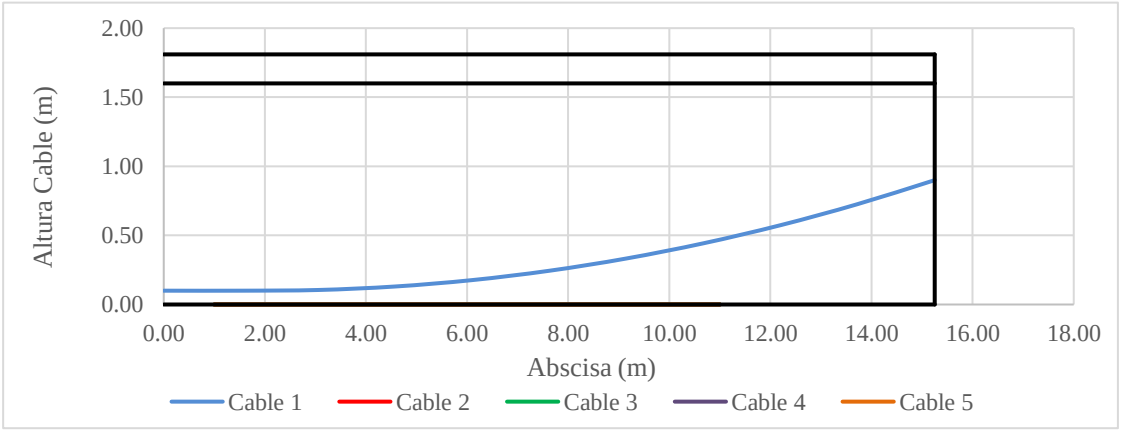
**Definición de cables**

Se calcula un cable promedio típico localizado en el centroide de todos los cables dispuestos en la viga.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Número de torones a emplear = | 29 | | |
| Fuerza de tensionamiento predim= | 580.0 t | > 560.1 t | OK |

| | |
|---|---|
| Número de cables = | **1** |
| Número de torones = | 29 |
| Fuerza de tensionamiento = | 580.0 t |

| | **Cable 1** |
|---|---|
| **N° torones =** | **29** |
| **Fza tens. =** | 580.0 t |
| **$X_{Inicio}$ =** | **2.00** |
| **$Y_{Inicio}$ =** | **0.10** |
| **$X_{Final}$ =** | **15.25** |
| **$Y_{Final}$ =** | **0.90** |




**PÉRDIDAS INSTANTÁNEAS DE PREESFUERZO**

**a. Pérdidas por Fricción y Curvatura:**

$$\Delta f_{pF} = f_{pj}\left(1 - e^{-(Kx+\mu[\alpha+\omega])}\right)$$

ω es la curvatura accidental asumida como criterio de diseño = 0.087 rad
K coeficiente de fricción por desviación, el cual se toma como = 0.00066
μ coeficiente de fricción en el ducto, el cual se toma como = 0.25
x longitud del torón de preesfuerzo medido desde el gato de tensionamiento
α sumatoria de la variación angular del trazado del cable desde el extremo del gato tensionado.

**Desviación Angular Rectangular (radianes):**

Se calcula el ángulo de inclinación inicial en radianes para cada cable en el gato de tensionamiento.

| X | αcable 1 |
|---|---|
| 0.00 | 1.46 |
| 1.53 | 1.47 |
| 3.05 | 1.48 |
| 4.58 | 1.50 |
| 6.10 | 1.51 |
| 7.63 | 1.53 |
| 9.15 | 1.54 |
| 10.68 | 1.55 |
| 12.20 | 1.57 |
| 13.73 | 0.00 |
| 15.25 | 0.00 |
| 16.78 | 1.57 |
| 18.30 | 1.55 |
| 19.83 | 1.54 |
| 21.35 | 1.53 |
| 22.88 | 1.51 |
| 24.40 | 1.50 |
| 25.93 | 1.48 |
| 27.45 | 1.47 |
| 28.98 | 1.46 |
| 30.50 | 1.48 |

**Desviación Angular Individual (radianes):**

Se calcula el ángulo de inclinación inicial en radianes para cada cable en el gato de tensionamiento.

| | α0cable 1 |
|---|---|
| X = 0 | 1.457 |

| X | αcable 1 |
|---|---|
| 0.00 | 0.00 |
| 1.53 | 0.01 |
| 3.05 | 0.01 |
| 4.58 | 0.01 |
| 6.10 | 0.01 |
| 7.63 | 0.01 |
| 9.15 | 0.01 |
| 10.68 | 0.01 |
| 12.20 | 0.01 |
| 13.73 | 0.00 |
| 15.25 | 0.00 |
| 16.78 | 0.00 |
| 18.30 | 0.01 |
| 19.83 | 0.01 |
| 21.35 | 0.01 |
| 22.88 | 0.01 |
| 24.40 | 0.01 |

| | |
|---|---|
| 25.93 | 0.01 |
| 27.45 | 0.01 |
| 28.98 | 0.01 |
| 30.50 | 0.00 |

