ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ.

CONTRATO DE CONSULTORIA 004 DE 2025

ALCADIA DE CALARCÁ.



TRM-005-2025

Agosto de 2025 (Armenia-Quindío)

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

Armenia Julio, 2025 TRM-005-2025

Señores
ALCALDIA DE CALARCÁ
L.C.

Ref.: ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ. CONTRATO DE CONSULTORIA 004 DE 2025.

Respetados señores:

Atendiendo los requerimientos establecidos en el contrato de consultoría 004 de 2025 celebrado entre las partes, el cual tiene por objeto ***"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ"***; nos permitimos hacer entrega del Informe que corresponde al estudio de suelos y geotecnia.

En el Informe se presenta una descripción de los trabajos de campo, el análisis geotécnico correspondiente y las recomendaciones de estabilización y cimentación para las estructuras a construir dentro del sector de análisis.

Las Actividades de Exploración, Muestreo y Laboratorio necesarias para la realización del presente estudio están reguladas por la Norma Colombiana de Diseño de Puentes – LRFD – CCP 14 Capitulo 10 "Cimentaciones" y el titulo H de la NSR10.

Esta oficina y Conforme a lo establecido por la Ley 400 de 1997, Artículo 28 "Experiencia del Ingeniero Geotecnista" [Título IV - Capítulo II: Profesionales Diseñadores], asumo la responsabilidad del Presente Estudio Geotécnico, conforme a lo establecido por la CCP 14. En cualquier caso, NO Asumo responsabilidad civil ni penal alguna, dado el caso en que las obras a que se hace referencia en el presente estudio no se ejecuten conforme a lo estipulado por el mismo.

Cordialmente,

JUAN JOSE PIEDRAHITA RIOS.
RP Terram Consultoría y Construcción S.A.S
Ingeniero Civil
M.Sc. Geotecnia
MP. 25202-57736 CND

GIORDANY GONZALEZ SERNA
Ingeniero Civil
Esp. Estructural
M.P. 63202-308107 QND

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

INDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Fecha de Modificación	Observaciones
0	31/07/2025	Entrega para revisión
1	15/08/2025	Optimización de la solución propuesta

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Documento	TRM-005-2025
Título del Documento:	INFORME ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL
Fecha:	15/08/2025

Control Interno	
Elaboró	GIORDANY GONZALEZ SERNA INGENIERO CIVIL ESP. EN ESTRUCTURAS M.P. 63202-308107 QND
Revisó	JUAN SEBASTIÁN CLAVIJO HERNÁNDEZ INGENIERO CIVIL ESP. GERENCIA DE PROYECTOS M.P. 131037-0586383 QND
Vo.Bo. director Obra	JUAN JOSE PIEDRAHITA RIOS INGENIERO CIVIL M.SC GEOTECNIA. M.P. 25202-57736 CND

SUPERVISIÓN	
Revisó	LUCAS RINCON MUÑOZ APOYO A LA SUPERVISIÓN
Aprobó	JOSE JOAQUIN CAICEDO MORA SECRETARIO DE PLANEACIÓN

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

TABLA DE CONTENIDO

1 GENERALIDADES 8
1.1 Introducción 8
1.2 Información de Referencia 8
2 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL PROGRAMA DE DISEÑO 10
3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 11
4 DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO 12
4.1 Categoría y clase de exposición para definir la resistencia a la compresión del concreto 12
4.2 Módulo de elasticidad del concreto 12
4.3 Relación de Poisson 12
4.4 Módulo de elasticidad del acero 13
5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO PARA EL MURO 14
5.1 Pilote 14
5.2 Viga 14
6 DEFINICIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO (TOMADO DEL INFORME GEOTÉCNICO) 15
6.1 Definición del tipo del perfil del suelo. 16
6.2 Coeficiente de Aceleración Horizontal y velocidad horizontal Pico Efectiva para diseño Aa y Av 17
6.3 Coeficientes de amplificación para períodos cortos e intermedios 17
6.4 Espectro de aceleraciones 18
7 PARAMETROS GEOTECNICOS PARA CIMENTACIÓN 20
8 EVALUACIÓN DE CARGAS 22
8.1 Determinación de la sobrecarga viva 22
8.2 Empujes horizontales 23
8.2.1 Empuje activo 23
8.2.2 Empuje pasivo 23
8.2.3 Empuje Sísmico activo 24
8.3 Parámetros de empujes de suelo para los pilotes de 8m en el sector 2 25

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

8.4 Parámetros de empujes de suelo para los pilotes de 10 m en el sector 3 28
9 COMBINACIONES DE CARGA 31
10 MODELO ESTRUCTURAL DE LA CRIBA DE PILOTES 32
10.1 Cargas aplicadas 32
10.2 Chequeo de desplazamiento de la criba de pilotes en el sector 2 35
10.3 Resultados de la viga en la zona sector 2 36
10.4 Resultados en los pilotes en el sector 2 37
10.5 Chequeo de desplazamiento de la criba de pilotes en el sector 3 39
10.6 Resultados de la viga en el sector 3 40
10.7 Resultados en los pilotes sector 3 41
11 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE LA CRIBA EN EL SECTOR 2 44
11.1 Diseño de la viga 44
11.2 Diseño de los pilotes 45
12 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE LA CRIBA EN EL SECTOR 2 46
12.1 Diseño de la viga 46
12.2 Diseño de los pilotes 47
13 RECOMENDACIONES 48
14 CONCLUSIONES 49

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. PERFIL MURO DE CONTENCIÓN PILOTES DE 8.0 M SECTOR 2 11
ILUSTRACIÓN 2. PERFIL MURO DE CONTENCIÓN PILOTES DE 10 M SECTOR 3 11
ILUSTRACIÓN 3. GRÁFICOS DE EMPUJES CONSIDERADOS 26
ILUSTRACIÓN 4. GRÁFICOS DE LOS EMPUJES CONSIDERADOS 29
ILUSTRACIÓN 5. COMBINACIONES DE CARGA POR EL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO B.2.3. FUENTE (NSR-10) . 31
ILUSTRACIÓN 6. COMBINACIONES DE CARGA POR EL ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA B.2.4. FUENTE (NSR-10) 31
ILUSTRACIÓN 7. EMPUJE ESTÁTICO DE LA TIERRA PILOTES SECTOR 2 (A) Y PILOTES SECTOR 3 (B) MÉTODO DE BEER 32
ILUSTRACIÓN 8. EMPUJE SÍSMICO DE LA TIERRA PILOTES SECTOR 2 (A) Y PILOTES SECTOR 3 (B) 33

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

Ilustración 9. Empuje por sobrecarga estático sector 2 (a) y sector 3 (b)..... 34
Ilustración 10. Desplazamiento del muro debido a cargas de servicio..... 35
Ilustración 11. Envolvente de diseño, momento M3=2.5 KN*m – cortante V2=6.74KN..... 36
Ilustración 12. Envolvente de diseño, Momento M2=210.47 KN*m..... 37
Ilustración 13. Envolvente de diseño, Cortante V23=86.5 KN..... 37
Ilustración 14. Resultados de fuerza axial en los pilotes. Axial compresión=6.06 Ton..... 38
Ilustración 15. Desplazamiento del muro debido a cargas de servicio..... 39
Ilustración 16. Envolvente de diseño, momento M3=2.5 KN*m – cortante V2=6.74KN..... 40
Ilustración 17. Envolvente de diseño, Momento M2=249.6 KN*m..... 41
Ilustración 18. Envolvente de diseño, Cortante V23=111.1 KN..... 42
Ilustración 19. Resultados de fuerza axial en los pilotes. Axial compresión=7.23 Ton..... 43
Ilustración 20.Relación de demanda vs capacidad, R=0.86..... 45
Ilustración 21.Relación de demanda vs capacidad, R=0.87..... 47

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categorías y clases de exposición. Fuente: NSR-10..... 12
Tabla 2. Recubrimiento aplicado..... 13
Tabla 3. Criterio para la clasificación del tipo de perfil de suelo..... 16
Tabla 4 Valores de Fa y Fv para la zona de periodos intermedios del espectro..... 17
Tabla 5. Valores para definición del espectro de aceleraciones..... 18
Tabla 6. Parámetros geo mecánicos presentes en el sitio de estudio para el cálculo de empujes horizontales..... 20
Tabla 7. Capacidad de compresión axial para pilotes de 50cm de diámetro..... 20
Tabla 9. Resumen de capacidad para los pilotes utilizados..... 20
Tabla 10. Coeficientes de reacción horizontal del suelo para pilotes de longitud máxima 8.0 m en el sector 2..... 21
Tabla 11. Coeficientes de reacción horizontal del suelo para pilotes de longitud máxima 10.0 m en el sector 3..... 21
Tabla 12. Altura equivalente del suelo para sobrecarga carga viva 3.11.6.4..... 22
Tabla 13. Empujes calculados..... 26
Tabla 14. Empuje horizontal estático por el método de Beer en el sector 2..... 27

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

TABLA 15. CÁLCULO DE EMPUJES HORIZONTALES 28
TABLA 16. EMPUJES CALCULADOS. 29
TABLA 17. EMPUJES HORIZONTALES POR EL MÉTODO DE BEER PARA LOS PILOTES 30
TABLA 18. DISEÑO DEL VÁSTAGO DEL MURO 44
TABLA 19. DISEÑO DEL VÁSTAGO DEL MURO 46

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

La ALCALDIA DE CALARCÁ es la encargada transformar a Calarcá en un municipio próspero, sostenible e inclusivo, donde la igualdad, la innovación y la justicia ambiental sean pilares fundamentales para el desarrollo integral de la comunidad, fomentando una gestión pública transparente y participativa, que ponga en el centro de sus acciones a cada ciudadana y ciudadano natal o no natal, reconociendo la diversidad como una fortaleza para el progreso.

Dentro de sus objetivos como entidad a través de la secretaria de Planeación busca promover, impulsar y ejecutar todas las políticas, planes, programas y proyectos que contribuyan a la satisfacción de las necesidades de la comunidad y que logren el desarrollo que demanda el territorio. Motivo por el cual el Municipio de Calarcá desarrolla esfuerzos importantes para adelantar los **"ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN EL BARRIO SANTA LUISA DE MARILLAC DEL MUNICIPIO DE CALARCÁ".**

En este orden de ideas, nos ha encargado la elaboración del informe de estudio de suelos y geotecnia del proyecto en mención. Con el propósito de compilar los estudios técnicos correspondientes, y cumpliendo con los requerimientos establecidos, se contrataron los servicios de esta compañía en lo referente al análisis y diseño estructural y las respectivas recomendaciones.

Basados en los resultados del plan exploratorio y los requerimientos de las diferentes construcciones, se incluyen en este informe los parámetros geomecánicos del suelo adoptados para el análisis estructural, los parámetros de diseño normativos y las recomendaciones de estabilización correspondientes desde el punto de vista técnico, constructivo y económico.

1.2 Información de Referencia

Para el Desarrollo del presente estudio fue necesario acudir a dos tipos de fuentes de información: La Información Primaria, que consiste en la localización, geometría y características de los materiales de los elementos estructurales de la construcción; y el informe Geotécnico.

La Información Secundaria, correspondiente al resultado del análisis y revisión de los parámetros para la situación actual de la estructura sometida a todas las condiciones de cargas de servicio exigidas por el código vigente para el diseño y construcción para estructuras sismo resistentes NSR-10., A continuación, se relacionan algunos documentos que sirven de referencia para la realización del presente informe:

- AIS, ―Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente [NSR – 10 y NSR-98]; Título H: Estudios Geotécnicos. [Norma Sismo Resistente, DECRETO NÚMERO 926 DE 2010]‖, 2009. Titulo C: Concreto Estructural.

- Normas Colombianas de diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10 Título A, B, y C.
- ICONTEC, NTC 1504, ―Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería [Sistema de Clasificación Unificada de Suelos]. Equivalente a la Norma ASTM D 2487-93‖, Santa fe de Bogotá D. C. 2000.
- Principios de ingeniería de Cimentaciones; Braja M. Das; Cuarta edición.
- Levantamiento topográfico.
- Estudio geotécnico

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

2 PRINCIPIOS BÁSICOS DEL PROGRAMA DE DISEÑO

Descripción de los principios bajo los cuales se realiza el diseño y presentación de los datos identificables de entrada y salida, cuando se utiliza un equipo de procesamiento automático de información:

El análisis y diseño estructural se realizó usando el software ETABS Y SAP 2000® (Computers and Structures Inc. CSI). Para ello se creó un modelo de elementos finitos tridimensional, usando elementos tipo frame para los anclajes y tipo Shell para zapata y muros. Pesos propios de elementos son considerados directamente por el programa, pesos adicionales de muros, particiones, divisiones, acabados y otros son agregados directamente y llevados a los elementos colectores acorde áreas aferentes contributivas.

