

Diseño de muros con paneles de concreto



Más allá
siempre

www.tdmcolombia.co

ASISTENCIA TÉCNICA

TDM Colombia cuenta con un equipo altamente calificado de ingenieros y especialistas que brindan apoyo para cualquier etapa de los proyectos, desde la estructuración hasta la construcción en busca de lograr soluciones óptimas para nuestros clientes.

Como fabricantes contamos con amplio know-how que nos permite desarrollar soluciones innovadoras adaptadas a cada región, necesidad y zona geográfica en donde operamos.

Como parte del Grupo TDM contamos con grupos especializados en varios países donde hacemos presencia, tales como Perú, Colombia, Brasil, México, Chile, Argentina entre otros, dispuestos a brindar apoyo a diferentes sectores de la ingeniería.



Más allá
siempre

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
2. GENERALIDADES	5
2.1. OBJETIVO	5
2.2. ALCANCE	5
2.3. METODOLOGÍA	6
2.3.1. Diseño del Muro	6
2.3.2. Elementos de refuerzo	7
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
4. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	8
5. PARÁMETROS DE DISEÑO	9
5.1. COEFICIENTES SÍSMICOS	9
5.2. MATERIALES DEL MURO	9
5.2.1. PLACAS DE CONCRETO PREFABRICADAS	9
5.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO GRANULAR COMPACTADO	10
5.2.3. ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS	10
6. CARGAS CONSIDERADAS EN EL DISEÑO	12
7. ANÁLISIS de ESTABILIDAD	12
8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD INTERNA	12
9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EXTERNA	13
10. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PANEL EN CONCRETO	20
11. PROCESO CONSTRUCTIVO	25
11.1. Actividades preliminares	25
11.2. Alistamiento de formaleta	25
11.3. Fundida de paneles	25
11.4. Acopio de paneles	27
11.5. Replanteo y materialización de la viga de cimentación	28
11.6. Izaje y colocación de paneles	28
11.7. Colocación del geotextil y neoprenos	29
11.8. Colocación de geomalla y tensionamiento	29
11.9. Extensión y compactación del relleno	30

11.10. Viga de coronación

30

12. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y REFERENCIAS

31

1. INTRODUCCIÓN

Los muros en paneles de concreto consisten en la estabilización mecánica de un material por medio de la incorporación ordenada de refuerzos sintéticos (geomallas) en el interior de un relleno granular compactado. La fricción producida entre la superficie de los refuerzos sintéticos y el relleno estructural proporcionan la estabilidad del muro.

La estabilidad externa del muro se basa en la resistencia a la componente horizontal de los empujes estáticos y pseudo estáticos del suelo a retener y la estabilidad interna se basa en consideraciones de rotura y de arrancamiento, de esta forma se genera un bloque de suelo reforzado estable. Para evitar los procesos erosivos, y brindar un aporte estructural, la fachada del muro se cubre con placas prefabricadas de concreto, en las cuales se encuentran embebidos los refuerzos sintéticos.



Figura 1 Muro en paneles de concreto – TDM Colombia

2. GENERALIDADES

2.1. OBJETIVO

Elaboración de un diseño para la construcción de muros con el sistema de fachada en Paneles TDM, atendiendo los requerimientos de diseño contenidos en la guía de diseño FHWA-NHI-024.

2.2. ALCANCE

Realización del diseño y recomendaciones geotécnicas, de acuerdo con la información y estudios de referencia suministrados por el cliente.

El alcance del trabajo incluye los siguientes aspectos:

- Revisión y/o comentarios generales de las condiciones del terreno.
- Presentar recomendaciones, medidas preventivas y correctivas para obtener las condiciones de estabilidad del muro, requeridas en las especificaciones técnicas del proyecto.
- Formulación las recomendaciones, planos esquemáticos.

2.3. METODOLOGÍA

Para el presente proyecto, los cálculos siguieron los procedimientos y recomendaciones de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes LRFD-CCP14 (2014), específicamente los publicados en la sección 3 (Cargas y Factores de Carga), sección 11 (Muros, Estribos y Pilas)

Para la elaboración del diseño del Muro, se toma como referencia la información definida en los estudios **“Informe componente geotécnico”** y **“Memoria justificativa del cálculo y diseño estructural”** elaborados por la firma **CARINSA**, las secciones geométricas y alineamiento en planta dispuestos en el archivo **“ACAD-20250411-DISEÑO GEOMETRICO-Model”**.

2.3.1. Diseño del Muro

La evaluación del diseño del muro se realiza mediante los análisis de estabilidad interna y externa de los muros con paneles de concreto. Los análisis realizados siguen la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14, la Norma AASHTO LRFD 2010, la guía de diseño (FHWA-NHI-10-024) y las recomendaciones generales en base a la experiencia del Grupo TDM y el equipo especialista de TDM Colombia.

De acuerdo con la información del proyecto las alturas son variables.

El muro contempla básicamente 2 secciones tipo:

- Sección con terraplén en la corona: Corresponde a muros de alturas variables de 2.7 m a 3.5 m, los cuales poseen en la corona un terraplén para confirmación de la vía de 0.8m de altura.

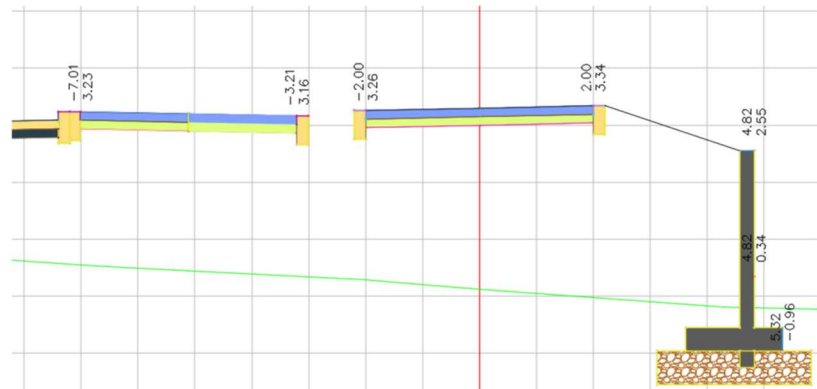


Figura 2 Sección típica con terraplén.

- Sección sin terraplén en la corona: Corresponde a muros de altura variable 2.7 m a 4.0 m.

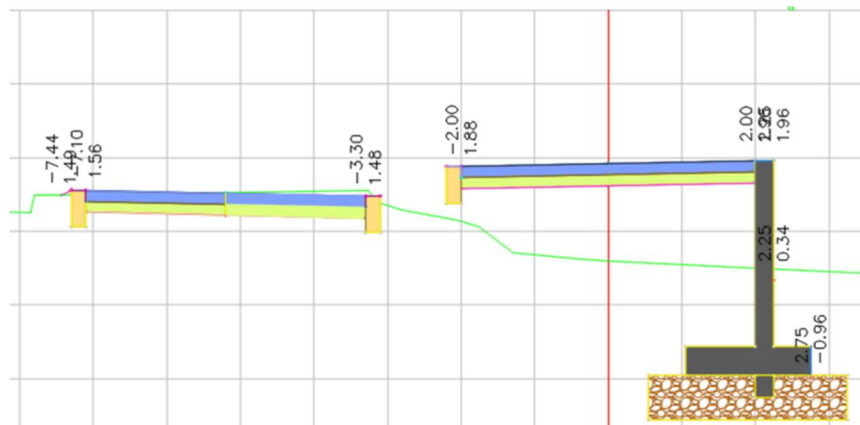


Figura 3 Sección típica sin terraplén.

2.3.2. Elementos de refuerzo

Según la metodología de diseño utilizada se deben aplicar una serie de factores de seguridad a la resistencia a la tensión de las geomallas, propiedad intrínsecamente relacionada con la estabilidad de los muros. Las geomallas estructurales TDM a ser usadas en la construcción del muro, son estructuras uniaxiales y fabricadas en polietileno de alta densidad (HDPE), y presentan las siguientes resistencias últimas a la tracción y valores de factores de reducción:

Tabla 1 Resistencia a tracción y Factores de reducción para geomallas de HDPE.

Tipo de Geomalla TDM	Resistencia última kN/m	Factor de seguridad		
		Daño de instalación	Durabilidad	Fluencia
Tipo 1	59.0	1.07	1.00	2.24
Tipo 2	70.0	1.05	1.00	2.24
Tipo 3	87.0	1.05	1.00	2.24
Tipo 4	116.0	1.05	1.00	2.24
Tipo 5	144.0	1.05	1.00	2.24



Figura 4 Geomalla uniaxial TDM.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

De acuerdo con la información de referencia ¹² en la zona del proyecto afloran rocas de edad terciaria, encontrándose presencia de la formación Bayunca y formación la Popa, igualmente se posee la existencia de zonas de distintos tipos de depósitos, como lo son: depósitos de llanura costera, depósitos de playa y depósitos de mangles.

¹ INFORME DE RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS. CARINSA SAS

² MEMORIA JUSTIFICATIVA DEL CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL. CARINSA SAS.

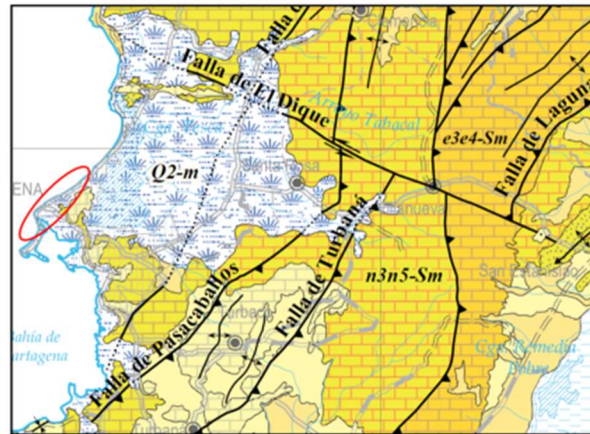


Figura 5 Geología de la zona.
Fuente: CARINSA SAS ¹²

4. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Para la elaboración del diseño del Muro, se toma como referencia la información de exploración directa e indirecta definida por el cliente¹². Particularmente se presenta la exploración de campo (directas e indirectas) relevantes para el diseño tomados de la información de referencia.

Identificación de la estructura	Número de sondeos efectuados	Profundidad (m)
Malecón del mar	6	2.0
	7	3.1
	2	6.0

Tabla 2 Exploración realizada por el consultor.
Fuente: CARINSA SAS ¹²

En todo caso el consultor ha definido implementar un mejoramiento de la fundación que consiste en 60 cm de rajón encapsulados en un geotextil NW3000:

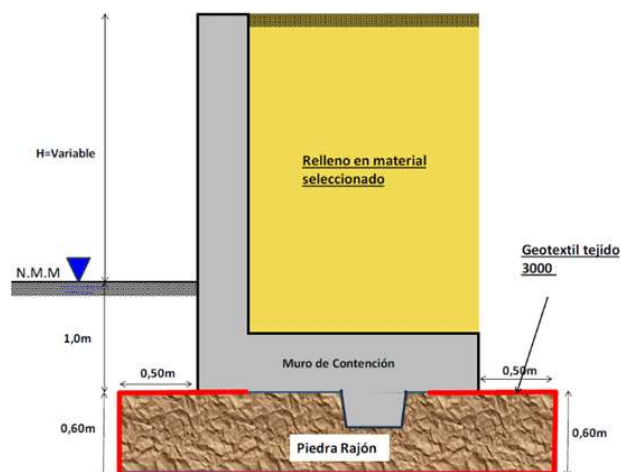


Figura 6 Mejoramiento.
Fuente: CARINSA SAS ¹²

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

De acuerdo con la información suministrada de los estudios de referencia, el consultor CARINSA SAS ha definido las siguientes propiedades para el perfil estratigráfico hallado en campo:

Estrato	Profundidad (m)	γ (ton/m ³)	c' (ton/m ²)	ϕ' (°)
1	0.50-2.00	1.94	0,0	28.0
2	2.00-4.00	1.93	0,0	27.7
3	4.00-6.00	1.93	0,0	27.9

Tabla 3 Perfil de diseño.
Fuente: CARINSA SAS ¹²

Teniendo en cuenta el sistema de mejoramiento de fundación propuesto con roca tipo rajón, se adoptan los siguientes parámetros de diseño:

- Cohesión: 0 Kpa.
- Angulo de fricción: 35°
- Peso unitario: 20 kN/m³.

5.1. COEFICIENTES SÍSMICOS

La sismicidad en la zona Caribe Colombiana es considerada baja de acuerdo con el título A de la NSR-10, por lo cual el valor de A_a corresponde a 0.10, sabiendo que el perfil de suelo corresponde a un perfil tipo “D”, se obtendría un coeficiente de amplificación (F_a) de 1.6, por lo cual el valor a considerar en diseño “a max” corresponde a 0.16 g.

5.2. MATERIALES DEL MURO

5.2.1. PLACAS DE CONCRETO PREFABRICADAS

Las placas de concreto prefabricadas, consisten en elementos prefabricados de concreto reforzado de resistencia a la compresión de $f'c=35\text{MPa}$ a 45MPa y cemento Tipo I. Las placas típicas forman un paramento semi-flexible, que es capaz de acoplarse a los asentamientos internos del bloque de suelo reforzado. La placa prefabricada de concreto deberá tener embebidas las geomallas del diseño.



Figura 7 Paneles de concreto apilados para instalación.



Figura 8 Paneles de concreto con geomallas embebidas.

5.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO GRANULAR COMPACTADO

El material de Relleno Estructural para el Muro en paneles de concreto recomendado deberá de cumplir con unas propiedades mínimas necesarias para asegurar la buena interacción refuerzo-relleno que garantice a su vez la transferencia de esfuerzos del relleno al refuerzo.

Específicamente sobre el material a ser usado como relleno reforzado, de acuerdo con lo definido por el consultor², se contemplará material seleccionado.

- Cohesion: 0 Kpa.
- Angulo de fricción: 33°
- Peso unitario: 18.5 kN/m³.

5.2.3. ACCESORIOS COMPLEMENTARIOS

Adicional a los paneles, elementos de refuerzo y material de relleno, se requieren accesorios complementarios para construcción del muro, tal como Tabs de geomalla, los cuales se dejan embebidos en el panel de concreto y funcionan para anclaje de las geomallas de refuerzo. Los bodkin bar, que son franjas fabricadas de polietileno que unen las tiras de geomalla para cumplir con las longitudes de desarrollo del diseño y generar la conexión estructural con el panel.

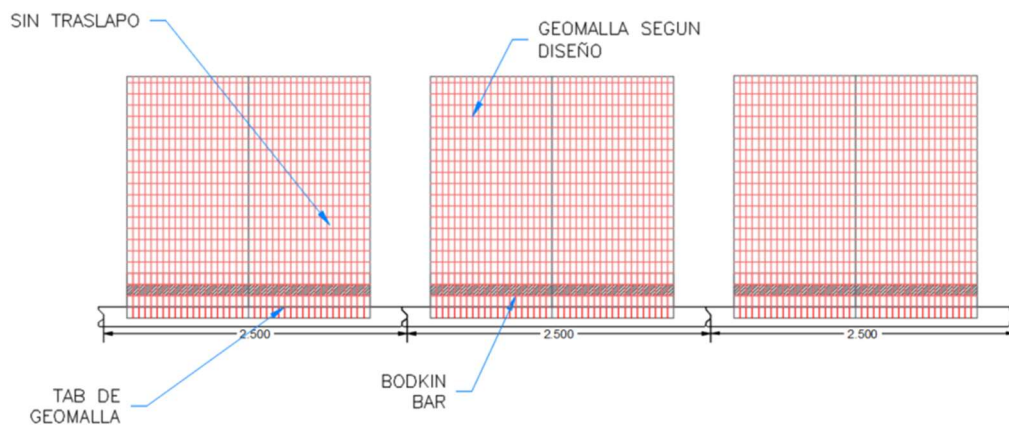


Figura 9 Disposición geomallas cobertura 80%.

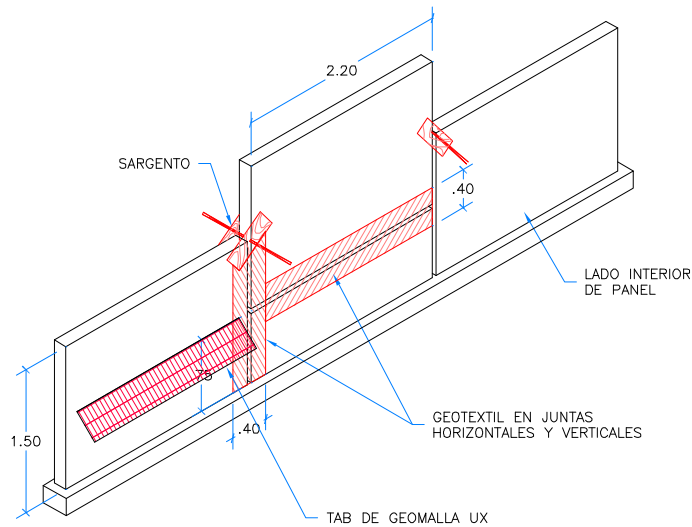


Figura 10. Esquema del sistema de paneles TDM.

La cantidad y ubicación de los TABS estará definida de acuerdo con el diseño presentado en los planos.

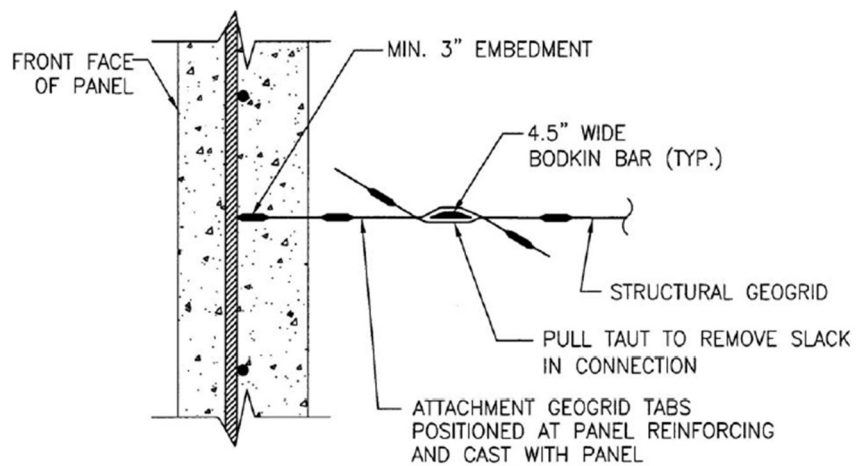


Figura 11. Conexión estructural tipo Bodkin según FHWA-NHI-I-024.



Figura 12 Tabs de geomalla para paneles

6. CARGAS CONSIDERADAS EN EL DISEÑO

Dentro de las cargas a considerar en el diseño se encuentran: El empuje vertical (EV), empuje horizontal (EH) y cargas, para el caso del muro, se contempla un uso peatonal que de acuerdo con el numeral b.3.4.3 del título B de la NSR-10 indica:

“En áreas peatonales, tales como pasillos, corredores, balcones, cubiertas transitables, graderías y otras zonas de circulación peatonal, se debe considerar una carga mínima uniforme de 2.5 kpa (250 kg/m²)”

Teniendo presente que las zonas peatonales generalmente consideran estructura de adoquines como superficie expuesta al tránsito peatonal y de bicicletas, es válido contemplar como carga muerta 6.0 kN/m²:

“Se considera un adoquín de concreto de 8 cm de altura y una base granular de 15-25 cm, por tanto asumiendo un adoquín de concreto posee un peso unitario de 23 kN/m³ y la base granular de 21 kN/m³ aproximadamente es posible calcular la magnitud de la carga muerta”

7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

El diseño sísmico indicado en AASHTO considera las fuerzas de inercia tanto en el bloque como en el relleno retenido.

De acuerdo con lo indicado en la norma AASHTO, los análisis de estabilidad externa bajo condiciones sísmicas incorporan una fuerza horizontal debido a la inercia de una porción de la masa de suelo reforzada y el 50 por ciento del empuje dinámico horizontal, según se muestra en la Figura 13.

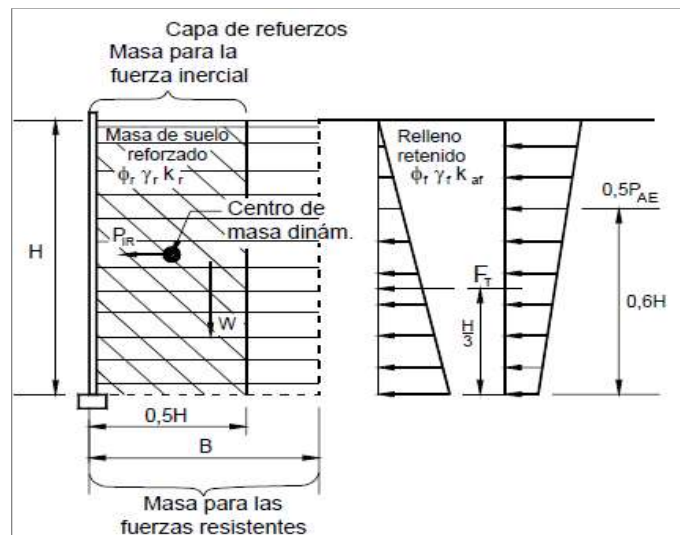


Figura 13 Análisis de estabilidad externa. cargas sísmicas consideradas

8. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD INTERNA

El análisis de estabilidad interna de un muro en paneles de concreto consiste en la evaluación de la superficie de falla en el interior del bloque de suelo reforzado, donde se verifican las tensiones entre la masa de suelo y el refuerzo a las distintas alturas en que este se encuentra.

Los principales modos de falla considerados en el análisis de estabilidad interna y que deben ser controlados en el diseño, son los siguientes: Falla por elongación o ruptura de los refuerzos (Rotura y Falla por arranque (Pullout).

9. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EXTERNA

En la Estabilidad Externa se considera el comportamiento del sistema como un bloque rígido definido por la altura y longitud de los refuerzos. Los modos de falla considerados en este análisis involucran: límites de la excentricidad, deslizamiento y las presiones de contacto en la fundación.

De acuerdo con los Estados Límites considerados, la norma define las verificaciones que deben realizarse, para deslizamiento, volteo y capacidad de carga, tal como se muestra en la Figura 14.

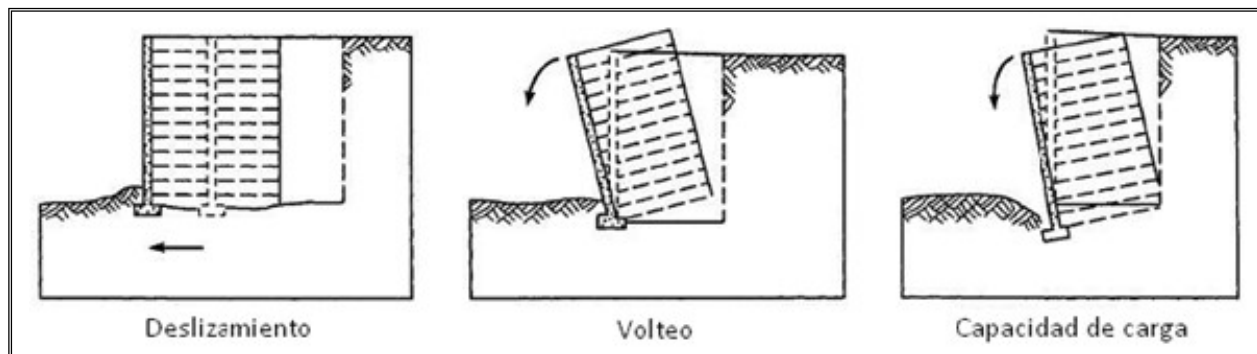


Figura 14 Modos de falla en muros con paneles de concreto

Tabla 4 Factores de carga recomendados para Suelo Reforzado según los modos de falla.

Tipo de Falla	Factores de Carga
Estabilidad Externa	
Deslizamiento	≥ 1.0 (1.0)
Excentricidad “e”, en la base	<0.25
Capacidad Portante	≥ 1.0 (1.0)
Estabilidad global	≥ 1.3 (1.1)
Estabilidad Interna	
CDR arrancamiento	≥ 1.0
CDR deslizamiento	≥ 1.0

Todos los chequeos se han realizado con el software especializado MSEW.

A continuación, se muestra el resultado de los análisis para la sección de mayor altura ($H=4.0\text{m}$ incluyendo el desplante recomendado de 1.0m en los estudios suministrados):

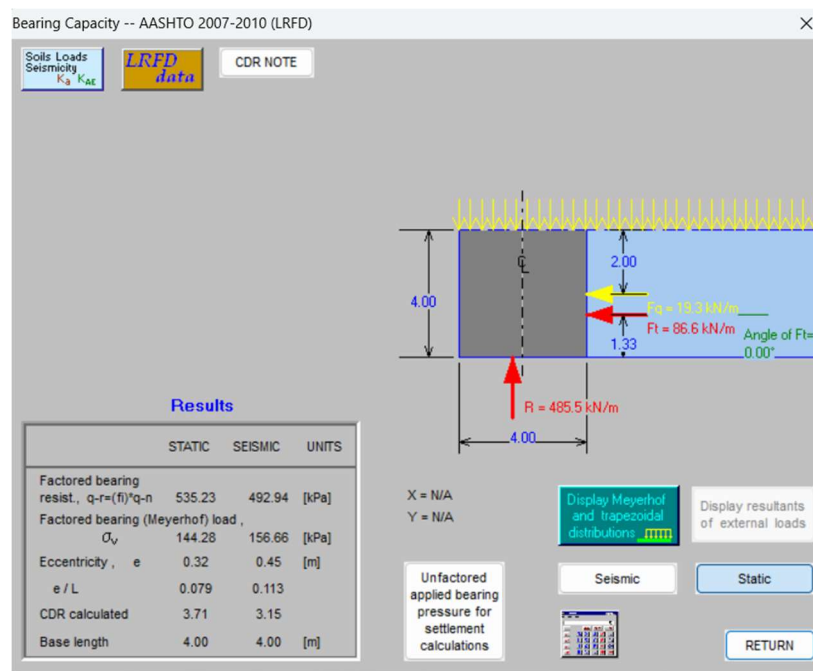


Figura 15. Chequeo de Capacidad Portante.