**Desviación Angular ACUMULADA (radianes):**

| X | αcable 1 |
|---|---|
| 0.00 | 0.00 |
| 1.53 | 0.01 |
| 3.05 | 0.03 |
| 4.58 | 0.04 |
| 6.10 | 0.06 |
| 7.63 | 0.07 |
| 9.15 | 0.08 |
| 10.68 | 0.10 |
| 12.20 | 0.11 |
| 13.73 | 0.11 |
| 15.25 | 0.11 |
| 16.78 | 0.11 |
| 18.30 | 0.11 |
| 19.83 | 0.10 |
| 21.35 | 0.08 |
| 22.88 | 0.07 |
| 24.40 | 0.06 |
| 25.93 | 0.04 |
| 27.45 | 0.03 |
| 28.98 | 0.01 |
| 30.50 | 0.00 |

Cálculo de las pérdidas por fricción y curvatura.

| X | ΔCable 1 |
|---|---|
| 0.00 | 2.16% |
| 1.53 | 2.59% |
| 3.05 | 3.02% |
| 4.58 | 3.46% |
| 6.10 | 3.89% |
| 7.63 | 4.31% |
| 9.15 | 4.74% |
| 10.68 | 5.17% |
| 12.20 | 5.58% |
| 13.73 | 5.67% |
| 15.25 | 5.77% |
| 16.78 | 5.67% |
| 18.30 | 5.58% |
| 19.83 | 5.17% |
| 21.35 | 4.74% |
| 22.88 | 4.31% |
| 24.40 | 3.89% |
| 25.93 | 3.46% |
| 27.45 | 3.02% |
| 28.98 | 2.59% |
| 30.50 | 2.16% |

**b. Pérdidas por Acortamiento Elástico**

En elementos postensados, la pérdida por acortamiento elástico se puede tomar como: (5.9.5.2.3b):

$$\Delta f_{pES} = \frac{N-1}{2N} \frac{E_p}{E_c} f_{cgp}$$

Donde:

$E_p$: módulo de elasticidad del acero de preesfuerzo, tomado como: 1970000 kg/cm²
$E_{ci}$: módulo de elasticidad del concreto en la transf. tomado como: 341029 kg/cm²
N:número de torones idénticos de preesfuerzo en el 1T, por lo tanto, N = 29

$f_{cgp}$: esfuerzo resultante debido a la carga muerta y al primer tensionamiento en el centroide de los torones luego de la transferencia, este esfuerzo se calcula en el centro de la viga mediante la siguiente ecuación:

$$f_{cgP} = -\frac{P_e}{A_{ss}} - \frac{\sum\left[P_i \cdot (Y_{inf} - h_i)^2\right]}{I_{ss}} + \frac{M_D \cdot (Y_{inf} - h_i)}{I_{ss}}$$

$M_D$ = 161.86 t-m 161.31 t-m
$f_{cgp}$ = -1980.73 t/m² 494.32 t/m²

$\Delta f_{pES}$ = 5523.71 t/m² (0.552 t/cm²) (0.77 t / torón)
**$\Delta f_{pES}$ = 3.87%**

**Fuerza Inicial efectiva de Tensionamiento** (descontando pérdidas Instantáneas - fricción, curvatura y acortamiento elástico)

| X | Cable 1 |
|---|---|
| 0.00 | 545.1 |
| 1.53 | 542.5 |
| 3.05 | 540.0 |
| 4.58 | 537.5 |
| 6.10 | 535.0 |
| 7.63 | 532.5 |
| 9.15 | 530.1 |
| 10.68 | 527.6 |
| 12.20 | 525.2 |
| 13.73 | 524.7 |
| 15.25 | 524.1 |
| 16.78 | 524.7 |
| 18.30 | 525.2 |
| 19.83 | 527.6 |
| 21.35 | 530.1 |
| 22.88 | 532.5 |
| 24.40 | 535.0 |
| 25.93 | 537.5 |
| 27.45 | 540.0 |
| 28.98 | 542.5 |
| 30.50 | 545.1 |

**PERDIDAS A LARGO PLAZO DE PREESFUERZO (DIFERIDAS)**

**a. Pérdidas por Retracción del Concreto (Shrinkage)**

$K_{df}$ = 0.859
$k_{hs}$ = 0.81
$\varepsilon_{sh}$ = 0.00030

$\Delta f_{pSD}$ = 5100.7 t/m² (0.510 t/cm²) (0.71 t / torón)
**$\Delta f_{pSD}$ = 3.57%** (0.238 t/cm²)
**1.67%**