Los elementos tipo anclaje están en función de la rigidez del suelo, simulando la interacción suelo estructura de este, estos se determinan con la fuerza producida por el elemento y su deformación esperada.

La rigidez del suelo de fundación simulada en la cimentación de la estructura está definida en las memorias de cálculo geotécnicas del proyecto. Así se obtiene una interacción suelo estructura acorde a las características mismas del sitio de análisis.

Se realiza un análisis pseudoestático definido por la teoría de Mononobe-okabe para simular las fuerzas sísmicas entrantes al muro de contención. Este método toma en cuenta los valores espectrales tomados del CCP-14 en función de la amenaza sísmica de la zona y acorde a las recomendaciones del Ingeniero Geotecnista del Proyecto, la respuesta de sitio (coeficientes de amplificación de aceleración y velocidad de suelo, acorde a la zona de periodos cortos, intermedios o largos del espectro).

El programa SAP 2000® es un programa de análisis y diseño estructural basado en el método de los elementos finitos con características especiales para el análisis y diseño estructural de edificaciones. Este programa trabaja dentro de un sistema de datos ingresados, todo lo que se necesita es integrar el modelo dentro de un sistema de análisis y diseño con una versátil interfase. Los efectos que el programa proporciona son instantáneos y automáticos, con los que se obtiene los datos del análisis los cuales son procesados en hojas de cálculo basadas en los parámetros del reglamento CCP-14.

3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Dirección Y Localización: Barrio Santa Luisa de Marillac

Nombre de la Estructura: Criba de pilotes

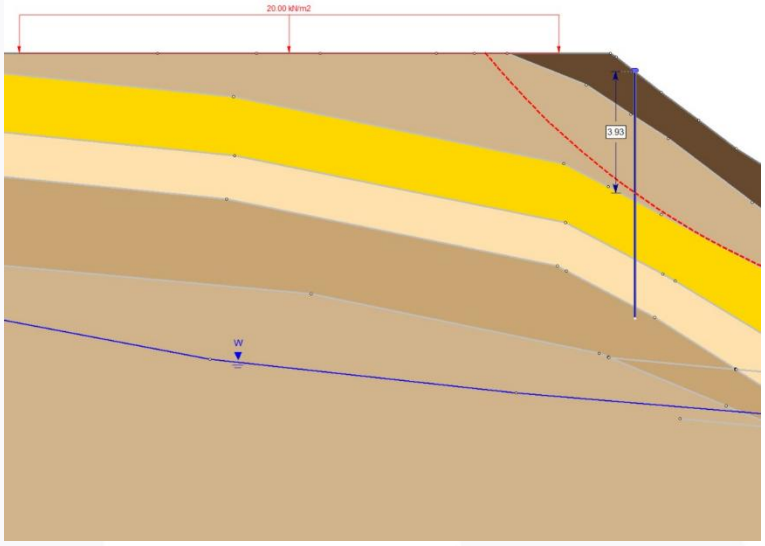


Ilustración 1. Perfil muro de contención pilotes de 8.0 m sector 2

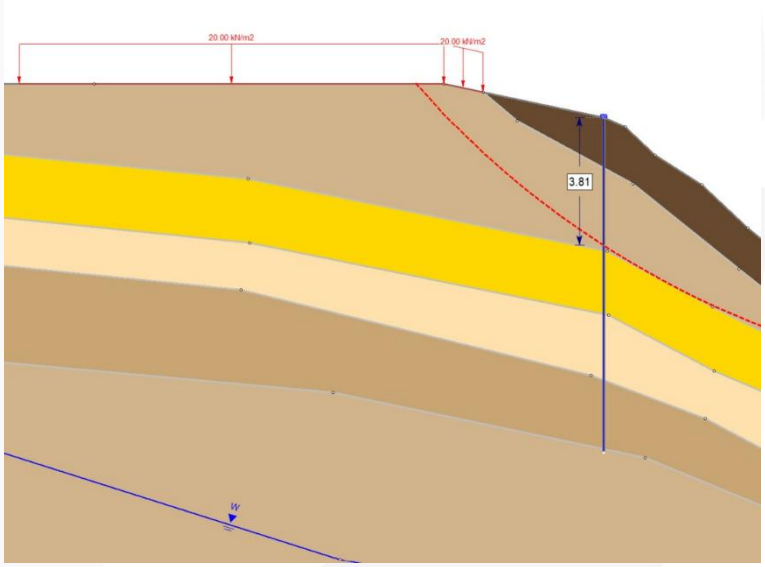


Ilustración 2. Perfil muro de contención pilotes de 10 m sector 3

4 DEFINICIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN EL DISEÑO

4.1 Categoría y clase de exposición para definir la resistencia a la compresión del concreto

La exposición a la que está sometida una estructura de concreto se determina por la naturaleza del ambiente que rodea la estructura y las condiciones a las que está expuesta. La categoría de exposición describe el tipo de ambiente al que está expuesta la estructura, mientras que la clase de exposición describe el grado de agresividad de ese ambiente; para hacer una descripción más precisa y optima de esto la NSR-10 en el titulo C, presenta la tabla C.4.2-1, en la cual se define de forma clara la categoría y clase de exposición.

Tabla 1. Categorías y clases de exposición. Fuente: NSR-10

TABLA C.4.2.1 — CATEGORÍAS Y CLASES DE EXPOSICIÓN

Categoría	Severidad	Clase	Condición	
F Congelamiento y deshielo	No aplicable	**F0**	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo	
	Moderada	**F1**	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad	
	Severa	**F2**	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y contacto continuo con la humedad	
	Muy severa	**F3**	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	
S Sulfato			**Sulfatos solubles en agua (SO_4) en el suelo, % en peso***	**Sulfatos (SO_4) disuelto en, ppm**
	No aplicable	**S0**	$SO_4 < 0.10$	$SO_4 < 150$
	Moderada	**S1**	$0.10 \le SO_4 < 0.20$	$150 \le SO_4 < 1500$ (agua marina)
	Severa	**S2**	$0.20 \le SO_4 \le 2.00$	$1500 \le SO_4 \le 10000$
	Muy severa	**S3**	$SO_4 > 2.00$	$SO_4 > 10000$
P Requiere baja permeabilidad	No aplicable	**P0**	En contacto con el agua donde no se requiera baja permeabilidad	
	Requerida	**P1**	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad	
C Protección del refuerzo para corrosión	No aplicable	**C0**	Concreto seco o protegido contra la humedad	
	Moderada	**C1**	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros	
	Severa	**C2**	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	

4.2 Módulo de elasticidad del concreto

En el NSR-10 Titulo C, se establece la ecuación para determinar el módulo de elasticidad para concretos de densidad entre 1440 kg/m3 y 2500kg/m3 y resistencias a la compresión del concreto hasta 100Mpa, dicha ecuación la describe como:

$$Ec = 4700 * \sqrt{f'c}$$

4.3 Relación de Poisson

En la NSR-10 se describe que la relación de Poisson se puede suponer igual a 0.2, a menos que se determine este factor mediante ensayos físicos.

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

4.4 Módulo de elasticidad del acero

El módulo de elasticidad, se especifica en la NSR-10 como 200 Gpa.

En consonancia con lo expuesto en los incisos anteriores, se determina los siguientes parámetros a utilizar para los materiales:

- Resistencia a la compresión del concreto para viga y pilotes, f´c=28 MPa.
- Peso específico del concreto reforzado ρc=2400 kg/m^3.
- Módulo de elasticidad del concreto $Ec = 4700 * \sqrt{21} = 21538\ Mpa$
- Relación de Poisson, P=0.2
- Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo fy=420 Mpa

Tabla 2. Recubrimiento aplicado

Elemento	Recubrimiento	Observación
PILOTE	75mm	
VIGA	75mm	Recubrimiento inferior, superior y laterales (aplicarle solado de limpieza en la cara inferior)

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO PARA EL MURO

El dimensionamiento de los elementos estructurales de los sistemas de contención y/o estabilización se lleva a cabo a través de un estudio detallado de los aspectos geológicos y geotécnicos de cada ubicación, para determinar las condiciones del terreno y las posibles interacciones con las estructuras a diseñar. Este análisis se complementa con un exhaustivo proceso de reconocimiento y caracterización de la topografía de las zonas identificadas durante el diagnóstico del proyecto.

Adicionalmente, se realizará un estudio minucioso de las cargas que afectarán a las estructuras de contención, considerando tanto las cargas estáticas (como el peso propio y la presión de los suelos) como las cargas dinámicas (derivadas de factores como la actividad sísmica y las condiciones de tráfico). La evaluación de estas cargas se realizará conforme a las especificaciones y normas establecidas por la NSR-10, garantizando que el diseño estructural cumpla con los requisitos de seguridad, estabilidad y durabilidad necesarios para enfrentar las condiciones del entorno y las solicitaciones proyectadas.

Como parte de una solución tipificada para el sector 2 y sector 3 se recomienda una criba de pilotes, compuesto por una viga cabezal y cimentación profunda con pilotes de 0.5m de diámetro y una profundidad que se define en función de la caracterización geotécnica de cada uno de los puntos de interés.

5.1 Pilote

Para este elemento se recomienda desde el componente geotécnico trabajar con un diámetro mínimo de 0.50m y una profundidad que definida en función de la caracterización geotécnica de cada sector, esto se evalúa en función de las condiciones del suelo, las cargas previstas, factores técnicos, factores económicos y de seguridad para garantizar la resistencia y durabilidad de la estructura en el proyecto; para el caso de estudio se tiene que para el sector 2 se manejara una longitud de 8.0 m y para el sector 3 una longitud de 10 m.

5.2 Viga

La viga actúa como distribuidor de cargas, repartiendo de manera uniforme las fuerzas hacia los pilotes y el suelo, evitando puntos de presión excesiva. Además, transmite de forma eficiente cargas verticales y horizontales al suelo a través de los pilotes, reduciendo asentamientos irregulares. Brinda estabilidad al conectar los pilotes, fortaleciendo la resistencia contra fuerzas externas. Al minimizar los asentamientos diferenciales, garantiza la estabilidad general y nivelación óptima de la estructura. Por lo anterior, se determina que la sección optima que garantice lo descrito es de 0.50m x 0.6m.

6 DEFINICIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO (TOMADO DEL INFORME GEOTÉCNICO)

Los espectros Elásticos de aceleración, velocidad y desplazamiento se definen en función de los siguientes parámetros:

Aa = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.

Av = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.

Fa = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional.

Fv = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.

g = aceleración debida a la gravedad (9.8 m/s2).

T: Valor del período fundamental del edificio, calculado de acuerdo con la prescrito en A.5 de la Normas Sismo Resistentes Colombianas NSR-10 [Método del Análisis Dinámico].

To: Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de aceleración constante del espectro de diseño.

Tc: Período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos cortos, y la parte descendiente del mismo.

TL: Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos largos.

Sa: Valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado. Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un período de vibración T.

I: Coeficiente de importancia definido en A.2.5.1 de la Normas Sismo Resistentes Colombianas NSR-10

6.1 Definición del tipo del perfil del suelo.

El procedimiento que se emplea para definir el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30m superiores del perfil; para el diseño del espectro elástico de aceleración se deben emplear los coeficientes espectrales definidos en el estudio de Zonificación Sísmica de Colombia, descritos en el título A de la norma NSR-10 – Capitulo A.2.

De acuerdo con los efectos locales descritos en las normas colombianas de diseño y construcción, y al mapa de zonificación sísmica de Colombia, el área del proyecto se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica alta. Respecto a los tipos de perfil de suelo para la definición de efectos locales, se obró según las disposiciones del numeral A.2.4 de las NSR-10, así partiendo de los valores del número de golpes NSPT (A partir de la caracterización del suelo y del cuadro resumen de propiedades del suelo, Anexo), medio para los diferentes estratos, para todos los casos al obtener la velocidad de cortante, se utilizan los valores promedio de las relaciones propuestas por Yoshida y Motonori (1988), Seed (1972), Imai y Fumoto (1975), Imai y Yoshimura (1970), Ohba y Toriumi (1970), Ohta y Goto (1978), Japan Road Association (2002).

Tabla 3. Criterio para la clasificación del tipo de perfil de suelo.

