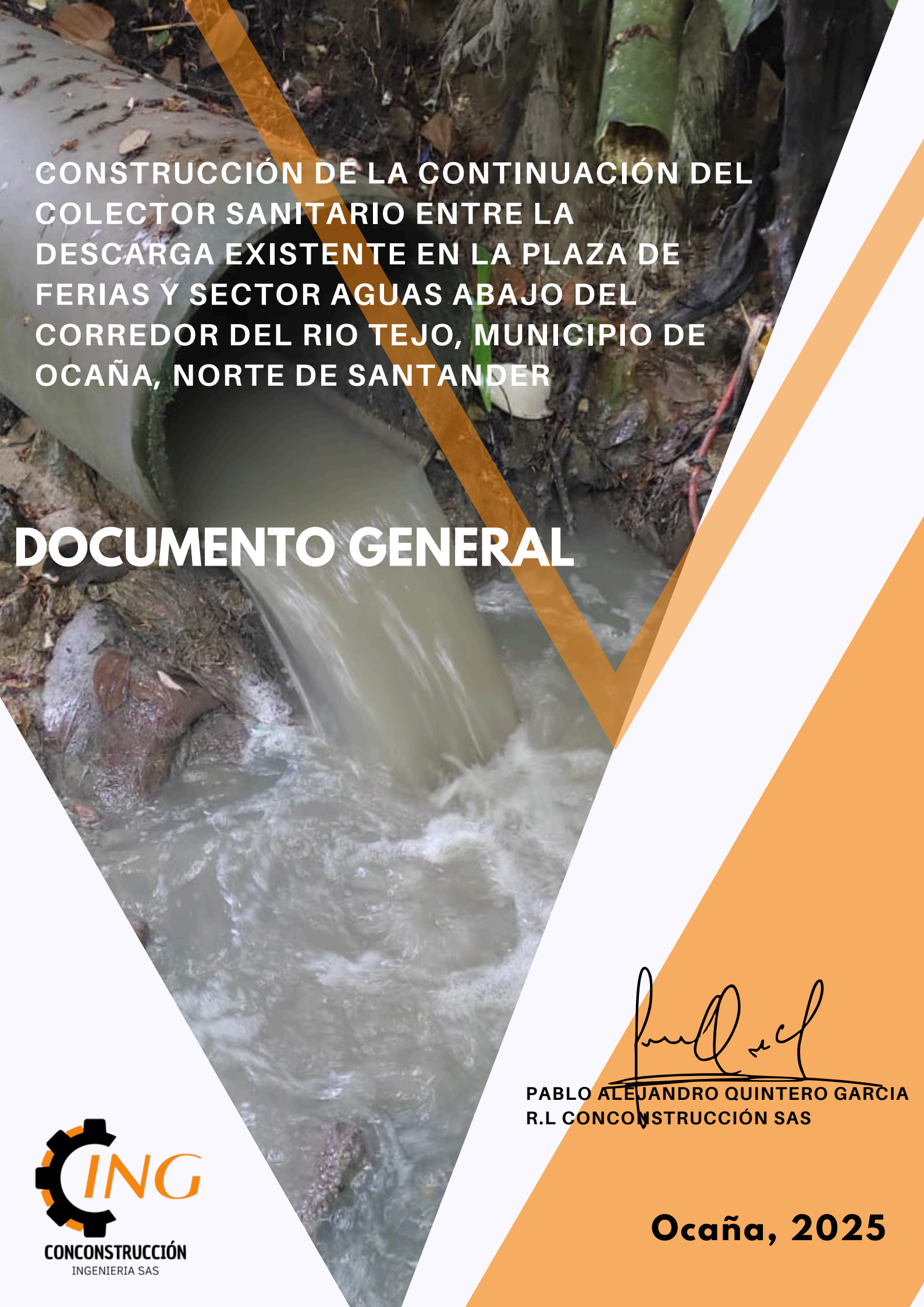


CONSTRUCCIÓN DE LA CONTINUACIÓN DEL COLECTOR SANITARIO ENTRE LA DESCARGA EXISTENTE EN LA PLAZA DE FERIAS Y SECTOR AGUAS ABAJO DEL CORREDOR DEL RIO TEJO, MUNICIPIO DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

DOCUMENTO GENERAL

PABLO ALEJANDRO QUINTERO GARCIA
R.L CONCONSTRUCCIÓN SAS

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

Ocaña, 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. CAPITULO: GENERALIDADES E INFORMACIÓN BASE 8
1.1. ANTECEDENTES 8
1.2. OBJETIVOS 9
1.2.1. GENERAL 9
1.2.2. ESPECIFICOS 9
1.3. DIAGNOSTICO SITUACIONAL 10
1.3.1. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD . 10
1.3.1.1. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA 10
1.3.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS VERTIENTES URBANAS QUE DRENAN AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO 11
1.3.1.2.1. VERTIENTE RÍO DE ORO – QUEBRADA LA SAL 11
1.3.1.2.2. VERTIENTE QUEBRADA EL HATILLO-FILIPOTE 12
1.3.1.2.3. VERTIENTE RÍO TEJO – RÍO CHIQUITO 12
1.3.2. PUNTOS DE VERTIMIENTOS DIRECTOS EN EL CASCO URBANO. 14
1.3.3. OBSERVACIONES 17
1.3.4. CONCLUSIÓN 18
1.4. CONDICIONES ACTUALES DEL TRAMO EN ESTUDIO 19
1.5. BENEFICIOS ESPERADOS 20
1.6. ESTUDIOS BASE 21
1.7. ANÁLISIS DE LA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN PARA LA CIUDAD DE OCAÑA. 22
1.7.1. INTRODUCCIÓN 22
1.7.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN POBLACIONAL 22
1.7.3. CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO 22
1.7.4. METODOLOGÍA 24
1.7.5. RESULTADOS 26
1.7.6. DETERMINACIÓN DE ÁREAS POTENCIALMENTE HABITABLES. 29
1.7.7. POBLACIÓN OBJETIVO PARA LA VERTIENTE RIO TEJO 31
1.8. FORMULACIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS. 31

1.8.1. GENERALIDAD 31
1.8.2. ALTERNATIVAS 31
1.8.2.1. ALTERNATIVA 1 32
1.8.2.2. ALTERNATIVA 2 33
1.9. MATRIZ MULTICRITERIO 34
2. CAPITULO: GEOREFERENCIACIÓN Y TOPOGRAFÍA 49
2.1. GEOREFERENCIACIÓN 49
2.1.1. OBJETIVO GENERAL 49
2.1.2. METODOLOGÍA DE GEORREFERENCIACIÓN 49
2.1.2.1. TRABAJO DE CAMPO 49
2.1.2.2. TRABAJO DE OFICINA 50
2.1.3. DATOS OBTENIDOS 50
2.1.3.1. PUNTOS DE ARRANQUE Y CONTROL 50
2.1.3.2. RESULTADOS DE PRECISIÓN 52
2.1.4. RESULTADOS FINALES 52
2.1.5. CONCLUSIONES 52
2.2. TOPOGRAFÍA 53
2.2.1. OBJETIVO GENERAL 53
2.2.2. METODOLOGÍA 53
2.2.2.1. TRABAJO DE CAMPO 53
2.2.2.2. TRABAJO DE OFICINA 54
2.2.3. DATOS OBTENIDOS 54
2.2.4. RESULTADOS 56
2.2.5. CONCLUSIONES 56
3. CAPITULO: INFORME GEOTÉCNICO PROYECTO CONTINUACIÓN INTERCEPTOR RIO TEJO OCAÑA 57
3.1. INTRODUCCIÓN 57
3.2. METODOLOGÍA 57
3.3. ESTRATIGRAFÍA DEL SECTOR 57
3.4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO 58
3.5. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 60

3.6. CONCLUSIONES 61
4. CAPITULO: MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA RIO TEJO .. 62
4.1. INTRODUCCIÓN 62
4.2. HIDROLOGÍA 62
4.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA 62
4.2.2. USO Y COBERTURA DEL SUELO 62
4.2.3. CLIMA Y PRECIPITACIÓN 62
4.2.4. CURVAS IDF Y HIETOGRAMAS 63
4.2.5. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS 65
4.3. HIDRÁULICA 67
4.3.1. RUGOSIDAD DEL CAUCE 67
4.3.2. PROPIEDADES HIDRÁULICAS DEL CANAL 67
4.3.3. AFORO CON MOLINETE 67
4.3.4. RUGOSIDAD 69
4.3.5. SIMULACIÓN HIDRÁULICA 69
4.3.6. ALTURAS Y COTAS DE INUNDACIÓN 71
4.4. ANÁLISIS MULTITEMPORAL 71
4.5. SOCAVACIÓN 71
4.5.1. FUNDAMENTO TEÓRICO 71
4.5.2. METODOLOGÍA APLICADA 72
4.5.3. CASO DE ESTUDIO 72
4.6. CONCLUSIONES 73
5. CAPITULO: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA) 74
5.1. PMA 74
5.2. GESTIÓN SOCIAL 82
5.2.1. INTRODUCCIÓN 82
5.2.2. FUNDAMENTACIÓN Y ALCANCE 82
5.2.3. COMPONENTES DEL PROGRAMA DE GESTIÓN SOCIAL 82
5.2.3.1. PROYECTO 1: ATENCIÓN E INFORMACIÓN A LA COMUNIDAD 83
5.2.3.2. PROYECTO 2: INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN 83

5.2.3.3. PROYECTO 3: MANEJO DE LA INFRAESTRUCTURA DE PREDIOS Y SERVICIOS PÚBLICOS 84
5.2.3.4. PROYECTO 4: CONTRATACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL 84
5.2.4. PRINCIPIOS TRANSVERSALES DEL PROGRAMA 85
5.2.5. SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN Y MONITOREO 85
5.2.6. CONCLUSIONES 85
5.3. PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO 86
5.3.1. INTRODUCCIÓN 86
5.3.2. OBJETIVOS DEL ANÁLISIS 86
5.3.3. ALCANCE 87
5.3.4. MARCO NORMATIVO 87
5.3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 88
5.3.6. METODOLOGÍA APLICADA 88
5.3.7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AMENAZAS 88
5.3.8. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD 91
5.3.9. EVALUACIÓN DEL RIESGO 92
5.3.10. MEDIDAS DE INTERVENCIÓN Y GESTIÓN 92
5.3.11. CONCLUSIONES 92
6. CAPITULO: DISEÑO HIDRAULICO 94
6.1. INTRODUCCIÓN 94
6.2. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 94
6.3. PARÁMETROS DE DISEÑO 95
6.4. ASPECTOS HIDRÁULICOS FUNDAMENTALES 95
6.5. ANÁLISIS HIDRÁULICO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONEXIÓN 95
6.6. CHEQUEO HIDRÁULICO DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL. 96
6.7. CONSIDERACIONES SOBRE LAS CONEXIONES Y DESCARGAS EXISTENTES 97
6.8. CUADRO HIDRÁULICO 98
6.9. CONCLUSIONES 101
7. CAPITULO: DISEÑO ESTRUCTURAL 102
7.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 102
7.2. SE INCLUYEN DISTINTOS ELEMENTOS: 102

7.3. MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO 102
7.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS 102
7.5. RESULTADOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL 103
7.6. RECOMENDACIONES TÉCNICAS 103
7.7. CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y FIRMA RESPONSABLE 104
8. CAPITULO: PLAN DE GESTIÓN PREDIAL 105
8.1. OBJETO DEL ESTUDIO 105
8.2. INMUEBLE NÚMERO 1 – PLAZA DE FERIAS (BARRIO LA PRIMAVERA) ... 105
8.2.1. CADENA DE TRADICIÓN: 105
8.2.2. LIMITACIONES AL DOMINIO: 105
8.2.3. CONCLUSIÓN: 105
8.3. INMUEBLE NÚMERO 2 – ZONAS DE CESIÓN URBANIZACIÓN SANTA MÓNICA 106
8.3.1. CADENA DE TRADICIÓN: 106
8.3.2. LIMITACIONES AL DOMINIO: 106
8.3.3. CONCLUSIÓN: 106
8.4. INMUEBLE NÚMERO 3 – PREDIO DE FERNANDO QUINTERO DURÁN (BERMEJAL, LLANO DE LOS TRIGOS) 106
8.4.1. CADENA DE TRADICIÓN: 107
8.4.2. CONCLUSIÓN: 107
8.5. RECOMENDACIONES FINALES 107
8.6. DOCUMENTOS CONSULTADOS 107
8.7. CONCLUSIÓN GENERAL: 108
9. CAPITULO: PRESUPUESTO 109

CONCONSTRUCCIÓN INGENIERIA SAS

Tablas

Tabla 1, Censo DANE y proyección población 24
Tabla 2, Tributaciones a las vertientes 27
Tabla 3, Usuarios Acueducto ESPO a Diciembre 2022 28
Tabla 4, Usuarios Acueducto ADAMIUAIN 28
Tabla 5, Calculo Número de Habitantes 29
Tabla 6, Determinación RI Para escala SAATY 35
Tabla 7, Matriz AHP 35
Tabla 8, Matriz AHP Normalizada 35
Tabla 9, Verificación de Consistencia 36
Tabla 10, Resultados Verificación de Consistencia 36
Tabla 11, Matriz AHP Materiales 38
Tabla 12, Matriz AHP Normalizada 39
Tabla 13, Verificación de Consistencia 39
Tabla 14,Resultados Verificación de Consistencia 39
Tabla 15, Matriz AHP Durabilidad 40
Tabla 16, Matriz Normalizada 40
Tabla 17,Verificación de Consistencia 40
Tabla 18,Resultados Verificación de Consistencia 40
Tabla 19, Matriz AHP Costo 40
Tabla 20, Matriz Normalizada 41
Tabla 21, Verificación de Consistencia 41
Tabla 22,Resultados Verificación de Consistencia 41
Tabla 23, Matriz AHP Peso 41
Tabla 24, Matriz Normalizada 41
Tabla 25,Verificación de Consistencia 41
Tabla 26, Resultados Verificación de Consistencia 41
Tabla 27, Matriz AHP Factibilidad Constructiva 42
Tabla 28, Matriz Normalizada 42
Tabla 29, Verificación de Consistencia 42
Tabla 30, Resultados Verificación de Consistencia 42
Tabla 31, Matriz AHP Instalación 42
Tabla 32, Matriz Normalizada 43
Tabla 33, Verificación de Consistencia 43
Tabla 34, Resultados Verificación de Consistencia 43
Tabla 35, Resultados Matriz AHP elección del material 46
Tabla 36, Comparativo de materiales de tubería 47
Tabla 37, Localización del corredor sobre el rio Tejo como área de estudio en la zona urbana de la ciudad de Ocaña desde el sector del puente de la gloria hasta 1.200 m aguas abajo. Google Earth 49
Tabla 38, Puntos de arranque y control 51
Tabla 39, Plano de georreferenciación con puntos de arranque y de control. 51
Tabla 40, Localización del corredor sobre el rio Tejo como área de estudio en la zona urbana de la ciudad de Ocaña desde el sector del puente de la gloria hasta 1.200 m aguas abajo. Google Earth 53
Tabla 41, Plano levantamiento topográfico 55
Tabla 42, Resultados análisis de suelos 58
Tabla 43, Cuadro Comparativo, Sector 1 vs Sector 2 59
Tabla 44, Propiedades mecánicas básicas 59

Tabla 45, Parámetros de carga y asentamiento 59
Tabla 46, Velocidad de onda de corte Vs 59
Tabla 47, Módulos dinámicos Kv y Kh 60
Tabla 48, Coeficientes de empuje y presiones 60
Tabla 49, Evaluación De Caudal Según La Expresión De Manning Para Área De Estudio - Cota Nivel De Agua Dia De Toma De Información 67
Tabla 50, Rugosidad de Manning Rio Tejo Abs Ko + 540 68
Tabla 51, Rugosidad de Manning Rio Tejo Abs Ko + 245 69
Tabla 52, Tabla resumen métodos de rugosidad 69
Tabla 53, Cuales Máximos por Periodo de Retorno 70
Tabla 54, Frecuencia de amenaza para el proyecto 90
Tabla 55, Potencial de daño de amenazas para el proyecto 90
Tabla 56, Relación de frecuencia y potencial de daño de amenazas para el proyectó 91
Tabla 57, Cuadro Hidráulico 98
Tabla 58, Cuadro Hidráulico 99
Tabla 59, Cuadro Hidráulico Pedidas de energía 100
Tabla 60, Cuadro hidráulico 101

Graficas

Grafica 1, Curva IDF Subcuenca Rio Tejo - Ocaña 63
Grafica 2, Hietograma PR 10 años 64
Grafica 3, Hietograma PR 50 años 64
Grafica 4, Hietograma PR 75 años 65
Grafica 5,Hietograma PR 100 años 65
Grafica 6, Hidrograma por Periodo de Retorno a Punto de Cierre 66

Imágenes

Imagen 1, Vertientes y puntos de referencia 11
Imagen 2, Delimitación de zonas de estudio 26
Imagen 3, Sección Transversal Rio Tejo Abs Ko + 540 68
Imagen 4, Lecturas Molinete Sección Transversal Rio Tejo Abs Ko + 245 68
Imagen 5, Sección Transversal Rio Tejo Abs Ko + 245 69
Imagen 6, Modelado de Rio Tejo Hec – HMS 70
Imagen 7, Chequeo Hidráulico Pluvial 96
Imagen 8, Chequeo Hidráulico Pluvial 97

CONCONSTRUCCIÓN INGENIERIA SAS

1. CAPITULO: GENERALIDADES E INFORMACIÓN BASE

1.1. ANTECEDENTES

La ciudad de Ocaña, ubicada en el departamento de Norte de Santander, según proyecciones del DANE para el año 2025, tendrá una población estimada de 124.286 habitantes, con esta cifra, Ocaña se consolida como el segundo municipio más poblado del departamento, después de Cúcuta, concentrando más del 90 % de su población en el área urbana.

Históricamente, la ciudad ha enfrentado graves deficiencias en materia de saneamiento básico. Los drenajes naturales, como el río Tejo y el río Chiquito, han sido utilizados durante décadas como receptores de aguas residuales domésticas e industriales, además del escurrimiento pluvial. Esta situación se agrava por la cobertura de redes de alcantarillado que esta entre el 65% y el 70% del área urbana a pesar de que la cobertura de servicio si se estima en un 93%.

Para 1996, se estimaba un rezago en la infraestructura de alcantarillado de más de 40 años contados desde ese año. Bajo los lineamientos del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, se ha invertido un total aproximado de $150.000 millones (valor presente) en los sistemas troncales (interceptores y colectores principales), a través de recursos municipales y nacionales principalmente. Hasta el momento se han ejecutado más del 90% de las metas planteadas en el plan maestro de alcantarillado (1994).

Entre las intervenciones más relevantes se cuenta la construcción, a partir de 1996, de varios tramos del Interceptor Río Tejo, inicialmente desde la Plaza de Ferias hacia el sector Tejarito, aunque quedaron discontinuos. Con el tiempo se desarrollaron empates parciales que extendieron el sistema hasta Primero de Mayo y San Fermín. En paralelo, se avanzó de manera destacada en los interceptores sobre el Río Chiquito, izquierdo y derecho, hasta la zona del Seguro Social, cubriendo aproximadamente el 95% de las descargas de este afluente.

En la actualidad, se encuentran en ejecución los cruces especiales en puntos críticos como Los Seguros, Invías, Comfaoriente y Bomberos , lo que permitirá consolidar cerca de 13 km de interceptores integrando los sistemas del Río Tejo y Río Chiquito en el casco urbano. Sin embargo, pese a estos avances, todas las aguas captadas seguirán vertiéndose en el sector de la Plaza de Ferias, prolongando así el foco de contaminación urbana.

Frente a esta realidad, se hace indispensable avanzar en la continuación del sistema mediante la construcción del tramo faltante del Interceptor Río Tejo, con una longitud aproximada de 655 metros, diseñado para transportar el 75,6% de las aguas residuales domésticas de Ocaña, con diámetros que se estiman iguales o mayores a 1500 mm. Esta infraestructura permitirá sacar las descargas fuera del casco urbano, garantizando la conexión futura con el emisario final por proyectar hasta un sitio por viabilizar en el Llano de los Trigos, donde se deberá implantar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR**)**. La intervención no solo mitigará significativamente la carga contaminante que actualmente afecta al río dentro de la ciudad, sino que también asegurará la continuidad del sistema maestro, generando impactos positivos en la calidad ambiental y sanitaria en la zona urbana y rural de Ocaña con influencia sobre el corredor del Rio Tejo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. GENERAL

El objetivo general del proyecto es adelantar la consultoria para los estudios y diseños del tramo faltante del Interceptor Río Tejo, desde el sector de la Plaza de Ferias hasta aguas abajo del casco urbano, con una longitud aproximada de 655 metros lineales de interceptor, con el propósito de eliminar las descargas directas de aguas residuales domesticas al río en este tramo, contribuyendo así a la reducción de la contaminación ambiental y sanitaria en el área urbana y rural, y a la vez garantizar el encauzamiento de las aguas residuales hacia el punto de disposición final viabilizado, donde se conectará con el futuro emisario final y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

1.2.2. ESPECIFICOS

- Plantear una alternativa técnica que permita conectar el interceptor existente en la Plaza de Ferias con un nuevo trazado que dé continuidad al sistema de alcantarillado.

- Realizar el reconocimiento del corredor en una longitud aproximada de 655 metros aguas abajo de la descarga, con el fin de identificar accesos, dificultades y riesgos asociados a la propuesta.

- Desarrollar los estudios ambientales, de riesgo e inventario forestal, asegurando el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

- Efectuar los estudios técnicos y de selección de materiales para definir el sistema constructivo más adecuado, garantizando el cumplimiento de la normatividad aplicable a la infraestructura de alcantarillado (Resolución 0330 de 2017).

- Llevar a cabo los estudios topográficos, hidrológicos, estructurales y demás requeridos, que permitan sustentar la viabilidad técnica del proyecto.

- Estimar los costos de inversión y cronograma de ejecución para el tramo del proyecto en estudio.

- Consolidar los soportes documentales necesarios para la inscripción del proyecto en el banco de proyectos del departamento.

1.3. DIAGNOSTICO SITUACIONAL

1.3.1. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD

1.3.1.1. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

El relieve de la ciudad de Ocaña conforma en el sector urbano unos drenajes naturales definidos por la dirección de la escorrentía que se presenta en las distintas divisorias de agua que delimitan esas microcuencas urbanas. La población asentada dentro del perímetro urbano cuenta con servicio de agua potable con coberturas del 100% cuyos servicios los prestan la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña (ESPO) y ADAMIUAIN que son las legalmente establecidas y el sistema de alcantarillado también lo operan en sus áreas de cobertura estas empresas.

La situación de los drenajes naturales genera la necesidad de dar solución en forma independiente al manejo del sistema de alcantarillado ya que el sistema de acueducto por ser un sistema a presión no presenta dificultad ya que hidráulicamente se pueden manejar del sistema de tanques actuales.

La población urbana se encuentra concentrada sobre la vertiente del Rio Tejo y su afluente Rio Chiquito donde el 76% de la población se encuentra ahí asentada, el

14% de la población se encuentra asentada sobre el drenaje de Hatillo-Filipote y un 10% en la Zona Norte que drena hacia el Rio de Oro.

1.3.1.2. DESCRIPCIÓN DE LAS VERTIENTES URBANAS QUE DRENAN AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

A continuación se hace una descripción general de las áreas que tributan dentro de la zona urbana de la ciudad hacia cada uno de los drenajes naturales de la atraviesan.

Estas vertientes cubren un área importante del área urbana de la ciudad y se observan desarrollos urbanos establecidos y consolidados y otros en proceso de desarrollo.

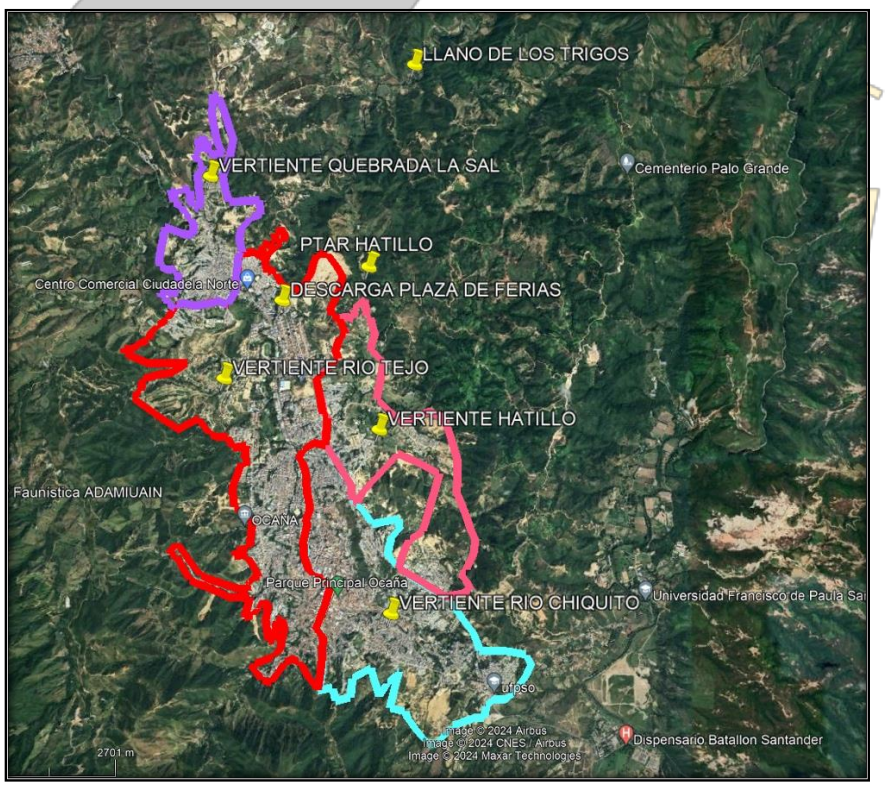


Imagen 1, Vertientes y puntos de referencia

1.3.1.2.1. VERTIENTE RÍO DE ORO – QUEBRADA LA SAL

La vertiente Río de Oro – Quebrada La Sal posee una extensión aproximada de 125 hectáreas, de las cuales cerca de 51 hectáreas se encuentran urbanizadas. En términos de aportes, esta vertiente concentra alrededor del 10,12% de las

descargas urbanas de la cabecera municipal, constituyéndose como un sector de menor participación relativa frente a otras vertientes principales, pero igualmente relevante dentro del sistema urbano y de planificación territorial.

En esta vertiente el municipio deberá adelantar la infraestructura de colectores principales e interceptores incluida una PTAR para mitigar las distintas descargas que caen al rio Rio de Oro y que actualmente generan un impacto ambiental negativo. Esta zona cuenta con el servicio de acueducto y redes de alcantarillado, estas últimas se han venido mejorando sus coberturas pero con descargas directas sobre la quebrada La Sal y el rio Rio de Oro.

1.3.1.2.2. VERTIENTE QUEBRADA EL HATILLO-FILIPOTE

La vertiente Quebrada El Hatillo-Filipote abarca una extensión aproximada de 248,8 hectáreas, de las cuales alrededor de 79 hectáreas corresponden a superficie urbanizada. Esta vertiente concentra aproximadamente el 14,25% de las descargas urbanas de la cabecera municipal, lo que le otorga una participación significativa dentro del sistema de saneamiento. Además, cuenta con la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Hatillo (Filipote) en su primera etapa de operación, con una capacidad instalada de 18 L/s y una eficiencia superior al 90%, constituyéndose en un componente fundamental para la mitigación de los impactos ambientales en esta sub cuenca.

Esta zona de desarrollo urbano cuenta con los colectores principales y la PTAR Filipote cuya segunda etapa está programada para que se ejecute en el 2028, es el sector de menor afectación ambiental actualmente.

1.3.1.2.3. VERTIENTE RÍO TEJO – RÍO CHIQUITO

La vertiente objeto de estudio comprende aproximadamente 933 hectáreas en la zona urbana, dentro de las cuales se incluye la subcuenca del Río Chiquito, con un área cercana a 373 hectáreas. De la superficie total, se estima que unas 497 hectáreas corresponden a zonas urbanizadas, lo que refleja un alto grado de consolidación del territorio. Esta vertiente recibe alrededor del 76% de las descargas urbanas de la ciudad, convirtiéndose en el principal receptor de aguas residuales domésticas.

El sistema de drenajes urbanos de Ocaña está condicionado por el relieve montañoso e irregular de la ciudad y su área de influencia. El casco urbano se ubica en un valle interandino con pendientes pronunciadas y una topografía encajada por las microcuencas de los ríos Tejo y Chiquito, que actúan como colectores naturales de escorrentía superficial. Estas características hacen que el drenaje urbano sea

mayoritariamente gravitacional, con escurrimientos rápidos hacia los cauces principales, lo que favorece la evacuación de aguas lluvias. El Río Tejo constituye la principal vertiente de drenaje, nace en la parte alta del municipio, atraviesa el casco urbano de sur a norte y recibe descargas de barrios periféricos y de la zona central. Actualmente, es el mayor receptor de aguas residuales e industriales sin tratamiento, además de residuos sólidos arrastrados por las lluvias. El Río Chiquito, por su parte, representa la segunda vertiente en importancia. Cruza el sector oriental de la ciudad y, gracias a los interceptores construidos en ambas márgenes, ha logrado una reducción significativa de descargas directas; sin embargo, todavía recibe aportes pluviales y vertimientos puntuales en su recorrido. Ambos afluentes confluyen aguas abajo, formando parte del sistema de drenaje regional.

