Facultad de Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

Propuesta de utilización de Muros Tipo Mesa para la construcción de Estacionamiento en Caso Estudio: Proyecto Nueva Villa Dulce, aplicado para altura y tipo de suelo determinado. Procesos constructivos, ventajas y desventajas que posee vs el Muro Atirantado.

Por

Christian Javier Molina Salas

Trabajo de Titulo para optar al Título de Ingeniero Constructor

Prof. Guía Gustavo Pacheco Hernández

Junio, 2023

Índice General

Índice de Fotografías 3
Índice de Figuras 5
Índice de Tablas 8
Capítulo 1 9
1.1. Introducción 9
1.2. Planteamiento del problema 10
1.3. Estado del Arte 11
1.4. Objetivos de la Propuesta 15
1.4.1. Objetivo General: 15
1.4.2. Objetivos específicos: 15
1.5. Alcances y limitaciones 15
Capítulo 2 16
2.1. Marco Teórico 16
2.1.1. Muro de contención. 16
2.1.2. Clasificación de muros de contención. 16
2.1.3. Antecedentes Generales de Caso Estudio. 36
2.2. Metodología de la Investigación 38
Capítulo 3. Desarrollo de Objetivos Específicos. 40
3.1. Materiales de construcción bloques tipo MESA. 40
3.2. Procedimientos de Muros Mesa y de Muros Atirantados. 40
3.2.1. Muro Mesa: 40
3.2.2. Muro Atirantado: 75
3.3. Cuadro comparativo construcción de Muro Mesa VS Muro Atirantado: 82
3.4. Caso estudio, Nueva Villa Dulce y Propuesta de Solución Muro Mesa para altura de 10.23 m. con suelo tipo maicillo: 83
Capítulo 4 99
4.1. Análisis de resultados, y presupuesto comparativo: sistema atirantado vs sistema mesa para caso estudio: Proyecto Nueva Villa Dulce. 99
4.2. Resultados y conclusiones: 102
Bibliografía 106

Índice de Fotografías

Fotografía 1.1: Construcción Muro Mesa – Montaje de Bloques.……10

Fotografía 1.2: Construcción Muro Mesa – Anclaje de Geomallas……11

Fotografía 1.3: Cerros de Gurabo……...…..12

Fotografía 1.4: Carretera El Río – Jarabacoa, La Vega, República Dominicana……..…12

Fotografía 1.5: Carretera CA-5, Comayagua, Honduras, 2020……..13

Fotografía 1.6: Pantalla Atirantada - Colinas de Tamaco, 2014…….……..…..13

Fotografía 1.7: Pantalla Atirantada - Tanque de agua, Alto Verde, 2008…….…..……..14

Fotografía 1.8: Pantalla Atirantada - Barrio Santa Cruz, Municipio Baruta, 2011……..14

Fotografía 2.9: Muro Celular Verde…….….19

Fotografía 2.10: Muro de Bloques Aligerados……..20

Fotografía 2.11: Muro de Jardinera……...20

Fotografía 2.12: Muro de Escamas prefabricadas de Hormigón……...21

Fotografía 2.13: Malla geotextil……22

Fotografía 2.14: Perforadora horizontal para anclajes de muros……33

Fotografía 2.15: Ejemplo de Muro de Anclaje en Construcción……34

Fotografía 2.16: Dirección Proyecto “Nueva Villa Dulce…….…36

Fotografía 2.17: Ubicación Proyecto Nueva Villa Dulce…….….37

Fotografía 3.18: Escalones y Escaleras Mesa……64

Fotografía 3.19: Escalones dentro del Muro…….…….65

Fotografía 3.20: Excavación primera franja superior del suelo…….…77

Fotografía 3.21: Excavación de orificios para el primer nivel de anclajes……78

Fotografía 3.22: Armado del primer nivel de Anclajes…….….79

Fotografía 3.23: Armado del primer nivel de Anclajes…….……79

Fotografía 3.24: Construcción del primer nivel superior del muro……80

Fotografía 3.25: Anclado del primer nivel superior de muros……...81

Fotografía 3.26: Integración del primer nivel de anclajes al primer nivel superior de muros…..82

Fotografía 3.27: Vista General Modelo 3D Proyecto Nueva Villa Dulce……..84

Fotografía 3.28: Vista Interna 3D Proyecto Nueva Villa Dulce……....99

Índice de Figuras

Figura 2.1: Muro TEM con geomallas y conectores reforzados……...18

Figura 2.2: Tipo de Geomalla, Juntas por extrusión…….25

Figura 2.3: Tipo de Geomalla, Juntas tejidas……26

Figura 2.4: Tipo de Geomalla, Juntas soldadas……26

Figura 2.5: Conector reforzado…….28

Figura 2.6: Ejemplos de muros de gravedad…….29

Figura 2.7: Muro de contención con contrafuertes……...30

Figura 2.8: Muro en voladizo……31

Figura 2.9: Diagrama de fuerzas Muro Rígido…….35

Figura 2.10: Diagrama de fuerzas de un Muro Flexible……...35

Figura 2.11: Diagrama de flujo……...……..38

Figura 3.12: Bloques Unidades Estándar……..41

Figura 3.13: Bloques Unidades XL……..42

Figura 3.14: Conector Estándar……42

Figura 3.15: Bloques Unidades de Paisajismo……..43

Figura 3.16: Bloques Unidades de Esquina……..43

Figura 3.17: Bloques Unidades de Coronación……44

Figura 3.18: Bloques Unidades Sierrastone……..44

Figura 3.19: Modelo representativo con fachada de Bloques Mesa…….45

Figura 3.20: Geomalla HDPE……...46

Figura 3.21: Corte de la Geomalla……48

Figura 3.22: Losa de Nivelación (Bajo la hilada de bloques)……...49

Figura 3.23: Calzado de Losa de Nivelación……50

Figura 3.24: Nivelación de las Hiladas…….51

Figura 3.25: Barra Transversal de calza de la Geomalla……..52

Figura 3.26: Calza Garra de las Geomallas……..52

Figura 3.27: Composición Conector Reforzado……...53

Figura 3.28: Barra Transversal…….54

Figura 3.29: Imagen representativa de la orientación del muro Mesa……..55

Figura 3.30: Estacas para fijación y tensión de la Geomalla……56

Figura 3.31: Diagramas Curvas Esquinas Mesa……...59

Figura 3.32: Diagramas Curvas Convexas Esquinas Mesa……..59

Figura 3.33: Diagramas Esquinas de 90° Exteriores Mesa……...60

Figura 3.34: Diagrama A Esquinas de 90° Interiores Mesa……..61

Figura 3.35: Diagrama B Esquinas de 90° Interiores Mesa……...61

Figura 3.36: Diagrama C Esquinas de 90° Interiores Mesa……...62

Figura 3.37: Escalones Frente a Muro Primera Hilada……..63

Figura 3.38.: Escalones Frente a Muro Segunda Hilada……64

Figura 3.39: Escalones Dentro del Muro Primera Hilada…….65

Figura 3.40.: Escalones Dentro del Muro Segunda Hilada……65

Figura 3.41: Detalle Altura Contraescalón…….……....66

Figura 3.42: Escalones Dentro del Muro Primera Hilada…….67

Figura 3.43: Barreras de Tráfico……...67

Figura 3.44: Barandas de Seguridad……68

Figura 3.45: Barandas/postes de cerco……..69

Figura 3.46: Detalle Típico Losa de Nivelación……...70

Figura 3.47: Detalle Típico Losa de Nivelación……...70

Figura 3.48: Detalle Típico Curva de 90°…….70

Figura 3.49: Detalle Típico Muro Escalonado, 2 niveles…….71

Figura 3.50: Detalle Típico Muro Escalonado. 3 niveles…….71

Figura 3.51: Detalle Baranda Sobre Muro……72

Figura 3.52: Detalle Baranda Sobre Muro (Vista en Planta)……72

Figura 3.53.: Detalle Típico con Cercado Eslabonado……..73

Figura 3.54: Detalle Típico Barrera de Tráfico detrás del Muro…….…..73

Figura 3.55: Detalle Típico Barrera de Tráfico Sobre el Muro……74

Figura 3.56: Detalle Típico Con Corrdeor de Servicios Públicos detrás del Muro……..74

Figura 3.57: Imagen referencial de un muro atirantado…….……75

Figura 3.58: Planta de muro mesa 01…….……90

Figura 3.59: Planta de muro mesa 02…….….....91

Figura 3.60: Elevación frontal Muro Mesa 01…….……..92

Figura 3.61: Elevación frontal Muro Mesa 02…….…….....93

Figura 3.62: Corte A-A Muro Mesa…….…….....94

Figura 3.63: Corte B-B Muro Mesa…….…….....95

Figura 3.64: Detalles Fundaciones, Bloque Mesa, Geomallas, Juntas de Muro Mesa……....96

Figura 3.65: Detalles de instalación para diversos casos Muro Mesa……..97

Figura 4.66: Planta Muro Atirantado……99

Figura 4.67: Planta Muro Mesa……...……100

Índice de Tablas

1. Tabla 2.1: Clasificación de Muros de Contención……..…16
2. Tabla 3.2: Porción de material de relleno pasando por el tamiz……....84
3. Tabla 3.3: Parámetros de Diseño…….……..…...87
4. Tabla 3.4: Capacidad de soporte admisible del material y presiones máximas…….88

Capítulo 1

1.1. Introducción

En el presente trabajo de investigación, se dan a conocer en qué consisten los muros de contención en general, además de considerar dos sistemas de contención para el proyecto, como son: el muro mesa y el muro atirantado, los cuales son los muros propuestos en primera instancia para el caso de estudio: Proyecto Nueva Villa Dulce.

Lo que motiva la realización de esta investigación será un conjunto de antecedentes técnicos y presupuestarios que definan a fondo cada uno de estos sistemas y sus procedimientos constructivos.

Se plantea además como solución constructiva un diseño del sistema mesa para el Caso Estudio el cual se utiliza para una determinada altura (10 m. o más) y tipo de suelo (maicillo); esto es fundamental ya que únicamente se puede optar por esta solución para el Caso en particular, los detalles del porqué se propone este sistema se darán a conocer en el planteamiento del problema.

Dentro de la investigación, se realizará, además, un estudio detallado de cada uno de los Procesos Constructivos de estas dos soluciones de retención y contención de suelos, definiendo características de cada uno de los dos sistemas propuestos en un cuadro comparativo, en el cual podrán evidenciarse más claramente sus respectivas diferencias de forma general.

1.2. Planteamiento del problema

Los Muros de Contención o de retención son estructuras que se construyen con el objetivo de retener o suministrar cierto grado de confinamiento lateral al suelo o a otro tipo de materiales sueltos. Estos materiales retenidos o confinados aplican presiones de empuje contra el muro y lo tienden a volcar y/o deslizar. Los muros de contención son utilizados en casos por ejemplo donde hay cambios abruptos de pendiente del suelo. (ABC Geotechnical Consulting, 2021)

En la actualidad, se utilizan mayoritariamente muros de contención de hormigón armado y muros atirantados para distintas soluciones tanto en obras civiles como en obras de edificación.

En el Proyecto Nueva Villa Dulce ubicado en Viña del Mar, se ha presentado un problema con respecto a qué sistema de contención utilizar para la construcción de su estacionamiento, en primera instancia iba a constar de 2 tramos construidos de muro mesa, la sección n°1 con 31.74 m, y la sección n°2 con 10 m. En cuanto a la sección principal de muro atirantado, la cual consta de 28.03 m, debido al tipo de suelo y la ausencia de roca que presenta el lugar, se dará como solución construir el tramo completo con sistema mesa, todo, para una altura de 10.23 m. y maicillo como material de suelo, el cual es un material utilizado principalmente para relleno de terrenos, el cual entrega compactación y mejoramiento al ser de un material moldeable.

Considerando lo expuesto anteriormente, se definirá en detalle en lo que consta el sistema mesa (TEM) de Tierra Estabilizada Mecánicamente, estos constan principalmente con un refuerzo de Geomallas uniaxiales de HDPE (polietileno de alta densidad) las cuales van ancladas al terreno compactado, y con una fachada de BLOQUES de concreto prefabricado (estos bloques pueden tener diferentes diseños, pero para el caso es utilizado el bloque aligerado en particular). El sistema mesa se encuentra aprobado para Obras Publicas MOP en Chile. Algunas de sus aplicaciones son: Rampas de acceso, nudos viales, Estribos de puentes, Pretiles de Piscinas Industriales, Restauración de Taludes Fallados y Contención en general. (EMIN Sistemas Geotécnicos S.A., 2018)



Fotografía 1.1: Construcción Muro Mesa – Montaje de Bloques. Caso Estudio Proyecto Nueva Villa Dulce – Viña del Mar – 03 de marzo del 2022.
Fuente: Fuente Propia (2022).



Fotografía 1.2: Construcción Muro Mesa – Anclaje de Geomallas. Caso Estudio Proyecto Nueva Villa Dulce – Viña del Mar. – 09 de marzo del 2022.

Fuente: Fuente Propia (2022).

Por lo expuesto precedentemente, se entrega como solución la alternativa de muros de contención del tipo mesa para la construcción de este estacionamiento, considerando la altura y suelo en particular para el caso en cuestión.

Sin embargo, no se descartará la comparativa con respecto a procedimientos de construcción de ambos tipos de muro que contempla el proyecto.

1.3. Estado del Arte

En este apartado se darán a conocer algunas obras en la que se evidencia el trabajo constructivo de un muro de contención de tipo mesa y la de un muro de contención de tipo atirantado o pantalla atirantada.

1. Cerros de Gurabo.
   Ubicación: Gurabo, Santiago de los Caballeros, República Dominicana.

   Aprovechamiento máximo del área disponible para los patios de residencias privadas. Reducción de tiempos de construcción vs otras alternativas disponibles. Reducción de asentamientos en una zona de alto riesgo sísmico.



Fotografía 1.3: Cerros de Gurabo.

Fuente: Tensarcorp – Cerros de Gurabo.

2. Carretera El Río – Jarabacoa.
   Ubicación: Jarabacoa, La Vega, República Dominicana.

   Disminución considerable de los tiempos de construcción obteniendo un mayor desempeño y la utilización del suelo presente en la zona como relleno.



Fotografía 1.4: Carretera El Río – Jarabacoa, La Vega, República Dominicana.
Fuente: Tensarcorp – Carretera el rio Jarabacoa.

3. Carretera CA-5.
   Ubicación: Comayagua, Honduras.
   Fecha: Junio 2020 - Octubre 2020.

   Refuerzo seguro y construcción eficaz de cuatro rampas de aproximación en dos puentes. Reducción significativa en los tiempos de construcción y la huella de carbono.



Fotografía 1.5: Carretera CA-5, Comayagua, Honduras, 2020.
Fuente: Tensarcorp – Carretera CA-5.

4. Construcción de pantalla atirantada de 10 m de altura para reconstruir falla de borde en la Urb. Colinas de Tamanaco Municipio Baruta, Estado Miranda. 2014.



Fotografía 1.6: Pantalla Atirantada - Colinas de Tamaco, Municipio Baruta, Estado Miranda, 2014.
Fuente: Muros anclados y pantallas atirantadas.

5. Pantalla atirantada de 14 m de altura para estabilizar talud que sustenta el tanque de agua del Desarrollo Habitacional Alto Verde. Los Teques, Estado Miranda. 2008.



Fotografía 1.7: Pantalla Atirantada - tanque de agua del Desarrollo Habitacional Alto Verde, Los Teques, Estado Miranda, 2008.

Fuente: Muros anclados y pantallas atirantadas.

6. Pantalla atirantada reticulada de 16 m de altura, reforzada con geomallas metálicas y geomantas verdes ECOGREEN para el control de erosión y estabilización de talud ubicado en el Barrio Santa Cruz, Municipio Baruta. 2011.



Fotografía 1.8: Pantalla Atirantada - Barrio Santa Cruz, Municipio Baruta, 2011.

Fuente: Muros anclados y pantallas atirantadas.

1.4. Objetivos de la Propuesta

1.4.1. Objetivo General:

- Proponer el Sistema Mesa como solución a la construcción del estacionamiento del Proyecto, considerando una altura y suelo determinado, tomando en consideración de forma general los procesos constructivos, ventajas y desventajas que posee vs el Muro Atirantado.

1.4.2. Objetivos específicos:

- Analizar los procedimientos de construcción de muros mesa y de muros atirantados.

- Comparar de forma detallada los Procedimientos de construcción de Muros Mesa vs Muros Atirantados a través de un cuadro comparativo.

- Realizar un análisis presupuestario comparativo para la construcción de un Muro Atirantado vs un Muro Mesa, Caso Estudio: Proyecto Nueva Villa Dulce.

- Proponer el Sistema Mesa como solución para alturas de 10 m o más y con un suelto de tipo maicillo, Caso Estudio: Proyecto Nueva Villa Dulce.

1.5. Alcances y limitaciones

- El estudio se enfocará a los sistemas constructivos de Muros Mesa y Muro Atirantado.

- La investigación se concentrará en el estudio y revisión de los procedimientos de construcción y comparativa presupuestaria.

- La investigación utilizará el diseño del sistema Mesa para la propuesta de solución a la construcción del estacionamiento para una altura de 10.23 m con un suelo de tipo maicillo.

Capítulo 2

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Muro de contención.

Se denomina muro de contención a un tipo estructura de contención rígida y continua que de forma activa o pasiva produce un efecto estabilizador sobre una masa de terreno.

Los muros de contención se utilizan para detener materiales sueltos o bloques de tierra cuando el contexto no permite que estas masas se apropien de sus pendientes de origen natural. Estas condiciones se presentan cuando en casos como: el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía.

Por ejemplo, en la construcción de carreteras o vías férreas, el ancho de servidumbre de la vía es fijo y el corte o terraplén debe estar contenido dentro de este ancho. De modo similar, los muros para los sótanos de edificios deben ubicarse dentro de los límites de la propiedad y contener el suelo alrededor del sótano. (Saurith Carlos, 2010)

2.1.2. Clasificación de muros de contención.

Los muros de contención pueden dividirse en dos grandes grupos, a considerar: muros de contención flexibles y muros de contención rígidos o inflexibles.

Clasificación de Muros de Contención:

CLASIFICACIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN	
FLEXIBLES	**RÍGIDOS**
Pantallas	Semigravificos
Entibaciones	Contrafuertes
De tierra mecánicamente estabilizada	De gravedad
	En voladizo
	Atirantados

Tabla 2.1: Clasificación de Muros de Contención.

Fuente: Biblioweb – Tesis 2010.

2.1.2.1.Muros de contención flexibles.

Son aquellos que están constituidos por elementos estructurales poco rígidos, sensibles a deformarse bajo la acción de cargas exteriores; tal como sucede con los tablestacados de madera. (Saurith Carlos, 2010)

Pantallas:

Tablestacas: o Pantallas de elementos prefabricados metálicos, empleada habitualmente en ingeniería civil, constituida por elementos prefabricados, que son de acero, de hormigón, o vinilo, aluminio.

Pantallas de paneles prefabricados de hormigón: Formadas de elementos de hormigón prefabricados, con forma de paneles generalmente rectangulares. Para ser colocadas, se crea una zanja con unas dimensiones ligeramente superiores a las del panel prefabricado.

Muros pantalla o Pantallas de hormigón: a diferencia de las pantallas de paneles prefabricados de hormigón, esta estructura se realiza en obras, es decir, en lugar de recurrir a paneles prefabricados, los elementos estructurales de este tipo de pantalla se ejecutan in situ.

Pantallas de pilotes: empleada habitualmente, no solo en ingeniería civil, también en edificios donde el terreno es muy blando, con poca cohesión por peligro de desmoronamiento o tiene un nivel freático alto. Se usa si el terreno es duro, por la pequeñez de la zanja. Existen tres tipos de pantallas pilotes: pilotes separados, pilotes tangentes y pilotes secantes.

Muros hechos por bataches: estos son empleados habitualmente en arquitectura principalmente en la construcción de sótanos y en ingeniería civil. Se llevan a cavo por medio a la excavación, colocando placas de entre 50 y 100 centímetros, que se ancla al terreno. Esto quiere decir que no penetran por debajo del plano de excavación. Es decir, no trabaja a empuje pasivo. (Saurith Carlos, 2010)

Entibaciones:

Se construye mediante tablones de madera o elementos metálicos y placas cuadradas, de dimensiones que rondan un metro por un metro. Algunas de las comprobaciones que se realizan en estructuras de contención flexibles son:

1) La Estabilidad de la zanja y de la pantalla.

2) El Armado de la pantalla.

3) El Cálculo de puntales.

4) La Rotura de fondo de excavación y rotura global.

5) El Análisis de hundimiento del muro pantalla.

6) La Evaluación de los movimientos en el entorno de la excavación.

Muros de Tierra Mecánicamente Estabilizada:

Se definen como los muros construidos mediante estratos de material de relleno, colocándose entre éstas elementos que arman el mismo, estando su paramento exterior formado por elementos prefabricados de hormigón.

La combinación de las distintas piezas prefabricadas junto con la tierra compactada y las armaduras refuerzo dan como resultado un sistema estructuralmente resistente y estable debido a su gran peso propio.

Estos muros pueden estar construidos con bermas, de forma escalonada.

La ocupación requerida por este tipo de muro, que va a depender de las características geotécnicas del relleno, es muy superior a la que necesitan los muros de pantalla y contrafuerte. El principal uso de estos muros son los de sostenimiento o contención de tierras.