Tipo de Perfil de Suelo	Características del perfil
A	Roca competente con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s \geq 1500$ m/s.
B	Perfil de roca de rigidez media con $\bar{v}_s$ en el intervalo 1500 m/s $> \bar{v}_s \geq 760$ m/s.
C	Perfiles de suelo muy densos o roca blanda con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s$ en el intervalo 760 m/s $> \bar{v}_s \geq 360$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N} > 50$ golpes/pie, o $\bar{s}_u > 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm^2).
D	Perfiles de suelos rígidos con velocidad medida de onda de cortante $\bar{v}_s$ en el intervalo 360 m/s $> \bar{v}_s \geq 180$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N}$ en el intervalo 50 golpes/pie $> \bar{N} \geq 15$ golpes/pie, o $\bar{s}_u$ en el intervalo 100 kPa (≈ 1 kgf/cm^2) $> \bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm^2).
E	Perfil de suelo con velocidad medida de onda de cortante, $\bar{v}_s < 180$ m/s, o
	perfiles que cumplan con cualquiera de los dos criterios siguientes: $\bar{N} < 15$ golpes/pie, o $\bar{s}_u < 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm^2), o
	cualquier perfil con $H > 3$ m de arcilla blanda, definida como un suelo con $IP > 20$, $w > 40\%$ y $\bar{s}_u < 25$ kPa (≈ 0.25 kgf/cm^2) (véase la Nota al final de la Tabla).
F	Suelos que requieren evaluación particular de sitio, tales como: • Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. • Turbas o arcillas altamente orgánicas ($H > 3$ m de turba o arcillas altamente orgánicas donde $H =$ espesor del suelo) • Arcillas de alta plasticidad ($H > 7.5$ m con $IP > 75$) • Estratos de arcillas con rigidez de media a blanda de gran espesor ($H > 36$ m)

En los ordinales a continuación se hace el detalle de la obtención de los parámetros sísmicos.

Las bases del proyecto establecen que el modelo está ubicado en el municipio de Salento-Quindío, por lo que según NSR-10 título A, en el capítulo A.2.3 tabla A.2.3-1 se decreta que

Salento está en una zona de amenaza sísmica alta. De acuerdo con el reglamento colombiano de construcción sismorresistente, los parámetros de cálculo de la fuerza sísmica para el caso de estudio se obtuvieron a partir del espectro de la zona, de acuerdo con la Tabla A.2.3-2, A.2.3-3 y A.2.3-4 de coeficientes de Diseño.

6.2 Coeficiente de Aceleración Horizontal y velocidad horizontal Pico Efectiva para diseño Aa y Av

Conforme a la NSR-10 (A.2.4) y el mapa de zonificación sísmica de Colombia, el área del proyecto se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica Alta (Zona 5), con un valor de Aa=0.25 y Av= 0.25.

Departamento del Quindío						
Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
Armenia	63001	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Buenavista	63111	0.25	0.20	Alta	0.19	0.09
Calarcá	63130	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Circasia	63190	0.25	0.25	Alta	0.20	0.11
Córdoba	63212	0.25	0.20	Alta	0.20	0.10
Filandia	63272	0.25	0.25	Alta	0.20	0.11
Génova	63302	0.25	0.20	Alta	0.20	0.09
La Tebaida	63401	0.25	0.25	Alta	0.18	0.09
Montenegro	63470	0.25	0.25	Alta	0.19	0.10
Pijáo	63548	0.25	0.20	Alta	0.20	0.10
Quimbaya	63594	0.25	0.25	Alta	0.20	0.10
Salento	63690	0.25	0.25	Alta	0.18	0.09

6.3 Coeficientes de amplificación para períodos cortos e intermedios

Al cruzar los valores de Aa y Av definidas en las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 con el tipo de perfil de suelo (D), definido en el numeral 6.

Tabla 4 Valores de Fa y Fv para la zona de periodos intermedios del espectro

Valores del coeficiente Fa, para la zona de periodos cortos del espectro (NSR-10 Tabla A.2.4-3)									
	Intensidad de los movimientos sísmicos								
Tipo de Perfil	Aa=0.10	Aa=0.20	Aa=0.30	Aa=0.40	Aa=0.50	Aa=0.15	Aa=0.25	Aa=0.35	Aa=0.45
A	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.20	1.20	1.10	1.00	1.00	1.20	1.15	1.05	1.00
D	1.60	1.40	1.20	1.40	1.00	1.50	1.30	1.30	1.20
E	2.50	1.70	1.20	0.90	0.90	2.10	1.45	1.05	0.90
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota

Valores del coeficiente Fv , para la zona de períodos intermedios del espectro (NSR-10 Tabla A.2.4-4)									
	Intensidad de los movimientos sísmicos								
Tipo de Perfil	Av=0.10	Av=0.20	Av=0.30	Av=0.40	Av=0.50	Av=0.15	Av=0.25	Av=0.35	Av=0.45
A	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.65	1.55	1.45	1.35
D	2.40	2.00	1.80	1.50	1.50	2.20	1.90	1.65	1.50
E	3.50	3.20	2.80	2.40	2.40	3.35	3.00	2.60	2.40
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	véase nota

6.4 Espectro de aceleraciones

Conforme a lo estipulado por la NSR-10 (A.2.6), la forma del espectro elástico de aceleraciones, S_a expresado como fracción de la gravedad, para un coeficiente de amortiguamiento crítico del 5%, que se debe utilizar en el diseño, se da la figura A.2.6-1 y se define mediante la ecuación A.2.6-1 con las limitaciones dadas en A.2.6.1.1 a A.2.6.1.3.

Tabla 5. Valores para definición del espectro de aceleraciones.

Aa	0.25
Av	0.25
Fa	1.30
Fv	1.90

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

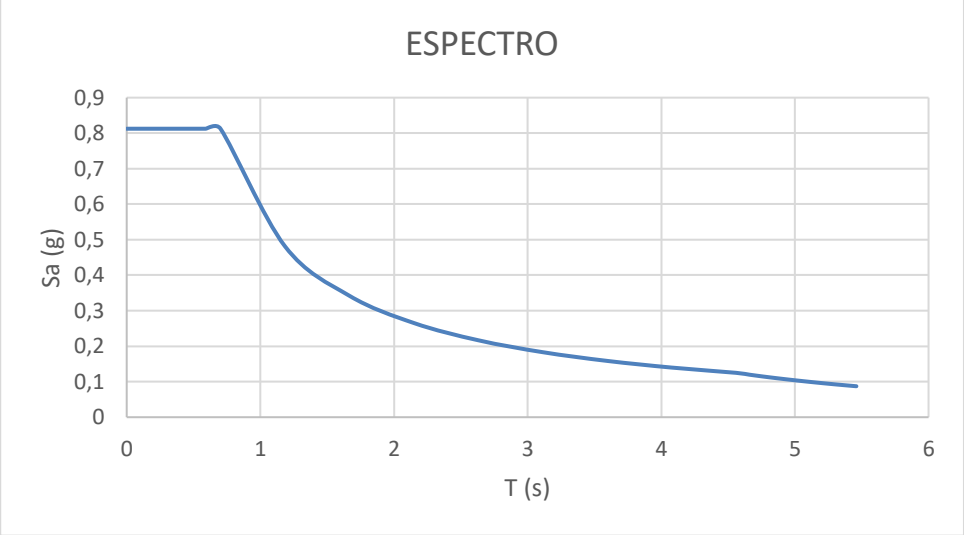


Gráfico 1. Espectro de aceleración

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

7 PARAMETROS GEOTECNICOS PARA CIMENTACIÓN

Los parámetros mostrados, son obtenidos del informe geotécnico, TRM-005-2025- SANTA LUISA DE MARILLAC.

Tabla 6. Parámetros geo mecánicos presentes en el sitio de estudio para el cálculo de empujes horizontales

γ=	15.39	KN/m³
C=	15	KN/m²
ϕ=	23.9	grados

Tabla 7. Capacidad de compresión axial para pilotes de 50cm de diámetro.

D=	0.50 m			SFp=	3.0	Factor de Seguridad por Punta				
NF=	10.00 m			SFs=	2.5	Factor de Seguridad por Fuste				
				Nivel Desplante:		**-0.00m**				
	Profundidad	**c**	**ϕ**	**γ**	**Nq**	**Nc**	**K0**	**Qp (Punta)**	**Qs (Fuste)**	**Qtotal**
#	**Prof Pilote (m)**	**ton/m²**		**ton/m³**				**ton**	**ton**	**ton**
1	6	1.70	23.90	1.546	9.51	19.21	0.60	7.92	11.90	16.99
2	7	2.00	25.00	1.529	10.67	20.74	0.58	10.27	13.08	20.05
3	8	2.00	25.00	1.529	10.67	20.74	0.58	11.33	14.43	21.99
4	9	2.20	26.00	1.548	11.86	22.27	0.56	13.99	15.96	25.71
5	10	2.50	26.80	1.550	12.92	23.60	0.55	16.07	17.57	28.93
6	11	2.50	26.80	1.550	12.92	23.60	0.55	16.54	19.24	30.60
7	12	2.50	26.80	1.550	12.92	23.60	0.55	17	20.98	32.33
8	13	2.50	26.80	1.550	12.92	23.60	0.55	17.47	22.78	34.12
9	14	2.50	26.80	1.550	12.92	23.60	0.55	17.93	24.64	35.97
10	15	2.50	26.80	1.550	12.92	23.60	0.55	18.4	26.56	37.89

A continuación, se resumen los valores máximos permitidos de acuerdo con el estudio de suelos presentado, para cimentación profunda con pilotes de 8.0 m y 10.0 m de longitud.

Tabla 8. Resumen de capacidad para los pilotes utilizados

Localización	Diámetro (cm)	Longitud (m)	Capacidad (Ton)
Sector 2	50	8	21.99
Sector 3	50	10	28.93

Tabla 9. Coeficientes de reacción horizontal del suelo para pilotes de longitud máxima 8.0 m en el sector 2

Método de Bowles y NAFAC Design Manual DM 7.2					
z	f	D (m)	D (m)	D (m)	D (m)
(m)	(KN/m3)	0.5	0.6	0.8	1
1	350	700	584	438	350
2	350	1400	1167	875	700
3	350	2100	1750	1313	1050
4	350	2800	2334	1750	1400
5	550	5500	4584	3438	2750
6	550	6600	5500	4125	3300
7	800	11200	9334	7000	5600
8	800	12800	10667	8000	6400
9	800	14400	12000	9000	7200
10	800	16000	13334	10000	8000
11	800	17600	14667	11000	8800
12	800	19200	16000	12000	9600

Tabla 10. Coeficientes de reacción horizontal del suelo para pilotes de longitud máxima 10.0 m en el sector 3

Método de Bowles y NAFAC Design Manual DM 7.2					
z	f	D (m)	D (m)	D (m)	D (m)
(m)	(KN/m3)	0.5	0.6	0.8	1
1	350	700	584	438	350
2	350	1400	1167	875	700
3	350	2100	1750	1313	1050
4	350	2800	2334	1750	1400
5	550	5500	4584	3438	2750
6	550	6600	5500	4125	3300
7	800	11200	9334	7000	5600
8	800	12800	10667	8000	6400
9	800	14400	12000	9000	7200
10	800	16000	13334	10000	8000
11	802	17644	14704	11028	8822
12	802	19248	16040	12030	9624
13	803	20878	17399	13049	10439
14	803	22484	18737	14053	11242
15	804	24120	20100	15075	12060

8 EVALUACIÓN DE CARGAS

La estructura deberá soportar las siguientes cargas.

- El peso propio de los elementos de concreto.
- Las cargas/fuerzas aplicadas por el paso del tráfico.
- Los efectos de deformación por temperatura y por retención

A fin de Determinar las solicitudes de cargas a que está sometida la estructura, para una estructura de este tipo, se espera como cargas de servicio las siguientes:

8.1 Determinación de la sobrecarga viva

De acuerdo a lo estipulado en 3.11.6.4 la sobrecarga por carga viva se realizará como una altura equivalente del suelo según lo específica las tablas 3.11.6.4-1 y 3.11.6.4-2

Tabla 11. Altura equivalente del suelo para sobrecarga carga viva 3.11.6.4

Tabla 3.11.6.4-1 — Alturas equivalentes de suelo para carga vehicular sobre estribos perpendiculares al tráfico

Altura del Estribo (mm)	h_{eq} (mm)
1500	1200
3000	900
≥ 6000	600

Tabla 3.11.6.4-2 — Alturas equivalentes de suelo para carga vehicular sobre muros de contención paralelos al tráfico

Altura del Muro de Contención (mm)	h_{eq} (m) Distancia desde el respaldo del muro al borde del tráfico	
	0.0 mm	300 mm o más
1500	1500	600
3000	1000	600
≥ 6000	600	600

Conociendo la altura del muro tenemos una altura equivalente del suelo de 600mm lo que equivale para nuestro estudio una sobrecarga estimada de 1.08 ton/m^2.