En Ocaña no existe un sistema pluvial independiente. Gran parte de las aguas lluvias son conducidas directamente al alcantarillado sanitario, lo que provoca mezcla con aguas residuales y sobrecarga de la red durante la temporada invernal. Esta situación genera rebosamientos, encharcamientos y descargas de alto volumen hacia los ríos, incrementando la contaminación y la erosión de taludes. La expansión urbana ha intensificado la presión sobre los drenajes naturales. En sectores como Primero de Mayo, San Fermín y la zona norte, la ocupación de rondas hídricas ha reducido la capacidad de los cauces para evacuar aguas lluvias, generando riesgos de inundación localizada. Además, en las laderas y márgenes del Río Tejo se observan construcciones informales que disminuyen la sección hidráulica y agravan los represamientos en época de lluvias.

El alcantarillado de Ocaña es principalmente sanitario, aunque en algunos sectores funciona como semi-combinado debido a la conexión de sumideros que conducen aguas lluvias. Esta condición se ha mitigado parcialmente mediante estructuras de alivio y reconexiones, aunque el proceso ha sido lento por los altos costos y la falta de recursos. El sistema opera en su mayoría por gravedad, aprovechando la topografía descendente para conducir los caudales a través de redes secundarias, colectores principales e interceptores hasta los puntos de descarga. La red está conformada por acometidas domiciliarias que recogen vertimientos de viviendas y comercios, conectándose a redes secundarias construidas en gres, concreto o PVC, cuyos diámetros resultan insuficientes en algunos casos. Estas redes descargan en colectores principales de mayor diámetro, que concentran los caudales y los conducen a los interceptores.

En este contexto destacan los ejes de saneamiento de los ríos Tejo y Chiquito. En el primero, los interceptores construidos en ambas márgenes recogen cerca del 95% de las aguas residuales que antes se vertían directamente. En el Río Tejo, desde 1996 se han ejecutado tramos del interceptor entre la Plaza de Ferias y San Fermín; no obstante, la ausencia de un tramo de 655 metros interrumpe la

continuidad hidráulica, ocasionando que el caudal se descargue sin tratamiento en la Plaza de Ferias, lo que constituye el principal foco de contaminación urbana. En los últimos años se han iniciado obras de cruces especiales en puntos críticos como Los Seguros, Invías, Comfaoriente y Bomberos. Una vez concluidas, consolidarán alrededor de 13 km de interceptores en el casco urbano, permitiendo concentrar gran parte de las aguas residuales domésticas. Sin embargo, mientras no se complete el tramo faltante del Interceptor Río Tejo ni se construya el emisario final y la PTAR, las descargas continuarán realizándose sin tratamiento.

La planeación establecida en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) y en el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado organiza el sistema en torno a dos microcuencas en esta vertiente: la del Río Tejo y la del Río Chiquito que concentran la mayor parte de los caudales. La solución propuesta consiste en completar el tramo faltante del Interceptor Río Tejo y prolongarlo mediante un emisario final hacia Llano de los Trigos, donde se proyecta una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que permitirá depurar cerca del 76% de las aguas domésticas.

Los drenajes urbanos están condicionados por la topografía de los ríos Tejo y Chiquito, cuyas pendientes pronunciadas favorecen el escurrimiento superficial. Sin embargo, la falta de continuidad en los sistemas troncales provoca descargas directas de gran caudal en distintos puntos (por falta cruces especiales). Al no existir un sistema pluvial independiente, el relieve y las calles funcionan como canales de escorrentía hacia estos ríos. La expansión urbana desordenada en áreas de ronda hídrica agrava aún más estas problemáticas.

El sistema actual presenta limitaciones estructurales y operativas: la ausencia de una PTAR, redes secundarias deterioradas, cobertura incompleta, ocupación de las rondas que dificulta nuevas obras y la presencia de formaciones rocosas que complican las labores de ejecución de estas infraestructuras.

1.3.2. PUNTOS DE VERTIMIENTOS DIRECTOS EN EL CASCO URBANO.

De acuerdo con la identificación realizada por la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña S.A. (ESPO S.A.) en el marco del PSMV, actualmente se registran 19 puntos de vertimiento no tratados que descargan directamente aguas residuales domésticas, industriales y pluviales hacia los cuerpos hídricos urbanos: río Tejo, río Chiquito, río de Oro y la quebrada Hatillo.

Estos vertimientos constituyen los principales focos de contaminación hídrica en el área urbana, debido a que se realizan sin ningún tipo de tratamiento previo.

Descargas al río Tejo

Se identifican 10 puntos críticos de vertimiento:

- Sector Juan XXIII
- Torcoroma – Carrera 5
- Puente Primero de Mayo
- Puente I.E. Colfernández
- Puente Estadio Hermides Padilla
- Bomberos – Defensa Civil
- Puente La Gloria
- Sector La Feria
- Torres del Cable
- Los Cristales

Casos relevantes:

- **Plaza de Ferias:** principal punto de vertimiento; allí descargan todas las aguas residuales recolectadas por los tramos parciales del interceptor Río Tejo, sin ningún tratamiento. Es considerado el foco urbano más crítico de contaminación.
- **Sector Tejarito:** aunque se han construido tramos de interceptor, persisten conexiones directas al cauce en áreas sin cobertura total.
- **Barrios Primero de Mayo y San Fermín:** se presentan descargas puntuales desde redes secundarias e incluso conexiones irregulares hacia el río, debido a discontinuidad del interceptor.
- **Descargas industriales:** en la zona de influencia del Tejo existen vertimientos de origen industrial sin tratamiento previo, que se suman a los caudales domésticos.

Descargas al río Chiquito

Se localizan 4 puntos principales de descarga:

- Interceptor margen izquierda – sector Seguro Social
- Interceptor margen derecha – sector Seguro Social
- Cristo Rey – Circunvalar – Simón Bolívar (sector Seguro Social)
- Los Olivos – Belén

A pesar de que el 95 % de las aguas se interceptan en este sector, aún permanecen conexiones directas de pequeños sectores hacia el cauce, además de descargas de escorrentía pluvial mezclada con aguas residuales debido a conexiones erradas.

Descargas al río de Oro

Se reportan 4 puntos relevantes de vertimiento:

- Transregional
- Colinas de la Esperanza
- La Zaranda
- Castillos del Norte

Descargas a la quebrada Hatillo

- Ciudadela Deportiva

Impacto general

Los puntos de descarga generan:

- Malos olores
- Proliferación de vectores
- Contaminación visual
- Deterioro de la calidad hídrica

Estos impactos afectan tanto a la población ribereña como a la biota acuática, agravados por la ubicación estratégica de los vertimientos en zonas densamente pobladas del casco urbano.

En total, los 19 puntos de vertimiento concentran caudales significativos que afectan directamente los cuerpos de agua receptores y el ambiente circundante. Los sectores más críticos corresponden a:

- Interceptor izquierdo y derecho en el puente del Seguro Social (río Chiquito).
- Puente Primero de Mayo (río Tejo).
- Puente Colfernández (río Tejo – barrio El Lago).
- Descargas en Torcoroma, 20 de Julio, Ciudadela Deportiva y Olivos-Belén.

Es de aclarar que el municipio tiene programadas inversiones importantes en líneas principales de alcantarillado en el sector Olivos-Belén, Ciudadela Deportiva y Colinas de la Provincia que disminuirán los puntos de descarga directa pero que hasta el momento de la elaboración de este estudio no se han dado inicio a las obras.

1.3.3. OBSERVACIONES

- Una situación que requiere atención por parte de la administración municipal y de las empresas prestadoras del servicio de acueducto y alcantarillado se relaciona con las dificultades para recopilar información de campo. Esto se debe a la creciente invasión de la ronda hídrica y al control de los accesos al río mediante pórticos y candados, lo que impide la recolección directa de información.

  Esta problemática se evidenció durante la toma de registros fotográficos, especialmente en el corredor del río Tejo, en el sector Tejarito, y también en el sector Villa Luz, cerca del cementerio central. En esta última zona se han construido muros linderos dentro de la ronda del río, lo que obstaculiza la realización de mantenimientos preventivos y/o correctivos del interceptor del Tejo.

  Asimismo, se presentó una situación particular en la zona de La Ondina, frente a la estación de servicio, donde personal de vigilancia y seguridad impidió el acceso al área pública del río, necesaria para la toma de fotografías y la verificación del estado de contaminación del cauce.

  Ante estos hechos, es necesario que se adopten las medidas pertinentes para evitar la privatización de estos corredores hídricos y garantizar el libre acceso al río y a la infraestructura existente o en ejecución.

- Se evidencia falta de mantenimiento en algunos sectores, especialmente en las entradas de los box culvert ubicados en los sectores de El Tejar y San Cayetano. En estos puntos se observa presencia de matorrales, escombros, basura y sedimentos acumulados en los desarenadores, los cuales requieren labores de limpieza y retiro.
- Se identifican sectores con tramos faltantes del sistema de conducción, lo que genera descargas directas al río Tejo. Entre ellas se encuentran las descargas de Granadinos, el puente La Torcoroma, el puente del Estadio, el puente La Gloria, Villa Mar y Los Cristales. Estas descargas deben ser objeto de una revisión y verificación hidráulica que permita su conexión al interceptor correspondiente.

- En relación con los drenajes que desembocan en el río de Oro, en el sector de La Ondina, se hace necesario diseñar colectores principales que den continuidad al emisario final Santa Clara, e implementar un interceptor sobre el río de Oro que recoja dichas aguas y las conduzca hasta un punto donde sea viable la ubicación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Este sector, por su desarrollo subnormal, presenta deficiencia en la cobertura de redes secundarias y dispersión de descargas, lo que requiere atención prioritaria por parte de la Administración Municipal y de las empresas prestadoras del servicio para mitigar impactos ambientales y de salud pública.

- Una vez ejecutada la obra, deberá incorporarse al Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) el nuevo punto de descarga correspondiente al extremo final del proyecto, eliminando la descarga actualmente ubicada en la Plaza de Ferias.

- La ciudad de Ocaña dispone de información limitada en su catastro de redes de alcantarillado, restringida a algunos planos con datos válidos pero desactualizados. Esta situación hace necesario que las empresas de servicios públicos y/o la administración municipal adelanten un proceso de actualización y mejora de dicha información, de manera que pueda georreferenciarse dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y mantenerse actualizada conforme se presenten modificaciones o ajustes en la infraestructura existente.

  Contar con un catastro actualizado y completo del sistema de alcantarillado permitirá al municipio planificar de manera más eficiente sus inversiones, identificar con mayor precisión las deficiencias del sistema y proponer acciones de mejora sustentadas en información técnica confiable.

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

1.3.4. CONCLUSIÓN

La ciudad de Ocaña presenta una buena cobertura del servicio de alcantarillado (más del 93%), la cual ha venido mejorando progresivamente, especialmente en lo relacionado con sus sistemas principales y maestros. Con la ejecución de los cruces especiales, así como de los tramos faltantes en ejecución en la Ciudadela Deportiva-Filipote, el barrio Los Olivos-quebrada El Tejar, se eliminan importantes descargas que actualmente llegan a los drenajes naturales, contribuyendo así a una

mejor cobertura del sistema y se concentraran en la descarga del interceptor rio Tejo en la Plaza de Ferias.

Con el proyecto “Construcción de la continuación del colector sanitario entre la descarga existente en la plaza de ferias y sector aguas abajo del corredor del rio Tejo, Municipio de Ocaña, Norte de Santander” permitirá optimizar los sistemas troncales, reducir la contaminación ambiental y mitigar los riesgos para la salud pública generados por la descarga ubicada en la Plaza de Ferias, la cual será trasladada aproximadamente 650 metros aguas abajo de su punto actual.

Si bien esta intervención no resuelve en su totalidad el problema de contaminación ya que continuará existiendo descarga sobre el río Tejo, representa un avance significativo al mitigar los impactos sobre el área urbana. Además, facilitará la gestión futura para conducir las aguas residuales hacia un punto más adecuado para la implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que permitirá tratar más del 75% de las descargas de la ciudad, consolidando este interceptor como uno de los proyectos de mayor importancia e impacto para el saneamiento de Ocaña.

1.4. CONDICIONES ACTUALES DEL TRAMO EN ESTUDIO

En la zona comprendida entre la Plaza de Ferias y la salida del casco urbano de Ocaña, sobre el corredor del rio Tejo, se evidencian diversas condiciones que afectan el entorno ambiental y sanitario. En primer lugar, se presentan múltiples vertimientos de aguas residuales, tanto de origen doméstico provenientes de barrios aledaños como de descargas industriales sin tratamiento previo, las cuales son conducidas directamente al cauce del Río Tejo. Estas descargas generan malos olores y proliferación de vectores, consolidando un foco crítico de contaminación dentro del área urbana.

De igual manera, se ha identificado la ocupación e invasión de la ronda hídrica mediante construcciones informales que reducen la zona de protección del río. Esta problemática genera restricciones para la implantación de la infraestructura sanitaria proyectada, lo que obliga a considerar acciones de concertación social y coordinación con las autoridades competentes para garantizar la viabilidad de las obras.

En cuanto a las condiciones geológicas y geomorfológicas, el tramo presenta un cauce encajonado con presencia de formaciones rocosas en los márgenes, lo que representa un reto significativo para la excavación y el tendido de la tubería. En este sentido, es probable que se requiera la implementación de métodos mecánicos o

controlados de excavación para garantizar la estabilidad del terreno y la correcta instalación de la infraestructura.

De esta manera, la problemática identificada en el sector se resume en la continuidad de la contaminación del Río Tejo dentro del área urbana, el riesgo sanitario que enfrentan las poblaciones cercanas al cauce, el deterioro ambiental por la combinación de aguas residuales y basura, y las limitaciones técnicas asociadas a la invasión de la ronda hídrica y a la presencia de formaciones rocosas en el trazado.

1.5. BENEFICIOS ESPERADOS

La construcción del nuevo tramo del Interceptor Río Tejo permitirá eliminar los principales focos de contaminación presentes en el sector urbano, al interceptar y conducir de manera adecuada las aguas residuales domésticas que actualmente son vertidas directamente al cauce.

Con esta intervención se alcanzará una reducción significativa de los impactos sanitarios y ambientales en el casco urbano aguas abajo de la Plaza de Ferias, mejorando las condiciones de salubridad pública, disminuyendo la proliferación de vectores y reduciendo la presencia de olores ofensivos. No obstante, el sector rural ubicado en el mismo corredor continuará viéndose afectado mientras se completan las obras complementarias.

Al mismo tiempo, el proyecto constituye un avance fundamental en la implementación del Sistema Maestro de Alcantarillado de Ocaña, ya que garantiza la conducción de los caudales hacia el futuro emisario final y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), consolidando así la solución integral definida en el Plan Maestro.

De manera complementaria, la ejecución de este tramo contribuirá a la recuperación parcial de la ronda hídrica del río Tejo, disminuyendo la presión sobre las áreas invadidas, ordenando el entorno y generando condiciones más limpias y sostenibles. Todo ello se traduce en un mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes cercanos al cauce, así como en beneficios ambientales y urbanos para la ciudad en su conjunto.

1.6. ESTUDIOS BASE

El desarrollo del nuevo tramo del Interceptor Río Tejo se sustenta en un conjunto de estudios técnicos, normativos y de planificación que constituyen la base para su diseño y ejecución. Entre los principales documentos de referencia se encuentran el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Ocaña (1994), que definió las directrices para la modernización de los sistemas de acueducto y alcantarillado de la ciudad, así como el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) aprobado para el municipio, en el cual se establecen los lineamientos de gestión ambiental y control de descargas al río. De igual manera, se contará con la información del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), que define los usos del suelo, las áreas de protección ambiental y la estructura urbana en la zona de influencia del proyecto.

Adicionalmente, se dispone de información cartográfica y técnica proveniente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el IDEAM y la Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (CORPONOR), que suministran insumos sobre la topografía, geología, hidrología, clima, condiciones ambientales y restricciones normativas de la región. Estos documentos se complementan con la normatividad técnica nacional vigente en materia de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, en especial la Resolucion 0330 de 2017y demás resoluciones del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

El proyecto incorpora además estudios topográficos y geotécnicos específicos en el corredor del Río Tejo, con el fin de definir con precisión el trazado, las cotas de diseño y las condiciones del subsuelo, particularmente en los sectores donde existen formaciones rocosas en los márgenes del cauce, que podrían requerir excavaciones mecánicas o controladas y la implementación de obras de protección para evitar procesos de socavación.

De manera complementaria, se presentan los resultados de la inspección de campo y del diagnóstico situacional realizado en el sector de la Plaza de Ferias y aguas abajo, los cuales evidencian: presencia de descargas de aguas residuales domésticas e industriales, vertimientos de residuos sólidos e invasión del área de ronda hídrica.

Estos insumos técnicos se complementan con la información de capacidad hidráulica de la tubería que descarga en la Plaza de Ferias, que permite la proyección del tramo faltante del interceptor con una longitud estimada de 655 metros con capacidad para transportar aproximadamente el 76 % de las aguas residuales domésticas de Ocaña para los próximos 25 años.

1.7. ANÁLISIS DE LA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN PARA LA CIUDAD DE OCAÑA.

1.7.1. INTRODUCCIÓN

El dimensionamiento de los sistemas de alcantarillado sanitario requiere como insumo fundamental la proyección de la población futura servida, toda vez que el caudal de diseño depende directamente de este parámetro. En este contexto, se desarrolló un análisis comparativo de los censos históricos, tasas de crecimiento y métodos matemáticos de proyección, con el fin de definir el criterio más adecuado para la estimación de los caudales de aguas residuales en el municipio de Ocaña, así como también se definieron las áreas urbanas actualmente ocupadas que drenan hacia cada una de las vertientes que hacen parte de la zona urbana de la ciudad, como lo son la que drena hacia el sector de Hatillo Filipote, hacia el rio Tejo o la que drena hacia la zona norte hacia el rio Rio de Oro.

1.7.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN POBLACIONAL

Se recopilaron los datos de los censos nacionales de población (1938, 1951, 1964, 1973, 1985, 1993, 2005 y 2018), observándose periodos con tasas de crecimiento relativamente altas, especialmente entre 1950 y 1985, donde los métodos aritmético y geométrico arrojaron valores superiores al 3 % anual.

Sin embargo, la tendencia más reciente muestra una desaceleración en el crecimiento poblacional, asociada a factores como:

- Reducción en las tasas de natalidad y mortalidad.
- Procesos de migración interna y externa.
- Cambios en la estructura económica y el uso del suelo urbano.
- Dinámicas propias de los municipios intermedios en Colombia.

En consecuencia, los métodos puramente matemáticos, si bien son útiles como verificación, tienden a sobreestimar el crecimiento futuro, generando riesgos de sobredimensionamiento en el diseño de las infraestructuras.

1.7.3. CRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO

Con el fin de garantizar un diseño coherente con la realidad demográfica, se adopta como criterio principal la información y proyecciones oficiales del DANE, dado que

esta entidad incorpora en sus modelos factores demográficos y sociales que no son considerados en los cálculos matemáticos.

De esta manera:

- Los métodos aritmético, geométrico, exponencial y Wappaus se emplean únicamente como herramientas de verificación.
- La tasa seleccionada corresponde a la proyección oficial del DANE, ajustada al horizonte de diseño, lo cual asegura consistencia con la planeación nacional y regional.

Al usar la curva DANE como base y extenderla al horizonte del proyecto con el promedio reciente de su tasa anual (conservadora) o el incremento anual medio de los últimos 5 años publicados, según corresponda se evita sobre-/sub-dimensionar el sistema y se garantiza coherencia con la planeación oficial.

En el cuadro siguiente se observan las poblaciones obtenidos de los censos en distintos años y la proyección del DANE (en amarillo), que se tuvo en cuenta para complementar la proyección de la población para el periodo de diseño establecido según la resolución 0330 del 8 de junio de 2017 para lo cual se aplicaron los modelos matemáticos aritmético, geométrico, exponencial y Wappaus que permitieron hacer la proyección desde el 2043 al 2050, observándose similitud en el crecimiento y asumiendo el método geométrico y/o exponencial como base para definir la población futura (a 2050) adicionalmente considerando que la ciudad de Ocaña se ha convertido históricamente en el mercado natural de los municipios que conformaron en su momento la provincia de Ocaña y a las personas que buscan servicios de salud y educación, se asume un 5% como población flotante que también demanda servicios públicos y que se tendrá en cuenta dentro de la población objetivo y que se considera se mantendrá durante el periodo de diseño.

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

DIAGNÓSTICO DE POBLACIÓN CABECERA MUNICIPAL OCAÑA - NORTE DE SANTANDER									
Censo	Valor	Diferencia	Geométrico	Aritmético	Exponencial	Wappaus	Método	Diseño	Año
Censo 1938	9.937		9.937	9.937	9.937	9.937			1938
Censo 1951	15.214		15.214	15.214	15.214	15.214			1951
Censo 1964	28.028		28.028	28.028	28.028	28.028			1964
Censo 1973	39.721		39.721	39.721	39.721	39.721			1973
Censo 1985	50.784		50.784	50.784	50.784	50.784			1985
Censo 1993	59.574		59.574	59.574	59.574	59.574			1993
Censo 2005	78.827		78.827	78.827	78.827	78.827			2005
Censo 2018	106.148		106.148	106.148	106.148	106.148			2018
Proyección 2019	109.739		107.481	107.693	107.481	107.471			2019
Proyección 2020	113.772		108.831	109.237	108.831	108.811			2020
Proyección 2021	116.608		110.198	110.782	110.198	110.167			2021
Proyección 2022	118.734		111.581	112.326	111.581	111.541			2022
Proyección 2023	120.699		112.983	113.871	112.983	112.933			2023
Proyección 2024	**122.585**		**114.402**	**115.415**	**114.402**	**114.342**		**120122**	**2024**
Proyección 2025	124.286		115.838	116.960	115.838	115.770		121630	2025
Proyección 2026	125.681		117.293	118.504	117.293	117.216		123158	2026
Proyección 2027	126.989		118.766	120.049	118.766	118.681		124704	2027
Proyección 2028	128.251		120.257	121.593	120.257	120.165		126270	2028
Proyección 2029	129.455		121.768	123.138	121.768	121.670		127856	2029
Proyección 2030	130.645		123.297	124.682	123.297	123.194		129462	2030
Proyección 2031	131.827		124.845	126.227	124.845	124.739		131087	2031
Proyección 2032	132.986		126.413	127.771	126.413	126.305		132734	2032
Proyección 2033	134.118		128.000	129.316	128.000	127.892		134400	2033
Proyección 2034	135.243		129.608	130.860	129.608	129.501		136088	2034
Proyección 2035	136.339		131.236	132.405	131.236	131.132		137798	2035
Proyección 2036	137.401		132.884	133.949	132.884	132.786		139528	2036
Proyección 2037	138.466		134.552	135.494	134.552	134.463		141280	2037
Proyección 2038	139.472		136.242	137.038	136.242	136.164		143054	2038
Proyección 2039	140.458		137.953	138.583	137.953	137.890		144851	2039
Proyección 2040	141.418		139.686	140.127	139.686	139.640		146670	2040
Proyección 2041	142.333		141.440	141.672	141.440	141.415		148512	2041
Proyección 2042	143.216		143.216	143.216	143.216	143.216		150377	2042
Proyección 2043			145.015	144.761	145.015	145.043		152266	2043
Proyección 2044			146.836	146.305	146.836	146.898		154178	2044
Proyección 2045			148.680	147.850	148.680	148.780		156114	2045
Proyección 2046			150.547	149.394	150.547	150.690		158074	2046
Proyeccion 2047			152.437	150.939	152.437	152.629		160059	2047
Proyeccion 2048			154.352	152.483	154.352	154.598		162070	2048
Proyeccion 2049			156.290	154.028	156.290	156.597		164105	2049
Proyeccion 2050 Casco Urbano Ocaña			**158.253**	**155.572**	**158.253**	**158.626**		**166165,7**	**2050**

Tabla 1, Censo DANE y proyección población

Para identificar la concentración actual de población en las distintas vertientes se estableció una metodología con el objetivo de delimitar y caracterizar las zonas urbanizadas mediante fotointerpretación satelital, estimar la densificación de lotes y proyectar la población residente a partir de parámetros oficiales del DANE que permitirá establecer de una forma más precisa el número de habitantes por zona que permitirá cuantificar el caudal estimado generado de aguas residuales domesticas hacia el sistema de alcantarillado sanitario para dimensionar la infraestructura necesaria como sistemas maestros que se encargaran de colectar y transportar las aguas residuales hasta sitios de disposición final y tratamiento con el objetivo de reducir la contaminación aérea y de cuerpos de agua así como las afectaciones al sector rural.

1.7.4. METODOLOGÍA

El proceso desarrollado para identificar la concentración poblacional en las distintas vertientes de la cabecera municipal de Ocaña se fundamentó en un enfoque combinado de análisis espacial, caracterización urbana y estimación demográfica, con el fin de obtener una base confiable para la determinación de habitantes por sector y vertiente.

- **Delimitación espacial por polígonos**

Se realizó la delimitación de los sectores urbanos mediante la fotointerpretación de imágenes satelitales de Google Earth pro, definiendo polígonos representativos de las áreas consolidadas y en expansión. Estos polígonos fueron asociados a las diferentes vertientes hidrográficas de la ciudad (Río Tejo, Río Chiquito, Quebrada El Hatillo y Río de Oro–Quebrada La Sal), garantizando una clasificación territorial según el sistema de drenaje al cual tributan.

- **Determinación de áreas de lote por sector**

Dentro de cada polígono se estableció un área promedio de lote en metros cuadrados, calculada a partir de la morfología urbana observada. Este parámetro permitió proyectar el número de lotes habitables o en uso efectivo para fines residenciales, constituyéndose en la base para la estimación poblacional sectorial.

- **Estimación de núcleos familiares y población**

Se adoptó un promedio de 3,3 personas por núcleo familiar, de acuerdo con los datos oficiales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), lo que permitió transformar la estimación de lotes ocupados en número de habitantes por sector.

- **Determinación de porcentajes de ocupación**

A partir de la observación directa y el análisis de densificación urbana, se definieron porcentajes de ocupación promedio por sector, diferenciando las áreas plenamente consolidadas de aquellas en proceso de urbanización o con baja densidad. Esta corrección permitió ajustar los valores de población estimada, obteniendo resultados más cercanos a la realidad.

- **Consolidación de población por vertiente**

Las estimaciones sectoriales fueron agregadas para cada vertiente, obteniendo la distribución actual de población urbana por cuenca de drenaje. El resultado se contrastó con los valores poblacionales reportados oficialmente por el DANE, encontrándose una concordancia significativa, lo cual valida la confiabilidad de la metodología aplicada.

1.7.5. RESULTADOS

El análisis poblacional realizado a partir de la delimitación de polígonos urbanos por vertiente permitió identificar la distribución actual de habitantes en la cabecera municipal de Ocaña con un alto nivel de precisión y coherencia frente a los datos oficiales del DANE, estos polígonos se delimitaron por zonas y barrios de la ciudad teniendo en cuenta similitudes poblacionales como se muestra en la siguiente imagen. (Ver Imagen 2)

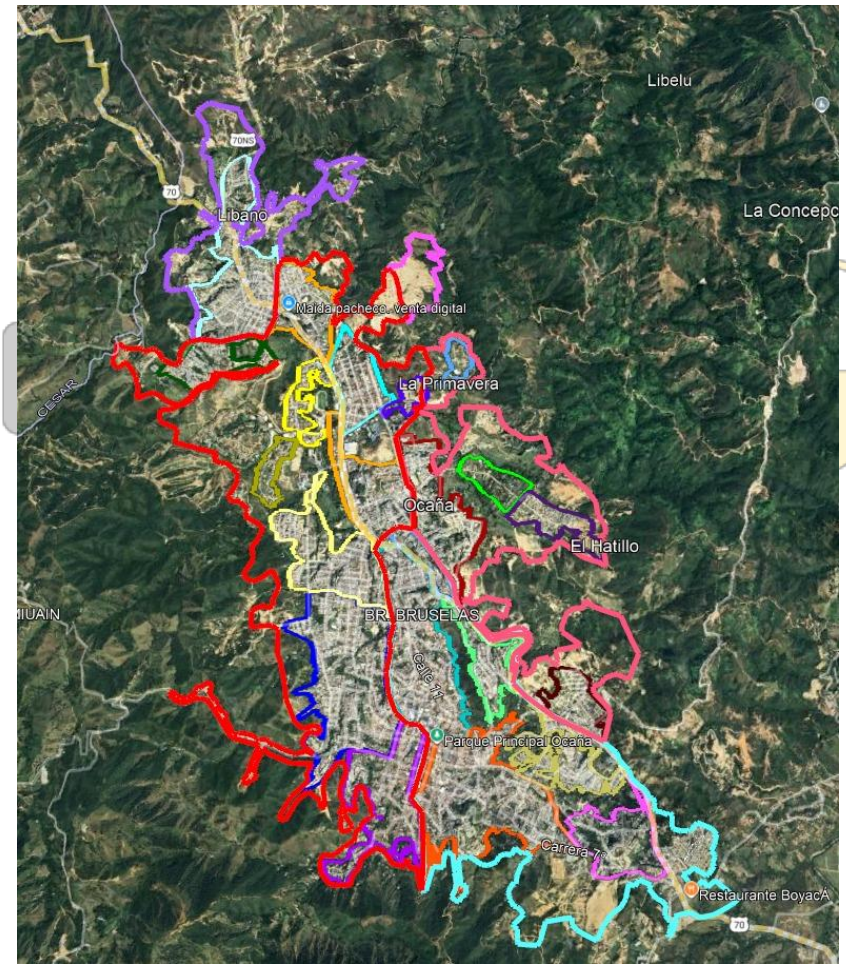


Imagen 2, Delimitación de zonas de estudio

La estimación total de población urbana asciende a 125.714 habitantes, distribuidos de manera diferenciada entre las cuatro vertientes principales de la ciudad. La vertiente Río Tejo concentra el mayor porcentaje con 48.284 habitantes (38,4%), seguida por la vertiente Río Chiquito con 46.790 habitantes (37,2%). En menor

proporción se encuentran la vertiente Quebrada El Hatillo, con 17.923 habitantes (14,3%), y la vertiente Río de Oro – Quebrada La Sal, con 12.717 habitantes (10,1%).(Tabla1)

Vertientes	Población	Porcentaje	Área(Ha)
Rio Chiquito	46.790	37,220%	243
Rio Tejo	48.284	38,407%	254
Hatillo	17.923	14,257%	79
Río de Oro – Quebrada La Sal	12.717	10,116%	51
Total	125.714	100,000%	627
A Total	627		
Hab x Ha Ocupada	201		

Tabla 2, Tributaciones a las vertientes

En términos de ocupación territorial, el cálculo arrojó un total de 627 hectáreas urbanizadas asociadas a estas vertientes, con una densidad promedio de 201 habitantes por hectárea ocupada. Este valor confirma la consolidación de áreas urbanas densificadas, especialmente en los sectores que descargan hacia los ríos Tejo y Chiquito. (Tabla 1).