**b. Pérdidas por Flujo Plástico (Creep)**

La humedad relativa en porcentaje del lugar se tomará como: H = **85.0%**

| | | |
|---|---|---|
| $f'_{ci}$ (80% $f'c$) = | 36.4 MPa | |
| $V/S$ = | 110.85 mm | Relación Volumen/Superficie |
| $t_i$ (días) = | **28** | Edad del concreto al aplicar la carga |
| $t$ (días) = | **1000** | |
| $k_s$ = | 1 | > 1.00 |
| $k_{hc}$ = | 0.88 | |
| $k_f$ = | 0.81 | |
| $k_{td}$ = | 0.96 | |
| $\psi(t, t_i)$ = | 0.88 | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $\psi_b(t_f, t_i)$ = | 0.88 | $t_f$ (días) = | 1000 | $k_{tf}$ = | 0.96 |
| $\psi_b(t_d, t_i)$ = | 0.51 | $t_d$ (días) = | **50** | $k_{td}$ = | 0.56 |
| $\psi_b(t_f, t_d)$ = | 0.67 | $t_{f-d}$ (días) = | 950 | $k_{tf-d}$ = | 0.96 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\Delta f_{pCD}$ = | 6629.58 t/m² | (0.663 t/cm²) | (0.93 t / torón) |
| **$\Delta f_{pCD}$ = 4.64%** | | (2.031 t/cm²) | |
| | **14.22%** | | |

**c. Pérdidas por Relajación del acero de Preesfuerzo (Relaxation)**

$K_L$ se toma = **30** para torones de baja relajación

$f_{pt}$: esfuerzo en los torones de presforzado después de la transferencia: 129232.06 t/m²

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\Delta f_{pRl-1}$ = | 956.30 t/m² | (0.096 t/cm²) | (0.13 t / torón) |

Alternativamente, las pérdidas por relajación del acero de preesfuerzo pueden tomarse como:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\Delta f_{pRl-2}$ = | 800.00 t/m² | (0.080 t/cm²) | (0.11 t / torón) |

Se tomará el caso más desfavorable de los dos, por lo tanto:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\Delta f_{pRl}$ = | 956.30 t/m² | (0.096 t/cm²) | (0.13 t / torón) |
| **$\Delta f_{pR1}$ = 0.67%** | | (0.124 t/cm²) | |
| | **0.87%** | | |

**Pérdidas Diferidas a Largo Plazo $\Delta f_{pLT}$** (Retracción del concreto, flujo plástico y relajación del acero de preesfuerzo):

| | | | |
|---|---|---|---|
| $\Delta f_{pLT}$ = | 12686.58 t/m² | (1.269 t/cm²) | (1.78 t / torón) |
| **$\Delta f_{pLT}$ = 8.88%** | | (2.393 t/cm²) | |
| | **16.75%** | | |

**Fuerza Efectiva Final de Tensionamiento** (descontando todas las pérdidas)

| X | Cable 1 |
|---|---|
| 0.00 | 453.8 |
| 1.53 | 451.7 |
| 3.05 | 449.6 |
| 4.58 | 447.5 |
| 6.10 | 445.4 |
| 7.63 | 443.4 |
| 9.15 | 441.3 |
| 10.68 | 439.2 |
| 12.20 | 437.3 |
| 13.73 | 436.8 |
| 15.25 | 436.4 |

| | |
|---|---|
| 16.78 | 436.8 |
| 18.30 | 437.3 |
| 19.83 | 439.2 |
| 21.35 | 441.3 |
| 22.88 | 443.4 |
| 24.40 | 445.4 |
| 25.93 | 447.5 |
| 27.45 | 449.6 |
| 28.98 | 451.7 |
| 30.50 | 453.8 |

**REVISIÓN ETAPA OPERACIÓN y SERVICIO: CARGA MUERTA + CARGA VIVA DE DISEÑO + PÉRDIDAS A LARGO PLAZO**

En esta etapa se considera:

1. Esfuerzos remanentes del presforzado.
2. Pérdidas a largo plazo del tensionamiento.
4. Carga viva de diseño - C40-95

| | | |
|---|---|---|
| $\%f'_c$ = | **100%** | |
| $f'_{ci}$ = | 45.5 MPa | (4550 t/m²) |
| $\sigma_{lim\ compr}$ = | 27.30 MPa | (2730 t/m²) |
| $\sigma_{lim\ tracción}$ = | 3.35 MPa | (335 t/m²) |