De acuerdo a lo estipulado en 3.11.6.4 la sobrecarga por carga viva se realizará como una altura equivalente del suelo según lo específica las tablas 3.11.6.4-1 y 3.11.6.4-2.

$$q_u = \gamma * h_{eq}.$$

$$q_u = 1.54 \left(\frac{ton}{m^3}\right) * 0.60m.$$

$$q_u = 0.924 \left(\frac{ton}{m^2}\right).$$

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

8.2 Empujes horizontales

8.2.1 Empuje activo

Para determinar el empuje activo, se debe de calcular en primera instancia el coeficiente activo.

$$Ka = \frac{1 - seno\emptyset}{1 + seno\emptyset}$$

Donde:

Ø: Es el ángulo de fricción interna del suelo

$$Ea = \frac{Ka * \gamma * H^2}{2}$$

$$\bar{Y} = \frac{H}{3}$$

Donde:

H: Altura del muro

ɣ: Peso específico del suelo

Ka: Coeficiente activo

$\bar{Y}$: Altura de aplicación

8.2.2 Empuje pasivo

Para determinar el empuje pasivo, se debe de calcular en primera instancia el coeficiente pasivo.

$$Kp = \frac{1 + seno\emptyset}{1 - seno\emptyset}$$

Donde:

Ø: Es el ángulo de fricción interna del suelo

$$Ep = \frac{Ka * \gamma * H^2}{2}$$

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

$$\bar{Y} = \frac{H}{3}$$

Donde:

H: Altura del muro

ɣ: Peso específico del suelo

Ka: Coeficiente activo

$\bar{Y}$: Altura de aplicación

8.2.3 Empuje Sísmico activo

Para determinar el empuje pasivo, se debe de calcular en primera instancia el coeficiente pasivo. Las pautas para determinar las presiones sísmicas están exhibidas en el capítulo 11.6.5.3 del CCP-14.

$$Kae = \frac{SENO(\emptyset + \alpha - \Psi)^2}{DA * COS(\Psi) * SENO(\alpha^2) * SENO(\alpha - \delta - \Psi)}$$

$$\Psi = TAN^{-1}\left(\frac{Ksth}{1 - Kstv}\right)$$

$$DA = \left(1 + \sqrt{\frac{SENO(\emptyset - \delta) * SENO(\emptyset - \beta - \Psi)}{SENO(\alpha - \delta - \Psi) * SENO(\alpha + \beta)}}\right)^2$$

$$Eae = \frac{Kae * \gamma * H^2}{2}$$

$$\Delta Eae = Eae - Ea$$

$$\bar{Y} = \left(\frac{\frac{Ea * H}{3} + \Delta Eae * 0.6 * H}{Eae}\right)$$

Donde:

H: Altura del muro

ɣ: Peso específico del suelo

Ka: Coeficiente activo

$\bar{Y}$: Altura de aplicación

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

Ø: Es el ángulo de fricción interna del suelo

α: Ángulo de inclinación del muro

δ: Ángulo de fricción entre el suelo y el estribo

β: Ángulo de inclinación del talud

8.3 Parámetros de empujes de suelo para los pilotes de 8m en el sector 2

Para determinar el empuje del suelo, se debe de considerar en el cálculo la altura de lleno que tendrá este y la altura del muro.

h=	8	Altura del muro (m)
ɣ	1.54	peso del suelo (t/m3)
Ø	23.9	Angulo de fricción del suelo
ı	0.00	Angulo del talud
β	0.00	Angulo de inclinación del vástago
α	90.00	Angulo de inclinación del vástago
dδ	0.00	Angulo de fricción entre el suelo y el estribo
KSTh	0.230	Coeficiente de sismo horizontal (ver comentario)
KSTv	0.000	Coeficiente de sismo vertical
Sobrecarga	2.0	ton/m2
y=	14.574	
DA=	1.589	
Kp=	2.362	Coeficiente de Empuje Pasivo
Ep=	116.41	Empuje Pasivo
Ka	0.423	Coeficiente estático de empuje de tierras (MULLER-BRESLAU)
H=	2.7	Punto de Aplicación del empuje activo estático (m)
Ea=	20.86	Empuje Activo Estático (ton/m)
Kae=	0.654	Coeficiente dinámico de empuje de tierras MONONOBE OKABE
Eae=	35.19	Empuje Activo Dinámico (ton/m)
ΔEae=	14.33	Diferencia de Empujes (ton/m)
H=	3.54	Punto de Aplicación del empuje activo dinámico (m)

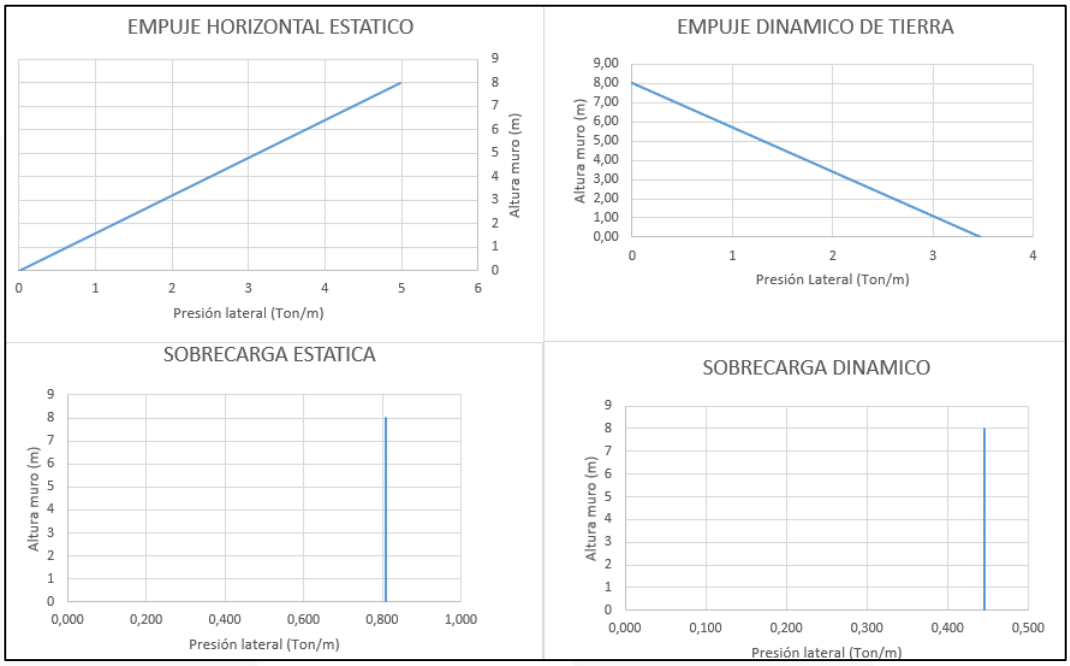


Ilustración 3. Gráficos de empujes considerados

Tabla 12. Empujes calculados

Yi	Empuje Estatico de tierra	Empuje Dinamico de tierra	Sobrecarga Estatica	Sobrecarga Dinámico	Empujes Estáticos	Empujes Dinámicos
m	ton/m2	ton/m2	ton/m2	ton/m2	ton/m2	ton/m2
0	0,000	2,846	0,635	0,346	0,635	3,192
0,8	0,522	2,561	0,635	0,346	1,157	2,908
1,6	1,043	2,277	0,635	0,346	1,678	2,623
2,4	1,565	1,992	0,635	0,346	2,200	2,339
3,2	2,086	1,707	0,635	0,346	2,721	2,054
4	2,608	1,423	0,635	0,346	3,243	1,769
4,8	3,129	1,138	0,635	0,346	3,764	1,485
5,6	3,651	0,854	0,635	0,346	4,286	1,200
6,4	4,172	0,569	0,635	0,346	4,807	0,916
7,2	4,694	0,285	0,635	0,346	5,329	0,631
8	5,216	0,000	0,635	0,346	5,851	0,346

Tabla 13. Empuje horizontal estático por el método de Beer en el sector 2

γ=	15.39	KN/m³
C=	15	KN/m²
ϕ=	23.9	grados

Z (m)	P (KN/m)	P (ton/m)
0	10.01	1.00
0.5	16.13	1.61
1	22.25	2.23
1.5	28.37	2.84
2	34.50	3.45
2.5	40.62	4.06
3	46.74	4.67
3.5	52.86	5.29
4	58.99	5.90

D=	0.50
D1=	1.50
D2=	1.00
Nϕ=	2.362
tanϕ=	0.443
tan(π/8+ϕ/4)=	0.542
senϕ=	0.405
D1/D2=	1.500
(D1-D2)/D2=	0.500
tan(π/4+ϕ/2)=	1.537
F1ϕ	0.810
F2ϕ	0.1726

8.4 Parámetros de empujes de suelo para los pilotes de 10 m en el sector 3

Para determinar el empuje del suelo, se debe de considerar en el cálculo la altura de lleno que tendrá este y la altura del muro.

Tabla 14. Cálculo de empujes horizontales

h=	10	Altura del muro (m)
ɣ	1.54	peso del suelo (t/m3)
Ø	23.9	Angulo de fricción del suelo
ı	0.00	Angulo del talud
β	0.00	Angulo de inclinación del vástago
α	90.00	Angulo de inclinación del vástago
dδ	0.00	Angulo de fricción entre el suelo y el estribo
KSTh	0.230	Coeficiente de sismo horizontal (ver comentario)
KSTv	0.000	Coeficiente de sismo vertical
Sobrecarga	1.5	ton/m2
y=	14.574	
DA=	1.589	
Kp=	2.362	Coeficiente de Empuje Pasivo
Ep=	181.89	Empuje Pasivo
Ka	0.423	Coeficiente estático de empuje de tierras (MULLER-BRESLAU)
H=	3.3	Punto de Aplicación del empuje activo estático (m)
Ea=	32.6	Empuje Activo Estático (ton/m)
Kae=	0.654	Coeficiente dinámico de empuje de tierras MONONOBE OKABE
Eae=	54.04	Empuje Activo Dinámico (ton/m)
ΔEae=	21.44	Diferencia de Empujes (ton/m)
H=	4.39	Punto de Aplicación del empuje activo dinámico (m)

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

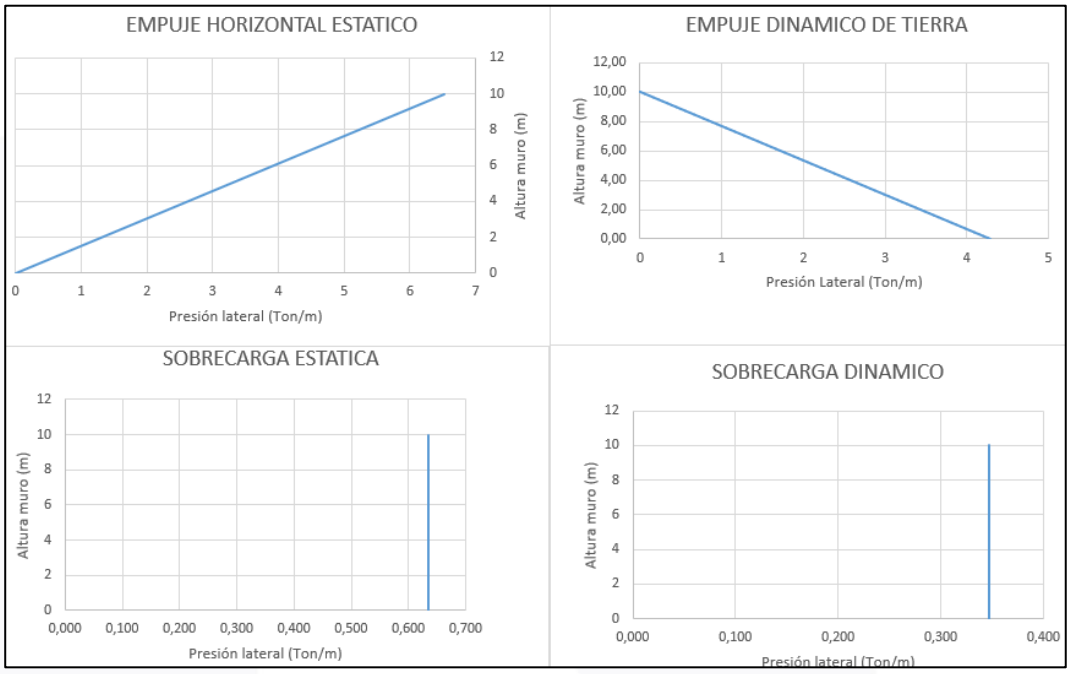


Ilustración 4. Gráficos de los empujes considerados

Tabla 15. Empujes calculados.

