

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRAULICAS EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE
SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

ALCANTARILLAS DE 36"

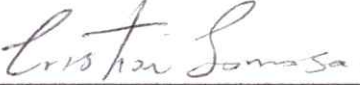
VOLUMEN I

Responsable:
PEDRO JOSÉ PACHECO BUENO
Ingeniero Civil
Esp Estructuras
M.P. 15202 170575 BYC

TUNJA
JUNIO DE 2026

INFORME ESTRUCTURAL

227
PEDRO JOSE PACHECO BUENO
ESP. ESTRUCTURAS

TÍTULO DEL DOCUMENTO	DISEÑO ESTRUCTURAL
CONSULTOR Elaboración	 Pedro Jose Pacheco Bueno 2026.08.04 23:03:32-05'00' Responsable: PEDRO JOSÉ PACHECO BUENO Ingeniero Civil M.P. 15202 170575 BYC
REVISIÓN	 Responsable:
APROBACIÓN	 Responsable:

VERSIÓN No.	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN	RESPONSABLE
1	01 de Junio de 2026	Documento original	Pedro Pacheco
2	01 de Junio de 2026	Cambio de nombre del proyecto por solicitud del director de consultoría.	Pedro Pacheco

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. Descripción, alcance y localización del proyecto	6
1.1. Descripción.....	6
1.2. Alcance	6
1.3. Localización.....	6
2. Información preliminar	11
2.1. Documentos de referencia.....	11
2.2. Normas de diseño	11
2.3. Nomenclatura y notación.....	11
2.3.1. Nomenclatura de materiales	11
2.3.2. Nomenclatura de parámetros geotécnicos.....	11
2.4. Materiales.....	12
2.4.1. Concreto.....	12
2.5. Acero de refuerzo	12
2.6. Juntas.....	12
3. Filosofía, criterios y metodología de diseño.....	13
3.1. Combinaciones de carga	14
3.2. Refuerzo mínimo.....	17
4. Cargas de diseño	18
4.1. Peso propio de los elementos (DC)	18
4.2. Carga Viva (LL)	18
4.2.1. Carga Vehicular.....	18
4.3. Empuje lateral del suelo (EH)	18
4.4. Efecto del Sismo.....	19
5. Bases del diseño estructural.....	20
5.1. Geometría de los elementos.....	20
5.1.1. Muros	20
5.2. Evaluación de cargas	20
5.3. Espectro sísmico	21
6. Generalidades del diseño de los elementos estructurales	22
6.1. Criterios de diseño.....	22
7. DISEÑO DE ALCANTARILAS 36"	23
7.1. GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS	23
7.1.1. Aletas	23
7.1.2. Zarpa.....	23
7.2. EVALUACIÓN DE CARGAS.....	24

7.3.	ESPECTRO SÍSMICO.....	25
7.3.1.	Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD CCP 14.....	25
7.4.	GENERALIDADES DEL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES	26
7.5.	CRITERIOS DE DISEÑO	26
7.6.	DISEÑO DE ALETAS	27
7.6.1.	Consideraciones estructurales.....	27
7.6.2.	Análisis de carga	29
7.6.3.	Evaluación de cargas para el diseño	31
7.6.4.	Aplicación de cargas al modelo estructural	32
7.6.5.	Resultados para muros de aleta y cabezotes	35
7.6.6.	Factores diseño para elementos de muro	36
7.6.7.	Verificación de cuantías.....	37
8.	Conclusiones y recomendaciones	39
	Conclusiones.....	39
	Recomendaciones.....	39

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Documentos de referencia.....	11
Tabla 2 Combinaciones de análisis y diseño CCP 14.....	15
Tabla 3 Coeficientes sísmicos de la zona.....	25
Tabla 4 Resumen de factores de amenaza sísmica por tipo de perfil de suelo	25
Tabla 5 Parámetros de entrada para la obtención del espectro.....	25
Tabla 6 Alturas recomendadas.....	26
Tabla 7 Geometría y parámetros mecánicos iniciales.....	27
Tabla 8 Geometría y parámetros mecánicos iniciales.....	28
Tabla 9 Cargas aplicadas a muros de contención paralelos al tráfico	28
Tabla 10 Factores de carga permanentes empleados (Factor de Carga γ_p)	28
Tabla 11 Análisis de carga	29
Tabla 12 Comportamiento del muro evaluados para diferentes estados de carga	30
Tabla 13 Resumen de respuesta de cargas aplicadas al muro	30
Tabla 14 Resumen de cargas de diseño	32
Tabla 15 Fuerzas empleadas para verificación de diseño	32
Tabla 16 Propiedades mecánicas de los materiales	32
Tabla 17 Resumen de resultados para muros aleta del descole.....	35
Tabla 18 Resumen de resultados para descole.....	36

Tabla 19 Factores de diseño	36
Tabla 20 Dimensiones de análisis	36
Tabla 21 Momentos inerciales de flexión	36
Tabla 22 Dimensiones de análisis	36
Tabla 23 Comparación de momento mínimo para muros aletas	37
Tabla 24 Comparación de cortante máximo para muros aletas	37
Tabla 25 Comparación de momento mínimo para muros aletas	37
Tabla 26 Comparación de cortante máximo para muros aletas	37
Tabla 27 Retracción y temperatura.....	37
Tabla 28 Flexión.....	37
Tabla 29 Retracción y temperatura.....	38
Tabla 30 Flexión.....	38

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Planos estructurales E01 al E02 – dos (2) planos.

1. Descripción, alcance y localización del proyecto

La descripción, el alcance y la localización del proyecto expuesta en este documento se enfoca únicamente al componente estructural teniendo en cuenta los aspectos interdisciplinarios de las demás áreas técnicas participantes como son la geotécnica, topografía y el diseño geométrico vial.

1.1. Descripción

Según las necesidades requeridas por el proyecto para dar transitabilidad de la vía, se evaluaron las condiciones geotécnicas particulares para cada sitio y se tuvo en cuenta las diferentes alternativas de soluciones estructurales analizadas en conjunto con el equipo geotécnico perteneciente a la presente consultoría.

1.2. Alcance

Este documento considera realizar los estudios y diseños estructurales para construcción de las alcantarillas tipo y los muros de contención, así que, teniendo en cuenta la información suministrada por las demás áreas técnicas que hacen parte integral de la consultoría y siguiendo los parámetros de entrega de proyectos según los términos establecidos en el contrato de consultoría de presentación de proyectos.



Figura 1 Sección en transversal de la estructura a diseñar tipo alcantarilla

Fuente: Autor

1.3 Localización

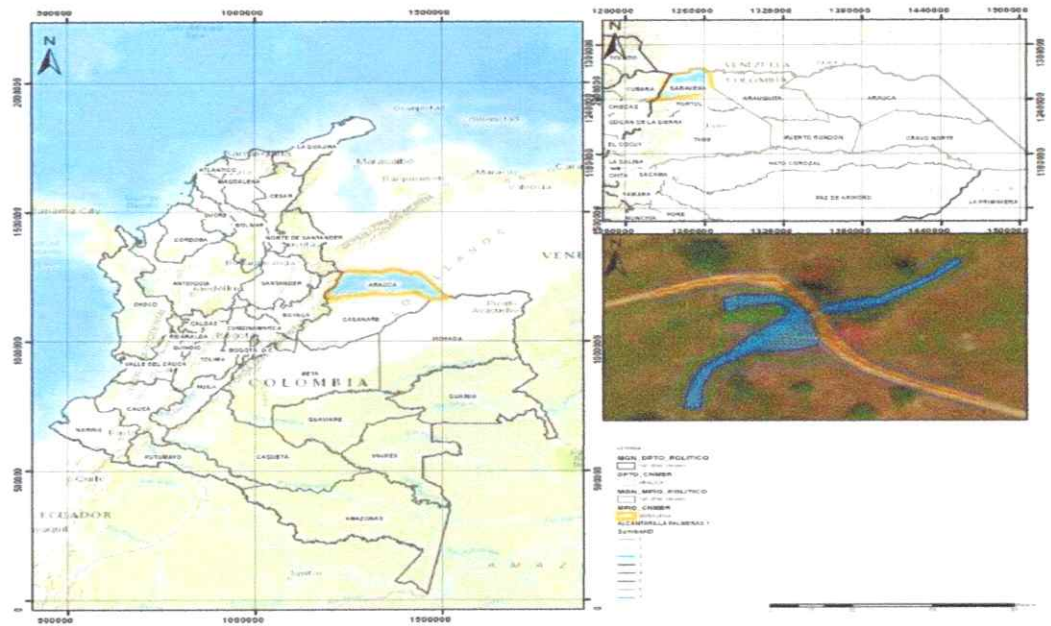
La ejecución del proyecto se realizará en las vías terciarias de las veredas Palmeras puntos 1,2 y 3, tal como se evidencia a continuación