Asimismo, la estimación de hogares se realizó considerando un promedio de 3,3 personas por núcleo familiar, lo que corresponde aproximadamente a 38.095 viviendas distribuidas en el área urbana analizada. Este valor resulta concordante con la información reportada por ESPO a diciembre de 2022, donde se registraron 35.451 usuarios en los estratos 1, 2, 3 y 4, de acuerdo con el censo DANE de 2022, la población era de 118.734 habitantes; al proyectar el crecimiento poblacional hasta la fecha actual, se estima un incremento cercano a 1.682 nuevos usuarios, lo que arroja un total aproximado de 37.133(CENSO DANE 2025: 124.286) usuarios de ESPO a los que se suman 1520 usuarios de ADAMIUAIN para un total de 38.653 usuarios se servicios de acueducto en el aérea urbana de Ocaña. Esta cifra se encuentra muy próxima al resultado obtenido mediante la metodología aplicada, lo cual respalda su validez y precisión. Dicho resultado constituye un insumo fundamental para dimensionar las necesidades actuales de servicios públicos domiciliarios, además de servir como referencia base para la planeación de infraestructura sanitaria y de equipamientos urbanos.

1. Número de Usuarios por servicio a diciembre de 2022:

- SERVICIO DE ACUEDUCTO.

Uso/Estrato	Número de Usuarios
UNO	16.626
DOS	10.631
TRES	5.967
CUATRO	2.227
COMERCIAL	15
INDUSTRIAL	3.751
OFICIAL	176
TOTAL	**39.393**

- SERVICIO DE ALCANTARILLADO.

Uso/Estrato	Número de Usuarios
UNO	14.587
DOS	10.326
TRES	5.943
CUATRO	2.184
COMERCIAL	15
INDUSTRIAL	3.622
OFICIAL	167
TOTAL	**36.844**

Tabla 3, Usuarios Acueducto ESPO a Diciembre 2022

OCAóA
SUSCRIPTORES EN CADA SERVICIO POR USO Y ESTRATO
AGOSTO de 2025
Todos los Suscriptores

Fecha y Hora del Reporte 12/09/2025 10:38:56 AM

Uso / Estrato	Totales por Servicio									Total por Estrato
	Acueducto	Alcantarillado	Barrido y Li.	R. y Transporte	T. Disposición	Tramo Exced.	C. y Recaudo	Carg. Variable	Otros	
Uso : 01 - Residencial										
01 - 01 BAJO BAJO	636	571	626	606	606	0	0	625	38	640
02 - 02 BAJO	639	637	635	608	608	0	0	635	36	652
03 - 03 MEDIO BAJO	239	238	239	228	228	0	0	236	9	247
04 - 04 MEDIO	6	6	6	6	6	0	0	6	0	6
Total Uso : 01 - Residencial	**1,520**	**1,452**	**1,506**	**1,448**	**1,448**	**0**	**0**	**1,502**	**83**	**1,545**
Uso : 02 - Comercial										
00 - 00 CATEGORIA UNICA	16	16	16	16	16	0	0	16	1	16
Total Uso : 02 - Comercial	**16**	**16**	**16**	**16**	**16**	**0**	**0**	**16**	**1**	**16**
Uso : 03 - Oficial										
00 - 00 CATEGORIA UNICA	2	2	1	1	1	0	0	1	0	2
Total Uso : 03 - Oficial	**2**	**2**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**2**
Totales:	**1,538**	**1,470**	**1,523**	**1,465**	**1,465**	**0**	**0**	**1,519**	**84**	**1,563**

Tabla 4, Usuarios Acueducto ADAMIUAIN

La consistencia de la metodología aplicada se valida al contrastar estos resultados con las cifras oficiales del DANE, mostrando diferencias mínimas y confirmando que el enfoque utilizado basado en fotointerpretación, áreas de lote promedio y factores de ocupación refleja con fidelidad la realidad demográfica de Ocaña.

En consecuencia, los resultados obtenidos permiten disponer de un diagnóstico preciso de la distribución poblacional por vertiente hidrográfica, lo cual servirá como insumo fundamental para las etapas posteriores del estudio, especialmente en lo relacionado con la proyección de crecimiento poblacional, estimación de cargas y planificación de infraestructura de alcantarillado.

Barrio o Sector	Vertiente	Hectareas	Hectareas Ocupada	% Area ocupada	Habitante promedio	% de Ocupacion	Promedio de familia por area revisada	Area de lote promedio (m2)	No de lotes por Hectarea	No de viviendas sector	No de Habitantes
Olivos	Rio Chiquito	4,56	4,56	100%	3,3	75,0%	1,5	100	75	385	1.270
Belen	Rio Chiquito	3,62	3,62	100%	3,3	75,0%	1,5	128	59	239	787
Torres del cable	Rio Tejo	19	19	100%	3,3	75,0%	1	1.000	8	107	353
La primavera y Buenos aires	Rio Tejo	25	25	100%	3,3	75,0%	2	186	40	1.512	4.990
Zona Norte	Sta Clara	32,1	27,49	86%	3,3	76,5%	1,4	100	77	2.254	7.439
Colinas de la provincia	Sta Clara	15,5	13,58	88%	3,3	85,0%	1	100	85	981	3.238
Acentamiento humano la Y(antes lazaranda	Sta Clara	13,7	9,66	71%	3,3	80,0%	1	100	80	618	2.040
juan23, la torcoroma, tejarito, 20 julio, la modelo, urb marina, cementerio, camilo torres, nueva españa, Marabelito, santa marta.	Rio tejo	83	74,68	90%	3,3	71,6%	1,4	105	68	5.099	16.827
Villa paraiso, Los cristales, la gloria, villamar, la perla.	Rio Tejo	27	23,8	88%	3,3	72,3%	1,4	115	63	1.513	4.993
Las alcantarillas, la luz polar, villa nueva, san fermin, la pradera, el molino, la favorita, la costa	Rio Chiquito	42	38,14	91%	3,3	70,8%	1,8	145	49	2.372	7.827
Marabel, los lagos, landia, cuarto centenario, primero de mayo,san rafael	Rio Tejo	43,9	40,65	93%	3,3	71,8%	1,5	120	60	2.619	8.643
Cristo Rey y aledaños	Rio Chiquito	17,3	14,37	83%	3,3	72,0%	1,3	109	66	888	2.932
Parque 34	Rio Tejo	5,88	5,88	100%	3,3	70,0%	4	200	35	576	1.902
Atras del estadio	Rio tejo	12,3	10,8	88%	3,3	75,0%	1,4	120	63	709	2.339
El Carretero, San francisco, el bambo, el carbon, 12 de octubre, el ramal, palomar	Rio Chiquito	76,2	70,42	92%	3,3	72,5%	1,3	140	52	3.439	11.349
Avenida Cañaveral	Rio Tejo	35,8	28	78%	3,3	70,0%	1,3	130	54	1.372	4.528
Provenza, el dorado	Hatillo	38	33,92	89%	3,3	76,7%	1,6	110	70	2.901	9.574
Hatillo	Hatillo	13	13	100%	3,3	70,0%	1	2.400	3	27	88
Cuesta blanca y alrededores	Rio Chiquito	25,22	19,14	76%	3,3	70,0%	1	80	88	1.172	3.869
Libardo alonso, el poblado, camino real, tierra santa	Rio Chiquito	23,9	23,9	100%	3,3	75,0%	1,3	86	87	2.032	6.706
Las acacias	Rio Tejo	9,1	9,1	100%	3,3	75,0%	1	850	9	60	199
Ciudadela deportiva	Hatillo	15,7	15,7	100%	3,3	75,0%	1,3	80	94	1.435	4.736
Villa elvia, los sauces	Rio Tejo	18	16,76	93%	3,3	71,6%	1,3	105	68	1.064	3.511
Transparencia	Hatillo	15	13	87%	3,3	75,0%	1	70	107	1.045	3.447
Simon bolivar y aledanas	Rio Chiquito	8,8	7,36	84%	3,3	75,0%	1,1	100	75	455	1.503
La castillana	Hatillo	5,9	3,36	57%	3,3	75,0%	1	800	9	24	78
bruselas, san agustin, la luz	Rio Chiquito	64,6	61,85	96%	3,3	69,4%	1,5	140	50	3.196	10.548
Total											125.714

Tabla 5, Calculo Número de Habitantes

CONCONSTRUCCIÓN INGENIERIA SAS

1.7.6. DETERMINACIÓN DE ÁREAS POTENCIALMENTE HABITABLES.

La delimitación de áreas con potencial de urbanización a 25 años permitió estimar una población adicional de aproximadamente 35.000 habitantes respecto a la actual, alcanzando un total proyectado de 160.736 habitantes en el área urbana de Ocaña. Este crecimiento se distribuye de manera diferenciada entre las vertientes, manteniendo la tendencia de concentración en las zonas céntricas de la ciudad.

El consolidado de población proyectada muestra que la vertiente Río Tejo concentrará el mayor número de habitantes con 58.718 personas (36,53%), seguida por la vertiente Río Chiquito con 53.995 personas (33,59%). En conjunto, ambas

vertientes agrupan cerca del 70% de la población urbana proyectada, considerando únicamente los proyectos de desarrollo identificables en el corto plazo (menos de cinco años) y sin contemplar procesos de densificación significativa en la vertiente Tejo.

Si bien las áreas definidas en el POT como perímetro urbano y de expansión serían suficientes para albergar el crecimiento poblacional esperado, esta perspectiva se ha replanteado ante la evidencia de un crecimiento urbano vertical en sectores como el centro, el Lago, La Primavera y otros. Este patrón de consolidación urbana atrae mayor población hacia las zonas que vierten al río Tejo, mientras que áreas como El Hatillo o el sector norte no presentan la misma preferencia de asentamiento ya que sobre estos sectores se ubica más vivienda VIS y población de escasos recursos.

En este contexto, se asume que la vertiente del Tejo mantendrá el porcentaje actual de ocupación urbana, equivalente al 75,63 % de la población proyectada para los próximos 25 años, valor que se adopta como referencia en los estudios del presente documento. Este resultado es consistente con la configuración actual del sistema urbano, ya que gran parte de las zonas donde se prevé un proceso de densificación mediante construcciones verticales corresponden a las vertientes de los ríos Tejo y Chiquito. Por ello, se establece como criterio que el 75,63 % de los vertimientos continuará concentrándose en estos dos ríos en el horizonte de planificación.

Por su parte, la vertiente Hatillo alcanzará una participación de 28.131 habitantes (17,50%), consolidándose como un área de expansión importante aunque con menor peso relativo frente a las vertientes centrales. Finalmente, la vertiente Río de Oro-Quebrada La Sal que corresponde al sector norte albergará una población proyectada de 19.892 habitantes (12,38%), manteniendo una participación moderada en el crecimiento urbano.

En términos de densidad, la relación estimada se mantiene en torno a los 200 habitantes por hectárea ocupada, valor que coincide con el observado en la consolidación actual. Esto refleja que la metodología de estimación por lotes, ocupación y núcleos familiares proyecta un crecimiento compacto, concentrado principalmente en las zonas ya consolidadas y en aquellas con posibilidad de densificación vertical.

En conclusión, los resultados obtenidos permiten prever que, en el horizonte de 25 años, Ocaña experimentará un crecimiento poblacional significativo pero concentrado en su núcleo urbano central, lo cual exige priorizar la planeación y dimensionamiento de infraestructura sanitaria (tramo faltante interceptor Tejo, emisario final y PTAR Llano de los Trigos) en las vertiente Río Tejo. Las vertientes

Hatillo y Río de Oro-La Sal, aunque con menor peso relativo, deben considerarse como áreas estratégicas de expansión que requieren infraestructura complementaria para evitar sobrecargar los sistemas existentes y garantizar un desarrollo urbano equilibrado.

1.7.7. POBLACIÓN OBJETIVO PARA LA VERTIENTE RIO TEJO

De acuerdo con el estudio poblacional, la población objetivo del proyecto para el tramo faltante del interceptor Río Tejo desde la descarga en la Plaza de Ferias hasta 655 metros aguas abajo corresponde a la población proyectada para los próximos 25 años (según el Censo DANE). Se estima que el 75,63 % de la población se concentrará dentro de la vertiente del Tejo, lo que equivale a 125.671 habitantes proyectados para el año 2050.

1.8. FORMULACIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.

1.8.1. GENERALIDAD

Con la puesta en servicio de los interceptores hasta la Plaza de Ferias, se trasladará una descarga de aguas residuales domésticas de gran caudal hacia el punto donde actualmente se encuentra construido el interceptor del río Tejo. En el diagnóstico situacional se presenta una descripción detallada de este sistema, con especial énfasis en la población asentada en esta vertiente que atraviesa el perímetro urbano de la ciudad de Ocaña. El principal problema identificado es la contaminación generada y que seguirá generándose por esta descarga en un área urbana con asentamientos humanos cercanos, además de la presencia de una planta de sacrificio animal (matadero). A esto se suma que, aguas abajo de dicho punto, se han consolidado importantes asentamientos humanos que también resultarán afectados por la contaminación del aire y de los cuerpos de agua. Ante esta situación, se hace necesario plantear alternativas que ofrezcan una solución estructural y conveniente tanto para la ciudad como para el área de influencia. Se presentan algunas de estas alternativas, cuya viabilidad técnico-económica será sustentada y validada.

1.8.2. ALTERNATIVAS

Alternativa 1

Propuesta localización de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en un punto cercano a la descarga en la Plaza de Ferias.

Alternativa 2

Propuesta localización de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), aguas abajo sobre un sector en el Llano de los Trigos.

Para analizar estas dos alternativas, es importante señalar que no existe otro corredor diferente al definido por el cauce del río Tejo, aguas abajo de la Plaza de Ferias. Esto se debe al relieve encañonado, con pendientes pronunciadas de hasta el 200%, que limita la posibilidad de proponer trazados alternativos para tuberías o de disponer de áreas cercanas y amplias para la construcción de una PTAR. En consecuencia, las soluciones posibles deben concentrarse necesariamente en este corredor, que además coincide con los puntos más bajos de drenaje hacia los cuales confluyen dichas descargas.

1.8.2.1. ALTERNATIVA 1

La propuesta de continuar el interceptor e instalar una PTAR en un área cercana (a menos de 900 metros de distancia) requeriría un trazado por la ronda del río. Aunque es posible plantear soluciones constructivas viables para la conducción como el uso de colectores en tubería de alta resistencia, apoyos especiales en tramos críticos, obras de contención y estabilización de taludes, así como sistemas de anclaje en zonas de pendiente pronunciada, las condiciones topográficas del sector generan dificultades de acceso y aumentan los retos constructivos.

Sin embargo, localizar un área con la extensión suficiente para la implantación de una PTAR dentro de este corredor no es factible. El encañonamiento del río no ofrece espacios que permitan adecuaciones ni áreas con capacidad para futuras ampliaciones. Las inspecciones preliminares y recorridos de campo, incluso de difícil acceso, confirman que esta alternativa no puede ser considerada para la disposición final mediante una conducción corta.

La opción de utilizar algunos de los lotes cercanos también presenta limitaciones. Estos se encuentran dentro de un sector urbano, lo que, ante una eventual mala operación de la planta, podría ocasionar impactos ambientales significativos. A ello se suma la cercanía de la planta de sacrificio animal, y el hecho de que los lotes disponibles no cuentan con dimensiones adecuadas para albergar una PTAR, además de estar rodeados por desarrollos urbanos consolidados.

En conclusión, aunque esta alternativa podría resultar más económica en términos de infraestructura, debido a que la conducción sería de menor longitud y podría ejecutarse con soluciones constructivas adaptadas a la topografía, la imposibilidad

de disponer de un área apropiada para la construcción de la PTAR hace que esta opción no sea viable desde el punto de vista técnico ni funcional.

1.8.2.2. ALTERNATIVA 2

Esta alternativa plantea una condición similar a la anterior en cuanto al trazado del interceptor, pero difiere en la localización de la PTAR, que se situaría en el sector del Llano de los Trigos. En este lugar existe la posibilidad de disponer de terrenos con la capacidad suficiente para implantar una planta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas, además de contar con áreas adicionales que permitan futuras ampliaciones. Esto garantizaría aprovechar al máximo la capacidad del emisario final proyectado.

El trazado del interceptor sería también por la ronda del río, con características similares a la alternativa anterior, aunque con una longitud mayor, que podría alcanzar los 3,5 km. Este recorrido atraviesa zonas rocosas y de fuerte pendiente, lo que exigirá procesos constructivos especializados tales como excavaciones controladas, anclajes y obras de estabilización para garantizar la seguridad y funcionalidad del diseño. En este sentido, las condiciones técnicas de la conducción son equivalentes a las de la primera alternativa, siendo la diferencia principal el incremento en los costos asociados a la longitud de la conducción y a ciertos accesos.

En cuanto a la PTAR, los costos de construcción serían relativamente similares en ambas alternativas, aunque en este caso podrían variar por factores como la necesidad de redes eléctricas, estructuras de cruce sobre el río o adecuaciones puntuales de acceso. No obstante, el sector del Llano de los Trigos cuenta con una ventaja significativa: existen accesos viables desde la vía principal hacia el corregimiento de Aguas Claras y hacia un posible punto de implantación, lo cual reduce la magnitud de las intervenciones adicionales. Esta condición fue confirmada en las visitas de campo y en la revisión de imágenes aéreas.

En conclusión, aunque esta alternativa es más costosa en lo referente a la conducción (interceptor y emisario), resulta la opción más viable técnica y operativamente, ya que garantiza la disponibilidad de un área adecuada para la construcción y futura ampliación de la PTAR, asegurando sostenibilidad a largo plazo.

Sustentada la alternativa más viable, es importante precisar que el proyecto en desarrollo busca establecer una solución estructural al problema de contaminación generado en este sector de la ciudad por la descarga directa de gran caudal

proveniente del interceptor del río Tejo. La primera alternativa no se considera técnicamente viable, dado que no existe un área con las condiciones necesarias para implantar una PTAR en un radio menor a 900 metros desde el punto de descarga (Plaza de Ferias).

En conclusión, se ha definido la alternativa 1 como la opción más viable; no obstante, debido a los altos costos de inversión, se propone ejecutar el proyecto por etapas. En esta primera fase, el alcance contempla únicamente el diseño de un tramo de 655 metros aguas abajo de la descarga como continuación del interceptor rio Tejo, con el fin de trasladar el vertimiento a un punto fuera del casco urbano y mitigar temporalmente la afectación ambiental, mientras se gestionan los recursos necesarios para la preinversión del emisario final, el cual se conectará a dicho tramo y estará asociado al diseño y viabilización de la PTAR.

En concordancia con el alcance del presente estudio, los diseños se centrarán en este tramo de 655 metros. Sobre él se aplicará una evaluación multicriterio, con el fin de establecer las mejores consideraciones técnicas, ambientales, sociales, económicas y normativas, que permitan definir los procedimientos constructivos más adecuados, así como los riesgos y beneficios asociados al proyecto.

1.9. MATRIZ MULTICRITERIO

En el marco del proyecto se aplicó el método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) con el propósito de determinar la importancia relativa de los criterios de evaluación que serán utilizados en fases posteriores para la selección de alternativas de trazado, materiales y metodología constructiva. La matriz de comparaciones por pares se elaboró considerando los criterios técnico, ambiental, económico, social y normativo, obteniéndose como resultado que el criterio técnico presenta la mayor ponderación con un 47,31 %, seguido del criterio ambiental con 22,75 %, el normativo con 15,69 %, el económico con 10,48 % y finalmente el social con 3,76 %. El análisis de consistencia arrojó un valor de $\lambda max = 5,1901$, un índice de consistencia (CI) de 0,0475 y una razón de consistencia (CR) de 0,042, menor al 0,10 establecido como límite por Saaty, lo cual indica que los juicios emitidos son consistentes y los resultados confiables. En consecuencia, se concluye que la matriz AHP permitió cuantificar la relevancia de los criterios, evidenciando que los aspectos técnicos y ambientales tendrán mayor peso en la futura toma de decisiones, mientras que los criterios normativos, económicos y sociales, aunque con menor ponderación, continuarán siendo considerados, constituyendo de esta forma una base metodológica sólida y objetiva para la evaluación integral de alternativas del proyecto.

n (tamaño de la matriz)	RI
1	0
2	0
3	0,58
4	0,9
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49

Tabla 6, Determinación RI Para escala SAATY

Matriz AHP					
	Técnico (T)	Ambiental (A)	Económico (E)	Social (S)	Normativo (N)
Técnico (T)	1	3	5	9	3
Ambiental (A)	1/3	1	3	5	2
Económico (E)	1/5	1/3	1	3	1
Social (S)	1/9	1/5	1/3	1	1/7
Normativo (N)	1/3	1/2	1	7	1

Tabla 7, Matriz AHP

Matriz Normalizada						
	Técnico (T)	Ambiental (A)	Económico (E)	Social (S)	Normativo (N)	Promedio
Técnico (T)	0,506	0,596	0,484	0,360	0,420	47,31%
Ambiental (A)	0,169	0,199	0,290	0,200	0,280	22,75%
Económico (E)	0,101	0,066	0,097	0,120	0,140	10,48%
Social (S)	0,056	0,040	0,032	0,040	0,020	3,76%
Normativo (N)	0,169	0,099	0,097	0,280	0,140	15,69%

Tabla 8, Matriz AHP Normalizada

AW	2,4893	λ1	5,261539404
	1,2017		5,282093254
	0,5451		5,200259285
	0,1931		5,129941438

	0,7967		5,076470028

Tabla 9, Verificación de Consistencia

λ1 prom	5,190060682
CI	0,04751517
RI	1,12
CR	0,042

Tabla 10, Resultados Verificación de Consistencia

Análisis Técnico

Desde el punto de vista técnico, la Alternativa 2 obtuvo un mayor peso relativo frente a la Alternativa 1. Esto se debe a que, aunque ambas opciones requieren obras especializadas por la topografía encañonada, la primera no cuenta con un área disponible suficiente para la implantación de una PTAR. En contraste, la Alternativa 2 dispone de terrenos amplios que permiten no solo la construcción inicial, sino también futuras ampliaciones. Esta condición hace que, técnicamente, la opción del Llano de los Trigos sea más viable y sostenible en el tiempo.

Análisis Ambiental

El análisis ambiental otorgó un mayor valor a la Alternativa 2, dado que su localización fuera del casco urbano minimiza los riesgos de afectación directa a la población. En este sector, la implantación de la PTAR permitiría una mejor gestión de las descargas y la reducción de la contaminación del aire y del agua en zonas habitadas. La Alternativa 1, por el contrario, genera mayor vulnerabilidad ambiental debido a la cercanía con asentamientos humanos y con la planta de sacrificio animal.

Análisis Económico

En el aspecto económico, la Alternativa 1 resultó más favorable, al requerir una conducción más corta y, en consecuencia, menores costos de inversión inicial en infraestructura. Sin embargo, esta ventaja se ve opacada por la imposibilidad de disponer de terrenos adecuados para la PTAR, lo que en la práctica limita su factibilidad. La Alternativa 2, si bien implica mayores costos asociados a la longitud del interceptor, representa una inversión más segura y con beneficios a largo plazo.

Análisis Social

En el componente social, la Alternativa 2 también obtuvo una valoración más alta. Su localización fuera del área urbana reduce los riesgos de exposición a olores, vectores y posibles fallas operativas que podrían afectar directamente a la población cercana. Además, favorece la percepción comunitaria al trasladar la infraestructura de tratamiento hacia un sector con mejores condiciones de aislamiento. Por el contrario, la Alternativa 1 podría generar conflictos sociales y rechazo debido a la cercanía con viviendas y actividades urbanas consolidadas.

Análisis Normativo

El análisis normativo respalda igualmente la Alternativa 2, al ofrecer un escenario más adecuado para el cumplimiento de la legislación ambiental y sanitaria vigente. Los terrenos disponibles en el Llano de los Trigos permiten garantizar la aplicación de normas técnicas relacionadas con distancias de seguridad, áreas mínimas y posibilidad de expansión futura. La Alternativa 1 no cumple con estas condiciones, lo que comprometería la viabilidad legal y regulatoria del proyecto.

Conclusión

Los resultados de la aplicación del método AHP muestran que la Alternativa 2 alcanzó un peso global del 78,3%, mientras que la Alternativa 1 obtuvo únicamente el 21,7%. En consecuencia, la Alternativa 2 se configura como la opción más conveniente para la implantación de la PTAR en el municipio, garantizando viabilidad técnica, ambiental, social y normativa. Aunque representa mayores costos de inversión inicial en la conducción, esta alternativa ofrece beneficios estructurales y sostenibles a largo plazo, asegurando la solución más adecuada para la problemática de contaminación identificada.

Matriz Técnica		
	A1	A2
A1	1	1/6
A2	6	1

Matriz Técnica Normalizada			
	A1	A2	Promedio
A1	0,143	0,143	14,29%
A2	0,857	0,857	85,71%

Matriz Ambiental		
	A1	A2
A1	1	1/8
A2	8	1

Matriz Ambiental Normalizada			
	A1	A2	Promedio
A1	0,111	0,111	11,11%
A2	0,889	0,889	88,89%

Matriz Económica		
	A1	A2
A1	1	3
A2	1/3	1

Matriz Económica Normalizada			Promedio
	A1	A2	
A1	0,750	0,750	75,00%
A2	0,250	0,250	25,00%

Matriz Social		
	A1	A2
A1	1	1/5
A2	5	1

Matriz Social Normalizada			
	A1	A2	Promedio
A1	0,167	0,167	16,67%
A2	0,833	0,833	83,33%

Matriz Normativa		
	A1	A2
A1	1	1/3
A2	3	1

Matriz Normativa Normalizada			
	A1	A2	Promedio
A1	0,250	0,250	25,00%
A2	0,750	0,750	75,00%

Resultados	
ALT 1	21,70%
ALT 2	78,30%

A continuación, se presenta la matriz de evaluación elaborada mediante el método de jerarquías analíticas (AHP), en la cual se valoraron los criterios determinantes para la selección del material de la tubería. Los factores considerados en el análisis fueron: durabilidad, costo, peso, factibilidad constructiva e instalación, los cuales fueron ponderados de acuerdo con su importancia relativa para el proyecto.

Es importante precisar que la evaluación se centra en un tramo de aproximadamente 655 metros de longitud, proyectado como continuación del interceptor del río Tejo, aguas abajo del punto de descarga ubicado en la Plaza de Ferias. Bajo estas condiciones, el análisis busca identificar el material que garantice mayor viabilidad técnica y operativa en un contexto caracterizado por pendientes pronunciadas, terreno encañonado, accesibilidad reducida y limitaciones logísticas para el transporte y montaje de tubería.

Matriz Materiales					
	Durabilidad	**Costo**	**Peso**	**Factibilidad Constructiva**	**Instalación**
Durabilidad	1	3	1/7	1/3	1/3
Costo	1/3	1	1/9	1/5	1/5
Peso	7	9	1	5	7
Factibilidad Constructiva	3	5	1/5	1	3
Instalación	3	5	1/7	1/3	1

Tabla 11, Matriz AHP Materiales

Matriz Normalizada						
	Durabilidad	**Costo**	**Peso**	**Factibilidad Constructiva**	**Instalación**	**Promedio**
Durabilidad	0,070	0,130	0,089	0,049	0,029	7,34%
Costo	0,023	0,043	0,070	0,029	0,017	3,66%

Peso	0,488	0,391	0,626	0,728	0,607	56,82%
Factibilidad Constructiva	0,209	0,217	0,125	0,146	0,260	19,15%
Instalación	0,209	0,217	0,089	0,049	0,087	13,03%

Tabla 12, Matriz AHP Normalizada

AW	0,3715	**λ1**	5,06028576
	0,1885		5,15713493
	3,2808		5,77404561
	1,0991		5,7381478
	0,6783		5,20680979

Tabla 13, Verificación de Consistencia

λ1 prom	5,38728478
CI	0,09682119
RI	1,12
CR	0,086

Tabla 14,Resultados Verificación de Consistencia

La evaluación se realizó mediante el método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) de Saaty, el cual permite estructurar problemas complejos de decisión en diferentes niveles. En este estudio, el objetivo fue seleccionar el material de tubería, los criterios evaluados fueron durabilidad, costo, peso, factibilidad constructiva e instalación, y las alternativas comparadas fueron PVC, GRP, PEAD y concreto.