Yi	Empuje Estatico de tierra	Empuje Dinamico de tierra	Sobrecarga Estatica	Sobrecarga Dinámico	Empujes Estáticos	Empujes Dinámicos
m	ton/m2	ton/m2	ton/m2	ton/m2	ton/m2	ton/m2
0	0,000	3,557	0,635	0,346	0,635	3,904
1	0,652	3,202	0,635	0,346	1,287	3,548
2	1,304	2,846	0,635	0,346	1,939	3,192
3	1,956	2,490	0,635	0,346	2,591	2,837
4	2,608	2,134	0,635	0,346	3,243	2,481
5	3,260	1,779	0,635	0,346	3,895	2,125
6	3,912	1,423	0,635	0,346	4,547	1,769
7	4,564	1,067	0,635	0,346	5,199	1,414
8	5,216	0,711	0,635	0,346	5,851	1,058
9	5,868	0,356	0,635	0,346	6,503	0,702
10	6,519	0,000	0,635	0,346	7,155	0,346

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

Tabla 16. Empujes horizontales por el método de beer para los pilotes

γ=	15.39	KN/m³
C=	15	KN/m²
ϕ=	23.9	grados

Z (m)	P (KN/m)	P (ton/m)
0	10.01	1.00
0.5	16.13	1.61
1	22.25	2.23
1.5	28.37	2.84
2	34.50	3.45
2.5	40.62	4.06
3	46.74	4.67
3.5	52.86	5.29
4	58.99	5.90

D=	0.50
D1=	1.50
D2=	1.00
Nϕ=	2.362
tanϕ=	0.443
tan(π/8+ϕ/4)=	0.542
senϕ=	0.405
D1/D2=	1.500
(D1-D2)/D2=	0.500
tan(π/4+ϕ/2)=	1.537
F1ϕ	0.810
F2ϕ	0.1726

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

9 COMBINACIONES DE CARGA

Con el fin de establecer las combinaciones de carga a usar es necesario recurrir al título B de la NSR-10 en el capítulo B.2.3 y B.2.4 “Combinaciones de carga básicas”.

$D+F$	(B.2.3-1)
$D+H+F+L+T$	(B.2.3-2)
$D+H+F+(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-3)
$D+H+F+0.75(L+T)+0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-4)
$D+H+F+W$	(B.2.3-5)
$D+H+F+0.7E$	(B.2.3-6)
$D+H+F+0.75W+0.75L+0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-7)
$D+H+F+0.75(0.7E)+0.75L+0.75(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.3-8)
$0.6D+W+H$	(B.2.3-9)
$0.6D+0.7E+H$	(B.2.3-10)

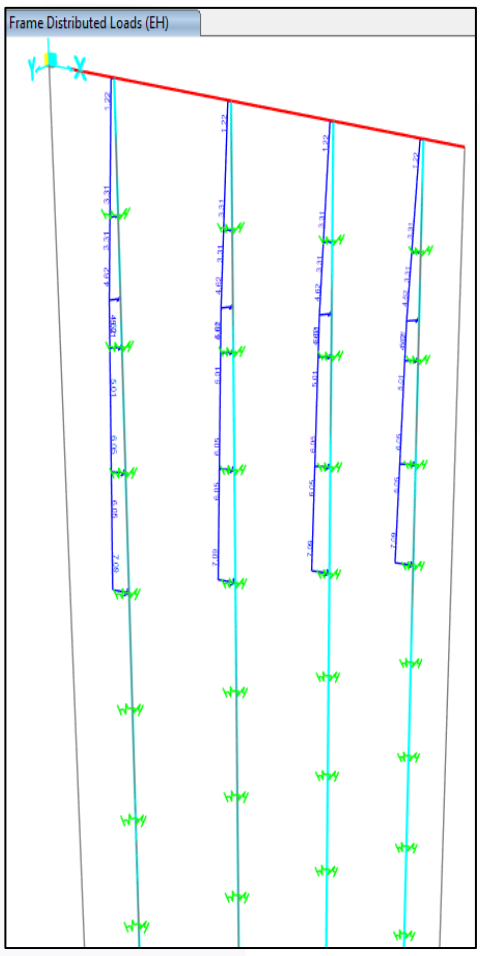
Ilustración 5. Combinaciones de carga por el estado límite de servicio B.2.3. Fuente (NSR-10)

$1.4(D+F)$	(B.2.4-1)
$1.2(D+F+T)+1.6(L+H)+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-2)
$1.2D+1.6(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)+(L \text{ ó } 0.8W)$	(B.2.4-3)
$1.2D+1.6W+1.0L+0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-4)
$1.2D+1.0E+1.0L$	(B.2.4-5)
$0.9D+1.6W+1.6H$	(B.2.4-6)
$0.9D+1.0E+1.6H$	(B.2.4-7)

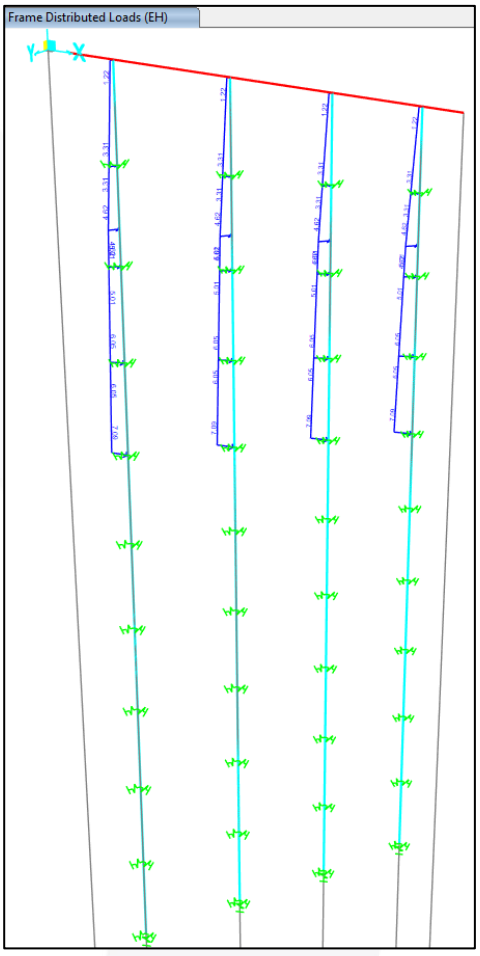
Ilustración 6. Combinaciones de carga por el estado límite de resistencia B.2.4. Fuente (NSR-10)

10 MODELO ESTRUCTURAL DE LA CRIBA DE PILOTES

10.1 Cargas aplicadas



(a)



(b)

Ilustración 7. Empuje estático de la tierra pilotes sector 2 (a) y pilotes sector 3 (b) método de Beer

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

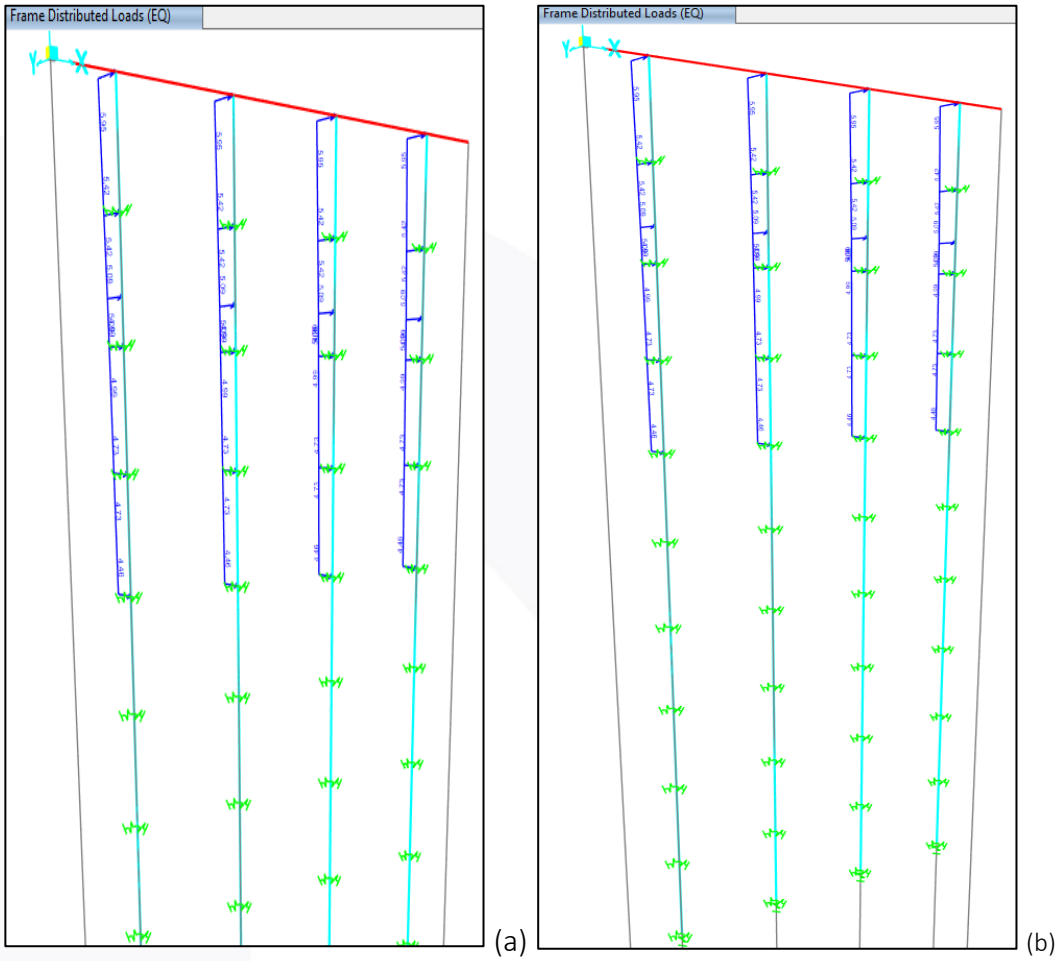
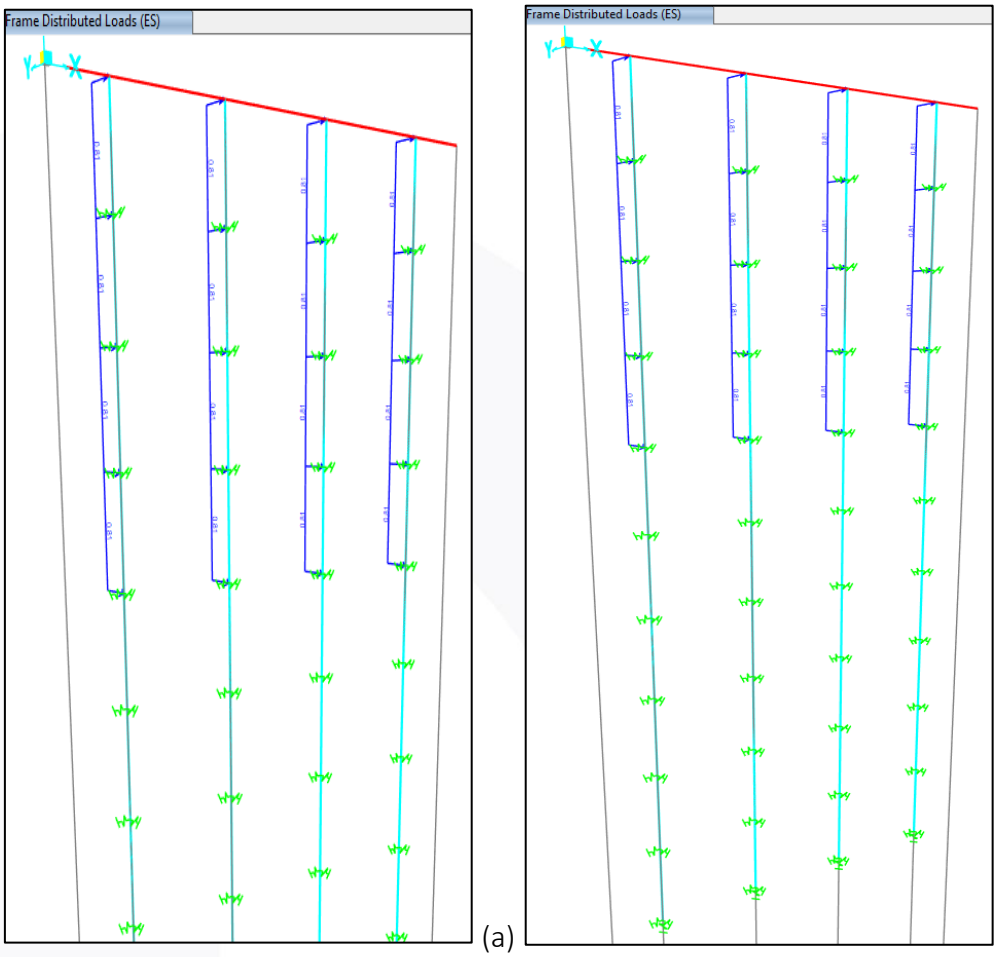