Ilustración 2. Localización general del proyecto



Fuente: QGIS

Ilustración 3. Localización general del proyecto punto 1



UBICACION COORDENADAS

PUNTO 1 NORTE ESTE
6°50'43.55"N--- 71°52'48.04"O



Ilustración 4. Localización general del proyecto punto 2

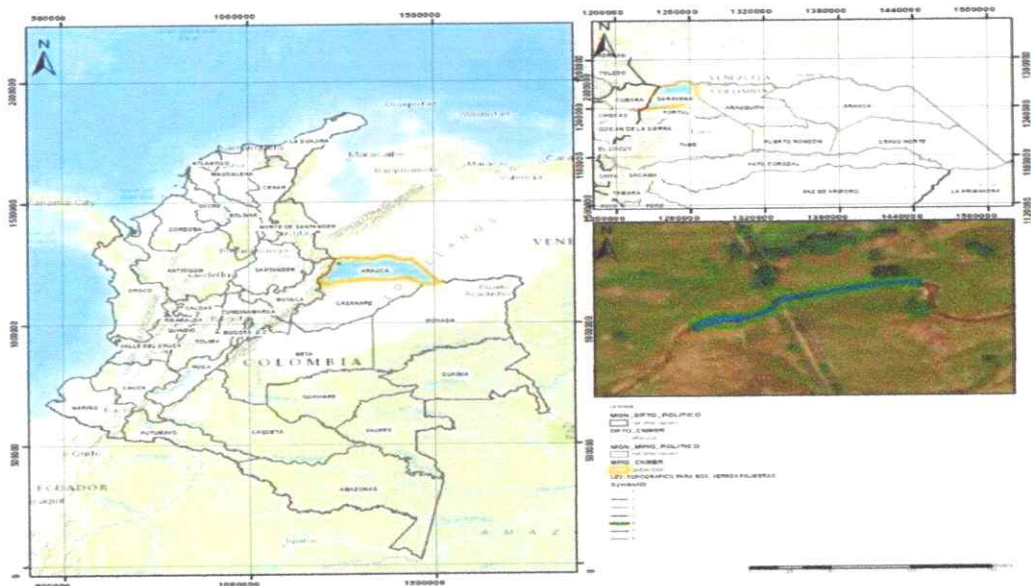
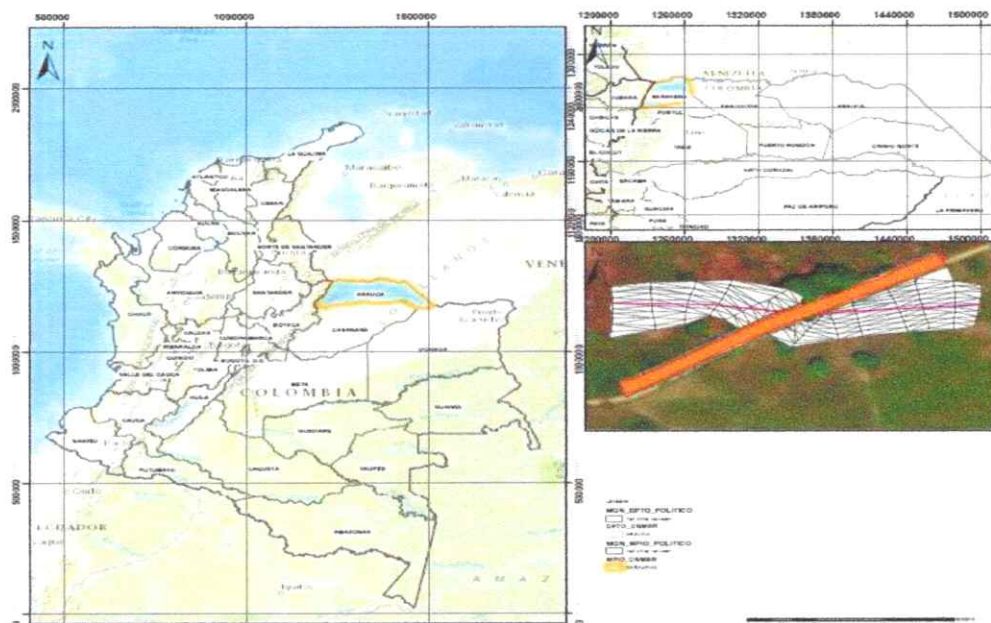




Ilustración 5. Localización general del proyecto punto 3



UBICACION COORDENADAS

	NORTE	ESTE
PUNTO 3	6°50'40.65"N	71°52'25.44"O



2. Información preliminar

2.1. Documentos de referencia.

En la siguiente tabla se presentan los documentos que sirvieron de referencia para el análisis y diseño estructural de las estructuras.

Ítem	Documento
1	Estudio Hidráulico.
2	Estudio Topográfico.

Tabla 1 Documentos de referencia.
Fuente: Consultoria.

2.2. Normas de diseño.

- Norma Colombiana de Diseño de Puentes - CCP 14
- AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 8th Ed. 2017

2.3. Nomenclatura y notación.

2.3.1. Nomenclatura de materiales.

- f'_c : Resistencia del concreto a compresión [MPa].
- E_c : Módulo de elasticidad del concreto [MPa].
- f_y : Esfuerzo de fluencia del acero [MPa].
- E_s : Módulo de elasticidad del acero [MPa].

2.3.2. Nomenclatura de parámetros geotécnicos.

La nomenclatura de los parámetros geotécnicos, empleada para la elaboración de este

documento, se indica a continuación:

- γ_w : Peso específico del agua [kN / m^3].
- γ_s : Peso específico del suelo [kN / m^3].
- γ_c : Peso específico del concreto [kN / m^3].
- Φ : Ángulo de fricción interna del suelo [$^\circ$].
- σ_{adm} : Capacidad portante admisible del suelo [kN / m^2].
- μ : Coeficiente de fricción entre el suelo y el concreto.
- K_h : Módulo de resorte horizontal del suelo [kN / m^3].
- K_v : Módulo de resorte vertical del suelo [kN / m^3].

2.4. Materiales

2.4.1. Concreto.

- Concretos cuerpos de la alcantarilla
Módulo de elasticidad: $f'_c = 28 \text{ MPa}$, relación agua (A/C) ≤ 0.45
 $E = 3900 * \text{Raíz}(28 \text{ MPa}) = 20637 \text{ MPa}$.
- Concretos muros de contención:
Módulo de elasticidad: $f'_c = 28 \text{ MPa}$, relación agua (A/C) ≤ 0.45
 $E = 3900 * \text{Raíz}(28 \text{ MPa}) = 20637 \text{ MPa}$.
- Concreto de limpieza: $f'_c = 14 \text{ MPa}$.
- Concreto ciclópeo: $f'_c = 2500 \text{ PSI}$ (17.5 MPa) con 30% de piedra
rajón seleccionada.
Módulo de elasticidad: $E = 3900 * \text{Raíz}(17.5 \text{ MPa}) = 16315 \text{ MPa}$.

2.5. Acero de refuerzo.

Acero de refuerzo corrugado: ASTM A – 706M, $f_y = 420 \text{ MPa}$.

2.6. Juntas.

En muros largos deben tomarse precauciones contra los daños producidos por la expansión o por la contracción que generan los cambios de temperatura y la retracción de fraguado. La especificación CCP14 exige que, para muros de gravedad al igual que para muros de concreto reforzado, se incluyan juntas de expansión a intervalos de 90 pies o menos y juntas de contracción a no más de 30 pies (10m). Las mismas especificaciones establecen que para muros de concreto reforzado debe suministrarse un refuerzo horizontal por temperatura no menor que 8 de pulg2 por pie de profundidad, adyacente a la superficie expuesta. Se evaluarán tres tipos de juntas según los movimientos esperados.

- Junta de construcción con llave de transferencia de movimientos.
- Junta de dilatación con sello de cinta PVC para movimientos moderados.
- Junta de contracción total

3. Filosofía, criterios y metodología de diseño.

En la investigación de un muro de contención con respecto a la estabilidad externa la práctica actual consiste en utilizar en los cálculos las presiones reales de tierra y las cargas muertas y vivas de servicio calculadas o estimadas con factores de carga iguales a 1.0 (es decir, sin incrementar la carga para tener en cuenta una condición hipotética de sobrecarga). Las presiones de contacto en el suelo, calculadas para condiciones de cargas de servicio, se comparan con las presiones admisibles de contacto en la profundidad dada en el estudio de suelos, cuyos valores se establecieron por debajo de los valores de capacidad última de carga, para mantener una adecuada seguridad. Los factores de seguridad contra volcamiento y deslizamiento se establecen con base en las condiciones para cargas de servicio y para cargas de sismo. Sin embargo, dada la base estructural del diseño los esfuerzos laterales provenientes del suelo serán contrarrestados por el pilote y los efectos de volcamiento serán asumidos por la viga cabezal.

Por otra parte, el diseño estructural de un muro de contención debe ser consistente con los métodos utilizados para todos los demás tipos de elementos y debe basarse, por tanto, en cargas mayoradas que reconozcan la posibilidad de un incremento con respecto a las cargas de servicio. El cálculo se realizará con base en los principios básicos de la mecánica de materiales, que admite proporcionalidad entre los esfuerzos y las deformaciones, el muro se diseñará por el método de la resistencia última.

Las estructuras fueron diseñadas siguiendo los lineamientos de diseño establecidos en la Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD CCP 14. Lo que se pretende es este caso es analizar las condiciones de carga más críticas comparando las combinaciones de carga elaboradas por un análisis computacional mediante elementos finitos y un análisis simplificado mediante hojas de cálculo, esta comparación se realizará considerando los empujes laterales que soportará el muro, las consideraciones de empuje dinámicas y estáticas del agua y/o suelo, dada la geometría de la estructura, por tal razón, las consideraciones de carga para empujes laterales finales se tomarán de las cargas más críticas de cada metodología de diseño.