El procedimiento consistió en realizar comparaciones por pares entre criterios y entre alternativas, utilizando la escala de Saaty (1 a 9) para asignar prioridades relativas. Luego se normalizaron los valores, se calcularon los pesos de cada criterio y se verificó la consistencia de los juicios. Finalmente, se integraron los resultados obteniendo la valoración global de cada material y determinando así la opción más adecuada para el proyecto como se muestra a continuación.

Matriz AHP Durabilidad				
	PVC	**GRP**	**CONCRETO**	**PEAD**
PVC	1	1/5	3	1/7
GRP	5	1	7	1/3
CONCRETO	1/3	1/7	1	1/9
PEAD	7	3	9	1

Tabla 15, Matriz AHP Durabilidad

Matriz Normalizada					
	PVC	GRP	CONCRETO	PEAD	Promedio
PVC	0,075	0,046	0,150	0,090	9,03%
GRP	0,375	0,230	0,350	0,210	29,13%
CONCRETO	0,025	0,033	0,050	0,070	4,45%
PEAD	0,525	0,691	0,450	0,630	57,39%

Tabla 16, Matriz Normalizada

AW	0,3639	λ1	4,031
	1,2453		4,275
	0,1799		4,046
	2,4800		4,321

Tabla 17,Verificación de Consistencia

λ1 prom	4,168
CI	0,056
RI	0,900
CR	0,062

Tabla 18,Resultados Verificación de Consistencia

Matriz AHP Costo				
	PVC	GRP	CONCRETO	PEAD
PVC	1	3	1/3	1
GRP	1/3	1	1/5	1
CONCRETO	3	5	1	3
PEAD	1	1	1/3	1

Tabla 19, Matriz AHP Costo

Matriz Normalizada					
	PVC	GRP	CONCRETO	PEAD	Promedio
PVC	0,188	0,300	0,179	0,167	20,82%
GRP	0,063	0,100	0,107	0,167	10,91%
CONCRETO	0,563	0,500	0,536	0,500	52,46%
PEAD	0,188	0,100	0,179	0,167	15,82%

Tabla 20, Matriz Normalizada

AW	0,868	**λ1**	4,172
	0,442		4,048
	2,169		4,135
	0,650		4,111

Tabla 21, Verificación de Consistencia

λ1 prom	4,116
CI	0,039
RI	0,900
CR	0,043

Tabla 22,Resultados Verificación de Consistencia

Matriz AHP Peso				
	PVC	**GRP**	**CONCRETO**	**PEAD**
PVC	1	2	7	4
GRP	1/2	1	9	3
CONCRETO	1/7	1/9	1	1/7
PEAD	1/4	1/3	7	1

Tabla 23, Matriz AHP Peso

Matriz Normalizada					
	PVC	**GRP**	**CONCRETO**	**PEAD**	**Promedio**
PVC	0,528	0,581	0,292	0,491	47,30%
GRP	0,264	0,290	0,375	0,368	32,45%
CONCRETO	0,075	0,032	0,042	0,018	4,17%
PEAD	0,132	0,097	0,292	0,123	16,08%

Tabla 24, Matriz Normalizada

AW	2,057	**λ1**	4,349997
	1,419		4,373428
	0,168		4,033282
	0,679		4,224155

Tabla 25,Verificación de Consistencia

λ1 prom	4,245
CI	0,082
RI	0,900
CR	0,091

Tabla 26, Resultados Verificación de Consistencia

Matriz AHP Factibilidad Constructiva				
	PVC	GRP	CONCRETO	PEAD
PVC	1	3	9	5
GRP	1/3	1	7	5
CONCRETO	1/9	1/7	1	1/4
PEAD	1/5	1/5	4	1

Tabla 27, Matriz AHP Factibilidad Constructiva

Matriz Normalizada					
	PVC	GRP	CONCRETO	PEAD	Promedio
PVC	0,608	0,691	0,429	0,444	54,30%
GRP	0,203	0,230	0,333	0,444	30,27%
CONCRETO	0,068	0,033	0,048	0,022	4,26%
PEAD	0,122	0,046	0,190	0,089	11,18%

Tabla 28, Matriz Normalizada

AW	2,393	λ1	4,407
	1,341		4,429
	0,174		4,089
	0,451		4,037

Tabla 29, Verificación de Consistencia

λ1 prom	4,240
CI	0,080
RI	0,900
CR	0,089

Tabla 30, Resultados Verificación de Consistencia

CONCONSTRUCCIÓN INGENIERIA SAS

Matriz AHP Instalación				
	PVC	GRP	CONCRETO	PEAD
PVC	1	2	9	6
GRP	1/2	1	9	7
CONCRETO	1/9	1/9	1	1/4
PEAD	1/6	1/7	4	1

Tabla 31, Matriz AHP Instalación

Matriz Normalizada					
	PVC	GRP	CONCRETO	PEAD	Promedio
PVC	0,563	0,615	0,391	0,421	49,74%
GRP	0,281	0,307	0,391	0,491	36,78%
CONCRETO	0,063	0,034	0,043	0,018	3,94%
PEAD	0,094	0,044	0,174	0,070	9,54%

Tabla 32, Matriz Normalizada

AW	2,160	λ1	4,343
	1,639		4,457
	0,159		4,044
	0,389		4,071

Tabla 33, Verificación de Consistencia

λ1 prom	4,229
CI	0,076
RI	0,900
CR	0,085

Tabla 34, Resultados Verificación de Consistencia

Peso (56,8%)

El criterio Peso resultó el más decisivo en la ponderación global, lo cual es consistente con la restricción operativa principal: todo el material debe ser transportado y manipulado manualmente en tramos muy cortos por terreno de difícil acceso. En la matriz normalizada el PVC obtiene la mayor puntuación en este criterio (52,8 %) porque presenta el menor peso específico por longitud para un diámetro dado, facilitando el acarreo, la maniobra y la velocidad de montaje en campo. Le sigue GRP (valores intermedios), mientras que concreto queda relegado (peso muy alto, difícil de mover y posicionar) y PEAD (polietileno de alta densidad) ocupa una posición intermedia-baja. En resumen: el dominio de este criterio favorece materiales livianos; por eso PVC adquiere una ventaja decisiva aquí.

Factibilidad constructiva (19,2%)

La factibilidad constructiva considera la capacidad de ensamblaje y de ejecución de la tubería en las condiciones impuestas (sin maquinaria pesada, sin posibilidad de

túnel ni grandes movimientos de tierra). El PVC puntúa más alto en la matriz normalizada de factibilidad porque sus tramos son manejables a mano, los acoples son relativamente sencillos y no requieren procesos complejos ni equipos de fusión pesados en sitio. GRP presenta buena factibilidad relativa, pero puede requerir manejo cuidadoso y, en ciertos procesos, controles de curado o uniones más especializadas. PEAD puede requerir equipos de electro-fusión o procedimientos de unión que no son factibles en todos los frentes de obra, y concreto es el menos factible por la necesidad de grúa, manejo de piezas muy pesadas y condiciones de asiento/compactación que en una garganta con pendientes son extremadamente difíciles.

Instalación (13,0%)

El criterio Instalación evalúa la logística de montaje en sitio maniobra, acople, seguridad de los operarios y riesgo de daño durante el montaje. Según la matriz, PVC es la opción más favorable en instalación (56 % en la normalizada), debido a su ligereza, a la posibilidad de manipulación en secciones manejables y al empleo de junturas mecánicas o empaques que no requieren procesos de soldado en planta. GRP y PEAD presentan retos mayores: GRP puede ser frágil en manejo brusco y PEAD puede requerir electro-fusión o termo-fusión que exige condiciones y equipos especiales; concreto exige equipos de izaje y superficies de apoyo, por lo que resulta poco compatible con la instalación manual en tramos abruptos.

Durabilidad (7,3%)

Aunque la durabilidad es un criterio importante, en la ponderación global de este proyecto quedó con menor peso relativo dada la urgencia y las limitaciones logísticas. En la matriz de durabilidad PEAD y GRP obtuvieron las puntuaciones más altas esto se explica por su excelente resistencia química, a la corrosión y a la abrasión en términos generales; PVC presenta una durabilidad adecuada para redes sanitarias enterradas (resistencia a la corrosión química y vida útil considerable), pero en las matrices quedó por debajo de PEAD/GRP; concreto puede ofrecer vida larga si se protege adecuadamente, pero en un ambiente con posibles sulfatos, ataques biogénicos o asentamientos puede verse afectado y su desempeño depende mucho de la calidad de fabricación y del controlador de fisuración. En conclusión: PVC no es el mejor en durabilidad absoluta, pero su desempeño es aceptable y compensable con correcto diseño y controles operativos.

Costo (3,7%)

El criterio Costo resultó con el menor peso relativo en la decisión final, lo que refleja que la prioridad del proyecto estuvo centrada en la viabilidad constructiva y logística

más que en el aspecto económico. En la matriz se evidencia que el concreto presenta una puntuación destacada en costo, ya que en términos unitarios suele ser competitivo para diámetros grandes. No obstante, sus costos indirectos asociados al transporte, manipulación y montaje en un terreno encañonado y de difícil acceso lo hacen menos ventajoso en este caso. Por su parte, el PVC se ubica como una de las alternativas más económicas en términos de precio de material y de instalación, presentando una clara ventaja sobre el PEAD y el GRP, que se encuentran en rangos de costo más elevados y bastante cercanos entre sí debido a su proceso de fabricación y a las exigencias de instalación especializada. Esta diferencia en el precio refuerza la competitividad del PVC, especialmente en un contexto donde los costos logísticos tienen un peso significativo en el resultado global. Sin embargo, dado que en la ponderación AHP el criterio monetario tuvo un peso bajo en comparación con el peso del material y la factibilidad constructiva, las diferencias de costo no fueron determinantes para la elección final, aunque sí aportaron un respaldo adicional a la selección del PVC como alternativa más viable.

Integración de criterios y conclusión técnica

La combinación de los resultados por criterio explica por qué PVC obtiene la mayor valoración global (45,2%): los criterios con mayor peso (Peso, Factibilidad Constructiva e Instalación) favorecen de forma clara a PVC por su bajo peso, facilidad de manejo y montaje manual, y menores requerimientos de maquinaria y procesos complejos. Aunque materiales como PEAD o GRP pueden ofrecer mayor durabilidad y en algunos casos mejor comportamiento frente a agresiones químicas, sus exigencias de proceso de unión (electro-fusión, termo-fusión, manipulaciones delicadas) o su peso relativo (en el caso de ciertos conjuntos GRP) restringen su aplicabilidad en el escenario particular. El concreto, si bien puede ser competitivo en costo y robusto estructuralmente, es penalizado fuertemente por su masa y por las grandes dificultades de manejo e instalación en el tramo previsto.

En consecuencia, y sustentado en las matrices AHP presentadas, la elección del PVC se justifica técnicamente como la alternativa que mejor equilibra las restricciones reales del proyecto (acceso, transporte manual en tramos de 1 m, pendientes pronunciadas y falta de espacio para máquinas y procesos de fusión), manteniendo un nivel aceptable de durabilidad y coste relativo.

Resultados	
PVC	45,18%
GRP	31,56%
CONCRETO	5,94%

PEAD	**17,31%**

Tabla 35, Resultados Matriz AHP elección del material

Característica	PVC (Rib Steel)	PEAD	GRP	CONCRETO
Peso aproximado	Más liviana. Referencias de 1700 mm: 95,6 kg/m → Para 1500 mm es algo menor (≈80–85 kg/m).	48% más pesada que Rib Steel → ≈120–125 kg/m.	150% a 200% más pesada que Rib Steel → ≈160–200 kg/m.	≈ 1700–1900 kg/m (mucho más pesada)
Resistencia al impacto	Alta (ensayo con masa 10 kg, caída 3,05 m, sin roturas).	Media (masa 0,8–3,2 kg, caída 2 m).	Baja, requieren mucho cuidado para no dañarse con golpes.	Muy alta, prácticamente indestructible a golpes
Flexibilidad / comportamiento estructural	Flexible, con refuerzo de acero; mejor respuesta sísmica y asentamientos diferenciales.	Flexible, buen comportamiento ante cargas.	Rígida, más sensible a asentamientos diferenciales.	Muy rígida, no admite flexión → requiere cimentación estable
Coeficiente de rugosidad (Manning n)	0,009 a 0,011	0,010	0,009	0,013 – 0,015 (menor capacidad hidráulica)
Longitudes disponibles	De 1 m a 12 m (según requerimiento del cliente).	6 m y 12 m.	6 m y 12 m.	2,0 – 2,5 m típicamente
Variedad de diámetros	De 900 mm a 3000 mm (incrementos de 25 mm).	De 500 mm a 2400 mm (incrementos de 75 mm).	Bajo pedido, con limitaciones.	Amplia gama normalizada hasta >3000 mm
Unión / hermeticidad	Unión química hermética con cemento solvente de PVC (sin equipos especiales).	Unión roscada, requiere cordón de soldadura con extrusor manual (más compleja).	Unión manual con sello (riesgo en movimientos sísmicos y asentamientos).	Campana–espiga con empaque de caucho, hermeticidad media
Costos de obra civil	Menores, exige menor ancho de zanja (≈0,25D).	Mayores, cimentación exige valores >0,25D.	Más costosos por mayor peso, requieren maquinaria pesada.	Muy altos (gran peso, requiere maquinaria pesada, mayor excavación)
Velocidad máxima de operación	Hasta 12 m/s.	Hasta 10 m/s.	Hasta 5 m/s.	≈ 3–4 m/s recomendados
Durabilidad / resistencia química	Alta, PVC-U con buena resistencia a agentes químicos y corrosión.	Buena, aunque menor que PVC frente a algunos solventes.	Sensible a ciertos químicos y condiciones de corrosión.	Buena en suelos estables, pero vulnerable a sulfatos y corrosión biogénica
Instalación	Fácil, bajo peso → puede colocarse	Requiere maquinaria mediana.	Requiere maquinaria	Muy difícil, requiere grúa y

	manualmente en muchos casos.		compleja, instalación más lenta y costosa.	maquinaria pesada

Tabla 36, Comparativo de materiales de tubería

La tabla comparativa presenta las principales características técnicas de los cuatro materiales evaluados para la tubería (PVC, PEAD, GRP y Concreto), analizando aspectos como peso, resistencia al impacto, comportamiento estructural, coeficiente de rugosidad, dimensiones disponibles, tipo de unión, costos de obra civil, velocidad de operación, durabilidad química y facilidad de instalación.

El análisis evidencia que el PVC (Rib Steel) ofrece ventajas determinantes frente a las demás alternativas en el contexto del proyecto. Su bajo peso específico facilita el transporte manual en zonas de difícil acceso y pendientes pronunciadas, lo que sería inviable con materiales como concreto o GRP por su elevado peso. Presenta además alta resistencia al impacto y flexibilidad estructural, adaptándose mejor a asentamientos diferenciales, condición crítica en terrenos encañonados. En términos hidráulicos, su bajo coeficiente de rugosidad asegura una buena capacidad de conducción.

Asimismo, el PVC permite uniones herméticas simples, sin requerir maquinaria ni procesos complejos como soldaduras o termo-fusión, lo que reduce tiempos y costos de instalación. En comparación, el concreto exige maquinaria pesada y mayores costos de manipulación, mientras que el GRP y el PEAD demandan uniones más complejas y equipos adicionales.

Finalmente, el PVC combina durabilidad química, bajo costo de obra civil y facilidad de instalación, características que lo hacen la alternativa más viable técnica y constructivamente para el tramo de 655 m aguas abajo del interceptor río Tejo, dadas las limitaciones logísticas y topográficas del sitio.

En conclusión, la matriz multicriterio aplicada para el análisis de alternativas con respecto a la ubicación de la PTAR, permitió determinar que la Alternativa 2, que plantea la localización de la PTAR aguas abajo de la Plaza de Ferias sobre el Llano de los Trigos, resulta técnica y ambientalmente más viable (teniendo en cuenta que son los que más peso tenían en la matriz). La falta de espacio y la cercanía con el casco urbano hacen inviable la construcción de la planta en un punto más próximo a la descarga sobre el corredor del río Tejo. De acuerdo con las condiciones topográficas, el sector apto para la implantación de la PTAR se encuentra aproximadamente a 3,5 km del punto de descarga. El presente estudio se centra en un tramo de 655 m aguas abajo de la Plaza de Ferias que se refiere a la continuación del interceptor rio Tejo, el cual se pretende conectar al futuro emisario final y a la PTAR.

Este tramo se caracteriza por estar ubicado en terrenos encañonados, de difícil acceso y con presencia de macizos rocosos, lo que complica significativamente las labores constructivas y logísticas. En este contexto, la selección del material de la tubería debía priorizar alternativas livianas y de fácil manejo, ya que la instalación debe ejecutarse en tramos de un metro lineal, transportados manualmente hasta el sitio de montaje.

En conclusión y con respecto a la matriz de la elección del material, con base en las características técnicas comparadas (PVC, GRP, PEAD y Concreto) y en los resultados obtenidos mediante las matrices AHP, se concluye que el peso del material fue un criterio determinante en la decisión. El PVC obtuvo la mayor puntuación en este aspecto, además de destacar en factibilidad constructiva e instalación, superando a las demás alternativas. Por estas razones, el PVC se constituye como la opción más adecuada para la implantación de la tubería en el tramo evaluado, garantizando viabilidad técnica, logística y económica en el marco de las condiciones particulares del proyecto.

En cuanto a los costos de inspección y mantenimiento, estos serían equivalentes independientemente del material seleccionado, dado que corresponden a un tramo de tubería cuya supervisión y conservación requieren actividades similares. Es importante señalar que la ejecución del proyecto no generará incrementos en las tarifas del sistema de alcantarillado, ya que se gestionarán aportes del gobierno departamental para su financiación. Asimismo, la operación y el mantenimiento se integrarán dentro de las actividades rutinarias de la empresa operadora del servicio, en el marco de la gestión del sistema troncal de alcantarillado.

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

2. CAPITULO: GEOREFERENCIACIÓN Y TOPOGRAFÍA

2.1. GEOREFERENCIACIÓN

2.1.1. OBJETIVO GENERAL

Georreferenciar el punto de arranque y los puntos de control para el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico (batimetría) del corredor del río Tejo, en el tramo comprendido entre el puente del barrio La Gloria y 1.200 metros aguas abajo, en Ocaña, Norte de Santander.

Este levantamiento tiene como finalidad definir límites, ejes longitudinales y secciones transversales con curvas de nivel que representen la geomorfología del corredor, constituyendo la base para estudios hidrológicos, hidráulicos y de diseño de alcantarillado, así como para trazados y obras complementarias.

2.1.2. METODOLOGÍA DE GEORREFERENCIACIÓN

2.1.2.1. TRABAJO DE CAMPO

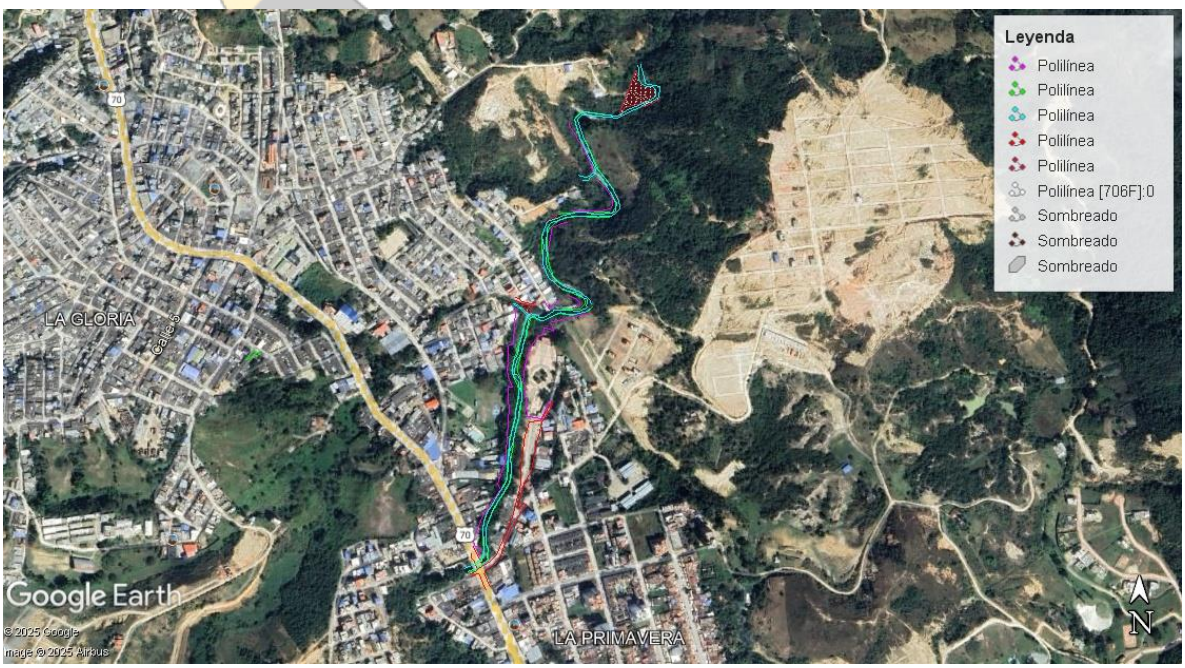


Tabla 37, Localización del corredor sobre el rio Tejo como área de estudio en la zona urbana de la ciudad de Ocaña desde el sector del puente de la gloria hasta 1.200 m aguas abajo. Google Earth

- Se establecieron y materializaron dos puntos topográficos (BM1 y BM2) mediante mojones de concreto en lugares con horizonte despejado y condiciones óptimas de máscara de elevación.
- Desde estos puntos se definieron los puntos de control BM3 a BM8, ubicados dentro del corredor de estudio, garantizando visibilidad y accesibilidad para futuros replanteos.
- La georreferenciación se realizó con equipos GNSS de doble frecuencia (L1/L2), aplicando el método estático diferencial, referenciados a las estaciones permanentes de la Red MAGNA-ECO en:
    - Aguachica (Cesar) → Distancia: 28.3 km / Tiempo calculado: 120 min / Tiempo aplicado: 4h41min
    - San Alberto (Cesar) → Distancia: 56.3 km / Tiempo calculado: 204 min / Tiempo aplicado: 4h41min
    - Sardinata (Norte de Santander) → Distancia: 64.8 km / Tiempo calculado: 230 min / Tiempo aplicado: 4h41min

En todos los casos, los tiempos de rastreo superaron los mínimos exigidos, garantizando mayor precisión en las coordenadas de BM1 y BM2.

2.1.2.2. TRABAJO DE OFICINA

- Se descargaron los archivos crudos de los receptores GNSS y se complementaron con archivos RINEX de las estaciones permanentes MAGNA-ECO Curumaní y Becerril (IGAC).
- El post-procesamiento se ejecutó con CHC Geomatics Office, ajustando las coordenadas con base en parámetros de proyección establecidos.
- Sistema de Proyección adoptado:
    - DATUM: MAGNA-SIRGAS Bogotá
    - Proyección: Transversa de Mercator
    - Origen: Lat. 4°00’00’’ N / Long. 73°00’00’’ W
    - Falso Este: 5,000,000 m / Falso Norte: 2,000,000 m
    - Factor de escala: 0.9992
- Los datos se organizaron en hojas CSV y posteriormente se procesaron en AutoCAD 2018 para elaborar la planimetría, curvas de nivel y planos finales.

2.1.3. DATOS OBTENIDOS

2.1.3.1. PUNTOS DE ARRANQUE Y CONTROL

Número	Norte (m)	Este (m)	Cota (m)	Código
5000	2471925.54	4960521.41	1181.8923	BM1
5001	2471822.85	4960380.62	1196.0685	BM2
5003	2471699.46	4960439.08	1159.5545	BM3
5004	2471695.02	4960460.96	1158.6630	BM4
5005	2471467.03	4960492.92	1145.3561	BM5
5006	2471438.88	4960508.94	1146.2606	BM6
5007	2471257.49	4960398.94	1147.0921	BM7
5008	2471243.12	4960425.04	1147.2062	BM8

Tabla 38, Puntos de arranque y control

Las filas sombreadas corresponden a los puntos de arranque.

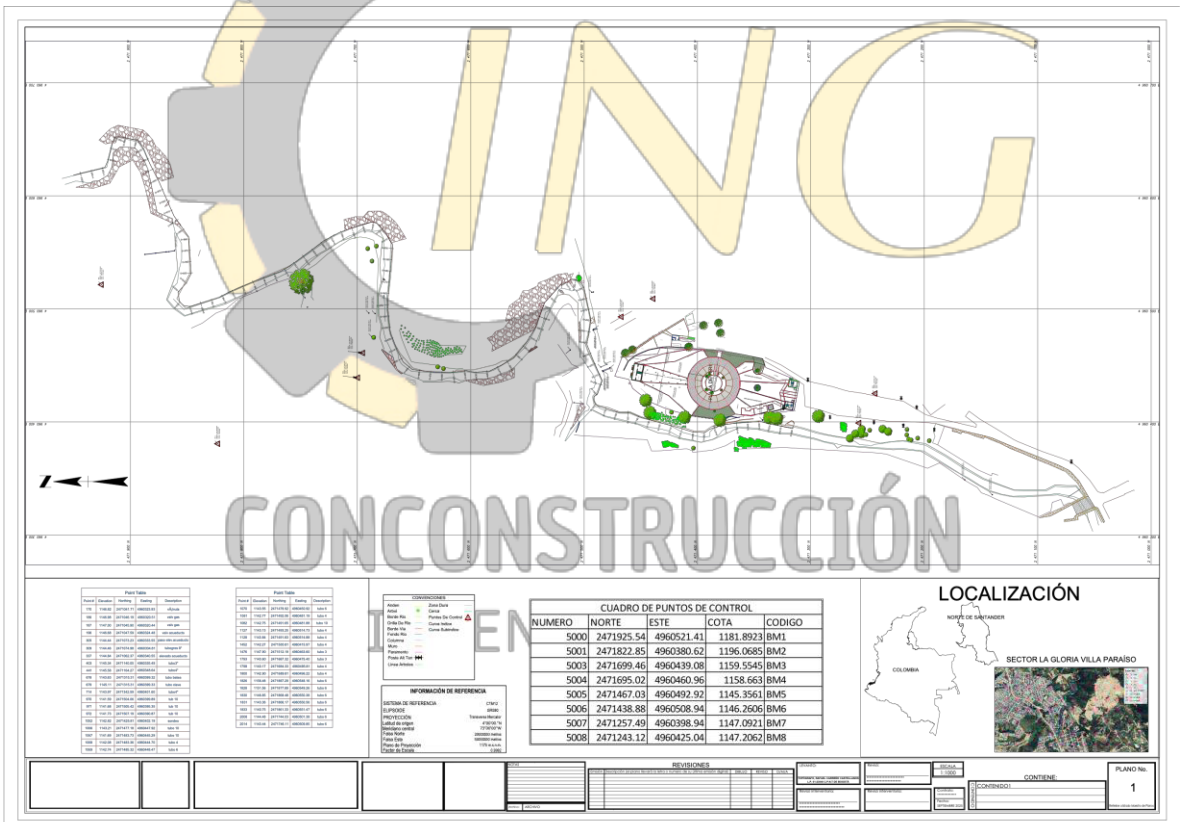


Tabla 39, Plano de georreferenciación con puntos de arranque y de control.

2.1.3.2. RESULTADOS DE PRECISIÓN

Errores promedio:

- Horizontal: 25.8 mm
- Vertical: 28.5 mm

Prueba estadística Chi-cuadrado:

- Valor: 16.96722
- Rango: 6.15634 – 27.77809 → Resultado: Aprobado (Conformidad)
- Se obtuvo un nivel de confianza 2 sigma, cumpliendo los estándares del IGAC.

2.1.4. RESULTADOS FINALES

Los puntos BM1 a BM8 quedaron georreferenciados y materializados como base para el levantamiento topográfico, planimétrico y batimétrico del río Tejo.

Se entregaron:

- Planos topográficos con planimetría, tablas y curvas de nivel.
- Archivos digitales estructurados en formatos compatibles (CSV y CAD).
- Registro fotográfico de los mojones en campo.

La información obtenida cumple con los requerimientos técnicos y normativos, siendo apta para estudios hidrológicos, hidráulicos y de alcantarillado proyectados en el sector.

2.1.5. CONCLUSIONES

- Se establecieron y georreferenciaron correctamente los puntos de arranque y control, garantizando continuidad en los trabajos topográficos.

- El post-procesamiento permitió alcanzar precisiones milimétricas en coordenadas y cotas, cumpliendo con las normas del IGAC.

- Se entregaron planos, tablas y registros fotográficos, constituyendo la base técnica para el levantamiento topográfico y estudios posteriores del río Tejo.