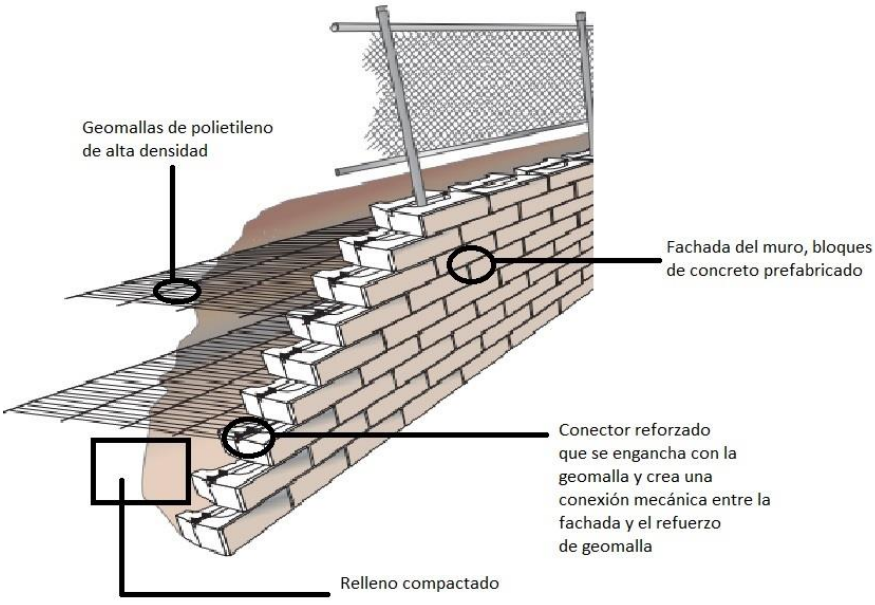


Figura 2.1: Muro de tierra mecánicamente estabilizada con geomallas y conectores reforzados.

Fuente: Manual de Instalación Muro Mesa.

Muro celular verde. Son muros de piezas prefabricadas, con forma de celdas, constituyendo una estructura celular de contención, reforzándose el trasdós o relleno mediante un geotextil o geomallas. Estas piezas se encajan entre sí gracias a unas muescas o ranuras dispuestas a tal modo. El montaje entre ellas se realiza normalmente en seco, es decir, sin necesidad de mortero. Este sistema formará muros de contención con alturas superiores a los 10 metros, capaz de soportar empujes importantes de tierras.



Fotografía 2.9: Muro Celular Verde.

Fuente: Muro de gaviones – Muro Celular Verde.

Muro de bloques aligerados. Son muros cuyo paramento exterior está formado por bloques aligerados prefabricados de hormigón unidos entre sí mediante pernos, sin cama de mortero, y de donde parte el refuerzo del terreno mediante un geotextil o geomallas. Estas unidades celulares no llevan vegetación en el paramento exterior. Estas piezas van unidas entre sí, sin mortero, gracias a la propia geometría de la pieza o a la ayuda de otros elementos auxiliares. Se pueden llegar a alcanzar altas máximas de doce metros.



Fotografía 2.10: Muro de Bloques Aligerados.

Fuente: Propia (2022).

Muro jardinera. Son muros cuya vestidura exterior está compuesta por módulos prefabricados de hormigón a modo de jardinera. El muro tiene una flexibilidad que le permite adaptarse a los asientos diferenciales que puedan producirse. La altura máxima a la que pueden llegar es unos quince metros.



Fotografía 2.11: Muro de Jardinera.

Fuente: Verniprens producto muro ecológico.

Muros de escamas prefabricadas de hormigón. Se le define como el muro cuyo paramento exterior está constituido por unas escamas prefabricadas de hormigón, que encajonadas unas con otras, forman una superficie vertical y continua, que va unida a las armaduras de refuerzo.



Fotografía 2.12: Muro de Escamas prefabricadas de Hormigón.

Fuente: Tierra Armada – Aplicaciones vialidad.

El muro de tierra reforzada se puede adaptar a pequeños asentamientos que sufra el terreno; esto es debido a que cada escama del muro se comporta individualmente, siendo capaz de moverse ligeramente sin que se produzcan tensiones en las juntas de las escamas adyacentes. A este tipo de muro se le conoce tradicionalmente como "muro de tierra armada". Actualmente se están utilizando nuevos tipos de materiales de refuerzo, mucho más fáciles de manejar que las tradicionales tiras de acero. Estos nuevos productos, normalmente geotextiles o geomallas, las cuales tienen propiedades resistentes contra la corrosión y son fáciles de transportar debido a su volumen y peso.

Las aplicaciones más comunes son en:

- Terraplenes para caminos.
- Sostenimiento de taludes o cortes.
- Contención de plataformas en parques y jardines.

(Saurith Carlos, 2010)

Características de Muros de Tierra mecánicamente estabilizada.

1) Se utiliza como relleno el propio material de excavación de la obra siempre y cuando reúna unas condiciones mínimas que lo hagan apto como terraplén.
2) Soporta movimientos y asientos diferenciales.

3) Técnicamente admiten grandes alturas manteniendo además precios muy competitivos.
4) Verticalidad
5) Gran impacto visual en zonas con interés paisajístico o estético.
6) Muros asísmicos.
7) Muros fácilmente ajustables a topografías accidentadas.

Material de refuerzo de muros de contención de tierra mecánicamente estabilizada: Geotextil



Fotografía 2.13: Malla geotextil.

Fuente: Construmatica - Geotextil.

El Geotextil es un material textil sintético plano formado por fibras poliméricas (polipropileno, poliéster o poliamidas), similar a una tela, de gran deformabilidad, empleada para obras de ingeniería en aplicaciones geotécnicas (en contacto con tierras y rocas), cuya misión es hacer las funciones de separación ó filtración, drenaje, refuerzo o impermeabilización. (Saurith Carlos, 2010)

Propiedades de los Geotextiles.

El geotextil es una malla compuesta por fibras sintéticas cuyas funciones principales se basan en su resistencia mecánica a la perforación y tracción, y a su capacidad drenante. Sirven en la construcción de sub-bases de carreteras y ferrocarriles, en presas, evitan posibles erosiones

realizan funciones de drenaje en canales, muros de contención, etc. Los geotextiles sirven para separar tierras de diferente granulometría estabilizando el terreno, para protección de láminas impermeabilizantes.

A continuación, vemos las funciones que desempeñan los geotextiles.

- Separación.

La Separación impide el contacto entre dos superficies de distintas propiedades físicas, lo cual evita su mezcla y contaminación, aunque permite el flujo libre de líquidos filtrándolos a través del geotextil, puede ser entre dos capas diferentes: p. ej. de suelo aportado o entre suelo natural y de aporte. Para evitar la mezcla de materiales debe soportar las cargas estáticas y dinámicas del material de aporte y del tráfico durante su colocación, así como también la retención de finos. El polipropileno lo mantiene estable ante la alcalinidad del cemento e inerte frente a los diversos elementos químicos presentes en el terreno. En la función de Separación deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1) Resistencia a la tracción.
2) Resistencia al punzonamiento.
3) Elongación a la rotura.
4) Perforación dinámica por caída libre de cono.
5) Abertura de poros eficaz.
6) Espesor del geotextil.

- Filtración.

La Filtración es la propiedad de retención de un material de ciertas partículas sometidas a fuerzas hidrodinámicas al tiempo que permite el pasaje de fluidos. La función de filtro debe garantizar su estabilidad hidráulica.

En esta función de Filtración deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

1) Permeabilidad.
2) Abertura eficaz de los poros.
3) Espesor del geotextil.

- Drenaje.

El Drenaje es el proceso mediante el cual se realiza el pasaje de un lugar a otro de un fluido (líquido o gas), evacuándolo. De esta manera se efectúa la eliminación por evacuación en el espesor del geotextil sin producir el lavado de finos.

En esta función de Drenaje deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

1) Permeabilidad en el plano del geotextil.
2) Espesor del geotextil.

- Refuerzo.

El Refuerzo del geotextil se consigue por las propiedades que poseen ciertos geotextiles, mejorando sus propiedades mecánicas y disminuyendo el nivel de cargas sobre el terreno porque realiza un trabajo de homogeneizar las cargas sobre una superficie extensa.

Consideramos dos tipos de refuerzos: Refuerzo en la tracción, eliminando las fuerzas de vuelco. Por ej.: en muros de contención, por intercalación del geotextil hacia el interior del muro.

1) Estabilización del suelo mediante confinamiento de partículas evacuando por supresión el agua contenida.
2) En esta función de Refuerzo deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:
3) Curva de deformación.
4) Resistencia mecánica a la tracción, punzonamiento y desgarro.
5) Fluencia, fatiga y fricción contra el terreno.

- Protección.

La función de Protección permite que el sistema geotécnico no se deteriore. El geotextil actúa protegiendo geomembranas impermeables; de modo que impide que se produzcan daños mecánicos de abrasión o punzonamiento.

En esta función de Protección deben tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

1) Resistencia al punzonamiento.
2) Perforación dinámica por caída libre de cono.
3) Espesor (efecto colchón para protección de la geomembrana).

(Saurith Carlos, 2010)

Material de refuerzo de muros de contención de tierra mecánicamente estabilizada: Geomallas

Las Geomallas son una solución para aumentar la capacidad de carga de suelos blandos, estas son un tipo de geosintético que permite tener un buen confinamiento lateral y una alta resistencia a la tensión. Sirve para el mejoramiento de los suelos, principalmente de aquellos sobre los que se planea construir vías terrestres. (Saurith Carlos, 2010)

Otra de sus propiedades es que tienen un diseño en forma de costillas paralelas tensionadas. Aporta un mejor soporte y distribuye la carga uniformemente en un área mayor. Por lo que se utilizan para reforzar y estabilizar suelos blandos, terraplenes, taludes y muros de contención, entre otros. (Saurith Carlos, 2010)

Las Geomallas son estructuras de polímero uni-direccional o bi-diriccional, las cuales están fabricadas con una forma plana. (Saurith Carlos, 2010)

Consiste principalmente en un sistema de elementos conectados integralmente por medio de extrusión, soldaduras, y amarres o entrelazados, cuyas aberturas son más grandes que los elementos que los forman. (Saurith Carlos, 2010)

Este tipo de elementos o estructuras se utilizan en aplicaciones de ingeniería geotécnica, ambiental, hidráulica, y de transporte.

Las Geomallas se pueden clasificar de las siguientes maneras:

1. Por la forma de fabricación y el tipo de juntas.

   Las geomallas dependiendo del tipo de fabricación de sus empalmes de tendones se clasifican en:

   a) Juntas por extrusión:

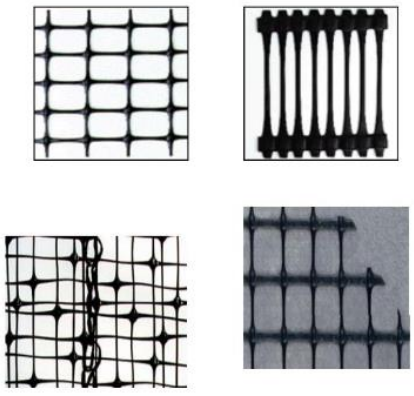


Figura 2.2: Tipo de Geomalla, Juntas por extrusión.

b) Juntas tejidas:

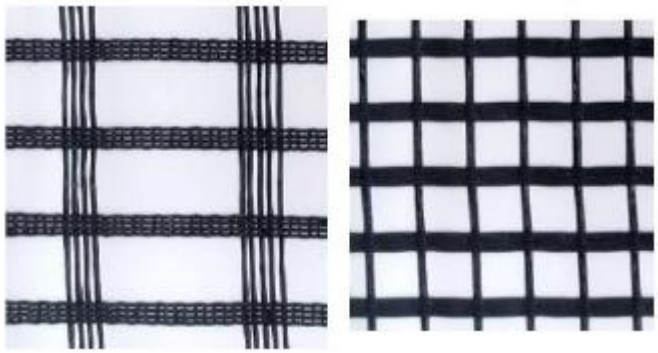


Figura 2.3: Tipo de Geomalla, Juntas tejidas.

c) Juntas soldadas:



Figura 2.4: Tipo de Geomalla, Juntas soldadas.

(CIDELSA, 2015)

Fuente Figuras 2,3 y 4:
Issuu – Geomallas en obras viales.

2. Por el sentido de la resistencia dominante.

   De acuerdo a la fabricación las mallas pueden tener un sentido definido de mayor capacidad de soporte según el cual pueden clasificarse en:

   a) Mono-axiales: Aquellas geomallas cuya resistencia es solo en un sentido, esta refuerza en una sola dirección y se utiliza especialmente en suelos estabilizados mecánicamente con todo tipo de materiales de relleno; se emplea en el refuerzo de taludes, muros y terraplenes.

   b) Bi-axiales: Aquellas geomallas cuya resistencia es por los dos sentidos, dan

refuerzos en más direcciones. Estas permiten el entrabe de suelos y otros materiales que se encuentren en la zona en la que se instalan. Se emplean para estabilizar suelos blandos y para disminuir el espesor de las capas granulares del suelo en terraplenes y pavimentos. (GEOSAI, s.f.)

3. Por el tipo de polímero de la cual está conformada.

    a) LDPE: Cuando el polietileno se encuentra en esta forma, es conocido por su flexibilidad. También, es sumamente fácil de manipular y tiene buenas propiedades físicas.

    b) HDPE: La forma de alta densidad del PE es más rígida y resistente a los químicos. Se le tienen que agregar estabilizadores para aumentar su resistencia a los agentes climáticos.

    c) Polipropileno (PP)

    Este tipo de polímero es un material que tiene una estructura molecular que lo hace de alta rigidez. Entre sus propiedades especiales, debe nombrarse la resistencia a los ácidos y los alcaloides, así como a la mayoría de los disolventes. Durante su producción se le añade estabilizadores que evitan su oxidación. A través de ese método se mejora su estabilidad a los factores del clima. Además, su durabilidad está garantizada por largos periodos de tiempo.

    Fuente: (DM Geosintéticos, 2019)

Conectores

Es un conector reforzado con compuesto de fibra de vidrio que se engancha con la geomalla y crea una conexión mecánica entre la fachada y el refuerzo de geomalla. Y en paralelo, eliminan la necesidad de utilizar relleno en el núcleo del bloque. (Tensar, s.f.)



Figura 2.5: Conector reforzado.

Fuente: Manual de instalación – Muro Mesa.

2.1.2.2. Muros de contención rígidos.

Son aquellos en los cuales las deformaciones producidas por el empuje del relleno son tan pequeñas que pueden ser despreciadas. Esta condición se verifica en los muros realizados en hormigón y en mampostería.

Debido a lo frecuente que se presentan en la práctica, se considera únicamente el estudio de los muros de contención rígidos.

Este tipo fundamental de estructura, se subdividen en cuatro grupos principales, a saber:

Muros de contención:

1. De gravedad.
2. Semigravificos.
3. De contrafuertes.
4. En voladizo.
5. Atirantados.

(Saurith Carlos, 2010)

Muros de gravedad.

Son muros con gran masa que resisten el empuje mediante su propio peso y con el peso del suelo que se apoya en ellos, El concreto sin refuerzo o hasta la propia piedra colocada, constituyen un material adecuado para su construcción. La característica fundamental del diseño en este caso, consiste en mantener el eje de compresión dentro del tercio central de la sección

transversal; suelen ser económicos para alturas moderadas, menores de 5 m, son muros con dimensiones generosas, que no requieren de refuerzo. En cuanto a su sección transversal puede ser de varias formas. (Saurith Carlos, 2010)

Los muros de gravedad pueden ser de concreto ciclópeo, mampostería, piedra o gaviones. La estabilidad se logra con su peso propio, por lo que requiere grandes dimensiones dependiendo del empuje. La dimensión de la base de estos muros oscila alrededor de 0,4 a 0,7 de la altura. Por economía, la base debe ser lo más angosta posible, pero debe ser lo suficientemente ancha para proporcionar estabilidad contra el volcamiento y deslizamiento, y para originar presiones de contacto no mayores que las máximas permisibles. (Saurith Carlos, 2010)

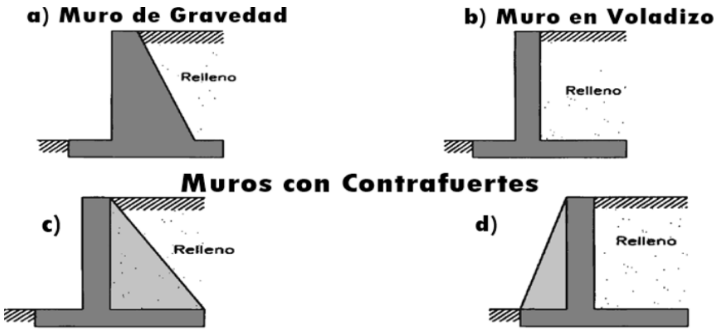


Figura 2.6: Ejemplos de muros de gravedad.

Fuente: Ingeniería - Arquitectura.

Muros semigravificos.

Este tipo de muro de contención emplea un refuerzo ligero y es de construcción intermedia entre el tipo de gravedad y el del voladizo. (Saurith Carlos, 2010)

Muros de contrafuertes.

Este tipo de estructura, se parece al muro de contención en voladizo y al igual que éste, logra su estabilidad mediante el peso del terreno.

El tronco y la base se unen en intervalos regulares, mediante contrafuertes, nervaduras o paredes de arriostramiento. Estas nervaduras actúan en la forma de arriostramiento en tensión y modifican totalmente los apoyos de las losas del tronco y del talón. El tronco resulta una losa horizontal entre los contrafuertes o nervaduras y el talón es una losa apoyada en tres puntos

Los contrafuertes son uniones entre la pantalla vertical del muro y la base. La pantalla de estos muros resiste los empujes trabajando como losa continúa apoyada en los contrafuertes, es decir,

el refuerzo principal en el muro se coloca horizontalmente, son muros de concreto armado, económicos para alturas mayores a 10 metros.

Tanto la pantalla como los contrafuertes están conectados a la losa de fundación. Los contrafuertes se pueden colocar en la cara interior de la pantalla en contacto con la tierra o en la cara exterior donde estéticamente no es muy conveniente. Los muros con contrafuertes representan una evolución de los muros en voladizo, ya que al aumentar la altura del muro aumenta el espesor de la pantalla, este aumento de espesor es sustituido por los contrafuertes; la solución conlleva un armado, encofrado y vaciado más complejo. (Saurith Carlos, 2010)

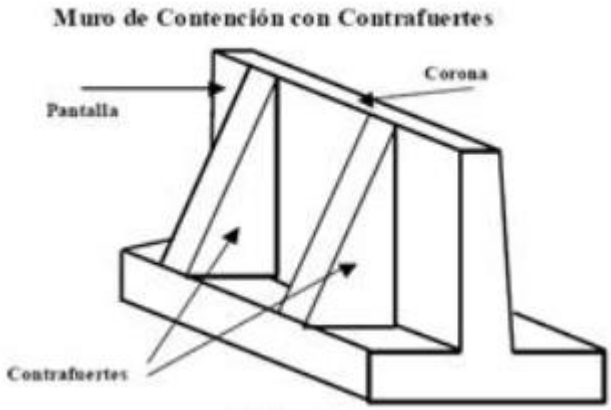


Figura 2.7: Muro de contención con contrafuertes.

Fuente: Monografías – Muro de contención.

Muros en voladizo.

Estos muros, son generalmente estructuras de concreto armado, en las que se emplea el peso propio del suelo para lograr la estabilidad deseada.

Los elementos fundamentales de este tipo de estructura son:

a) Alzado o cuerpo

b) Puntera

c) Talón

Estos tres elementos se diseñan cada uno como losa en voladizo. (Saurith Carlos, 2010)

DESIGNACIONES.

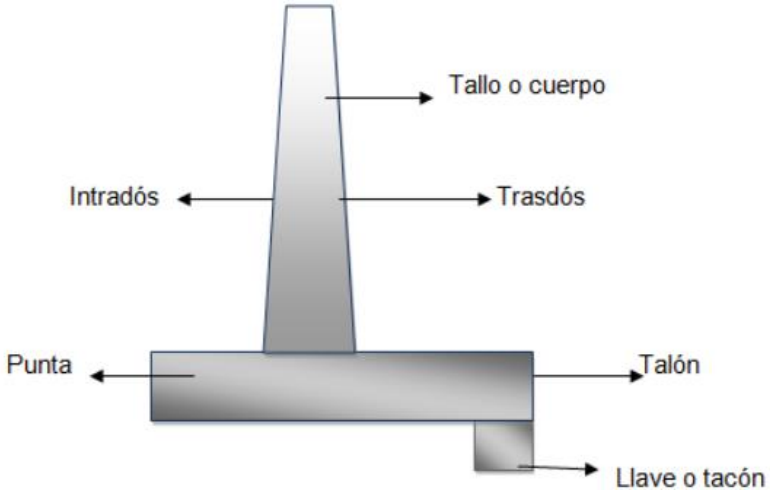


Figura 2.8: Muro en voladizo.

Fuente: Biblioweb – Tesis 2010.

Punta: Parte de la base del muro (cimiento) que queda debajo del intradós y no introducida bajo el terreno contenido.

Llave o Tacón: Parte del cimiento que se introduce en el suelo para ofrecer una mayor inmovilización.