El diseño se realizará con las combinaciones de carga establecidas en el código considerando en los casos particulares las envolventes de carga máximas y mínimas dadas los factores de carga. Se considerarán para el análisis la carga muerta DC, sobrecarga por carga viva LS, empuje lateral de tierras EH, empuje vertical del relleno, cargas dinámicas del empuje de agua. Los efectos sísmicos "EQ" serán considerados según el sitio de construcción.

El diseño de los elementos en concreto se desarrollará a partir de todo lo descrito en la sección 5 del CCP14: junto al diseño por capacidad [5.7.3.2.1], se verificaron los requisitos de refuerzo mínimo [5.7.3.3.2] y los requisitos de durabilidad (control de agrietamiento) [5.7.3.4] para exposición Clase 1.

3.1. Combinaciones de carga

Para el caso del CCP14, se desarrollan las combinaciones consistentes con los estados límite, referidos en la sección 3 del código de puentes CCP 14 tablas 3.4.1-1 y 3.4.1-2.

Figura 6 Combinaciones y factores de carga CCP 14 (tabla 3.4.1-1)

Estado Límite de la Combinación de carga	DC DD DW EH EV ES EL PS CR SH	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU	TG	SE	Use uno de estos a la vez				
										EQ	BL	IC	CT	CV
Resistencia I (a menos que se indique)	γ_p	1.75	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia II	γ_p	1.35	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia III	γ_p	-	1.00	1.40 0	-	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Resistencia IV	γ_p	-	1.00	-	-	1.00	0.50/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia V	γ_p	1.35	1.00	0.40 0	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Evento Extremo I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	-	-	1.00	-	-	-	1.00	-	-	-	-
Evento Extremo II	γ_p	0.50	1.00	-	-	1.00	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Servicio I	1.00	1.00	1.00	0.30 0	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio II	1.00	1.30	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	-	-	-	-	-	-	-
Servicio III	1.00	0.80	1.00	-	-	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	-	-	-	-	-
Servicio IV	1.00	-	1.00	0.70 0	-	1.00	1.00/1.20	-	1.0	-	-	-	-	-
Fatiga I- Sólo LL, IM & CE	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fatiga I II- Sólo LL, IM & CE	-	0.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD - CCP 14

Los estados límite analizados fueron: resistencia I, Evento Extremo I y II, y servicio I; los cuales condicionaron el diseño de estas estructuras.

Figura 7 Factores para cargas permanentes

Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa		Factor de Carga	
		Máximo	Mínimo
DC : Componentes y Accesorios		1.25	0.90
DC : Sólo Resistencia IV		1.50	0.90
DD : Fricción negativa	Pilas, Método α Tomlinson	1.4	0.25
	Pilas, Método λ	1.05	0.30
	Pozos perforados, Método O'Neill and Reese (1999)	1.25	0.35
DW : Superficie de rodadura e instalaciones		1.50	0.65
EH : Presión horizontal de suelo	Activa	1.50	0.90
	En reposo	1.35	0.90
	AEP para muros anclados	1.35	N/A
EL : Tensiones residuales de Construcción		1.00	1.00
EV : Presión vertical de suelo	Estabilidad general	1.00	N/A
	Muros de Contención y Estribos	1.35	1.00
	Estructuras Rígidas Enterradas	1.30	0.90
	Marcos Rígidos	1.35	0.90
	Estructuras Flexibles Enterradas		
	o Alcantarillas Metálicas y Alcantarillas Armadas Estructurales Corrugadas Profundas	1.5	0.9
	o Alcantarillas Termoplásticas	1.3	0.9
	o Todas las demás	1.95	0.9
ES : Sobrecarga de suelo		1.50	0.75

Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD – CCP14 (tabla 3.4.1-2)

Dadas las condiciones de borde de estas estructuras, se tiene que el empuje horizontal aplicable corresponde a la condición activa (empleando K_a), se tiene como coeficientes para las cargas asociadas al empuje lateral y relleno: EH mín. 0.90, máx. 1.50.

Con esto se tienen los siguientes coeficientes para las combinaciones:

- Resistencia I (ELR I) $\begin{matrix} \text{Máx} \\ \text{Min} \end{matrix} \begin{matrix} 0.90 \\ 1.25 \end{matrix} DC + \begin{matrix} 0.90 \\ 1.50 \end{matrix} EH + 1.75 (LS + IM + BR)$
- Evento Extremo I (EE I): $\begin{matrix} \text{Máx} \\ \text{Min} \end{matrix} \begin{matrix} 0.90 \\ 1.25 \end{matrix} DC + \begin{matrix} 0.90 \\ 1.50 \end{matrix} EH + LS + EQ$
- Evento Extremo II (EE II) $\begin{matrix} \text{Máx} \\ \text{Min} \end{matrix} \begin{matrix} 0.90 \\ 1.25 \end{matrix} DC + \begin{matrix} 0.90 \\ 1.50 \end{matrix} EH + 0.50 LS + CT$
- Servicio I (ELS I) $DC + EH + LS$

se presenta a continuación la tabla que consigna todas las combinaciones desarrolladas:

Tabla 2 Combinaciones de análisis y diseño CCP 14

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless
ELR 1 MÁX	Linear Add	No	Linear Static	EH	1.5
ELR 1 MÁX			Linear Static	LS	1.75
ELR 1 MÁX			Linear Static	BR	1.75
ELR 1 MÁX			Linear Static	DEAD	1.5
ELR 1 MIN	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0.9
ELR 1 MIN			Linear Static	EH	0.9

INFORME ESTRUCTURAL

240

PEDRO JOSE PACHECO BUENO
ESP. ESTRUCTURAS

TABLE: Combination Definitions

ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
ELR 1 MIN			Linear Static	LS	1.75
ELR 1 MIN			Linear Static	BR	1.75
EQ	Envelope	No	Response Spectrum	SISMO X	9.81
EQ			Response Spectrum	SISMO Y	9.81
EQ			Linear Static	EQ R-S	1
ELE 1 MÁX	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.25
ELE 1 MÁX			Response Combo	EQ	1
ELE 1 MÁX			Linear Static	EH	1.5
ELE 1 MÁX			Linear Static	LS	1.75
ELE 1 MÁX			Linear Static	EQ R-S	1
ELE 1 MÁX			Linear Static	0.5PIR	1
ELE 1 MÁX			Linear Static	BR	1.75
ELE 1 MIN	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0.9
ELE 1 MIN			Response Combo	EQ	1
ELE 1 MIN			Linear Static	LS	0.9
ELE 1 MIN			Linear Static	EH	0.9
ELE 1 MIN			Linear Static	EQ R-S	1
ELE 1 MIN			Linear Static	0.5PIR	1
ELE 1 MIN			Linear Static	BR	1
ELS 1 MÁX	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
ELS 1 MÁX			Linear Static	EH	1
ELS 1 MÁX			Linear Static	LS	1
ELS 1 MIN	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1
ELE 1 ENV	Envelope	No	Response Combo	ELE 1 MÁX	1
ELE 1 ENV			Response Combo	ELE 1 MIN	1
ELR 1 ENV	Envelope	No	Response Combo	ELR 1 MIN	1
ELR 1 ENV			Response Combo	ELR 1 MÁX	1
ELS 1 ENV	Envelope	No	Response Combo	ELS 1 MÁX	1
ELS 1 ENV			Response Combo	ELS 1 MIN	1
ELE 2 MÁX	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	1.25
ELE 2 MÁX			Linear Static	EH	1.5
ELE 2 MÁX			Linear Static	LS	0.5
ELE 2 MÁX			Linear Static	CT	1
ELE 2 MÁX			Linear Static	BR	0.5
ELE 2 MÁX			Linear Static	0.5PIR	1
ELE 2 MIN	Linear Add	No	Linear Static	DEAD	0.9
ELE 2 MIN			Linear Static	EH	0.9
ELE 2 MIN			Linear Static	LS	0.5
ELE 2 MIN			Linear Static	CT	1

TABLE: Combination Definitions					
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor
ELE 2 MIN			Linear Static	BR	0.5
ELE 2 MIN			Linear Static	0.5PIR	1
ELE 2 ENV	Envelope	No	Response Combo	ELE 2 MÁX	1
ELE 2 ENV			Response Combo	ELE 2 MIN	1

Fuente: Autor.

Dónde:

- DC = Peso propio de los componentes estructurales.
- ES = Sobrecarga del suelo.
- EQ = Carga sísmica.
- LS = Sobrecarga por carga viva (carga Vehicular en este caso)
- EH = Empuje horizontal del suelo.
- EV = Presión vertical del relleno.
- CT= Colisión Vehicular.
- BR= Fuerza de frenado.

3.2. Refuerzo mínimo.

Según 5.7.3.3.2-1 de la norma CCP-14, Establece que para desarrollar una resistencia mayorada a flexión debe ser igual o menor a 1.33 veces el momento requerido por la combinación y/o el momento de fisuración.