2.2. TOPOGRAFÍA

2.2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico (batimetría) del río Tejo, en el tramo comprendido entre el barrio La Gloria y Villa Paraíso en el municipio de Ocaña, con el fin de representar la geomorfología del corredor fluvial mediante planos, secciones transversales, ejes longitudinales y curvas de nivel.

Este trabajo constituye la base para estudios de tipo hidrológico, hidráulico y para el diseño de sistemas de alcantarillado, así como para planteamientos de trazados y obras complementarias.

2.2.2. METODOLOGÍA

2.2.2.1. TRABAJO DE CAMPO

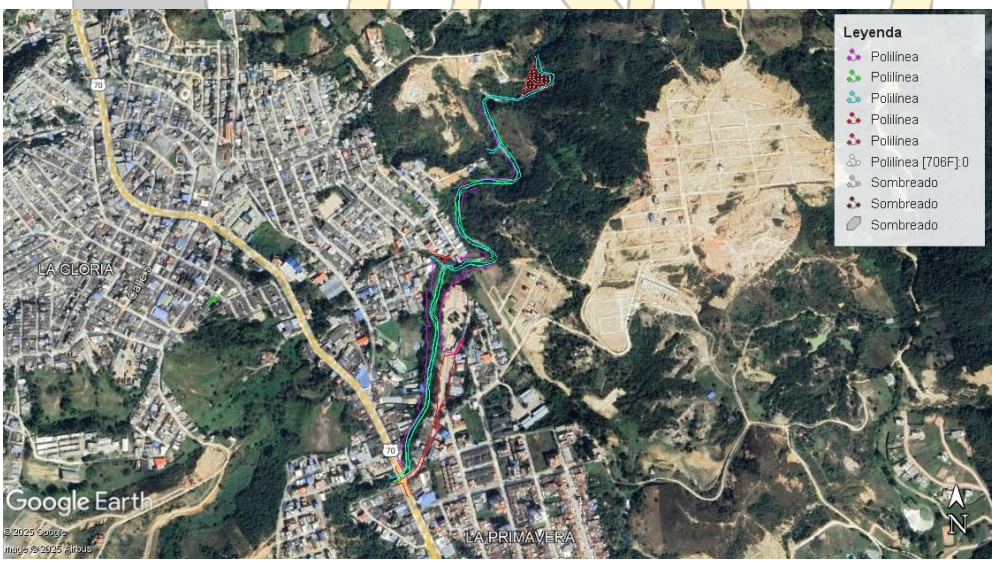


Tabla 40, Localización del corredor sobre el rio Tejo como área de estudio en la zona urbana de la ciudad de Ocaña desde el sector del puente de la gloria hasta 1.200 m aguas abajo. Google Earth

Se utilizó la georreferenciación previa realizada en el tramo, partiendo de los puntos de control BM1 a BM8.

El levantamiento se efectuó con equipos topográficos GNSS y estación total, realizando la medición de:

- Ejes longitudinales del río.
- Secciones transversales en intervalos regulares.
- Puntos críticos de la topografía del cauce y de las márgenes.
- Se incluyó el registro fotográfico de campo como evidencia del proceso de levantamiento.

2.2.2.2. TRABAJO DE OFICINA

- Descarga de la información obtenida en campo desde la memoria de la colectora.
- Organización de los datos en formato CSV delimitado por comas.
- Procesamiento en AutoCAD 2018 y software especializado para:
  - Elaboración de planimetría.
  - Generación de curvas de nivel.
  - Construcción de secciones transversales y longitudinales del río.
- Consolidación de la información en planos topográficos finales.

2.2.3. DATOS OBTENIDOS

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

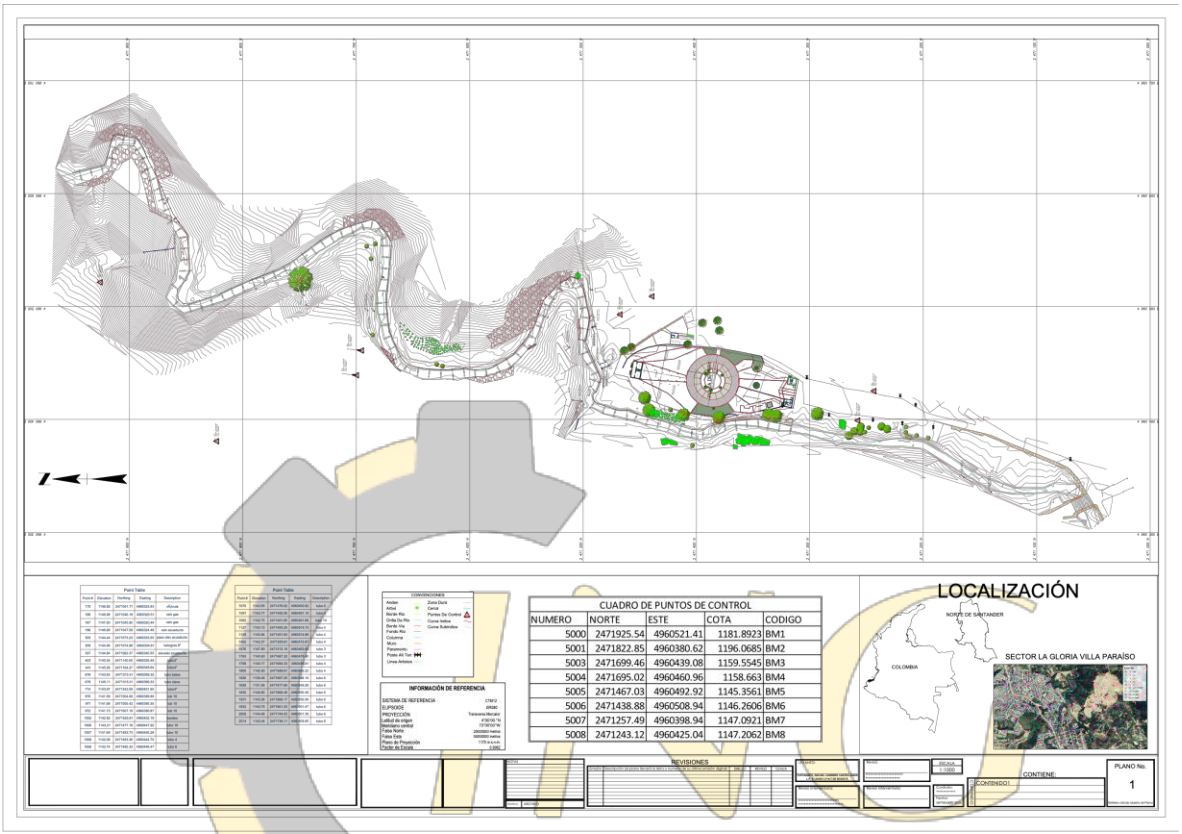


Tabla 41, Plano levantamiento topográfico

- Puntos de arranque y control: Se usaron los BM previamente georreferenciados (BM1 a BM8).
- Información levantada en campo:
  - Coordenadas Norte–Este y cotas de altitud de los puntos de interés.
  - Perfil longitudinal del cauce del río en el tramo La Gloria – Villa Paraíso.
  - Secciones transversales representativas para determinar la morfología del cauce.

- Formato de entrega:
  - Tablas de datos en hoja de cálculo (CSV).
  - Archivos digitales compatibles con CAD.
  - Planos topográficos con curvas de nivel y representación detallada del corredor fluvial.

2.2.4. RESULTADOS

- Se obtuvo un plano topográfico detallado del río Tejo en el tramo estudiado, con planimetría, secciones transversales y longitudinales precisas.
- La información generada representa de forma confiable la geomorfología del cauce y servirá de base para los estudios hidrológicos, hidráulicos y de alcantarillado.
- La precisión de los datos está garantizada por la georreferenciación previa y por el uso de equipos topográficos calibrados.

2.2.5. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico se realizó de manera satisfactoria, integrando la georreferenciación establecida previamente con los puntos BM1 a BM8.
- Los planos entregados constituyen una herramienta técnica fundamental para el desarrollo de proyectos hidráulicos y de infraestructura en el sector del río Tejo.
- La información levantada cumple con los estándares técnicos exigidos y garantiza confiabilidad para el diseño y ejecución de obras complementarias.

El documento técnico detallado, con el desarrollo metodológico y los detalles complementarios, se encuentra disponible en el anexo 1 de este informe para su consulta.

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

3. CAPITULO: INFORME GEOTÉCNICO PROYECTO CONTINUACIÓN INTERCEPTOR RIO TEJO OCAÑA

3.1. INTRODUCCIÓN

El presente informe resume los resultados principales del estudio geotécnico realizado para el proyecto de continuación del interceptor del Río Tejo, en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. El objetivo del estudio fue determinar las características físicas y mecánicas de los suelos y rocas presentes en el área de influencia, con el fin de establecer criterios de cimentación, estabilidad y comportamiento hidrogeológico que sirvan como base para el diseño de la obra.

3.2. METODOLOGÍA

La investigación se ejecutó en dos fases: campo y laboratorio. En campo se realizaron cuatro sondeos de exploración con profundidades entre 3 y 6 metros, ejecutando ensayos SPT cada metro, medición del nivel freático y recolección de muestras alteradas e inalteradas. En laboratorio se aplicaron ensayos de humedad natural, granulometría, límites de Atterberg, peso unitario y resistencia a la compresión simple.

Con esta información se elaboraron los perfiles estratigráficos, se procesaron los parámetros geotécnicos de los materiales y se evaluó la calidad del macizo rocoso mediante los índices RQD (Rock Quality Designation) y RMR (Rock Mass Rating).

3.3. ESTRATIGRAFÍA DEL SECTOR

El área presenta dos dominios principales:

- Sector 1 (PR 0+000 a PR 0+280): predominan depósitos aluviales no consolidados, conformados por arenas arcillosas, arenas limo-arcillosas y gravas, sobreyaciendo a la Formación Algodonal (areniscas y conglomerados).

- Sector 2 (PR 0+280 a PR 0+850): se caracteriza por la presencia de saprolito de arenas arcillosas, roca ígnea meteorizada y un macizo de cuarzo monzonita con RQD de 65%, lo que indica un material de calidad buena para cimentaciones profundas.

3.4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los materiales presentaron una gran variabilidad granulométrica y plástica. En la siguiente tabla se resumen los principales resultados de clasificación de suelos:

Estrato	Humedad (%)	LL (%)	IP (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	Clasificación (USCS)
Arena arcillosa (Sed.)	23.43	39.23	15.19	4.04	54.75	41.27	SC
Arena limo-arcillosa (Sed.)	33.12	31.51	6.30	27.67	56.94	15.39	SMd
Arcilla arenosa (Ígnea)	25.79	43.98	19.55	0.00	41.96	58.04	CL
Roca ígnea meteorizada	9.53	NL	NP	67.28	27.19	5.53	GW

Tabla 42, Resultados análisis de suelos

Los resultados evidencian suelos cohesivo-friccionantes con plasticidad media a baja, y presencia de gravas y arenas en algunos sectores.

Aspecto	Sector 1 (PR 0+000 – PR 0+280)	Sector 2 (PR 0+280 – PR 0+850)
Tipo de roca/suelo	Depósito aluvial no consolidado (Qal) hasta 4 m, con arenas arcillosas, arenas limo-arcillosas y gravas. Subyacente: Formación Algodonal (Tpa) – arenitas arcillosas y conglomerados.	Suelos residuales cohesivo-friccionantes (saprolitos). Macizo rocoso de cuarzo monzonita fracturada (poco meteorizada).
Sondeos	SD-1 (PR 0+010) y SD-2 (PR 0+114) a 6 m. Nivel freático a -3.90 m y -2.10 m.	SD-3 (PR 0+293) y SD-4 (PR 0+647) a 3 m. No se detectó nivel freático.
Ensayos de campo (SPT)	Golpes bajos en superficie (suelo blando), aumento progresivo con la profundidad. Soporte pobre a regular en aluviales, mejor en la Formación Algodonal.	Valores altos, algunos estratos no penetrables → macizo rocoso competente.
Ensayos de laboratorio	Clasificación USCS: SC (arenas arcillosas), SMd (arena limo-arcillosa), SC con gravas dispersas.	Clasificación USCS: CL (arcillas arenosas), SC (arenas arcillosas/limosas), GW (gravas bien gradadas). Resistencia roca ≈ 82.8 MPa. RQD 62–68% (buena calidad geomecánica).
Características geotécnicas	Compacidad baja a media en depósitos aluviales. Plasticidad baja a moderada. Competencia media a buena a >1.50 m.	Roca competente de alta resistencia. Poca meteorización (ISRM II). Buenas condiciones para cimentación directa.

Riesgos y observaciones	Suelo superficial de baja capacidad. Requiere drenaje y control de humedad. Bajo potencial de colapso y licuefacción.	Alta resistencia y estabilidad. No presenta problemas de licuefacción. RQD confirma buena calidad estructural.

Tabla 43, Cuadro Comparativo, Sector 1 vs Sector 2

Sondeo	Estrato	De x (m)	Df (m)	γh1 (g/cm³)	γh2 (g/cm³)	N SPT	Nc	Cohesión (kg/cm²)	Φ (°)	Módulo Es (kg/cm²)	Capacidad admisible (kg/cm²)
SD1 PR 0+010	Arena limo arcillosa	3.00	3.00	1.843	1.826	11.0	8.4	0.044	21.41	149.19	1.995
SD2 PR 0+114	Arena arcillosa	1.50	1.50	1.849	1.849	7.0	5.4	0.079	15.49	104.65	0.553

Tabla 44, Propiedades mecánicas básicas

Sondeo	Estrato	Df (m)	Carga axial (kN)	Gradiente hidráulico crítico	Balasto Ksv (kg/cm³)	Módulo Ed (kg/cm²)	Asentamiento (mm)
SD1 PR 0+010	Arena limo arcillosa	3.00	50	0.86	1.524	223.2	2.88
SD2 PR 0+114	Arena arcillosa	1.50	50	0.93	0.980	211.2	4.11

Tabla 45, Parámetros de carga y asentamiento

Profundidad (m)	Sondeo 1 Vs (m/s)	Sondeo 2 Vs (m/s)
0.50	234.04	137.81
1.00	200.62	184.01
2.00	227.10	200.13
3.00	213.89	243.30
4.00	323.77	297.76
5.00	365.44	313.71
6.00	388.94	352.31
Promedio	**279.11**	**247.00**

Tabla 46, Velocidad de onda de corte Vs

Profundidad (m)	Kv30 Sondeo 1 (kg/cm³)	Kh30 Sondeo 1 (kg/cm³)	Kv30 Sondeo 2 (kg/cm³)	Kh30 Sondeo 2 (kg/cm³)
0.50	1.980	1.320	0.424	0.283
1.00	1.265	0.843	0.984	0.656
2.00	1.814	1.209	0.837	0.558

3.00	1.023	0.682	1.533	1.022
4.00	4.878	3.252	3.250	2.166
5.00	7.237	4.825	4.643	3.095
6.00	8.676	5.784	6.507	4.338

Tabla 47, Módulos dinámicos Kv y Kh

Profundidad (m)	Ka Sondeo 1	Kp Sondeo 1	Ko Sondeo 1	Pa Sondeo 1 (kN/m)	Pp Sondeo 1 (kN/m)	Ka Sondeo 2	Kp Sondeo 2	Ko Sondeo 2	Pa Sondeo 2 (kN/m)	Pp Sondeo 2 (kN/m)
1.00	0.56	1.79	0.72	5.06	16.25	0.58	1.73	0.73	5.24	15.68
2.00	0.52	1.91	0.69	4.74	17.33	0.48	2.08	0.65	4.30	18.66
3.00	0.47	2.15	0.63	4.16	19.25	0.43	2.31	0.60	3.87	20.71
4.00	0.36	2.77	0.53	3.23	24.78	0.40	2.51	0.57	3.72	23.42
5.00	0.33	3.01	0.50	3.10	28.09	0.38	2.66	0.55	3.51	24.84
6.00	0.29	3.50	0.44	2.67	32.67	0.32	3.13	0.48	2.99	29.16

Tabla 48, Coeficientes de empuje y presiones

3.5. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Los valores obtenidos en campo y laboratorio permitieron establecer los siguientes parámetros:

- SPT corregido: entre 5 y 27 golpes, lo que refleja estratos blandos a medianamente compactos.
- Cohesión no drenada (Cu): 0.033 a 0.408 kg/cm².
- Ángulo de fricción (φ): 21.4° a 31.4°.
- Permeabilidad (K): desde 7.0×10^{-3} hasta 4.9×10^{-5} cm/s, indicando materiales con comportamiento de semipermeables a casi impermeables.
- Resistencia a compresión simple de roca: promedio de 82.82 MPa, lo cual indica un macizo competente.
- Peso unitario de roca: 2.288 gr/cm³.
- RQD (calidad de la roca): 62–65%, clasificado como “bueno”.
- RMR: 63, lo que sitúa al macizo en la categoría “regular a bueno”.

- Módulo de deformación (Em): aproximadamente 26 GPa.

3.6. CONCLUSIONES

- El terreno presenta una marcada heterogeneidad, con depósitos aluviales superficiales de baja capacidad portante y un macizo rocoso profundo competente.
- Los estratos aluviales requieren mejoramiento del suelo o cimentaciones profundas para garantizar estabilidad estructural.
- La roca ígnea (cuarzo monzonita) constituye un estrato confiable para cimentación, con resistencia adecuada y baja deformabilidad.
- La permeabilidad baja en los niveles más profundos es favorable para minimizar problemas de infiltración, aunque se recomienda aplicar impermeabilización complementaria en las estructuras proyectadas.
- No se evidenció riesgo significativo de licuefacción ni colapso en el sector evaluado.

El documento técnico detallado, con el desarrollo metodológico y los detalles complementarios, se encuentra disponible en el anexo 2 de este informe para su consulta.

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

4. CAPITULO: MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA RIO TEJO

4.1. INTRODUCCIÓN

El estudio hidrológico e hidráulico del Río Tejo se desarrolló con el fin de determinar cotas de inundación y evaluar los riesgos asociados a caudales máximos en el tramo comprendido entre el puente La Gloria y un kilómetro aguas abajo, en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. Para ello se aplicaron metodologías numéricas y de simulación apoyadas en modelos digitales de elevación, cartografía oficial y registros climáticos. Los resultados constituyen insumos clave para el diseño de obras de protección y la planeación territorial en zonas aledañas a la ronda hídrica.

4.2. HIDROLOGÍA

4.2.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca del Río Tejo presenta un área de 55.19 km², con perímetro de 60.5 km, longitud principal de 18.98 km y ancho promedio de 2.91 km. Se ubica en un relieve montañoso, con pendiente media de 22.17° (40.74%) y elevaciones entre 1138 y 2240 m.s.n.m. El canal principal tiene una pendiente del 2.22% y longitud de 16.7 km. La cuenca es alargada (Rc = 0.19, Re = 0.44), con textura de drenaje gruesa y baja frecuencia de corrientes (0.49/km²). El número de curva de escorrentía (CN) fue estimado en 61.9 en el cierre del área de estudio.

4.2.2. USO Y COBERTURA DEL SUELO

Se identificaron suelos tipo A (alta infiltración, arenas y gravas), tipo B (infiltración moderada), tipo C (infiltración baja) y tipo D (muy baja, arcillas plásticas). Las coberturas de suelo fueron clasificadas con base en la Resolución 865/2004 del MinAmbiente y los mapas oficiales de Colombia.

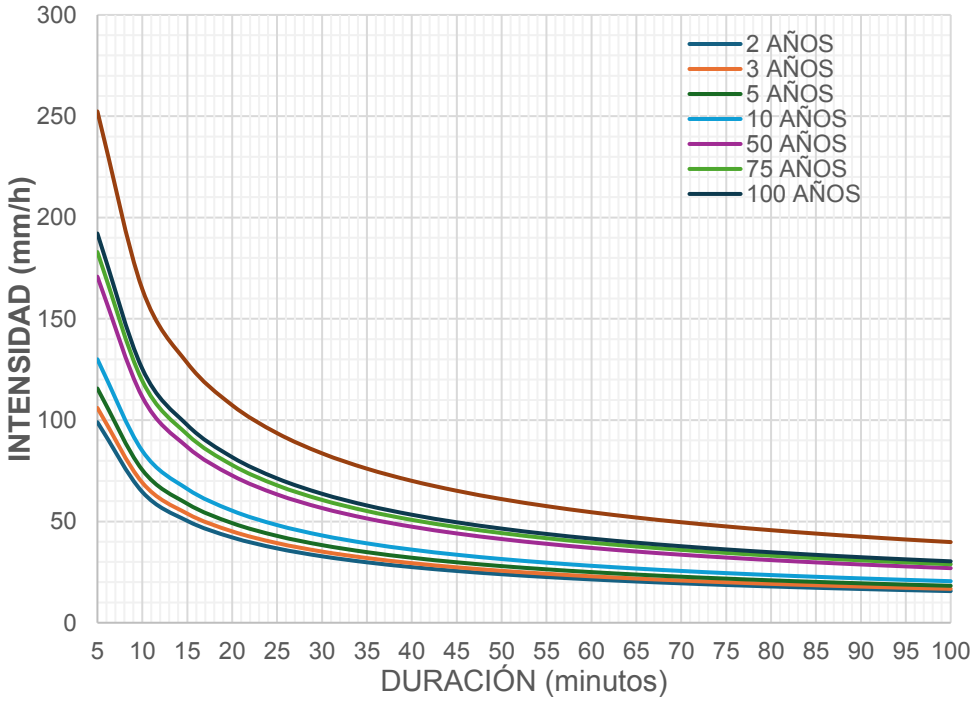
4.2.3. CLIMA Y PRECIPITACIÓN

El clima de Ocaña es bimodal, con picos de precipitación en mayo (277 mm) y octubre (255 mm), y mínimos en enero (20 mm). La temperatura varía entre 12°C y 29°C. El análisis pluviométrico consideró datos de estaciones IDEAM, priorizando Rio de Oro, Abrego Centro Admo y UFPSO, ajustadas con polígonos de Thiessen.

La precipitación promedio de la subcuenca fue de 60.89 mm en 24 horas, con desviación estándar de 19.85 mm.

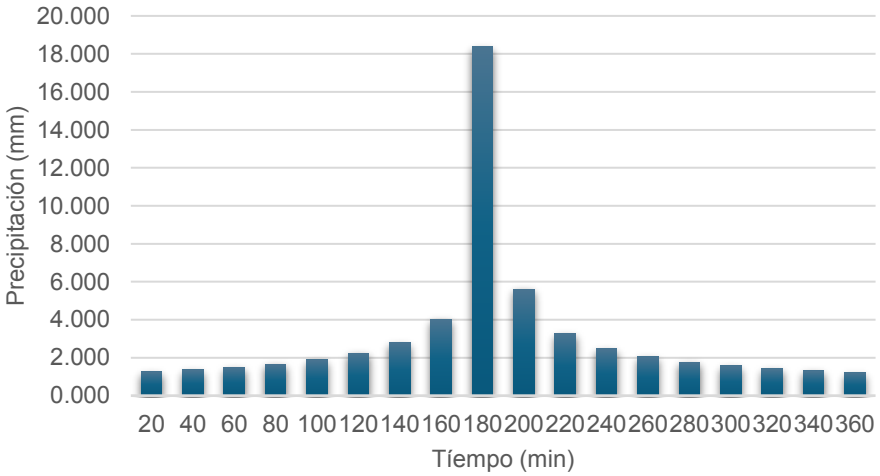
4.2.4. CURVAS IDF Y HIETOGRAMAS

Se generaron curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) mediante el método de Gumbel, que permitieron construir hietogramas sintéticos para periodos de retorno de 10, 50, 75 y 100 años. Estos hietogramas se utilizaron como insumo principal para la simulación hidrológica.

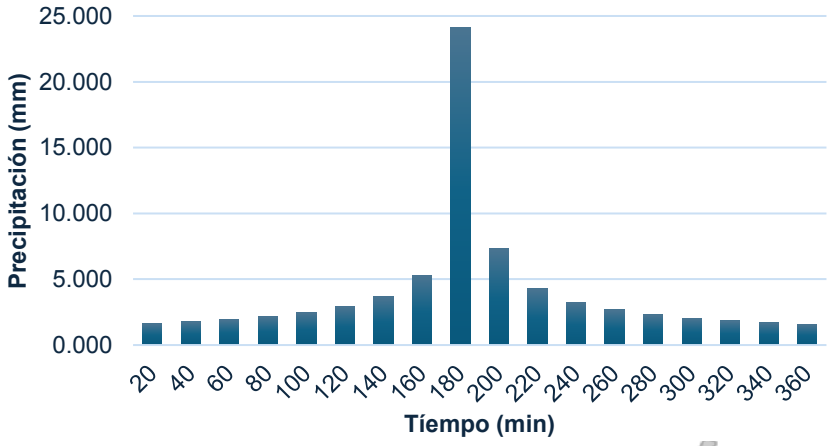


Grafica 1, Curva IDF Subcuenca Rio Tejo - Ocaña

CONCONSTRUCCION
INGENIERIA SAS

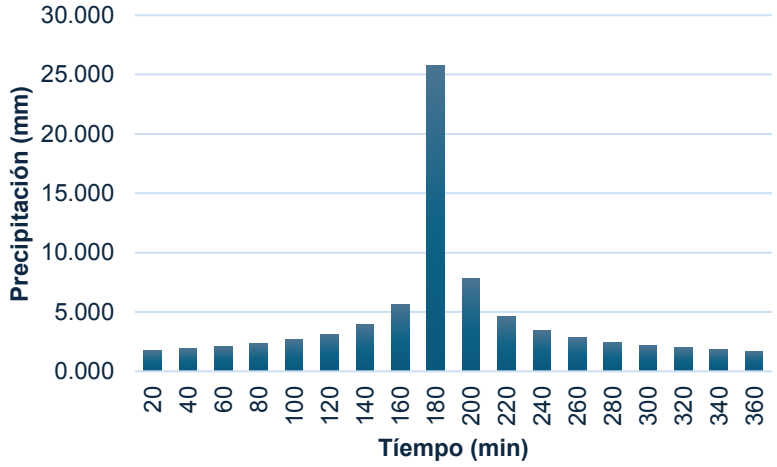


Grafica 2, Hietograma PR 10 años

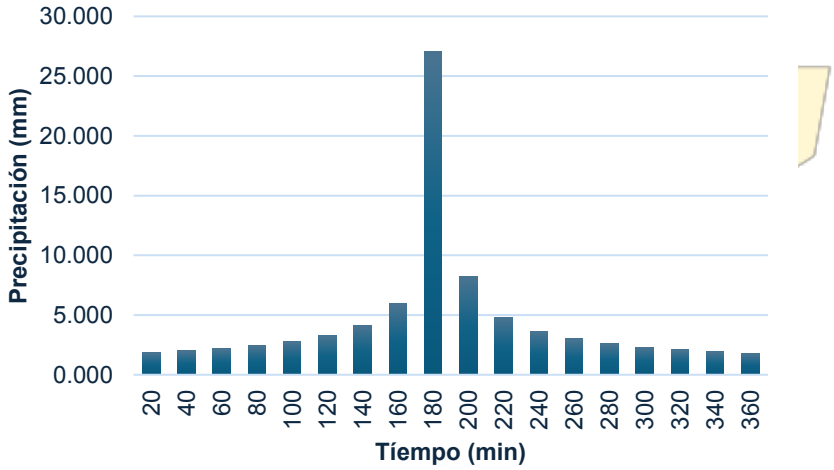


Grafica 3, Hietograma PR 50 años

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS



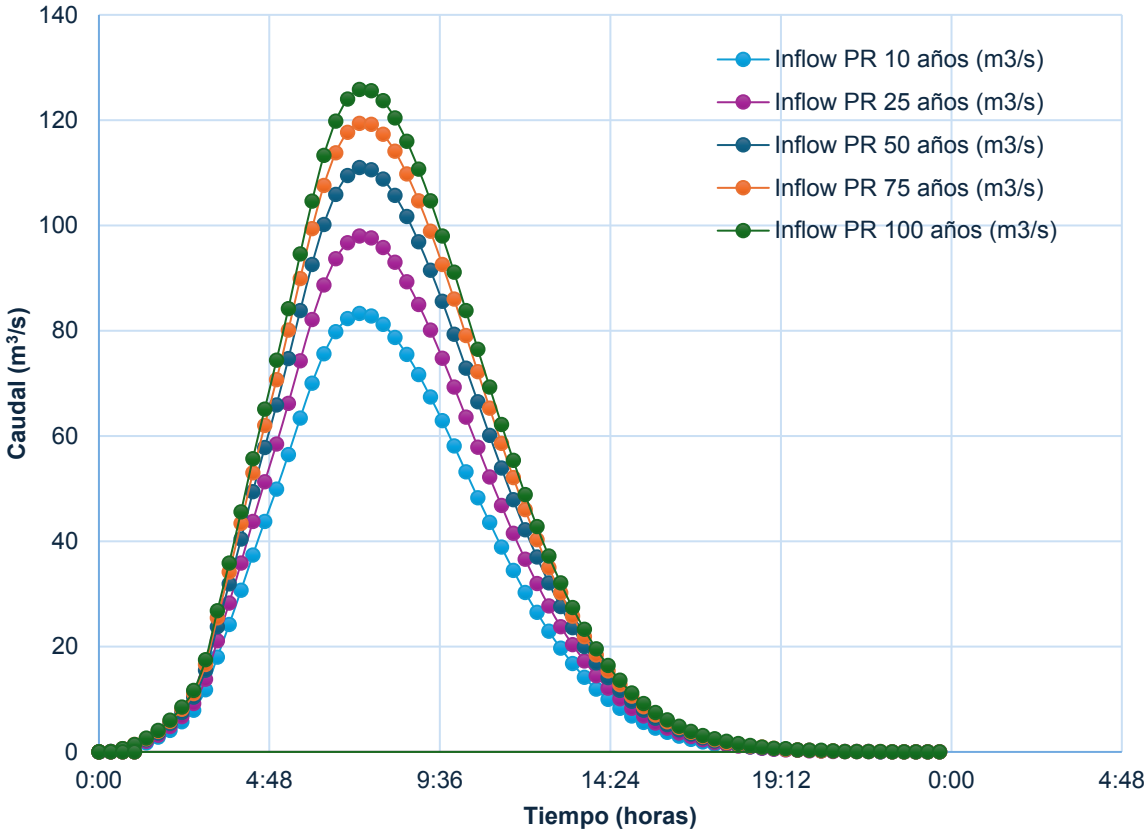
Grafica 4, Hietograma PR 75 años



Grafica 5,Hietograma PR 100 años

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

4.2.5. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS



Grafica 6, Hidrograma por Periodo de Retorno a Punto de Cierre

Aplicando el modelo HEC-HMS, se obtuvieron los siguientes caudales de diseño:

- **PR 10 años:** 101.6 m³/s
- **PR 50 años:** 135.1 m³/s
- **PR 75 años:** 145.3 m³/s
- **PR 100 años:** 153.0 m³/s

Los tiempos de concentración variaron entre **0.35 y 3.12 h** en las subcuencas, con tiempos de retraso equivalentes al 60% de estos valores.