**Propiedades de la sección geométrica (Sección Compuesta incluyendo Huecos)**

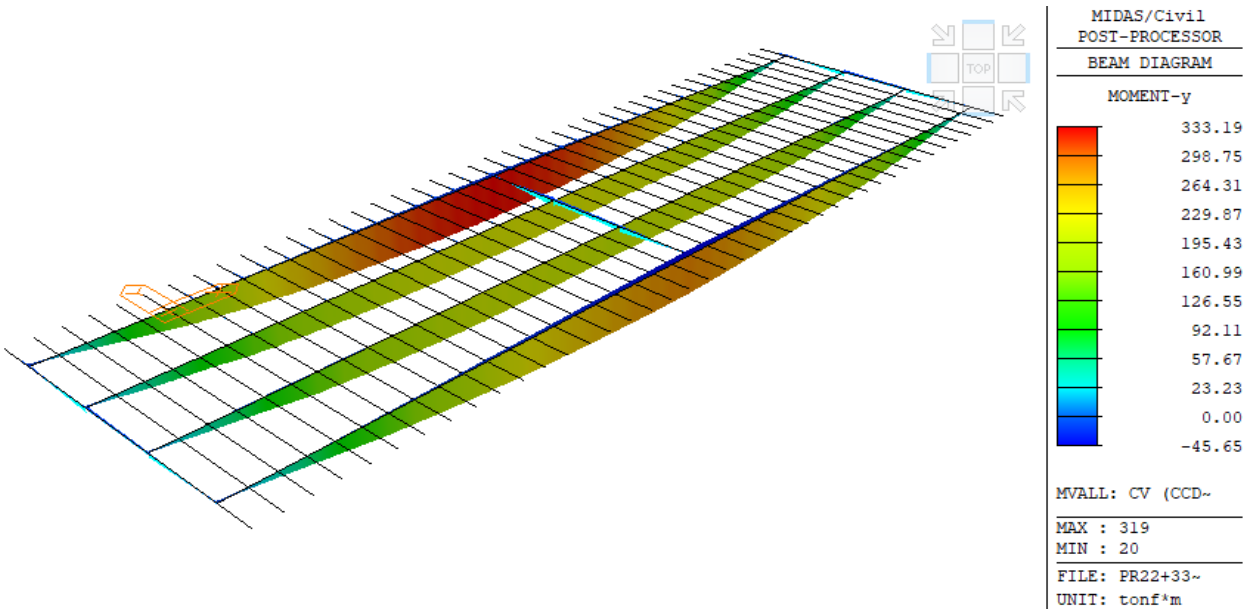
| | |
|---|---|
| A = | 1.09 m² |
| $Y_{sup}$ = | 0.56 m |
| $Y_{SVT}$ = | 0.35 m |
| $Y_{inf}$ = | 1.25 m |
| Ig = | 0.38 m⁴ |

**Momentos y Esfuerzos debido a la carga muerta + ajuste + sobrecarga**

$W_{CM-A-S}$ = 3.07 t/m

| X | $M_{CM}$ (t-m) | $\sigma_{Sup\ CM}$ (t/m$^2$) | $\sigma_{SVT\ CM}$ (t/m$^2$) | $\sigma_{Inf\ CM}$ (t/m$^2$) | $V_{CM}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 46.77 |
| 1.53 | 67.76 | -98.73 | -61.75 | 220.00 | 42.10 |
| 3.05 | 128.40 | -187.07 | -117.00 | 416.84 | 37.42 |
| 4.58 | 181.90 | -265.02 | -165.76 | 590.53 | 32.74 |
| 6.10 | 228.26 | -332.57 | -208.01 | 741.05 | 28.06 |
| 7.63 | 267.49 | -389.73 | -243.76 | 868.42 | 23.39 |
| 9.15 | 299.59 | -436.50 | -273.01 | 972.63 | 18.71 |
| 10.68 | 324.56 | -472.88 | -295.76 | 1053.69 | 14.03 |
| 12.20 | 342.39 | -498.86 | -312.01 | 1111.58 | 9.35 |
| 13.73 | 353.09 | -514.45 | -321.76 | 1146.32 | 4.68 |
| 15.25 | 356.66 | -519.64 | -325.01 | 1157.90 | 0.00 |
| 16.78 | 353.09 | -514.45 | -321.76 | 1146.32 | -4.68 |
| 18.30 | 342.39 | -498.86 | -312.01 | 1111.58 | -9.35 |
| 19.83 | 324.56 | -472.88 | -295.76 | 1053.69 | -14.03 |
| 21.35 | 299.59 | -436.50 | -273.01 | 972.63 | -18.71 |
| 22.88 | 267.49 | -389.73 | -243.76 | 868.42 | -23.39 |
| 24.40 | 228.26 | -332.57 | -208.01 | 741.05 | -28.06 |
| 25.93 | 181.90 | -265.02 | -165.76 | 590.53 | -32.74 |
| 27.45 | 128.40 | -187.07 | -117.00 | 416.84 | -37.42 |
| 28.98 | 67.76 | -98.73 | -61.75 | 220.00 | -42.10 |
| 30.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -46.77 |