Direct Sliding -- Extended Table

CDR along reinforced and foundation soils interface Static CDR = 1.726 Seismic CDR = 1.428						
LAYER #	Elevation [m]	Length [m]	CDR Static	CDR Seismic	TYPE	Designated Name
0						
1	0.28	4.00	1.65	1.37	2	UX TIPO 2
2	0.58	4.00	1.77	1.47	2	UX TIPO 2
3	0.90	4.00	1.93	1.61	2	UX TIPO 2
4	1.20	4.00	2.11	1.77	1	UX TIPO 1
5	1.80	4.00	2.58	2.19	1	UX TIPO 1
6	2.10	4.00	2.92	2.48	1	UX TIPO 1
7	2.40	4.00	3.35	2.88	1	UX TIPO 1
8	2.70	4.00	3.95	3.43	1	UX TIPO 1
9	3.30	4.00	6.31	5.67	1	UX TIPO 1
10	3.90	4.50	31.90	31.10	1	UX TIPO 1

Figura 16. Chequeo de deslizamiento directo.

e/L along reinforced and foundation soils interface Static e/L = 0.1120 Seismic e/L = 0.1589						
LAYER #	Elevation	Length	e/L Static	e/L Seismic	TYPE	Designated Name
	[m]	[m]				
1	0.28	4.00	0.098	0.139	2	UX TIPO 2
2	0.58	4.00	0.084	0.118	2	UX TIPO 2
3	0.90	4.00	0.071	0.098	2	UX TIPO 2
4	1.20	4.00	0.059	0.081	1	UX TIPO 1
5	1.80	4.00	0.039	0.052	1	UX TIPO 1
6	2.10	4.00	0.030	0.040	1	UX TIPO 1
7	2.40	4.00	0.022	0.029	1	UX TIPO 1
8	2.70	4.00	0.016	0.020	1	UX TIPO 1
9	3.30	4.00	0.006	0.007	1	UX TIPO 1
10	3.90	4.50	0.000	0.000	1	UX TIPO 1

Figura 17. Chequeo de excentricidad

Internal Stability -- extended table								
LAYER #	Geogrid	Tributary Range		Given Information		Calculated Values		
	Elevation	Z bottom	Z top	Coverage Ratio, Rc	T available	T max	T md	Actual Calculated CDR
	[m]	[m]	[m]		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	
1	0.28	0.00	0.43	0.80	23.44	17.94	0.00	1.045
2	0.58	0.43	0.74	0.80	23.44	11.82	0.00	1.587
3	0.90	0.74	1.05	0.80	23.44	10.88	0.00	1.723
4	1.20	1.05	1.50	0.80	19.75	14.13	0.00	1.119
5	1.80	1.50	1.95	0.80	19.75	12.15	0.00	1.300
6	2.10	1.95	2.25	0.80	19.75	7.00	0.00	2.256
7	2.40	2.25	2.55	0.80	19.75	6.13	0.00	2.579
8	2.70	2.55	3.00	0.80	19.75	7.55	0.00	2.094
9	3.30	3.00	3.60	0.80	19.75	6.99	0.00	2.260
10	3.90	3.60	4.00	0.80	19.75	2.71	0.00	5.829

Figura 18. Chequeo de requerimiento de tensión de las geomallas

Connection -- Extended Table

LAYER #	Elevation	CDR Values at Connection			Coverage Ratio, Rc	T max (LL included)	T md	Calculated Connection Force, To	Reduction Factor for Connection Break, CRu	Reduction Factor for Connection (Long-term Strength), CRcr
		Connection Break	Connection Pullout	Geogrid Strength						
	[m]					[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
1	0.28	1.129	N/A	1.045	0.80	17.94	0.00	17.94	0.90	N/A
2	0.58	1.714	N/A	1.587	0.80	11.82	0.00	11.82	0.90	N/A
3	0.90	1.861	N/A	1.723	0.80	10.88	0.00	10.88	0.90	N/A
4	1.20	1.208	N/A	1.119	0.80	14.13	0.00	14.13	0.90	N/A
5	1.80	1.404	N/A	1.300	0.80	12.15	0.00	12.15	0.90	N/A
6	2.10	2.437	N/A	2.256	0.80	7.00	0.00	7.00	0.90	N/A
7	2.40	2.785	N/A	2.579	0.80	6.13	0.00	6.13	0.90	N/A
8	2.70	2.262	N/A	2.094	0.80	7.55	0.00	7.55	0.90	N/A
9	3.30	2.441	N/A	2.260	0.80	6.99	0.00	6.99	0.90	N/A
10	3.90	6.295	N/A	5.829	0.80	2.71	0.00	2.71	0.90	N/A

Figura 19. Chequeo de resistencia de la conexión

Pullout -- extended table

LAYER #	Geogrid			CALCULATED VALUES						
	Elevation	Length	Coverage Ratio, Rc	T max (LL included)	T md	Le	La	F*	Calculated CDR	STATUS
	[m]	[m]		[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]			
1	0.28	4.00	0.80	17.94	0.00	3.83	0.17	0.399	9.86	N/A
2	0.58	4.00	0.80	11.82	0.00	3.65	0.35	0.399	13.20	N/A
3	0.90	4.00	0.80	10.88	0.00	3.46	0.54	0.399	12.41	N/A
4	1.20	4.00	0.80	14.13	0.00	3.28	0.72	0.399	8.26	N/A
5	1.80	4.00	0.80	12.15	0.00	2.92	1.08	0.399	6.89	N/A
6	2.10	4.00	0.80	7.00	0.00	2.74	1.26	0.399	9.87	N/A
7	2.40	4.00	0.80	6.13	0.00	2.56	1.44	0.399	9.11	N/A
8	2.70	4.00	0.80	7.55	0.00	2.38	1.62	0.399	5.79	N/A
9	3.30	4.00	0.80	6.99	0.00	2.02	1.98	0.399	3.31	N/A
10	3.90	4.50	0.80	2.71	0.00	2.16	2.34	0.399	3.65	N/A

Figura 20. Chequeo de Pull Out

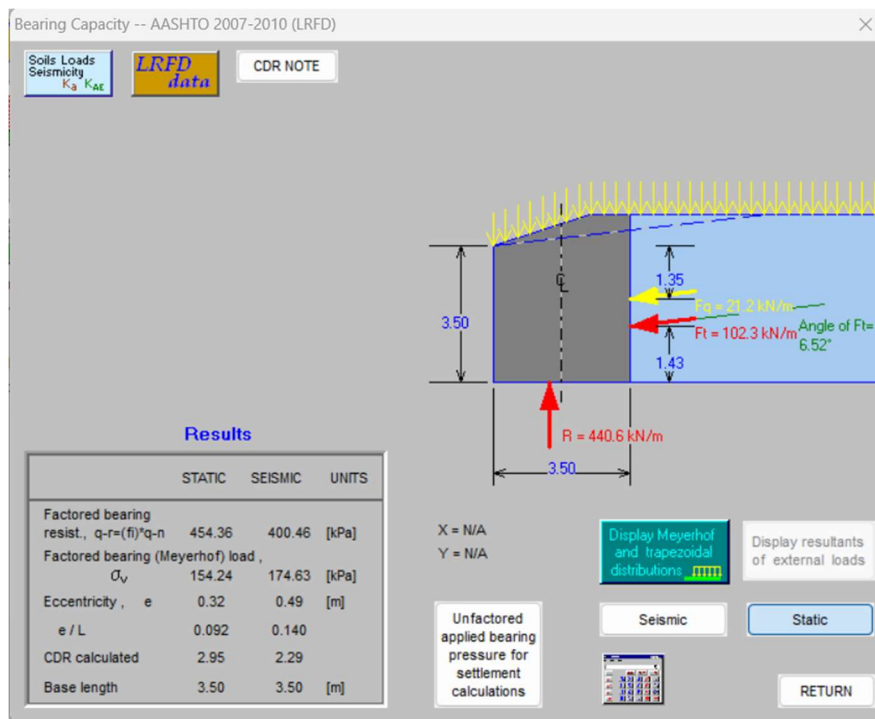


Figura 21. Chequeo de Capacidad Portante (Condición con Talud).

Direct Sliding -- Extended Table

CDR along reinforced and foundation soils interface						
Static CDR = 1.371 Seismic CDR = 1.148						
LAYER #	Elevation [m]	Length [m]	CDR Static	CDR Seismic	TYPE	Designated Name
1	0.28	3.50	1.29	1.10	3	UX TIPO 3
2	0.58	3.50	1.37	1.18	3	UX TIPO 3
3	0.90	3.50	1.47	1.29	2	UX TIPO 2
4	1.20	3.50	1.58	1.42	2	UX TIPO 2
5	1.80	3.50	1.85	1.75	2	UX TIPO 2
6	2.10	3.50	2.03	1.97	1	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	2.25	2.26	1	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	2.51	2.64	1	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	3.32	3.78	1	UX TIPO 1

Figura 22. Chequeo de deslizamiento directo.

Eccentricity -- Extended Table

e/L along reinforced and foundation soils interface Static e/L = 0.1338 Seismic e/L = 0.2024						
LAYER #	Elevation	Length	e/L Static	e/L Seismic	TYPE	Designated Name
	[m]	[m]				
1	0.28	3.50	0.115	0.171	3	UX TIPO 3
2	0.58	3.50	0.096	0.140	3	UX TIPO 3
3	0.90	3.50	0.076	0.109	2	UX TIPO 2
4	1.20	3.50	0.058	0.083	2	UX TIPO 2
5	1.80	3.50	0.026	0.037	2	UX TIPO 2
6	2.10	3.50	0.010	0.016	1	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	-0.006	-0.003	1	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	-0.022	-0.022	1	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	-0.063	-0.064	1	UX TIPO 1

Figura 23. Chequeo de excentricidad

Internal Stability -- extended table

LAYER #	Geogrid	Tributary Range		Given Information		Calculated Values		
	Elevation	Z bottom	Z top	Coverage Ratio, Rc	T available	T max	T md	Actual Calculated CDR
	[m]	[m]	[m]		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	
1	0.28	0.00	0.43	0.80	29.13	17.51	0.00	1.331
2	0.58	0.43	0.74	0.80	29.13	11.51	0.00	2.025
3	0.90	0.74	1.05	0.80	23.44	10.57	0.00	1.774
4	1.20	1.05	1.50	0.80	23.44	13.68	0.00	1.371
5	1.80	1.50	1.95	0.80	23.44	11.71	0.00	1.602
6	2.10	1.95	2.25	0.80	19.75	6.71	0.00	2.356
7	2.40	2.25	2.55	0.80	19.75	5.83	0.00	2.711
8	2.70	2.55	3.00	0.80	19.75	7.10	0.00	2.226
9	3.30	3.00	3.50	0.80	19.75	5.57	0.00	2.836

Figura 24. Chequeo de requerimiento de tensión de las geomallas

Connection -- Extended Table										
LAYER #	Elevation	CDR Values at Connection			Coverage Ratio, Rc	T max (LL included)	T md	Calculated Connection Force, To	Reduction Factor for Connection Break, CRu	Reduction Factor for Connection (Long-term Strength), CRcr
		Connection Break	Connection Pullout	Geogrid Strength		[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]		
	[m]									
1	0.28	1.437	N/A	1.331	0.80	17.51	0.00	17.51	0.90	N/A
2	0.58	2.187	N/A	2.025	0.80	11.51	0.00	11.51	0.90	N/A
3	0.90	1.916	N/A	1.774	0.80	10.57	0.00	10.57	0.90	N/A
4	1.20	1.480	N/A	1.371	0.80	13.68	0.00	13.68	0.90	N/A
5	1.80	1.730	N/A	1.602	0.80	11.71	0.00	11.71	0.90	N/A
6	2.10	2.545	N/A	2.356	0.80	6.71	0.00	6.71	0.90	N/A
7	2.40	2.928	N/A	2.711	0.80	5.83	0.00	5.83	0.90	N/A
8	2.70	2.404	N/A	2.226	0.80	7.10	0.00	7.10	0.90	N/A
9	3.30	3.063	N/A	2.836	0.80	5.57	0.00	5.57	0.90	N/A

Figura 25. Chequeo de resistencia de la conexión

Pullout -- extended table										
LAYER #	Geogrid			CALCULATED VALUES						
	Elevation	Length	Coverage Ratio, Rc	T max (LL included)	T md	Le	La	F*	Calculated CDR	STATUS
	[m]	[m]		[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]			
1	0.28	3.50	0.80	17.51	0.00	3.33	0.17	0.399	8.88	N/A
2	0.58	3.50	0.80	11.51	0.00	3.15	0.35	0.399	11.92	N/A
3	0.90	3.50	0.80	10.57	0.00	2.96	0.54	0.399	11.24	N/A
4	1.20	3.50	0.80	13.68	0.00	2.78	0.72	0.399	7.52	N/A
5	1.80	3.50	0.80	11.71	0.00	2.42	1.08	0.399	6.34	N/A
6	2.10	3.50	0.80	6.71	0.00	2.24	1.26	0.399	9.18	N/A
7	2.40	3.50	0.80	5.83	0.00	2.06	1.44	0.399	8.58	N/A
8	2.70	3.50	0.80	7.10	0.00	1.88	1.62	0.399	5.58	N/A
9	3.30	3.50	0.80	5.57	0.00	1.52	1.98	0.399	3.99	N/A

Figura 26. Chequeo de Pull Out

Como medida de control, a continuación, se presenta la distorsión máxima que es admitida por la fachada de paneles.

La distorsión angular es un parámetro que mide los asentamientos en la fachada del muro por metro lineal. Para los muros MSE se aplica la siguiente guía para el límite de distorsión angular según las recomendaciones de AASHTO-LRFD:

Tabla 5 Límite de distorsión admisible.

Espesor de Junta (cm)	Límite de distorsión angular	
	Área $\leq 2.80 \text{ m}^2$	$2.80 \text{ m}^2 \leq \text{Área} \leq 7.00 \text{ m}^2$
1.91	1/100	1/200
1.27	1/200	1/300
0.64	1/300	1/600

10. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PANEL EN CONCRETO

Teniendo presente la configuración del muro con sus distintas capas de elementos de refuerzo que estarán embebidas en el panel. Se analizará la condición de un panel de 4.0m de altura con la configuración de geomallas de refuerzo producto del análisis de estabilidad interna/externa del muro:

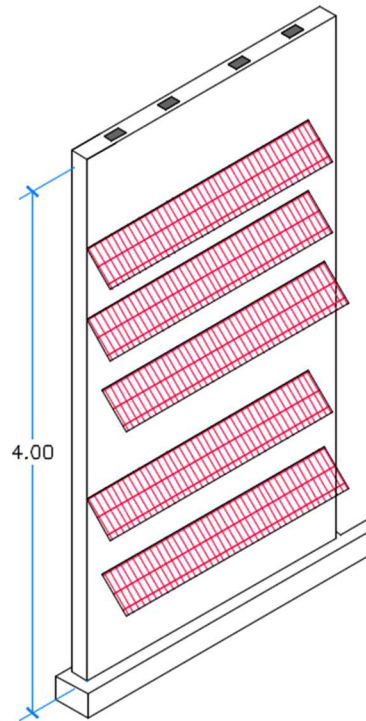


Figura 27 Esquema Panel.

Se prevé que el concreto a usar posea una resistencia a compresión $f'_c = 5000$ PSI. A continuación se muestra el resultado del análisis estructural del panel:

Datos del panel:

Longitud, ancho y espesor:

$$L := 4.0 \text{ m}$$

$$B := 1.0 \text{ m}$$

$$t := 0.16 \text{ m}$$

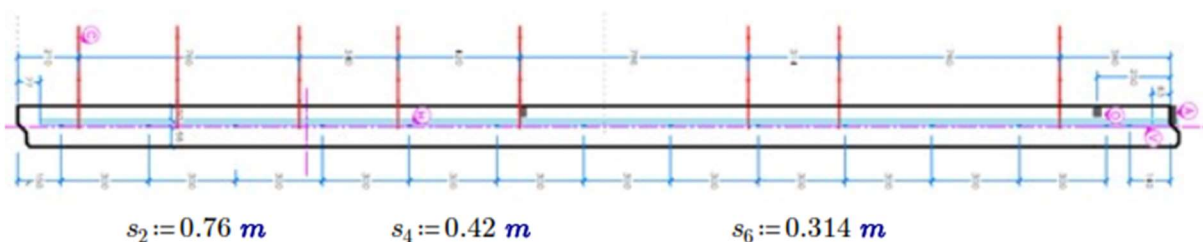
Separaciones de anclajes:

$$s_1 := 0.21 \text{ m}$$

$$s_3 := 0.34 \text{ m}$$

$$s_5 := 0.786 \text{ m}$$

$$s_7 := 0.76 \text{ m}$$



$$s_2 := 0.76 \text{ m}$$

$$s_4 := 0.42 \text{ m}$$

$$s_6 := 0.314 \text{ m}$$

Fuerzas de cálculo:

Fuerza máxima de malla: $T_{Geomalla} := 175 \text{ kN}$

Factores de seguridad: $RF_{cr} := 2.24 \quad RF_d := 1.0 \quad RF_{id} := 1.05 \quad FS := 1.5$

Fuerza aplicada por malla: $P_G := \frac{T_{Geomalla}}{RF_{cr} \cdot RF_{id} \cdot RF_d \cdot FS} = 49.6 \text{ kN}$

Fuerza total: $P_T := 7 \cdot P_G = 347.22 \text{ kN}$

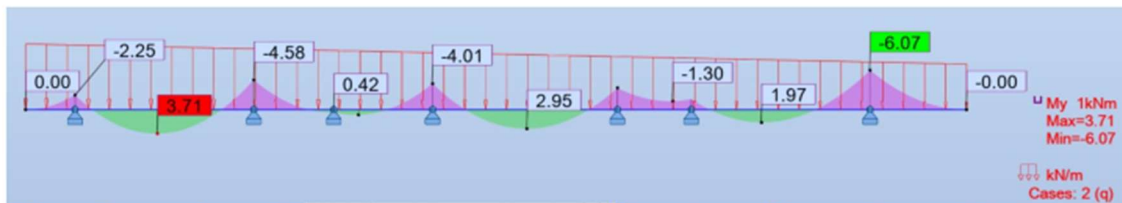
Excentricidad de cargas: $e := \frac{L}{2} - \frac{P_G \cdot (7 s_1 + 6 s_2 + 5 s_3 + 4 s_4 + 3 s_5 + 2 s_6 + s_7)}{P_T} = 0.12 \text{ m}$

Presión máxima en panel: $q_{max} := \frac{P_T \cdot \left(1 + \frac{6 e}{L}\right)}{B \cdot L} = 102.5 \text{ kPa}$

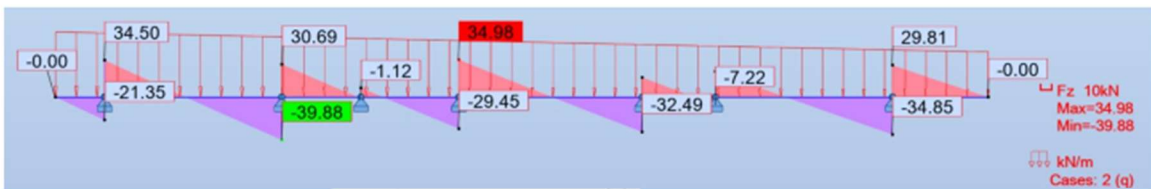
Presión mínima en panel: $q_{min} := \frac{P_T \cdot \left(1 - \frac{6 e}{L}\right)}{B \cdot L} = 71.11 \text{ kPa}$

Fuerzas internas:

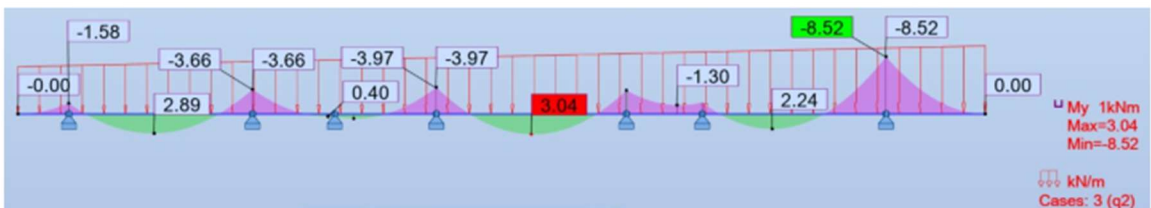
Diagramas de momento y cortante:



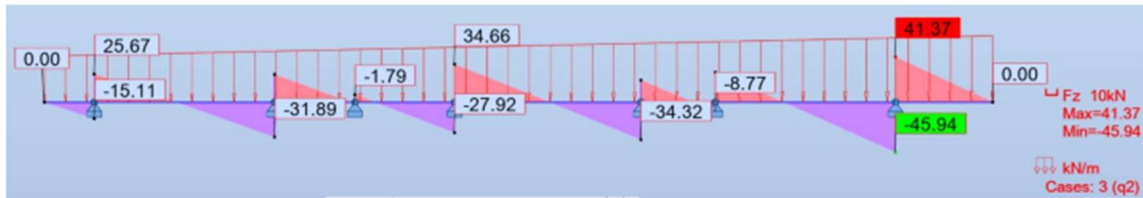
Momento negativo: $M_{neg1} := 6.07 \text{ kN} \cdot \text{m}$ Momento positivo: $M_{pos1} := 3.71 \text{ kN} \cdot \text{m}$



Cortante máximo: $V_{max1} := 39.88 \text{ kN}$



Momento negativo: $M_{neg2} := 8.52 \text{ kN} \cdot \text{m}$ Momento positivo: $M_{pos2} := 3.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$



Cortante máximo: $V_{max2} := 45.94 \text{ kN}$

Momento ultimo negativo: $M_{un} := 1.5 \cdot \max(M_{neg1}, M_{neg2}) = 12.78 \text{ m} \cdot \text{kN}$

Momento ultimo positivo: $M_{up} := 1.5 \cdot \max(M_{pos1}, M_{pos2}) = 5.57 \text{ m} \cdot \text{kN}$

Cortante último: $V_u = 59.82 \text{ kN}$

Datos de diseño:

Resistencia del concreto:

$$f'_c := 35 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de fluencia del acero:

$$f_y := 420 \text{ MPa}$$

Módulo de elasticidad del concreto:

$$E_c := 4700 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \text{MPa} = 27805.575 \text{ MPa}$$

Módulo de elasticidad del acero:

$$E_s := 200 \text{ GPa}$$

Relación de módulos:

$$n := E_s \cdot E_c^{-1} = 7.19$$

Factor de reducción de resistencia a flexión:

$$\phi_f := 0.90$$

Factor de reducción de resistencia a cortante:

$$\phi_v := 0.75$$

Área de barra de refuerzo:

$$A_{s1} := 0.71 \text{ cm}^2 \quad (\#4)$$

Separación:

$$Sep := 10 \text{ cm}$$

Cantidad de barras por metro:

$$Cantidad := 1 \text{ m} \cdot Sep^{-1} = 10$$

Área acero de refuerzo por metro:

$$A_s := Cantidad \cdot A_{s1} = 7.1 \text{ cm}^2$$

Recubrimiento cara contra terreno (trasdós)

$$rec_i := 0.5 \cdot t$$

Recubrimiento cara externa (a la vista)

$$rec_e := t - rec_i = 8 \text{ cm}$$

Espesor efectivo a momento negativo:

$$d_n := t - rec_i = 8 \text{ cm}$$

Espesor efectivo a momento positivo:

$$d_p := t - rec_e = 8 \text{ cm}$$

Diseño a momento negativo

Momento de fisuración:

$$Fr_v := 0.63 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \text{MPa} = 3.73 \text{ MPa} \quad M_{CR} := Fr_v \cdot \frac{t^2}{6} \cdot B = 15.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{r_v} := \min(1.2 \cdot M_{CR}, 1.33 \cdot M_{un}) = 17 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momento de diseño: $M_{dis_n} := \max(M_{r_v}, M_{un}) = 17 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Capacidad a momento negativo:

$$a := \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot B} = 1 \text{ cm} \quad \phi M_n := \phi_f \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d_n - \frac{a}{2}\right) = 20.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

if $\phi M_n \geq M_{dis_n}$ = "Ok"
 || "Ok"
 else
 || "No Cumple"

$$\frac{M_{dis_n}}{\phi M_n} = 0.84$$

Diseño a momento positivo

Momento positivo de diseño: $M_{r_v} := \min(1.2 \cdot M_{CR}, 1.33 \cdot M_{up}) = 7.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $M_{dis_p} := \max(M_{r_v}, M_{up}) = 7.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Capacidad a momento positivo:

$$a := \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot B} = 1 \text{ cm} \quad \phi M_{np} := \phi_f \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d_p - \frac{a}{2}\right) = 20.13 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

if $\phi M_{np} \geq M_{dis_p}$ = "Ok"
 || "Ok"
 else
 || "No Cumple"

$$\frac{M_{dis_p}}{\phi M_{np}} = 0.37$$

Diseño a cortante

Resistencia del concreto a cortante: $V_c := 0.17 \text{ MPa} \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{\text{MPa}}} \cdot B \cdot \min(d_p, d_n) = 80.46 \text{ kN}$

$$\phi V_c := \phi_v \cdot V_c = 60.34 \text{ kN}$$

if $\phi V_c \geq V_u$ = "Ok"
 || "Ok"
 else
 || "No Cumple"

$$\frac{V_u}{\phi V_c} = 0.99$$

Verificación por servicio:

Momento de servicio negativo: $Ms_{en} := \max(M_{neg1}, M_{neg2}) = 8.52 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $Ms_{ep} := \max(M_{pos1}, M_{pos2}) = 3.71 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Esfuerzo en cara a tensión momento negativo:

$$\rho := A_s \cdot (d_n \cdot B)^{-1} = 0.0089 \quad k := -(n \cdot \rho) + \sqrt{(n \cdot \rho)^2 + (2 \cdot n \cdot \rho)} = 0.3 \quad j := 1 - k \cdot 3^{-1} = 0.9$$

$$fs_{en} := Ms_{en} \cdot (A_s \cdot j \cdot d_n)^{-1} = 166.61 \text{ MPa}$$

Relación de fy: $\frac{fs_{en}}{f_y} = 0.4$

Esfuerzo en cara a tensión momento positivo:

$$\rho := A_s \cdot (d_p \cdot B)^{-1} = 0.0089 \quad k := -(n \cdot \rho) + \sqrt{(n \cdot \rho)^2 + (2 \cdot n \cdot \rho)} = 0.3 \quad j := 1 - k \cdot 3^{-1} = 0.9$$

$$fs_{ep} := Ms_{ep} \cdot (A_s \cdot j \cdot d_p)^{-1} = 72.55 \text{ MPa}$$

Relación de fy: $\frac{fs_{ep}}{f_y} = 0.17$

Acero requerido por temperatura:

$$As_{temp_v1} := \frac{0.75 \text{ MPa} \cdot 1 \text{ m} \cdot t}{2 (1 \text{ m} + t) f_y} = 1.23 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}} \quad As_{temp_v2} := 0.0018 \cdot \frac{t}{2} = 1.44 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$As_{temp_v} := \max(As_{temp_v1}, As_{temp_v2}) = 1.44 \text{ cm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$$

$$Temperatura := \text{if}(As_{temp_v} \cdot 1 \text{ m} > A_s, \text{"No cumple"}, \text{"Ok"}) = \text{"Ok"}$$

Como resultado final se obtiene:

Espesor teórico del panel 16 cm, sin embargo, teniendo presente la configuración del refuerzo y con la finalidad de mantener el espesor de recubrimiento, **se adopta 17 cm como espesor final del panel.**

Como refuerzo se proponen **barras #3 a 10cm** en ambos sentidos en el centro del espesor (parrilla centrada), las cuales cumplen con la verificación a flexión y de fisuración del panel.