Figura 8 Refuerzo mínimo

• 1.33 veces el momento requerido por la combinación de carga aplicable especificada en la Tabla 3.4.1-1; y	• $M_{cr} = \gamma_3 \left[\left(\gamma_1 f_r + \gamma_2 f_{cpc} \right) \gamma_1 S_c - M_{dm} \left(\frac{S_c}{S_{rn}} - 1 \right) \right]$
---	--

Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD – CCP14 tabla 5.7.3.3.2-1

4. Cargas de diseño

El análisis y diseño se realizó para las siguientes cargas teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

4.1. Peso propio de los elementos (DC)

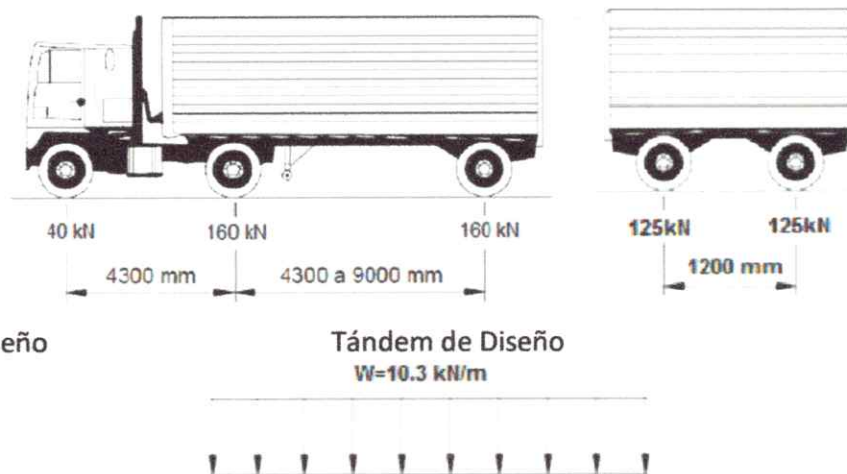
El peso propio de los elementos estructurales se asigna directamente en el modelo de análisis cuando se define la geometría y los materiales que componen cada uno de los elementos estructurales

4.2. Carga Viva (LL)

4.2.1. Carga Vehicular

La carga viva vehicular de diseño CCP-14 consiste en una combinación de Camión o tándem de diseño con carga de carril de diseño. Esta carga se considerará dada la proyección de vía en el muro a construir.

Figura 9 Camión de diseño



Camión de Diseño

Tándem de Diseño

$W=10.3 \text{ kN/m}$

Carga de Carril de Diseño

Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD – CCP14 Figura 3.6.1.2.2-1

En cada uno de los vehículos analizados se aplica la fuerza centrífuga y de frenado. La fuerza centrífuga se evalúa con base en una velocidad de 80 kph que es equivalente a 22.2 m/seg, con un factor de carga del eje de $4/3$ (1.33) y fuerza de frenado de 25% del peso de los ejes del camión.

4.3. Empuje lateral del suelo (EH)

Es el estado de carga más crítico de la estructura se evaluará los efectos estáticos y dinámicos del talud superior que se contendrá con la obra propuesta y se evaluarán los empujes de laterales del suelo (EH).

Presión lateral del relleno ejercida por el terreno del talud superior.

Figura 10 Ecuación de empuje horizontal del relleno

$$EH = k_a \cdot \gamma_s \cdot H$$

Donde,

k_a = Coeficiente de presión lateral de suelo

γ_s = peso unitario total de suelo (kN/m³)

H = Altura del relleno (m)

4.4. Efecto del Sismo.

Dado que es una estructura enterrada, y siguiendo con los lineamientos del CCP-14, los efectos sísmicos no se tendrán en cuenta.

5. Bases del diseño estructural

Teniendo en cuenta que la configuración geométrica suministrada por el estudio hidráulico y el estudio geotécnico, donde se establecen la geometría de los elementos como sección mínima para el diseño:

5.1. Geometría de los elementos

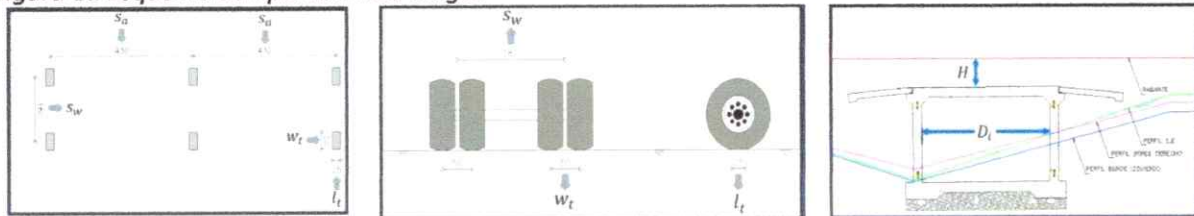
5.1.1. Muros

El espesor de los muros se realizó siguiendo en cuenta las recomendaciones dadas en las practicas normales de construcción; con un espesor en la parte superior como bordillo de vía proyectando el paso vehicular normal. En la zona inferior del vástago se recomienda un espesor de mayor al del bordillo para transmitir de una manera adecuada los esfuerzos provenientes de la carga vehicular o lateral de contención del terreno. La altura de cada vástago será dada la topografía del sitio.

5.2. Evaluación de cargas

De acuerdo con indicado en los capítulos anteriores se evalúa las cargas de diseño que afectan a la estructura, se realiza la evaluación de cargas correspondiente afectada por el camión de diseño. Esta información es extraída de del procedimiento de análisis simplificado mediante hojas de cálculo.

Figura 11 Esquema de aplicación de cargas



Fuente: Esquemas de aplicación de cargas

Donde,

Altura de Relleno	H
Distancia entre ruedas	sw
Ancho de parche de la Rueda	wt
Distancia entre ejes	sa
Longitud del parche de la Rueda	lt
Altura Interior Libre de la Estructura (h Box/alcantarilla)	
Ancho Interior Libre de la estructura (b Box/alcantarilla) Luz	B
Diámetro Interior o Tramo Libre de la estructura (h Box/alcantarilla)	Di / H

Longitud Transversal de vía/Obra	Le
Espesor cte. de Box Placa superior	e _{sup}
Espesor cte. de Box Placa Inferior	e _{inf}
Espesor cte. de Box Muros Laterales	e _{Muro}
Altura de Mejoramiento de Placa Base	Hc
Factor de distribución de Carga Viva	LLDF

5.3. Espectro sísmico

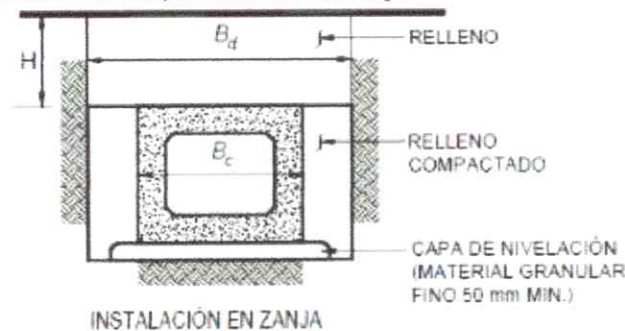
La norma menciona que para muros localizados en las zonas sísmicas 1 a 3, o para muros ubicados en lugares donde la aceleración pico del terreno ajustada para el sitio, A_s , sea menor o igual a $0.4g$, no debe considerarse obligatorio el diseño sísmico". En este caso en específico no supera el límite de aceleración ajustada al sitio.

6. Generalidades del diseño de los elementos estructurales

Se realizó mediante la aplicación del capítulo 12 del CCP144 denominado: "12.11 — ALCANTARILLAS TIPO CAJÓN DE CONCRETO REFORZADO COLADO IN SITU Y PREFABRICADO Y ARCOS DE CONCRETO REFORZADO COLADO IN SITU" del cual se toman la distribución de cargas y sobrecargas conforme al incremento de carga dinámica para estructuras enterradas estipuladas en [3.6.2.2]. Además, se consideraron la modificación de caras de suelo para considerar la interacción suelo estructura.

Se realizó el diseño bajo la premisa de que se realizará la construcción de box en zanja y las cargas vivas del camión de diseño se realizó mediante el análisis de espesor de franja crítica.

Figura 12 Esquema de instalación de box/alcantarilla en zanja



Fuente: Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRFD - CCP sección 12.11.2.2.1-2

6.1. Criterios de diseño

Inicialmente se determina que la estructura presenta un tráfico perpendicular a la estructura mediante la instalación de zanja. El espesor de la losa se determinó de acuerdo con la luz entre apoyos tomando en cuenta el análisis de losa maciza [Tabla 2.5.2.6.3 -1]

Aunque el diseño predispone un concreto hidráulico como superficie de rodadura, el diseño se incrementó con un espesor atribuyendo a pavimento en caso de la entidad municipal decida en algún momento un cambio de la superficie de rodadura.

7. DISEÑO DE ALCANTARILAS 36"

Teniendo en cuenta que la configuración geométrica suministrada por el estudio hidráulico y el estudio geotécnico, donde se establecen la geometría de los elementos como sección mínima para el diseño:

7.1. GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS

7.1.1. Aletas

El espesor de los muros se realizó siguiendo en cuenta las recomendaciones dadas en las practicas normales de construcción; con un espesor en la parte superior como bordillo de vía proyectando el paso vehicular normal.