Ilustración 8. Empuje sísmico de la tierra pilotes sector 2 (a) y pilotes sector 3 (b)

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío



(a)

Ilustración 9. Empuje por sobrecarga estático sector 2 (a) y sector 3 (b)

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

10.2 Chequeo de desplazamiento de la criba de pilotes en el sector 2

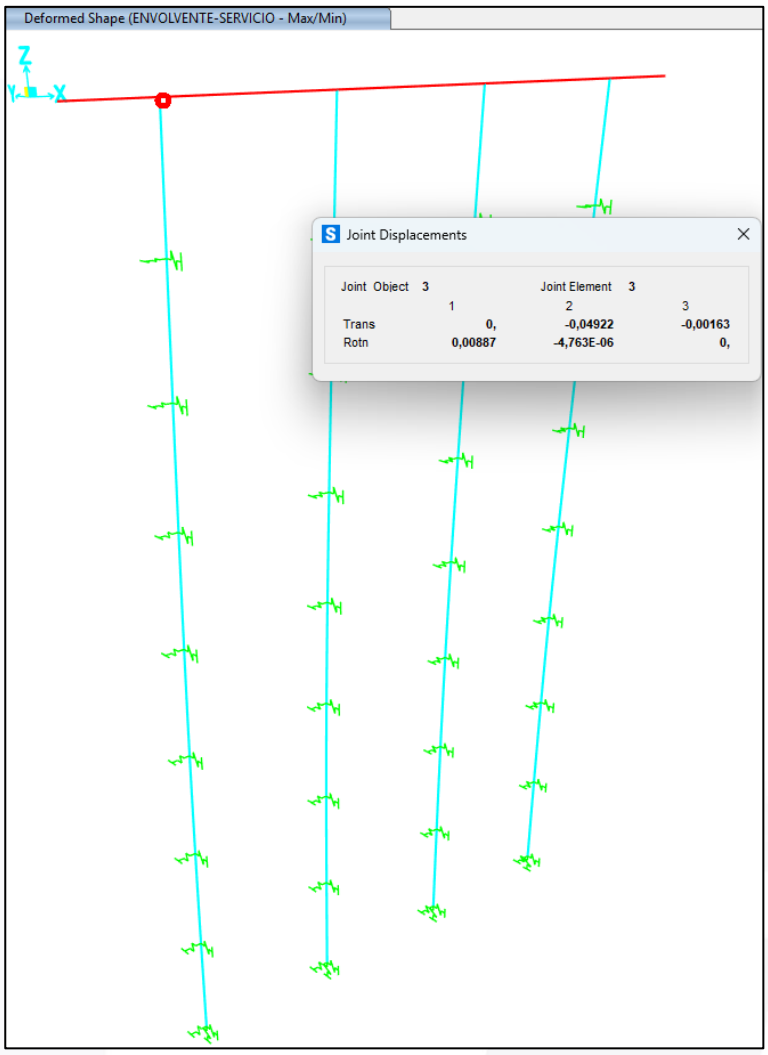


Ilustración 10. Desplazamiento del muro debido a cargas de servicio.

Como se aprecia en la ilustración 10, el desplazamiento del muro es de 4.9 cm el cual da un desplazamiento relativo del 0.61% que está por debajo del 1%; por lo tanto, se cumple.

10.3 Resultados de la viga en la zona sector 2

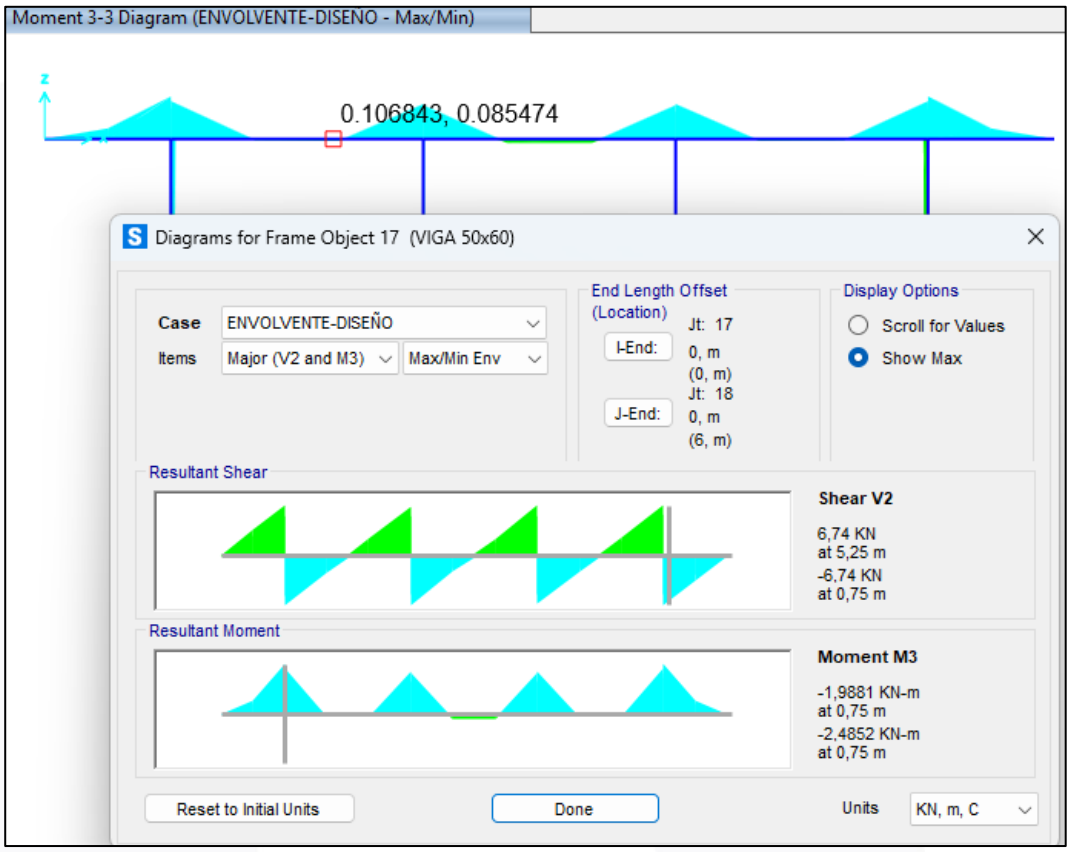


Ilustración 11. Envolvente de diseño, momento M3=2.5 KN*m – cortante V2=6.74KN

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

10.4 Resultados en los pilotes en el sector 2

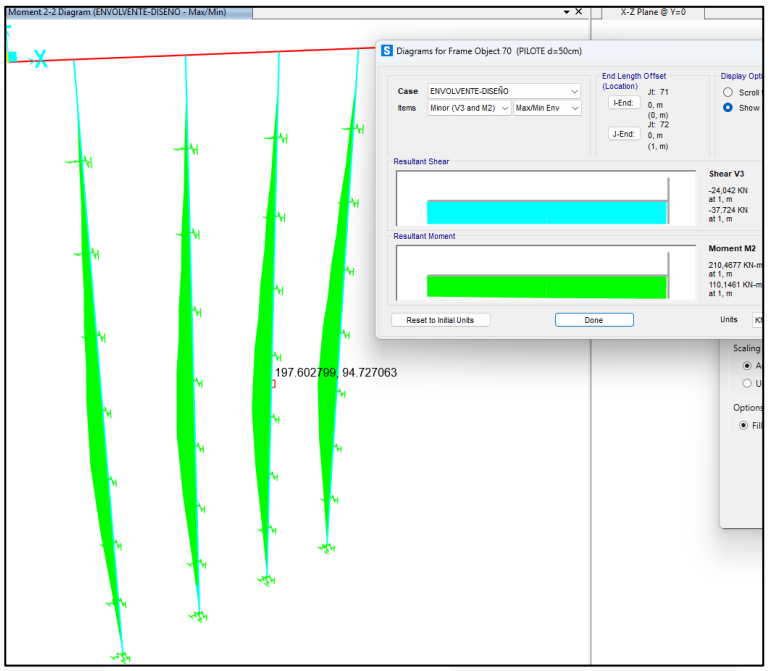


Ilustración 12. Envolvente de diseño, Momento M2=210.47 KN*m

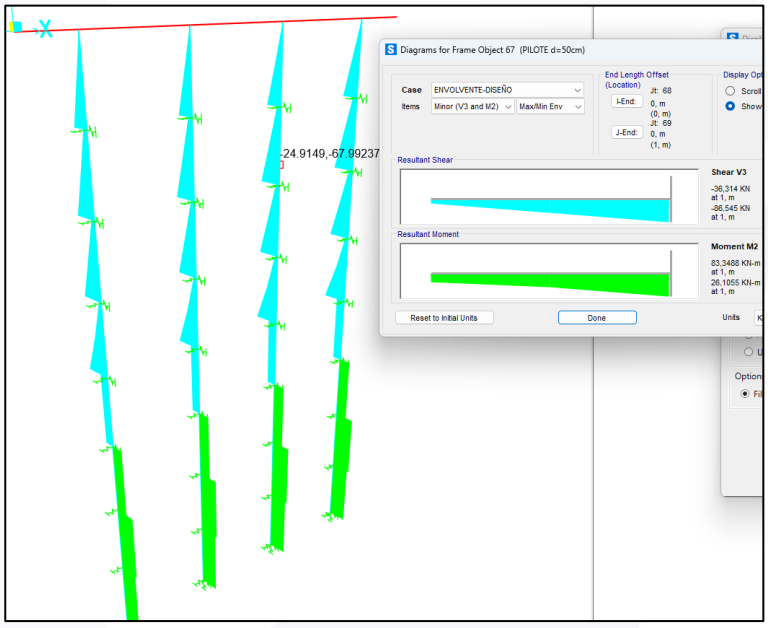


Ilustración 13. Envolvente de diseño, Cortante V23=86.5 KN

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

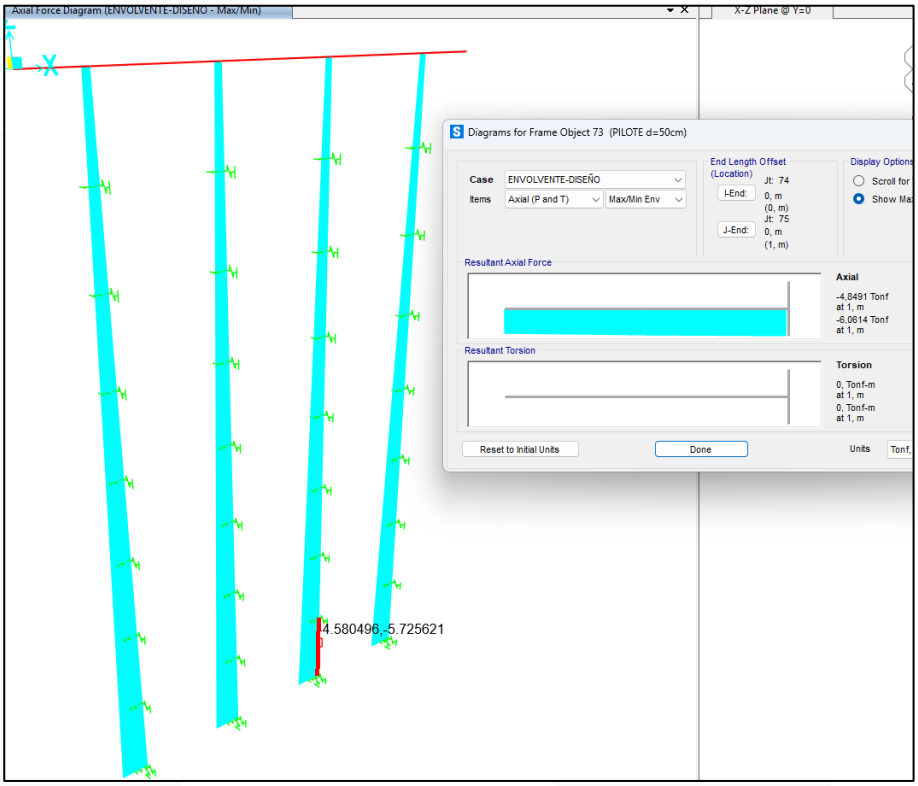


Ilustración 14. Resultados de fuerza axial en los pilotes. Axial compresión=6.06 Ton

Al determinar la carga axial del modelo de 6.06 Ton y al compararlo con la tabla 9 donde dice que la carga axial máxima admisible es de 21.99 Ton, se determina que se cumple por carga axial.