11. PROCESO CONSTRUCTIVO

A continuación, se presenta la descripción detallada del proceso constructivo para conformación del muro.

11.1. Actividades preliminares

Mejoramientos de fundación: Se deberán realizar excavaciones y mejoramientos /reemplazos de acuerdo con lo que se indique por el especialista de geotecnia en caso tal esta actividad deberá ser realizada previa a la ejecución del muro.

Construcción de losa o superficie para fundido de paneles de concreto: Se definirá una supercie apropiada para fundir los paneles de concreto, esto requiere que la superficie sea nivelada, así mismo se deberá disponer de elementos que permitan mantener un acabado adecuado en cara expuesta del panel.

Armado de acero: Se dispondrá de zona para armado de acero de acuerdo con los planos de taller de los paneles.

Alistamiento de la formaleta: Una vez revisada la formaleta se procederá con el armado de acuerdo con la programación para fundir paneles, en principio se sugiere programar fundida con los paneles comenzando en orden por la primer hilada hacia arriba.

11.2. Alistamiento de formaleta

Alistamiento de la formaleta: Se disponen de 3 tipos de formaleta:

- Gris: Formaleta de dimensiones fijas.
- Verde: Formaleta ajustable en altura.
- Azul: Formaleta ajustable en ancho y altura

Con esta formaleta se podrán fabricar las dimensiones de paneles preestablecidas en diseño, las cuales, al igual que el elemento dispuesto para acabado de la cara expuesta, previo al fundido deberán ser impregnadas con un agente desmoldante para facilitar el desencofrado

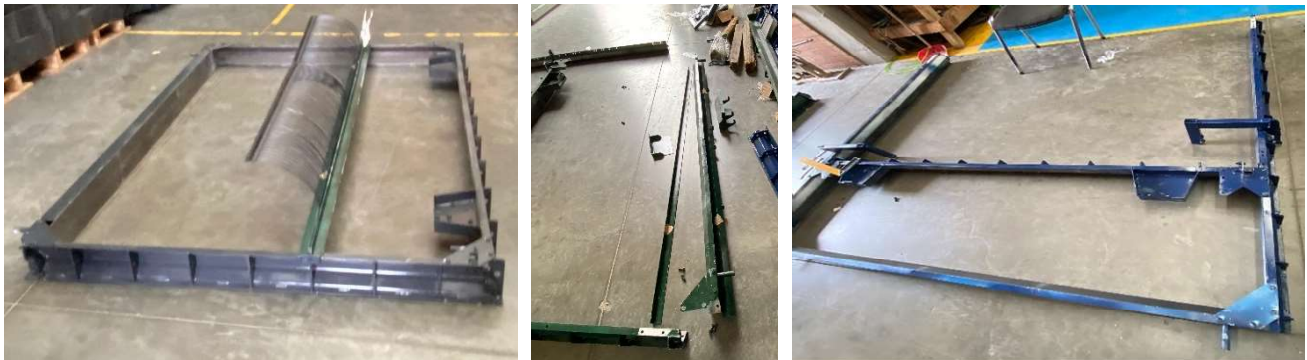


Figura 28 Formaletas para construcción de paneles en concreto

11.3. Fundida de paneles

- Armado acero: Se armará el acero de refuerzo y ganchos de izaje del panel según lo dispuesto en planos de taller del proyecto.

Se dispondrán de distanciadores o cubos de concreto para garantizar la ubicación adecuada del refuerzo en la sección del panel. En caso de requerirse se podrán usar bolas de icopor para evitar que los ganchos de izaje sean cubiertos por el concreto.



Figura 29 Armado de acero de paneles

- Fijado de Tabs y fundida de paneles: Se fijará por medio de los perfiles los tabs según la localización y cantidad definida en los planos de taller.

Posteriormente se realizará el vertido del concreto en la formaleta el cual tendrá la resistencia a compresión indicada en los planos de taller según el tipo de panel, se deberá vibrar el concreto para evacuar el aire y obtener un acabado adecuado.



Figura 30 Fijado de Tabs y vertimiento de concreto

- Curado de paneles: Posterior a la fundida, se deberá proveer de riegos para hidratación de los paneles y garantizar su adecuado fraguado.



Figura 31 Curado de los paneles de concreto

- Paneles especiales: En caso de requerirse se podrán fundir paneles parcialmente para un mejor ajuste ya sea a obras hidráulicas o interferencias en el muro, previa validación con el diseño.



Figura 32 Construcción de paneles especiales

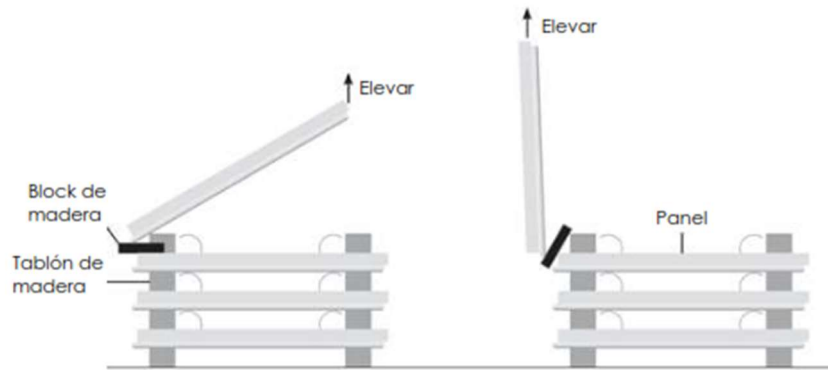
11.4. Acopio de paneles

- Izaje para acopio: Se realizará el izaje por medio de cadenas o eslingas, debido al tamaño de los paneles, estos deberán tomarse exclusivamente por los ganchos dispuestos para tal fin.



Figura 33 Izaje de paneles

- Almacenaje: Se colocarán los paneles separándolos con bloques o listones de madera que garanticen que los TABS no serán dañados, igualmente, se dispondrá un bloque de madera para evitar que durante el izaje del panel superior desportille el panel inferior.

**Figura 34 Esquema acopio de paneles**

11.5. Replanteo y materialización de la viga de cimentación

Previamente se deberá replantear el alineamiento comenzando por la zona del estribo hacia el trasdós por donde ira la viga de cimentación a fin de identificar interferencias como obras hidráulicas u otros que ameriten un ajuste al diseño o fundir paneles parcialmente.

Una vez replanteado, se procede con la colocación de formaleta para posteriormente fundir la viga de cimentación. Sobre esta viga estarán colocados los paneles de fachada del muro.

11.6. Izaje y colocación de paneles

Se dispondrá de equipo de izaje para colocar los paneles de acuerdo con el diseño.

**Figura 35 Izaje de paneles con retroexcavadora**

Se deberá garantizar que los paneles queden completamente verticales. Por ello es necesario contemplar el uso de cercha metálica con gato y realizar verificación con plomos para su control. Se dispondrán de elementos tipo “H” en madera para ayudar con la alineación entre paneles.



Figura 36 Parales en madera para garantizar verticalidad de los paneles

11.7. Colocación del geotextil y neoprenos

Por la parte posterior del panel en las juntas entre paneles se pegarán tiras de geotextil para evitar que el material granular o sus finos se laven.

Entre Hiladas verticalmente se dispondrán de Neoprenos entre paneles para evitar desportillamientos y permitir dilataciones por efecto de temperatura.

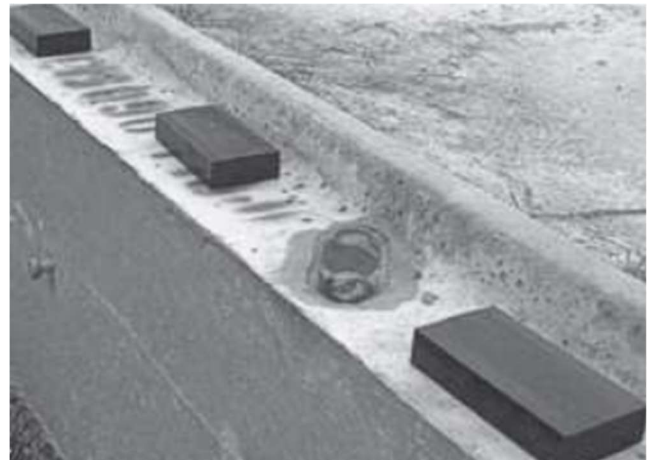
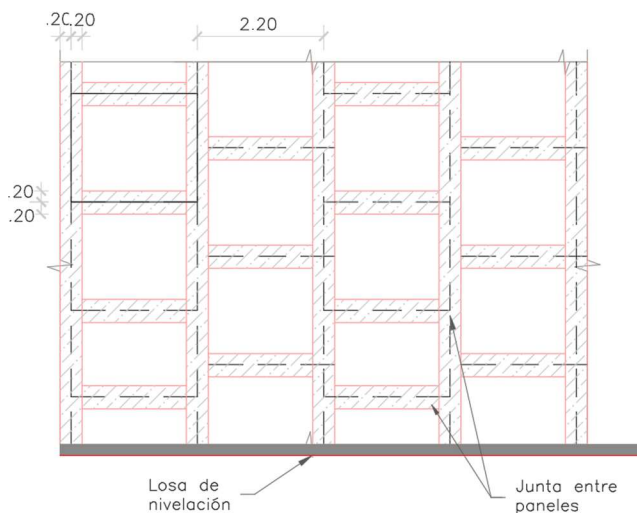


Figura 37 Instalación de geotextiles y neoprenos

11.8. Colocación de geomalla y tensionamiento

Se cortarán tiras de geomalla de acuerdo con la referencia (resistencia) y longitud definida en diseño, dicha longitud se mide entre costillas, sin embargo, si al final de la tira hay sobrantes es posible dejarlos para no tener que disponer en botadero esos desperdicios.

Si bien las referencias del material están identificadas debidamente, se sugiere pintar con aerosol un costado del rollo en caso las etiquetas se borren.

Una vez colocada la geomalla esta deberá unirse al Tab por medio del Bodkin Bar y pre-tensionarse por medio de un cepillo.

Se sugiere colocar varillas en “U” al final de la tira, para anclar y mantener la geomalla en su sitio.



Figura 38 Colocación de geomalla y sistema de tensionamiento

11.9. Extensión y compactación del relleno

Colocación y extensión del material granular de relleno de acuerdo a las especificaciones del diseño y del proyecto.

Se compactará con equipo convencional excepto en los últimos 2,0m más próximos a la fachada en paneles en donde se deberá usar equipo liviano para evitar el desplome o pérdida de verticalidad de los paneles. Deberán verificarse las densidades en cada capa.



Figura 39 Extensión y compactación del relleno

11.10. Viga de coronación

Posterior a la terminación del muro, se conformará la viga de coronación para dar el acabado final. Esta viga se definirá de acuerdo con las condiciones del proyecto.



Figura 40 Viga de coronación muro

12. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y REFERENCIAS

- El diseño presentado aquí es basado en la información provista por el cliente. TDM Colombia no acepta responsabilidad por esta información o verificación de esta.
- TDM Colombia no asume responsabilidad por la interpretación de las condiciones del subsuelo, parámetros de suelos apropiados para el diseño, y condiciones del nivel freático y/o aguas subterráneas.
- El propietario o empresa proyectista es responsable de evaluar y verificar por escrito los parámetros de diseño descritos en las secciones anteriores y los resultados de los análisis antes de la construcción. En el evento que las condiciones de diseño cambiaran, se deberá informar a TDM Colombia para la modificación del diseño.
- La elevación, localización, y geometría de los muros deberá ser verificada por la interventoría antes del inicio de la construcción.
- El cliente será responsable de validar las cotas de desplante y corona, así mismo como las abscisas de inicio y fin del muro.
- El propietario o empresa proyectista es responsable de garantizar que el terreno de fundación presente una capacidad portante suficiente para resistir una presión transmitida por los muros, así como controlar que no se presenten asentamientos diferenciales o totales mayores tolerados por la estructura del puente.

Las referencias generales con las que se diseñan son:

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2020). LRFD Bridge Design Specifications.
- The Federal Highway Administration (FHWA). (2014). "Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes Volume I", Publicación No FHWA-NHI-10-024.
- Ministerio de Transporte, INVIAS, & Asociación De Ingeniería Sísmica. (2014). Norma Colombiana De Diseño De Puentes - LRFD - CCP 14.
- BOWLES, J. E. (1996). Foundation Analysis and Design. ILLINOIS: MCGRAW HILL.
- Design and Construction of Mechanically Stabilized Earth Walls and

ANEXO 1

Memorias de cálculo

Estabilidad interna/externa

MSEW(3.0): Update # 14.981

License number MSEW-303049

INPUT DATA: Geogrids (Analysis)

D A T A		Geogrid type #1	Geogrid type #2	Geogrid type #3	Geogrid type #4	Geogrid type #5
Tult [kN/m]		59.0	70.0	87.0	116.0	
Durability reduction factor, RFd		1.00	1.00	1.00	1.00	
Installation-damage reduction factor, RFid		1.20	1.20	1.20	1.20	
Creep reduction factor, RFc		2.24	2.24	2.24	2.24	N/A
CDR for strength		N/A	N/A	N/A	N/A	
Coverage ratio, Rc		0.800	0.800	0.800	0.800	
Friction angle along geogrid-soil interface, ρ		24.79	24.79	24.79	24.79	
Pullout resistance factor, F*		$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	N/A
Scale-effect correction factor, α		1.0	1.0	1.0	1.0	

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.00
1 m	1.00
2 m	1.00
3 m	1.00
4 m	1.00
5 m	1.00
6 m	1.00

License number MSEW-303049

AASHTO 2007-2010 (LRFD) Input Data

INTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2:	γ_{p-EV}	1.35	
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1:	γ_{p-EQ}	1.00	
Load factor for live load surcharge, LS, from Figure C11.5.5-3(b): (Same as in External Stability).	γ_{p-LS}	1.75	
Load factor for dead load surcharge, ES: (Same as in External Stability).	γ_{p-ES}	1.50	
Resistance factor for reinforcement tension from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement tension in connectors from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement pullout from Table 11.5.6-1:	ϕ	0.90	1.20

EXTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	Static	Combined Static/Seismic
Sliding and Eccentricity γ_{p-EV}	1.00	γ_{p-EQ} 1.00
Bearing Capacity γ_{p-EV}	1.35	γ_{p-EQ} 1.35
Load factor of active lateral earth pressure, EH, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	γ_{p-EH}	1.50
Load factor of active lateral earth pressure during earthquake (does not multiply P_{AE} and P_{IR}):	$(\gamma_{p-EH})_{EQ}$	1.10
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1 (multiplies P_{AE} and P_{IR}):	γ_{p-EQ}	1.00
Resistance factor for shear resistance along common interfaces from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
Reinforced Soil and Foundation ϕ_{τ}	1.00	1.00
Reinforced Soil and Reinforcement ϕ_{τ}	1.00	1.00
Resistance factor for bearing capacity of shallow foundation from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
ϕ_b	0.65	0.65

Bearing capacity, $CDR = 3.00$, factored bearing load = 109.05 kPa.

Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.753, Eccentricity, $e/L = 0.1321$, CDR-overtipping = 3.03

G E O G R I D				C O N N E C T I O N							
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]	Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	Product name
1	0.28	2.50	1	N/A	1.74	1.61	1.608	9.219	1.435	0.1076	UX TIPO 1
2	0.58	2.50	1	N/A	2.73	2.53	2.532	12.266	1.541	0.0828	UX TIPO 1
3	0.90	2.50	1	N/A	3.08	2.86	2.855	11.360	1.674	0.0576	UX TIPO 1
4	1.20	2.50	1	N/A	2.52	2.33	2.333	7.562	1.823	0.0350	UX TIPO 1
5	1.80	2.50	1	N/A	3.23	2.99	2.991	5.942	2.218	-0.0098	UX TIPO 1
6	2.10	2.50	1	N/A	6.33	5.87	5.865	8.611	2.485	-0.0347	UX TIPO 1
7	2.40	2.50	1	N/A	9.81	9.09	9.087	9.304	2.814	-0.0665	UX TIPO 1

Bearing capacity, $CDR = 2.39$, factored bearing load = 122.03 kPa.

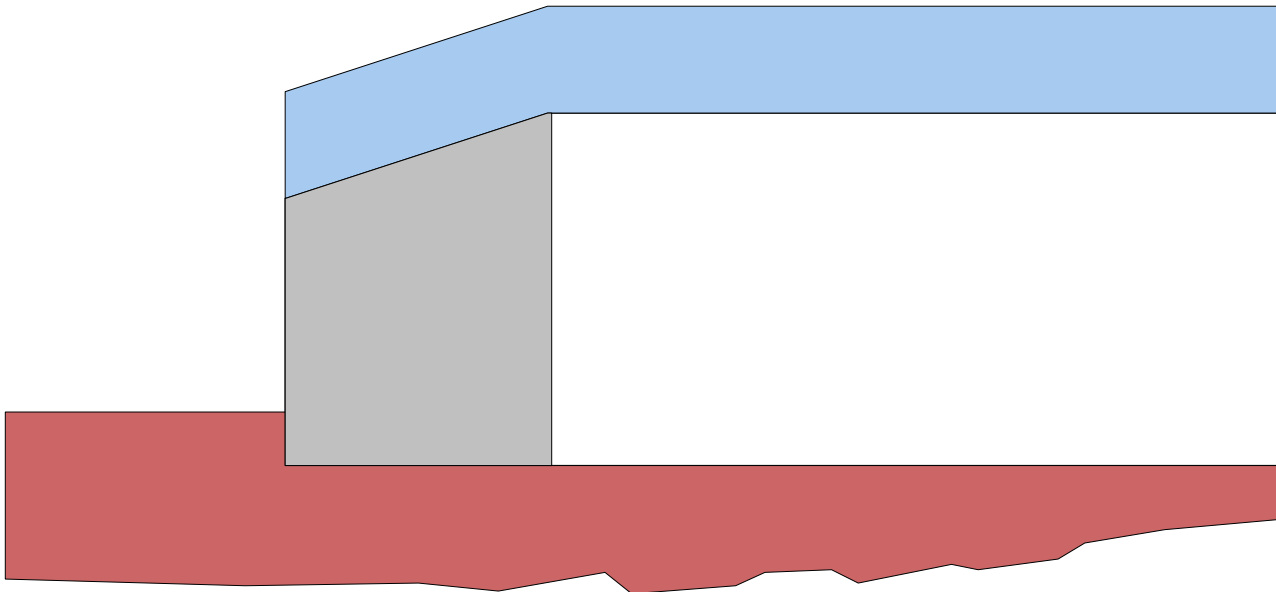
Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.471, Eccentricity, $e/L = 0.1925$, F_s -overturning = 2.30

G E O G R I D				C O N N E C T I O N							Product name
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]	Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	
1	0.28	2.50	1	N/A	2.17	2.01	2.009	8.546	1.231	0.1530	UX TIPO 1
2	0.58	2.50	1	N/A	3.32	3.07	3.073	10.717	1.359	0.1144	UX TIPO 1
3	0.90	2.50	1	N/A	3.73	3.45	3.454	9.858	1.529	0.0772	UX TIPO 1
4	1.20	2.50	1	N/A	3.12	2.89	2.888	6.882	1.729	0.0458	UX TIPO 1
5	1.80	2.50	1	N/A	3.98	3.69	3.688	5.363	2.312	-0.0093	UX TIPO 1
6	2.10	2.50	1	N/A	7.40	6.85	6.847	6.968	2.729	-0.0359	UX TIPO 1
7	2.40	2.50	1	N/A	10.96	10.15	10.149	6.921	3.199	-0.0677	UX TIPO 1

BEARING CAPACITY for GIVEN LAYOUT

	STATIC	SEISMIC	UNITS
(Water table is at wall base elevation)			
Factored bearing resistance, q_n	327.2	291.5	[kPa]
Factored bearing load, σ_v	109.05	122.0	[kPa]
Eccentricity, e	0.22	0.33	[m]
Eccentricity, e/L	0.089	0.133	
CDR calculated	3.00	2.39	
Base length	2.50	2.50	[m]

Unfactored applied bearing pressure = (Unfactored R) / [L - 2 * (Unfactored e)] =
 Static: Unfactored R = 161.86 [kN/m], L = 2.50, Unfactored e = 0.20 [m], and Sigma = 76.80 [kPa]
 Seismic: Unfactored R = 163.06 [kN/m], L = 2.50, Unfactored e = 0.41 [m], and Sigma = 97.55 [kPa]



SCALE:



Along reinforced and foundation soils interface: CDR-static = 1.753 and CDR-seismic = 1.471

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	CDR Static	CDR Seismic	Required facing resistance to render target: in [kN/m] Rf_r (Static) Rf_r (Seismic)		Geogrid Type #	Product name
0	(at Foundation Interface)				0.00	0.00		
1	0.28	2.50	1.435	1.231	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
2	0.58	2.50	1.541	1.359	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
3	0.90	2.50	1.674	1.529	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
4	1.20	2.50	1.823	1.729	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
5	1.80	2.50	2.218	2.312	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
6	2.10	2.50	2.485	2.729	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
7	2.40	2.50	2.814	3.199	0.00	0.00	1	UX TIPO 1

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.1321, e/L seismic = 0.1925; Overturning: CDR-static = 3.03, CDR-seismic = 2.30

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.28	2.50	0.1076	0.1530	1	UX TIPO 1
2	0.58	2.50	0.0828	0.1144	1	UX TIPO 1
3	0.90	2.50	0.0576	0.0772	1	UX TIPO 1
4	1.20	2.50	0.0350	0.0458	1	UX TIPO 1
5	1.80	2.50	-0.0098	-0.0093	1	UX TIPO 1
6	2.10	2.50	-0.0347	-0.0359	1	UX TIPO 1
7	2.40	2.50	-0.0665	-0.0677	1	UX TIPO 1

Live Load included in calculating Tmax

Live Load included in calculating Tmax

License number MSEW-303049

MSEW(3.0): Update # 14.981

License number MSEW-303049

License number MSEW-303049

AASHTO 2007-2010 (LRFD) Input Data

INTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2:	γ_{p-EV}	1.35	
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1:	γ_{p-EQ}	1.00	
Load factor for live load surcharge, LS, from Figure C11.5.5-3(b): (Same as in External Stability).	γ_{p-LS}	1.75	
Load factor for dead load surcharge, ES: (Same as in External Stability).	γ_{p-ES}	1.50	
Resistance factor for reinforcement tension from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement tension in connectors from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement pullout from Table 11.5.6-1:	ϕ	0.90	1.20

EXTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	Static	Combined Static/Seismic
Sliding and Eccentricity γ_{p-EV}	1.00	γ_{p-EQ} 1.00
Bearing Capacity γ_{p-EV}	1.35	γ_{p-EQ} 1.35
Load factor of active lateral earth pressure, EH, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	γ_{p-EH}	1.50
Load factor of active lateral earth pressure during earthquake (does not multiply P_{AE} and P_{IR}):	$(\gamma_{p-EH})_{EQ}$	1.10
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1 (multiplies P_{AE} and P_{IR}):	γ_{p-EQ}	1.00
Resistance factor for shear resistance along common interfaces from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
Reinforced Soil and Foundation ϕ_{τ}	1.00	1.00
Reinforced Soil and Reinforcement ϕ_{τ}	1.00	1.00
Resistance factor for bearing capacity of shallow foundation from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
ϕ_b	0.65	0.65

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)

Bearing capacity, $CDR = 2.15$, factored bearing load = 137.59 kPa.

Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.577, Eccentricity, $e/L = 0.1852$, CDR-overtipping = 2.37

G E O G R I D				C O N N E C T I O N							
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]	Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	Product name
1	0.28	2.50	1	N/A	1.47	1.36	1.363	9.130	1.282	0.1579	UX TIPO 1
2	0.58	2.50	1	N/A	2.27	2.10	2.103	12.077	1.367	0.1301	UX TIPO 1
3	0.90	2.50	1	N/A	2.51	2.32	2.322	11.156	1.471	0.1021	UX TIPO 1
4	1.20	2.50	1	N/A	1.98	1.83	1.833	7.332	1.585	0.0774	UX TIPO 1
5	1.80	2.50	1	N/A	2.39	2.22	2.217	5.789	1.878	0.0309	UX TIPO 1
6	2.10	2.50	1	N/A	4.35	4.03	4.027	8.160	2.069	0.0084	UX TIPO 1
7	2.40	2.50	1	N/A	5.23	4.85	4.845	7.337	2.302	-0.0151	UX TIPO 1
8	2.70	2.50	1	N/A	4.68	4.33	4.330	4.658	2.591	-0.0419	UX TIPO 1

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Seismic conditions)

Bearing capacity, CDR = 1.46, factored bearing load = 166.74 kPa.

Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.285, Eccentricity, $e/L = 0.2753$, F_s -overturning = 1.71

GEOGRID				CONNECTION							
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]	Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	Product name
1	0.28	2.50	1	N/A	1.82	1.69	1.690	8.325	1.064	0.2294	UX TIPO 1
2	0.58	2.50	1	N/A	2.73	2.53	2.529	10.356	1.159	0.1840	UX TIPO 1
3	0.90	2.50	1	N/A	3.01	2.79	2.788	9.536	1.281	0.1400	UX TIPO 1
4	1.20	2.50	1	N/A	2.44	2.26	2.263	6.629	1.421	0.1026	UX TIPO 1
5	1.80	2.50	1	N/A	2.96	2.74	2.737	5.237	1.812	0.0383	UX TIPO 1
6	2.10	2.50	1	N/A	5.13	4.75	4.753	6.744	2.090	0.0104	UX TIPO 1
7	2.40	2.50	1	N/A	6.13	5.68	5.680	5.985	2.448	-0.0160	UX TIPO 1
8	2.70	2.50	1	N/A	5.64	5.22	5.219	4.014	2.893	-0.0437	UX TIPO 1

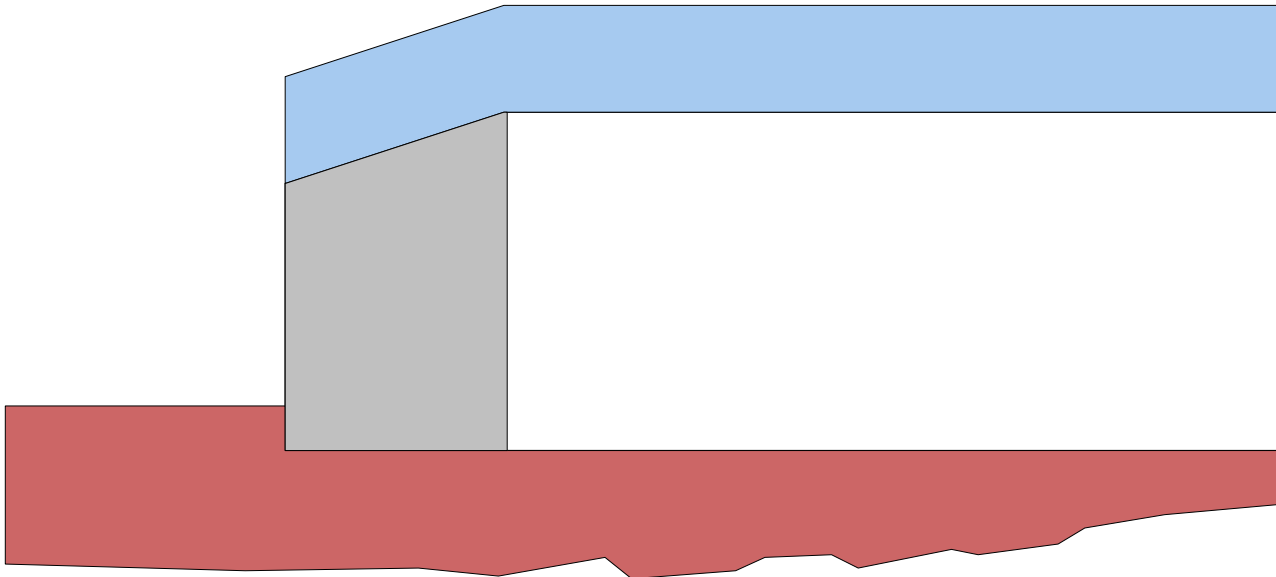
BEARING CAPACITY for GIVEN LAYOUT

	STATIC	SEISMIC	UNITS
(Water table is at wall base elevation)			
Factored bearing resistance, q-n	296.1	243.7	[kPa]
Factored bearing load, σ_v	137.59	166.7	[kPa]
Eccentricity, e	0.32	0.48	[m]
Eccentricity, e/L	0.128	0.194	
CDR calculated	2.15	1.46	
Base length	2.50	2.50	[m]

$$\text{Unfactored applied bearing pressure} = (\text{Unfactored R}) / [L - 2 * (\text{Unfactored e})] =$$

Static: Unfactored $R = 185.40$ [kN/m], $L = 2.50$, Unfactored $e = 0.29$ [m], and $\text{Sigma} = 96.10$ [kPa]

Seismic: Unfactored $R = 186.75$ [kN/m], $L = 2.50$, Unfactored $e = 0.60$ [m], and $\Sigma = 143.93$ [kPa]



SCALE:



Live Load included in calculating Tmax

#	Geogrid Elevation [m]	Tavailable [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum CDR static	Actual calculated CDR static	Specified minimum CDR seismic	Actual calculated CDR seismic	Product name
1	0.28	19.8	11.59	1.97	N/A	1.363	N/A	1.690	UX TIPO 1
2	0.58	19.8	7.51	1.83	N/A	2.103	N/A	2.529	UX TIPO 1
3	0.90	19.8	6.81	1.69	N/A	2.322	N/A	2.788	UX TIPO 1
4	1.20	19.8	8.62	1.55	N/A	1.833	N/A	2.263	UX TIPO 1
5	1.80	19.8	7.13	1.28	N/A	2.217	N/A	2.737	UX TIPO 1
6	2.10	19.8	3.92	1.14	N/A	4.027	N/A	4.753	UX TIPO 1
7	2.40	19.8	3.26	1.00	N/A	4.845	N/A	5.680	UX TIPO 1
8	2.70	19.8	3.65	0.87	N/A	4.330	N/A	5.219	UX TIPO 1

Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Geogrid Elevation [m]	Coverage Ratio	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static CDR	Actual Static CDR	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic CDR	Actual Seismic CDR
1	0.28	0.800	11.59	1.97	2.35	0.15	105.8	N/A	9.130	112.9	N/A	8.325
2	0.58	0.800	7.51	1.83	2.19	0.31	90.7	N/A	12.077	96.8	N/A	10.356
3	0.90	0.800	6.81	1.69	2.01	0.49	75.9	N/A	11.156	81.0	N/A	9.536
4	1.20	0.800	8.62	1.55	1.85	0.65	63.2	N/A	7.332	67.4	N/A	6.629
5	1.80	0.800	7.13	1.28	1.52	0.98	41.3	N/A	5.789	44.0	N/A	5.237
6	2.10	0.800	3.92	1.14	1.36	1.14	32.0	N/A	8.160	34.2	N/A	6.744
7	2.40	0.800	3.26	1.00	1.20	1.30	23.9	N/A	7.337	25.5	N/A	5.985
8	2.70	0.800	3.65	0.87	1.03	1.47	17.0	N/A	4.658	18.1	N/A	4.014

Live Load included in calculating Tmax

Live Load included in calculating Tmax

License number MSEW-303049

MSEW(3.0): Update # 14.981

INPUT DATA: Geogrids (Analysis)

D A T A		Geogrid type #1	Geogrid type #2	Geogrid type #3	Geogrid type #4	Geogrid type #5
Tult [kN/m]		59.0	70.0	87.0	116.0	
Durability reduction factor, RFd		1.00	1.00	1.00	1.00	
Installation-damage reduction factor, RFid		1.20	1.20	1.20	1.20	
Creep reduction factor, RFc		2.24	2.24	2.24	2.24	N/A
CDR for strength		N/A	N/A	N/A	N/A	
Coverage ratio, Rc		0.800	0.800	0.800	0.800	
Friction angle along geogrid-soil interface, ρ		24.79	24.79	24.79	24.79	
Pullout resistance factor, F*		$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	N/A
Scale-effect correction factor, α		1.0	1.0	1.0	1.0	

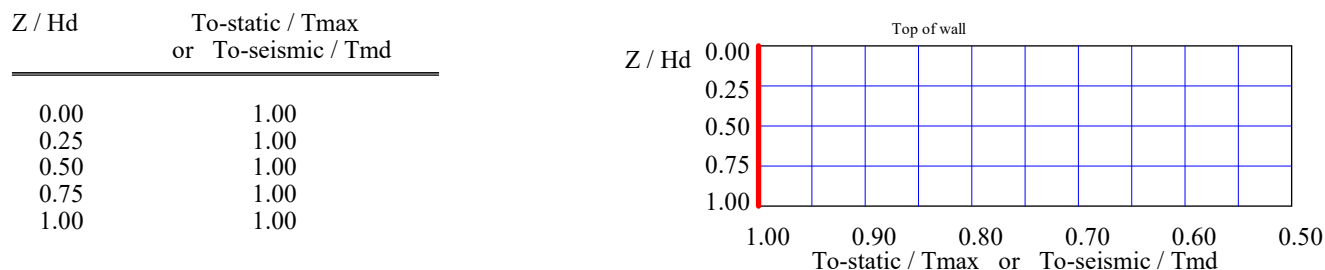
Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.00
1 m	1.00
2 m	1.00
3 m	1.00
4 m	1.00
5 m	1.00
6 m	1.00

The plot shows a vertical red line at $K/Ka = 1.0$ on a grid. The x-axis is labeled K/Ka and ranges from 0.0 to 3.0. The y-axis is labeled $Z \text{ [m]}$ and ranges from 0 to 10. The red line is positioned exactly at the 1.0 mark on the x-axis, extending from $Z = 0$ to $Z = 10$.

INPUT DATA: Facia and Connection (Analysis)

FACIA type: Segmental precast concrete panels.
 Depth of panel is 0.15 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.07 m.
 Average unit weight of panel is $\gamma_f = 24.00 \text{ kN/m}^3$



D A T A (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Product Name	UX TIPO 1	UX TIPO 2	UX TIPO 3	UX TIPO 3	N/A
Durability reduction factor, RFd	1.00	1.00	1.00	1.00	N/A
Creep reduction factor, RFc	2.24	2.24	2.24	2.24	N/A
Capacity Demand Ratio: connection break, CDR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Capacity Demand Ratio: connection pullout, CDR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CRu = Tult-connection/Tult-geogrid	0.90	0.90	0.90	0.90	N/A

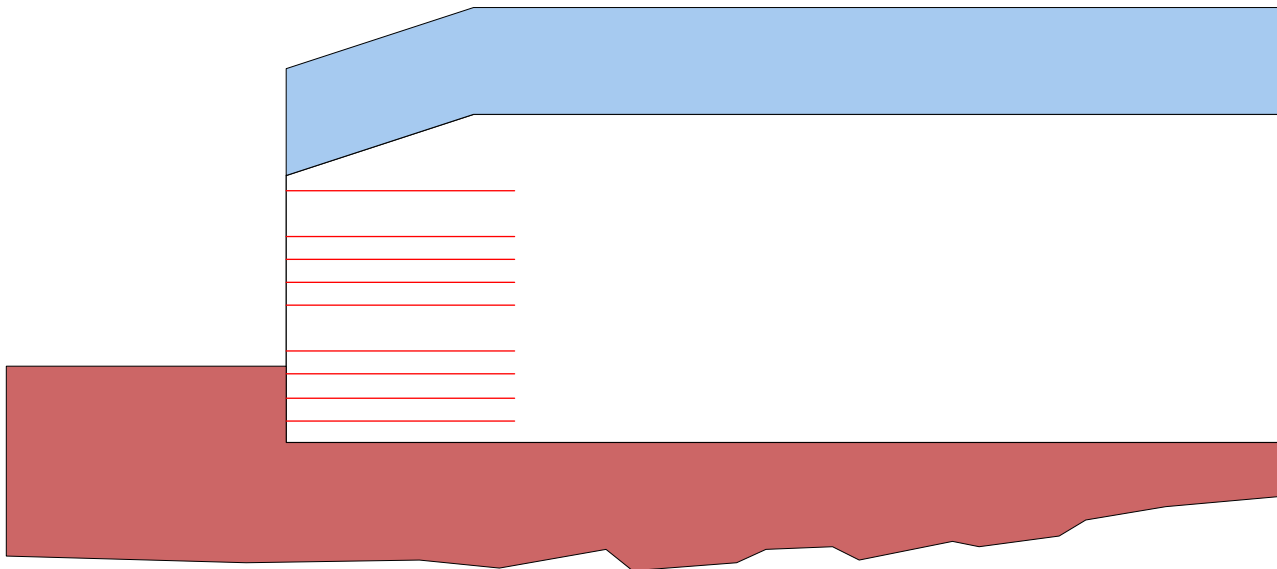
INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd	3.50 [m]	{ Embedded depth is E = 1.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 2.50 m }
Batter, ω	0.0 [deg]	
Backslope, β	18.0 [deg]	Broken back equivalent angle, I = 6.52° (see Fig. 25 in DEMO 82)
Backslope rise	0.8 [m]	

UNIFORM SURCHARGE

Uniformly distributed dead load is 6.0 [kPa], and live load is 2.5 [kPa]

ANALYZED REINFORCEMENT LAYOUT:



SCALE:



AASHTO 2007-2010 (LRFD) Input Data

INTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2:	γ_{p-EV}	1.35	
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1:	γ_{p-EQ}	1.00	
Load factor for live load surcharge, LS, from Figure C11.5.5-3(b): (Same as in External Stability).	γ_{p-LS}	1.75	
Load factor for dead load surcharge, ES: (Same as in External Stability).	γ_{p-ES}	1.50	
Resistance factor for reinforcement tension from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement tension in connectors from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement pullout from Table 11.5.6-1:	ϕ	0.90	1.20

EXTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	Static	Combined Static/Seismic
Sliding and Eccentricity γ_{p-EV}	1.00	γ_{p-EQ} 1.00
Bearing Capacity γ_{p-EV}	1.35	γ_{p-EQ} 1.35
Load factor of active lateral earth pressure, EH, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	γ_{p-EH}	1.50
Load factor of active lateral earth pressure during earthquake (does not multiply P_{AE} and P_{IR}):	$(\gamma_{p-EH})_{EQ}$	1.10
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1 (multiplies P_{AE} and P_{IR}):	γ_{p-EQ}	1.00
Resistance factor for shear resistance along common interfaces from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
Reinforced Soil and Foundation ϕ_{τ}	1.00	1.00
Reinforced Soil and Reinforcement ϕ_{τ}	1.00	1.00
Resistance factor for bearing capacity of shallow foundation from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
ϕ_b	0.65	0.65

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Static conditions)

Bearing capacity, $CDR = 2.52$, factored bearing load = 148.43 kPa.

Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.728, Eccentricity, $e/L = 0.1579$, CDR-overtipping = 2.75

G E O G R I D				C O N N E C T I O N							
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]	Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	Product name
1	0.28	3.00	2	N/A	1.52	1.40	1.404	11.174	1.400	0.1366	UX TIPO 2
2	0.58	3.00	1	N/A	1.94	1.80	1.799	14.928	1.486	0.1147	UX TIPO 1
3	0.90	3.00	1	N/A	2.11	1.96	1.957	14.009	1.591	0.0926	UX TIPO 1
4	1.20	3.00	1	N/A	1.63	1.51	1.510	9.310	1.704	0.0730	UX TIPO 1
5	1.80	3.00	1	N/A	1.90	1.76	1.761	7.741	1.989	0.0362	UX TIPO 1
6	2.10	3.00	1	N/A	3.31	3.07	3.066	11.101	2.171	0.0187	UX TIPO 1
7	2.40	3.00	1	N/A	3.80	3.52	3.518	10.270	2.392	0.0013	UX TIPO 1
8	2.70	3.00	1	N/A	3.11	2.88	2.876	6.587	2.664	-0.0167	UX TIPO 1
9	3.30	3.00	1	N/A	3.92	3.63	3.627	4.545	3.456	-0.0617	UX TIPO 1

ANALYSIS: CALCULATED FACTORS (Seismic conditions)

Bearing capacity, CDR = 1.76, factored bearing load = 177.15 kPa.

Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.377, Eccentricity, $e/L = 0.2466$, F_s -overturning = 1.90

GEOGRID				CONNECTION			Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	Product name
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]					
1	0.28	3.00	2	N/A	1.87	1.74	1.736	10.138	1.132	0.2096	UX TIPO 2
2	0.58	3.00	1	N/A	2.33	2.16	2.156	12.720	1.222	0.1728	UX TIPO 1
3	0.90	3.00	1	N/A	2.53	2.34	2.341	11.896	1.336	0.1366	UX TIPO 1
4	1.20	3.00	1	N/A	2.01	1.86	1.860	8.381	1.464	0.1054	UX TIPO 1
5	1.80	3.00	1	N/A	2.34	2.17	2.168	6.964	1.808	0.0508	UX TIPO 1
6	2.10	3.00	1	N/A	3.90	3.61	3.609	9.128	2.045	0.0269	UX TIPO 1
7	2.40	3.00	1	N/A	4.45	4.12	4.119	8.354	2.348	0.0049	UX TIPO 1
8	2.70	3.00	1	N/A	3.76	3.48	3.478	5.712	2.743	-0.0162	UX TIPO 1
9	3.30	3.00	1	N/A	4.74	4.39	4.389	3.946	3.910	-0.0627	UX TIPO 1

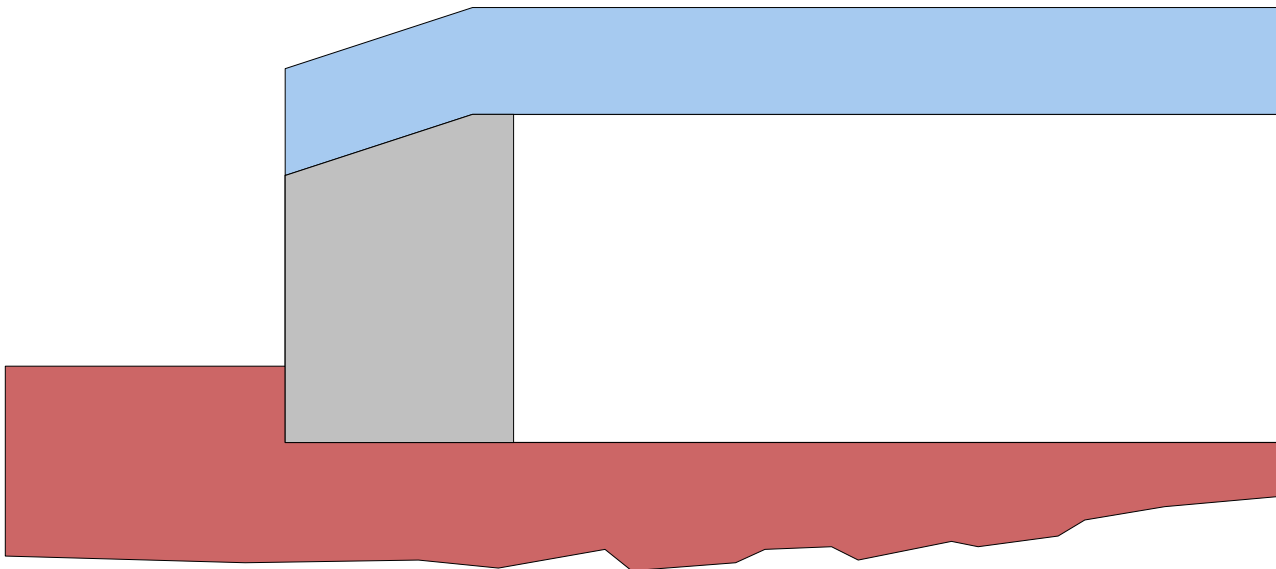
BEARING CAPACITY for GIVEN LAYOUT

	STATIC	SEISMIC	UNITS
(Water table is at wall base elevation)			
Factored bearing resistance, q-n	373.4	312.2	[kPa]
Factored bearing load, σ_v	148.43	177.1	[kPa]
Eccentricity, e	0.33	0.52	[m]
Eccentricity, e/L	0.109	0.173	
CDR calculated	2.52	1.76	
Base length	3.00	3.00	[m]

$$\text{Unfactored applied bearing pressure} = (\text{Unfactored } R) / [L - 2 * (\text{Unfactored } e)] =$$

Static: Unfactored $R = 253.00$ [kN/m], $L = 3.00$, Unfactored $e = 0.29$ [m], and $\text{Sigma} = 104.59$ [kPa]

Seismic: Unfactored $R = 254.52$ [kN/m], $L = 3.00$, Unfactored $e = 0.65$ [m], and $\Sigma = 149.94$ [kPa]



SCALE:



Along reinforced and foundation soils interface: CDR-static = 1.728 and CDR-seismic = 1.377

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	CDR Static	CDR Seismic	Required facing resistance to render target: in [kN/m]		Geogrid Type #	Product name
					Rf_r (Static)	Rf_r (Seismic)		
0	(at Foundation Interface)				0.00	0.00		
1	0.28	3.00	1.400	1.132	0.00	0.00	2	UX TIPO 2
2	0.58	3.00	1.486	1.222	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
3	0.90	3.00	1.591	1.336	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
4	1.20	3.00	1.704	1.464	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
5	1.80	3.00	1.989	1.808	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
6	2.10	3.00	2.171	2.045	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
7	2.40	3.00	2.392	2.348	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
8	2.70	3.00	2.664	2.743	0.00	0.00	1	UX TIPO 1
9	3.30	3.00	3.456	3.910	0.00	0.00	1	UX TIPO 1

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.1579, e/L seismic = 0.2466; Overturning: CDR-static = 2.75, CDR-seismic = 1.90

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.28	3.00	0.1366	0.2096	2	UX TIPO 2
2	0.58	3.00	0.1147	0.1728	1	UX TIPO 1
3	0.90	3.00	0.0926	0.1366	1	UX TIPO 1
4	1.20	3.00	0.0730	0.1054	1	UX TIPO 1
5	1.80	3.00	0.0362	0.0508	1	UX TIPO 1
6	2.10	3.00	0.0187	0.0269	1	UX TIPO 1
7	2.40	3.00	0.0013	0.0049	1	UX TIPO 1
8	2.70	3.00	-0.0167	-0.0162	1	UX TIPO 1
9	3.30	3.00	-0.0617	-0.0627	1	UX TIPO 1

RESULTS for STRENGTH

Live Load included in calculating Tmax

#	Geogrid Elevation [m]	Tavailable [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum CDR static	Actual calculated CDR static	Specified minimum CDR seismic	Actual calculated CDR seismic	Product name
1	0.28	23.4	13.36	2.35	N/A	1.404	N/A	1.736	UX TIPO 2
2	0.58	19.8	8.78	2.21	N/A	1.799	N/A	2.156	UX TIPO 1
3	0.90	19.8	8.08	2.07	N/A	1.957	N/A	2.341	UX TIPO 1
4	1.20	19.8	10.46	1.93	N/A	1.510	N/A	1.860	UX TIPO 1
5	1.80	19.8	8.97	1.67	N/A	1.761	N/A	2.168	UX TIPO 1
6	2.10	19.8	5.15	1.53	N/A	3.066	N/A	3.609	UX TIPO 1
7	2.40	19.8	4.49	1.40	N/A	3.518	N/A	4.119	UX TIPO 1
8	2.70	19.8	5.50	1.26	N/A	2.876	N/A	3.478	UX TIPO 1
9	3.30	19.8	4.36	1.00	N/A	3.627	N/A	4.389	UX TIPO 1

RESULTS for PULLOUT

Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Geogrid Elevation [m]	Coverage Ratio	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static CDR	Actual Static CDR	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic CDR	Actual Seismic CDR
1	0.28	0.800	13.36	2.35	2.85	0.15	149.2	N/A	11.174	159.2	N/A	10.138
2	0.58	0.800	8.78	2.21	2.69	0.31	131.1	N/A	14.928	139.9	N/A	12.720
3	0.90	0.800	8.08	2.07	2.51	0.49	113.1	N/A	14.009	120.7	N/A	11.896
4	1.20	0.800	10.46	1.93	2.35	0.65	97.4	N/A	9.310	103.9	N/A	8.381
5	1.80	0.800	8.97	1.67	2.02	0.98	69.5	N/A	7.741	74.1	N/A	6.964
6	2.10	0.800	5.15	1.53	1.86	1.14	57.2	N/A	11.101	61.0	N/A	9.128
7	2.40	0.800	4.49	1.40	1.70	1.30	46.1	N/A	10.270	49.2	N/A	8.354
8	2.70	0.800	5.50	1.26	1.53	1.47	36.2	N/A	6.587	38.6	N/A	5.712
9	3.30	0.800	4.36	1.00	1.21	1.79	19.8	N/A	4.545	21.1	N/A	3.946

Live Load included in calculating Tmax

Live Load included in calculating Tmax

License number MSEW-303049

MSEW(3.0): Update # 14.981

License number MSEW-303049

SOIL DATA

REINFORCED SOIL

Unit weight, γ	20.0 kN/m ³
Design value of internal angle of friction, ϕ	28.0 °

RETAINED SOIL

Unit weight, γ	20.0 kN/m ³
Design value of internal angle of friction, ϕ	28.0 °

FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)

Equivalent unit weight, $\gamma_{\text{equiv.}}$	20.0 kN/m ³
Equivalent internal angle of friction, $\phi_{\text{equiv.}}$	35.0 °
Equivalent cohesion, $c_{\text{equiv.}}$	0.0 kPa

Water table is at wall base elevation

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS

$$K_a \text{ (internal stability)} = 0.3610 \quad (\text{if batter is less than } 10^\circ, K_a \text{ is calculated from eq. 15. Otherwise, eq. 38 is utilized})$$

Inclination of internal slip plane, $\psi = 59.00^\circ$ (see Fig. 28 in DEMO 82).

Ka (external stability) = 0.3610 (if batter is less than 10° , Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

BEARING CAPACITY

Bearing capacity is controlled by general shear.

Bearing capacity factors (calculated by MSEW): $N_c = 46.12$ $N_\gamma = 48.03$

SEISMICITY

Maximum ground acceleration coefficient, $A = 0.160$

Design acceleration coefficient in Internal Stability: $K_h = A_m = 0.206$

Design acceleration coefficient in External Stability: $K_h d = 0.206 \Rightarrow K_h = A_m = 0.206$

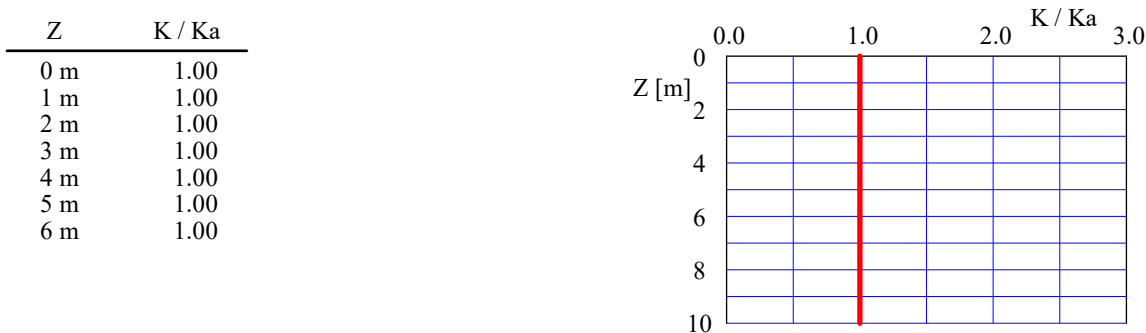
$$K_{ae} (K_h > 0) = 0.5136 \qquad K_{ae} (K_h = 0) = 0.3610 \qquad \Delta K_{ae} = 0.1526$$

Seismic soil-geogrid friction coefficient, F^* is 80.0% of its specified static value.