Talón: Parte del cimiento opuesta a la punta, queda por debajo del trasdós y bajo el terreno contenido.

Alzado, tallo o cuerpo: Parte del muro que se levanta a partir de los cimientos de este, y que tiene una altura y un grosor determinados en función de la carga a soportar.

Intradós: Superficie externa del alzado.

Trasdós: Superficie interna del alzado, está en contacto con el terreno contenido. Este tipo de muro resiste el empuje de tierra por medio de la acción en voladizo de un tallo o cuerpo vertical empotrado en una losa horizontal (zapata), ambos adecuadamente reforzados para resistir los momentos y fuerzas cortantes a que están sujetos.

Estos muros por lo general son económicos para alturas menores de 10 metros, para alturas mayores, los muros con contrafuertes suelen ser más económicos. La forma más usual es la

llamada T, que logra su estabilidad por el ancho de la zapata, de tal manera que la tierra colocada en la parte posterior de ella, ayuda a impedir el volcamiento y lastra el muro aumentando la fricción suelo-muro en la base, mejorando de esta forma la seguridad del muro al deslizamiento. Estos muros se diseñan para soportar la presión de tierra, el agua debe eliminarse con diversos sistemas de drenaje que pueden ser barbacanas colocadas atravesando el tallo o cuerpo vertical, o sub-drenajes colocados detrás del cuerpo cerca de la parte inferior del muro. Si el terreno no está drenado adecuadamente, se puede presentar presiones hidrostáticas no deseables. (Saurith Carlos, 2010)

El cuerpo de concreto en estos muros es por lo general relativamente delgado, su espesor inferior oscila alrededor de (1/12 y 1/10) de la altura del muro, y depende de las fuerzas cortantes y momentos flectores originados por el empuje de tierra. El espesor superior del tallo o cuerpo debe ser lo suficientemente grande para permitir la colocación del concreto fresco, generalmente se emplean valores que oscilan entre 20 y 30 cm. El espesor de la base es función de las fuerzas cortantes y momentos flectores de las secciones situadas delante y detrás del cuerpo del muro, por lo tanto, el espesor depende directamente de la posición del tallo o cuerpo en la base, si la dimensión de la punta es de aproximadamente 1/3 del ancho de la base, el espesor de la base generalmente queda dentro del intervalo de 1/8 a 1/12 de la altura del muro. (Saurith Carlos, 2010)

Muros Atirantados.

Un muro anclado es un tipo de muro de retención que está anclado al suelo que está reteniendo, de ahí su nombre. Los muros anclados se usan mucho en las torres de apartamentos cuando hay que hacer sótanos, y la excavación no es tan problemática como para ocupar una pantalla de pilotes. (Mundoavenida, 2017)

Los muros anclados se pueden identificar muy fácilmente por las cabezas de los anclajes, que se pueden ver a lo largo de todo el muro cuando está en construcción. También en muchos casos, el muro anclado tiene una capa de concreto especial encima qué es más rugosa e irregular que la de un muro de retención convencional. (Mundoavenida, 2017)

Los muros anclados se usan cuando hay que excavar profundo, y en los límites de la excavación hay otros edificios o algo ya construido. Cuando se excava, especialmente si la excavación es muy profunda, los terrenos junto al hueco se desestabilizan. Si hay un edificio encima de esos terrenos que esté otorgando peso, puede dañarse ese edificio, o incluso puede derrumbarse toda la excavación. (Mundoavenida, 2017)

Hay dos tipos de muros anclados que se pueden construir: los muros con anclajes pasivos, y los muros con anclajes activos. (Mundoavenida, 2017)



Fotografía 2.14: Una perforadora horizontal de las que hacen los anclajes de muros.

Fuente: Mundo avenida – Muro de retención.

- Anclaje pasivo: Aquel que entra en tracción por sí solo, al oponerse la cabeza al movimiento del terreno inestable o de la estructura.

- Anclaje activo: Aquel cuya armadura, una vez instalado, se pretensa hasta la carga de proyecto que puede coincidir con la carga última de trabajo o ser sólo una fracción de este.

(CARRETERAS, 2002)

Para construir un muro anclado se usa un taladro especial llamado una perforadora horizontal. Se excava hasta una profundidad segura, que no ponga en riesgo las estructuras vecinas. Luego la perforadora se introduce en la excavación, y hace un hueco delgado bajo la estructura vecina, generalmente de un par de metros de longitud. (Mundoavenida, 2017)

En ese hueco se introduce una varilla de acero especial (el “anclaje”) y luego se rellena con concreto a presión. El concreto y la varilla se quedan pegados al suelo, como si fueran un clavo en la tierra. (Mundoavenida, 2017)

Una vez que el concreto del anclaje ha endurecido, con una máquina hidráulica se tensa la varilla, y se le pone una placa en el extremo. Cuando la máquina suelta, la varilla actúa como un resorte y hala la placa contra la pared de la excavación. En ese momento, la placa y la varilla quedan sosteniendo la tierra. Eso se llama un “anclaje activo”. (Mundoavenida, 2017)

El proceso se repite muchas veces, las que sean necesarias para construir todos los anclajes que ocupa el muro. Luego se coloca una malla de refuerzo alrededor de los anclajes, y se vacía concreto para terminar de formar el muro de contención. (Mundoavenida, 2017)



Fotografía 2.15: Ejemplo de Muro de Anclaje en Construcción.

Fuente: Mundo avenida – Muro de retención.

Como los anclajes quedan presionando el muro contra la tierra, no hay peligro de que llegue a caerse el muro, aunque el suelo de la propiedad del vecino le haga presión. (Mundoavenida, 2017)

Cuando el muro está estabilizado y tensado, se vuelve a excavar, otra profundidad segura. Y se repite el proceso para hacer otro muro bajo el que ya se construyó. (Mundoavenida, 2017)

De esta forma se va estabilizando la excavación con anclajes, y se va sacando tierra hasta llegar a la profundidad necesaria del sótano. Al llegar a esa profundidad, se hace una placa de fundación, para terminar de soportar el peso del muro y del edificio. (Mundoavenida, 2017)

Ejemplo Diagrama de fuerzas de Muro de contención rígidos.

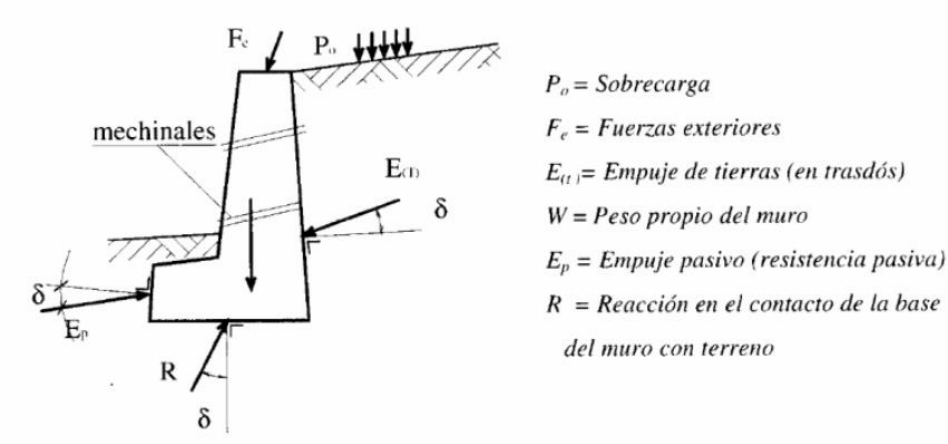
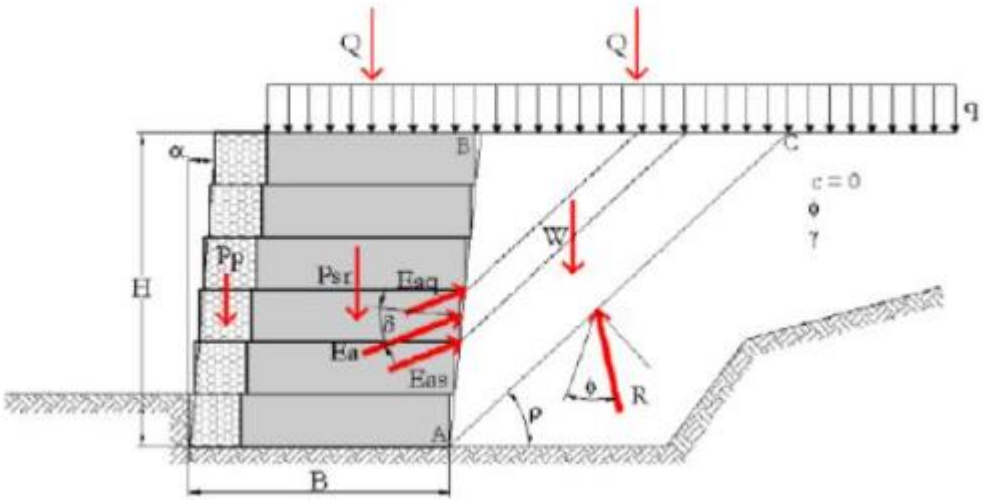


Figura 2.9: Diagrama de fuerzas Muro Rígido.

Fuente: Muros de gravedad.

Ejemplo Diagrama de fuerzas de Muros de contención flexibles:



2.10: Diagrama de fuerzas de un Muro Flexible.

Fuente: Muros en tierra armada.

2.1.3. Antecedentes Generales de Caso Estudio.

Nombre de la Empresa: Constructora Benavente Ltda.

Rut Empresa: 78.549.830-5.

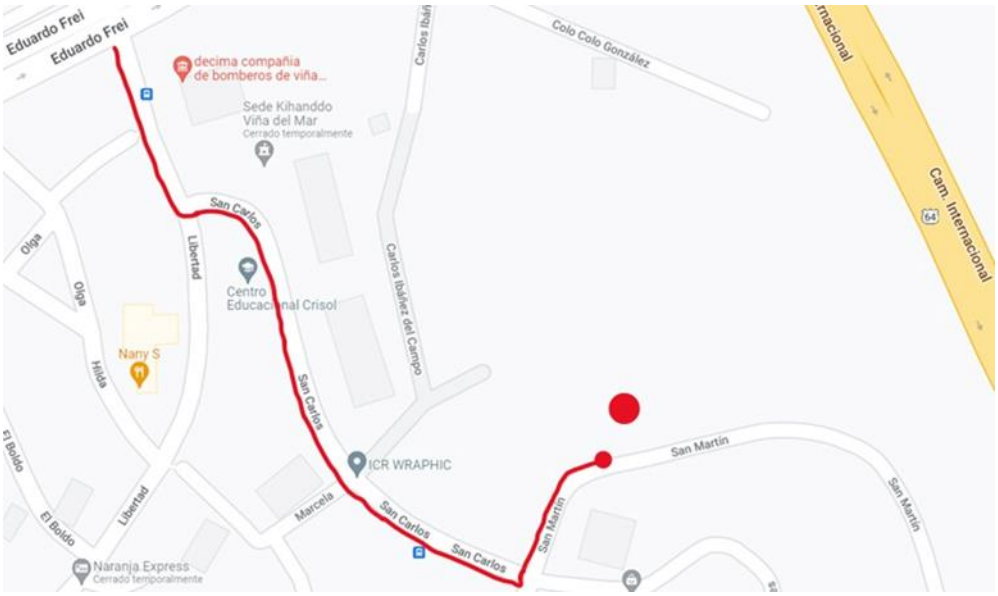
Dirección: Artillería 621 – Valparaíso.

Teléfono: 32 234 36 84.

Correo: gerencia@cbe.cl.

Sitio web: www.cbe.cl

Dirección de la Obra: Pasaje Algarrobo N°70 Villa Dulce Norte – Viña del Mar.



Fotografía 2.16: Dirección Proyecto “Nueva Villa Dulce”

Fuente: Google Maps (2022).



Fotografía 2.17: Ubicación Proyecto Nueva Villa Dulce.

Fuente: Google Earth (2022).

Donde: Sector Amarillo: Área de obra de construcción.

Sector Naranja: Área de Fundaciones Edificios A, B Y C.

Sector Verde: Muros de Contención. (Mesa)

2.2. Metodología de la Investigación

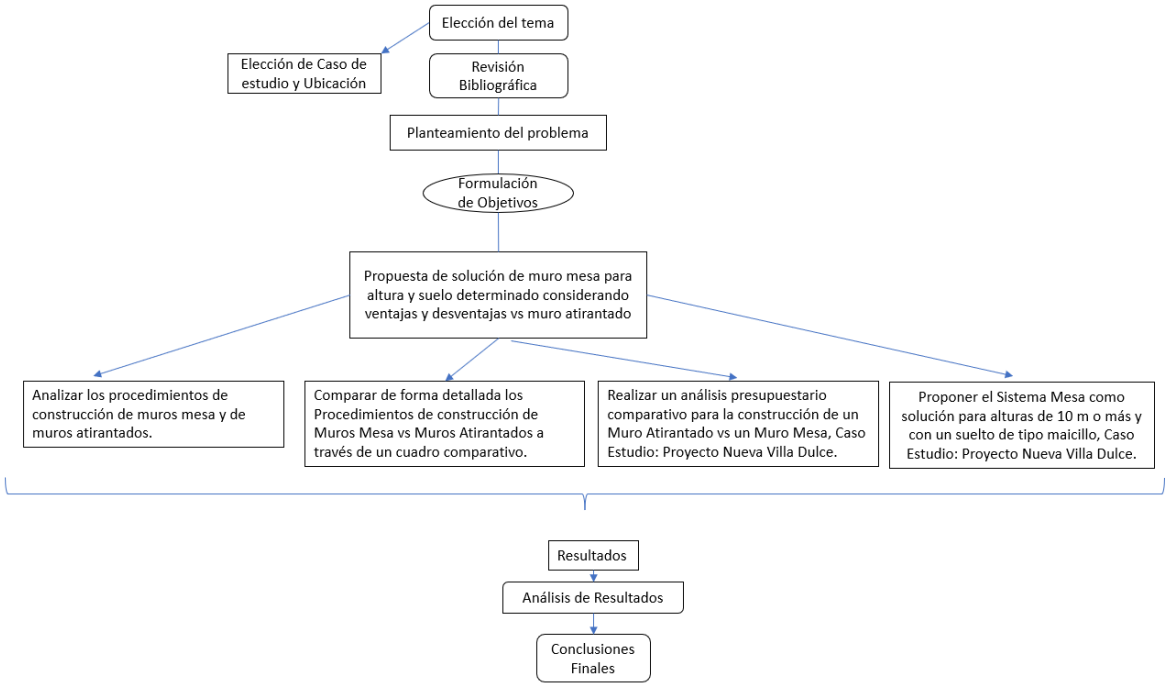


Figura 2.11: Diagrama de flujo, procedimientos a seguir para la realización de la investigación.

- Para la metodología, se dará inicio con la Elección de nuestro tema a estudiar, en este caso, proponer el Sistema Mesa como solución al problema generado para la construcción del estacionamiento del Proyecto, considerando una altura y suelo determinado, tomando en consideración de forma general los procesos constructivos, ventajas y desventajas que posee vs el Muro Atirantado.

- Una vez, definido el problema, se proceden a formular los objetivos principales, los cuales deberán cumplirse a medida se van tomando datos dentro de la investigación.

- En primera instancia se buscará Analizar de forma detallada los procedimientos de construcción de un Muro Mesa vs un Muro Atirantado.

- Posterior a esto, se procederá a comparar los procedimientos de ejecución de Muros Mesa (TEM) y Muros Atirantados, detallando en totalidad cada una de las funcionalidades de cada uno de ellos. Dando resolución al segundo objetivo específico.

- Habiendo terminado estos pasos, se realizará un análisis presupuestario.

- Y se propondrá el Sistema Mesa como solución constructiva para determinadas alturas por sobre los 10 m de altura y para un suelo de tipo maicillo como se mencionó ya en ocasiones anteriores.

- Obtenidos los Resultados de la investigación, se realizará un análisis de ellos, y se determinarán las Conclusiones.

Capítulo 3. Desarrollo de Objetivos Específicos.

3.1. Materiales de construcción bloques tipo MESA.

Al ser información completamente confidencial, los datos obtenidos de la composición de las unidades tipo Mesa, son aproximados, los cuales fueron obtenidos a través de una charla con Cristian De La Cuadra, Jefe Control de Calidad, Prefabricados de Hormigón Grau S.A., quién también ha sido mano importante en Bottai, Soluciones en Concreto, quienes estos últimos, son los proveedores oficiales de EMIN, Sistemas Geosintéticos.

Composición aproximada de bloques de prefabricado:

- 15% cemento de alta resistencia.
- 85% arena tamaño máximo 10mm.
- 1,5% de aditivo hidrofugo respecto a la dosis de cemento (para repeler el agua).

3.2. Procedimientos de Muros Mesa y de Muros Atirantados.

3.2.1. Muro Mesa:

Los sistemas de muros de contención Mesa® de Tensar Earth Technologies brindan soluciones superiores y eficaces en términos de costo para todos los requerimientos de muros de contención. (Tensar Earth Technologies)

No importa si se desea crear escaleras, esquinas de 90º o curvas convexas y cóncavas, los sistemas Mesa pueden ajustarse fácilmente a una variedad de consideraciones de diseño. (Tensar Earth Technologies)

A diferencia de otros sistemas de muros de contención segmentales (SRW), los sistemas Mesa incorporan una conexión mecánica positiva entre la fachada y el refuerzo del muro, proveyendo una integridad estructural inigualable. Esta conexión mecánica positiva reduce grandemente la posibilidad de que el muro falle, aun en las condiciones más extremas. Sólo los muros Mesa brindan la estética exigida por los arquitectos, la instalación eficiente esperada por los propietarios y la fiabilidad requerida por los ingenieros. (Tensar Earth Technologies)

No importa la consideración de diseño de que se trate, los sistemas Mesa tienen la solución. Muros curvos combinan con los contornos naturales, esquinas interiores y exteriores complementan el aspecto tradicionalmente angular de estructuras existentes, y escalones y escaleras proporcionan funcionalidad, permitiendo innumerables diseños de muro. Desde muros

estructurales hasta jardines escalonados, los sistemas Mesa combinan naturalmente con el ambiente de cualquier emplazamiento. Para satisfacer los requerimientos estéticos de cualquier propiedad, las unidades Mesa se ofrecen en una variedad de colores y texturas, incluidos bloques de colores combinados para instalaciones de alto perfil. El diseño innovador de los conectores Mesa permite la instalación de unidades con un frente casi vertical o inclinación de 5/8 de pulgada, perfiles que no todos los sistemas de SRW pueden proporcionar*. (Tensar Earth Technologies)

UNIDADES MESA

Las unidades Mesa, disponibles con frente recto o radial, pueden adaptarse a una variedad de aplicaciones.

UNIDADES ESTÁNDARES

El tamaño más popular de la línea de unidades Mesa. Satisfacen virtualmente todos los requerimientos de los muros de contención. 8" de alto x 18" de ancho x 11" de fondo/75 libras.

Estas dimensiones se traducen en: 20 cm alto x 45 cm ancho x 28 cm fondo.

Peso: 34 kg. c/bloque.

NOTA: BLOQUE UTILIZADO PARA EL CASO ESTUDIO.

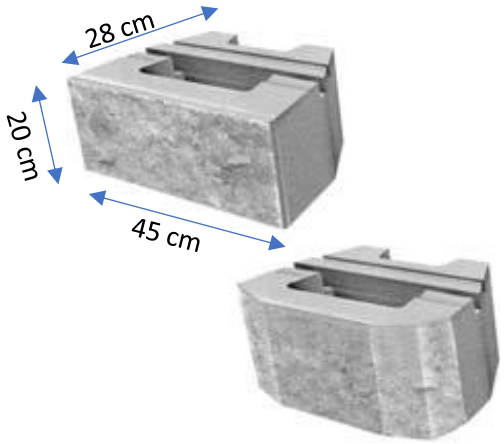


Figura 3.12: Bloques Unidades Estándar.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

UNIDADES XL

Estas unidades tienen “colas” extendidas que permiten el diseño y la construcción de muros por gravedad más altos. 8" de alto x 18" de ancho x 22" de fondo/110 libras.



Figura 3.13: Bloques Unidades XL.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

CONECTOR ESTÁNDAR

Conector reforzado con compuesto de fibra de vidrio que se engancha con la geomalla Tensar y crea una conexión mecánica entre la fachada y el refuerzo de geomalla.



Figura 3.14: Conector Estándar.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

UNIDADES DE PAISAJISMO

Detalle atractivo usado en hiladas alternadas. 4" de alto x 18" de ancho x 11" de fondo/40 libras.

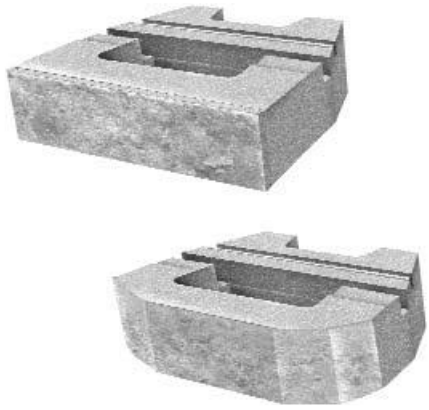


Figura 3.15: Bloques Unidades de Paisajismo.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

UNIDADES DE ESQUINA

Utilizadas para crear muros con esquinas prolijas y precisas de 90º. 8" de alto x 18" de ancho x 9" de fondo/75 libras.