**Momentos y Esfuerzos debido a la carga viva (obtenidas del modelo estructural)**




| X | $M_{CV}$ (t-m) | $\sigma_{Sup\ CV}$ (t/m$^2$) | $\sigma_{SVT\ CV}$ (t/m$^2$) | $\sigma_{Inf\ CV}$ (t/m$^2$) | $V_{CV}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | **47.56** |
| 1.53 | 63.31 | -92.24 | -57.69 | 205.52 | 44.69 |
| 3.05 | 119.95 | -174.76 | -109.31 | 389.41 | 41.83 |
| 4.58 | 169.93 | -247.58 | -154.85 | 551.67 | 38.96 |
| 6.10 | 213.24 | -310.69 | -194.32 | 692.29 | 36.10 |
| 7.63 | 249.89 | -364.09 | -227.72 | 811.28 | 33.23 |
| 9.15 | 279.88 | -407.78 | -255.05 | 908.63 | 30.36 |
| 10.68 | 303.20 | -441.76 | -276.30 | 984.35 | 27.50 |
| 12.20 | 319.86 | -466.03 | -291.48 | 1038.44 | 24.63 |
| 13.73 | 329.86 | -480.60 | -300.59 | 1070.89 | 21.77 |
| 15.25 | **333.19** | -485.45 | -303.63 | 1081.71 | **18.90** |
| 16.78 | 329.86 | -480.60 | -300.59 | 1070.89 | 21.77 |
| 18.30 | 319.86 | -466.03 | -291.48 | 1038.44 | 24.63 |
| 19.83 | 303.20 | -441.76 | -276.30 | 984.35 | 27.50 |
| 21.35 | 279.88 | -407.78 | -255.05 | 908.63 | 30.36 |
| 22.88 | 249.89 | -364.09 | -227.72 | 811.28 | 33.23 |
| 24.40 | 213.24 | -310.69 | -194.32 | 692.29 | 36.10 |
| 25.93 | 169.93 | -247.58 | -154.85 | 551.67 | 38.96 |
| 27.45 | 119.95 | -174.76 | -109.31 | 389.41 | 41.83 |
| 28.98 | 63.31 | -92.24 | -57.69 | 205.52 | 44.69 |
| 30.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 47.56 |

**Esfuerzos Remanentes Etapa 4 (sin considerar segundo tensionamiento)**

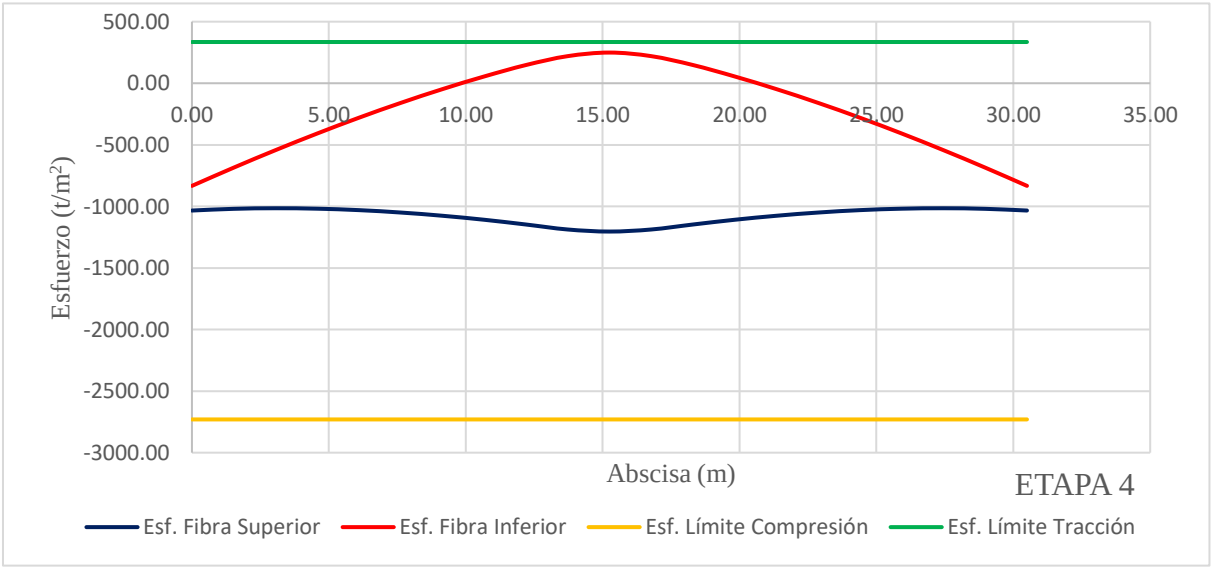
| X | $\sigma_{Sup\ E4}$ (t/m$^2$) | $\sigma_{SVT\ E4}$ (t/m$^2$) | $\sigma_{Inf\ E4}$ (t/m$^2$) |
|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.00 | -1033.8 | -833.4 |
| 1.53 | -9.27 | -962.1 | -891.1 |
| 3.05 | -17.57 | -905.7 | -933.1 |
| 4.58 | -24.88 | -863.9 | -960.0 |
| 6.10 | -31.23 | -836.3 | -972.5 |
| 7.63 | -36.59 | -822.2 | -971.1 |
| 9.15 | -40.99 | -821.1 | -956.6 |
| 10.68 | -44.40 | -832.5 | -929.4 |
| 12.20 | -46.84 | -855.7 | -890.7 |
| 13.73 | -48.30 | -887.1 | -851.0 |
| 15.25 | -48.79 | -900.8 | -832.7 |
| 16.78 | -48.30 | -887.1 | -851.0 |
| 18.30 | -46.84 | -855.7 | -890.7 |
| 19.83 | -44.40 | -832.5 | -929.4 |
| 21.35 | -40.99 | -821.1 | -956.6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 22.88 | -36.59 | -822.2 | -971.1 |
| 24.40 | -31.23 | -836.3 | -972.5 |
| 25.93 | -24.88 | -863.9 | -960.0 |
| 27.45 | -17.57 | -905.7 | -933.1 |
| 28.98 | -9.27 | -962.1 | -891.1 |
| 30.50 | 0.00 | -1033.8 | -833.4 |