INPUT DATA: Geogrids (Analysis)

D A T A	Geogrid type #1	Geogrid type #2	Geogrid type #3	Geogrid type #4	Geogrid type #5
Tult [kN/m]	59.0	70.0	87.0	116.0	
Durability reduction factor, RFd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Installation-damage reduction factor, RFid	1.20	1.20	1.20	1.20	
Creep reduction factor, RFC	2.24	2.24	2.24	2.24	N/A
CDR for strength	N/A	N/A	N/A	N/A	
Coverage ratio, Rc	0.800	0.800	0.800	0.800	
Friction angle along geogrid-soil interface, ρ	24.79	24.79	24.79	24.79	
Pullout resistance factor, F*	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	N/A
Scale-effect correction factor, α	1.0	1.0	1.0	1.0	

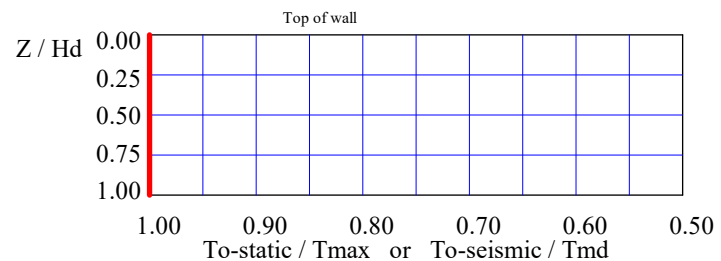
Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth



INPUT DATA: Facia and Connection (Analysis)

FACIA type: Segmental precast concrete panels.
Depth of panel is 0.15 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.07 m.
Average unit weight of panel is $\gamma_f = 24.00 \text{ kN/m}^3$

Z / Hd	To-static / Tmax or To-seismic / Tmd
0.00	1.00
0.25	1.00
0.50	1.00
0.75	1.00
1.00	1.00



D A T A (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Product Name	UX TIPO 1	UX TIPO 2	UX TIPO 3	UX TIPO 3	N/A
Durability reduction factor, RFd	1.00	1.00	1.00	1.00	N/A
Creep reduction factor, RFc	2.24	2.24	2.24	2.24	N/A
Capacity Demand Ratio: connection break, CDR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Capacity Demand Ratio: connection pullout, CDR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CRu = Tult-connection/Tult-geogrid	0.90	0.90	0.90	0.90	N/A

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

Present Date/Time: Fri Jun 20 00:10:47 2025

C:\..... - Grupo TDM\2025\Malecon del Mar\Memorias de Cálculo\Todo Sin Talud\MSR PANEL H=4.00m.BEN

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

Present Date/Time: Fri Jun 20 00:10:47 2025

C:\..... - Grupo TDM\2025\Malecon del Mar\Memorias de Cálculo\Todo Sin Talud\MSR PANEL H=4.00m.BEN

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

Present Date/Time: Fri Jun 20 00:10:47 2025

C:\..... - Grupo TDM\2025\Malecon del Mar\Memorias de Cálculo\Todo Sin Talud\MSR PANEL H=4.00m.BEN

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

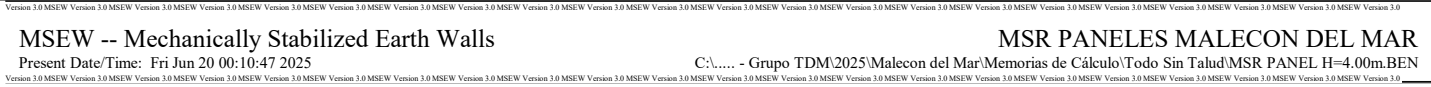
Present Date/Time: Fri Jun 20 00:10:47 2025

C:\..... - Grupo TDM\2025\Malecon del Mar\Memorias de Cálculo\Todo Sin Talud\MSR PANEL H=4.00m.BEN

MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

Present Date/Time: Fri Jun 20 00:10:47 2025

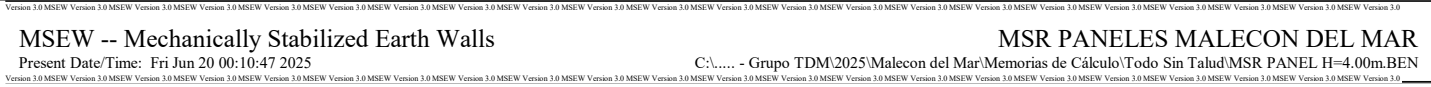
C:\..... - Grupo TDM\2025\Malecon del Mar\Memorias de Cálculo\Todo Sin Talud\MSR PANEL H=4.00m.BEN



MSEW -- Mechanically Stabilized Earth Walls

Present Date/Time: Fri Jun 20 00:10:47 2025

C:\..... - Grupo TDM\2025\Malecon del Mar\Memorias de Cálculo\Todo Sin Talud\MSR PANEL H=4.00m.BEN



INTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2:	γ_{p-EV}	1.35	
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1:	γ_{p-EQ}	1.00	
Load factor for live load surcharge, LS, from Figure C11.5.5-3(b): (Same as in External Stability).	γ_{p-LS}	1.75	
Load factor for dead load surcharge, ES: (Same as in External Stability).	γ_{p-ES}	1.50	
Resistance factor for reinforcement tension from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement tension in connectors from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement pullout from Table 11.5.6-1:	ϕ	0.90	1.20

EXTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	Static	Combined Static/Seismic
Sliding and Eccentricity γ_{p-EV}	1.00	γ_{p-EQ} 1.00
Bearing Capacity γ_{p-EV}	1.35	γ_{p-EQ} 1.35
Load factor of active lateral earth pressure, EH, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	γ_{p-EH}	1.50
Load factor of active lateral earth pressure during earthquake (does not multiply P_{AE} and P_{IR}):	$(\gamma_{p-EH})_{EQ}$	1.10
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1 (multiplies P_{AE} and P_{IR}):	γ_{p-EQ}	1.00
Resistance factor for shear resistance along common interfaces from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
Reinforced Soil and Foundation ϕ_{τ}	1.00	1.00
Reinforced Soil and Reinforcement ϕ_{τ}	1.00	1.00
Resistance factor for bearing capacity of shallow foundation from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
ϕ_b	0.65	0.65

Bearing capacity, $CDR = 2.88$, factored bearing load = 153.13 kPa.

Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.510, Eccentricity, $e/L = 0.1463$, CDR-overtipping = 3.42

G E O G R I D				C O N N E C T I O N							
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]	Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	Product name
1	0.28	3.50	2	N/A	1.13	1.05	1.045	8.572	1.441	0.1283	UX TIPO 2
2	0.58	3.50	1	N/A	1.44	1.34	1.337	11.394	1.552	0.1102	UX TIPO 1
3	0.90	3.50	1	N/A	1.57	1.45	1.453	10.619	1.690	0.0924	UX TIPO 1
4	1.20	3.50	1	N/A	1.21	1.12	1.119	7.003	1.845	0.0771	UX TIPO 1
5	1.80	3.50	1	N/A	1.40	1.30	1.300	5.712	2.261	0.0505	UX TIPO 1
6	2.10	3.50	1	N/A	2.44	2.26	2.256	8.071	2.551	0.0391	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	1	N/A	2.79	2.58	2.579	7.327	2.931	0.0292	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	1	N/A	2.26	2.09	2.094	4.572	3.454	0.0205	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	1	N/A	2.44	2.26	2.260	2.491	5.520	0.0074	UX TIPO 1
10	3.90	3.50	1	N/A	6.29	5.83	5.829	1.959	24.809	0.0003	UX TIPO 1

Bearing capacity, CDR = 2.29, factored bearing load = 171.96 kPa.

Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.249, Eccentricity, e/L = 0.2076, Fs-overtopping = 2.41

G E O G R I D				C O N N E C T I O N							
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]	Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	Product name
1	0.28	3.50	2	N/A	1.41	1.30	1.302	7.904	1.195	0.1810	UX TIPO 2
2	0.58	3.50	1	N/A	1.75	1.62	1.620	9.918	1.290	0.1545	UX TIPO 1
3	0.90	3.50	1	N/A	1.90	1.76	1.757	9.211	1.410	0.1285	UX TIPO 1
4	1.20	3.50	1	N/A	1.50	1.39	1.389	6.406	1.545	0.1062	UX TIPO 1
5	1.80	3.50	1	N/A	1.74	1.61	1.613	5.216	1.913	0.0680	UX TIPO 1
6	2.10	3.50	1	N/A	2.90	2.68	2.685	6.779	2.173	0.0520	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	1	N/A	3.30	3.05	3.052	6.088	2.518	0.0380	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	1	N/A	2.76	2.55	2.553	4.030	3.000	0.0262	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	1	N/A	3.01	2.79	2.786	2.245	4.963	0.0088	UX TIPO 1
10	3.90	3.50	1	N/A	7.23	6.69	6.694	1.536	24.186	0.0003	UX TIPO 1

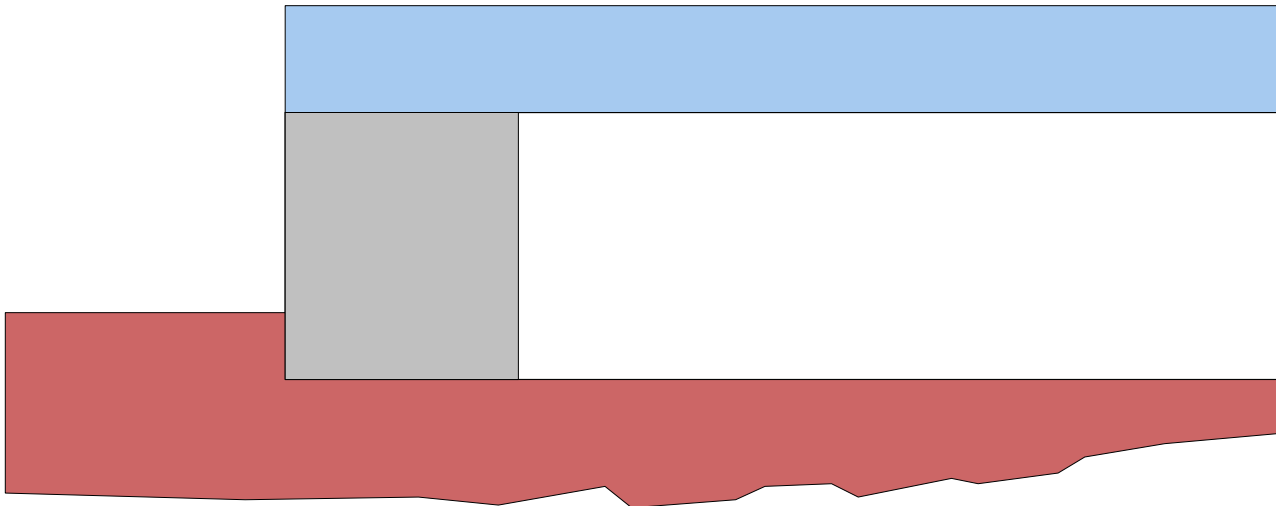
BEARING CAPACITY for GIVEN LAYOUT

	STATIC	SEISMIC	UNITS
(Water table is at wall base elevation)			
Factored bearing resistance, q_n	441.3	392.9	[kPa]
Factored bearing load, σ_v	153.13	172.0	[kPa]
Eccentricity, e	0.36	0.51	[m]
Eccentricity, e/L	0.104	0.147	
CDR calculated	2.88	2.29	
Base length	3.50	3.50	[m]

Unfactored applied bearing pressure = (Unfactored R) / [L - 2 * (Unfactored e)] =

Static: Unfactored R = 309.75 [kN/m], L = 3.50, Unfactored e = 0.33 [m], and Sigma = 108.91 [kPa]

Seismic: Unfactored R = 309.75 [kN/m], L = 3.50, Unfactored e = 0.64 [m], and Sigma = 138.99 [kPa]



SCALE:



Along reinforced and foundation soils interface: CDR-static = 1.510 and CDR-seismic = 1.249

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	CDR Static	CDR Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.28	3.50	1.441	1.195	2	UX TIPO 2
2	0.58	3.50	1.552	1.290	1	UX TIPO 1
3	0.90	3.50	1.690	1.410	1	UX TIPO 1
4	1.20	3.50	1.845	1.545	1	UX TIPO 1
5	1.80	3.50	2.261	1.913	1	UX TIPO 1
6	2.10	3.50	2.551	2.173	1	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	2.931	2.518	1	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	3.454	3.000	1	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	5.520	4.963	1	UX TIPO 1
10	3.90	3.50	24.809	24.186	1	UX TIPO 1

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.1463, e/L seismic = 0.2076; Overturning: CDR-static = 3.42, CDR-seismic = 2.41

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.28	3.50	0.1283	0.1810	2	UX TIPO 2
2	0.58	3.50	0.1102	0.1545	1	UX TIPO 1
3	0.90	3.50	0.0924	0.1285	1	UX TIPO 1
4	1.20	3.50	0.0771	0.1062	1	UX TIPO 1
5	1.80	3.50	0.0505	0.0680	1	UX TIPO 1
6	2.10	3.50	0.0391	0.0520	1	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	0.0292	0.0380	1	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	0.0205	0.0262	1	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	0.0074	0.0088	1	UX TIPO 1
10	3.90	3.50	0.0003	0.0003	1	UX TIPO 1

Live Load included in calculating Tmax

RESULTS for CONNECTION (seismic conditions)

Live Load included in calculating Tmax

MSR PANELES MALECON DEL MAR

AASHTO 2007-2010 (LRFD) MSR PANELES MALECON DEL MAR

MSEW(3.0): Update # 14.981

PROJECT IDENTIFICATION

Title: MSR PANELES MALECON DEL MAR
Project Number: PY-- 2025
Client: ---
Designer: ---
Station Number: ---

Description:

H=4.00m

Company's information:

Name:
Street:

Telephone #:
Fax #:
E-Mail:

Original file path and name: C:\Users\USER\OneDrive - Grupo TDM\2025\Malecon del Mar.....
.....SR PANEL H=4.50m.BEN

Original date and time of creating this file: MAYO 2025

PROGRAM MODE:

ANALYSIS
of a SIMPLE STRUCTURE
using GEOGRID as reinforcing material.

SOIL DATA

REINFORCED SOIL

Unit weight, γ	20.0 kN/m ³
Design value of internal angle of friction, ϕ	30.0 °

RETAINED SOIL

Unit weight, γ	20.0 kN/m ³
Design value of internal angle of friction, ϕ	30.0 °

FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)

Equivalent unit weight, $\gamma_{\text{equiv.}}$	20.0 kN/m ³
Equivalent internal angle of friction, $\phi_{\text{equiv.}}$	35.0 °
Equivalent cohesion, $c_{\text{equiv.}}$	0.0 kPa

Water table is at wall base elevation

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS

K_a (internal stability) = 0.3333 (if batter is less than 10° , K_a is calculated from eq. 15. Otherwise, eq. 38 is utilized)

Inclination of internal slip plane, $\psi = 60.00^\circ$ (see Fig. 28 in DEMO 82).

Ka (external stability) = 0.3333 (if batter is less than 10° , Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

BEARING CAPACITY

Bearing capacity is controlled by general shear.

Bearing capacity factors (calculated by MSEW): $N_c = 46.12$ $N_\gamma = 48.03$

SEISMICITY

Maximum ground acceleration coefficient, $A = 0.160$

Design acceleration coefficient in Internal Stability: $K_h = A_m = 0.206$

Design acceleration coefficient in External Stability: $K_h \text{ d} = 0.206 \Rightarrow K_h = A_m = 0.206$

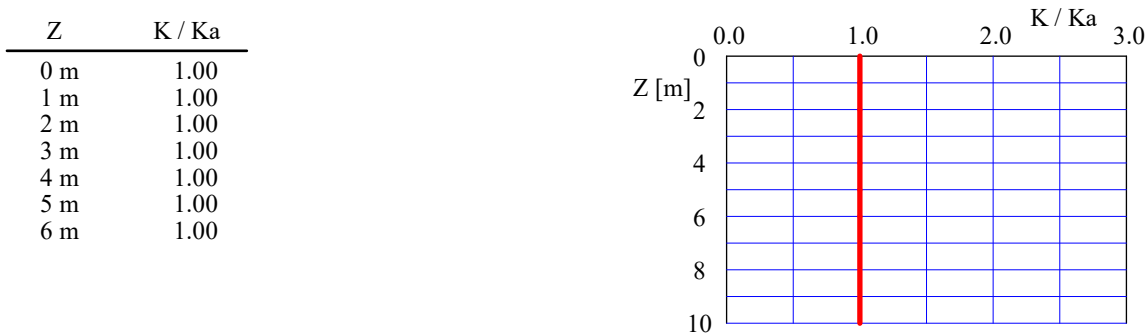
$$K_{ae} (K_h > 0) = 0.4787 \qquad K_{ae} (K_h = 0) = 0.3333 \qquad \Delta K_{ae} = 0.1454$$

Seismic soil-geogrid friction coefficient, F^* is 80.0% of its specified static value.

INPUT DATA: Geogrids (Analysis)

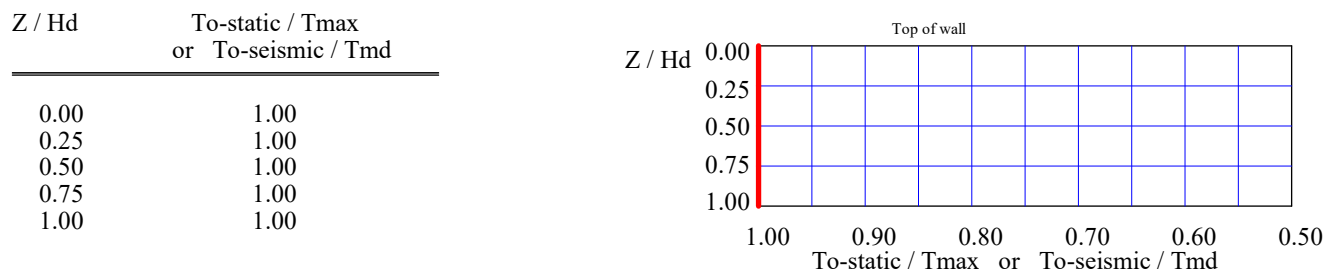
D A T A	Geogrid type #1	Geogrid type #2	Geogrid type #3	Geogrid type #4	Geogrid type #5
Tult [kN/m]	59.0	70.0	87.0	116.0	
Durability reduction factor, RFd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Installation-damage reduction factor, RFid	1.20	1.20	1.20	1.20	
Creep reduction factor, RFc	2.24	2.24	2.24	2.24	N/A
CDR for strength	N/A	N/A	N/A	N/A	
Coverage ratio, Rc	0.800	0.800	0.800	0.800	
Friction angle along geogrid-soil interface, ρ	24.79	24.79	24.79	24.79	
Pullout resistance factor, F*	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	$0.75 \cdot \tan \phi$	N/A
Scale-effect correction factor, α	1.0	1.0	1.0	1.0	

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth



INPUT DATA: Facia and Connection (Analysis)

FACIA type: Segmental precast concrete panels.
Depth of panel is 0.15 m. Horizontal distance to Center of Gravity of panel is 0.07 m.
Average unit weight of panel is $\gamma_f = 24.00 \text{ kN/m}^3$



D A T A (for connection only)	Type #1	Type #2	Type #3	Type #4	Type #5
Product Name	UX TIPO 1	UX TIPO 2	UX TIPO 3	UX TIPO 3	N/A
Durability reduction factor, RFd	1.00	1.00	1.00	1.00	N/A
Creep reduction factor, RFc	2.24	2.24	2.24	2.24	N/A
Capacity Demand Ratio: connection break, CDR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Capacity Demand Ratio: connection pullout, CDR	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CRu = Tult-connection/Tult-geogrid	0.90	0.90	0.90	0.90	N/A

[illegible]

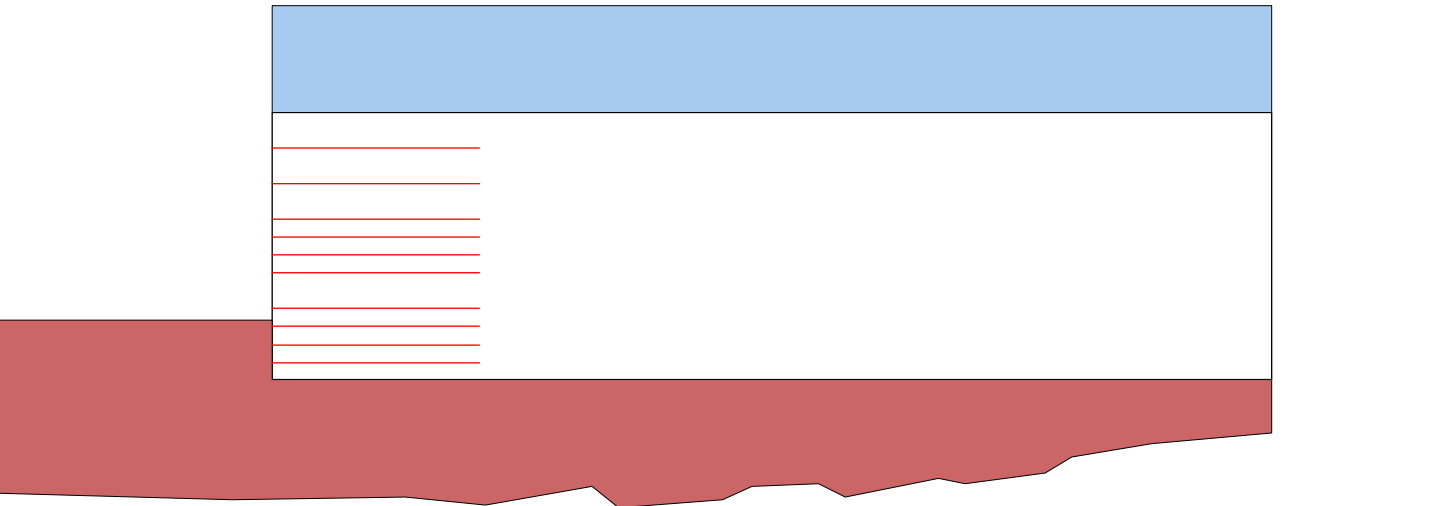
INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd	4.50 [m]	{ Embedded depth is E = 1.00 m, and height above top of finished bottom grade is H = 3.50 m }
Batter, ω	0.0 [deg]	
Backslope, β	0.0 [deg]	Broken back equivalent angle, I = 0.00° (see Fig. 25 in DEMO 82)
Backslope rise	0.0 [m]	

UNIFORM SURCHARGE

Uniformly distributed dead load is 6.0 [kPa], and live load is 2.5 [kPa]

ANALYZED REINFORCEMENT LAYOUT:



SCALE:



INTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2:	γ_{p-EV}	1.35	
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1:	γ_{p-EQ}	1.00	
Load factor for live load surcharge, LS, from Figure C11.5.5-3(b): (Same as in External Stability).	γ_{p-LS}	1.75	
Load factor for dead load surcharge, ES: (Same as in External Stability).	γ_{p-ES}	1.50	
Resistance factor for reinforcement tension from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement tension in connectors from Table 11.5.6-1: Geogrid:	ϕ	Static 0.90	Combined static/seismic 1.20
Resistance factor for reinforcement pullout from Table 11.5.6-1:	ϕ	0.90	1.20

EXTERNAL STABILITY

Load factor for vertical earth pressure, EV, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	Static	Combined Static/Seismic
Sliding and Eccentricity γ_{p-EV}	1.00	γ_{p-EQ} 1.00
Bearing Capacity γ_{p-EV}	1.35	γ_{p-EQ} 1.35
Load factor of active lateral earth pressure, EH, from Table 3.4.1-2 and Figure C11.5.5-2:	γ_{p-EH}	1.50
Load factor of active lateral earth pressure during earthquake (does not multiply P_{AE} and P_{IR}):	$(\gamma_{p-EH})_{EQ}$	1.10
Load factor for earthquake loads, EQ, from Table 3.4.1-1 (multiplies P_{AE} and P_{IR}):	γ_{p-EQ}	1.00
Resistance factor for shear resistance along common interfaces from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
Reinforced Soil and Foundation ϕ_{τ}	1.00	1.00
Reinforced Soil and Reinforcement ϕ_{τ}	1.00	1.00
Resistance factor for bearing capacity of shallow foundation from Table 11.5.6-1:	Static	Combined Static/Seismic
ϕ_b	0.65	0.65

Bearing capacity, $CDR = 2.39$, factored bearing load = 177.11 kPa.

Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.599, Eccentricity, $e/L = 0.1675$, CDR-overtipping = 2.98

G E O G R I D				C O N N E C T I O N							
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]	Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	Product name
1	0.28	3.50	3	N/A	1.36	1.26	1.260	10.168	1.423	0.1490	UX TIPO 3
2	0.58	3.50	1	N/A	1.39	1.28	1.284	13.532	1.519	0.1302	UX TIPO 1
3	0.90	3.50	1	N/A	1.49	1.38	1.381	12.668	1.638	0.1116	UX TIPO 1
4	1.20	3.50	1	N/A	1.13	1.05	1.049	8.363	1.767	0.0954	UX TIPO 1
5	1.80	3.50	1	N/A	1.29	1.19	1.193	6.947	2.100	0.0667	UX TIPO 1
6	2.10	3.50	1	N/A	2.18	2.02	2.022	9.849	2.320	0.0542	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	1	N/A	2.44	2.26	2.255	9.027	2.594	0.0430	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	1	N/A	1.90	1.76	1.757	5.652	2.943	0.0329	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	1	N/A	1.86	1.73	1.726	3.258	4.057	0.0166	UX TIPO 1
10	3.90	3.50	1	N/A	2.23	2.06	2.064	1.828	6.827	0.0053	UX TIPO 1

Bearing capacity, CDR = 1.74, factored bearing load = 207.95 kPa.