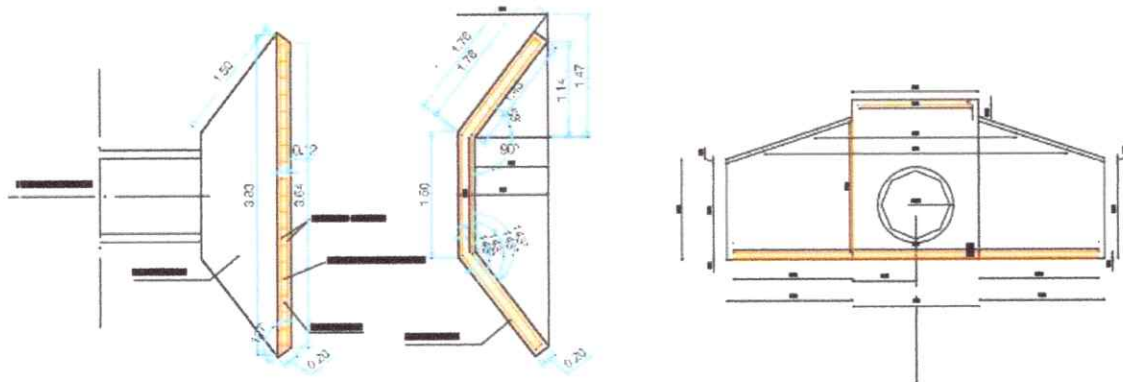


Figura 13 Esquema de muros

Fuente: Autor.

7.1.2. Zarpa

Las dimensiones de esta es la misma del espesor de las aletas del muro, la zarpa va conectada entre los dos muros en las aletas. Por tal motivo los esfuerzos de deslizamiento son compensados bajos las dos cargas

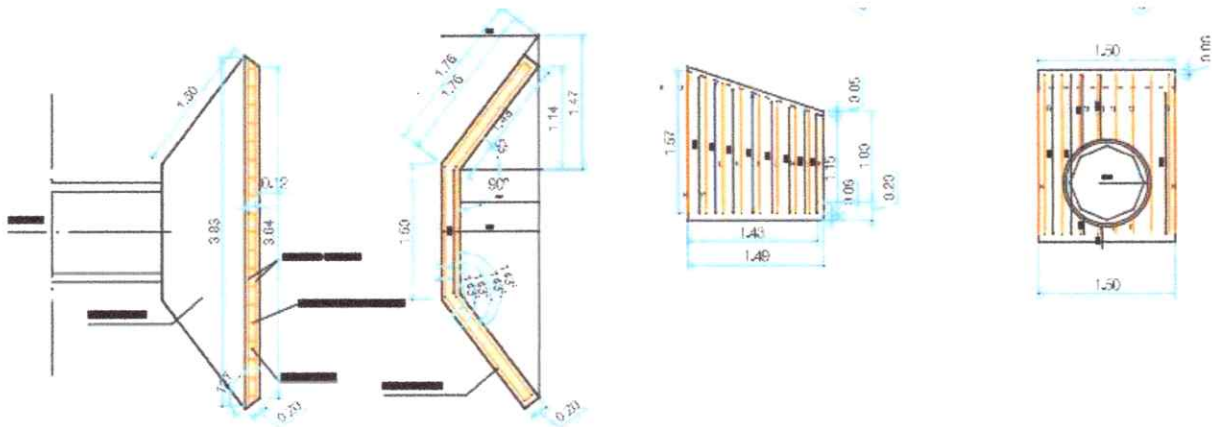


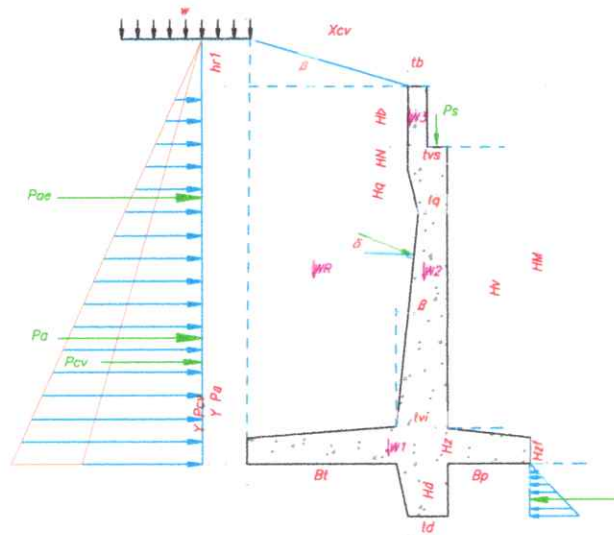
Figura 14 Esquema de zarpa en aletas de muro.
Fuente: Autor.

7.2. EVALUACIÓN DE CARGAS

De acuerdo con indicado en el capítulo 2

Cargas de diseño, se realiza la evaluación de cargas correspondiente. Esta información es ingresada al modelo elaborado en SAP2000

Figura 15 Esquema de aplicación de cargas para el caso de aletas.



Fuente: Autor

Donde,

Longitud Análisis	La	Ancho Bordillo	tb
Altura Muro	HM	Ancho Vástago Superior	tvS
Altura Vástago	Hv	Ancho Vástago Inferior	tvi
Altura Bordillo - Espaldar	Hb	Diámetro de Pilote	dp
Altura Zarpa Inicial	H _z	Base Zarpa Delantera	bp
Altura Zarpa Final	H _{zf}	Base Zarpa Talón	bt
Altura del Pilote para análisis	Hp	Base Total	B
		Altura de Relleno en Puntera	Hpr

7.3. ESPECTRO SÍSMICO

La norma menciona que para muros localizados en las zonas sísmicas 1 a 3, o para muros ubicados en lugares donde la aceleración pico del terreno ajustada para el sitio, A_s , sea menor o igual a $0.4g$, no debe considerarse obligatorio el diseño sísmico". En este caso en específico no supera el límite de aceleración ajustada al sitio, sin embargo, la zona sísmica de desempeño es 4. No obstante, se empleará los efectos sísmicos a fin de tener un factor de seguridad adicional.

7.3.1. Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD CCP 14

Tabla 3 Coeficientes sísmicos de la zona.

MUNICIPIO	Coeficientes	Región	Valor
Timbío	PGA	5	0.25
	Ss	6	0.60
	S1	6	0.30

Fuente: Consultoria

Tabla 4 Resumen de factores de amenaza sísmica por tipo de perfil de suelo.

Tipo de Perfil	Coeficiente	Factor de Sitio	Valor
E	PGA 0.25g	FPGA	1.45
	Ss 0.60g	Fa	1.45
	S1 0.30g	Fv	2.80

Fuente: Consultoria

Tabla 5 Parámetros de entrada para la obtención del espectro.

ESPECTRO DE DISEÑO CCP-14

Departamento-Municipio:

TABLA 3.10.3.1-1. EFECTOS DE SITIO		Fig. 3.10.2.1-2 COEFICIENTE PERIODO CORTO Ss	
TIPO DE PERFIL DE SUELO =	E	Región =	6
Observación:	-	Ss =	0.60

Fig. 3.10.2.1-1 ACELERACIÓN PICO DEL TERRENO	
Región =	6
PGA =	0.30
Tabla 3.10.3.2-1 Factor de sitio F_{PGA} =	1.20

Tabla 3.10.3.2-2 Factor de sitio F_a =	1.50
--	------

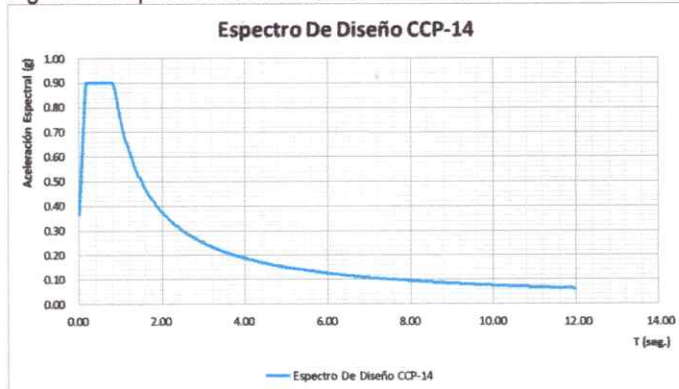
Fig. 3.10.2.1-3 COEFICIENTE PERIODO LARGO S_1	
Región =	5
S_1 =	0.25
Tabla 3.10.3.2-3 Factor de sitio F_v =	3.00

3.10.4.1 ESPECTRO DE DISEÑO			
$T_{Inicial}$ =	0.00 seg	A_s =	0.36
T_O =	0.17 seg	S_{DS} =	0.90
T_s =	0.83 seg	S_{DS} =	0.90
$T_{(1)}$ =	1.00 seg	S_{D1} =	0.75

Zona de Desempeño sísmico = 4

Fuente: Autor basado en CCP14 Numeral 3.10

Figura 16 Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño en Fracción de g



Fuente: Autor basado en CCP14 Numeral 3.10

7.4. GENERALIDADES DEL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Ambos sistemas tanto aletas sean de descole o encole o pocetas son muros de contención concebidos

como pantalla. Se emplearán diseños simplificados mediante hoja de cálculo conociendo que las

condiciones críticas dadas para este ejercicio son de 2.10m de alto dado las condiciones normales de vía.