**Esfuerzos totales Quinta Etapa** ***( F.C.V = 1.00 )***

| X | $\sigma_{SVT\ E5}$ (t/m$^2$) | $\sigma_{Inf\ E5}$ (t/m$^2$) | Revisión $\sigma_{sup}$ | Revisión $\sigma_{inf}$ |
|---|---|---|---|---|
| 0.00 | -1033.79 | -833.41 | OK | OK |
| 1.53 | -1019.83 | -685.57 | OK | OK |
| 3.05 | -1015.01 | -543.67 | OK | OK |
| 4.58 | -1018.78 | -408.33 | OK | OK |
| 6.10 | -1030.59 | -280.18 | OK | OK |
| 7.63 | -1049.88 | -159.84 | OK | OK |
| 9.15 | -1076.13 | -47.92 | OK | OK |
| 10.68 | -1108.78 | 54.95 | OK | OK |
| 12.20 | -1147.22 | 147.75 | OK | OK |
| 13.73 | -1187.70 | 219.93 | OK | OK |
| 15.25 | -1204.48 | 249.05 | OK | OK |
| 16.78 | -1187.70 | 219.93 | OK | OK |
| 18.30 | -1147.22 | 147.75 | OK | OK |
| 19.83 | -1108.78 | 54.95 | OK | OK |
| 21.35 | -1076.13 | -47.92 | OK | OK |
| 22.88 | -1049.88 | -159.84 | OK | OK |
| 24.40 | -1030.59 | -280.18 | OK | OK |
| 25.93 | -1018.78 | -408.33 | OK | OK |
| 27.45 | -1015.01 | -543.67 | OK | OK |
| 28.98 | -1019.83 | -685.57 | OK | OK |
| 30.50 | -1033.79 | -833.41 | OK | OK |

Se presenta el diagrama de esfuerzos en fibras superior e inferior para esta etapa de tensionamiento.




**Revisión de Capacidad**

Se calcula la capacidad a flexión de la viga presforzada con base a los lineamientos descritos en el numeral 5.7.3.2. Como medida conservadora, sólo se considerará el aporte a flexión del acero de preesfuerzo.

La resistencia a flexión de la sección se calcula como:

$$M_n = A_{ps} f_{ps} \left( d_p - \frac{a}{2} \right)$$

Donde:

$A_{ps}$: área de acero de preesfuerzo para cada cable ($cm^2$).
$f_{ps}$: esfuerzo promedio en el acero de preesfuerzo calculado para cada cable ($t/cm^2$).
$d_p$: distancia desde la fibra extrema a compresión hasta el centroide de cada cable (m).
$a = c \cdot \beta$: profundidad del bloque equivalente de esfuerzos.

**Área de preesfuerzo**

Se relaciona a continuación el área total de cada cable

| | **Cable 1** |
|---|---|
| **N° torones** | 29 |
| **Á$_{ps}$ (cm$^2$)** | 40.60 |

**Profundidad efectiva de preesfuerzo.**

Se calcula para cada cable la profundidad efectiva de preesfuerzo tomada como la diferencia entre la altura total de la sección y la altura del cable, tal como se muestra a continuación:

| **X** | **dp Cable 1 (m)** |
|---|---|
| 0.00 | 0.91 |
| 1.53 | 1.08 |
| 3.05 | 1.24 |
| 4.58 | 1.37 |
| 6.10 | 1.48 |
| 7.63 | 1.57 |
| 9.15 | 1.63 |
| 10.68 | 1.68 |
| 12.20 | 1.70 |
| 13.73 | 1.71 |
| 15.25 | 1.71 |
| 16.78 | 1.71 |
| 18.30 | 1.70 |
| 19.83 | 1.68 |
| 21.35 | 1.63 |
| 22.88 | 1.57 |
| 24.40 | 1.48 |
| 25.93 | 1.37 |
| 27.45 | 1.24 |
| 28.98 | 1.08 |
| 30.50 | 0.91 |