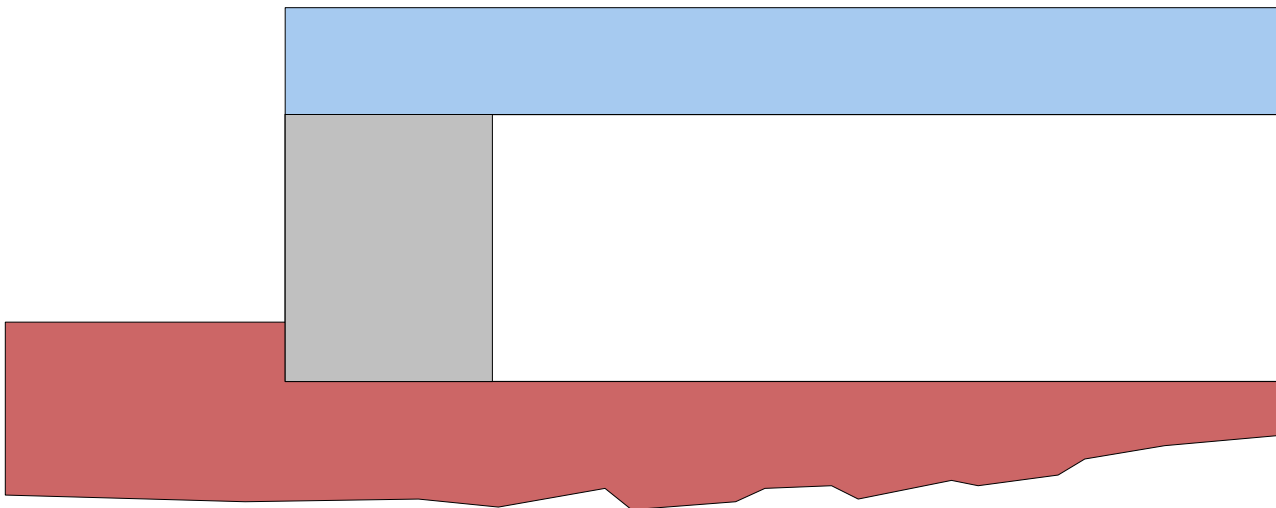
Foundation Interface: Direct sliding, CDR = 1.286, Eccentricity, $e/L = 0.2469$, F_s -overturning = 2.03

G E O G R I D				C O N N E C T I O N							
#	Elevation [m]	Length [m]	Type #	CDR [pullout resistance]	CDR [connection break]	CDR [geogrid strength]	Geogrid strength CDR	Pullout resistance CDR	Direct sliding CDR	Eccentricity e/L	Product name
1	0.28	3.50	3	N/A	1.68	1.55	1.553	9.176	1.147	0.2184	UX TIPO 3
2	0.58	3.50	1	N/A	1.66	1.53	1.535	11.462	1.227	0.1899	UX TIPO 1
3	0.90	3.50	1	N/A	1.78	1.65	1.649	10.702	1.327	0.1616	UX TIPO 1
4	1.20	3.50	1	N/A	1.39	1.29	1.290	7.510	1.437	0.1371	UX TIPO 1
5	1.80	3.50	1	N/A	1.59	1.47	1.468	6.241	1.723	0.0942	UX TIPO 1
6	2.10	3.50	1	N/A	2.57	2.38	2.382	8.112	1.914	0.0756	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	1	N/A	2.86	2.65	2.647	7.383	2.153	0.0591	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	1	N/A	2.31	2.14	2.136	4.951	2.463	0.0445	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	1	N/A	2.31	2.13	2.134	2.956	3.476	0.0214	UX TIPO 1
10	3.90	3.50	1	N/A	2.77	2.56	2.564	1.675	6.111	0.0063	UX TIPO 1

BEARING CAPACITY for GIVEN LAYOUT

	STATIC	SEISMIC	UNITS
(Water table is at wall base elevation)			
Factored bearing resistance, q_n	423.9	361.1	[kPa]
Factored bearing load, σ_v	177.11	208.0	[kPa]
Eccentricity, e	0.42	0.61	[m]
Eccentricity, e/L	0.119	0.176	
CDR calculated	2.39	1.74	
Base length	3.50	3.50	[m]

Unfactored applied bearing pressure = (Unfactored R) / [L - 2 * (Unfactored e)] =
 Static: Unfactored R = 344.75 [kN/m], L = 3.50, Unfactored e = 0.38 [m], and Sigma = 125.54 [kPa]
 Seismic: Unfactored R = 344.75 [kN/m], L = 3.50, Unfactored e = 0.76 [m], and Sigma = 175.00 [kPa]



SCALE:



Along reinforced and foundation soils interface: CDR-static = 1.599 and CDR-seismic = 1.286

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	CDR Static	CDR Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.28	3.50	1.423	1.147	3	UX TIPO 3
2	0.58	3.50	1.519	1.227	1	UX TIPO 1
3	0.90	3.50	1.638	1.327	1	UX TIPO 1
4	1.20	3.50	1.767	1.437	1	UX TIPO 1
5	1.80	3.50	2.100	1.723	1	UX TIPO 1
6	2.10	3.50	2.320	1.914	1	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	2.594	2.153	1	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	2.943	2.463	1	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	4.057	3.476	1	UX TIPO 1
10	3.90	3.50	6.827	6.111	1	UX TIPO 1

ECCENTRICITY for GIVEN LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.1675, e/L seismic = 0.2469; Overturning: CDR-static = 2.98, CDR-seismic = 2.03

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.28	3.50	0.1490	0.2184	3	UX TIPO 3
2	0.58	3.50	0.1302	0.1899	1	UX TIPO 1
3	0.90	3.50	0.1116	0.1616	1	UX TIPO 1
4	1.20	3.50	0.0954	0.1371	1	UX TIPO 1
5	1.80	3.50	0.0667	0.0942	1	UX TIPO 1
6	2.10	3.50	0.0542	0.0756	1	UX TIPO 1
7	2.40	3.50	0.0430	0.0591	1	UX TIPO 1
8	2.70	3.50	0.0329	0.0445	1	UX TIPO 1
9	3.30	3.50	0.0166	0.0214	1	UX TIPO 1
10	3.90	3.50	0.0053	0.0063	1	UX TIPO 1

Live Load included in calculating Tmax

#	Geogrid Elevation [m]	Tavailable [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum CDR static	Actual calculated CDR static	Specified minimum CDR seismic	Actual calculated CDR seismic	Product name
1	0.28	29.1	18.50	3.37	N/A	1.260	N/A	1.553	UX TIPO 3
2	0.58	19.8	12.30	3.19	N/A	1.284	N/A	1.535	UX TIPO 1
3	0.90	19.8	11.44	3.00	N/A	1.381	N/A	1.649	UX TIPO 1
4	1.20	19.8	15.07	2.83	N/A	1.049	N/A	1.290	UX TIPO 1
5	1.80	19.8	13.25	2.48	N/A	1.193	N/A	1.468	UX TIPO 1
6	2.10	19.8	7.82	2.31	N/A	2.022	N/A	2.382	UX TIPO 1
7	2.40	19.8	7.01	2.13	N/A	2.255	N/A	2.647	UX TIPO 1
8	2.70	19.8	8.99	1.96	N/A	1.757	N/A	2.136	UX TIPO 1
9	3.30	19.8	9.16	1.61	N/A	1.726	N/A	2.134	UX TIPO 1
10	3.90	19.8	7.66	1.26	N/A	2.064	N/A	2.564	UX TIPO 1

Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Geogrid Elevation [m]	Coverage Ratio	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Le [m] (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static CDR	Actual Static CDR	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified Seismic CDR	Actual Seismic CDR
1	0.28	0.800	18.50	3.37	3.34	0.16	188.1	N/A	10.168	200.6	N/A	9.176
2	0.58	0.800	12.30	3.19	3.17	0.33	166.5	N/A	13.532	177.6	N/A	11.462
3	0.90	0.800	11.44	3.00	2.98	0.52	144.9	N/A	12.668	154.6	N/A	10.702
4	1.20	0.800	15.07	2.83	2.81	0.69	126.0	N/A	8.363	134.4	N/A	7.510
5	1.80	0.800	13.25	2.48	2.46	1.04	92.0	N/A	6.947	98.2	N/A	6.241
6	2.10	0.800	7.82	2.31	2.29	1.21	77.0	N/A	9.849	82.1	N/A	8.112
7	2.40	0.800	7.01	2.13	2.11	1.39	63.3	N/A	9.027	67.5	N/A	7.383
8	2.70	0.800	8.99	1.96	1.94	1.56	50.8	N/A	5.652	54.2	N/A	4.951
9	3.30	0.800	9.16	1.61	1.59	1.91	29.8	N/A	3.258	31.8	N/A	2.956
10	3.90	0.800	7.66	1.26	1.25	2.25	14.0	N/A	1.828	14.9	N/A	1.675

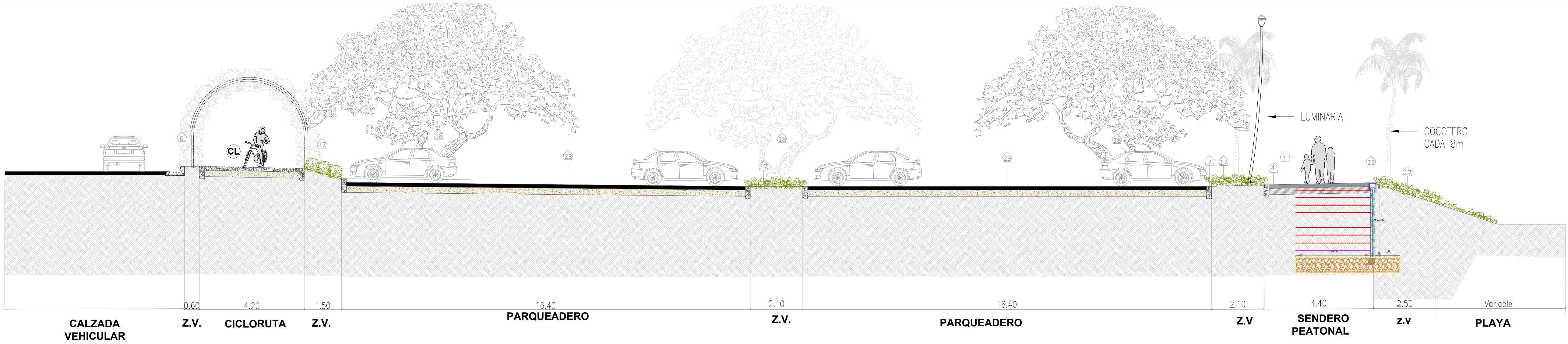
Live Load included in calculating Tmax

Live Load included in calculating Tmax

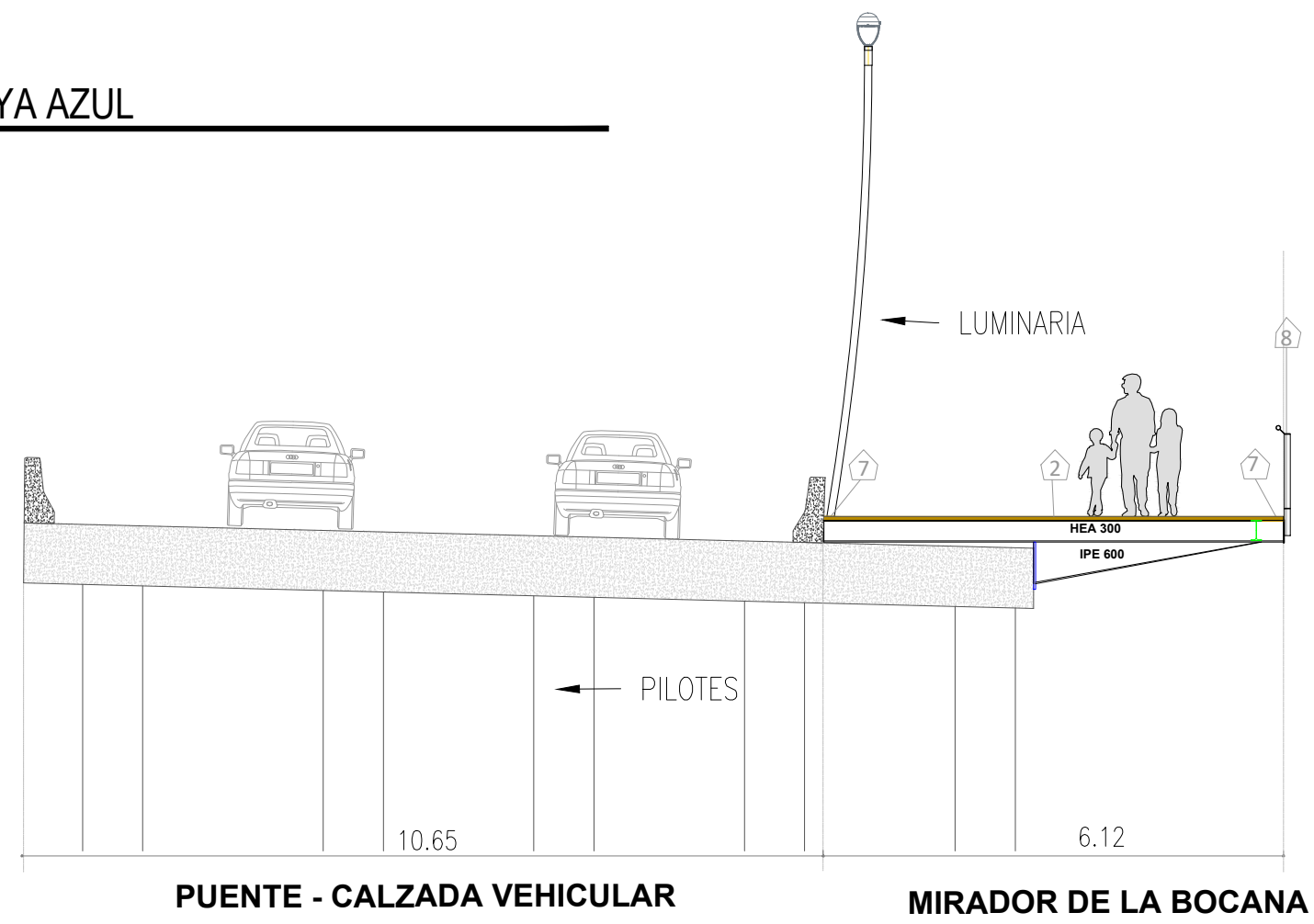
License number MSEW-303049

ANEXO 2

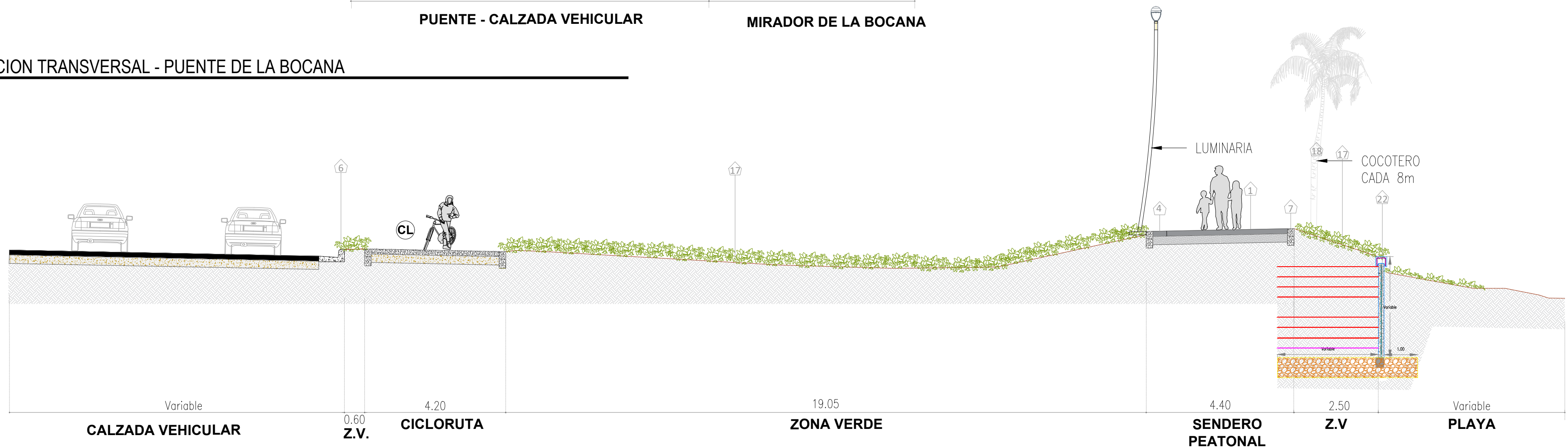
Planos



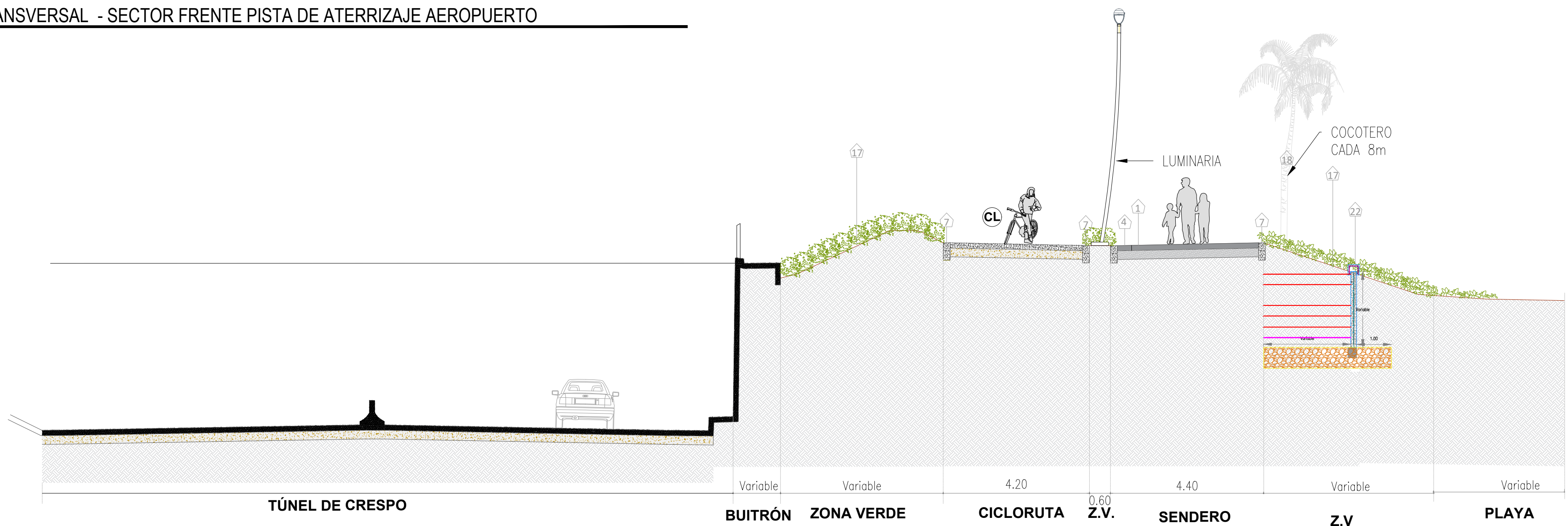
S1 SECCION TRANSVERSAL ZONA DE PARQUEADERO SECTOR PLAYA AZUL
ESCALA 1:100



S2 SECCION TRANSVERSAL - PUENTE DE LA BOCANA
ESCALA 1:100



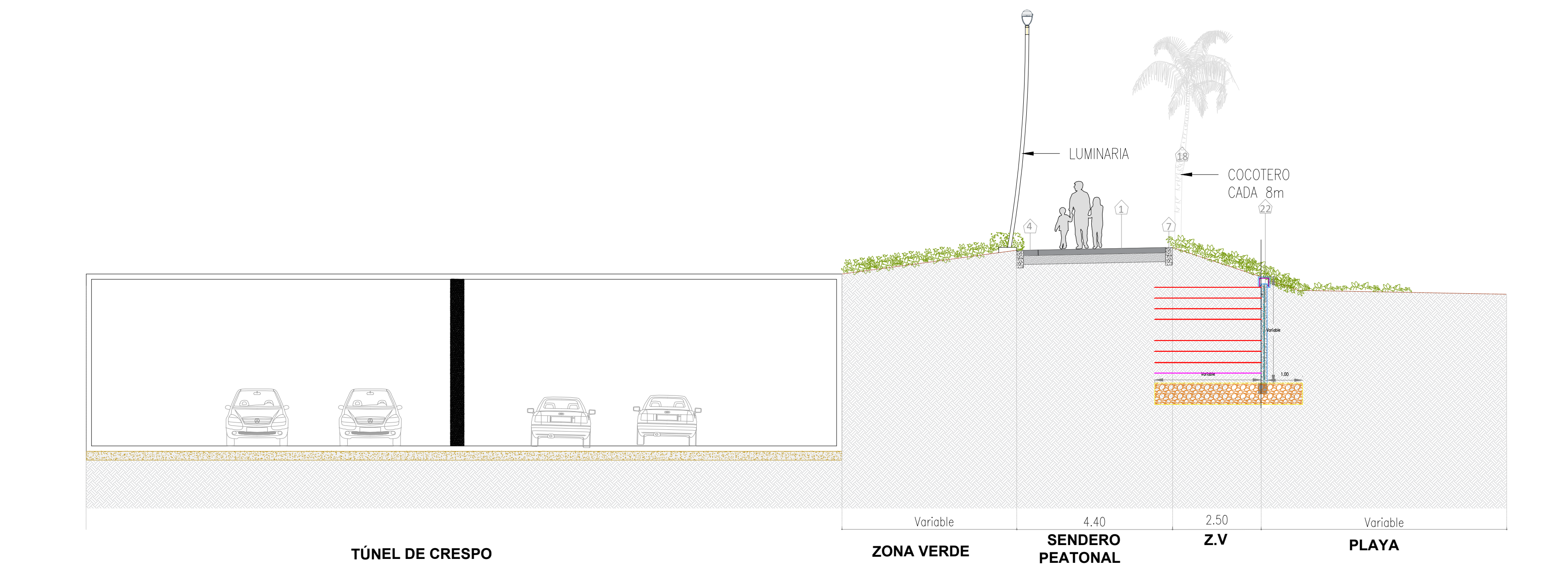
S3 SECCION TRANSVERSAL - SECTOR FRENTE PISTA DE ATERRIZAJE AEROPUERTO
ESCALA 1:100



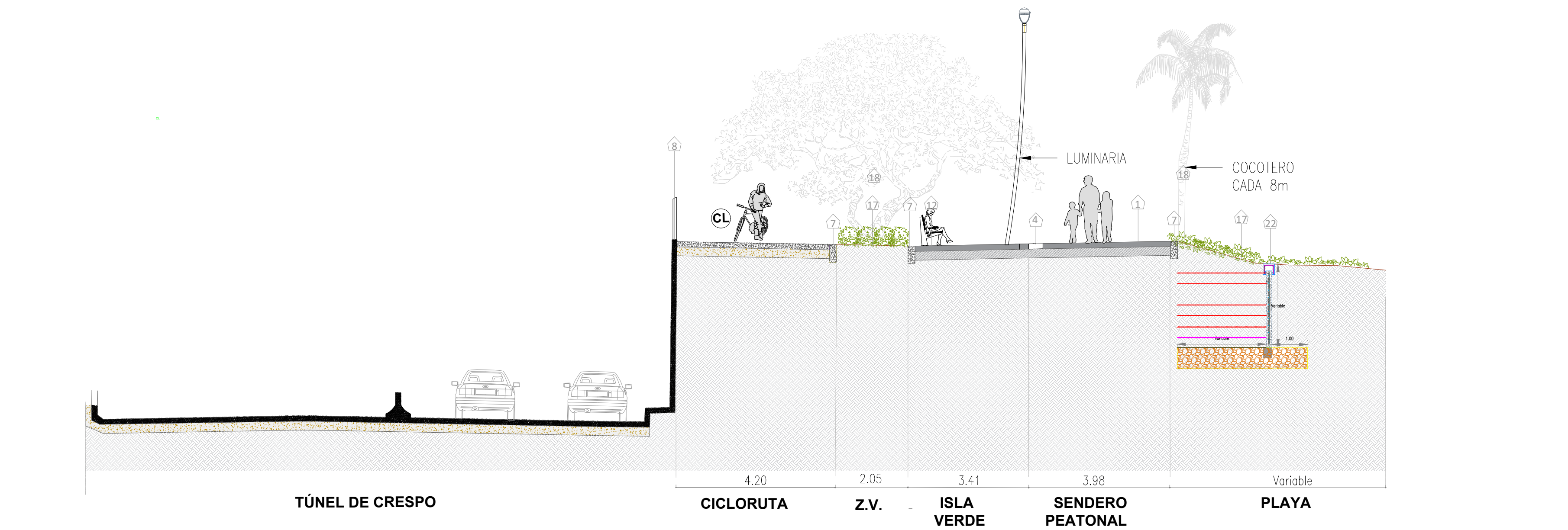
S4 SECCION TRANSVERSAL - ENTRADA TUNEL CRESPO -BOQUILLA-CARTAGENA
ESCALA 1:100

			Cliente:	TDM GRUPO PROPIETARIO: TECNOLOGIA DE MATERIALES S.A. Alameda Los Horizontes 905, Los Huertos de Villa, Chorrillos Telef. (01) 617-4700 E-mail. contactenos@grupotdm.com www.tdm.com.pe	DATOS ADICIONALES		FECHA	Proyecto:	GRAN MALECON DEL MAR		ESCALA: INDICADA	
					DIBUJADO POR: ----	20/07/25	PLANO N°:					
					DISEÑADO POR: ----	20/07/25		Titulo:	SECCIONES TÍPICAS			
					REVISADO POR: ----	20/07/25						
REV. N°	DESCRIPCIÓN	FECHA					APROBADO POR: ----	20/07/25			01	HOJA: 1_1

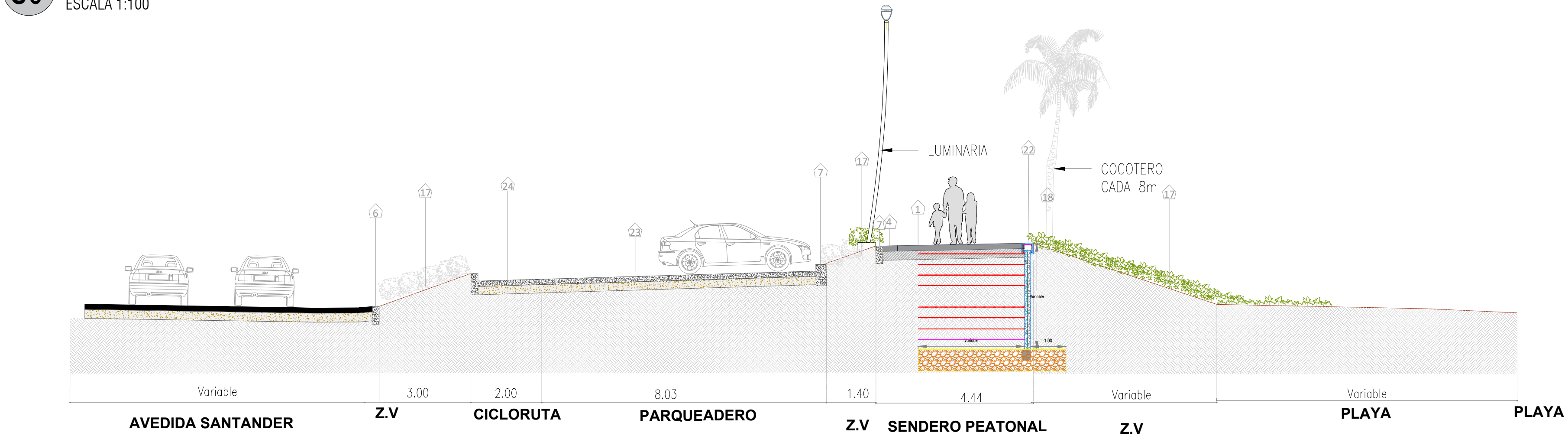
C:\USERS\USER\ONEDRIVE - GRUPO TDM\2025\MALECON DEL MAR\INFORME 21.07.2025\PLANOS MURO MALECON.DWG



S5 SECCION TRANSVERSAL - TUNEL DE CRESPO
ESCALA 1:100



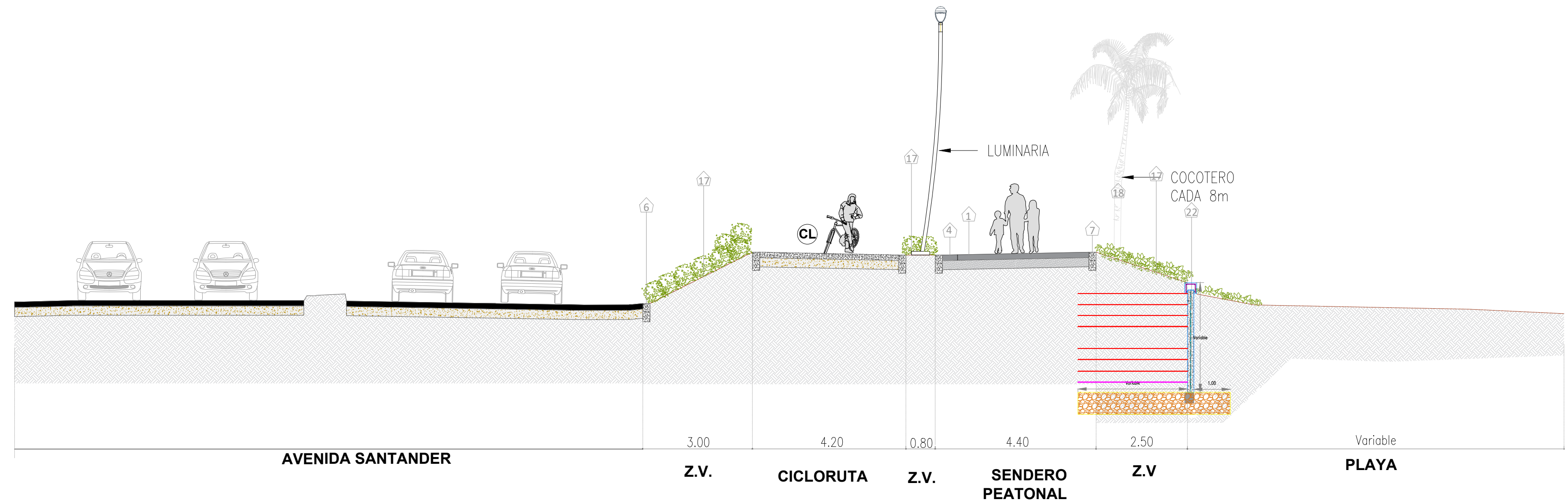
S6 SECCION TRANSVERSAL - SALIDA TUNEL DE CRESPO - BOQUILLA-CARTAGENA
ESCALA 1:100