Figura 3.16: Bloques Unidades de Esquina.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

UNIDADES DE CORONACIÓN

Utilizadas en la parte superior del muro para darle un aspecto acabado. 4" de alto x 18" de ancho x 11" de fondo/40 libras.



Figura 3.17: Bloques Unidades de Coronación.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

UNIDADES SIERRASTONE™

Tienen la superficie plantable más grande de cualquier unidad de SRW disponible. 4" de alto x 18" de ancho x 11" de fondo/110 libras.



Figura 3.18: Bloques Unidades Sierrastone.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

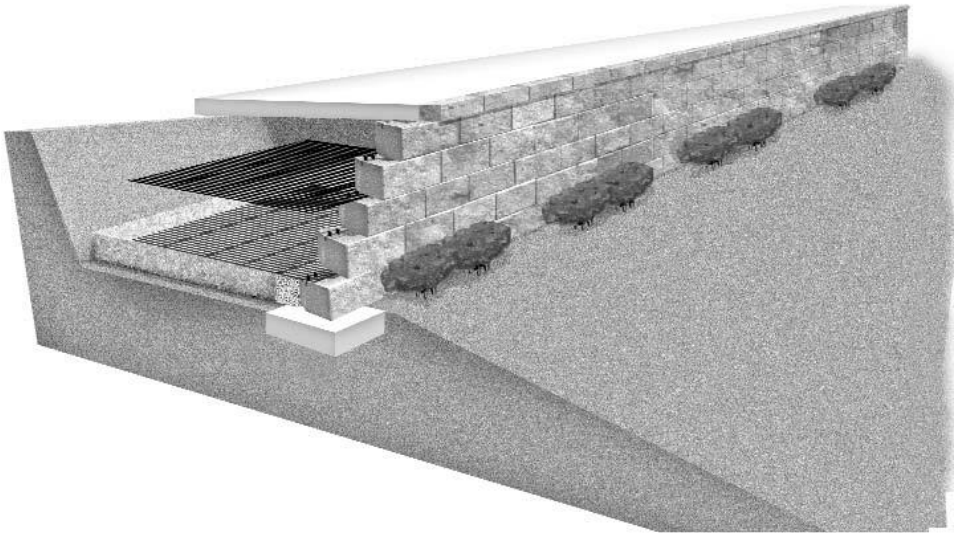


Figura 3.19: Modelo representativo con fachada de Bloques Mesa.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

1. CONSTRUCCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD.

4.1 Responsabilidades a ser observadas durante la construcción:

El contratista deberá realizar la construcción de acuerdo a los documentos, los planos y las especificaciones contractuales. El contratista también es responsable de verificar el alineamiento, la pendiente y demás características físicas, así como de controlar el drenaje del agua superficial. (Tensar Earth Technologies)

4.2 Materiales y manejo:

MATERIALES SUMINISTRADOS
Unidades Mesa de bloques segmentales de hormigón y conectores Mesa.
Unidades Mesa de coronación (donde correspondan).
Geomallas uniaxiales (UX) y biaxiales (BX) Tensar®
Tuberías y compuesto de drenaje.
Geotextiles de filtración (donde correspondan) (Tensar Earth Technologies)

MANEJO DE LOS MATERIALES DEL MURO

Los bloques Mesa de hormigón se entregan en bandejas, y son descargadas por el

contratista. Los equipos transportadores deberán contar con un suelo firme y una zona estable y nivelada para la descarga. Por lo general se utilizan elevadores de horquilla para manejar las bandejas. Si las bandejas pertenecen al fabricante de los bloques, el contratista deberá almacenarlas hasta su retiro. El contratista deberá proveer protección contra el manchado y la decoloración de las unidades utilizando listones de madera y láminas de polietileno. (Tensar Earth Technologies)

Los conectores Mesa se envían en cajas de cartón y deben almacenarse en un lugar seguro y seco. (Tensar Earth Technologies)

Las geomallas Tensar se envían en rollos, y el contratista es responsable de su descarga. (Tensar Earth Technologies)

Los rollos deben almacenarse en un lugar seguro. Cada rollo estará rotulado por tipo, número de lote y número de rollo. (Tensar Earth Technologies)

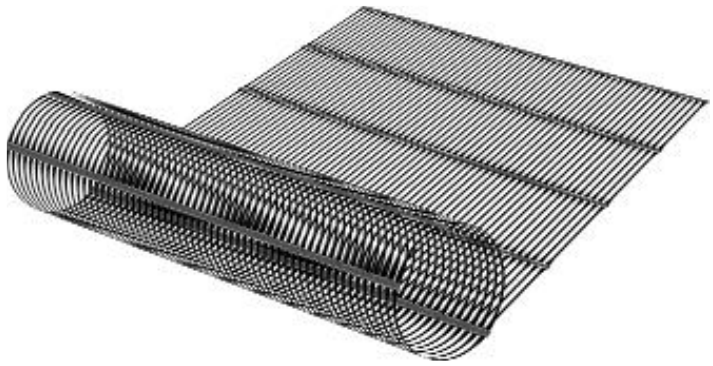


Figura 3.20: Imagen representativa de Geomalla.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

Las dimensiones estándares de los rollos de geomalllas Tensar UX son de 1.33 metros de ancho por 61.0 a 76.2 metros de largo. Los rollos pesan entre 52 y 105 kilos, según el tipo. Se sugiere que, antes de quitar los rótulos, se codifiquen los rollos por color con pintura en aerosol para identificar el tipo de geomalla. (Tensar Earth Technologies)

Es responsabilidad del contratista verificar las cantidades enviadas y la condición de los materiales. El contratista preparará un inventario de los materiales suministrados para asegurarse que se hayan entregado cantidades suficientes. (Tensar Earth Technologies)

El Contratista tendrá un período limitado para descargar los materiales. (Tensar Earth Technologies)

Si se requieren certificaciones, el contratista deberá proporcionar una solicitud por escrito antes del envío del material. El contratista se asegurará que el ingeniero reciba toda la información, incluido tipo de producto, número de rollo/lote, etc. (Tensar Earth Technologies)

MATERIALES SUMINISTRADOS POR EL CONTRATISTA

Martillo de impacto muerto.
Niveles de 2 ó 4 pies.
Sierra y/o esmeriladora para uso general.
Hilo y tiza de albañilería.
Horquilla (optativa para eliminar arrugas en la geomalla Tensar).
Todos los componentes estructurales y de hormigón moldeados en el lugar.
Filtro de piedras.
Relleno reforzado o selecto.
Estacas y/o varillas para eliminar arrugas en la geomalla, a menos que se utilice la horquilla.
Toda la mano de obra, los equipos y la supervisión que hagan falta para llevar a cabo la construcción total del muro Mesa.

4.3 Preparativos para la construcción del muro:

Verificar la aprobación de las unidades Mesa, la geomalla Tensar y los rellenos reforzados específicos.

Examinar los dibujos para planificar la disposición de la geomalla Tensar.

Examinar los dibujos y los planos del sitio para tener en cuenta el control del drenaje del agua superficial tanto durante como después de la construcción.

Preparar la subrasante excavando verticalmente para planificar la elevación y horizontalmente para diseñar los largos de la geomalla. Si se encuentra una roca, es responsabilidad del ingeniero determinar la competencia de la roca en los límites de excavación indicados en esos planos.

Cualquier desviación en la ubicación de la roca con respecto al frente del muro de contención podría exigir un ajuste en el diseño de la geomalla Tensar. El contratista deberá notificársela al diseñador antes de proceder a la construcción del muro.

Se aprobará la subrasante antes de proceder a la construcción del muro. Todos los suelos de cimentación que el ingeniero considere inadecuados serán tratados de una manera aprobada por el mismo.

En proyectos grandes, se sugiere cortar la geomalla Tensar antes de erigir el muro para

acelerar su construcción.

Cortar la geomalla al ras con la primera barra transversal después del largo medido, según lo ilustrado a continuación, o delante de la barra transversal para proporcionar "cuñas garra" (Tensar Earth Technologies)

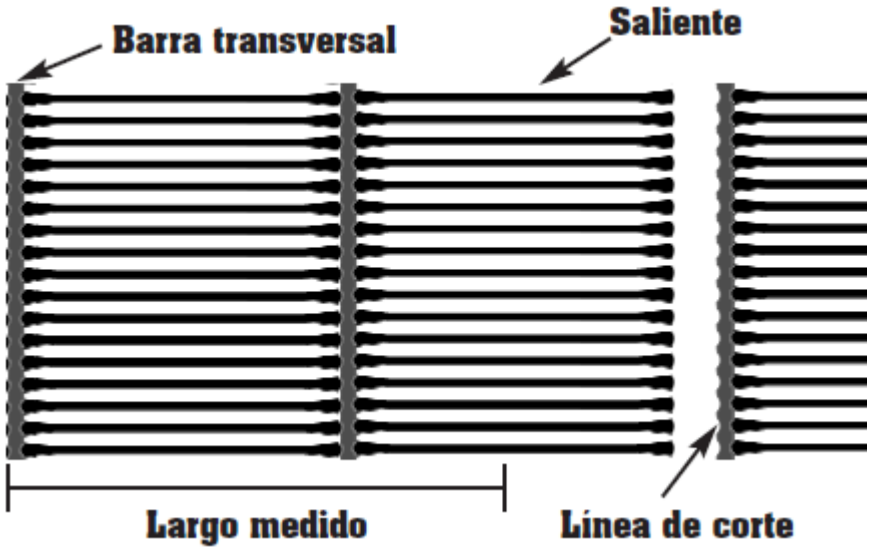


Figura 3.21: Corte de la Geomalla.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

CONSTRUCCIÓN DE LA LOSA DE NIVELACIÓN

La losa de nivelación deberá estar aplanada y nivelada para asegurar que la primera hilada de unidades Mesa proporcione un soporte uniforme para las hiladas superiores. La falta de uniformidad del soporte inducirá esfuerzos de tracción y esfuerzos cortantes en las unidades Mesa encima de la primera hilada que podrían producir grietas. (Tensar Earth Technologies)

La losa de nivelación podrá construirse de hormigón no reforzado o áridos compactados bien graduados de 3/4 de pulgada o menos. Típicamente es 12 pulgadas más ancho que las unidades Mesa, proporcionando 6 pulgadas delante y 6 pulgadas detrás de las mismas, permitiendo la curvatura del muro y los ajustes menores del alineamiento. Por lo general, tiene 6 pulgadas de profundidad. Para losas de nivelación de hormigón no reforzado, se requieren moldes de acero o madera para asegurar que la parte superior de la losa de nivelación esté aplanada y nivelada. Para losas de nivelación de áridos, por lo general se sobrellenan, se compactan y luego se reducen los áridos prácticamente hasta la elevación del plano. Entonces se asientan las unidades Mesa en los áridos con un martillo de goma hasta la elevación del plano y se nivelan de adelante hacia atrás y de

lado a lado. (Tensar Earth Technologies)

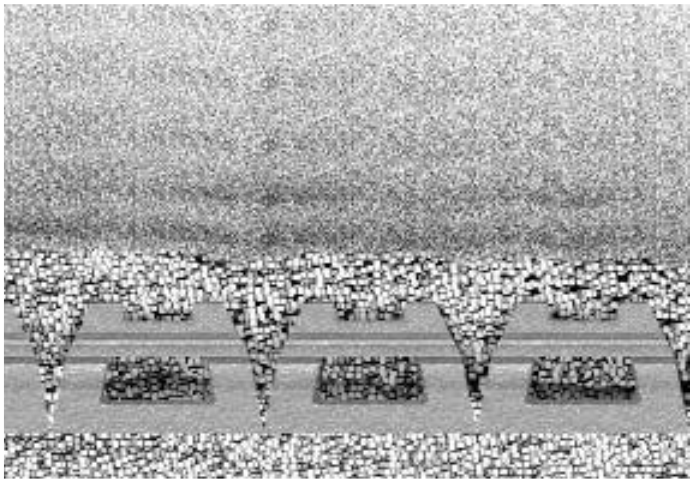


Figura 3.22: Losa de Nivelación (Bajo la hilada de bloques).

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

Hacen falta escalones en la losa de nivelación para cambiar la altura. Es importante que la altura del escalón sea igual a la altura del número de hiladas de Unidades Mesa. En la práctica, los escalones pueden ser un poco más grandes o más chicos debido al espesor del refuerzo de la geomalla Tensar conectada entre las hiladas y a las tolerancias dimensionales normales de las unidades. Donde un escalón de hormigón no esté a la misma altura que las hiladas adyacentes, deberá calzarse o esmerilarse hasta que quede a la misma altura y proporcione una superficie de carga aplanada y nivelada para la próxima hilada de unidades. Tal como lo ilustra la siguiente figura, este esmerilado o calzado hará falta hasta cierta distancia (mínimo de 1.50 metros) del escalón para asegurar que la superficie superior de toda la hilada de unidades Mesa colocada en la sección escalonada de la losa de nivelación esté aplanada y nivelada. Se podrán utilizar los salientes o las barras transversales de la geomalla Tensar como calzas si tienen el espesor correcto. (Tensar Earth Technologies)

Si los documentos contractuales indican que el muro tiene una pared inclinada, el contratista se asegurará que se haya tenido en cuenta el retranqueo de 5/8 de pulgada en cada escalón de la losa de nivelación. Se recomienda que la elevación de la losa de nivelación no exceda la del muro por más de cuatro hiladas. (Tensar Earth Technologies)

La parte superior de las unidades Mesa deberá ajustarse según sea necesario para lograr la nivelación. Es posible que haga falta calzar o esmerilar (consúltese la sección sobre “Calzado de las unidades Mesa” en las páginas 7 y 8 para encontrar las instrucciones). (Tensar Earth Technologies)

4.4 Construcción del muro:

Se establecerá la línea del muro utilizando una línea de tiza. Ésta deberá colocarse en la losa de hormigón a lo largo de los extremos interiores de las unidades Mesa. Una línea de hilo puede reemplazar la de tiza; hará falta donde la losa de nivelación consista de áridos. (Un alineamiento basado en la cara de las unidades Mesa divididas producir una pared despareja). (Tensar Earth Technologies)

Una vez completada la losa de nivelación, se podrá instalar la primera hilada. Las unidades Mesa deberán colocarse de modo que los costados se toquen y la superficie texturada quede hacia afuera. La primera hilada deberá estar colocada correctamente, espaciada cuidadosamente y nivelada para facilitar la construcción y mejorar el aspecto del muro. (Tensar Earth Technologies)

Antes de instalar la segunda hilada y cada hilada posterior, deberá barrerse la parte superior de las unidades sobre las cuales se ha de colocar la hilada. El no hacerlo causará problemas para asentar y nivelar las unidades Mesa, y aumentará la probabilidad de que se produzcan grietas en las unidades debido a las concentraciones de carga a medida que se coloquen las hiladas adicionales. (Tensar Earth Technologies)

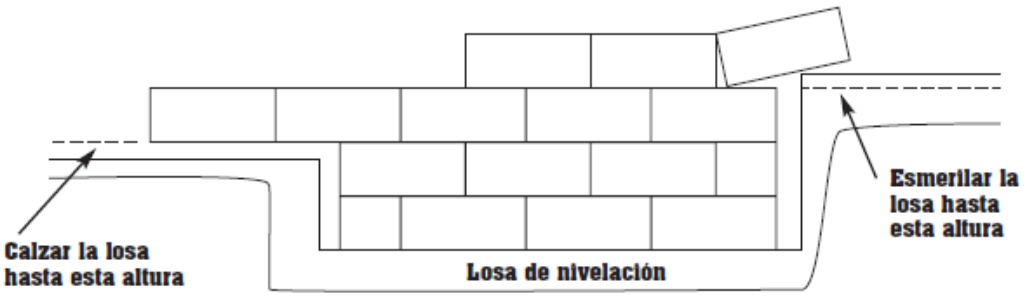


Figura 3.23: Calzado de Losa de Nivelación.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

Las unidades Mesa se apilan con trabazón corrida, en forma similar a la construcción estándar de muros de mampostería. Deberá establecerse un límite para el desplazamiento de la trabazón corrida perfecta. En secciones rectas del muro, deberá ser de 1/2 pulgada para asegurar que todos los dientes del conector estándar entren bien en las ranuras. Una vez colocadas, las unidades serán corridas hacia el frente del muro, hasta que entren en contacto con el conector Mesa. Los conectores permiten que las unidades se deslicen de un lado a otro. En consecuencia, deberá verificarse con frecuencia (máximo de 20 unidades) el alineamiento vertical de las juntas para asegurar que se mantenga el patrón

de trabazón corrida dentro de los límites indicados. (Tensar Earth Technologies)

El relleno de drenaje se coloca dentro de los límites indicados en los dibujos. Es posible que no se requiera relleno de drenaje y/o de núcleos para los muros estructurales (consúltese la sección de definiciones bajo “Relleno de drenaje” y “Relleno de núcleos”). La instalación correcta de los materiales de drenaje es crítica para el rendimiento general del muro. Los materiales de drenaje deberán instalarse correctamente y protegerse durante la construcción. (Tensar Earth Technologies)

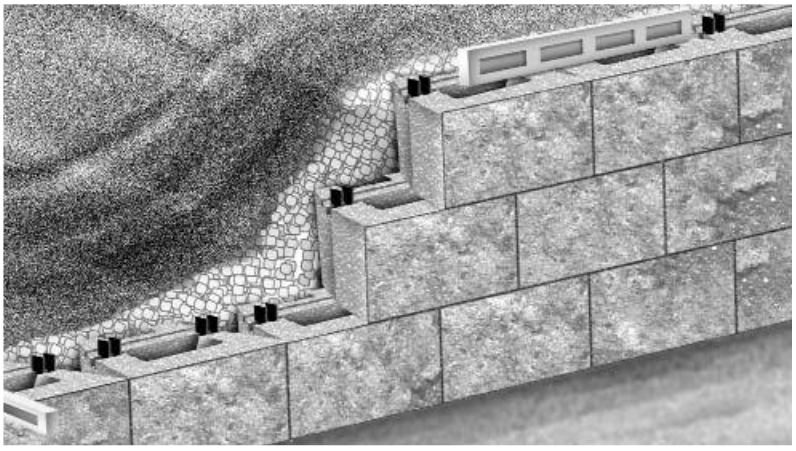


Figura 3.24: Nivelación de las Hiladas.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

A medida que se colocan hiladas adicionales de unidades Mesa, es importante que las unidades queden parejas de adelante hacia atrás y de lado a lado. Deberá verificarse este nivel a medida que se coloque cada hilada. Si las unidades están más de 1/8 de pulgada fuera de nivel de adelante hacia atrás o de lado a lado, o si las unidades no están niveladas de atrás hacia adelante, deberán nivelarse con esmerilado y/o calzado. (Tensar Earth Technologies)

CALZADO DE LAS UNIDADES MESA

Es importante que las hiladas de unidades Mesa queden parejas de adelante hacia atrás y de lado a lado. Para lograrlo en el plano que va de adelante hacia atrás, es posible que haga falta esmerilar las unidades o colocar calzas entre algunas de las hiladas para corregir:

1. el espesor de los salientes de refuerzo de la geomalla Tensar que cruzan la parte trasera de las unidades o
2. las ligeras diferencias de altura en la parte delantera y trasera de las unidades.