Tabla 6 Alturas recomendadas.

Tipo	Longitud [m]	Módulos	Altura Máxima [m]
Aleta	1.60	1	2.10
Poceta	1.60	1	2.10

Fuente: Autor basado levantamiento topográfico.

7.5. CRITERIOS DE DISEÑO

Se definirán por medio de muros en voladizo en el cual y según la geometría que produzca las condiciones de carga más críticas para el muro.

7.6. DISEÑO DE ALETAS

Tanto para encole como descole se realizará de la misma manera:

7.6.1. Consideraciones estructurales

Se indican tablas basadas en hojas de cálculo las cuales por medio de programación determinaran los valores de carga empleados para los estados de carga.

Tabla 7 Geometría y parámetros mecánicos iniciales

Longitud Análisis	Unitaria	La	1.0 [m]
Altura Muro		HM	2.30 [m]
Altura Vástago		Hv	1.90 [m]
Altura Bordillo - Espaldar		Hb	0.20 [m]
Altura Zapata		H _z	0.20 [m]
Altura Zapata Final		H _{zf}	0.20 [m]
Altura de Dentellón		Hd	0.30 [m]
Ancho Bordillo		tb	0.20 [m]
Ancho Vástago Superior		tv _s	0.20 [m]
Ancho Vástago Inferior		tv _i	0.20 [m]
Ancho Dentellón		td	0.20 [m]
Base Puntera		bp	0.00 [m]
Base Talón		bt	1.80 [m]
Base Total		B	2 [m]
Altura de Relleno en Puntera		H _{pr}	0.00 [m]

Esfuerzo Admisible Suelo	σ_{adm}	100 [KN/m ²]
Resistencia Compresión Concreto	f_c	21.0 [MPa]
Esfuerzo de Fluencia del Acero	f_y	420.0 [MPa]
Peso Específico Concreto	γ_{concre}	24.00 [KN/m ³]
Peso Específico Relleno	$\gamma_{relleno}$	18.00 [KN/m ³]
Recubrimiento	re	0.07 [m]
Altura Relleno Total	H _r	4.90 [m]
Altura Relleno Sobre carga	H _{ri}	0.00 [m]

Coeficiente Dinámico	γ_{EQ}	0.3
Angulo Inercia Sísmica	θ	11.31 [Grados]

INFORME ESTRUCTURAL

251
PEDRO JOSE PACHECO BUENO
ESP. ESTRUCTURAS

Coefficiente Activo de Tierras	Ka	0.33
Empuje Activo Estático	kae	0.47
Coefficiente de fricción	μ	0.58
Coefficiente Pasivo de Tierras	Kp	0.0

Concreto de Peso Normal /Liviano		Normal
Factor de Ductilidad	nd	1.00
Factor de Redundancia	nr	1.00
Importancia Operacional	ni	1.00
Factor Modificador	η	1.00
Impacto	i	33%

Aceleración Pico Terreno PGA	PGA	0.25
Factor de Sitio para Periodo Nulo	Fpga	1.45 3.10.3.2-1
Coefficiente de Aceleración	As	0.3625

Fuente: Autor

Tabla 8 Geometría y parámetros mecánicos iniciales

		ELS	ELR	ELE Ext
Concreto Fundido In situ o prefabricado Sobre Arcilla	θ_t	0.85	1.0	1.0
Deslizamiento	θ_{ep}		0.5	0.0
Método Teórico en Arena Usando SPT	θ_b		0.5	0.0

Fuente: Autor

Tabla 9 Cargas aplicadas a muros de contención paralelos al trafico

Altura de muro	HM	2.3 [m]
Altura equivalente	heq	0.60 [m]
Carga Aplicada por Sobrecarga	Q1	10.80 [KN/m]
Carga Adicional	Q2	0.00 [KN/m]
Total Carga	Q	10.80 [KN/m]
Fuerza Sobrecarga	Pq	3.60 [KN/m]
Factor de Reducción carga V	Frv	0.90
Distancia al muro	dm	1.5 [m]
Camión CCP14	160	160 40 [KN]

Fuente: Autor

Tabla 10 Factores de carga permanentes empleados (Factor de Carga yp)

Tipo de Carga, tipo de Cimentación, y Método para Calcular la fricción negativa	Máx.	Mín.
---	------	------

DC	Componentes y Accesorios	1.25	0.9
DD	Fricción negativa - Pilas, Método 'A.	1.05	0.3
DW	Superficie de rodadura e instalaciones	1.5	0.65
EH	Presión horizontal de suelo Activa	1.5	0.9
EL	Tensiones residuales de Construcción	1	1
EV	Presión vertical de suelo - Muros de Contención y Estribos	1.35	1
ES	Sobrecarga de suelo	1.5	0.75
LS	Sobre carga Viva	1.75	0.3
BR	Frenado	1.75	0.3
LL+IM	Carga Viva Vehicular más impacto	1.75	0.3

Fuente: Tabla 3.4.1-2 Factores de cargas permanentes CCP14

7.6.2. Análisis de carga

En este apartado se indican cuáles son las respuestas por el método simplificado obtenidas de las cargas aplicadas anteriormente, los sentidos de aplicación de estas se verán en la Figura 9 Esquema de aplicación de cargas.

Tabla 11 Análisis de carga

	Vol [m3]	Carga [kN /m]	xA [m]	yA [m]	xA C [kN m/m]	yA C [kN m/m]	xC [m]	xY C [kN m/m]	σA [KN/m2]	σb [KN/m2]
w1	0.040	0.96	0.10	2.20	0.1	2.1	0.90	0.9	1.8	-0.8
w2	0.000	0.00	0.10	2.10	0.0	0.0	0.90	0.0	0.0	0.0
w3	0.000	0.00	0.20	2.10	0.0	0.0	0.80	0.0	0.0	0.0
w4	0.380	9.12	0.10	1.15	0.9	10.5	0.90	8.2	16.9	-7.8
w5	0.000	0.00	0.20	0.83	0.0	0.0	0.80	0.0	0.0	0.0
w6	0.400	9.60	1.00	0.10	9.6	1.0	0.00	0.0	4.8	4.8
w7	0.000	0.00	0.20	1.47	0.0	0.0	0.80	0.0	0.0	0.0
w8	0.000	0.00	0.20	2.10	0.0	0.0	0.80	0.0	0.0	0.0
w9	0.000	0.00	0.20	1.15	0.0	0.0	0.80	0.0	0.0	0.0
w10	3.780	68.04	1.10	1.25	74.8	85.1	-0.10	-6.8	23.8	44.2
w11	0.000	0.00	0.00	0.20	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
P DC		0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
P DW		0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
LSy		19.44	1.10	0.00	21.4	0.0	-0.10	-1.9	6.8	12.6
LSx		8.28	0.00	1.15	0.0	9.5	1.00	8.3	16.6	-8.3
EH		15.87	0.00	0.77	0.0	12.2	1.00	15.9	31.7	-15.9
EQ Relleno		3.85	0.00	0.92	0.0	3.5	1.00	3.9	7.7	-3.9
EQ SuperEstruc		0.00	0.00	2.10	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
EQ Estribo+Suelo		15.90	0.00	1.12	0.0	17.9	1.00	15.9	31.8	-15.9

INFORME ESTRUCTURAL

253
PEDRO JOSE PACHECO BUENO
ESP. ESTRUCTURAS

BR	0.00	0.00	4.10	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0
----	------	------	------	-----	-----	------	-----	-----	-----

Fuente: Autor

Los estados de carga empleados para las diferentes etapas de construcción del muro se indican a continuación.

Tabla 12 Comportamiento del muro evaluados para diferentes estados de carga

w1 w2 w3 w4 w5 w6	ESTADO 1 /DC				
w7 w8 w9 w10 w11	EV	ESTADO 2	ESTADO 3	ESTADO 4	ESTADO 5
P DC P DW LSy LSx EH EQ Relleno EQ SuperEstruc EQ Estribo+Suelo BR	CONSTRUCCION DEL MURO	CONSTRCCION DEL MURO + RELLENO	CONSTRUCCION DEL MURO + RELLENO + PESO SUPER_ESTRUCTURA	CONSTRUCCION MURO + RELLENO + PESO SUPER_ESTRUCTURA + CV	ESTADO 5

Fuente: Autor

Una vez aplicadas las cargas y su respuesta, se da a continuación un resumen de las cargas aplicadas al muro y su sentido.