4.3. HIDRÁULICA

4.3.1. RUGOSIDAD DEL CAUCE

La rugosidad se estimó con el método de Cowan y tablas de Chow y Arcement & Schneider, integrando factores de material de fondo, irregularidad, obstrucciones, vegetación y sinuosidad. El coeficiente final de Manning para la sección fue n = 0.06085, correspondiente a un cauce natural con gravas, vegetación media y sinuosidad apreciable.

4.3.2. PROPIEDADES HIDRÁULICAS DEL CANAL

El levantamiento topográfico permitió definir 10 secciones transversales. Para la sección Ko+050, frente al proyecto Doña Sofía, se calcularon propiedades hidráulicas como área mojada, perímetro mojado, radio hidráulico y tirante. Se evaluó el caudal mediante la ecuación de Manning, que se tomó como caudal base durante la época seca (febrero).

Parámetro	Valor	Unidad	Observación
Área Perfil Ubicación Vivienda		m²	Tomado de la batimetría
n (Manning)		-	Estimado
S (m/m)		%	Pendiente de la cuenca en el tramo de estudio
Perímetro Mojado (P)		m	Tomado de la batimetría
Espejo de Agua (T)		m	Tomado de la batimetría
Radio Hidráulico (R_H)		m	
Caudal (Q)		m³/seg	Ecuación de Manning $Q = \frac{A}{n} * {R_H}^{2/3} * S^{1/2}$

Tabla 49, Evaluación De Caudal Según La Expresión De Manning Para Área De Estudio - Cota Nivel De Agua Dia De Toma De Información

CONCONSTRUCCIÓN INGENIERIA SAS

4.3.3. AFORO CON MOLINETE

Se realizaron mediciones de velocidad en dos secciones del rio, bajo el abscisado definido por el topógrafo, con molinete. La pendiente longitudinal a cada sección se estimó con la topografía realizada al rio, con las cotas de lámina de agua y pendiente promedio desde el punto de inicio de la topografía (Puente La Gloria)

Esta información permite caracterizar el régimen de flujo en condiciones normales, sin influencia de eventos de lluvia, lo cual es fundamental para establecer

parámetros hidráulicos representativos del comportamiento del río en estado estable.

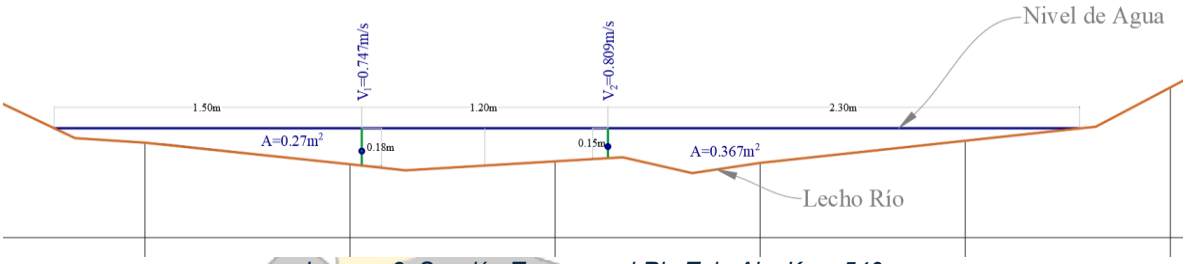


Imagen 3, Sección Transversal Rio Tejo Abs Ko + 540

Segmento	Area (m^2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m^3/s)	Perímetro Mojado (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente Lámina de agua (%)	Rugosidad (n)
1	0.27	0.747	0.202				
2	0.367	0.809	0.297				
Sección	**0.637**	**0.778**	**0.499**	**5.05**	**0.126**	**0.01054**	**0.0332**

Tabla 50, Rugosidad de Manning Rio Tejo Abs Ko + 540



Imagen 4, Lecturas Molinete Sección Transversal Rio Tejo Abs Ko + 245

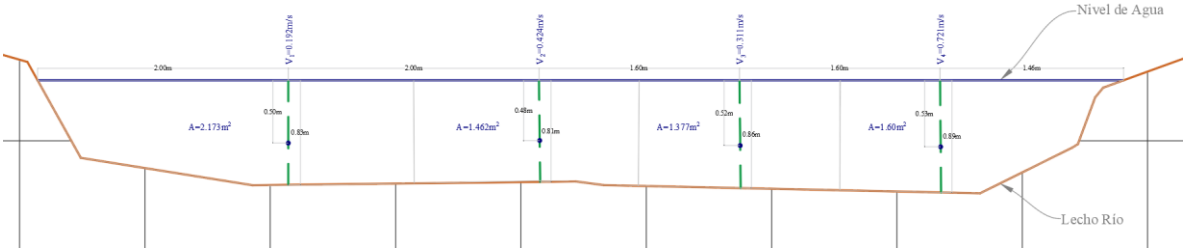


Imagen 5, Sección Transversal Rio Tejo Abs Ko + 245

Segmento	Area (m^2)	Velocidad (m/s)	Caudal (m^3/s)	Perímetro Mojado (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente Lámina de agua (%)	Rugosidad (n)
1	2.173	0.192	0.417				
2	1.462	0.424	0.620				
3	1.377	0.311	0.428				
4	1.6	0.721	1.154				
Sección	**6.612**	**0.412**	**2.619**	**9.446**	**0.700**	**0.00913**	**0.0578**

Tabla 51, Rugosidad de Manning Rio Tejo Abs Ko + 245

4.3.4. RUGOSIDAD

De acuerdo con los resultados de los diferentes métodos empleados, en la tabla se resumen las opciones

Descripción	Valor
Meyer-Peter y Muller (1948)	0.064
Simons y Senturk (1976)	0.024
Raudkin (1976)	0.022
Garde y Raju (1976)	0.019
Cowan	0.060
Aforo Molinete Ko + 245	0.0578
Aforo Molinete Ko + 540	0.0332
Promedio	**0.040**

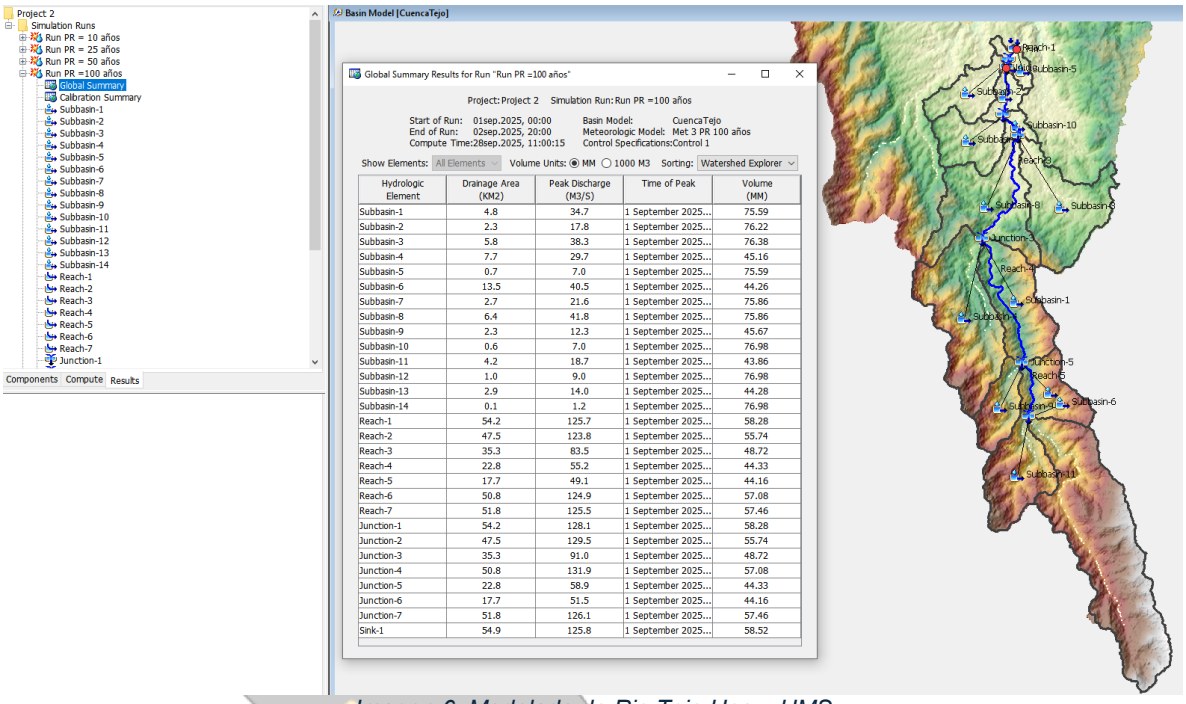
Tabla 52, Tabla resumen métodos de rugosidad

4.3.5. SIMULACIÓN HIDRÁULICA

La modelación se realizó con HEC-RAS, integrando los caudales de HEC-HMS para los periodos de retorno. Se simularon condiciones de flujo permanente y no

permanente, generando los tirantes máximos de lámina de agua y anchos superficiales.

Los resultados arrojaron tirantes de entre 2.8 y 3.4 m para el PR 100 años, con velocidades, números de Froude y elevaciones energéticas dentro de rangos típicos de cauces naturales de montaña.



Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subbasin-1	4.8	34.7	1 September 2025...	75.59
Subbasin-2	2.3	17.8	1 September 2025...	76.22
Subbasin-3	5.8	38.3	1 September 2025...	76.38
Subbasin-4	7.7	29.7	1 September 2025...	45.16
Subbasin-5	0.7	7.0	1 September 2025...	75.59
Subbasin-6	13.5	40.5	1 September 2025...	44.26
Subbasin-7	2.7	21.6	1 September 2025...	75.86
Subbasin-8	6.4	41.8	1 September 2025...	75.86
Subbasin-9	2.3	12.3	1 September 2025...	45.67
Subbasin-10	0.6	7.0	1 September 2025...	76.98
Subbasin-11	4.2	18.7	1 September 2025...	43.86
Subbasin-12	1.0	9.0	1 September 2025...	76.98
Subbasin-13	2.9	14.0	1 September 2025...	44.28
Subbasin-14	0.1	1.2	1 September 2025...	76.98
Reach-1	54.2	125.7	1 September 2025...	58.28
Reach-2	47.5	123.8	1 September 2025...	55.74
Reach-3	35.3	83.5	1 September 2025...	48.72
Reach-4	22.8	55.2	1 September 2025...	44.33
Reach-5	17.7	49.1	1 September 2025...	44.16
Reach-6	50.8	124.9	1 September 2025...	57.08
Reach-7	51.8	125.5	1 September 2025...	57.46
Junction-1	54.2	128.1	1 September 2025...	58.28
Junction-2	47.5	129.5	1 September 2025...	55.74
Junction-3	35.3	91.0	1 September 2025...	48.72
Junction-4	50.8	131.9	1 September 2025...	57.08
Junction-5	22.8	58.9	1 September 2025...	44.33
Junction-6	17.7	51.5	1 September 2025...	44.16
Junction-7	51.8	126.1	1 September 2025...	57.46
Sink-1	54.9	125.8	1 September 2025...	58.52

Imagen 6, Modelado de Rio Tejo Hec – HMS

Descripción	Unidad	Valor
Caudal PR 10	m^3/seg	83.3
Caudal PR 25	m^3/seg	98.0
Caudal PR 50	m^3/seg	111.0
Caudal PR 75	m^3/seg	119.4
Caudal PR 100	m^3/seg	125.8

Tabla 53, Cuales Máximos por Periodo de Retorno

CONCONSTRUCCIÓN INGENIERIA SAS

4.3.6. ALTURAS Y COTAS DE INUNDACIÓN

Se determinaron cotas críticas de inundación en varios perfiles transversales, las cuales muestran riesgos en zonas de meandro y en sectores con presencia de obstrucciones y material de demolición depositado en la ronda.

4.4. ANÁLISIS MULTITEMPORAL

El análisis comparativo con imágenes satelitales (2001–2022) evidencia modificaciones en la ronda hídrica debido a dragados, variaciones de tirante y urbanización. Se observa invasión de la ronda, disposición de residuos de construcción y vertimientos de aguas residuales, lo cual ha reducido la sección hidráulica del río.

En el puente de la carrera 33, se midió una altura de canal de 4.6 m (galibo de 3.8 m y tirante de 0.8 m). No se reportaron desbordamientos históricos en este punto, aunque el modelado indica que en un PR 100 años el nivel de agua se aproximaría al límite de seguridad.

4.5. SOCAVACIÓN

4.5.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

La socavación se entiende como el proceso de erosión del lecho de un cauce por efecto del flujo de agua, que puede presentarse de manera general, por contracción o local.

- **Socavación general:** responde a procesos geomorfológicos naturales que modifican la morfología del cauce en grandes extensiones y a largo plazo.
- **Socavación por contracción:** ocurre cuando se produce una reducción en la sección hidráulica del río, generando incremento de la velocidad y consecuente erosión del fondo.
- **Socavación local:** se presenta de forma puntual y abrupta en torno a estructuras hidráulicas o elementos naturales que interfieren con el flujo. Es un fenómeno crítico en el diseño de cimentaciones de puentes, estribos y pilas, ya que una subestimación puede comprometer la estabilidad estructural y una sobrestimación incrementa innecesariamente los costos constructivos.

El estudio adoptó como referencia metodológica los enfoques de la **Colorado State University (CSU)** y **Maza Álvarez**, seleccionados por su validez empírica y aplicación en contextos hidráulicos similares.

4.5.2. METODOLOGÍA APLICADA

El proceso metodológico comprendió tres fases:

Definición del tramo de estudio:

Se realizó un levantamiento topográfico detallado desde la abscisa 1365 hasta 0, correspondiente al sector comprendido entre el puente La Gloria y un kilómetro aguas abajo.

Modelación hidráulica:

Se aplicó el software HEC-RAS para simular los eventos de creciente asociados a periodos de retorno de 10, 25, 50, 75 y 100 años. El análisis permitió determinar las profundidades de flujo, velocidades y esfuerzos cortantes representativos para cada escenario hidrológico.

Aplicación de métodos empíricos:

Se emplearon las teorías de régimen desarrolladas por Kennedy (1895), Lindley (1919), Lacey (1930) y Blench (1939), que establecen relaciones entre caudal, pendiente, ancho y profundidad del flujo en equilibrio. Asimismo, se aplicaron los métodos de Maza Álvarez y Lischtvan–Lebediev, para estimar la profundidad de socavación (Hs) y su correspondencia con las condiciones hidráulicas del tramo.

Estos métodos se complementaron con la información granulométrica obtenida en campo y con los resultados del modelado hidráulico, garantizando coherencia entre las características físicas del cauce y las condiciones de flujo simuladas.

4.5.3. CASO DE ESTUDIO

El análisis se sustentó en los resultados de laboratorio de granulometría obtenidos en varias secciones del río (PR125 y PR250). Los materiales predominantes corresponden a suelos no cohesivos de grano medio y grueso, adecuados para la aplicación de métodos de socavación empírica.

Los resultados mostraron que **no se evidencian procesos severos de socavación ni sedimentación activa** en las secciones analizadas. Según los métodos de **Lacey**, **Blench**, **Maza Álvarez** y **Lischtvan–Lebediev**, las

profundidades estimadas de socavación no superan los niveles de diseño del cauce, manteniendo la estabilidad hidráulica del tramo evaluado.

El método de **Lischtvan–Lebediev** arrojó las mayores profundidades estimadas, siendo recomendado como referencia de diseño por su carácter conservador y sensibilidad en la detección de zonas vulnerables a erosión.

4.6. CONCLUSIONES

- La cuenca del Río Tejo presenta morfología alargada, pendientes pronunciadas y régimen bimodal de lluvias, condiciones que aumentan la vulnerabilidad frente a crecientes súbitas.
- Los caudales máximos estimados alcanzan 153 m³/s para un PR de 100 años, representando un riesgo potencial para las zonas urbanizadas cercanas a la ronda.
- El coeficiente de rugosidad de Manning n = 0.06085 refleja un cauce irregular con vegetación y obstrucciones, lo cual influye en la pérdida de capacidad hidráulica.
- Los tirantes máximos simulados entre 2.8 y 3.4 m confirman la necesidad de medidas de protección en sectores críticos, especialmente en meandros y zonas invadidas por urbanización.
- El análisis multitemporal demuestra la alteración progresiva del cauce por acciones antrópicas (descarga de aguas residuales, vertimiento de escombros, urbanización en ronda), lo cual incrementa la vulnerabilidad frente a eventos extremos.
- El estudio de socavación del río Tejo confirma la estabilidad hidráulica del cauce en el tramo analizado y la ausencia de riesgo significativo de erosión local bajo las condiciones actuales. Se recomienda mantener monitoreo periódico del cauce y aplicar medidas de control en caso de futuras variaciones de caudal o intervención estructural.

El documento técnico detallado, con el desarrollo metodológico y los detalles complementarios, se encuentra disponible en el anexo 3 de este informe para su consulta.

5. CAPITULO: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)

5.1. PMA

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Proyecto Tramo Faltante del Interceptor Río Tejo, en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, constituye un instrumento técnico y de gestión que tiene como finalidad prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales derivados de la ejecución de las obras asociadas a la construcción del tramo faltante del interceptor sanitario del río Tejo. Este proyecto se desarrolla en el marco del cumplimiento de las políticas ambientales nacionales y regionales, así como de los compromisos adquiridos en el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado (PMAA) y el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), orientados a mejorar la calidad del recurso hídrico y la sostenibilidad ambiental del municipio.

El PMA parte del diagnóstico físico, biótico y social del área de influencia directa e indirecta del proyecto, la cual se caracteriza por una topografía irregular, pendientes pronunciadas, suelos inestables y una localización dentro de la ronda hídrica del río Tejo, condiciones que determinan su susceptibilidad a fenómenos naturales como deslizamientos, erosión, inundaciones y avenidas torrenciales. El tramo de intervención comprende aproximadamente 820 metros lineales por la margen derecha del río Tejo, en un corredor encañonado que limita las alternativas técnicas para la ubicación del trazado.

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) formulado para el proyecto establece acciones orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los posibles impactos ambientales generados durante las fases de construcción, operación y cierre. Las principales medidas incluyen: control de emisiones atmosféricas y ruido, manejo de residuos sólidos y escombros, control de vertimientos, señalización de áreas de riesgo, compensación ambiental con especies nativas, y seguimiento a la calidad del agua del río Tejo. Asimismo, se contempla un plan de contingencia y atención de emergencias, un plan de seguridad y salud en el trabajo, y un programa de educación y sensibilización ambiental para los operarios y la comunidad aledaña. A continuación se mostrara unas imágenes donde se realizó un análisis de los aspectos e impactos ambientales con el fin de conocer las afectaciones significativas que se generen en este proyecto

PROCESO	ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	VALORACION					CALIFICACION	ESCALA
				C	P	E	M	D		
Actividades Preliminares	Información y divulgación	Expectativa comunitaria	Colaboración de la comunidad	+	0,9	0,8	0,1	0,3	1,404	MUY BAJA
			Conflictos con la comunidad	-	0,3	0,8	0,1	0,3	1,068	MUY BAJA
	Selección y contratación mano de obra	Expectativa comunitaria	Generación de empleo	+	1	1	0,1	0,1	1	MUY BAJA
	Localización, replanteo, trazado del eje del interceptor	Remoción de cobertura vegetal de corte pequeño	Perdida y cambios de la cobertura vegetal	-	0,6	1	0,2	0,1	1,14	MUY BAJA
		Alteración visual del paisaje	Cambios en el paisaje visual	-	0,8	1	0,5	0,1	3,1	BAJA
		Expectativa comunitaria	Conflictos con la comunidad	-	0,3	0,8	0,1	0,3	1,068	MUY BAJA
		Generación de Ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	0,3	1	0,3	0,2	1,23	MUY BAJA
	Cerramientos, señalización	Alteración visual del paisaje	Cambios en el paisaje visual	-	0,4	0,8	0,3	0,1	0,972	MUY BAJA
		Generación de Ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	0,3	1	0,3	0,1	0,93	MUY BAJA
		Remoción de cobertura vegetal de corte pequeño	Perdida y cambios de la cobertura vegetal	-	0,7	1	0,6	0,1	3,24	BAJA
		Alteración del hábitat de la fauna silvestre	Desplazamiento de poblaciones faunísticas	-	0,4	1	0,7	0,3	2,86	BAJA
	Tala, desmonte, descapote	Generación de residuos solidos y sobrantes	Contaminación del suelo	-	1	0,9	0,3	0,2	2,49	BAJA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,6	0,9	0,3	0,2	1,734	MUY BAJA
		Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,5	0,1	3,8	BAJA
		Generación de gases y material particulado	Cambios en la calidad del aire	-	0,6	1	0,4	0,1	1,98	MUY BAJA
		Retiro del suelo	Cambios en las propiedades del suelo	-	1	0,8	0,6	0,3	4,26	MEDIA
		Remoción de cobertura vegetal	Perdida y cambios de la cobertura vegetal	-	1	1	0,5	0,6	5,3	MEDIA
		Alteración visual del paisaje	Cambios en el paisaje visual	-	1	0,9	0,4	0,6	4,32	MEDIA
		Erradicación de especies Arbóreas	Perdida y cambios de la cobertura vegetal	-	1	0,9	0,7	1	7,41	ALTO
		Alteración del hábitat de la fauna silvestre	Desplazamiento de poblaciones faunísticas	-	0,8	1	0,6	0,5	4,86	MEDIA

NIT. 901.491.156-4
OCAÑA, NORTE DE SANTANDER
conconstruccioningenieria@gmail.com

PROCESO	ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	VALORACION					CALIFICACION	ESCALA
				C	P	E	M	D		
Actividades Preliminares	CIÓN S	Generación de residuos solidos	Contaminación del suelo	-	0,6	0,8	0,6	0,3	2,916	BAJA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,6	0,8	0,6	0,3	2,916	BAJA
	Instalación y ocupación del campamento	Instalación de estructuras temporales en el terreno	Alteración de suelo	-	1	1	0,4	0,1	3,1	BAJA
			Alteración a la cobertura vegetal	-	0,7	1	0,6	0,3	3,84	BAJA
		Alteración del hábitat de la fauna silvestre	Desplazamiento de poblaciones faunísticas	-	0,6	1	0,6	0,3	3,42	BAJA
		Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	0,5	1	0,5	0,1	2,05	BAJA
	Demoliciones	Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,5	0,1	3,8	BAJA
		Generación de residuos de cosntruccion y demolicion RCD	Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA
			Contaminación del suelo	-	0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA
		Alteración visual del paisaje	Cambios en el paisaje visual	-	1	0,8	0,6	0,1	3,66	BAJA
		Generación del material particulado	Cambios en la calidad del aire		1	1	0,4	0,1	3,1	BAJA
Actividades de Construcción	Excavación manual	Generación de Ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	0,4	1	0,2	0,1	0,86	MUY BAJA
		Remoción de Suelo	Perdida de suelo	-	1	0,6	0,6	0,6	4,32	MEDIA
		Generación de residuos de cosntruccion y demolicion RCD	Contaminación del suelo	-	0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA
	Excavación mecánica	Emisión de material particulado y gases	Cambios en la calidad del aire	-	0,9	1	0,7	0,1	4,71	MEDIA
		Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,7	0,2	5,5	MEDIA
			Desplazamiento de poblaciones faunísticas	-	0,6	1	0,7	0,1	3,24	BAJA
		Remoción de suelo	Cambios en las propiedades del suelo	-	1	0,6	0,6	0,6	4,32	MEDIA
		Arrastre de material al recurso hídrico	Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,8	0,8	0,7	0,4	4,336	MEDIA
		Generación de residuos solidos y de cosntruccion y demolicion RCD	Contaminación del suelo	-	0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA

PROCESO	ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	VALORACION					CALIFICACION	ESCALA
				C	P	E	M	D		
Actividades de Construcción	Excavación de material roca en concreto de expansión	Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,7	0,2	5,5	MEDIA
			Desplazamiento de poblaciones faunísticas	-	0,6	1	0,7	0,1	3,24	BAJA
		Generación de residuos solidos y de cosntruccion y demolicion RCD	Alteración y contaminación al recurso hídrico		0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA
			Contaminación del suelo	-	0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA
		Caída de material pétreo (roca) a la fuente hídrica	alteración del cauce y dinámica del rio	-	1	1	0,7	0,3	5,8	MEDIA
		Consumo de Recurso agua	Presión sobre recursos naturales	-	1	0,8	0,4	0,1	2,54	BAJA
		Generación de material particulado	Cambios en la calidad del aire	-	1	1	0,3	0,1	2,4	BAJA
		Alteración visual del paisaje	Cambios en el paisaje visual	-	1	1	0,4	0,1	3,1	BAJA
	Instalación del entibado metálico	Generación de residuos solidos	Contaminación del suelo	-	0,6	0,7	0,6	0,1	2,064	BAJA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,6	0,7	0,6	0,1	2,064	BAJA
		Ocupación temporal del suelo	Alteración física del suelo	-	0,4	1	0,4	0,1	1,42	MUY BAJA
		Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	0,8	1	0,4	0,1	2,54	BAJA
		Compactación del suelo	Cambios en las propiedades del suelo	-	0,8	1	0,5	0,1	3,1	BAJA
	Manejo de aguas por bombeo aguas en zanja	Extracción de aguas (zanja)	Alteración de la dinámica hídrica	-	1	1	0,5	0,1	3,8	BAJA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,7	1	0,8	0,6	5,72	MEDIA
		Generación de Ruido (Por bomba)	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,3	0,1	2,4	BAJA
		Consumo de energía (Por bomba)	Presión sobre recursos naturales	-	0,8	0,7	0,4	0,1	1,868	MUY BAJA

PROCESO	ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	VALORACION					CALIFICACION	ESCALA
				C	P	E	M	D		
Actividades de Construcción	Manejo de aguas en rio	Intervención temporal del cauce	Alteración de la dinámica natural del rio	-	0,6	0,8	0,6	0,2	2,616	BAJA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,7	1	0,4	0,6	3,76	BAJA
		Generación de Ruido (Por bomba y maquinaria)	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,4	0,1	3,1	BAJA
		Emisión de material particulado y gases	Cambios en la calidad del aire	-	1	1	0,4	0,1	3,1	BAJA
		Consumo de energía (Por bomba)	Presión sobre recursos naturales	-	0,8	1	0,3	0,1	1,98	MUY BAJA
		Generación de residuos solidos y de construccion y demolicion RCD	Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,5	1	0,4	0,1	1,7	MUY BAJA
			Alteración de la dinámica hídrica	-	0,9	0,8	0,6	0,1	3,324	BAJA
	Camas de apoyo y rellenos	Generación de Ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,5	0,1	3,8	BAJA
		Generación de material particulado	Cambios en la calidad del aire	-	1	0,9	0,5	0,1	3,45	BAJA
		Generación de residuos solidos y de construccion y demolicion RCD	Contaminación del suelo	-	0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,7	1	0,6	0,7	5,04	MEDIA
		Compactación del suelo	Alteración del suelo	-	1	1	0,6	0,1	4,5	MEDIA
		Alteración visual del paisaje	Cambios en el paisaje visual	-	0,8	1	0,4	0,1	2,54	BAJA
		Consumo de los recursos naturales	Presión sobre recursos naturales	-	1	0,8	0,6	0,2	3,96	BAJA
	Suministro e instalación de tubería	Mejora calidad de la fuente hídrica y de las comunidades aledañas	Minimizar los malos olores en la comunidad	+	1	0,9	0,6	1	6,78	ALTO
			Mejorar la calidad de la fuente hídrica en la zona del proyecto	+	0,9	0,9	0,6	1	6,402	ALTO
		Generación de residuos solidos y sobrantes	Contaminación del suelo	-	1	0,8	0,6	0,1	3,66	BAJA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	1	0,8	0,6	0,1	3,66	BAJA
		Emisión de material particulado y gases	Cambios en la calidad del aire	-	0,8	0,9	0,5	0,1	2,82	BAJA

CONCONSTRUCCION INGENIERIA S.A.S.