**Profundidad eje neutro.**

Se calcula para cada cable la profundidad del eje neutro, se tiene $f_{pu}$ = **18.60 t/cm²**

| **X** | **c Cable 1 (m)** |
|---|---|
| 0.00 | 0.100 |
| 1.53 | 0.101 |
| 3.05 | 0.101 |
| 4.58 | 0.101 |
| 6.10 | 0.102 |
| 7.63 | 0.102 |
| 9.15 | 0.102 |
| 10.68 | 0.102 |

| | |
|---|---|
| 12.20 | 0.102 |
| 13.73 | 0.102 |
| 15.25 | 0.102 |
| 16.78 | 0.102 |
| 18.30 | 0.102 |
| 19.83 | 0.102 |
| 21.35 | 0.102 |
| 22.88 | 0.102 |
| 24.40 | 0.102 |
| 25.93 | 0.101 |
| 27.45 | 0.101 |
| 28.98 | 0.101 |
| 30.50 | 0.100 |

**Esfuerzos en el acero de preesfuerzo**

Se calcula para cada cable los esfuerzos debidos a la carga de preesfuerzo $f_{ps}$:

| X | fps C1 (t/cm²) |
|---|---|
| 0.00 | 18.03 |
| 1.53 | 18.12 |
| 3.05 | 18.17 |
| 4.58 | 18.21 |
| 6.10 | 18.24 |
| 7.63 | 18.26 |
| 9.15 | 18.28 |
| 10.68 | 18.28 |
| 12.20 | 18.29 |
| 13.73 | 18.29 |
| 15.25 | 18.29 |
| 16.78 | 18.29 |
| 18.30 | 18.29 |
| 19.83 | 18.28 |
| 21.35 | 18.28 |
| 22.88 | 18.26 |
| 24.40 | 18.24 |
| 25.93 | 18.21 |
| 27.45 | 18.17 |
| 28.98 | 18.12 |
| 30.50 | 18.03 |

**Capacidad a flexión se la sección**

Se calcula para cada cable la capacidad a flexión $Mn_p$:

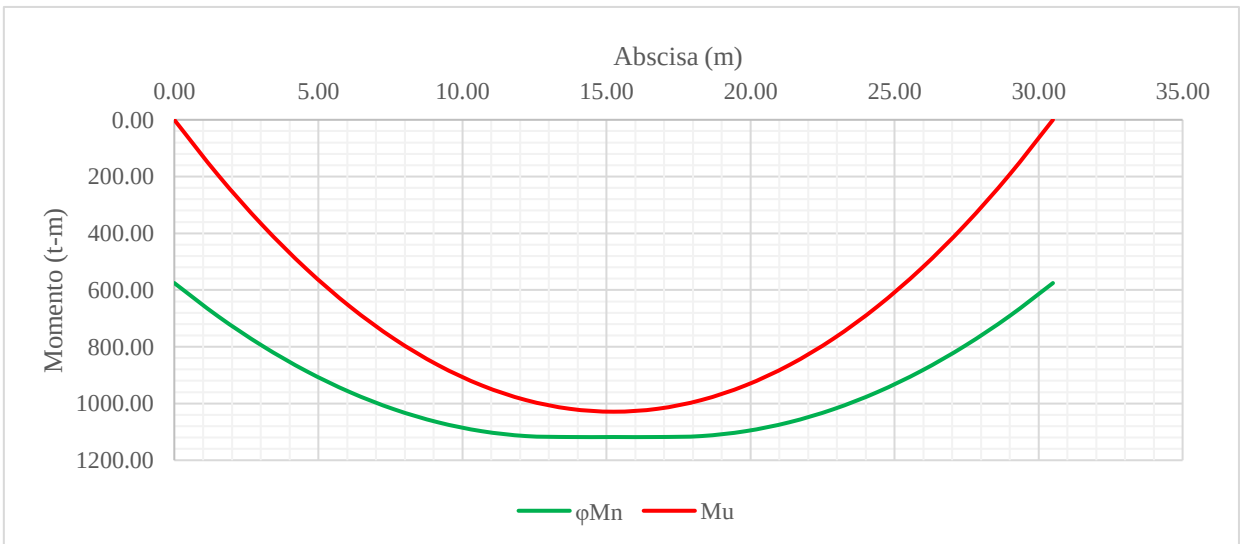
| X | Mnp C1 (t-m) |
|---|---|
| 0.00 | 639.34 |
| 1.53 | 770.03 |
| 3.05 | 884.84 |
| 4.58 | 983.72 |
| 6.10 | 1066.65 |
| 7.63 | 1133.61 |
| 9.15 | 1184.58 |
| 10.68 | 1219.57 |
| 12.20 | 1238.58 |
| 13.73 | 1242.37 |
| 15.25 | 1242.37 |
| 16.78 | 1242.37 |
| 18.30 | 1238.58 |

| | |
|---|---|
| 19.83 | 1219.57 |
| 21.35 | 1184.58 |
| 22.88 | 1133.61 |
| 24.40 | 1066.65 |
| 25.93 | 983.72 |
| 27.45 | 884.84 |
| 28.98 | 770.03 |
| 30.50 | 639.34 |

**Revisión de capacidad**

Se compara la capacidad a flexión de la viga con la demanda solicitada.