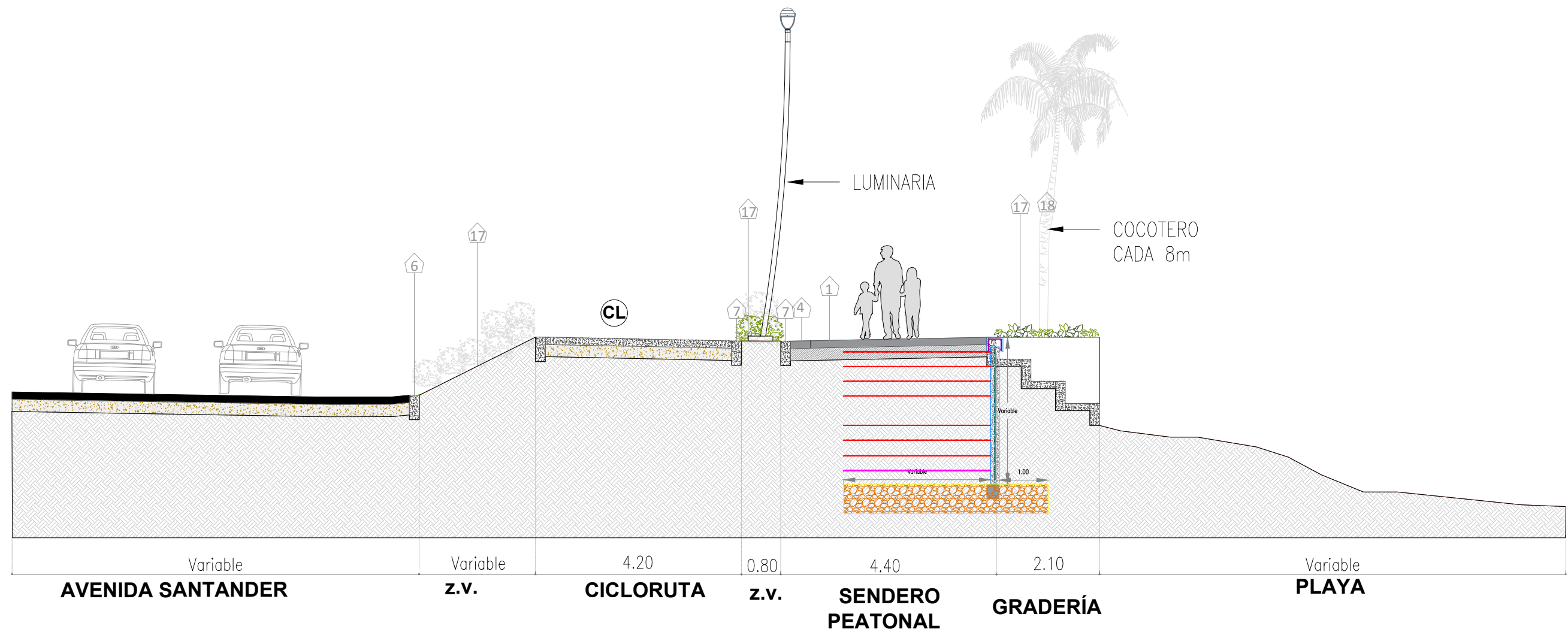
S7 SECCION TRANSVERSAL - SECTOR PARQUEADERO PLAYAS DE MARBELLA
ESCALA 1:100

			Cliente:	TDMGRUPO Propietario: TECNOLOGIA DE MATERIALES S.A. Alameda Los Horizontes 905. Los Huertos de Villa. Chorrillos Telef. (01) 617-4700 E-mail. contactenos@grupotdm.com www.tdm.com.pe	DATOS ADICIONALES	FECHA	Proyecto:	GRAN MALECON DEL MAR	ESCALA: INDICADA	
					DIBUJADO POR: ----	20/07/25			PLANO N°:	
					DISEÑADO POR: ----	20/07/25	Titulo:	SECCIONES TIPICAS	02	
REV. N°	DESCRIPCIÓN	FECHA			REVISADO POR: ----	20/07/25			HOJA: 1_1	
					APROBADO POR: ----	20/07/25			REV.: A	

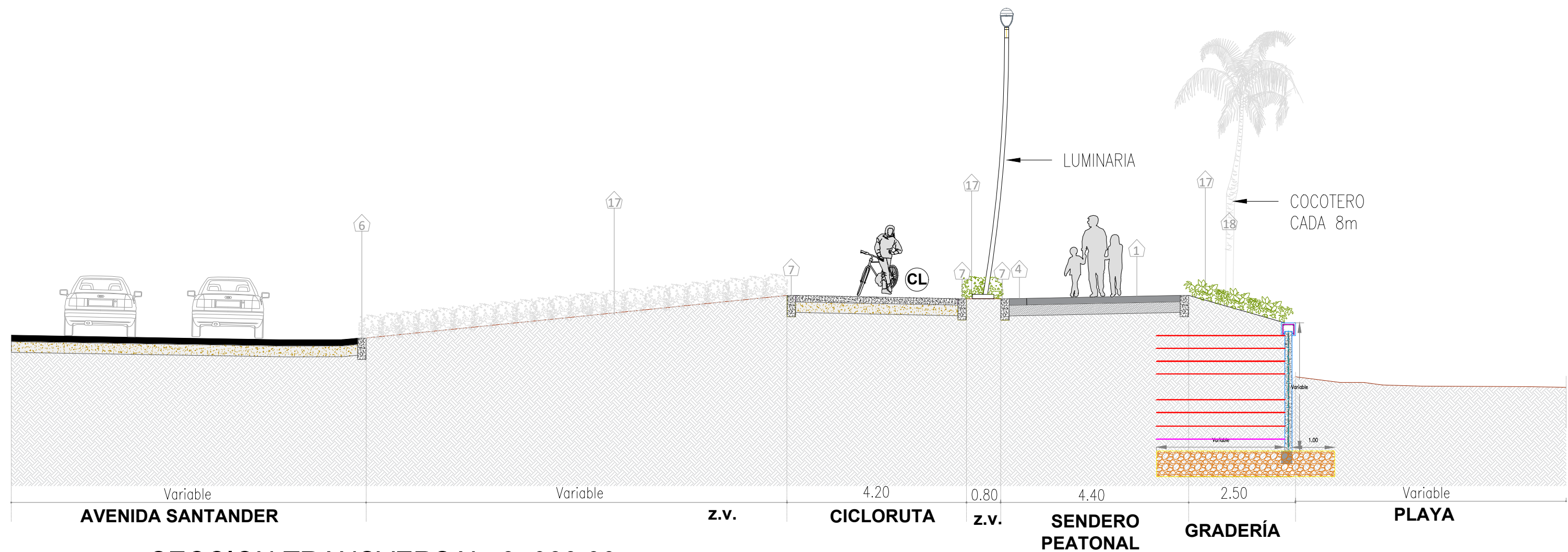
C:\USERS\USER\ONEDRIVE -- GRUPO TDM\2025\MALECON DEL MAR\INFORME 21.07.2025\PLANOS MURO MALECON.DWG



S8 SECCION TRANSVERSAL - SECTOR LETRAS DE CARTAGENA
ESCALA 1:100



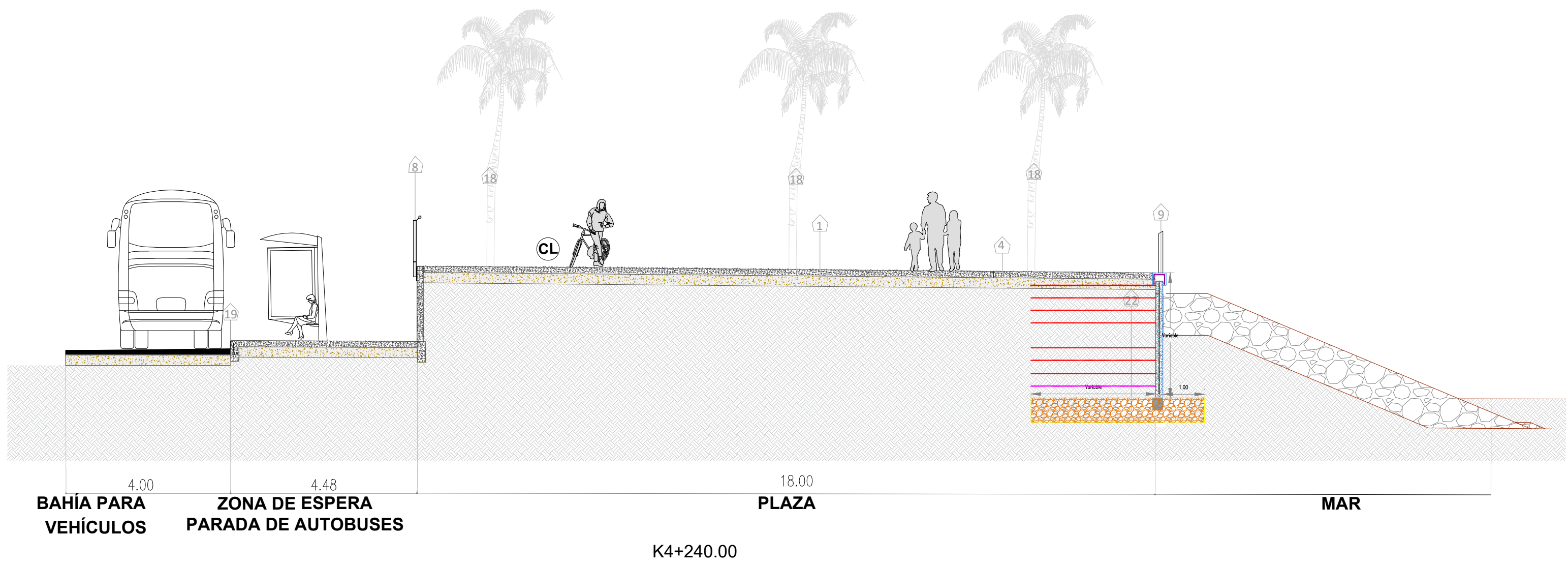
S9 SECCION TRANSVERSAL 3+890.00
ESCALA 1:100



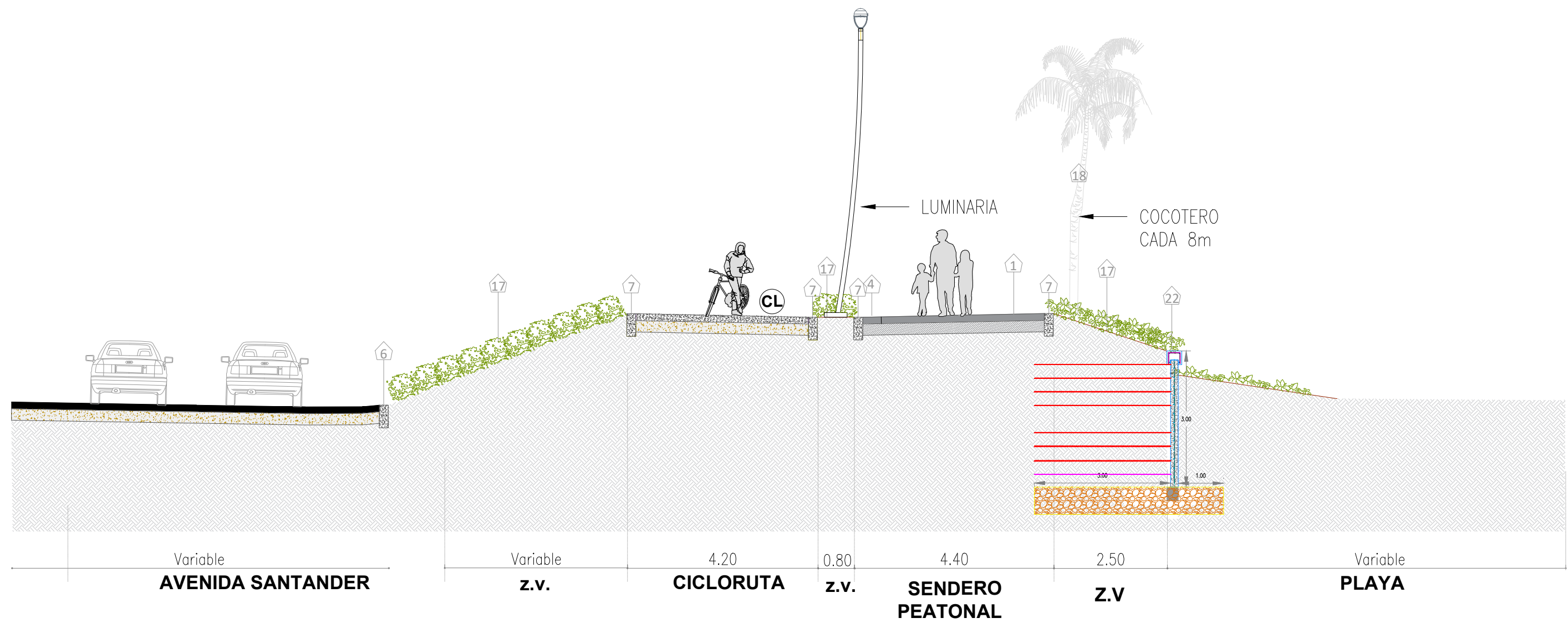
S10 SECCION TRANSVERSAL 3+980.00
ESCALA 1:100

			Cliente:	TDMGRUPO Propietario: TECNOLOGIA DE MATERIALES S.A. Alameda Los Horizontes 905. Los Huertos de Villa. Chorrillos Telef. (01) 617-4700 E-mail. contactenos@grupotdm.com www.tdm.com.pe	DATOS ADICIONALES	FECHA	Proyecto:	GRAN MALECON DEL MAR		ESCALA: INDICADA	
					DIBUJADO POR: ----	20/07/25				PLANO N°:	
					DISEÑADO POR: ----	20/07/25	Titulo:			03	
REV. N°	DESCRIPCIÓN	FECHA			REVISADO POR: ----	20/07/25		SECCIONES TIPICAS		HOJA: 1_1	
					APROBADO POR: ----	20/07/25				REV.: A	

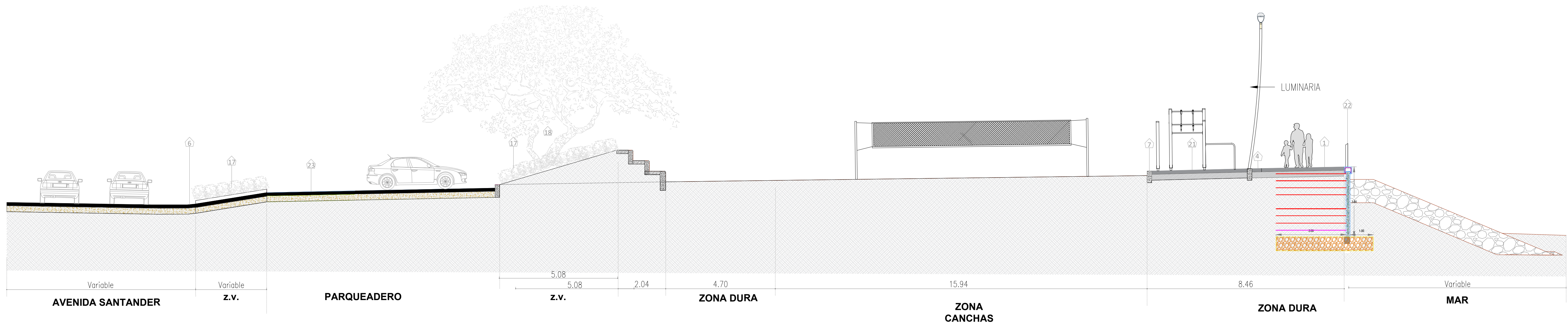
C:\USERS\USER\ONEDRIVE -- GRUPO TDM\2025\MALECON DEL MAR\INFORME 21.07.2025\PLANOS MURO MALECON.DWG



S11 SECCION TRANSVERSAL SECTOR CABRERO
ESCALA 1:100



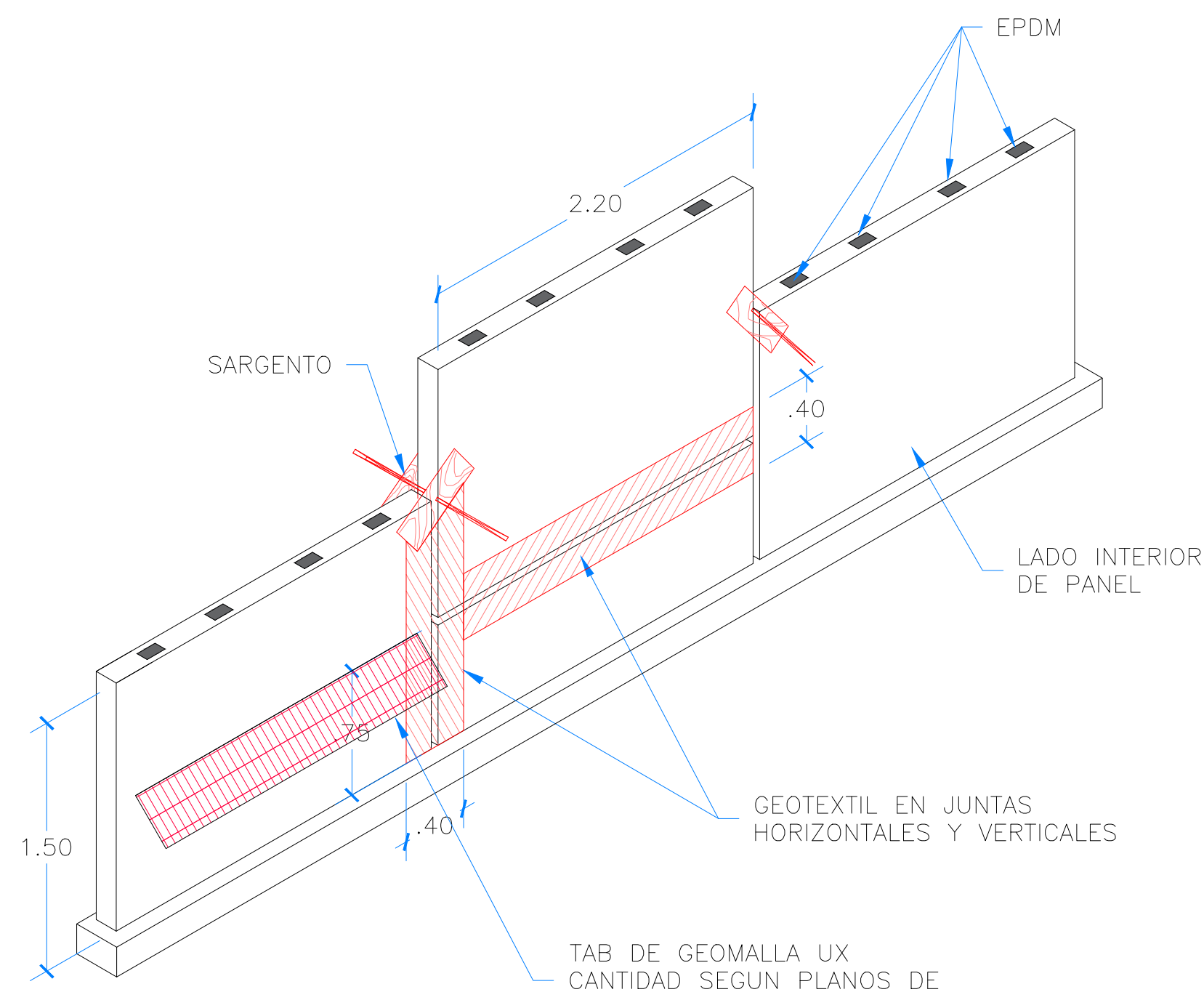
S12 SECCION TRANSVERSAL - SECTOR CABRERO
ESCALA 1:100



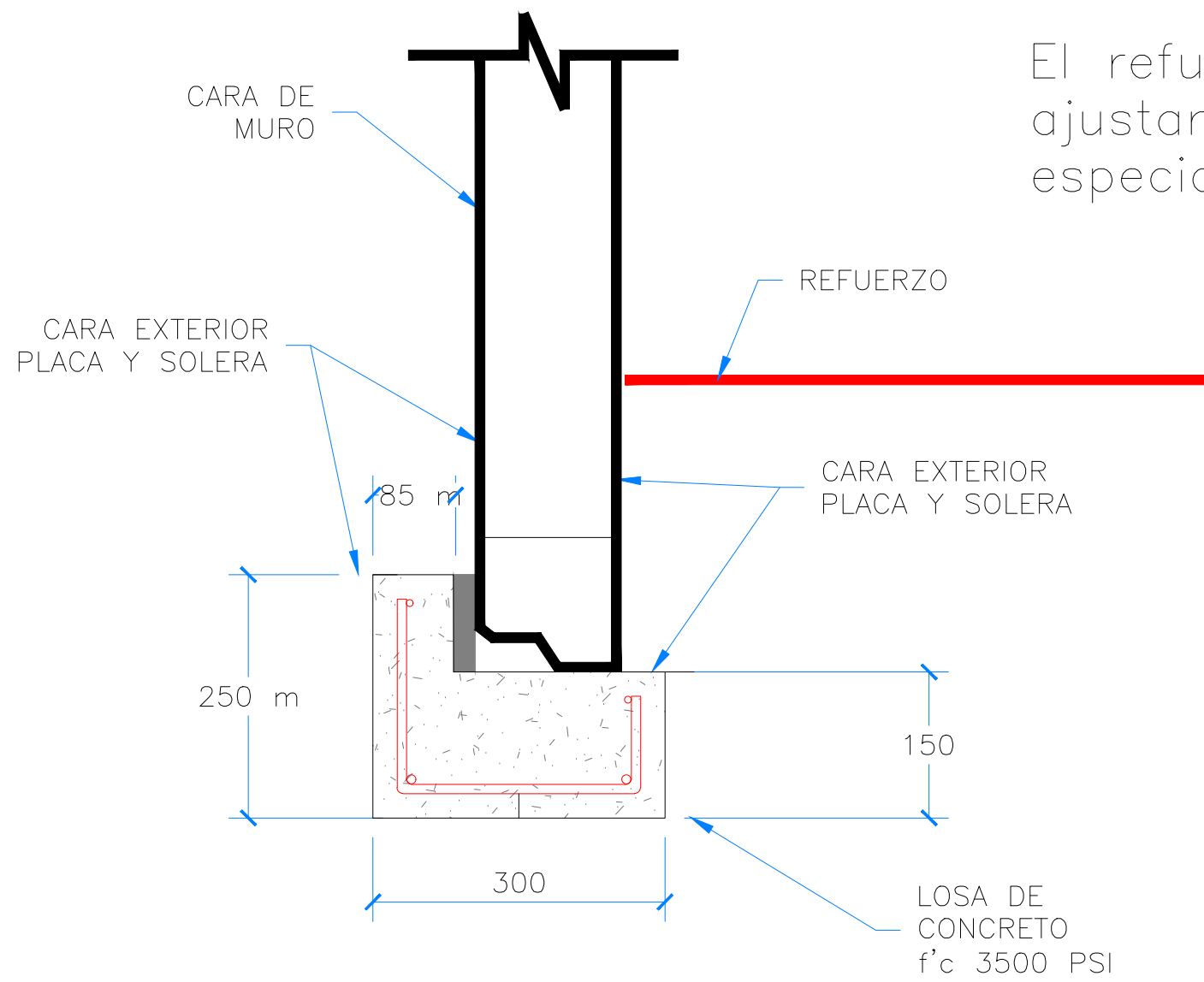
S13 SECCION TRANSVERSAL -SECTOR CABRERO
ESCALA 1:100

			Cliente:	Propietario: TDMGRUPO TECNOLOGIA DE MATERIALES S.A Alameda Los Horizontes 905. Los Huertos de Villa. Chorrillos Telef. (01) 617-4700 E-mail. contactenos@grupotdm.com www.tdm.com.pe	DATOS ADICIONALES	FECHA	Proyecto:	GRAN MALECON DEL MAR		ESCALA: INDICADA	
					DIBUJADO POR: ----	20/07/25				PLANO N°:	
					DISEÑADO POR: ----	20/07/25	Titulo:			04	
REV. N°	DESCRIPCIÓN	FECHA			REVISADO POR: ----	20/07/25		SECCIONES TÍPICAS		HOJA: 1_1	
					APROBADO POR: ----	20/07/25				REV.: A	