10.5 Chequeo de desplazamiento de la criba de pilotes en el sector 3

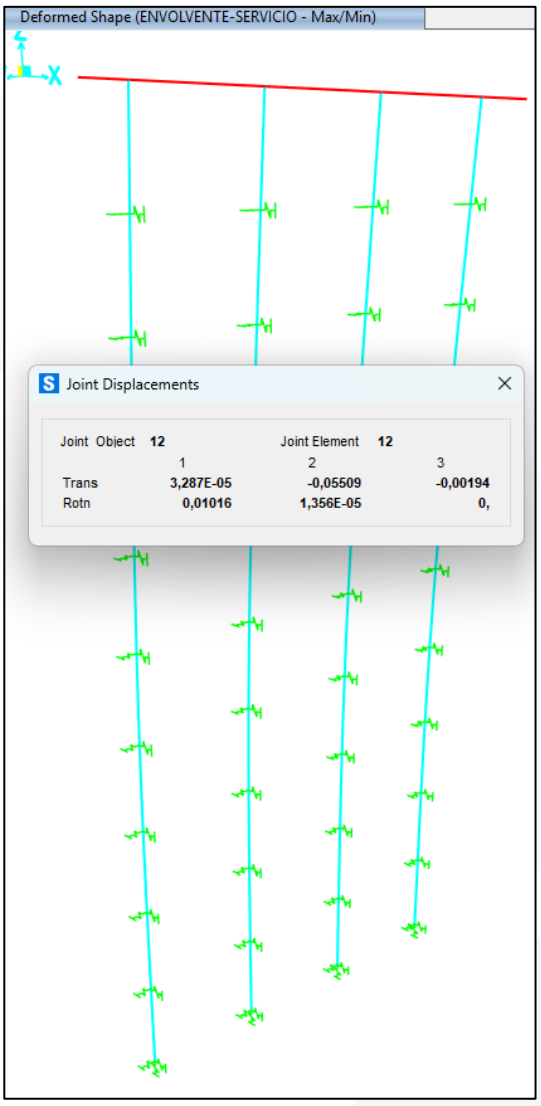


Ilustración 15. Desplazamiento del muro debido a cargas de servicio.

Como se aprecia en la ilustración 10, el desplazamiento del muro es de 5.5cm el cual da un desplazamiento relativo del 0.55% que está por debajo del 1%; por lo tanto, se cumple.

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

10.6 Resultados de la viga en el sector 3

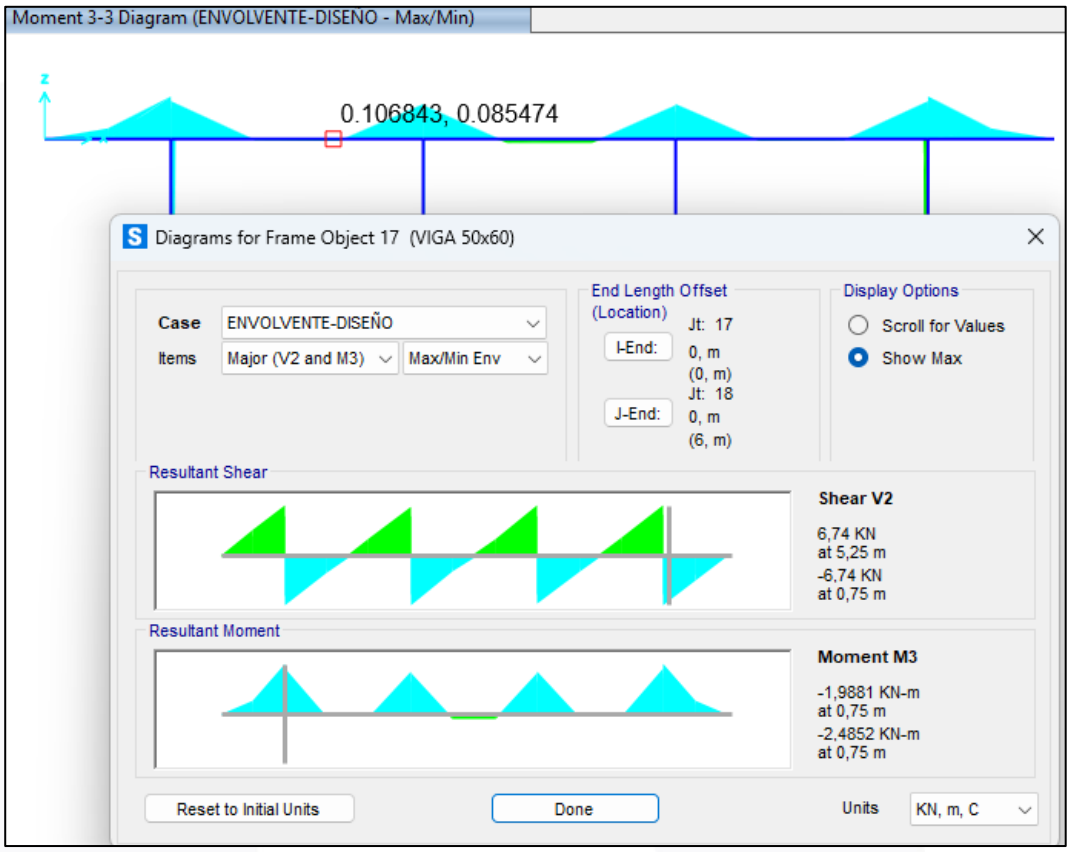


Ilustración 16. Envolvente de diseño, momento M3=2.5 KN*m – cortante V2=6.74KN

10.7 Resultados en los pilotes sector 3

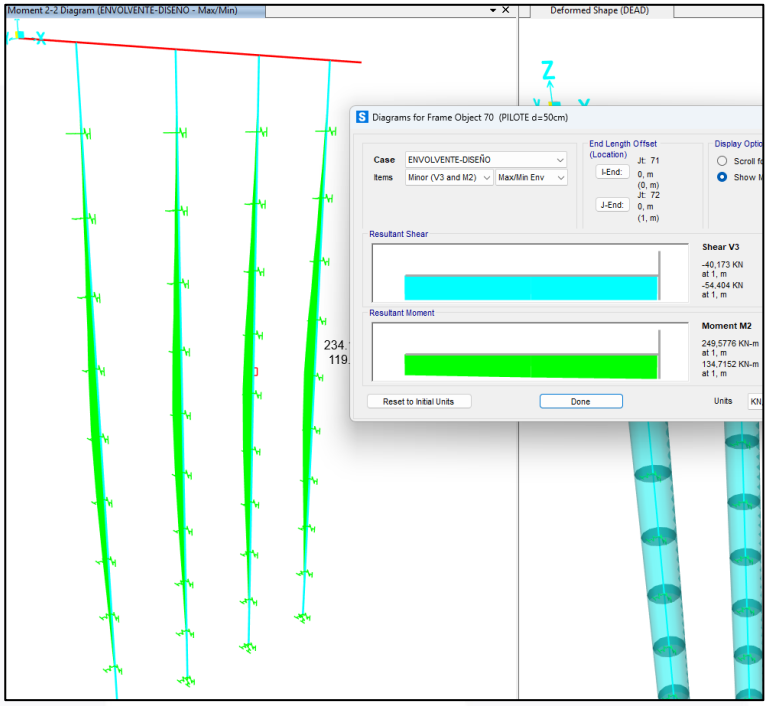


Ilustración 17. Envolvente de diseño, Momento M2=249.6 KN*m

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

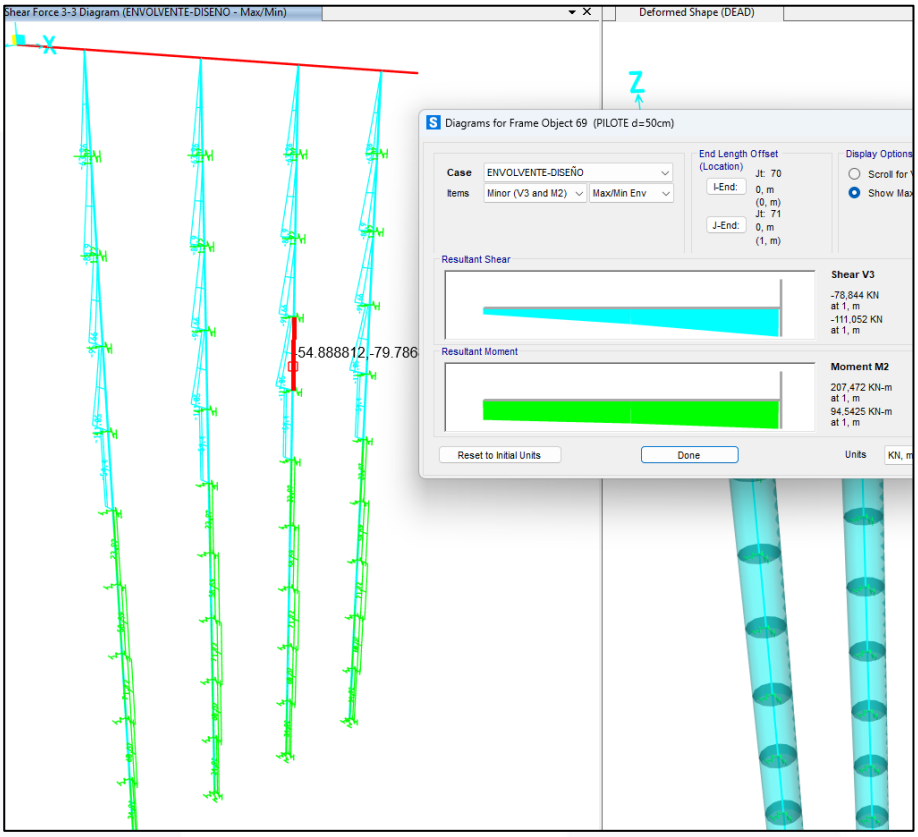


Ilustración 18. Envolvente de diseño, Cortante V23=111.1 KN

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

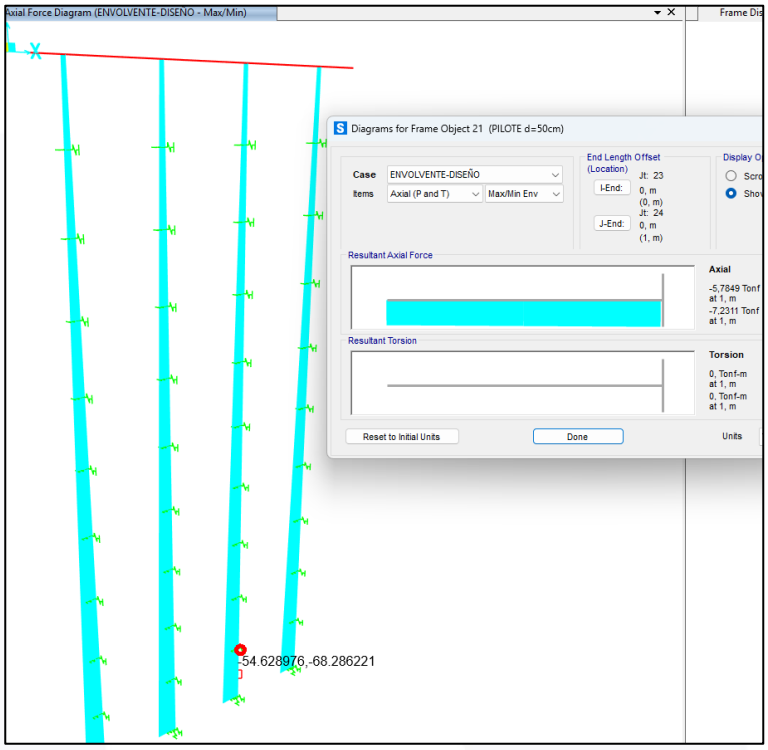


Ilustración 19. Resultados de fuerza axial en los pilotes. Axial compresión=7.23 Ton

Al determinar la carga axial del modelo de 7.23 Ton y al compararlo con la tabla 9 donde dice que la carga axial máxima admisible es de 28.9 Ton, se determina que se cumple por carga axial.