Tabla 13 Resumen de respuesta de cargas aplicadas al muro

	SUMATORIA Y TIPOS DE CARGAS [kN kN m kN/m2]	Fuerza	Momento		Esfuerzo/Roca		Tipo
			A	C	A	B	
DC	Componentes y Accesorios	19.7	10.6	9.1	23.4	-3.8	Vertical
DC P	Por carga de Super Estructura	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Vertical
DD	Fricción negativa - Pilas, Método 'A.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
DW	Superficie de rodadura e instalaciones	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Vertical
EH	Presión horizontal de suelo Activa	15.9	12.2	15.9	31.7	-15.9	Horizontal
EL	Tensiones residuales de Construcción	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
EV	Presión vertical de suelo - Muros de Contención y Estribos	68.0	74.8	-6.8	23.8	44.2	Vertical

INFORME ESTRUCTURAL

254

PEDRO JOSE PACHECO BUENO
ESP. ESTRUCTURAS

ES	Sobrecarga de suelo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
PS	Fuerzas secundarias debidas al pretensado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CR	Fuerzas debidas al Flujo Plástico	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
SH	Fuerzas debidas a la retracción	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
LL+IM	Carga Viva Vehicular + Incremento de Carga viva Vehicular	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Vertical
CE	Fuerza Centrifuga Vehicular	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
BR	Fuerza Frenado Vehicular	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Horizontal
PL	Carga Viva Peatonal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
LSx	Sobrecarga de carga Viva en sentido X	8.3	9.5	8.3	16.6	-8.3	Horizontal
LSy	Sobrecarga de carga Viva en sentido Y	19.4	21.4	-1.9	6.8	12.6	Vertical
WA	Carga de agua y presión de la corriente	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
WS	Carga de Viento sobre la estructura	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
WL	Carga de Viento sobre la carga viva	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
FR	Carga de Fricción	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TU	Fuerza debida a la temperatura uniforme	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TG	Fuerza debida a los gradientes de Temperatura	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
SE	Fuerzas debidas al asentamiento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
EQ R	Carga Sismica de Relleno	3.9	3.5	15.9	31.7	-15.9	Horizontal
EQ S	Carga Sismica de la Super estructura	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	Horizontal
EQ ES	Carga Sismica del estribo mas el suelo	15.90	17.9	15.9	31.8	-15.9	Horizontal
BL	Carga de Explosión	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
IC	Carga de Hielo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CT	Fuerza de Colisión Vehicular	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CV	Fuerza de Colisión sobre Embarcaciones	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Fuente: Autor

7.6.3. Evaluación de cargas para el diseño

Los análisis de cargas evaluados anteriormente se resumen en la siguiente tabla de resultados, donde son

las cargas aplicadas al modelo estructural.

Tabla 14 Resumen de cargas de diseño

	W	h	Fuerza	Y	Momento
	[kN/m ²]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN m/m]
LSy	3.60	2.10	7.56	1.05	7.94
EH	12.60	2.10	13.23	0.70	9.26
EQ R	1.53	2.10	1.61	1.05	1.69
EQ S	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00
BR	0.00	0.00	0.00	3.90	0.00
0.5P IR	1.23	0.00	1.23	0.49	0.60

Fuente: Autor

Tabla 15 Fuerzas empleadas para verificación de diseño

PAE	10.9 [kN/m]
PAE + 0.5P IR	11.5 [kN/m]
(0.5 PAE > EH) + PIR	10.5 [kN/m]
PAE diseño	11.5 [kN/m]

Fuente: Autor

Tabla 16 Propiedades mecánicas de los materiales

Módulo de Elasticidad del C	17872 [kN/m ²]
Módulo de Elasticidad del A	206000 [kN/m ²]
Relación Modular	11.5

Fuente: Autor

7.6.4. Aplicación de cargas al modelo estructural

Se emplea el análisis por elementos finitos, donde se analiza la estructura de forma completa con la

geometría tipo que se origina dada la topografía.

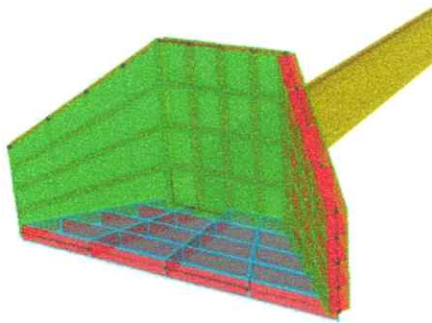
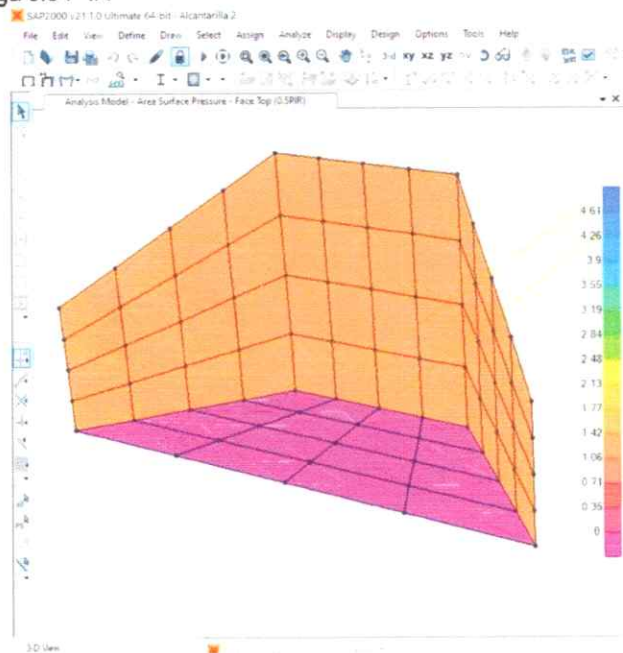


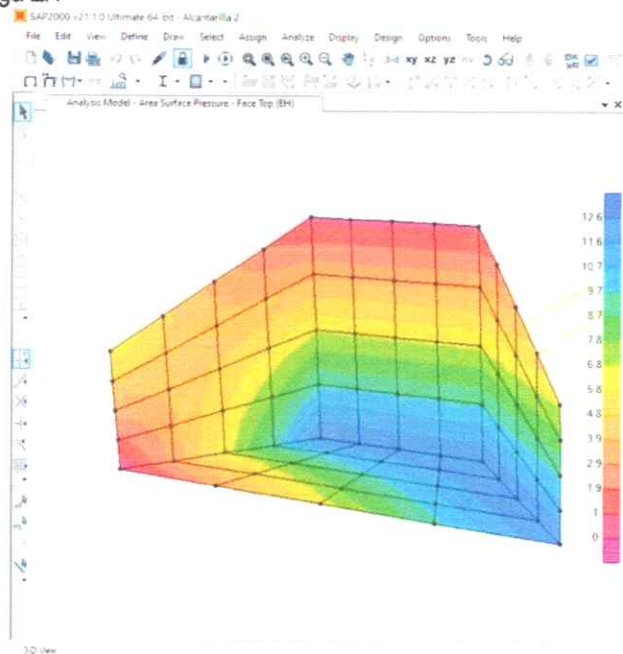
Figura 17 Isométrico de modelo de SAP2000.
Fuente: Autor, extraído de Sap2000.

Figura 18 Aplicación de carga 0.5 P IR



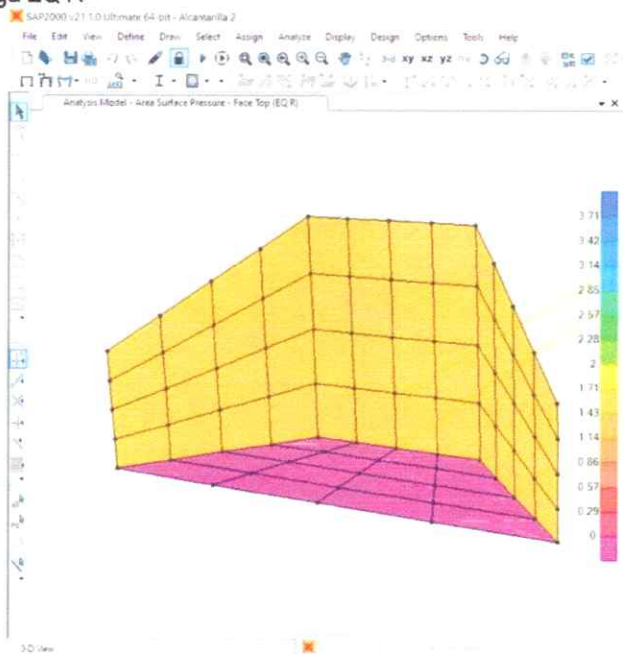
Fuente: Autor, extraído de Sap2000

Figura 19 Aplicación de carga EH



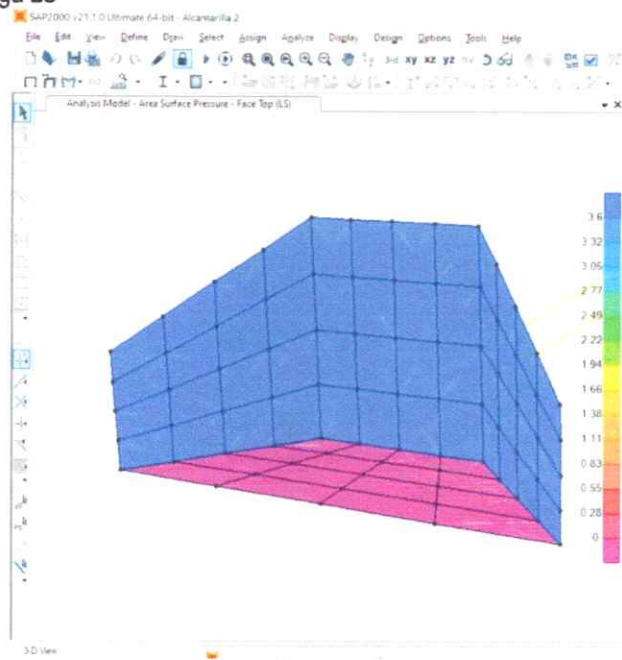
Fuente: Autor, extraído de Sap2000

Figura 20 Aplicación de carga EQ R



Fuente: Autor, extraído de Sap2000

Figura 21 Aplicación de carga LS



Fuente: Autor, extraído de Sap2000

Para el caso de los esfuerzos en la base se establece que el suelo de fundación no podrá ser menor a 97kN/m² (redondeando) 100 kN/m²

7.6.5. Resultados para muros de aleta y cabezotes

7.6.5.1. Muros de aleta

Tabla 17 Resumen de resultados para muros aleta del descole

	F11	F22	F12	M11	M22	M12	V13	V23
	KN/m	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m	KN/m	KN/m
ELE 1 ENV	130.1	337.9	106.9	6.7	9.0	4.2	26.8	18.1
ELE 2 ENV	87.0	228.0	72.9	5.1	7.3	3.4	26.3	16.4
ELR 1 ENV	105.8	276.9	87.8	5.7	8.1	3.8	29.0	16.7
ELS 1 ENV	68.0	178.3	56.6	3.8	5.3	2.5	24.7	11.3
DISEÑO	130.1	337.9	106.9	6.7	9.0	4.2	29.0	18.1

Fuente: Autor

Para este caso, los muros de aleta sean para descole o encole se dan para las mismas condiciones de carga. Dado esto, se pueden emplear ambos resultados para el mismo caso.