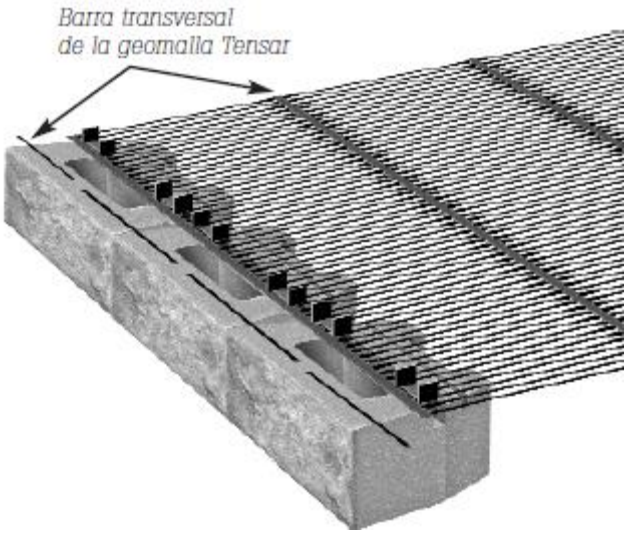


Figura 3.25: Barra Transversal de calza de la Geomalla.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

Es posible que hagan falta calzas en el armazón frontal de la unidad Mesa inferior para las hiladas que se colocan en una elevación de la geomalla. Las calzas deberán tener el mismo espesor que el saliente de la geomalla. Las cuñas podrán hacerse de una barra recortada del mismo rollo de la geomalla Tensar que se coloca en el armazón frontal de la unidad. Una alternativa es cortar la geomalla de modo que los salientes se extiendan aproximadamente 1 pulgada por encima del armazón frontal. (Tensar Earth Technologies)

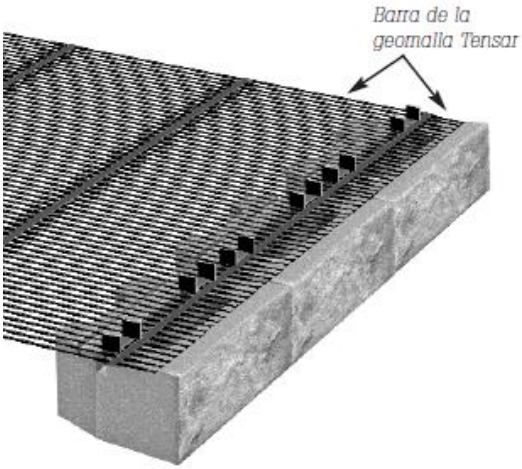


Figura 3.26: Calza Garra de las Geomallas.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

Para corregir las pequeñas diferencias de altura en las unidades, se podrá cortar una barra de geomalla y colocarla en las hiladas sucesivas para que el frente y/o la parte trasera vuelvan a nivel. La calza tipo "barra" y la calza tipo "garra" deberán colocarse en el interior del armazón frontal de la unidad, por lo general dentro de 1/2 pulgada del núcleo. Esto produce menos esfuerzo en el bloque subyacente que colocar la calza cerca del frente de la unidad. (Tensar Earth Technologies)

Se podrá colgar la geomalla Tensar encima de las hiladas superiores del muro hasta que el relleno reforzado alcance el nivel de la geomalla Tensar. Para asegurar que se siga respetando la geometría del muro Mesa, deberá tirarse una línea de hilo después de colocar cada hilada. El hilo puede referenciarse desde la ranura del conector o la cola de la unidad Mesa. (Tensar Earth Technologies)

NOTA: Para asegurar la instalación correcta, deberá tirarse de la barra transversal de la geomalla hasta que entre en contacto con los dientes del conector Mesa. (Tensar Earth Technologies)

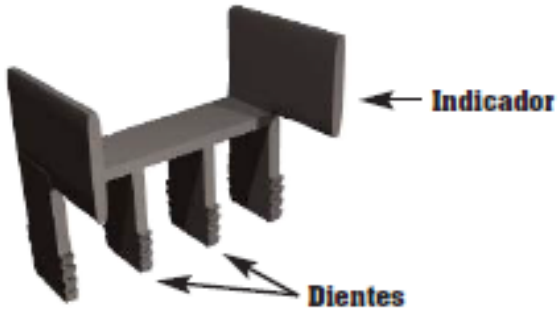


Figura 3.27: Composición Conector Reforzado.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

4.5 Colocación de la geomalla y los conectores:

La siguiente sección trata de la instalación tanto de la geomalla como de los conectores, basándose en el uso de unidades estándar, XL y/o de paisajismo. (Tensar Earth Technologies)

Al final de cada día, el contratista deberá asegurarse que el relleno reforzado esté inclinado de modo que el agua se escurra en sentido contrario al frente del muro. También deberán estar emplazadas y funcionando bermas y/o zanjas para evitar el

escurrimiento y entrada al lugar de construcción del muro. Deberán evitarse las demoras de la construcción del muro durante los períodos de lluvia para minimizar la posibilidad de que se sature el relleno. (Tensar Earth Technologies)

Debe instalarse la geomalla Tensar del tipo y el largo especificados en el lugar y la elevación ilustrados en los planos, asegurando que la barra transversal de la geomalla Tensar UX esté en el lugar indicado en la ilustración. Los dientes del conector estándar Mesa deberán penetrar por las aberturas de la geomalla Tensar hasta la ranura del conector de cada lado de la parte superior de las unidades Mesa. Se colocará un conector estándar Mesa en cada una de las ranuras del conector en la parte superior de las unidades en las hiladas que reciben la geomalla y en las hiladas que no la reciben. Los cuatro dientes de los conectores deberán encajar en las ranuras. Donde sea necesario para alinear los conectores estándares sobre las ranuras, se podrá cortar la barra transversal de la geomalla a mitad de camino entre los conectores. La barra transversal deberá estar apretada contra los dientes del conector antes del asentamiento final del mismo. (Tensar Earth Technologies)

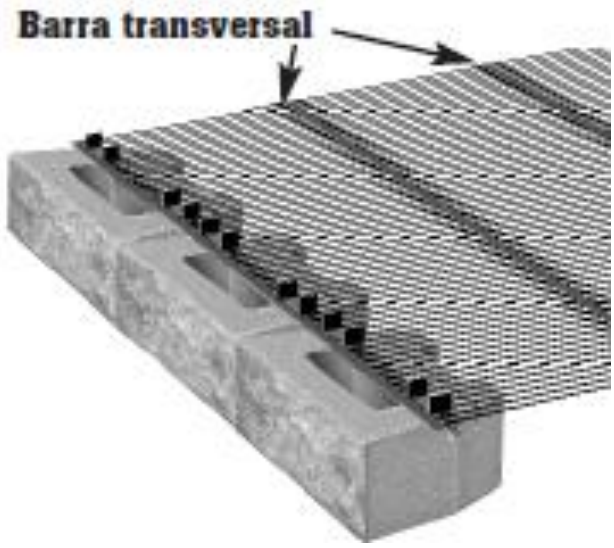


Figura 3.28: Barra Transversal.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

Las aletas en la parte superior del conector Mesa deberán estar orientadas en el sentido correcto para un muro “inclinado” o “casi vertical” según los documentos contractuales. La colocación del conector con las aletas apuntadas hacia adelante (hacia el frente del muro) producirá un muro casi vertical. La colocación de los conectores con las aletas apuntadas hacia el lado opuesto del frente del muro proporcionará una inclinación de 5/8 de pulgada. (Tensar Earth Technologies)

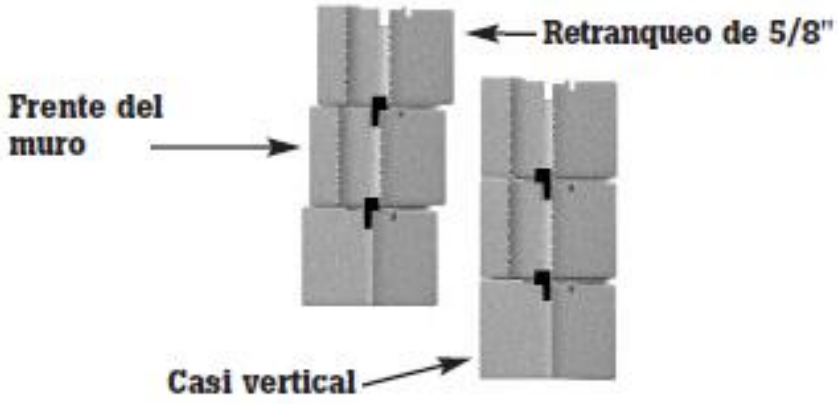


Figura 3.29: Imagen representativa de la orientación del muro mesa.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

El relleno sobre el cual se coloca la geomalla deberá cumplir las especificaciones y deberá haber sido compactado hasta la densidad requerida (consúltense los requerimientos de compactación en esta página) y aplanado hasta que haya quedado razonablemente parejo. En las hiladas que requieren geomalla, el relleno reforzado deberá estar a la misma elevación que la parte superior de la hilada por una distancia de un metro antes de que se le pueda dar una inclinación gradual. Deberán eliminarse las arrugas de la geomalla hasta que quede tirante, anclándola luego con estacas y/o varillas. Las estacas utilizadas para fijar la posición de la geomalla podrán retirarse una vez que se haya colocado el relleno para volver a utilizarlas en las secciones posteriores. Otra opción es introducir una horquilla en el extremo inferior de la geomalla y eliminar la arruga haciendo palanca hasta que se haya colocado el relleno en la geomalla. La eliminación de las arrugas de la geomalla antes de la colocación del relleno evitará el movimiento del frente del muro debido al traslado de la arruga hacia el mismo. (Tensar Earth Technologies)

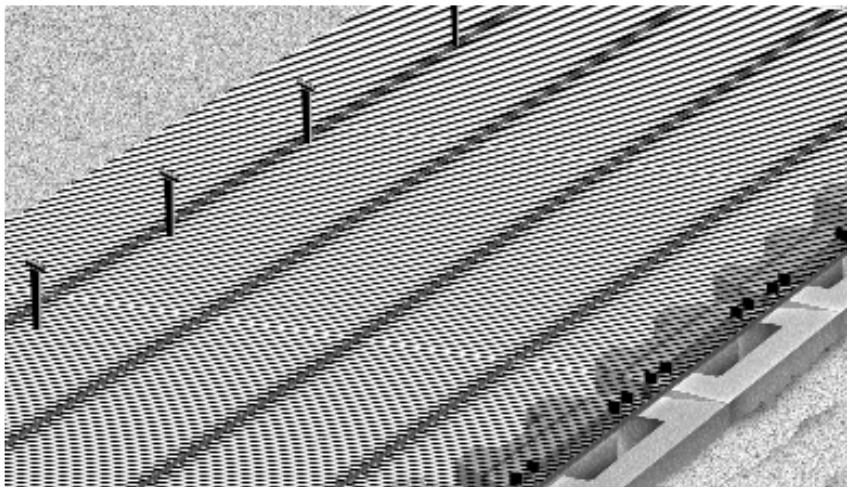


Figura 3.30: Imagen representativa, utilización de estacas para fijación y tensión de la Geomalla.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

El relleno deberá colocarse de modo que se minimice la formación de arrugas en la geomalla. El relleno deberá cumplir las especificaciones y distribuirse en un sentido contrario o paralelo al frente del muro. Entonces las arrugas tenderán a desplazarse hacia el extremo libre (no conectado) de la geomalla. A menos que los documentos contractuales sean más rigurosos, los espesores del relleno reforzado no superarán los 15 cm cuando se utilicen equipos de compactación manuales o 25 cm cuando se utilicen equipos de compactación pesados. Estos espesores podrán variar según los tipos de suelos específicos aprobados para el proyecto. Este relleno se compactará al 95% de la norma ASTM D-698 o lo requerido por los documentos contractuales, según cuál sea más exigente. Sólo deberán usarse equipos de compactación manuales en los últimos 90 cm del extremo posterior de la unidad. (Tensar Earth Technologies)

No se usarán equipos pesados en los últimos 90 cm del extremo posterior de las unidades Mesa. No se usarán equipos de construcción con orugas directamente encima de la geomalla. Se podrán usar equipos con ruedas de goma sobre la geomalla, siempre que la subrasante no se esté bombeando ni agrietando. Se minimizarán los giros de equipos con ruedas para evitar desplazamientos y daños en la geomalla y las unidades Mesa. Los equipos deberán avanzar lentamente, cuidando de no desplazar la geomalla ni las unidades Mesa. (Tensar Earth Technologies)

Si se requieren unidades para coronar el muro, las mismas se instalarán fijándolas a las unidades inferiores con un adhesivo aprobado para hormigón exterior. Las unidades de coronación podrán colocarse de modo que sobresalgan 1 pulgada nominal o que queden al ras con el frente del muro. (Tensar Earth Technologies)

Se podrán acomodar las penetraciones del muro cortando las unidades Mesa a medida con una sierra para todo uso y un martillo de albañil. Se podrán cerrar los pequeños vacíos, de menos de 1 pulgada, con una mezcla de cemento y arena u otros métodos aprobados por el ingeniero. (Tensar Earth Technologies)

5. CURVAS Y ESQUINAS MESA.

2.1 Curvas cóncavas:

En lo posible, comenzar el muro cóncavo Mesa desde el centro de la curva, alternando entre la izquierda y la derecha de la unidad central. Cuando se edifica con una inclinación de 5/8 de pulgada, cada unidad Mesa se retrasa en una curva cóncava en relación con las unidades inferiores. Consúltese la sección de "Construcción y control de calidad" de este manual para ver los procedimientos de instalación correctos para conectores, bloques y geomallas para todas las hiladas. (Tensar Earth Technologies)

PRIMERA HILADA Deberán seguirse las instrucciones de la instalación estándar para preparar la subrasante y la losa de nivelación. Cuando se coloca la primera hilada, ilustrada en el Diagrama A, se sugiere que se coloque un tubo flexible en el extremo inferior de la unidad para asegurar una curva pareja. Si se usa la inclinación de 5/8 de pulgada, deberán traslaparse las esquinas de las unidades Mesa en la primera hilada. La magnitud del traslape variará según el tamaño de la curva. El radio aumenta a medida que el muro crece en altura. En consecuencia, se producen espacios. El máximo espacio aceptable es de 1/2 pulgada. Si se supera el espacio máximo, se puede quitar una aleta de cada conector para cerrar el espacio. (Tensar Earth Technologies)

SEGUNDA HILADA Deberán seguirse los procedimientos de la instalación estándar para rellenar y colocar la hilada. Consúltese el Diagrama B para ver la posición correcta de la segunda hilada. En lo posible, deberá colocarse la primera unidad a media trabazón con la primera hilada en el centro de la curva cóncava. Deberá trabajarse en ambos sentidos para minimizar movimientos que desbaraten la trabazón. (Tensar Earth Technologies)

TERCERA HILADA Deberán seguirse los procedimientos de la instalación estándar para rellenar y colocar la hilada. Consúltese el Diagrama C para ver la posición correcta de la tercera hilada. Deberá colocarse la primera unidad a media trabazón con la segunda hilada en el centro. Deberá trabajarse en ambos sentidos para minimizar movimientos que desbaraten la trabazón. Deberá asegurarse que los cuatro dientes del conector encajen en la ranura del conector. Hay que restablecer la trabazón corrida en los extremos de la curva para desarrollar la capacidad de conexión plena. Posiblemente requiera que se corten o esmerilen las unidades de revestimiento. (Tensar Earth Technologies)

(Tensar Earth Technologies)

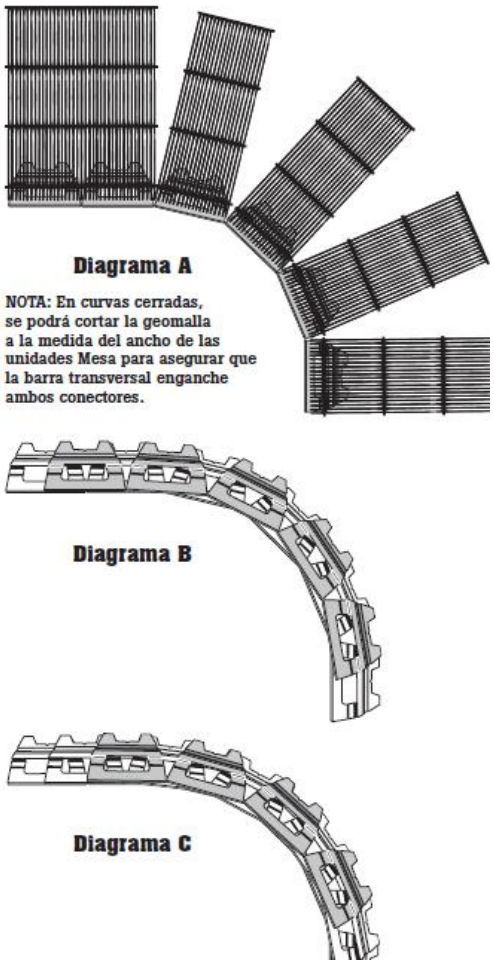


Figura 3.31: Diagramas Curvas Esquinas Mesa.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

2.2 Curvas convexas:

Al igual que los muros cóncavos Mesa, deberá comenzarse el muro convexo Mesa desde el centro de la curva, alternando hacia la izquierda y la derecha de la unidad central. Cuando se edifica con una inclinación de 5/8 de pulgada, cada unidad Mesa se adelanta en una curva convexa en relación con las unidades inferiores. En forma opuesta a las curvas cóncavas, el radio de la curva convexa se reduce con cada hilada adicional. (Tensar Earth Technologies)

PRIMERA HILADA Deberán seguirse las instrucciones de la instalación estándar para preparar la subrasante y la losa de nivelación. Cuando se coloca la primera hilada, ilustrada en el Diagrama A, se sugiere que se coloque un tubo flexible en el extremo inferior de la unidad para asegurar una curva pareja. Si se usa el retranqueo de 5/8 de pulgada, las unidades de la primera hilada no deberán tener espacios mayores de 1/2

pulgada. El radio disminuye a medida que el muro crece en altura, en consecuencia, se producen ligazones. (Tensar Earth Technologies)

SEGUNDA HILADA Deberán seguirse los procedimientos de la instalación estándar para rellenar y colocar la hilada. Consúltese el Diagrama B para ver la posición correcta de la segunda hilada. En lo posible, deberá colocarse la primera unidad a media trabazón con la primera hilada en el centro de la curva. Deberá trabajarse en ambos sentidos para minimizar los movimientos que desbaratan la trabazón. (Tensar Earth Technologies)

TERCERA HILADA Deberán seguirse los procedimientos de la instalación estándar para rellenar y colocar la hilada. Consúltese el Diagrama C para ver la posición correcta de la tercera hilada. En lo posible, deberá colocarse la primera unidad a media trabazón con la segunda hilada en el centro de la curva. Deberá trabajarse en ambos sentidos para minimizar los movimientos que desbaratan la trabazón.
(Tensar Earth Technologies)

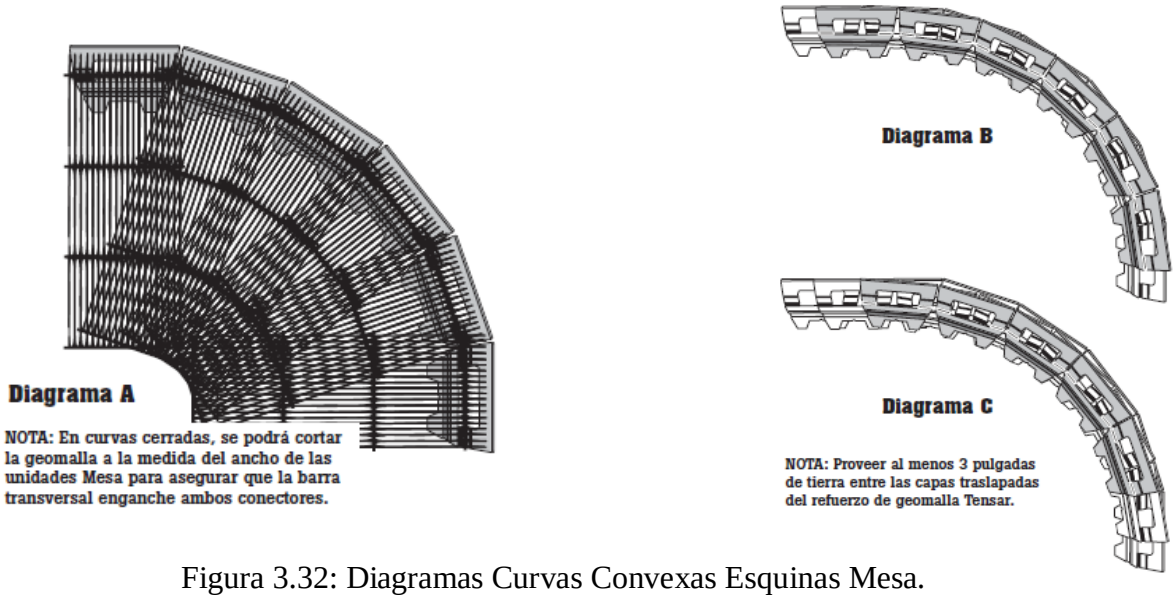


Figura 3.32: Diagramas Curvas Convexas Esquinas Mesa.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

2.3 Esquinas de 90º exteriores:

Las unidades de esquina simplifican la instalación y proporcionan un atractivo componente visual bien definido para cualquier muro Mesa. La instalación es sencilla, rápida y no requiere ningún equipo especial ni personal especializado. (Tensar Earth Technologies)

PRIMERA HILADA Deberán seguirse las instrucciones de la instalación estándar para preparar la subrasante y la losa de nivelación. Trabajando a partir de la unidad de esquina (véase el Diagrama A), colocar las unidades apretadas entre sí. Deberá colocarse relleno de drenaje en la unidad de esquina y en las unidades que se encuentran de ambos lados

de la misma. (Tensar Earth Technologies)
SEGUNDA HILADA Deberán seguirse los procedimientos de la instalación estándar para rellenar y colocar la hilada. Consúltese el Diagrama B para ver la posición correcta de la segunda hilada. Cuando se construye un muro Mesa con un retranqueo de 5/8 de pulgada, el lado más corto (9") de la unidad de esquina deberá cortarse en el lugar para tomar en cuenta el retranqueo y mantener una trabazón corrida. Deberá alternarse el sentido de la unidad de esquina y colocarse las unidades a media trabazón con las unidades de la primera hilada. La unidad de esquina deberá fijarse a la unidad inferior utilizando un adhesivo aprobado para hormigón exterior. Deberá colocarse relleno de drenaje en la unidad de esquina y en las unidades que se encuentran de ambos lados de la misma. (Tensar Earth Technologies)

TERCERA HILADA Deberán seguirse los procedimientos de la instalación estándar para rellenar y colocar la hilada. Consúltese el Diagrama C para ver la posición correcta de la tercera hilada. Cuando se construye un muro Mesa con un retranqueo de 5/8 de pulgada, el lado más corto (9") de la unidad de esquina deberá cortarse en el lugar para tomar en cuenta el retranqueo y mantener una trabazón corrida. Deberá alternarse el sentido de la unidad de esquina y colocarse las unidades a media trabazón con las unidades de la primera hilada. La unidad de esquina deberá fijarse a la unidad inferior utilizando un adhesivo aprobado para hormigón exterior. Deberá colocarse relleno de drenaje en la unidad de esquina y en las unidades que se encuentran de ambos lados de la misma. (Tensar Earth Technologies)