11 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE LA CRIBA EN EL SECTOR 2

11.1 Diseño de la viga

Tabla 17. Diseño del vástago del muro

DISEÑO DE LA VIGA					
F'c	28	Mpa	DISEÑO A FLEXIÓN DE LA VIGA		
Fy	420	Mpa	a	b	c
ϕ	0,75		14,70588235	-0,425	0,002645503
b	0,6	m	As (cm^2)	-1,55	
d	0,425	m	Cuantia	-0,000606318	
			Asmin (cm2)	8,5	
CHEQUEO POR CORTANTE			Cuantia minima	0,003333333	
Vu (KN)	6,740		Ascm2	8,50	
d'	0,075		# barrra	4	
d (m)	0,425		Área barra cm2	1,27	
Vc	382,311		Cantidad	6,71	7
ØVc	286,733	CUMPLE	C/u	8,57	cm
Mu (KN*m)	2,500		Ldh	0,23	CUMPLE

Se determina que el acero a flexión para la viga corresponde con la cuantía mínima, lo cual da como resultado que se deben utilizar mínimo 7 barras #4, pero se recomienda utilizar 8 y como refuerzo transversal cumple con 2 ramales de #3 pero se recomienda utilizar mínimo 3 ramales cada 8cm.

11.2 Diseño de los pilotes

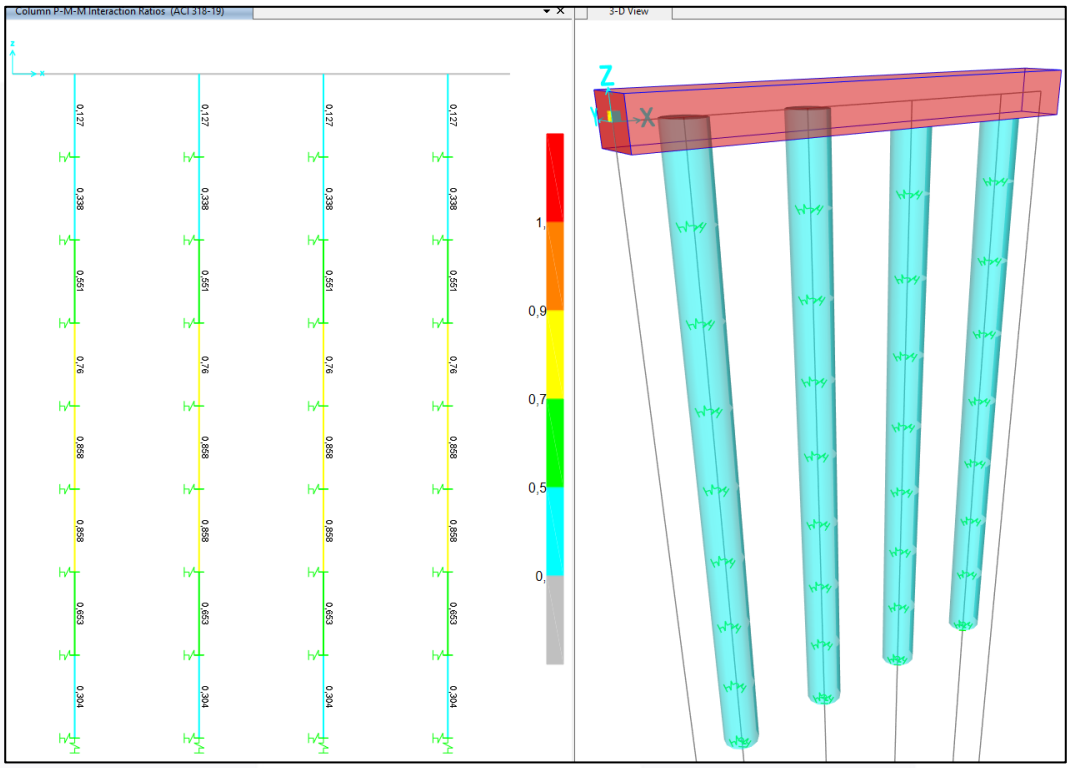


Ilustración 20.Relación de demanda vs capacidad, R=0.86

En la ilustración 20, se presenta el chequeo de capacidad vs demanda el cual da una relación máxima de 0.92 que es inferior a 1 por lo tanto se cumple, este modelo se realiza con una cuantía del 2.58% como refuerzo del pilote el cual es superior a lo mínimo exigido por la NSR-10 del 0.5%; por lo cual, el pilote se refuerza con 10 barras numero 8 (10#8) durante toda su longitud, con un refuerzo transversal en la zona confinada de estribo #3 con una separación de 7.5cm la cual por cuestiones geotécnicas se desarrollará en los primeros 5m de la longitud del pilote y una separación de 20cm en el resto del pilote.

12 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE LA CRIBA EN EL SECTOR 2

12.1 Diseño de la viga

Tabla 18. Diseño del vástago del muro

DISEÑO DE LA VIGA					
F'c	28	Mpa	DISEÑO A FLEXIÓN DE LA VIGA		
Fy	420	Mpa	a	b	c
ϕ	0,75		14,70588235	-0,425	0,002645503
b	0,6	m	As (cm^2)	-1,55	
d	0,425	m	Cuantia	-0,000606318	
			Asmin (cm2)	8,5	
CHEQUEO POR CORTANTE			Cuantia minima	0,003333333	
Vu (KN)	6,740		Ascm2	8,50	
d'	0,075		# barrra	4	
d (m)	0,425		Área barra cm2	1,27	
Vc	382,311		Cantidad	6,71	7
ØVc	286,733	CUMPLE	C/u	8,57	cm
Mu (KN*m)	2,500		Ldh	0,23	CUMPLE

Se determina que el acero a flexión para la viga corresponde con la cuantía mínima, lo cual da como resultado que se deben utilizar mínimo 7 barras #4, pero se recomienda utilizar 8 y como refuerzo transversal cumple con 2 ramales de #3 pero se recomienda utilizar mínimo 3 ramales.

12.2 Diseño de los pilotes

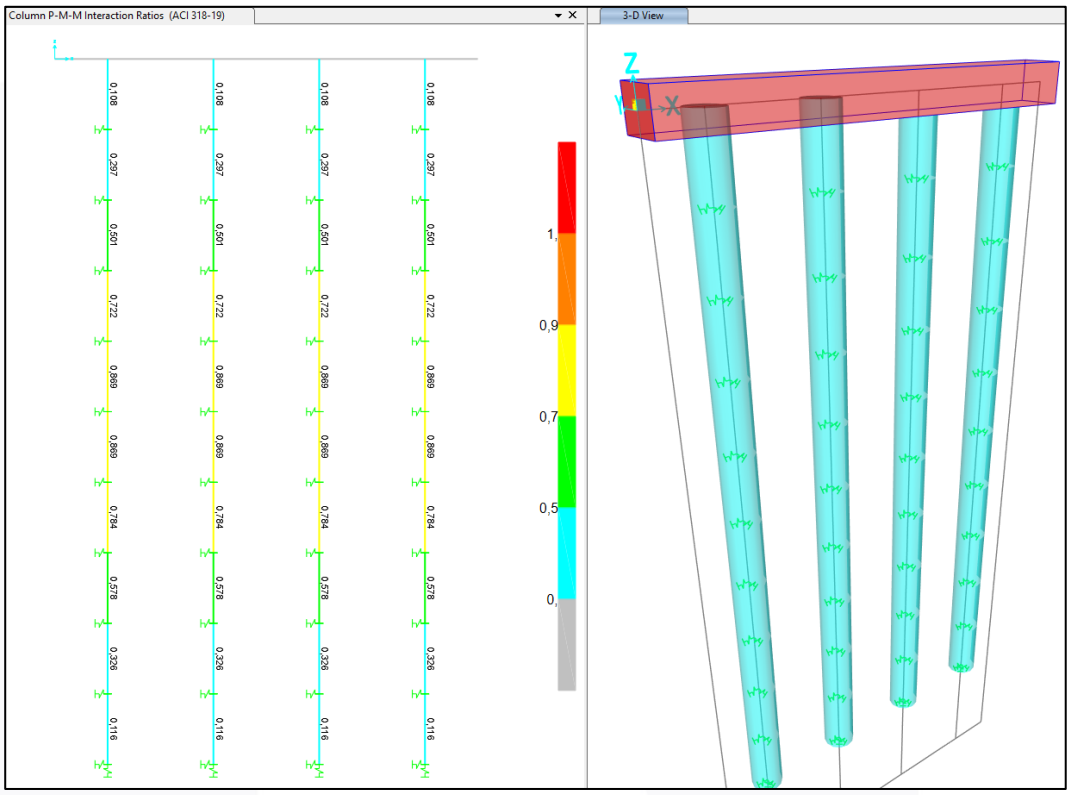


Ilustración 21.Relación de demanda vs capacidad, R=0.87

En la ilustración 21, se presenta el chequeo de capacidad vs demanda el cual da una relación máxima de 0.98 que es inferior a 1 por lo tanto se cumple, este modelo se realiza con una cuantía del 3.1% como refuerzo del pilote el cual es superior a lo mínimo exigido por la NSR-10 del 0.5%; por lo cual, el pilote se refuerza con 12 barras numero 8 (12#8) durante toda su longitud, con un refuerzo transversal en la zona confinada de estribo #3 con una separación de 7.5cm la cual por cuestiones geotécnicas se desarrollará en los primeros 5m de la longitud del pilote y una separación de 20cm en el resto del pilote.

13 RECOMENDACIONES

1. Drenaje Adecuado:

La implementación de un sistema de drenaje eficaz es crucial para evitar la acumulación de agua y, con ello, las presiones hidrostáticas adicionales que podrían comprometer la estabilidad del muro. Se recomienda la instalación de drenes o tubos perforados a lo largo del talud.

2. Supervisión y Control de Calidad:

Durante la construcción, se debe asegurar una supervisión constante para verificar el cumplimiento estricto del diseño estructural. El control de calidad en los materiales utilizados, especialmente en el concreto y acero, es esencial para garantizar la durabilidad del muro. Se recomienda realizar pruebas de laboratorio para asegurar la calidad de los materiales.

informacion.terram@gmail.com
Cel: 310 409 4063
Tel: (6) 7463714
Cll 9 No. 12-37. Armenia, Quindío

14 CONCLUSIONES

- La capacidad portante obtenida garantiza un margen de seguridad adecuado frente a las cargas de diseño, mientras que el asentamiento calculado está dentro de los valores admisibles, evitando deformaciones diferenciales que puedan comprometer el desempeño del muro de contención.
- En consecuencia, los pilotes evaluados presentan un comportamiento estructural y geotécnico satisfactorio, validando su idoneidad como solución de cimentación para las condiciones del terreno y las cargas de proyecto
- El acero de refuerzo necesario para la viga, es de barra número 8 barras numero 4 (8#4) en toda la longitud del módulo, como refuerzo transversal se recomienda utilizar mínimo 3 ramales con barra #3.
- El acero de refuerzo longitudinal para los pilotes del sector 2 estará compuesto por 10 barras número 8. Por su parte, el refuerzo transversal de la espiral estará conformado en la zona confinada de estribo #3 con una separación de 7.5cm la cual por cuestiones geotécnicas se desarrollará en los primeros 5m de la longitud del pilote y una separación de 20cm en el resto del pilote.
- El acero de refuerzo longitudinal para los pilotes del sector 3 estará compuesto por 12 barras número 8. Por su parte, el refuerzo transversal de la espiral estará conformado en la zona confinada de estribo #3 con una separación de 7.5cm la cual por cuestiones geotécnicas se desarrollará en los primeros 5m de la longitud del pilote y una separación de 20cm en el resto del pilote.