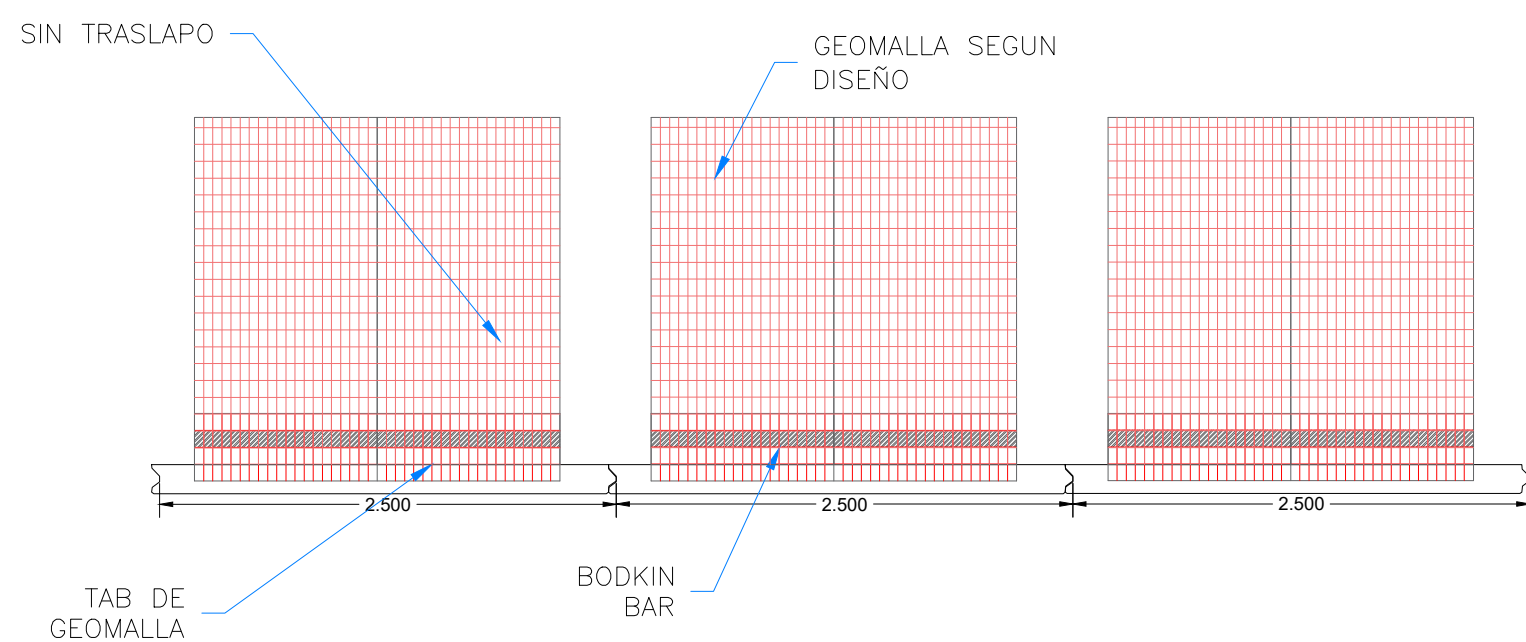
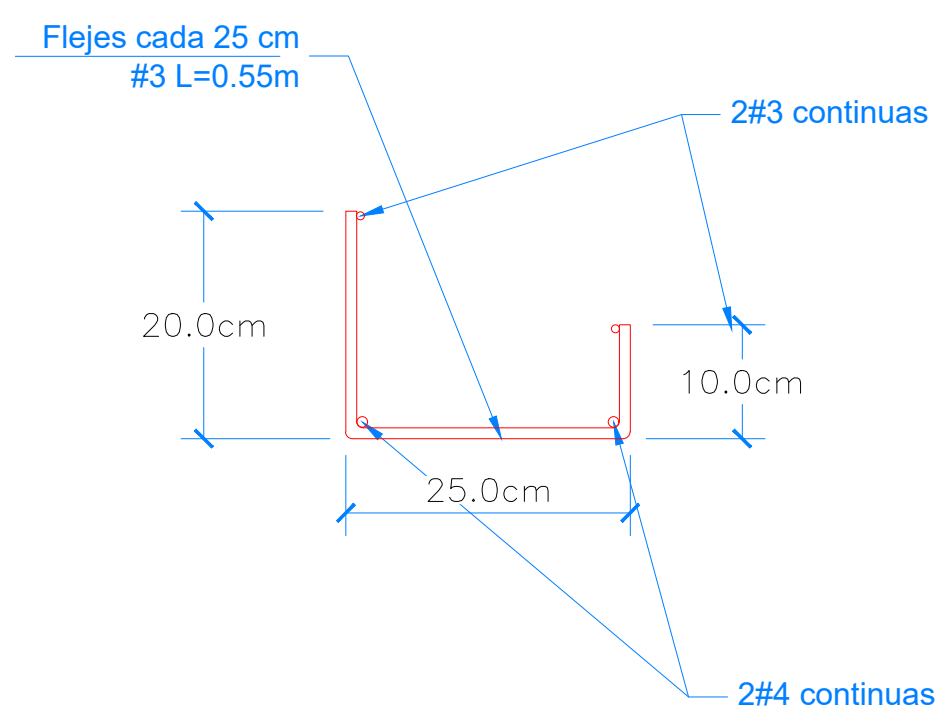
C:\USERS\USER\ONEDRIVE -- GRUPO TDM\2025\MALECON DEL MAR\INFORME 21.07.2025\PLANOS MURO MALECON.DWG



DETALLE INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL
ESC: 1/50

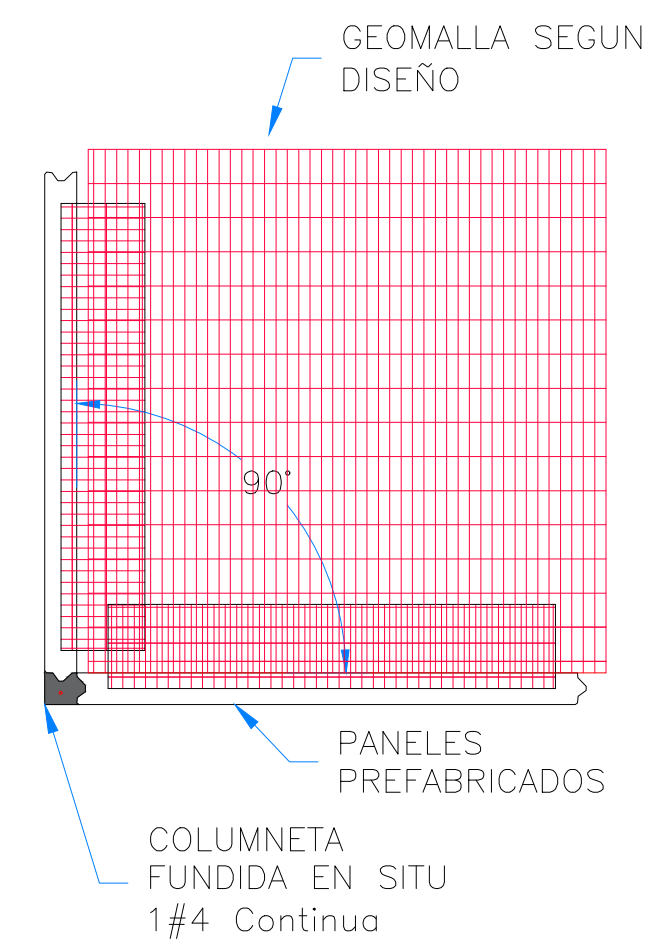


DETALLE VIGA DE NIVELACION CIMENTACION
ESC: 1/10



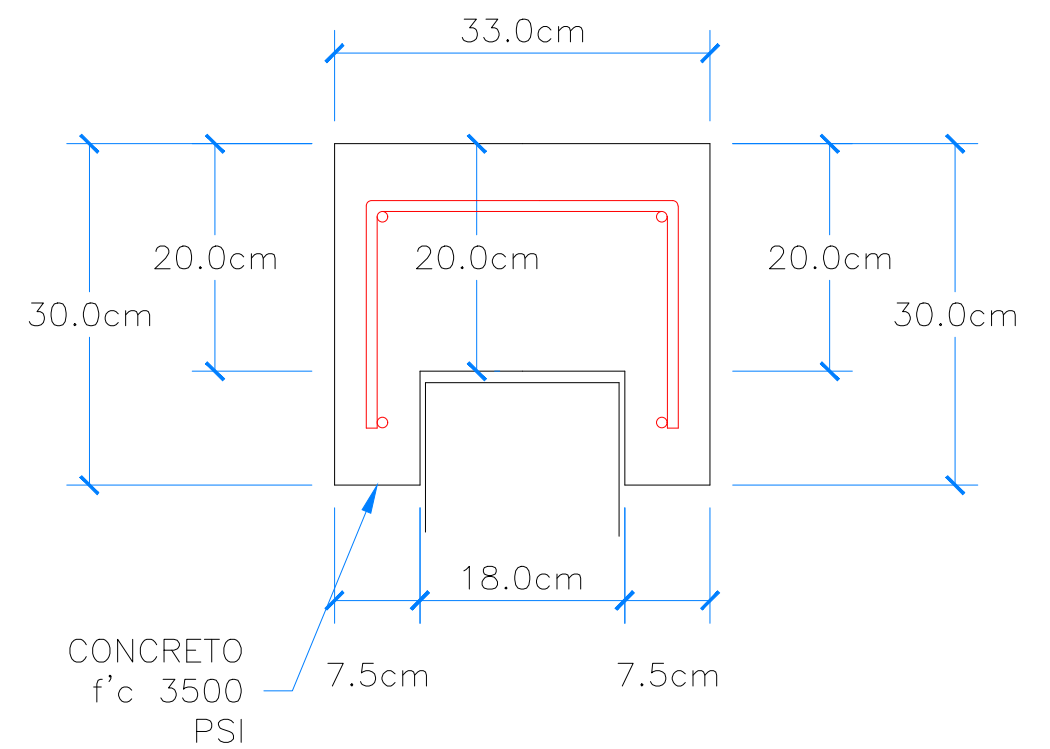
REFUERZO ZONA DE APROCHE

DETALLE INSTALACIÓN DE GEOMALLA
ESC: 1/50



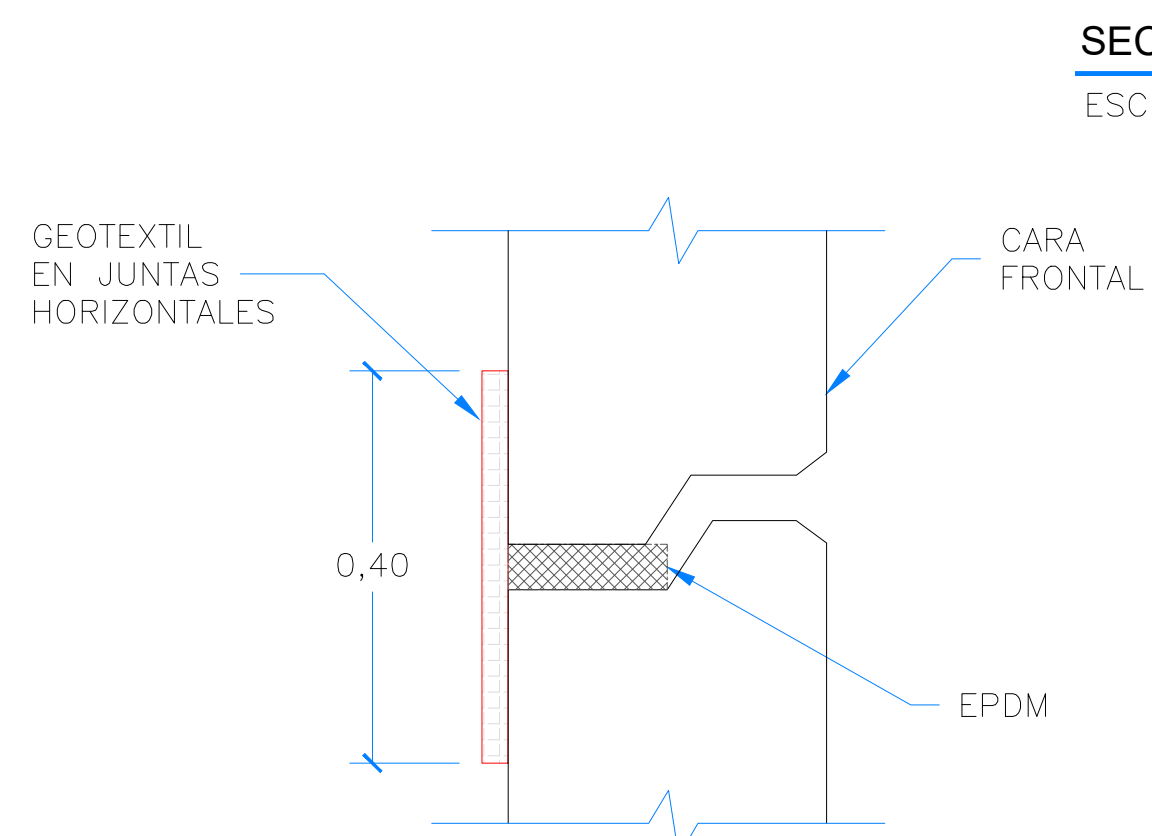
DETALLE INSTALACIÓN DE GEOMALLA EN ESQUINA
ESC: 1/50

LEYENDA	
	Geomalla UX TIPO 1
	Geomalla UX TIPO 2
	Geomalla UX TIPO 3
	Geomalla UX TIPO 4
	Geomalla UX TIPO 5

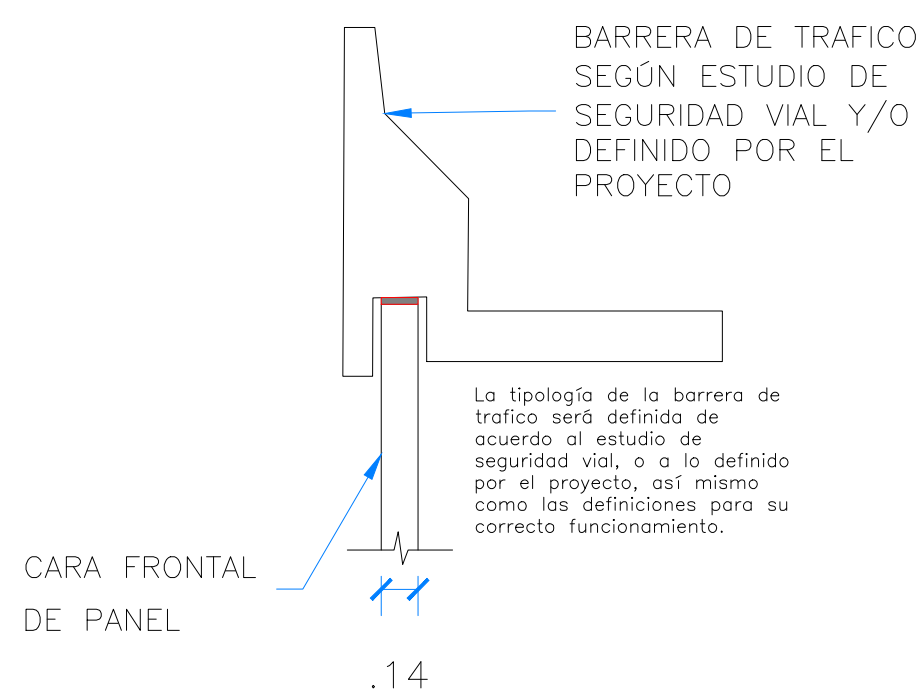


El refuerzo sugerido podra ajustarse de acuerdo con el especialista estructural

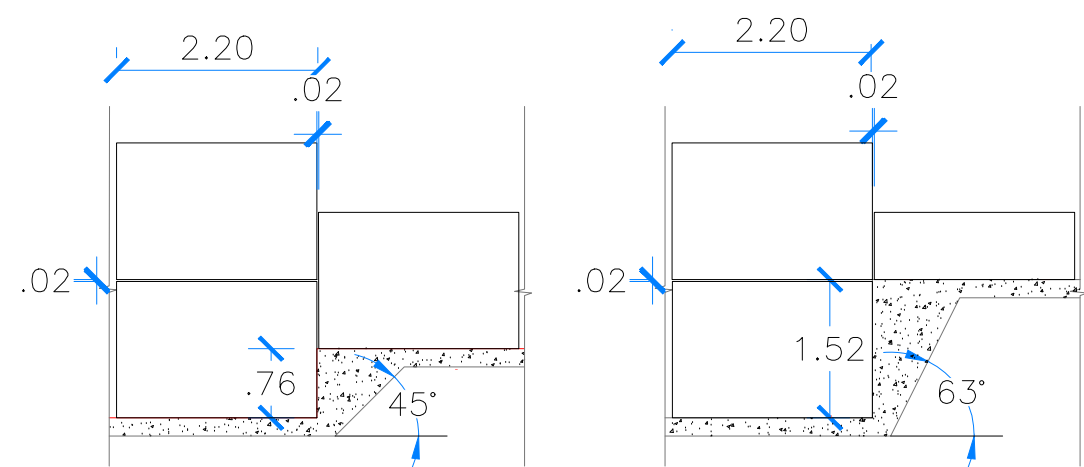
DETALLE VIGA DE CORONACION
ESC: 1/10



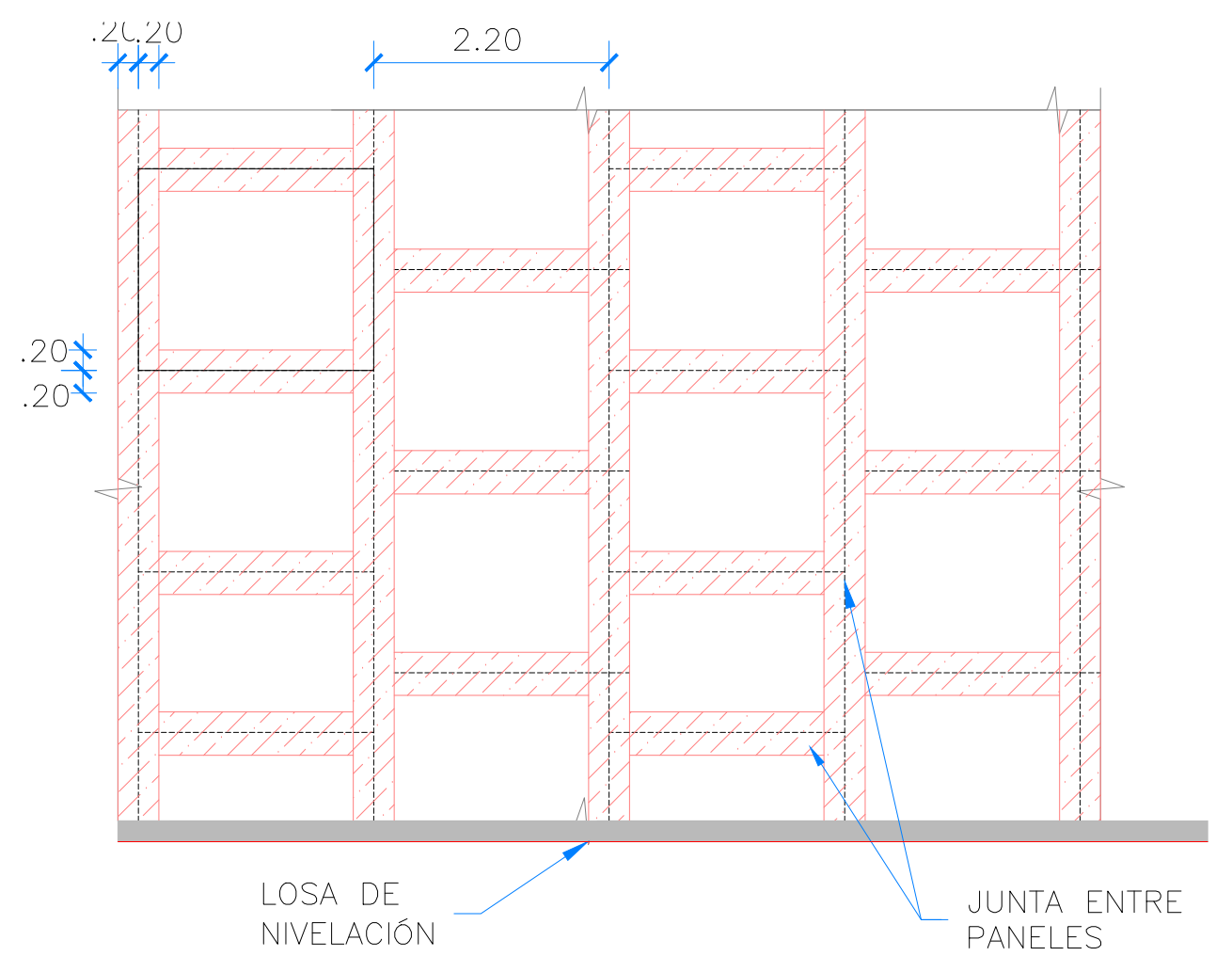
DETALLE EN JUNTAS HORIZONTALES
ESC: 1/5



BARRERA (ESQUEMATICO)
ESC: S/E



ESQUEMA DE RETRANQUEO PARA INSTALACIÓN DE PANELES A DESNIVEL
ESC: 1/125

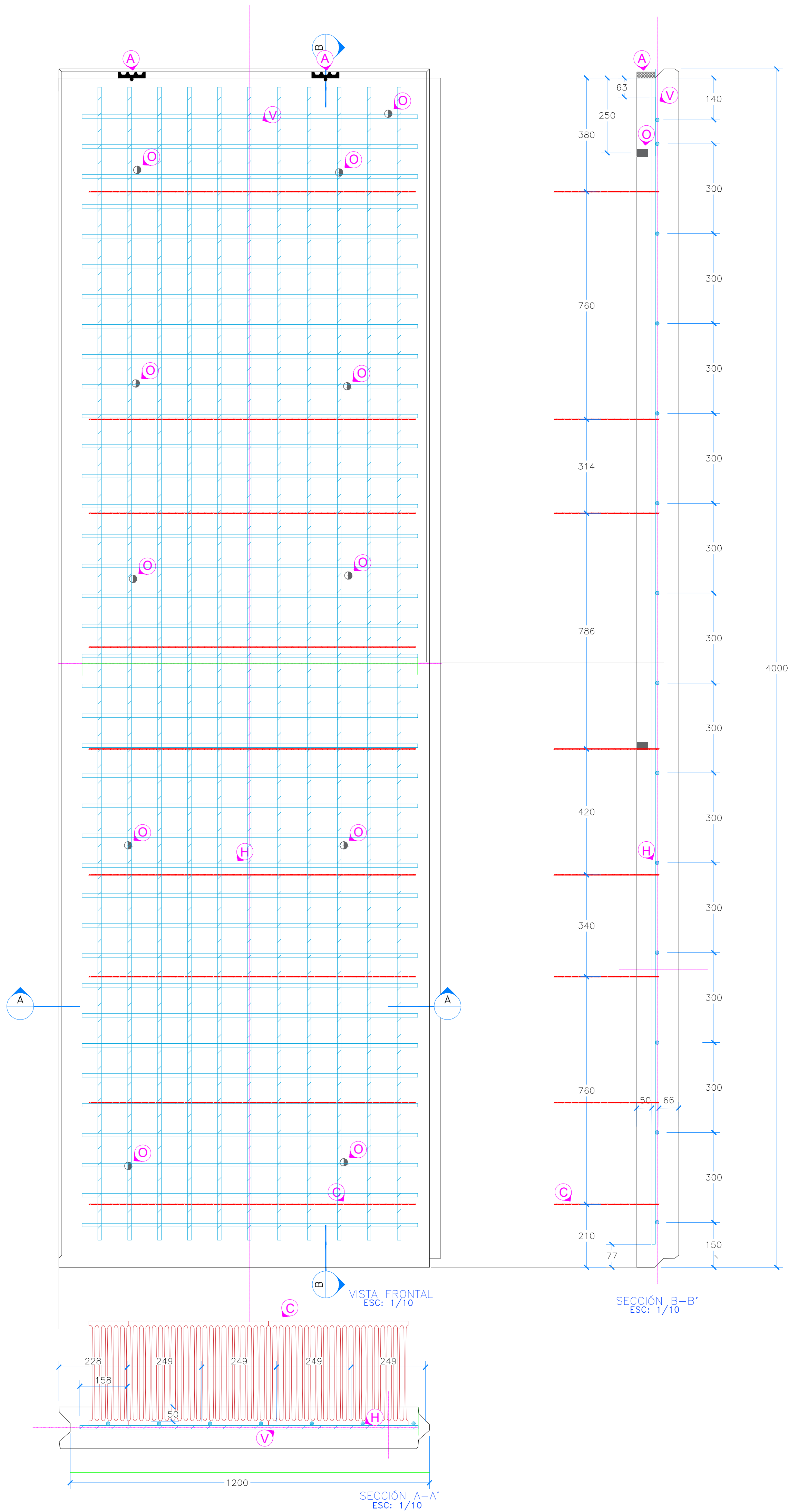


NOTA:
LAS TIRAS DEL GEOTEXTIL DEBERAN SER COLOCADAS EN LA PARTE POSTERIOR DE LOS PANELES, EN LAS JUNTAS ENTRE PANELES ESTAS SERAN PEGADAS CON COLA DE CASEINA Y/O PEGAMENTO COMPARIBLE CON LA RESINA DEL GEOTEXTIL.

DETALLE INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL
ESC: 1/50

			Cliente:	 Propietario: TECNOLOGIA DE MATERIALES S.A. Alameda Los Horizontes 905, Los Huertos de Villa, Chorrillos Telef. (01) 617-4700 E-mail. contactenos@grupotdm.com www.tdm.com.pe	DATOS ADICIONALES		FECHA	Proyecto:		DETALLES		ESCALA: INDICADA	
					DIBUJADO POR: ----	20/07/25	GRAN MALECON DEL MAR		PLANO N°:		05		
					DISEÑADO POR: ----	20/07/25	Titulo:						
					REVISADO POR: ----	20/07/25	SECCIONES TÍPICAS						
REV. N°	DESCRIPCIÓN	FECHA			APROBADO POR: ----	20/07/25					HOJA: 1_1	REV.: A	

C:\USERS\USER\ONEDRIVE -- GRUPO TDM\2025\MALECON DEL MAR\INFORME 21.07.2025\PLANOS MURO MALECON.DWG



LEYENDA	
	ORIFICIO DE IZAJE
	ALMOHADILLA EPDM
	CONECTOR GEOMALLA UX
	BARRAS HORIZONTALES
	BARRAS VERTICALES

- Notas:
1. Concreto con F'C de 5000 PSI.
 2. Acero de refuerzo barras de acero corrugado #3 @10 cm en ambas direcciones.
 3. Unidades en mm

			Cliente:	TDM GRUPO Propietario: TECNOLOGIA DE MATERIALES S.A. Alameda Los Horizontes 905, Los Huertos de Villa, Chorrillos Telef. (01) 617-4700 E-mail. contactenos@grupotdm.com www.tdm.com.pe	DATOS ADICIONALES		FECHA	Proyecto: GRAN MALECON DEL MAR		ESCALA: INDICADA	
					DIBUJADO POR: ----	20/07/25	PLANO N°:				
					DISEÑADO POR: ----	20/07/25	Titulo: PANEL TIPO FULL HEIGHT		07		
					REVISADO POR: ----	20/07/25					
REV. N°	DESCRIPCIÓN	FECHA				APROBADO POR: ----	20/07/25			HOJA: 1_1	REV.: A



SERVICIOS DE CONSTRUCCIÓN

TDM Colombia cuenta con personal y equipos especializados brinda servicios de construcción y lleva a cabo la ejecución de obras con geosintéticos con ingeniería propia.

El alcance de algunas obras abarca desde el revestimiento de canales hasta la construcción de muros en suelo reforzado con alturas de más de 20 mt, lo que nos ha permitido poner a disposición de nuestros clientes nuestra experiencia.

CERTIFICACIONES

Contamos con dos plantas propias de fabricación de geoceldas texturadas en HDPE (Perú y Brasil) las cuales siguen rigurosos métodos acreditados de fabricación (GRI-GS-15).

Igualmente poseemos plantas de fabricación de geomembranas en HDPE y LLDPE que nos permiten brindar una amplia gama de soluciones a la medida para todos los sectores.





Bodega: Autopista Bogotá Medellín Km 2.5 Vía Parcelas
Parque Ciem Oikos Bodega H120 Bogotá
Oficina Administrativa: Calle 127A No. 54 - 45 – Oficina 7-150

Tel: +57-314-3649535
Whatsapp: +57-314-3649535
contactenos@tdmcolombia.co

www.tdmcolombia.co