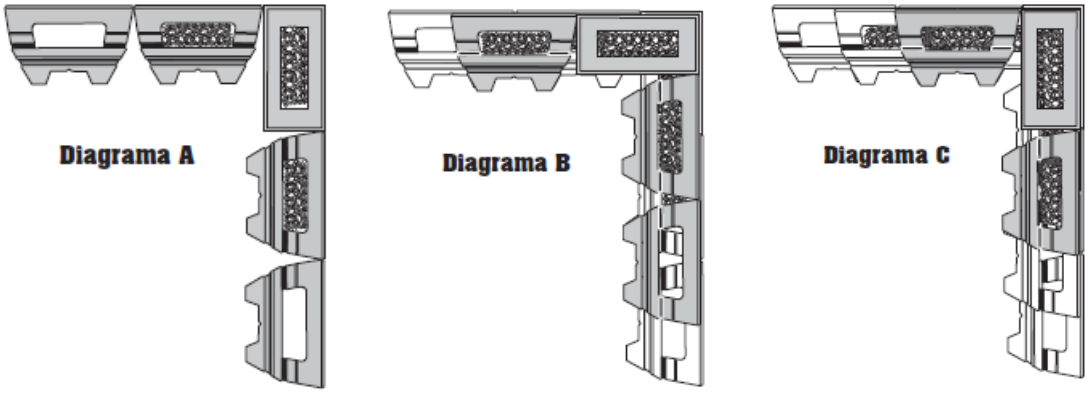


Figura 3.33: Diagramas Esquinas de 90° Exteriores.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

2.4 Esquinas de 90º interiores:

Las esquinas interiores Mesa de 90º requieren cierta preparación y planificación para lograr resultados bien definidos. Una vez determinadas las dimensiones iniciales, la instalación es sencilla y rápida. Para darle el mayor atractivo visual al muro, los cortes mencionados a continuación deberán realizarse en el muro más corto (Muro A). (Tensar

Earth Technologies)

PRIMERA HILADA Deberán seguirse las instrucciones de la instalación estándar para preparar la subrasante y la losa de nivelación. La construcción de la primera hilada (consúltese el Diagrama A) podrá comenzar en la esquina o en un punto más allá de la esquina. En la esquina interior, deberá comenzarse con una unidad Mesa cortada a aproximadamente 1/3 del largo original de la fachada. Desde la unidad de esquina, las unidades deberán colocarse apretadas entre sí. (Tensar Earth Technologies)

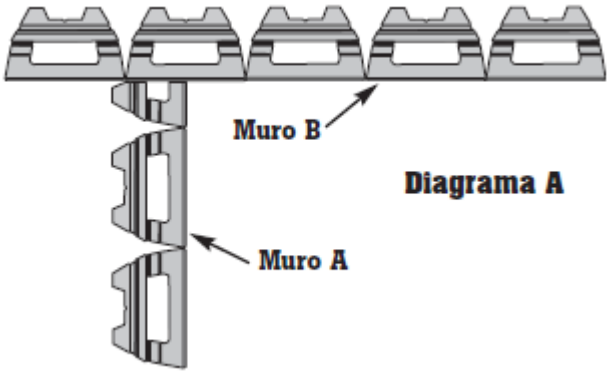


Figura 3.34: Diagrama A Esquinas de 90° Interiores.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

SEGUNDA HILADA Deberán seguirse las instrucciones de la instalación estándar para preparar la subrasante y la losa de nivelación. Consúltese el Diagrama B para ver la colocación correcta de las unidades en la segunda hilada. Cuando se construye esta hilada, deberá comenzarse con el Muro B, y construirlo más allá de la extensión del Muro A. Deberá medirse y cortarse la Unidad A en el lugar para proveer una trabazón corrida simétrica encima de la primera hilada. (Tensar Earth Technologies)

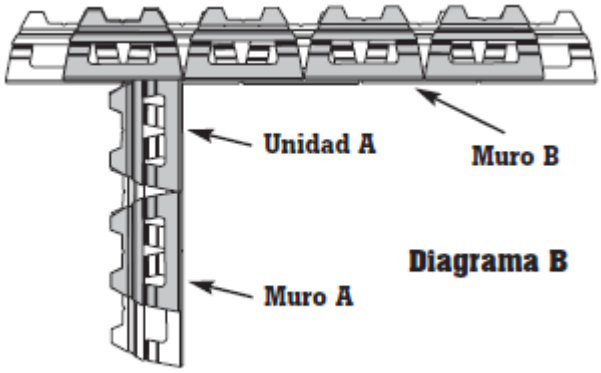


Figura 3.35: Diagrama B Esquinas de 90° Interiores.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

TERCERA HILADA Deberán seguirse las instrucciones de la instalación estándar para preparar la subrasante y la losa de nivelación. Consúltese el Diagrama C para ver la colocación correcta de las unidades en la tercera hilada. Cuando se construye esta hilada, deberá comenzarse con el Muro B, y construirlo más allá de la extensión del Muro A. Deberá medirse y cortarse la Unidad A en el lugar de modo que las unidades de la tercera hilada estén centradas sobre las unidades de la primera hilada. (Tensar Earth Technologies)

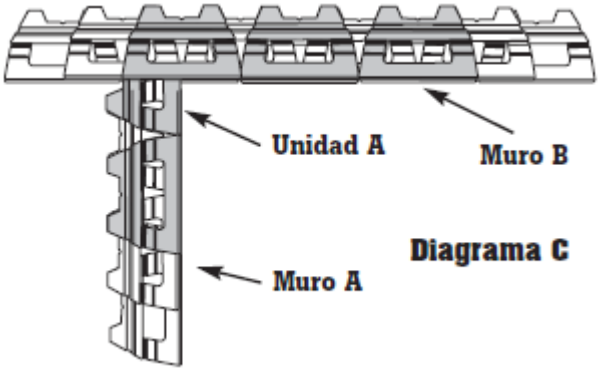


Figura 3.36: Diagrama C Esquinas de 90° Interiores.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

6. ESCALONES Y ESCALERAS MESA

Existe una variedad de opciones para diseñar e instalar escalones en relación con los muros Mesa. Combinando unidades de esquina, estándares y de coronación, se puede realizar casi cualquier diseño. (Tensar Earth Technologies)

Cuando se construyen escalones, deberán seguirse las técnicas de instalación presentadas anteriormente en este manual. Se puede lograr una variedad de alturas de contraescalones variando la ubicación de la unidad Mesa estándar básica (véase el detalle en la página siguiente). Las unidades Mesa estándares utilizadas para construir los escalones deberán llenarse con relleno granular u hormigón.
(Tensar Earth Technologies)



Fotografía 3.18: Escalones y Escaleras Mesa.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

6.1 Escalones en el frente del muro:

Consúltese la sección de “Construcción y control de calidad” de este manual para ver los procedimientos de instalación correctos para conectores, bloques y geomallas para todas las hiladas. (Tensar Earth Technologies)

Nota: podrán utilizarse diversos materiales para cubrir los escalones y las escaleras, incluidos los siguientes, sin limitarse a ellos: unidades Mesa de coronación, adoquines, piedra natural y hormigón. Cuando lo exija el ingeniero, deberá usarse un adhesivo aprobado para hormigón exterior. (Tensar Earth Technologies)

PRIMERA HILADA

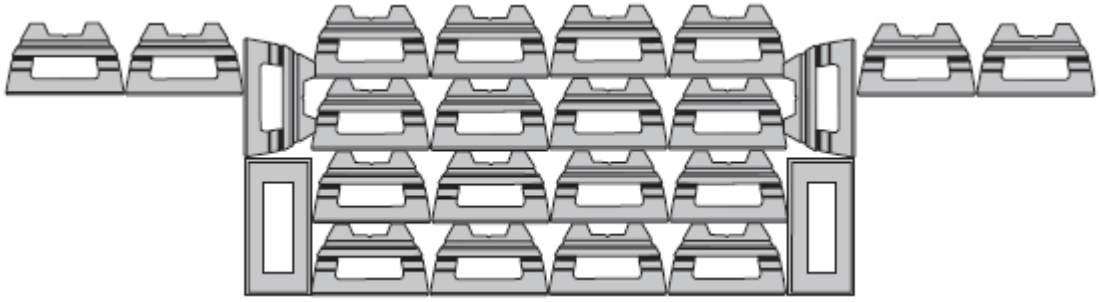


Figura 3.37: Escalones Frente a Muro Primera Hilada.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

SEGUNDA HILADA

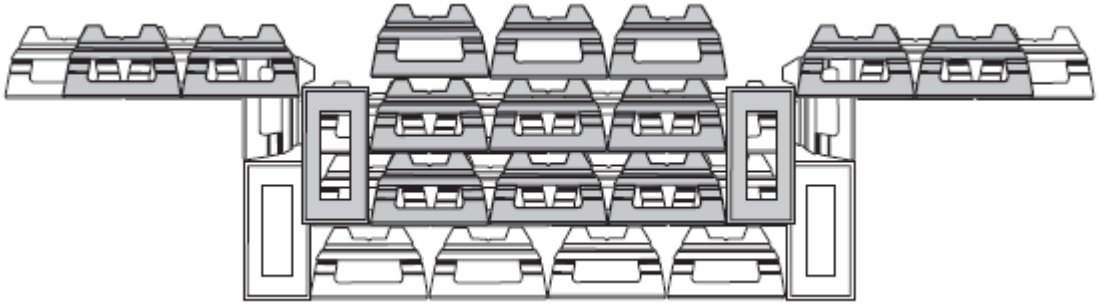


Figura 3.38: Escalones Frente a Muro Segunda Hilada.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

6.2 Escalones dentro del Muro:

Consúltese la sección de "Construcción y control de calidad" de este manual para ver los procedimientos de instalación correctos para conectores, bloques y geomallas para todas las hiladas. (Tensar Earth Technologies)



Fotografía 3.19: Escalones dentro del Muro.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

PRIMERA HILADA

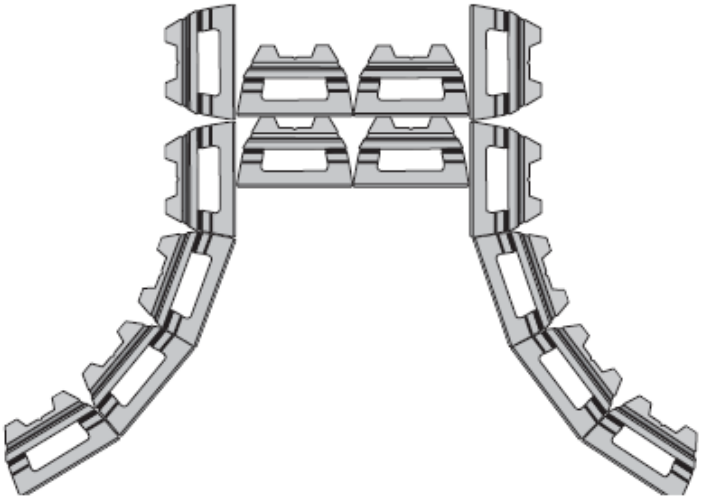


Figura 3.39: Escalones Dentro del Muro Primera Hilada.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

SEGUNDA HILADA

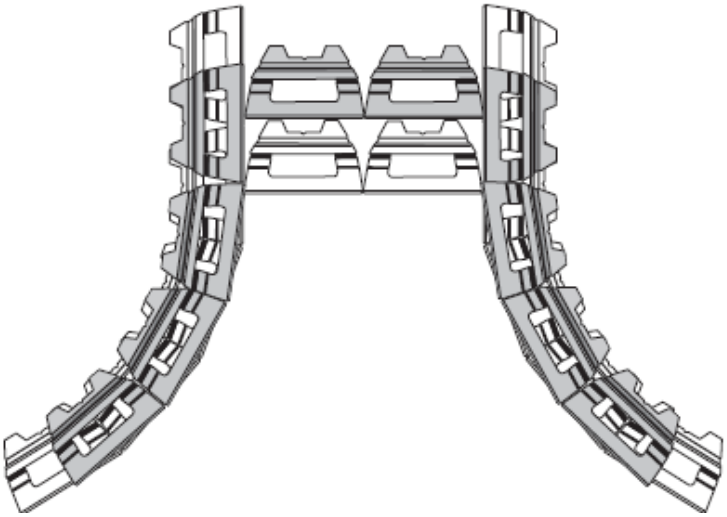


Figura 3.40: Escalones Dentro del Muro Segunda Hilada.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

DETALLE DE LA ALTURA DEL CONTRAESCALÓN

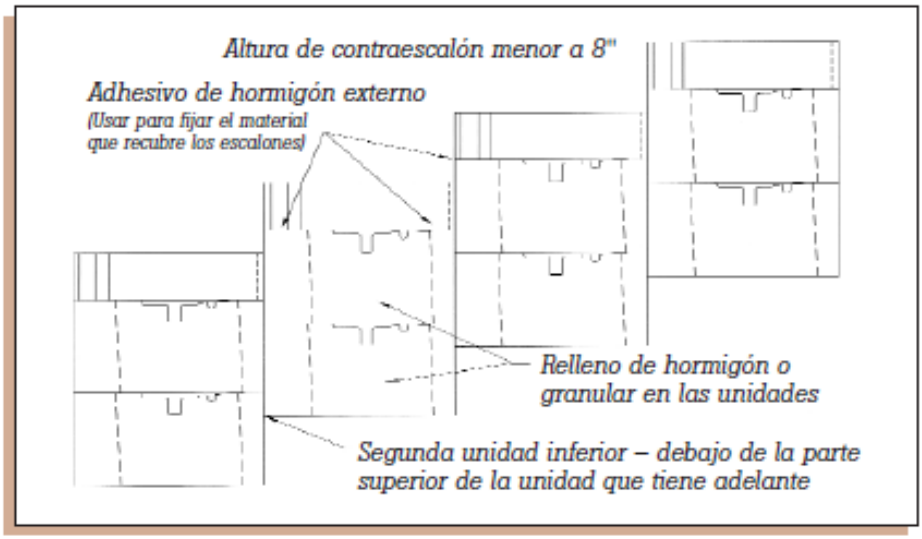


Figura 3.41: Detalle Altura Contraescalón.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

7. ACABADOS MESA ESCALONADOS Y CORONACIONES DEL MURO

7.1 Muros escalonados:

Los muros Mesa escalonados brindan una alternativa visualmente agradable y más discreta que la construcción convencional. En los emplazamientos que proveen una superficie adecuada para esta aplicación, típicamente se diseñan los muros con un espacio verde entre las hileras. Para diseñar los muros escalonados por separado, la distancia (en la parte superior) entre el Muro A inferior y el Muro B superior (en su base) deberá tener al menos el doble de la altura del Muro A. Si esta condición no existe, deberá diseñarse el Muro A inferior teniendo en cuenta la carga adicional del Muro B superior. (Tensar Earth Technologies)

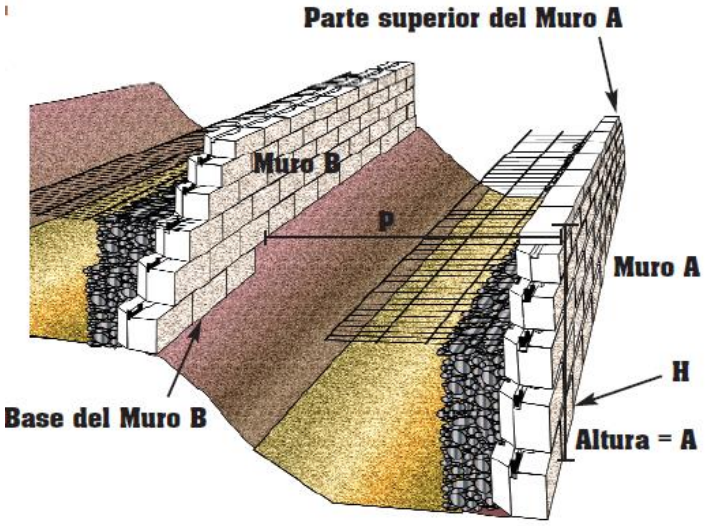


Figura 3.42: Escalones Dentro del Muro Primera Hilada.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

7.2 Barreras de tráfico:

Los muros de contención Mesa pueden coronarse fácilmente con barreras de tráfico de hormigón armado. Tras la instalación del muro, deberán colocarse y fijarse los materiales de encofrado en la hilada superior del muro Mesa según los procedimientos estándares. Cuando el diseño requiere una barrera sobresaliente, deberá formarse el borde delantero fijando un material de encofrado en forma de "L" en el frente del muro Mesa. Deberá construirse la barrera de la manera diseñada, incluido el uso de juntas de control, sin limitarse a ellas. (Tensar Earth Technologies)

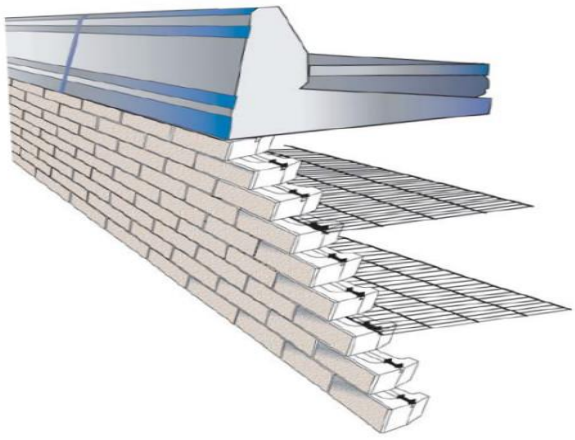


Figura 3.43: Barreras de Tráfico.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

7.3 Barandas de seguridad:

Podrán colocarse barandas de seguridad fácilmente en la parte superior del muro Mesa según los procedimientos de la instalación estándar. Los postes de las barreras de seguridad podrán colocarse cortando agujeros en la geomalla, o los postes podrán clavarse a través de la geomalla. El ingeniero de diseño tendrá en cuenta la ubicación, el diseño y el impacto de los postes de las barreras de seguridad en el muro de contención Mesa. Las barreras de seguridad también podrán colocarse en sonotubos (formas cilíndricas para moldear columnas de hormigón) instalados durante la construcción del muro, llenándolos luego con hormigón. La geomalla Tensar podrá cortarse para acomodar los sonotubos. (Tensar Earth Technologies)

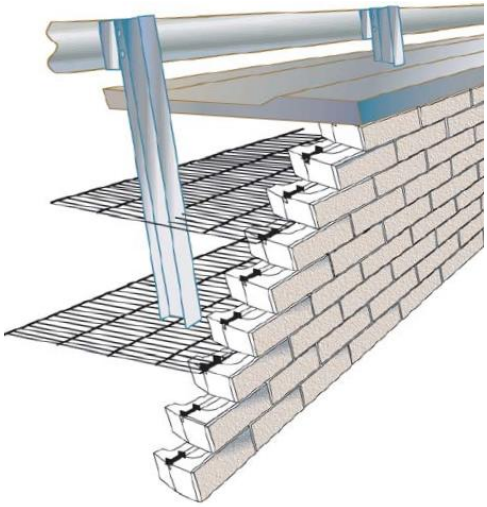


Figura 3.44: Barandas de Seguridad.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

7.4 Barandas/postes de cerco:

De modo similar a las instalaciones de barandas de seguridad, las barandas y los postes de cerco podrán colocarse detrás de las unidades Mesa según lo descrito en la sección 4.3. Si los postes han de colocarse en el núcleo de la unidad Mesa, deberán colocarse en incrementos de espacios de 1,5 pies. El ingeniero de diseño dispondrá la profundidad del poste dentro de la unidad Mesa. Se colocará una membrana separadora debajo de la unidad Mesa en la profundidad especificada, para que se pueda colocar mortero en el núcleo hasta la parte superior del muro. Los postes se colocan primero, seguidos por la instalación del mortero. El propósito de la membrana separadora es asegurar que el mortero se coloque sólo hasta la profundidad especificada. Las unidades Mesa de coronación se cortarán en el lugar para acomodar
los postes. (Tensar Earth Technologies)

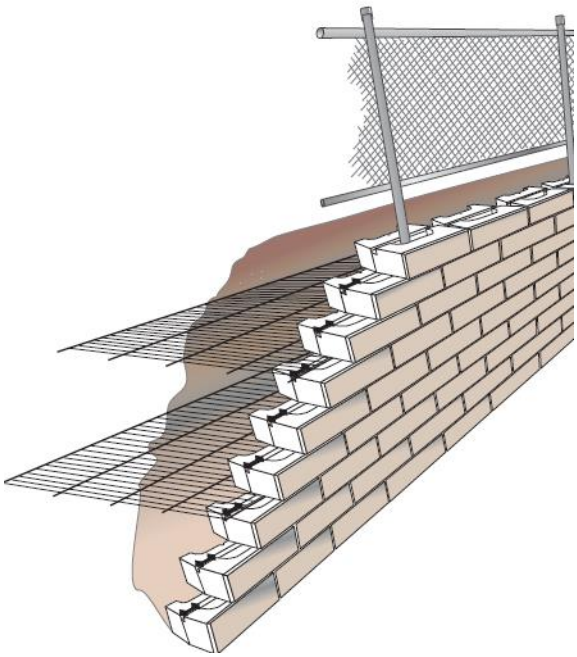


Figura 3.45: Barandas/postes de cerco.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

DETALLES DEL MURO MESA

La siguiente sección contiene los detalles estándares para diseñar muros Mesa genéricos con consideraciones especiales.