PROCESO	ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	VALORACION					CALIFICACION	ESCALA
				C	P	E	M	D		
Actividades de Construcción	Realización de Concretos	Consumo de Agua	Presión sobre recursos naturales	-	1	1	0,3	0,1	2,4	BAJA
		Emisión de material particulado y gases	Cambios en la calidad del aire	-	1	1	0,6	0,1	4,5	MEDIA
		Generación de residuos solidos y de construccion y demolicion RCD	Contaminación del suelo	-	1	1	0,5	0,2	4,1	MEDIA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	1	1	0,5	0,2	4,1	MEDIA
		Generación de Ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,4	0,1	3,1	BAJA
		Consumo de materiales de construcción	Presión sobre recursos naturales	-	1	1	0,5	0,1	3,8	BAJA
		Consumo de energía	Presión sobre recursos naturales	-	1	0,7	0,5	0,1	2,75	BAJA
	Filtros con geotextil	Consumo de recursos naturales	Presión sobre recursos naturales	-	1	0,8	0,5	0,1	3,1	BAJA
		Generación de residuos solidos y sobrantes	Contaminación del suelo	-	1	1	0,6	0,1	4,5	MEDIA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,4	1	0,4	0,1	1,42	MUY BAJA
	Gaviones incluye geotextil	Generaciones residuos solidos y sobrantes	Contaminación del suelo	-	0,8	1	0,6	0,1	3,66	MEDIA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,8	1	0,6	0,1	3,66	MEDIA
		Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,5	0,1	3,8	BAJA
		Generación de gases y material particulado	Cambios en la calidad del aire	-	1	1	0,5	0,1	3,8	BAJA
		Consumo de los recursos naturales (suelo)	Presión sobre recursos naturales	-	1	0,9	0,6	0,2	4,38	MEDIA
	Construcción de pozos de inspección en concreto reforzado	Generación de residuos solidos y de construccion y demolicion RCD	Contaminación del suelo	-	1	1	0,6	0,1	4,5	MEDIA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico		1	1	0,6	0,1	4,5	MEDIA
		Generación de Ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	0,8	1	0,4	0,1	2,54	BAJA
		Consumo de materiales de construcción	Presión sobre recursos naturales	-	1	0,5	0,7	0,3	3,35	BAJA
		Emisión de material particulado y gases	Cambios en la calidad del aire	-	1	1	0,3	0,1	2,4	BAJA

PROCESO	ACTIVIDADES	ASPECTOS AMBIENTALES	IMPACTOS AMBIENTALES	VALORACION					CALIFICACION	ESCALA
				C	P	E	M	D		
Actividades de Construcción	ÓN Construcción de muros de contención	Remoción de suelo	Alteración de suelo	-	1	1	0,5	0,1	3,8	BAJA
		Generación de residuos solidos y de construccion y demolicion RCD	Contaminación de suelo	-	1	1	0,6	0,1	4,5	MEDIA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	1	1	0,6	0,1	4,5	MEDIA
		Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,4	0,1	3,1	BAJA
		Generación de gases y material particulado	Cambios en la calidad del aire	-	0,8	1	0,5	0,1	3,1	BAJA
	Relleno y compactación del terreno	Emisión de material particulado y gases	Cambios en la calidad del aire	-	0,9	1	0,7	0,1	4,71	MEDIA
		Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	0,9	1	0,7	0,1	4,71	MEDIA
		Generación de residuos solidos y sobrantes	Contaminación del suelo	-	1	1	0,7	0,1	5,2	MEDIA
			Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,8	1	0,7	0,1	4,22	MEDIA
		Consumo de materiales de construcción	Presión sobre recursos naturales	-	0,7	1	0,4	0,1	2,26	BAJA
	Carga, transporte y disposición de material sobrante	Emisión de material particulado y gases	Cambios en la calidad del aire	-	0,9	1	0,7	0,1	4,71	MEDIA
		Remoción de cobertura vegetal de porte pequeño o basal	Perdida y cambios de la cobertura vegetal	-	0,7	1	0,4	0,1	2,26	BAJA
		Generación de ruido	Desplazamiento de poblaciones faunísticas	-	0,4	1	0,4	0,1	1,42	MUY BAJA
			Cambios en los niveles de ruido	-	1	1	0,7	0,1	5,2	MEDIA
Actividades complementarias	Limpieza	Generación de ruido	Cambios en los niveles de ruido	-	0,6	1	0,7	0,1	3,24	BAJA
		Generación de residuos solidos y sobrantes	Alteración y contaminación al recurso hídrico	-	0,8	1	0,6	0,1	3,66	BAJA
			Contaminación del suelo	-	0,8	1	0,6	0,1	3,66	BAJA
	Adecuación ambiental (siembra, revegetalizacion, compensación)	Compensación ambiental	Mejora de los servicios ecosistémicos	+	1	0,1	0,1	0,9	2,77	BAJA
		Siembra y revegetalizacion		+	1	0,1	0,1	0,9	2,77	BAJA

En la fase constructiva se prevé un manejo responsable del suelo y la cobertura vegetal, evitando la tala innecesaria de especies arbóreas y garantizando la compensación ambiental correspondiente, conforme a los lineamientos de la Resolución 000591 de 2024 y demás normativa aplicable. Para las especies que deban ser erradicadas o intervenidas se realiza un inventario forestal que es un documento técnico para establecer medidas de compensación ambiental en áreas priorizadas por la autoridad ambiental.

La ejecución del proyecto permitirá reducir en más del 70% las descargas directas de aguas residuales al río Tejo, mejorando la calidad del recurso hídrico, la salud pública y las condiciones paisajísticas de la zona urbana. Además, contribuirá a disminuir los riesgos sanitarios, los malos olores, la proliferación de vectores y la contaminación visual, fortaleciendo la sostenibilidad ambiental y la resiliencia urbana del municipio.

La implementación del interceptor también propiciará beneficios indirectos a nivel social y económico, como la mejora del entorno urbano, la valorización del suelo, la generación de empleo temporal durante la fase constructiva y el fortalecimiento de la infraestructura sanitaria, en cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) relacionados con el agua limpia, saneamiento y ciudades sostenibles.

Finalmente, el estudio recomienda incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) como componente transversal en todas las etapas del proyecto planeación, diseño, construcción y operación, en concordancia con la Ley 1523 de 2012, garantizando que las decisiones técnicas se orienten hacia la prevención y mitigación de amenazas naturales. Se enfatiza la importancia del acompañamiento permanente de CORPONOR y demás autoridades competentes durante la ejecución, a fin de asegurar el cumplimiento de las obligaciones ambientales y la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

En conclusión, el Proyecto Tramo Faltante del Interceptor Río Tejo es una obra técnica y ambientalmente viable, que responde a la urgente necesidad de sanear el sistema hídrico de Ocaña y reducir los impactos negativos sobre el río Tejo. Su ejecución representa un avance significativo hacia la consolidación de un sistema de alcantarillado eficiente, sostenible y en armonía con el entorno natural, contribuyendo al bienestar de la población y al equilibrio ecosistémico del municipio.

5.2. GESTIÓN SOCIAL

5.2.1. INTRODUCCIÓN

El Programa de Gestión Social (PGS) formulado dentro del Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Proyecto Tramo Faltante del Interceptor Río Tejo constituye un componente esencial orientado a garantizar la interacción armónica entre la ejecución de la obra y la comunidad del área de influencia directa e indirecta.

Su propósito principal es prevenir conflictos socioambientales, promover la participación ciudadana, mitigar impactos sociales negativos y fortalecer la aceptación del proyecto, asegurando que las actividades constructivas se desarrollen bajo los principios de responsabilidad social, transparencia y comunicación efectiva.

5.2.2. FUNDAMENTACIÓN Y ALCANCE

El programa reconoce que el éxito de la gestión ambiental depende, en gran medida, del manejo adecuado de las relaciones comunitarias y del cumplimiento de los derechos y deberes de las partes involucradas.

Por ello, el PGS se estructura en cuatro proyectos específicos, cada uno con objetivos, metas, indicadores, responsables y medidas de seguimiento definidas. Estos proyectos abarcan desde la atención a la comunidad hasta la contratación de mano de obra local, integrando las dimensiones ambiental, social y económica del proyecto.

5.2.3. COMPONENTES DEL PROGRAMA DE GESTIÓN SOCIAL

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS



5.2.3.1. PROYECTO 1: ATENCIÓN E INFORMACIÓN A LA COMUNIDAD

Este componente busca establecer canales efectivos de comunicación entre el contratista, la comunidad y las autoridades locales. Para tal fin, se instalará un Puesto de Información y Atención al Ciudadano (PIAC), que funcionará como punto de contacto para recibir, registrar y gestionar quejas, reclamos, inquietudes y sugerencias relacionadas con la ejecución del proyecto.

El profesional social será el responsable de garantizar una atención oportuna y respetuosa, basándose en los valores de cordialidad, respeto y claridad informativa. Esta estrategia contribuye a prevenir conflictos, reducir la desinformación y fortalecer la confianza de la comunidad hacia la obra.

5.2.3.2. PROYECTO 2: INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN

El objetivo de este proyecto es asegurar una comunicación permanente, transparente y oportuna sobre el desarrollo del proyecto.

Las acciones incluyen:

- Reuniones informativas con comunidades, juntas de acción comunal y autoridades locales en diferentes fases (inicio, avance, cierre y eventos especiales).
- Socialización del alcance técnico, medidas ambientales, cronograma de actividades y resultados obtenidos.
- Uso de medios de comunicación locales y materiales informativos (boletines, cartillas, afiches).
- Este proceso busca fortalecer la confianza institucional y promover la apropiación del proyecto por parte de la comunidad, garantizando que la información circule de manera veraz y accesible.

5.2.3.3. PROYECTO 3: MANEJO DE LA INFRAESTRUCTURA DE PREDIOS Y SERVICIOS PÚBLICOS

Este componente tiene como propósito prevenir conflictos derivados de afectaciones a viviendas, predios o redes de servicios públicos durante la ejecución de las obras.

Entre las principales acciones se destacan:

- Levantamiento de actas de vecindad, para registrar el estado físico de edificaciones e infraestructuras cercanas antes de iniciar los trabajos.
- Elaboración de actas de compromiso con propietarios o residentes de predios utilizados temporalmente como soporte logístico.
- Verificación y protección de redes de servicios públicos, para evitar daños y garantizar la continuidad de los mismos.
- Estas medidas proporcionan respaldo técnico y evidencia documental, fortaleciendo la transparencia y la confianza entre la comunidad, el contratista y la interventoría.

5.2.3.4. PROYECTO 4: CONTRATACIÓN DE MANO DE OBRA LOCAL

Este componente tiene como finalidad impulsar el desarrollo económico local mediante la priorización de la contratación de personal del área de influencia directa.

Las acciones principales son:

- Elaboración de una línea base socioeconómica para identificar la disponibilidad y perfiles de la mano de obra calificada y no calificada.

- Establecimiento de metas de contratación local, garantizando que al menos el 70% de los trabajadores provengan de la zona de influencia.
- Procesos de recepción y evaluación de hojas de vida, entrevistas y verificación de afiliación a seguridad social, salud y pensión, conforme a la normatividad laboral vigente.
- Con ello, se busca fortalecer la economía local, evitar la migración laboral externa y reducir tensiones sociales, consolidando una relación de beneficio mutuo entre la comunidad y el proyecto.

5.2.4. PRINCIPIOS TRANSVERSALES DEL PROGRAMA

El Programa de Gestión Social se fundamenta en los principios de:

- Participación comunitaria activa
- Transparencia y acceso a la información pública
- Responsabilidad social empresarial
- Respeto a los derechos humanos y laborales
- Coordinación institucional permanente

Todas las acciones se desarrollan en articulación con las autoridades locales, CORPONOR, la interventoría y la comunidad, asegurando la coherencia con las políticas ambientales y sociales vigentes.

5.2.5. SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN Y MONITOREO

El PGS establece un sistema de seguimiento mensual, basado en indicadores cuantitativos y cualitativos, que permite evaluar:

- El nivel de cumplimiento de metas sociales.
- La eficacia de los mecanismos de comunicación y atención comunitaria.
- La aceptación y percepción social del proyecto.
- Los resultados obtenidos se registrarán en informes de avance social y servirán de insumo para la toma de decisiones correctivas o preventivas.

5.2.6. CONCLUSIONES

El Programa de Gestión Social del PMA del Proyecto Tramo Faltante del Interceptor Río Tejo constituye una estrategia integral que articula la gestión ambiental con la gestión humana y comunitaria. Su implementación efectiva permitirá:

- Fortalecer las relaciones entre la comunidad y el proyecto.
- Garantizar la transparencia informativa y la participación ciudadana.

- Prevenir conflictos sociales y ambientales.
- Generar beneficios económicos y sociales sostenibles.

En conjunto, estas acciones contribuirán al éxito técnico, ambiental y social del proyecto, consolidando un modelo de gestión responsable, participativa y alineada con los principios de desarrollo sostenible y las políticas ambientales de Colombia.

5.3. PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO

5.3.1. INTRODUCCIÓN

El presente informe resume los aspectos más relevantes del *Análisis de Riesgo de Desastres* correspondiente al "Proyecto Tramo Faltante del Interceptor Río Tejo, desde la descarga actual en la Plaza de Ferias hasta 920 metros aguas abajo sobre el corredor del Río Tejo (655 metros de trazado del interceptor)", ubicado en la ciudad de Ocaña, departamento de Norte de Santander.

Este estudio tiene como propósito identificar, evaluar y comprender las amenazas y vulnerabilidades que podrían afectar tanto la ejecución como la operación de la obra, con el fin de anticipar los posibles impactos derivados de fenómenos naturales, socio-naturales o antrópicos no intencionales. Asimismo, busca proponer medidas de prevención, mitigación y adaptación que garanticen la seguridad de la comunidad, los trabajadores, la infraestructura y el entorno ambiental.

El análisis se desarrolla en cumplimiento de la Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la *Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres* y se establece la obligación de incorporar la gestión del riesgo en los procesos de planificación y desarrollo de proyectos públicos. Para su elaboración se empleó la metodología establecida por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), complementada con información del Plan de Ordenamiento Territorial de Ocaña (2023), estudios ambientales y registros históricos de eventos de desastres en la región.

5.3.2. OBJETIVOS DEL ANÁLISIS

El objetivo general del estudio consiste en realizar el análisis de riesgos de desastres del proyecto, con el fin de identificar, evaluar y comprender las amenazas y vulnerabilidades presentes en el área de influencia, y proponer medidas de reducción del riesgo y estrategias de preparación que fortalezcan la protección de la comunidad y los bienes públicos y privados.

Entre los objetivos específicos se destacan:

- Identificar y caracterizar las amenazas naturales y antrópicas que puedan afectar el desarrollo del proyecto.

- Evaluar los niveles de riesgo asociados a la ejecución y operación de la obra, considerando los posibles impactos directos e indirectos.
- Proponer medidas de prevención, mitigación y adaptación orientadas a la protección de la infraestructura y del entorno.
- Garantizar la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en la planificación y ejecución del proyecto, conforme a la normativa vigente.

5.3.3. ALCANCE

El análisis abarca la identificación, evaluación y valoración de amenazas y vulnerabilidades dentro del área de influencia directa e indirecta del proyecto. Considera tanto los riesgos naturales (inundaciones, movimientos en masa, avenidas torrenciales, vendavales, incendios forestales, sequías y sismos), como los riesgos tecnológicos derivados de las actividades constructivas (fugas, derrames, explosiones o incendios). Igualmente, se analiza el impacto potencial del cambio climático sobre la zona de intervención.

El estudio comprende la recopilación de información secundaria, visitas de campo y la aplicación de metodologías cuantitativas y cualitativas de valoración del riesgo, con el fin de formular medidas de intervención que reduzcan la exposición y aumenten la resiliencia del proyecto y de su entorno.

5.3.4. MARCO NORMATIVO

El análisis se fundamenta en un conjunto de disposiciones legales y técnicas que orientan la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Entre las normas más relevantes se incluyen la Constitución Política de 1991, que garantiza el derecho a un ambiente sano (artículos 79 y 80), y leyes como la Ley 9 de 1979 (Código Sanitario Nacional), Ley 99 de 1993 (creación del Ministerio de Ambiente y el SINA), Ley 388 de 1997 (ordenamiento territorial), Ley 1523 de 2012(Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres) y la Ley 1931 de 2018 (Gestión del riesgo climático).

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

De igual manera, el análisis adopta los lineamientos del CONPES 4010 de 2020, que actualiza la Política Nacional de Gestión del Riesgo 2018–2030, y el Decreto 2157 de 2017, que reglamenta la continuidad de operaciones de proyectos estratégicos frente a desastres. En conjunto, este marco normativo establece la obligación de integrar la gestión del riesgo en todas las fases de planificación, formulación y ejecución de proyectos de inversión pública.

5.3.5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto tiene como finalidad completar el sistema maestro de recolección y transporte de aguas residuales del municipio de Ocaña mediante la construcción del tramo faltante del interceptor sanitario del río Tejo. Con una longitud de 655 metros, esta infraestructura permitirá conectar la descarga existente en la Plaza de Ferias con un punto aguas abajo del mismo cauce, beneficiando aproximadamente al 70 % de las descargas domésticas de la ciudad.

La ejecución del proyecto aportará a la mejora de la calidad del recurso hídrico y al cumplimiento de las políticas de saneamiento básico, reduciendo riesgos sanitarios y ambientales. El área de intervención se ubica sobre la ronda hídrica del río Tejo, en la Comuna Seis, que abarca los barrios Las Ferias, Villa Sur y Los Cristales.

La obra se desarrollará en un periodo estimado de ocho meses y se estructura en tres fases: preliminar, constructiva y post-construcción. En la primera se contemplan actividades de tala, desmonte, cerramiento y adecuación del terreno; en la segunda, excavaciones, instalación de tuberías, obras de contención y rellenos; y finalmente, labores de limpieza, restauración ambiental y siembra compensatoria.

5.3.6. METODOLOGÍA APLICADA

El estudio adopta la metodología del Departamento Nacional de Planeación (DNP) para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en proyectos de inversión pública. Esta metodología permite identificar amenazas, analizar vulnerabilidades y evaluar el riesgo a través de matrices de probabilidad e impacto. Se consideran tres componentes principales: amenaza, vulnerabilidad (exposición, fragilidad y resiliencia) y riesgo resultante.

La información se obtuvo mediante revisión documental, análisis cartográfico, recorridos técnicos de campo y revisión de registros históricos de desastres. El proceso permitió clasificar los eventos de acuerdo con su frecuencia, severidad y potencial de daño, priorizando aquellos que representan mayor peligro para la infraestructura y las comunidades aledañas.

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

5.3.7. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AMENAZAS

El análisis identificó que el área de intervención presenta exposición a diversas amenazas naturales y antrópicas. Las inundaciones constituyen el principal riesgo, dado que el proyecto se localiza dentro de la ronda hídrica del río Tejo, un cauce con antecedentes de desbordamientos que han afectado sectores como Las Ferias y Villa Sur.

También se identifican riesgos moderados por avenidas torrenciales, debido a las lluvias intensas en la cuenca alta que pueden generar represamientos o erosión de las márgenes. En cuanto a movimientos en masa, el riesgo es bajo, aunque se asocia con intervenciones urbanísticas no planificadas.

La región presenta antecedentes de vendavales y incendios forestales de carácter estacional, mientras que la amenaza sísmica se considera intermedia, por la presencia de la Falla Bucaramanga–Santa Marta, activa en la zona. Asimismo, existen riesgos tecnológicos asociados al manejo de materiales peligrosos y al sistema de alcantarillado, como se evidenció en una explosión ocurrida en 2023 por acumulación de gases en el sector del río Tejo. Finalmente, el escenario de cambio climático proyecta un incremento de la temperatura media anual y mayor variabilidad en los regímenes de lluvia, lo que podría agravar las condiciones de inundabilidad y sequía.

AMENAZA	DESCRIPCIÓN	CRITERIO FRECUENCIA
Inundaciones	Limitada posibilidad de ocurrencia o que sucede en forma esporádica; una vez entre los 5 y los 20 años	Media
Movimientos en masa	Limitada posibilidad de ocurrencia o que sucede en forma esporádica; una vez entre los 5 y los 20 años	Media
Avenidas torrenciales	Se espera que ocurra pocas veces, una vez o menos en 20 años	Baja
Vendavales	Se espera que ocurra pocas veces, una vez o menos en 20 años	Baja
Incendios forestales	Limitada posibilidad de ocurrencia o que sucede en forma esporádica; una vez entre los 5 y los 20 años	Media
Sequias	Se espera que ocurra pocas veces, una vez o menos en 20 años	Baja
Sismos	Sucede frecuentemente, una vez entre 1 y 5 años	Alta

Amenazas tecnológicas	Se espera que ocurra pocas veces, una vez o menos en 20 años	Baja
Escenario cambio climático	Se espera que ocurra pocas veces, una vez o menos en 20 años	Baja

Tabla 54, Frecuencia de amenaza para el proyecto

AMENAZA	DESCRIPCIÓN	CRITERIO FRECUENCIA
Inundaciones	Puede afectar de manera moderada los elementos físicos, las actividades y las personas, sin que se generen muertes humanas	Media
Movimientos en masa	Puede afectar de manera moderada los elementos físicos, las actividades y las personas, sin que se generen muertes humanas	Media
Avenidas torrenciales	Puede afectar de manera moderada los elementos físicos, las actividades y las personas, sin que se generen muertes humanas	Media
Vendavales	Solamente se presentarían daños físicos leves	Baja
Incendios forestales	Puede afectar de manera moderada los elementos físicos, las actividades y las personas, sin que se generen muertes humanas	Media
Sequias	Solamente se presentarían daños físicos leves	Baja
Sismos	Solamente se presentarían daños físicos leves	Baja
Amenazas tecnológicas	Solamente se presentarían daños físicos leves	Baja
Escenario cambio climático	Solamente se presentarían daños físicos leves	Baja

Tabla 55, Potencial de daño de amenazas para el proyecto

		POTENCIAL DE DAÑO		
		Alta	Media	Baja
FRECUENCIA	Alta			**Sismos**
	Media		**Inundaciones** **Movimientos en masa** **Incendios forestales**	
	Baja		**Avenidas torrenciales**	**Vendavales** **Sequias** **Amenazas tecnológicas** **Escenario cambio climático**

Tabla 56, Relación de frecuencia y potencial de daño de amenazas para el proyectó

5.3.8. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad del proyecto es media a alta, debido principalmente a su localización en la ronda hídrica y a la exposición directa a fenómenos hidrometeorológicos. Se considera que el diseño y la programación deben adaptarse a las condiciones topográficas y climáticas del área, incluyendo materiales resistentes a la humedad y medidas de protección estructural.

En términos de resiliencia, se identificó la necesidad de fortalecer los mecanismos de aseguramiento y los planes de contingencia, a fin de garantizar la continuidad operativa en caso de desastres. La integración de estrategias de monitoreo y respuesta temprana también se considera esencial para reducir la vulnerabilidad general del proyecto.

5.3.9. EVALUACIÓN DEL RIESGO

La combinación de amenazas y vulnerabilidades arroja los siguientes niveles de riesgo:

- **Riesgo alto:** inundaciones, avenidas torrenciales y sismos.
- **Riesgo medio:** vendavales, incendios forestales y eventos tecnológicos.
- **Riesgo bajo:** movimientos en masa y sequías.

Esto indica que la gestión prioritaria debe centrarse en los fenómenos hidrometeorológicos y geológicos, con especial énfasis en la protección hidráulica del corredor del río Tejo y la estabilidad estructural de las obras.

5.3.10. MEDIDAS DE INTERVENCIÓN Y GESTIÓN

El informe recomienda incorporar un conjunto de medidas estructurales y no estructurales orientadas a la reducción del riesgo. Entre las principales se incluyen:

- Reforzar los diseños hidráulicos y estructurales de acuerdo con los mapas de amenaza.
- Implementar obras de protección como gaviones, muros de contención y filtros drenantes.
- Controlar la disposición de residuos y vertimientos en la zona de obra.
- Reforestar las áreas intervenidas y estabilizar los taludes.
- Elaborar e implementar un Plan de Emergencias y Contingencias (PEC) que contemple protocolos de evacuación, comunicación y atención a incidentes.
- Capacitar al personal técnico y a la comunidad aledaña en gestión del riesgo.
- Contratar pólizas de seguro que cubran daños por eventos naturales y tecnológicos.

5.3.11. CONCLUSIONES

El Proyecto “Tramo Faltante del Interceptor Río Tejo”, ubicado en el municipio de Ocaña (Norte de Santander), se desarrolla en un sector con susceptibilidad media frente a fenómenos naturales como inundaciones, avenidas torrenciales, sismos y movimientos en masa. Esta condición se debe principalmente a su localización dentro de la ronda hídrica del río Tejo y a las características topográficas del área de influencia.

Durante la ejecución del proyecto podrían presentarse alteraciones en las condiciones hidráulicas del cauce, incrementando temporalmente el nivel de riesgo

por aumento en la lámina de agua o variaciones en el coeficiente de Manning, especialmente en zonas con presencia de material rocoso o de gran tamaño.

El análisis de vulnerabilidad determinó que la infraestructura proyectada presenta una fragilidad media frente a dichos fenómenos naturales. No obstante, se estableció que su nivel de resiliencia puede incrementarse significativamente mediante la adopción de medidas preventivas, correctivas y de mitigación durante las fases de diseño, construcción y operación, orientadas al control y reducción de los riesgos asociados.

La ejecución del interceptor generará beneficios ambientales y sanitarios relevantes, al optimizar la recolección y conducción de las aguas residuales, disminuyendo los riesgos para la salud pública y la contaminación de los cuerpos hídricos. Sin embargo, la fase constructiva conlleva riesgos temporales que deberán ser gestionados de manera oportuna y técnica.

La evaluación de riesgo concluye que, aunque existen condiciones de amenaza moderada, los riesgos son aceptables y controlables mediante la implementación de medidas de manejo adecuadas. La ejecución del proyecto es técnica y ambientalmente viable, siempre que se cumplan las recomendaciones formuladas, entre ellas: realizar un monitoreo continuo del comportamiento del cauce, asegurar la estabilidad de los taludes intervenidos, minimizar los tiempos de exposición de los suelos desnudos, y garantizar la coordinación permanente con la autoridad ambiental durante todas las etapas del proceso constructivo.

Finalmente, se resalta la necesidad de incorporar la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) como eje transversal en todas las etapas del proyecto planificación, construcción, operación y cierre en concordancia con lo establecido en la Ley 1523 de 2012, garantizando así un desarrollo seguro, sostenible y ambientalmente responsable.

El documento técnico detallado, con el desarrollo metodológico y los detalles complementarios, se encuentra disponible en el anexo 4 de este informe para su consulta.

CONCONSTRUCCIÓN INGENIERÍA SAS

6. CAPITULO: DISEÑO HIDRAULICO

6.1. INTRODUCCIÓN

El presente documento sintetiza el Informe Hidráulico correspondiente al diseño del tramo faltante del Interceptor Río Tejo, infraestructura sanitaria fundamental para la conducción de las aguas residuales domésticas del municipio de Ocaña, en el departamento de Norte de Santander. Este proyecto se desarrolla conforme a los lineamientos establecidos en la Resolución 0330 de 2017, mediante la cual se adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), garantizando el cumplimiento de las condiciones técnicas exigidas en materia de caudales, pendientes, velocidades y capacidad hidráulica.

El objetivo principal del diseño es asegurar una conducción eficiente, continua y segura de las aguas residuales, bajo condiciones hidráulicas estables que eviten sedimentaciones, sobrepresiones o pérdidas de capacidad efectiva. De esta manera, la obra contribuye de forma directa al mejoramiento sanitario y ambiental del municipio, además de fortalecer la sostenibilidad estructural y operativa del sistema de alcantarillado a largo plazo.

6.2. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El interceptor sanitario proyectado se ubica en el municipio de Ocaña, comprendiendo el tramo entre el sector de la Plaza de Ferias y un punto aguas abajo hacia la zona de Llano de los Trigos, donde se construirá la futura Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). El sistema se localiza dentro de la cuenca del Río Tejo, cuerpo receptor principal de las descargas urbanas.

La obra consiste en un tramo de 655 metros de longitud, diseñado con tubería de PVC sanitario de diámetros variables según los caudales aportantes. Su función es recolectar y transportar las aguas residuales domésticas e industriales del casco urbano de Ocaña hacia la futura PTAR, eliminando los vertimientos directos al río y promoviendo el saneamiento integral de la cuenca.

La infraestructura beneficiará inicialmente a 124.286 habitantes, con una proyección de 158.253 habitantes en un horizonte de 25 años, según los criterios del RAS. En este contexto, el proyecto representa un componente esencial dentro del sistema maestro de interceptores del municipio, ya que asegura la continuidad hidráulica, la interconexión con el futuro emisario final y la consolidación del sistema sanitario regional.

6.3. PARÁMETROS DE DISEÑO

El dimensionamiento del sistema se basa en los parámetros establecidos por la Resolución 0330 de 2017. El caudal de diseño se determina a partir de la dotación de agua potable, el coeficiente de retorno (0,85) y la población proyectada. El caudal medio diario (QMD) representa el volumen promedio de aguas residuales generadas en un día típico, sumando los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

El caudal máximo horario (QMH) se calcula multiplicando el caudal medio por un factor de mayoración (F), el cual oscila entre 1,4 y 3,8, dependiendo del tamaño poblacional y las variaciones de consumo. Este parámetro permite garantizar la capacidad del sistema frente a los picos de descarga diarios.