7.6.5.2. Cabezote

Tabla 18 Resumen de resultados para descole

	F11	F22	F12	M11	M22	M12	V13	V23
	KN/m	KN/m	KN/m	KN-m/m	KN-m/m	KN-m/m	KN/m	KN/m
ELE 1 ENV	44.44	108.74	36.31	3.35	14.41	1.93	15.74	31.29
ELE 2 ENV	16.51	54.92	17.07	2.20	12.66	1.94	11.65	27.36
ELR 1 ENV	17.97	65.24	20.31	2.62	15.16	2.33	13.90	32.76
ELS 1 ENV	11.70	42.47	14.30	1.72	10.06	1.55	9.15	21.74
DISEÑO	44.44	108.74	36.31	3.35	15.16	2.33	15.74	32.76

Fuente: Autor

7.6.6. Factores diseño para elementos de muro

Las geometrías para los elementos empleados son de un espesor de 20cm y cuya verificación se realiza por metro de longitud de análisis.

Tabla 19 Factores de diseño

Factor de Variación de la Fisuración por Flexión	Todas las demás	γ_1	1.20
Factor de Variación del Presfuerzo	Sin Torones	γ_2	0.00
Relación de Resistencias	f_y A615 Grado 60	γ_3	0.67
Esfuerzo de compresión del preesfuerzo		F_{cpe}	0.00 [MPa]
Factor de Exposición del Acero	Clase 1	γ_e	1.00

Fuente: Autor

Tabla 20 Dimensiones de análisis

Base	b	1.00 [m]	Módulo de sección	Sc	0.01 [m]	1.00E+07 [mm]
Espesor	Tvi	0.12 [m]				
Distancia efectiva	d	0.13 [m]				

Fuente: Autor

Tabla 21 Momentos inerciales de flexión

Módulo de Rotura	2.84	[MPa]	5.4.2.6
Mcr Fisuración	2.05	[KN m /m]	

Fuente: Autor

Tabla 22 Dimensiones de análisis

Base	b	1.00 [m]	Modulo de sección	Sc	0.01 [m]	6.67E+06 [mm]
Altura	HZ	0.2 [m]				
Distancia efectiva	d	0.13 [m]				

Fuente: Autor

7.6.6.1. Muros de aleta

Tabla 23 Comparación de momento mínimo para muros aletas

		Max	1.2 Mcr	1.33	Mdis
Momento	[KN m /m]	9.0	2.2	12.0	9.0

Fuente: Autor

Tabla 24 Comparación de cortante máximo para muros aletas

		Max	Vc	ϕ Vc	Cumple
Cortante	[KN /m]	29.0	99.8	84.9	Cumple

Fuente: Autor

7.6.6.2. Cabezote

Tabla 25 Comparación de momento mínimo para muros aletas

		Max	1.2 Mcr	1.33	Mdis
Momento	[KN m /m]	15.2	2.2	20.2	15.2

Fuente: Autor

Tabla 26 Comparación de cortante máximo para muros aletas

		Max	Vc	ϕ Vc	Cumple
Cortante	[KN /m]	32.8	99.8	84.9	Cumple

Fuente: Autor

7.6.7. Verificación de cuantías

7.6.7.1. Muros de aleta

Tabla 27 Retracción y temperatura

	Área	As	Barra	As Barra	Numero	Perímetro	S Max	S Inst.
	[cm2]	[cm2]		[cm2]	Barras	[cm]	[cm]	[cm]
Aleta	3660	6.5	4	1.27	4	392.0	98	20

Fuente: Autor

Tabla 28 Flexión

	Mu	As	Barra	As	Barra	As Barra	Numero	S Max	S Inst.
	[KN m /m]	p	pdiseño	[cm2]		[cm2]	Barras	[cm]	[cm]
Aleta	9.0	0.00143	0.0018	2.3	4	1.27	2	45	20

Fuente: Autor

7.6.7.2. Cabezote

Tabla 29 Retracción y temperatura

	Área	As	Barra	As Barra	Numero	Perímetro	S Max	S Inst.
	[cm ²]	[cm ²]		[cm ²]	Barras	[cm]	[cm]	[cm]
Cabezote	3660	6.5	4	1.27	4	392.0	98	20

Fuente: Autor

Tabla 30 Flexión

	Mu	As	Barra	As	Barra	As Barra	Numero	S Max	S Inst.
	[KN m /m]	ρ	$\rho_{\text{diseño}}$	[cm ²]		[cm ²]	Barras	[cm]	[cm]
Cabezote	15.2	0.0025	0.0025	3.2	4	1.27	2	40	20

Fuente: Autor

La cuantía requerida para muros de aleta es 6.5cm^2 , la separación o diámetro de varilla será ajustada según la coordinación en planos.

Para el caso de análisis tanto para cabezote como para aletas el diseño se considera satisfactorio con barras $\frac{1}{2}$ " cada 20cm ubicadas en malla o cumpliendo una cuantía 6.5cm^2 .

8. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

En este documento se presentó el análisis y diseño estructural de alcantarillas de dimensiones específicas empleado para cada tramo particular, y es caso particular puede ser aplicado a otro sector del proyecto; partiendo de la información suministrada por las demás áreas de la consultoría.

Los empujes de suelos se tomaron según las condiciones del lugar y discutidas en mesas técnicas de trabajo con el equipo de consultoría liderado por el director de consultoría.

Los planteamientos indicados en este documento se ven reflejados en los planos adjuntos

Recomendaciones

Se debe elevar cualquier consulta o inquietud al diseñador para dar cumplimiento a estas memorias.

263

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **PEDRO JOSE PACHECO BUENO**, identificado con CC No. **1.049.606.032** de Tunja (Boyacá) en calidad de **ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS** con matrícula profesional M.P 15202 170575 BYC, certifico que realicé el **DISEÑO ESTRUCTURAL** para el proyecto cuyo objeto es **“CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA”**.

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos a la alcaldía de Saravena, departamento de Arauca.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi tarjeta o Matrícula Profesional, certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los treinta (30) días del mes de junio de 2026.

Cordialmente,



Pedro José Pacheco Bueno
M.P 15202 – 170575 BYC
Ingeniero Civil – Especialista Estructural

264

CARTA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **PEDRO JOSE PACHECO BUENO**, identificado con CC No. **1.049.606.032** de Tunja (Boyacá) en calidad de **ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS** con matrícula profesional M.P 15202 170575 BYC, certifico que realicé el **DISEÑO ESTRUCTURAL** para el proyecto **“CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA”**.

Por lo anterior, manifiesto que asumo toda responsabilidad referente a los perjuicios que puedan deducirse a causa de este estudio y exoneró a la alcaldía de Saravena, departamento de Arauca; ante terceros de cualquier responsabilidad por cualquier omisión del presente estudio.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional, certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los treinta (30) días del mes de junio de 2026.

Cordialmente,



Pedro José Pacheco Bueno
M.P 15202 – 170575 BYC
Ingeniero Civil – Especialista Estructural

265

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 1.049.606.032

PACHECO BUENO

APELLIDO
PEDRO JOSE

[Signature]

[Portrait Photo]

[Fingerprint]

FECHA DE NACIMIENTO 21-ABR-1986

TUNJA
(BOYACA)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.76 A+ M

ESTATURA G.S RH SEXO

07-FEB-2005 TUNJA

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION *[Signature]*

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARBEL SANCHEZ TORRES

[Barcode]

A-0700100 Q0172458-M-1049606032-20060825 0015371018A 1 27615289

REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.
15202170575BYC
INGENIERO CIVIL

DE FECHA **18/06/2009**
PEDRO JOSE
PACHECO BUENO
C.C. 1049606032
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA



PRESIDENTE DEL CONSEJO



Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4579566

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que PEDRO JOSE PACHECO BUENO, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 1049606032, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 15202-170575 desde el 18 de Junio de 2009, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 697.
2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los nueve (09) días del mes de Julio del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.