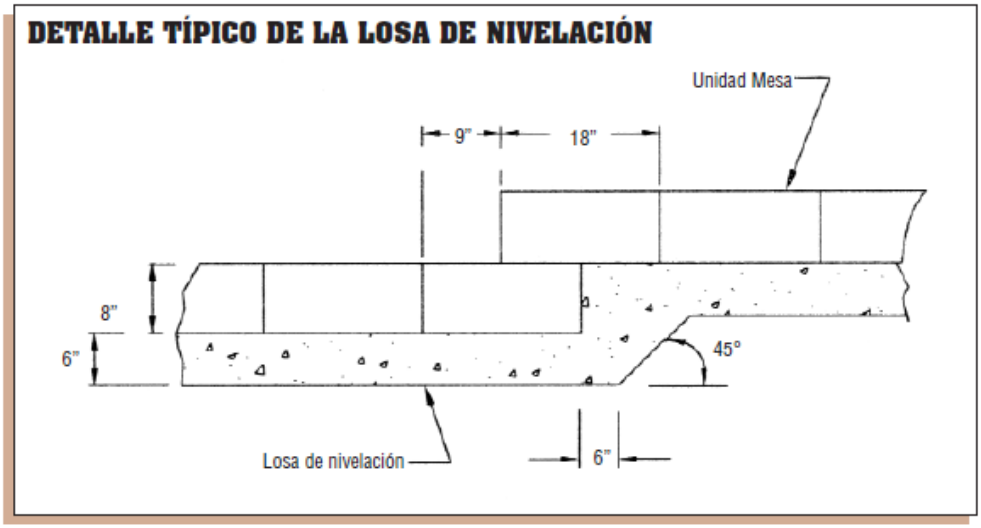


Figura 3.46: Detalle Típico Losa de Nivelación.
Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

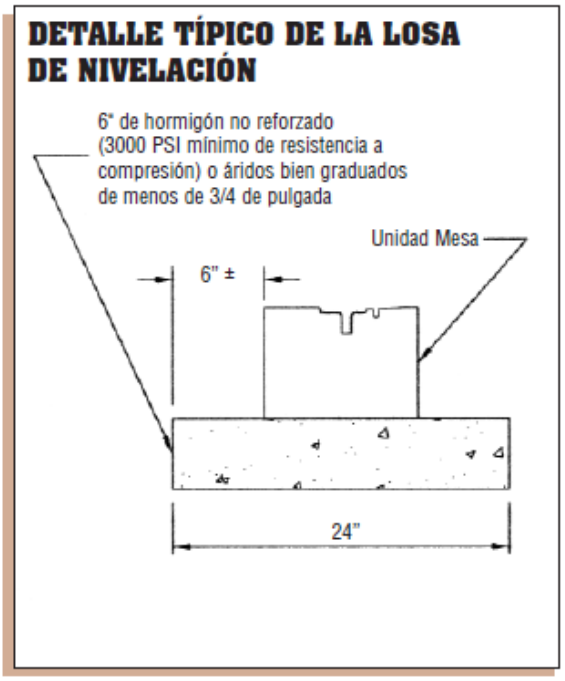


Figura 3.47: Detalle Típico Losa de Nivelación.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

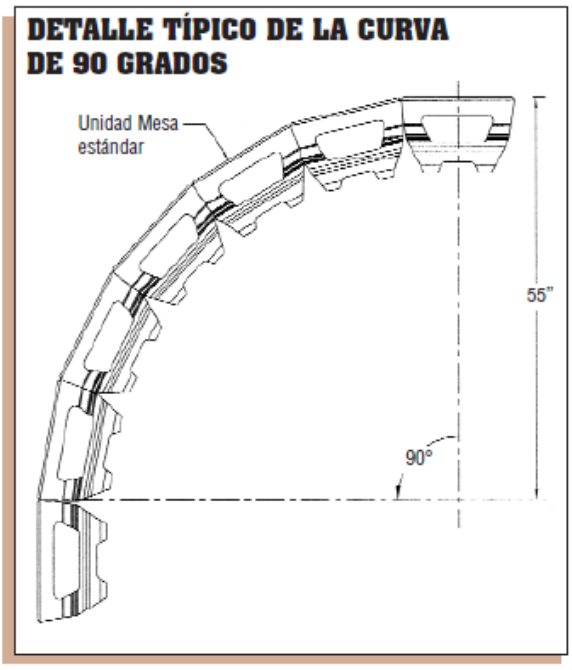


Figura 3.48: Detalle Típico Curva de 90°.

Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

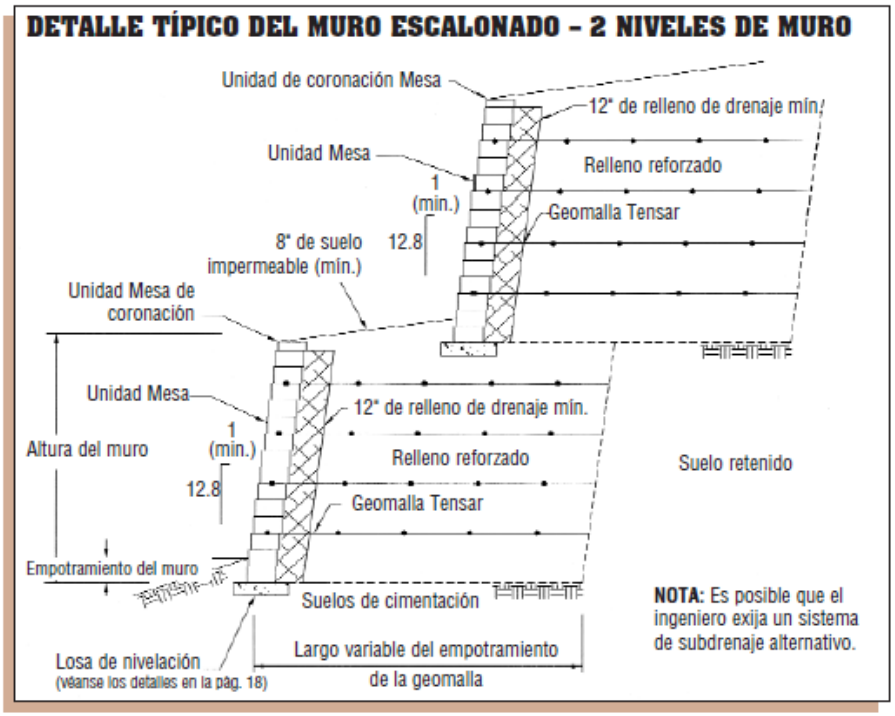


Figura 3.49: Detalle Típico Muro Escalonado, 2 niveles.
Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

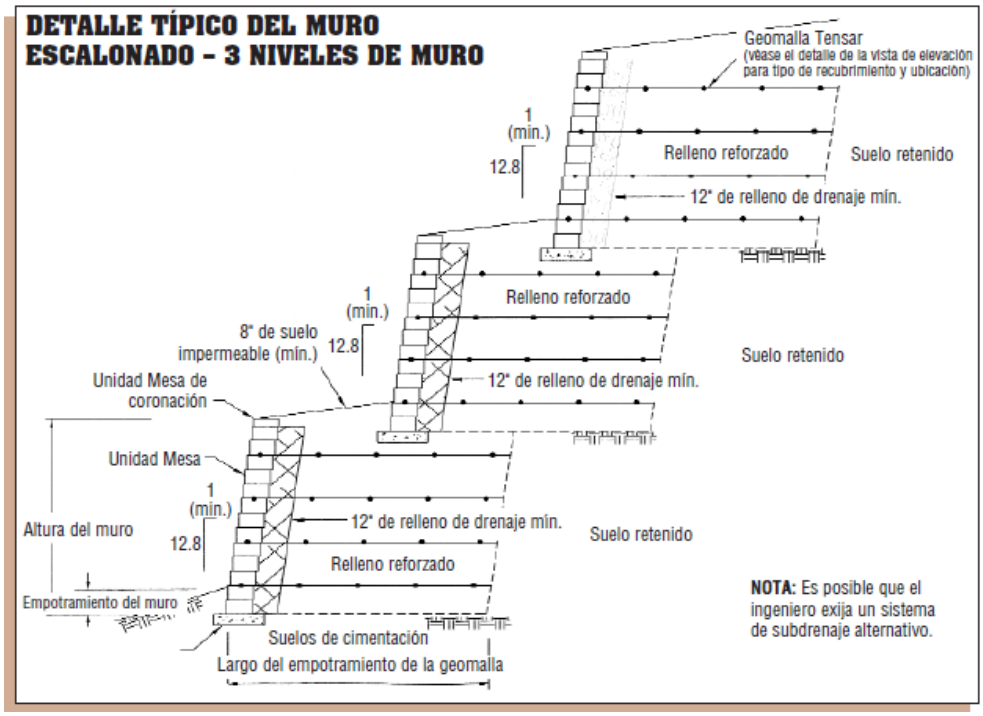


Figura 3.50: Detalle Típico Muro Escalonado, 3 niveles.
Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

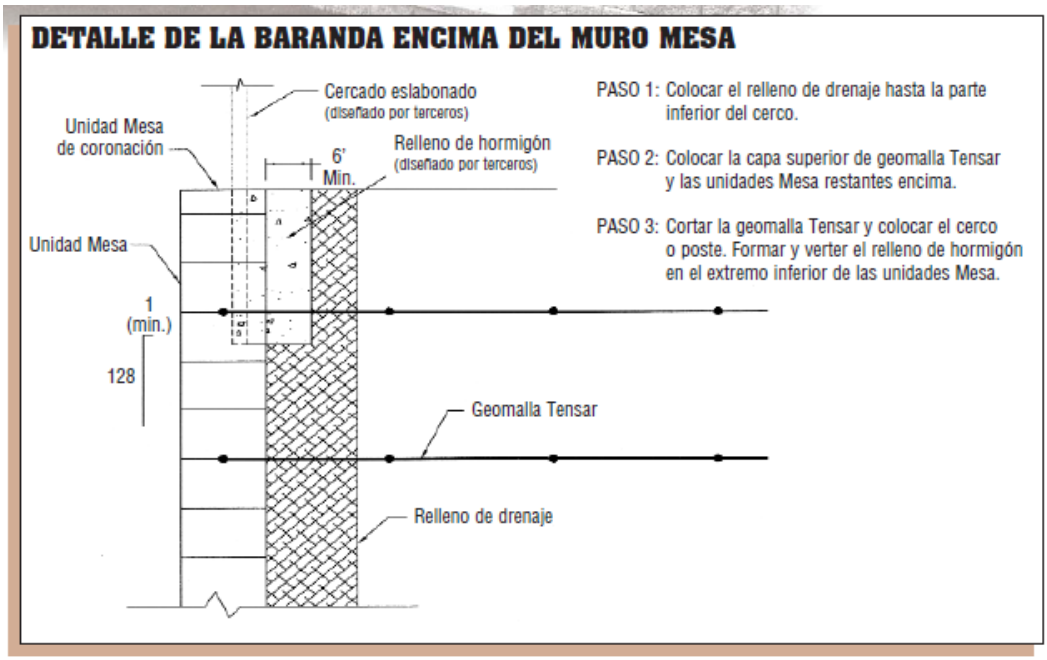


Figura 3.51: Detalle Baranda Sobre Muro.
Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

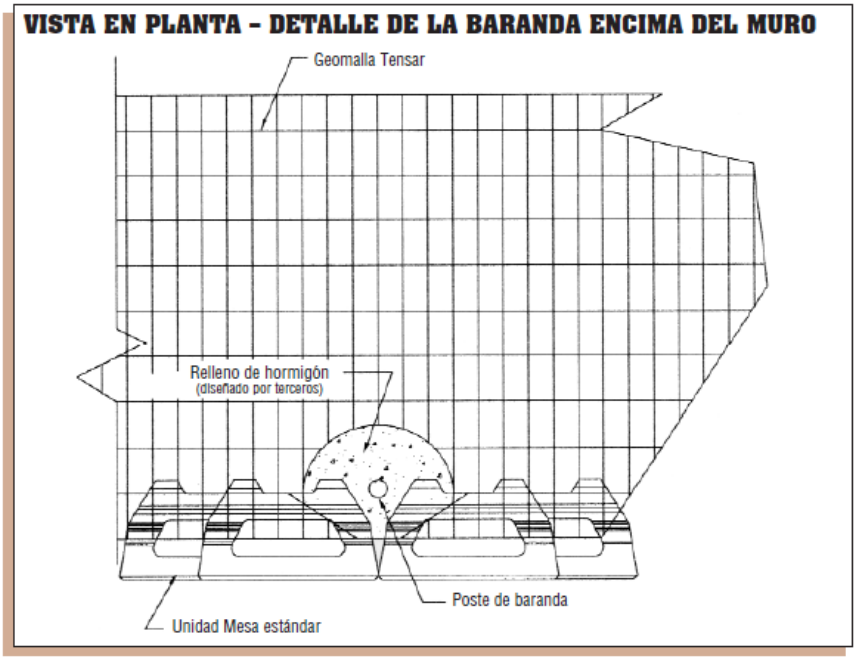


Figura 3.52: Detalle Baranda Sobre Muro (Vista en Planta).
Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

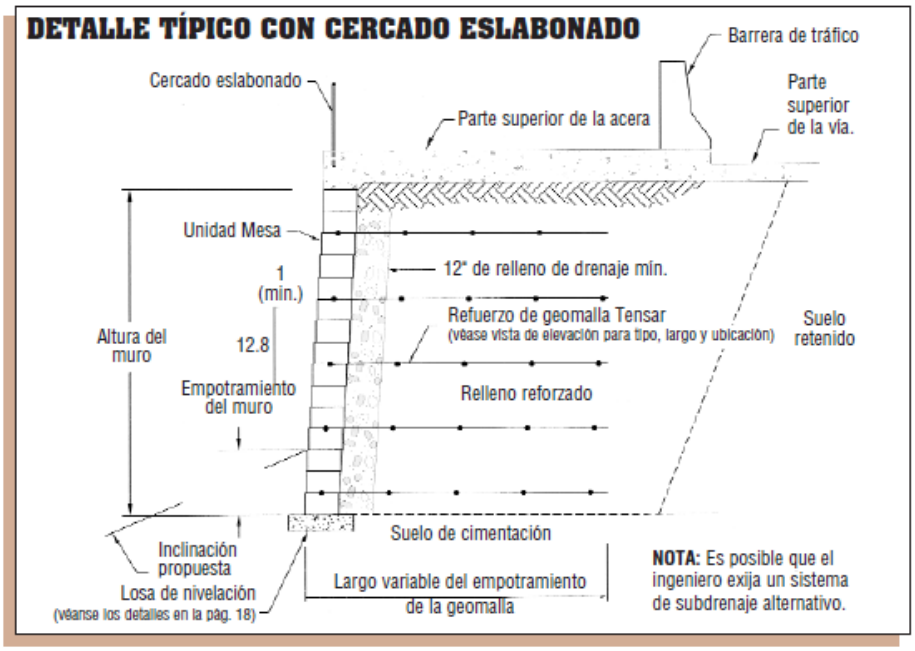


Figura 3.53: Detalle Típico con Cercado Eslabonado.
Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

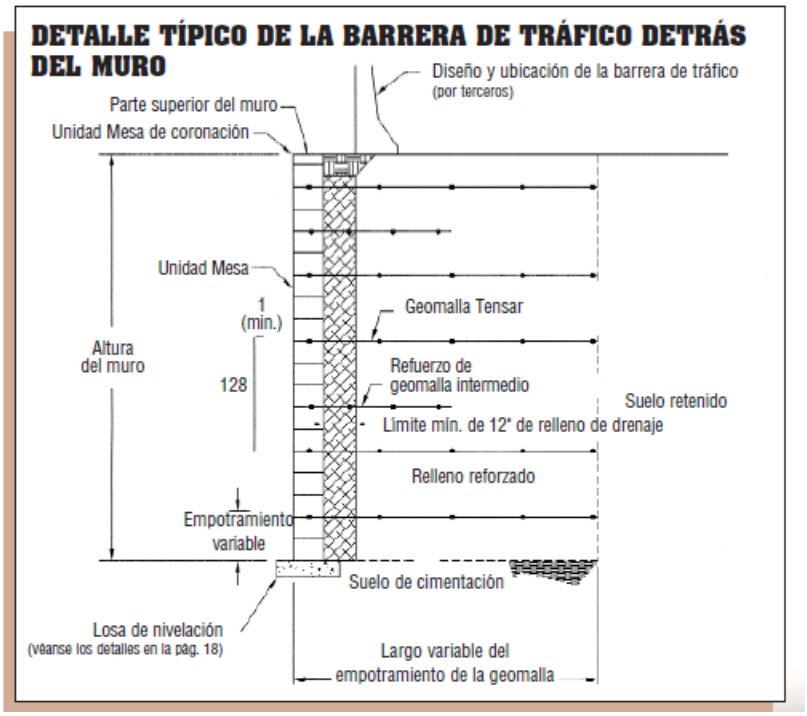


Figura 3.54: Detalle Típico Barrera de Tráfico detrás del Muro.
Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

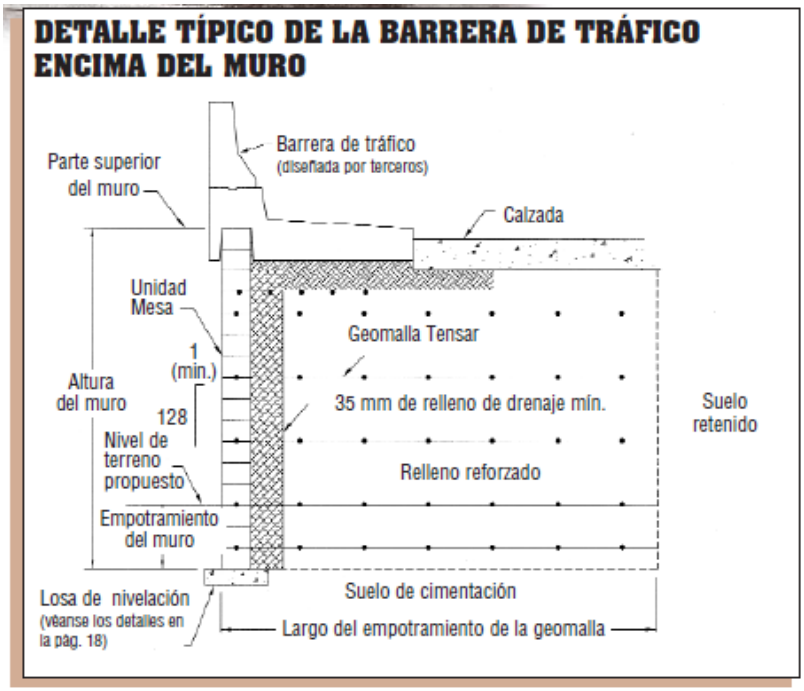


Figura 3.55: Detalle Típico Barrera de Tráfico Sobre el Muro.
Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

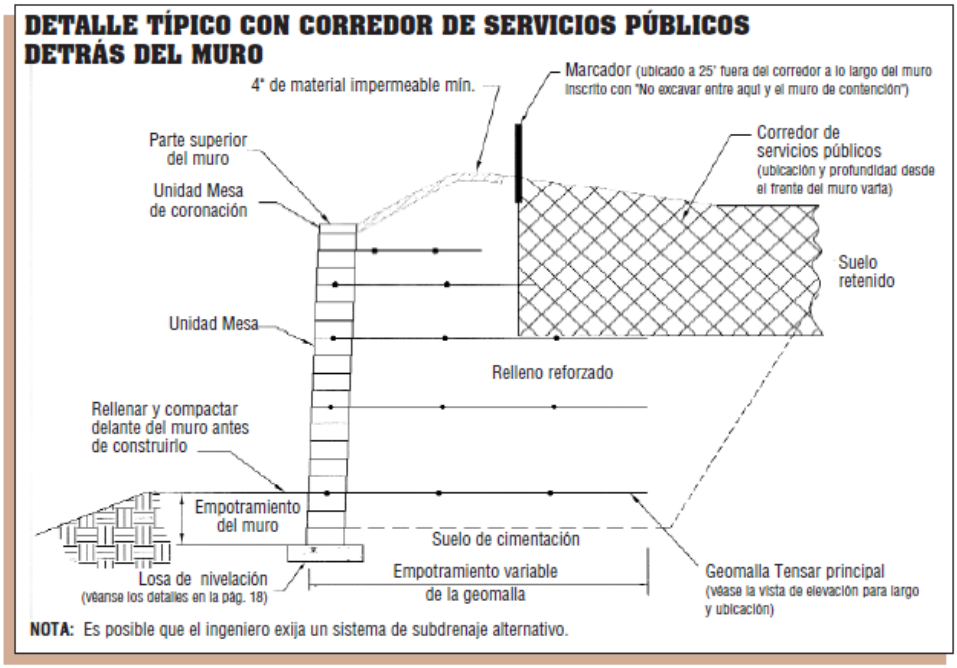


Figura 3.56: Detalle Típico Con Corrdeor de Servicios Públicos detrás del Muro.
Fuente: Tensar Earth Technologies, Inc.

3.2.2. Muro Atirantado:

Los anclajes constituyen en la actualidad, un medio esencial para garantizar la estabilidad de diversas estructuras, pueden usarse en cualquier situación en que se necesite su ayuda para soportar un determinado estado de esfuerzos o tensiones. (Carlos Perez, s.f.)