El caudal de infiltración (Qinf) se determina en función de las características del suelo, nivel freático y estado de las tuberías; en ausencia de datos específicos, se adopta un valor entre 0,1 y 0,3 L/s·Ha, tal como lo indica la norma. Asimismo, se considera el caudal de conexiones erradas (Qe), que contempla aportes indebidos de agua pluvial al sistema sanitario y se incluye como margen de seguridad para mantener la estabilidad hidráulica.

6.4. ASPECTOS HIDRÁULICOS FUNDAMENTALES

El régimen de flujo del interceptor se analiza mediante el Número de Froude (Fr), el cual permite clasificar el comportamiento del flujo. En el diseño se garantiza que el sistema opere en régimen subcrítico (Fr < 0,9), condición estable y controlada que facilita el manejo hidráulico y evita fenómenos de erosión o saltos hidráulicos.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) adoptado para las tuberías de PVC es de 0,011, valor conservador que asegura un margen de seguridad y considera el envejecimiento del material. En cuanto a las velocidades de flujo, se cumplen los límites normativos: una velocidad mínima de 0,3 m/s para evitar sedimentación y una máxima de 5,0 m/spara prevenir abrasión o deterioro de las conducciones.

El diámetro interno de la tubería se mantiene en 1500 mm, asegurando la continuidad hidráulica con los tramos existentes y evitando pérdidas de energía o acumulaciones de sedimentos. Los cálculos de tirante hidráulico, área mojada, perímetro mojado, radio hidráulico y esfuerzo cortante se realizan conforme a las ecuaciones del RAS, verificando que el esfuerzo mínimo en las paredes de la tubería sea de 1,0 Pa, valor que garantiza la autolimpieza del sistema.

6.5. ANÁLISIS HIDRÁULICO Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONEXIÓN

El sistema presenta un comportamiento hidráulico subcrítico, lo que asegura un flujo estable y controlado a lo largo de toda la conducción. Las pérdidas de energía en

las estructuras de conexión se evaluaron según el Título D, numeral 7.3.5 del RAS, empleando los coeficientes de pérdida por curvatura recomendados para este tipo de flujo.

Las cámaras de inspección fueron diseñadas siguiendo la Norma NS-029 del Acueducto de Bogotá y las disposiciones del RAS, con el fin de permitir un mantenimiento adecuado y la continuidad del flujo. En su interior se incorporan cañuelas semicirculares, que dirigen el flujo y reducen las pérdidas de energía. El diámetro de estas cañuelas es igual al de las tuberías conectadas (1500 mm), evitando contracciones o expansiones que puedan generar turbulencias.

Estructuralmente, tanto las cámaras como la tubería se construirán en concreto reforzado, con un recubrimiento de 15 cm en los laterales, 20 cm en la base y 15 cm en la parte superior. Esta protección previene la afectación del material por radiación ultravioleta y mejora la durabilidad frente a las condiciones topográficas y ambientales del entorno.

6.6. CHEQUEO HIDRÁULICO DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

Se realizó un chequeo hidráulico de la conducción de aguas lluvias existente, conformada por una tubería de 1000 mm de diámetro en concreto, con una pendiente del 1%. Esta conducción presenta adecuadas condiciones hidráulicas, sin embargo, debido a la interferencia generada con el trazado del interceptor Río Tejo, es necesario garantizar que ambos sistemas puedan operar de forma independiente y sin afectaciones recíprocas.

nputs

Diámetro de la tubería, d_0	1	m	X
Rugosidad según Manning, n	0.015		X
Pendiente hidráulica (o quizás ? de la tubería), S_0	1	% rise/run	X
Relación de calados, y/d_0	93	%	X

Resultados:

Calado de la lámina de agua, y	0.9300	m	X
Sección mojada, a	0.7612	m^2	X
Sección llena, a_0	0.7854	m^2	X
Relación de secciones, a/a_0	0.9692	fracción	X
Perímetro mojado, P_w	2.6061	m	X
Radio hidráulico, R_h	0.2921	m	X
Ancho de lámina libre, T	0.5103	m	X
Velocidad, v	2.9349	m/s	X
Energía cinética, hv	0.4392	mca	X
Número de Froude, F	0.77		X
Tensión tangencial promedio (fuerza de tracción), tau	28.6432	N/m^2	X
Caudal, q (See notes)	2.2341	m^3/s	X
Caudal lleno, Q_0	2.0779	m^3/s	X
Relación de caudales, Q/Q_0	1.0752	fracción	X

Imagen 7, Chequeo Hidráulico Pluvial

Con el fin de mejorar las condiciones de cruce y descarga hacia el río, se propone la instalación de una batería de tres (3) tuberías de 27” en PVC, las cuales permiten ejecutar el cruce por debajo del interceptor y mantener la capacidad hidráulica del sistema pluvial, optimizando a su vez la condición de salida y la compatibilidad estructural e hidráulica entre ambos sistemas.

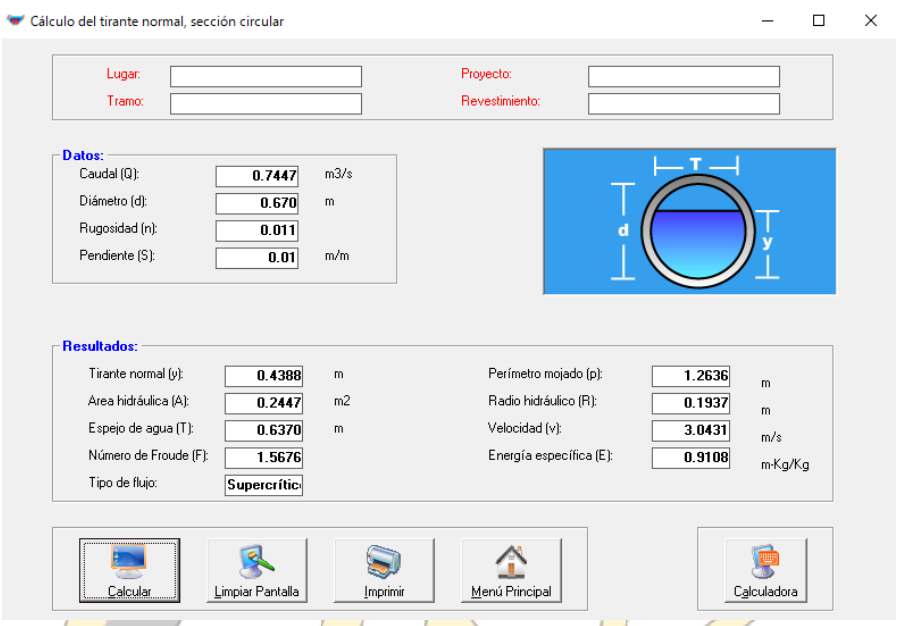


Imagen 8. Chequeo Hidráulico Pluvial

Esta solución garantiza la operatividad conjunta de la red de aguas lluvias y del interceptor sanitario, asegurando la durabilidad y eficiencia de las obras proyectadas. A continuación, se presenta el chequeo hidráulico correspondiente al análisis comparativo entre la conducción existente y la alternativa propuesta.

6.7. CONSIDERACIONES SOBRE LAS CONEXIONES Y DESCARGAS EXISTENTES

Se identificaron algunas conexiones domiciliarias existentes sobre el trazado del interceptor, las cuales deberán ser reconectadas a las cámaras de inspección mediante manijas de 8” y 10”, según corresponda. Estas actividades se encuentran contempladas en el presupuesto y serán ejecutadas por el constructor, previa aprobación y supervisión del interventor, garantizando el correcto replanteo, la continuidad hidráulica y el cumplimiento de las especificaciones del RAS 2000 y la NS-029 del Acueducto de Bogotá.

En ningún caso se permitirá la instalación directa e individual de redes secundarias o domiciliarias sobre el trazado del interceptor. Todas las conexiones que se requieran deberán realizarse a través de pozos o cámaras de inspección, construidos dentro de las manijas o derivaciones proyectadas para tal fin, garantizando la adecuada operación, mantenimiento y control hidráulico del sistema.

Durante el recorrido del trazado se identificaron descargas de carácter residual industrial, principalmente provenientes del matadero municipal. Estas no podrán ser conectadas directamente al colector sanitario, hasta tanto no se implementen las medidas de tratamiento previo que aseguren el cumplimiento de los parámetros establecidos por la autoridad ambiental competente. En este sentido, el municipio y la empresa de servicios públicos de Ocaña deberán coordinar las acciones necesarias para el manejo y control de dichas descargas.

De igual manera, se identificaron descargas asociadas a establos ubicados en el área de influencia del proyecto. Estas deberán ser evaluadas por la autoridad ambiental, el municipio y la empresa de servicios públicos, con el fin de determinar si pueden conectarse al sistema sanitario o si requieren de un tratamiento especial previo a su disposición.

6.8. CUADRO HIDRÁULICO

Pozo i	Pozo f	PK	Dp	Cambio de direccion	Long	Q dis (L/s)	S diseño	Diametro (Pulg)			Qo (L/s)	Vo (m/s)	Q/Qo	0.1x Q/Qo	Q/Qo
								nom(")	int.(m)	Ext.(m)					
[1]	[1]	0			[2]	[3]	[4]	[7]	[8]		[9]	[10]			[11]
pz interc	1	0.00	1.80	6.65	0.00	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
1	2	56.33	1.80	6.65	56.33	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
2	3	97.51	3.00	27.79	41.18	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
3	4	162.88	3.00	34.58	65.37	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
4	5	188.99	1.80	0.87	26.11	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
5	6	208.65	3.00	31.03	19.66	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
6	7	270.62	3.00	20.91	61.97	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
7	8	286.13	3.00	59.24	15.51	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
8	9	299.47	3.10	38.52	13.34	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
9	10	320.87	3.10	14.68	21.40	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
10	11	342.60	3.10	17.28	21.73	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
11	12	366.60	3.00	29.77	24.00	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
12	13	400.06	3.00	29.92	33.46	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
13	14	423.64	3.10	11.51	23.58	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
14	15	455.94	3.00	31.17	32.30	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
15	16	485.16	3.00	33.27	29.22	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
16	17	507.45	3.10	26.34	22.29	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
17	18	554.85	3.10	23.35	47.40	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
18	19	571.58	3.10	19.22	16.73	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
19	20	581.04	3.10	16.66	9.46	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
20	21	595.17	3.10	41.34	14.13	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
21	22	632.15	3.00	32.05	36.98	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
22	23	699.09	3.10	19.77	66.94	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
23	24	735.38	3.10	42.25	36.29	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
24	25	746.12	3.00	35.77	10.74	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21
25	26	825.81	3.10	13.52	79.69	974.17	0.30%	60	1.5	1.566	4580.36	2.59	0.21	0.02	0.21

INGENIERIA SAS

Tabla 57, Cuadro Hidráulico

Pozo i	Pozo f	V/Vo	d/D	R/Ro	H/D	V	V^2/2g (m)	RH (m)	τ (N/m2)	d (m)	E (m)	H (m)	NF
[1]	[1]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]	[22]	[23]
pz interc	1	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
1	2	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
2	3	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
3	4	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
4	5	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
5	6	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
6	7	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
7	8	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
8	9	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
9	10	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
10	11	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
11	12	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
12	13	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
13	14	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
14	15	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
15	16	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
16	17	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
17	18	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
18	19	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
19	20	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
20	21	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
21	22	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
22	23	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
23	24	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
24	25	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88
25	26	0.664	0.353	0.780	0.258	1.721	0.151	0.293	8.6	0.530	0.680	0.39	0.88

Tabla 58, Cuadro Hidráulico

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

Pozo i	Pozo f	Pérdidas energia (m)				h tot.	h Asum Real
		h tran.	Rc/D	Rc	h curv.		
[1]	[1]	[24]	[25]		[26]1	[27]2	
pz interc	1	0.000	10.33	15.49	0.01	0.04	0.04
1	2	0.000	10.33	15.50	0.01	0.03	0.03
2	3	0.000	4.04	6.06	0.01	0.05	0.05
3	4	0.000	3.21	4.82	0.01	0.05	0.05
4	5	0.000	78.90	118.35	0.01	0.05	0.05
5	6	0.000	3.60	5.40	0.01	0.05	0.05
6	7	0.000	5.42	8.13	0.01	0.05	0.05
7	8	0.000	1.76	2.64	0.03	0.05	0.05
8	9	0.000	2.96	4.44	0.03	0.05	0.05
9	10	0.000	8.02	12.03	0.01	0.05	0.05
10	11	0.000	6.80	10.20	0.01	0.05	0.05
11	12	0.000	3.76	5.64	0.01	0.05	0.05
12	13	0.000	3.74	5.61	0.01	0.05	0.05
13	14	0.000	10.25	15.38	0.01	0.05	0.05
14	15	0.000	3.59	5.38	0.01	0.05	0.05
15	16	0.000	3.35	5.02	0.01	0.05	0.05
16	17	0.000	4.42	6.62	0.01	0.05	0.05
17	18	0.000	5.00	7.50	0.01	0.05	0.05
18	19	0.000	6.10	9.15	0.01	0.05	0.05
19	20	0.000	7.06	10.59	0.01	0.05	0.05
20	21	0.000	2.74	4.11	0.03	0.05	0.05
21	22	0.000	3.48	5.22	0.01	0.05	0.05
22	23	0.000	5.93	8.90	0.01	0.05	0.05
23	24	0.000	2.67	4.01	0.03	0.05	0.05
24	25	0.000	3.10	4.65	0.01	0.05	0.05
25	26	0.000	8.72	13.08	0.01	0.05	0.05

Tabla 59, Cuadro Hidráulico Pedidas de energía

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

Pozo i	Pozo f	Cota rasante		Cota batea		Cota lámina		Cota energía		Prof. A clave	
		De	A	De	A	De	A	De	A	De	A
[1]	[1]	[28]	[29]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]	[37]	[38]	[39]
pz interc	1	1149.47	1146.65	1144.119	1143.730	1144.65	1144.65	1144.80	1144.80	3.82	1.39
1	2	1146.65	1146.310	1143.690	1143.520	1144.22	1144.05	1144.37	1144.20	1.43	1.26
2	3	1146.310	1143.705	1143.490	1143.375	1144.02	1143.90	1144.15	1144.03	1.29	-1.20
3	4	1143.705	1142.967	1143.325	1143.138	1143.85	1143.66	1143.98	1143.79	-1.15	-1.70
4	5	1142.967	1144.038	1143.088	1143.015	1143.62	1143.54	1143.74	1143.66	-1.65	-0.51
5	6	1144.038	1143.711	1142.965	1142.915	1143.49	1143.44	1143.61	1143.55	-0.46	-0.74
6	7	1143.711	1144.433	1142.865	1142.689	1143.39	1143.21	1143.50	1143.32	-0.69	0.21
7	8	1144.433	1143.264	1142.639	1142.601	1143.17	1143.12	1143.27	1143.22	0.26	-0.87
8	9	1143.264	1144.085	1142.551	1142.520	1143.08	1143.04	1143.17	1143.14	-0.82	0.03
9	10	1144.085	1144.287	1142.470	1142.415	1143.00	1142.94	1143.09	1143.02	0.08	0.34
10	11	1144.287	1144.685	1142.365	1142.309	1142.89	1142.83	1142.97	1142.91	0.39	0.84
11	12	1144.685	1142.514	1142.259	1142.196	1142.79	1142.72	1142.86	1142.79	0.89	-1.22
12	13	1142.514	1143.034	1142.146	1142.055	1142.68	1142.58	1142.74	1142.64	-1.17	-0.55
13	14	1143.034	1143.899	1142.005	1141.944	1142.53	1142.47	1142.59	1142.52	-0.50	0.42
14	15	1143.899	1143.255	1141.894	1141.806	1142.42	1142.33	1142.47	1142.38	0.47	-0.08
15	16	1143.255	1141.835	1141.756	1141.677	1142.29	1142.20	1142.33	1142.24	-0.03	-1.38
16	17	1141.835	1142.032	1141.627	1141.570	1142.16	1142.09	1142.19	1142.13	-1.33	-1.07
17	18	1142.032	1142.625	1141.520	1141.387	1142.05	1141.91	1142.08	1141.94	-1.02	-0.29
18	19	1142.625	1142.577	1141.337	1141.296	1141.87	1141.82	1141.89	1141.84	-0.24	-0.25
19	20	1142.577	1142.676	1141.246	1141.227	1141.78	1141.75	1141.79	1141.76	-0.20	-0.08
20	21	1142.676	1143.315	1141.177	1141.144	1141.71	1141.67	1141.71	1141.67	-0.03	0.64
21	22	1143.315	1141.665	1141.094	1140.992	1141.62	1141.51	1141.62	1141.51	0.69	-0.86
22	23	1141.665	1142.368	1140.942	1140.750	1141.47	1141.27	1141.46	1141.26	-0.81	0.08
23	24	1142.368	1141.849	1140.700	1140.601	1141.23	1141.12	1141.21	1141.11	0.13	-0.28
24	25	1141.849	1141.888	1140.551	1140.527	1141.08	1141.05	1141.06	1141.03	-0.23	-0.17
25	26	1141.888	1141.374	1140.477	1140.248	1141.01	1140.77	1140.98	1140.74	-0.12	-0.41

Tabla 60, Cuadro hidráulico

6.9. CONCLUSIONES

El diseño del Interceptor Río Tejo cumple con todos los requisitos técnicos y normativos establecidos por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Resolución 0330 de 2017. Las condiciones hidráulicas de régimen subcrítico garantizan un flujo estable, eficiente y controlado, evitando riesgos de sedimentación o erosión.

Asimismo, la elección de materiales, el dimensionamiento de la tubería y las pendientes adoptadas aseguran la durabilidad y funcionalidad del sistema a largo plazo. Este proyecto, al completar la conducción principal de aguas residuales hacia la futura PTAR, representa un avance significativo para el saneamiento ambiental y la mejora de la infraestructura sanitaria del municipio de Ocaña.

El documento técnico detallado, con el desarrollo metodológico y los detalles complementarios, se encuentra disponible en el anexo 5 de este informe para su consulta.

7. CAPITULO: DISEÑO ESTRUCTURAL

El presente informe técnico, elaborado por el ingeniero estructural Alejandro Enrique Hoyos Castro (MP 22202-365437 COR), expone el diseño estructural de las obras de protección y contención asociadas al colector de alcantarillado sanitario del Río Tejo, en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, con fecha de octubre de 2025. El documento constituye una memoria de cálculo estructural completa, conforme a las normas establecidas en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y las recomendaciones de la normativa ACI, empleando el software Cype para el modelado y análisis de los elementos estructurales.

7.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto fue solicitado por William Beleño Ballesteros y corresponde a la continuación del colector de alcantarillado sanitario entre la descarga existente en la Plaza de Ferias y el sector aguas abajo del corredor del Río Tejo. Las estructuras proyectadas consisten en obras de concreto reforzado, diseñadas para garantizar la estabilidad del sistema sanitario y la protección de los taludes y terrenos aledaños.

7.2. SE INCLUYEN DISTINTOS ELEMENTOS:

- Muros de contención en voladizo con alturas variables entre 2.10 m y 6.95 m, correspondientes a las abscisas 0+41.00 a 0+306.96.
- Pozo de inspección de hasta 2.0 m de altura.
- Recubrimiento de tuberías en los tramos de conexión.

7.3. MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

El diseño considera concreto de 28 MPa de resistencia y acero estructural de 420 MPa.
El estudio de suelos establece dos zonas diferenciadas: una arena limo-arcillosa con capacidad admisible de 0.2 MPa a 3 m de profundidad, y una cuarzo monzonita con 17.5 MPa a 1.5 m de profundidad.

7.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO Y ANÁLISIS

El cálculo estructural se realizó mediante el método de la resistencia última, en concordancia con la NSR-10. Los modelos tridimensionales fueron desarrollados con elementos finitos en Cype, contemplando los efectos de cargas verticales, horizontales, hidráulicas y sísmicas.
El análisis sísmico se basó en una zona de amenaza sísmica intermedia con los siguientes parámetros:

- Disipación DMO, Tipo de Suelo D, R = 3.0, Aa = 0.2, Av = 0.15, Fa = 1.6, Fv = 2.2, I = 1.5.

Criterios de carga y combinaciones

Las cargas consideradas incluyen:

- Cargas muertas y vivas (peso propio y lámina de agua en losas de fondo).
- Empuje de tierras en los muros de contención.
- Presión hidráulica por niveles de inundación.
- Cargas sísmicas horizontales según espectros elásticos ajustados.

Se desarrollaron 39 combinaciones de carga para el estado límite último (ELU) y 30 combinaciones para el diseño de cimentaciones, asegurando la estabilidad global y local de los elementos estructurales.

7.5. RESULTADOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

Los muros fueron analizados individualmente, obteniéndose momentos flectores máximos entre 23.32 kN·m y 483.6 kN·m según el tramo. Con base en estos valores, se definieron los refuerzos de acero requeridos para cada caso, asegurando cumplimiento con las disposiciones de resistencia, ductilidad y control de fisuración.
Ejemplos representativos de refuerzo incluyen:

- Para muros de menor altura: barras #5 cada 22 cm (cara interior) y #3 cada 20–30 cm (retracción).
- Para muros de mayor altura: barras #6 a #8 con espaciamientos de 14 a 25 cm según esfuerzo.

Las zapatas asociadas fueron diseñadas para resistir los momentos de base, garantizando su capacidad ante combinaciones críticas.

7.6. RECOMENDACIONES TÉCNICAS

El informe establece parámetros constructivos clave:

- Recubrimientos de refuerzo: 7.5 cm en contacto con terreno y 5 cm en superficie superior.

- Concreto: f'c = 28 MPa, relación a/c = 0.45, tamaño máximo del agregado ½"–¾".
- Impermeabilización: productos tipo Sika® WT-240 P, SikaFiber®-6 Micro, y Sikaflex® PRO-3 para juntas.
- Juntas de dilatación: según ACI 224.3R, con separaciones entre 6 y 9 m para losas de 0.25 m de espesor.

7.7. CUMPLIMIENTO NORMATIVO Y FIRMA RESPONSABLE

Finalmente, se certifica que el diseño cumple con los requisitos de la Ley 400 de 1997 sobre competencias profesionales en ingeniería estructural. El proyecto fue diseñado y firmado por el MSc. Alejandro Enrique Hoyos Castro, ingeniero civil con énfasis en ingeniería estructural, garantizando la idoneidad técnica y legal del diseño.

El documento técnico detallado, con el desarrollo metodológico y los detalles complementarios, se encuentra disponible en el anexo 6 de este informe para su consulta.

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

8. CAPITULO: PLAN DE GESTIÓN PREDIAL

8.1. OBJETO DEL ESTUDIO

El informe analiza la situación jurídica de tres inmuebles ubicados en la franja comprendida entre la Plaza de Ferias de Ocaña y el predio del señor Fernando Quintero Durán, con el fin de verificar la titularidad, las limitaciones al dominio y las condiciones ambientales de los terrenos colindantes con el Río Tejo.

8.2. INMUEBLE NÚMERO 1 – PLAZA DE FERIAS (BARRIO LA PRIMAVERA)

Datos generales:

- Matrícula Inmobiliaria: 270-21104
- Propietario: Municipio de Ocaña
- Tipo: Público – Urbano
- Área total: 13.701 m²
- Avalúo: $358.837.000
- Ubicación: Frente a la carretera al Tejar, colindante con el Río Tejo.

8.2.1. CADENA DE TRADICIÓN:

Adquirido por el Municipio mediante Escritura Pública No. 118 del 8 de agosto de 1956, registrada en la Oficina de Registro de Ocaña. Hubo transferencia temporal a la Empresa Municipal de Servicios Públicos en 1987, pero el bien fue restituido al Municipio en 1994.

8.2.2. LIMITACIONES AL DOMINIO:

No presenta restricciones vigentes.

8.2.3. CONCLUSIÓN:

El predio pertenece al Municipio, libre de gravámenes, aunque con deuda predial de $59.034.100. Existen inconsistencias entre los datos catastrales y registrales. Colinda con el Río Tejo, por lo que posee ronda hídrica de dominio público inalienable e imprescriptible, según la normatividad ambiental vigente (Decreto 2245 de 2017 y Decreto 1076 de 2015).

8.3. INMUEBLE NÚMERO 2 – ZONAS DE CESIÓN URBANIZACIÓN SANTA MÓNICA

Datos generales:

- Matrícula Inmobiliaria: 270-2076
- Propietario: Municipio de Ocaña
- Tipo: Público – Rural
- Área total: 3 hectáreas + 1.250 m²
- Avalúo: $1.251.000
- Ubicación: Entre los barrios La Gloria y Buenos Aires, margen derecha del Río Tejo.

8.3.1. CADENA DE TRADICIÓN:

El inmueble fue objeto de varias compraventas desde 1978 hasta 2003. En 2018, Yesid Oswaldo Quintero Meza cedió al Municipio las zonas de cesión obligatoria, incluyendo ronda hídrica (788,88 m²), vías internas, parques y vía municipal.

8.3.2. LIMITACIONES AL DOMINIO:

Tuvo restricción por riesgo de desplazamiento (Comité Departamental, 2002), levantada por la Unidad de Restitución de Tierras.

8.3.3. CONCLUSIÓN:

El bien está libre de limitaciones, con deuda predial de $30.600. Las áreas cedidas quedaron registradas dentro de la matrícula matriz sin número independiente. También posee ronda hídrica del Río Tejo bajo control ambiental de CORPONOR.

CONCONSTRUCCIÓN INGENIERIA SAS

8.4. INMUEBLE NÚMERO 3 – PREDIO DE FERNANDO QUINTERO DURÁN (BERMEJAL, LLANO DE LOS TRIGOS)

Datos generales:

- Matrícula Inmobiliaria: 270-4677
- Propietario: Masa sucesoral de Fernando Quintero Durán
- Tipo: Privado – Rural
- Área total: 8 hectáreas + 4.948 m²
- Avalúo: $6.081.000

- Ubicación: Colindante con el Río Tejo y el sector de El Astillero.

8.4.1. CADENA DE TRADICIÓN:

El inmueble fue adquirido por Fernando Quintero Durán en 1988, y restituido judicialmente en 2024 mediante sentencia del Juzgado Primero Civil del Circuito Especializado en Restitución de Tierras de Cúcuta.

Limitaciones al dominio:

1. Hipoteca abierta a favor del Banco Cafetero (1991).
2. Prohibición de enajenación por dos años contados desde la restitución (Ley 1448 de 2011).
3. Servidumbre de paso constituida desde 1969.

8.4.2. CONCLUSIÓN:

El predio pertenece a la masa sucesoral, tiene deuda predial mínima ($39.700) y no puede ser negociado por actos entre vivos. También cuenta con ronda hídrica protegida y presenta inconsistencias entre catastro y registro.

8.5. RECOMENDACIONES FINALES

- Los tres predios forman parte de la ronda hídrica del Río Tejo, delimitada por CORPONOR e incluida en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) 2023–2035 de Ocaña.
- Cualquier intervención en el lecho del río requiere aval ambiental de CORPONOR.
- Según el artículo 219 del POT 2023–2035, se prohíben nuevas construcciones o ampliaciones dentro de la ronda hídrica; solo se permiten obras de mantenimiento histórico o restauración ecológica.

8.6. DOCUMENTOS CONSULTADOS

- Certificados de Tradición y Libertad de los tres predios.
- Recibos del impuesto predial.
- Escrituras Públicas Nos. 118 (1956), 668 (2018) y 754 (1988).

8.7. CONCLUSIÓN GENERAL:

Los tres inmuebles analizados, ubicados en el área de influencia del Río Tejo, pertenecen en su mayoría al Municipio de Ocaña y forman parte de la ronda hídrica, reconocida como zona de especial protección ambiental. Por su carácter de bien de uso público, inalienable, imprescriptible e inembargable, la ronda hídrica no constituye propiedad privada, por lo que no se requiere trámite de permiso ni autorización de intervención sobre los predios colindantes, siempre que las obras se mantengan dentro de los límites de dicha franja ambiental y cumplan las disposiciones establecidas por CORPONOR y el Plan de Ordenamiento Territorial 2023–2035.

El proyecto que se propone ejecutar en este sector tiene un enfoque ambiental y de restauración ecológica, orientado a la mejora de la calidad de vida de los habitantes mediante la recuperación paisajística y funcional del entorno del Río Tejo. Su implementación aportará al saneamiento ambiental, la mitigación de riesgos y la creación de espacios públicos sostenibles y seguros para la comunidad.

En atención a la presencia de predios colindantes de naturaleza pública y privada, se recomienda socializar el proyecto con los propietarios y residentes del sector, con el fin de explicar los beneficios ambientales y sociales que generará la intervención, aclarar que no se afectará la propiedad privada y fortalecer la participación comunitaria en las acciones de restauración y conservación del ecosistema.

El documento técnico detallado, con el desarrollo metodológico y los detalles complementarios, se encuentra disponible en el anexo 7 de este informe para su consulta.

CONCONSTRUCCIÓN
INGENIERIA SAS

9. CAPITULO: PRESUPUESTO

El documento técnico detallado, con el desarrollo metodológico y los detalles complementarios, se encuentra disponible en el anexo 8 de este informe para su consulta.