| X | $\varphi M_{np}$ (t-m) | $M_u$ (t-m) | $f_{cpe}$ (t/m²) | STATUS |
|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 575.40 | 0.00 | -931.16 | OK |
| 1.53 | 693.03 | 195.49 | -1181.36 | OK |
| 3.05 | 796.36 | 370.41 | -1398.28 | OK |
| 4.58 | 885.35 | 524.74 | -1582.36 | OK |
| 6.10 | 959.99 | 658.50 | -1734.04 | OK |
| 7.63 | 1020.25 | 771.68 | -1853.76 | OK |
| 9.15 | 1066.12 | 864.28 | -1941.95 | OK |
| 10.68 | 1097.62 | 936.30 | -1999.05 | OK |
| 12.20 | 1114.72 | 987.75 | -2025.85 | OK |
| 13.73 | 1118.13 | 1018.62 | -2030.85 | OK |
| 15.25 | 1118.13 | 1028.90 | -2028.72 | OK |
| 16.78 | 1118.13 | 1018.62 | -2030.85 | OK |
| 18.30 | 1114.72 | 987.75 | -2025.85 | OK |
| 19.83 | 1097.62 | 936.30 | -1999.05 | OK |
| 21.35 | 1066.12 | 864.28 | -1941.95 | OK |
| 22.88 | 1020.25 | 771.68 | -1853.76 | OK |
| 24.40 | 959.99 | 658.50 | -1734.04 | OK |
| 25.93 | 885.35 | 524.74 | -1582.36 | OK |
| 27.45 | 796.36 | 370.41 | -1398.28 | OK |
| 28.98 | 693.03 | 195.49 | -1181.36 | OK |
| 30.50 | 575.40 | 0.00 | -931.16 | OK |




De acuerdo con las premisas de diseño, se estima que el refuerzo activo existente en la viga presforzada está conformado por 29 torones de 5/8´´

# ANEXO 18. REPOTENCIACIÓN VIGA PRESFORZADA EXISTENTE

Una vez caracterizado el refuerzo activo existente en la viga, el cual se concibió para la carga C40-95, se procede a verificar la capacidad de la viga presforzada ante las solicitaciones presentadas de acuerdo con la CCP 14, la cual corresponde a la Norma de Diseño.

## DATOS GENERALES

| | | |
|---|---|---|
| Longitud total de Viga: | **30.50 m** | (30500 mm) |
| Longitud entre apoyos de Viga: | **30.50 m** | (30500 mm) |
| Ancho Tablero: | **10.25 m** | (10250 mm) |
| Ancho Calzada: | **8.90 m** | (8900 mm) |
| Esviaje α: | **0.00 m** | (0 rad) |

| | | |
|---|---|---|
| Espesor carpeta asfáltica: | **0.050 m** | Proyectados |
| | **0.025 m** | Futuros |
| | 0.075 m | Totales |

| | | |
|---|---|---|
| Ancho Bordillo | **0.40 m** | |
| Area Bordillo | **0.12 m²** | |
| Nº Carriles: | **2** | 3.6.1.1.1 |
| Nº Vigas: | **4** | |
| Andén Peatonal: | **Si, en un borde** | |
| Ancho Andén: | **0.95 m** | |

## FACTORES DE RESISTENCIA

| | |
|---|---|
| $\phi_{FlexReforzado}$ = | **1.00** |
| $\phi_{FlexPresforzado}$ = | **0.90** |
| $\phi_{Cortante}$ = | **0.85** |

## MATERIALES

### Concreto

| | | | |
|---|---|---|---|
| f´c Tablero = | **39.6 MPa** | (396 kg/cm²) | β = 0.77 |
| f´c Viga = | **45.5 MPa** | (455 kg/cm²) | β = 0.73 |
| n = | 1.07 | Relación Modular | |

$\gamma_{Concreto}$ = Wc = **2.40 t/m³** (2400 kg/m³)

Módulo de Elasticidad: $Ec = 0.043 \cdot K_1 \cdot W_c^{1.5} \cdot \sqrt{f'c}$ (5.4.2.4)

| | | |
|---|---|---|
| $E_C$ Tablero = | 31815.1 MPa | (318151 kg/cm²) |
| $E_C$ Viga = | 34102.9 MPa | (341029 kg/cm²) |

### Carpeta Asfáltica

$\gamma_{Carpeta\ Asfáltica}$ = **2.25 t/m²** (2250 kg/m²) Tabla 3.5.1-1

### Acero de Refuerzo

Se usará acero A706 (NTC 2289)

$f_y$ = **420 MPa** (4200 kg/cm²)

### Acero Presforzado

Se usará acero de baja relajación según la norma ASTM A416 - 270

| | | |
|---|---|---|
| Torones de diámetro nominal: | **5/8''** | |
| Área de cada torón: | 1.40 cm² | |
| Esfuerzo de rotura, $f_{pu}$: | **18600 kg/cm²** | Tabla 5.4.4.1-1 |