El diseño de un sistema de anclajes es un proceso muy complejo y requiere un conocimiento detallado de la geología del sitio de las propiedades de las rocas de las condiciones hidráulicas del suelo conjuntamente con el estado de las presiones originadas por el flujo de agua a través de la masa del subsuelo y a condicionalmente es importante conocer la magnitud y dirección de los esfuerzos antes y después de la excavación. (Carlos Perez, s.f.)

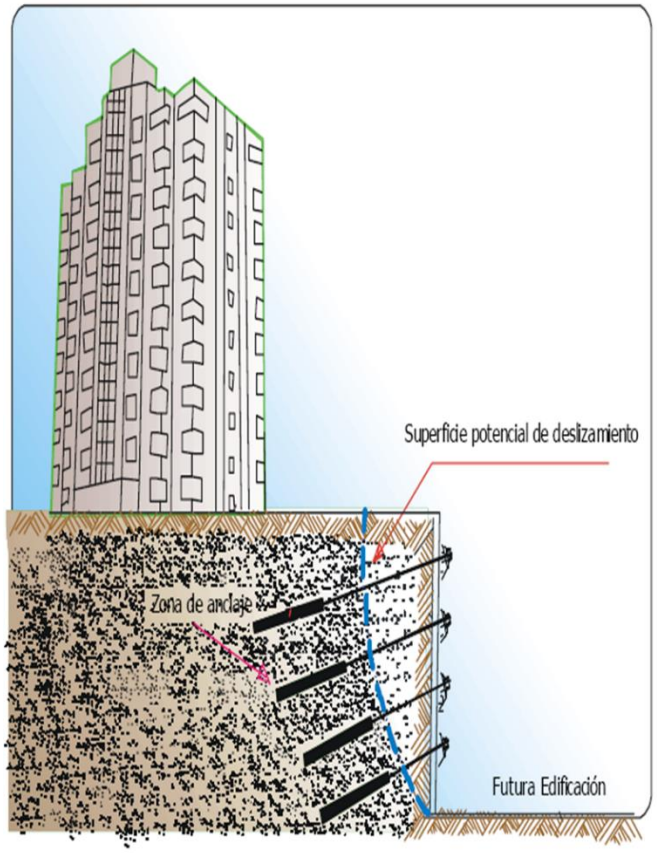


Figura 3.57: Imagen referencial de un muro atirantado.
Fuente: Academiu.edu, Muros Atirantados por Ingeniero Carlos Perez.

Proceso Constructivo de un Muro Atirantado:

La excavación la construcción de los anclajes y la construcción del muro se realizan por fases. Conforme se va profundizando en la excavación se realiza la construcción de los anclajes y la construcción del muro circundante al anclaje por lo que el proceso se realiza desde arriba hacia abajo. (Carlos Perez, s.f.)

a. Excavación de la primera franja superior de suelo: usualmente se la realiza hasta unas pocas decenas de centímetros por debajo de la posición prevista para el primer nivel superior de anclaje. La profundidad de esta capa excavada y de todas las capas posteriores depende de las características de cohesividad del suelo. (Carlos Perez, s.f.)



Fotografía 3.20: Excavación primera franja superior del suelo.
Fuente: Academiu.edu, Muros Atirantados por Ingeniero Carlos Perez.

b. Excavación de orificios para el primer nivel de anclajes: generalmente se utilizan taladros horizontales para perforar orificios cuyo diámetro sea el previsto para el primer nivel superior de anclajes. (Carlos Perez, s.f.)

   En el fondo de los orificios se suele realizar una sobre excavación de diámetro mayor para mejorar la sustentación de los anclajes. (Carlos Perez, s.f.)



Fotografía 3.21: Excavación de orificios para el primer nivel de anclajes.
Fuente: Academiu.edu, Muros Atirantados por Ingeniero Carlos Perez.

c. Armado del primer nivel de anclajes: Se suelen colocar varias varillas centradas, de diámetro apropiado en los orificios previamente perforado. Las varillas colocadas son roscadas en la parte exterior para facilitar su proceso de tensado y sujeción. Para conseguir que el refuerzo de los anclajes se mantenga sin contacto con el suelo acabado se utilizan separadores transversales cada cierta distancia. (Carlos Perez, s.f.)



Fotografía 3.22: Armado del primer nivel de Anclajes.
Fuente: Academiu.edu, Muros Atirantados por Ingeniero Carlos Perez.



Fotografía 3.23: Armado del primer nivel de Anclajes.
Fuente: Academiu.edu, Muros Atirantados por Ingeniero Carlos Perez.

d. Inyectado parcial del primer nivel de anclajes: Se introduce una manguera flexible hasta el fondo del orificio excavado, la misma que exteriormente está conectada a una bomba de concreto fluido o de mortero. al concreto o al mortero se deben incluir componentes expansivos para compensar la retracción de fraguado. Una vez iniciado el proceso de bombeo se extrae lentamente la manguera lo suficiente para permitir que se supere ligeramente un concreto equivalente a la longitud de anclaje especificado. (Carlos Perez, s.f.)

e. Construcción del primer nivel superior del muro: exteriormente se arma encofra y vacía el primer nivel superior del muro, teniendo cuidado de que no se integre a las varillas para lo que se suele dejar un espacio alrededor de las varillas sin fundir. Además, se suele envolver a la parrilla con material no adhesivo como papel de aluminio para asegurar su falta de contacto temporal con el hormigón del muro. Se deja prevista una ventanilla en el consulado para fundir posteriormente la parte del muro que no ha sido vaciada en esta fase. (Carlos Perez, s.f.)



Fotografía 3.24: Construcción del primer nivel superior del muro.
Fuente: Academiu.edu, Muros Atirantados por Ingeniero Carlos Perez.

f. Anclado del primer nivel superior de muros: una vez fraguado del concreto de un micropilote y del muro superior al de la varilla de anclaje, se coloca una placa de acero que tiene un orificio centrado de un diámetro ligeramente superior al de la varilla. Se hace pasar la varilla a través del orificio permitiendo que la placa se apoye parcialmente en la superficie del muro de concreto armado. Mediante la colocación de una tuerca exterior, y con el uso de un torquímetro se procede a ser la varilla de micropilotes hasta que supere aquella tensión que resistirá el micropilote cuando el muro anclado esté trabajando a su máxima carga. Posteriormente se retira la tensión sobre la varilla aflojando la tuerca. (Carlos Perez, s.f.)



Fotografía 3.25: Anclado del primer nivel superior de muros.
Fuente: Academiu.edu, Muros Atirantados por Ingeniero Carlos Perez.

g. Integración del primer nivel de anclajes al primer nivel superior de muros: A través de la ventanilla que se dejó para el vaciado complementario del muro se introduce nuevamente la manguera en el orificio del micropilote y se completa su fundición. Adicionalmente se vacía el faltante del muro alrededor de la varilla de anclaje. (Carlos Perez, s.f.)



Fotografía 3.26: Integración del primer nivel de anclajes al primer nivel superior de muros.

Fuente: Academiu.edu, Muros Atirantados por Ingeniero Carlos Perez.

3.3. Cuadro comparativo construcción de Muro Mesa VS Muro Atirantado:

Con respecto a lo anteriormente documentado se realizará un cuadro comparativo evidenciando las principales diferencias que se pueden encontrar en ambos sistemas de contención:

Muro Mesa	**Muro Atirantado**
Su fachada está compuesta por bloques prefabricados de hormigón. Y pueden ser diversos tipos de bloques prefabricados.	Su fachada puede ser de concreto armado o de mallas metálicas con shotcrete junto al cabezal de anclaje.
Se sostiene gracias a la función mecánica que cumplen sus conectores reforzados junto a sus geomallas de polietileno de alta densidad estiradas y prensadas al terreno compactado.	Se sostiene gracias al sistema de anclaje que va insertado de manera diagonal al terreno junto al bulbo o también llamado zona de anclaje que se encuentra en la parte final del sistema.
Para este tipo de Muro se requiere una compactación del terreno, por lo que requerirá un mínimo de porcentaje de compactación y humedad medida por laboratorista.	Por otro lado, en los muros atirantados no se requiere de compactación del terreno para realizar este sistema, sólo se realizan los cortes en el terreno para eliminar superficie en peligro de desprendimiento y se unifica ya sea con pantalla o mallas metálicas y shotcrete según qué tipo de proyecto sea.
Este sistema no requiere de utilización de hormigón armado, instalación de moldajes, ni arriendo de camiones hormigoneros para su construcción. (Sólo se da el caso de utilización de hormigón para la loseta de nivelación al iniciar la construcción del muro, y si el terreno lo requiera, en caso de ser en escalada, se deben de hacer pequeños escalones de hormigón, aunque no se utiliza en gran medida porque son solo para ubicar los bloques prefabricados sobre estos mismos escalones y continuar con las hiladas de bloques prefabricados)	Este sistema sí requiere de utilización de mezcla de hormigón desde un inicio, ya que si se trata del sistema de pantalla atirantada deberá de construirse un muro armado además del sistema de anclaje que requiere para el terreno. Y si el proyecto se trata de un muro atirantado con mallas metálicas dispuestas directamente al terreno, de igual manera se requerirá uso de shotcrete para contener el terreno y darle sustentabilidad a las geomallas metálicas.
Este sistema es de rápida ejecución, dejando de lado la excavación, es un trabajo hecho prácticamente de forma mecánica, y depende de la cantidad de personal que esté trabajando en la cuadrilla, en lo único que falla en este ámbito es cuando se debe compactar el terreno ya que eso requiere riego y más de 5 ciclos (ida y vuelta) de compactación con el rodillo dentro de la cancha a compactar.	Este sistema es de lenta ejecución ya que requiere muchos procesos para llevarlo a cabo, luego de realizar las excavaciones correspondientes, deben de realizarse las excavaciones para los orificios de anclaje, colocar las varillas centradas dentro del orificio de anclaje, e introducir la manguera para hacer el primer inyectado de hormigón.

3.4. Caso estudio, Nueva Villa Dulce y Propuesta de Solución Muro Mesa para altura de 10.23 m. con suelo tipo maicillo:



Fotografía 3.27: Vista Modelo 3D Proyecto Nueva Villa Dulce.
Fuente: Cbe - Constructora Benavente, ltda. (2022).

Introducción del Proyecto

El proyecto original consta de varios muros de contención, entre ellos muros de hormigón armado, atirantado y muro mesa.

El muro atirantado originalmente de 28,08 m, se proyectó con la idea que en el terreno se encontraría presencia de roca, pues este tipo de muro es especial para ese tipo de suelo por su sistema constructivo, el cual consta de unos anclajes afianzados a la roca que da la firmeza necesaria para resistir altas solicitaciones.

Al realizar los trabajos de movimiento de tierra, se realiza la calicata en terreno la que señala ausencia de roca en la ubicación del muro atirantado, por ende, se procede a informar al calculista responsable del proyecto, el que informa que es necesario el cambio a muro mesa, este cambio es aprobado sin inconvenientes estructurales.

Los muros de habilitación son primordiales para el comienzo de los edificios, y

condicionan la programación de la obra, de ahí la importancia del comienzo de este y los demás muros.

3.4.1. MUROS DE CONTENCIÓN SISTEMA MESA

NOTAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA COLOCACIÓN DE GEOMALLAS TENSAR® Y SUELOS DE RELLENO PARA MUROS REFORZADOS TENSAR/MESA®

1. Material

1.1. El suelo de relleno será de material granular según se especifica en el punto 1.1.1 y 6.1.

1.1.1. El material de relleno debe contar con certificado de laboratorio, y debe cumplir con la siguiente gradación (AASHTO T-27):

TAMAÑO TAMIZ	PORCIENTO PASANDO
4"	100
N° 40	0-60
N° 200	0-15

La porción de material de relleno pasando el tamiz n°. 40 deberá tener un índice de Plasticidad que no exceda a 6 (ip £ 6).

Tabla 3.2: Porción de material de relleno pasando por el tamiz.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

1.1.2. En adición, los suelos de relleno y suelo/relleno retenido, deberán estar libres de exceso de humedad, raíces, desechos, escombros, nieve, materiales congelados, materia orgánica, y otros materiales de desecho. Los materiales para el relleno reforzado que no cumplan estas especificaciones deberán ser considerados no aptos y deberán ser rechazados.

1.2. La geomalla de refuerzo deberá ser tensar® uniaxial, fabricadas por tensar Corporación, Morrow, Georgia, USA.

1.3. La fachada del muro deberá ser de bloques mesa®. Los bloques deberán tener una resistencia a compresión mínima de 28mpa a 28 días. El fabricante de los bloques deberá proveer datos de las pruebas.

1.4. El geotextil será de polipropileno con un gramaje mínimo de 180 gr/m².

1.5. Los conectores mesa® serán suministrados por tensar corporación, Morrow, Georgia, USA.

2. Requerimientos técnicos

2.1. Se deberá controlar los parámetros de los suelos reforzado, retenido y de fundación, para aprobación antes de comenzar la construcción del muro, de acuerdo con la sección 6.0.

2.2. Antes de la construcción del muro reforzado mesa®, el contratista limpiará y acondicionará el área del relleno reforzado, removiendo suelo superficial, escombros, raíces u otros materiales de desecho y/o orgánicos. Todo suelo no apto debe ser sobreexcavado, reemplazado y compactado con el material de relleno indicado en la sección 1.1.1, cumpliendo las especificaciones del proyecto y como mínimo con lo dispuesto en la sección 2.6. Este relleno deberá ser compactado al 95% del proctor modificado u 80% de la densidad relativa.

2.3. Los sellos de fundación de la estructura quedaran expresamente aprobados por la inspección fiscal. El muro de contención será fundado sobre el relleno compactado Indicado en el punto anterior. Se deberá respetar el enterramiento mínimo indicado en los planos. En caso de no existir suelo natural por delante del muro, se colocará relleno compactado para cumplir este requerimiento. En caso de no existir enterramiento en los muros fundados sobre talud se deberá redefinir diseño y el sello de fundación.

2.4. El relleno del muro será colocado en capas de no más de 30cm (espesor compactado) cuando se use equipo de compactación pesado. Dentro de un metro (100cm) de la cara posterior del muro, solo se permitirá compactar con equipo operado a mano a un mínimo de 90% del proctor modificado o el 0.75% de la densidad relativa, según corresponda. El relleno se debe colocar en capas no mayores de 25cm (espesor compactado).

2.5. Los materiales de relleno serán colocados a partir de la cara posterior de los bloques Mesa® hacia los extremos de la geomalla para asegurar una buena tensión.

2.6. El relleno deberá ser compactado a un mínimo del 95% del proctor modificado o al 80% de la densidad relativa, según corresponda.

2.7. Todos los elementos suministrados deberán contar con certificados de calidad emitidos por los fabricantes.

El control de compactación de rellenos se realizará a razón de una toma de densidad cada:
- 1 capa (30cm máximo)
- 250m²
- fracción diaria

Controlando el menor de estos valores.

Un set completo de planos de construcción y especificaciones del contrato estarán en la obra todo el tiempo durante la construcción del muro reforzado tensar®.

3. Colocación de la geomalla tensar®

3.1. Las geomallas tensar® se colocarán en los sitios y elevaciones indicadas en los planos.

3.2. Las longitudes de las geomallas tensar® serán no menor que la longitud especificada en los planos. La longitud de la geomalla es medida de costilla a costilla.

3.3. Las geomallas de refuerzo tensar® serán continuas en todo el largo de su Empotramiento.

3.4. Previo a la colocación del relleno, las geomallas se deben introducir sobre la ranura en el tope de los bloques mesa®. Introduzca las prolongaciones (dedos) de los conectores a través de las aperturas de la geomalla por detrás de la primera barra (costilla) transversal remueva las arrugas o pliegues.

3.5. Equipo de construcción sobre orugas no debe ser operado directamente sobre la Geomalla. Una capa mínima de suelo de relleno de 150mm es requerida para la operación de vehículos de orugas sobre las geomallas. Los giros de estos vehículos de orugas se deben evitar para prevenir la remoción de su sitio de la geomalla y/o relleno.

3.6. Vehículos sobre ruedas de goma pueden pasar sobre la geomalla a muy baja velocidad, menos de 15 km/h, frenazos repentinos y giros agudos no serán permitidos.

3.7. Las geomallas uniaxiales tensar® serán desenrolladas desde la cara del muro hacia atrás, con el eje mayor de las aperturas perpendicular a la cara del muro.

3.8. Las geomallas uniaxiales serán cortadas cerca de las barras en dirección transversal al eje mayor de las aperturas. Estas barras transversales serán colocadas como se indica en la sección 3.3 y tensionadas manualmente previo a la colocación del relleno.

4. Vida útil de diseño 75 años

4.1. Rigen las especificaciones técnicas del vol. 5, del manual de carreteras.

5. Drenaje

5.1. Al final de cada día de trabajo, en la superficie del relleno se debe dejar una pendiente mínima del 2% aguas abajo hacia la cara del muro.

5.2. Al final de cada día de trabajo, la superficie del relleno se debe compactar con un cilindro suave para prevenir el apocamiento de agua y saturación del relleno.

5.3. El permanente manejo y eliminación de aguas superficiales será requerido, y provisto por la empresa mandante.

5.4. El muro reforzado tensar® ha sido diseñado bajo el supuesto de que el material de relleno estará libre de infiltración de aguas subterráneas ("separe").

5.5. No se consideró asentamiento por disolución de sales.

6. Resumen de parámetros de diseño

El diseño de la estructura de suelo reforzado está basado en los siguientes Parámetros:

	PROFUNDIDAD DE FUNDACIÓN, DF	ÁNGULO DE FRICCIÓN EFECTIVO	COHESIÓN EFECTIVA	PESO HÚMEDO
RELLENO REFORZADO*	-	35°	0 t/m²	1.8 t/m³
SUELO RETENIDO*	-	35°	0 t/m²	1.8 t/m³
SUELO DE FUNDACIÓN**	INDICADA EN PLANOS	34°	1 t/m²	1.8 t/m³

Tabla 3.3: Parámetros de Diseño.

Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

*. Los parámetros de relleno corresponden a una arena tipo maicillo, el cual deberá Ser validado por el ingeniero mecánico de suelos del proyecto.
**. El sello de fundación deberá ser recibido por un ingeniero mecánico de suelos. Se
Deberá realizar un espesor de mejoramiento para fundar sobre estrato competente Según lo indicado en el informe de mecánica de suelos “informe n°56 - ems villa dulce” de
Hao ingeniería.
Estos parámetros deberán ser controlados.
Los muros deberán ser enterrados un mínimo de 60cm.

6.1. Factores de seguridad:

6.1.1. Estabilidad interna

	Estático	Sísmico
Factor de seguridad mínimo para falla por resistencia=	1.5	1.13
Factor de seguridad mínimo para arranque (pullout)=	1.5	1.13
Porcentaje de cobertura de la geomalla=	82% y	100

	UX1400	UX1500	UX1600
Factor de reducción (creep) =	2.59	2.59	2.59
Factor de reducción (durabilidad) =	1.1	1.1	1.1
Factor de reducción (construcción) =	1.1	1.1	1.1

6.1.2. Estabilidad externa

	Estático	Sísmico
Factor de seguridad mínimo para deslizamiento =	1.5	1.13
Factor de seguridad mínimo para volcamiento =	2.0	1.5
Factor de seguridad mínimo para capacidad de soporte =	2.5	1.88

6.2. Sobrecargas de diseño:

Carga viva (transito) = 12.0 kpa

6.3. Diseño sísmico

Ao =	0.40g
Am = (1.45-ao) ao =	0.42g
Coeficiente aceleración de diseño =	0.4

6.4. Capacidad de soporte admisible del material donde se funda el muro y presiones máximas transmitidas a nivel del sello de fundación (según Meyerhof):

CASO	Qadm (Según AASHTO y ecuaciones 26 y 28 de la FHWA)	TENSIONES DE TRABAJO, σv Hmax = 10.42m	FS (mínimo)
ESTÁTICO (t/m²)	306.63	21.86	14.03
SÍSMICO (t/m²)	183.13	36.59	5.00

Tabla 3.4: Capacidad de soporte admisible del material y presiones máximas.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

7. Provisiones especiales

7.1. El diseño presentado aquí está basado en los parámetros de suelos, condiciones de fundación, condiciones de aguas subterráneas, y sobrecargas indicadas en la sección 6.0.

7.2. Si se encuentra cualquier formación rocosa y/o agua subterránea durante la Construcción, se debe contactar de inmediato a emin al teléfono 22-299 8000 - 22-299 8001, y a la inspección fiscal.

7.3. Este diseño es válido solamente para el muro de retención reforzado tensar, tal y como se muestra en estos planos.

8. Geomallas estructurales

8.1. Esfuerzo ultimo de las geomallas:

UX1400 70 (kn/m)

UX1500 114 (kn/m)

UX1600 144 (kn/m)

9. Tolerancias

9.1. En el montaje del muro, el desaplome local de cada 6 bloques (1,2 metros), debe ser inferior a 12mm e inferior al 1% de la altura total del muro.

10. Juntas

10.1. Será necesaria la implementación de juntas en la fachada del muro en caso de existir fundaciones o elementos singulares con rigideces distintas a las del muro.

3.4.2. DETALLES MURO MESA PROYECTO NUEVA VILLA DULCE

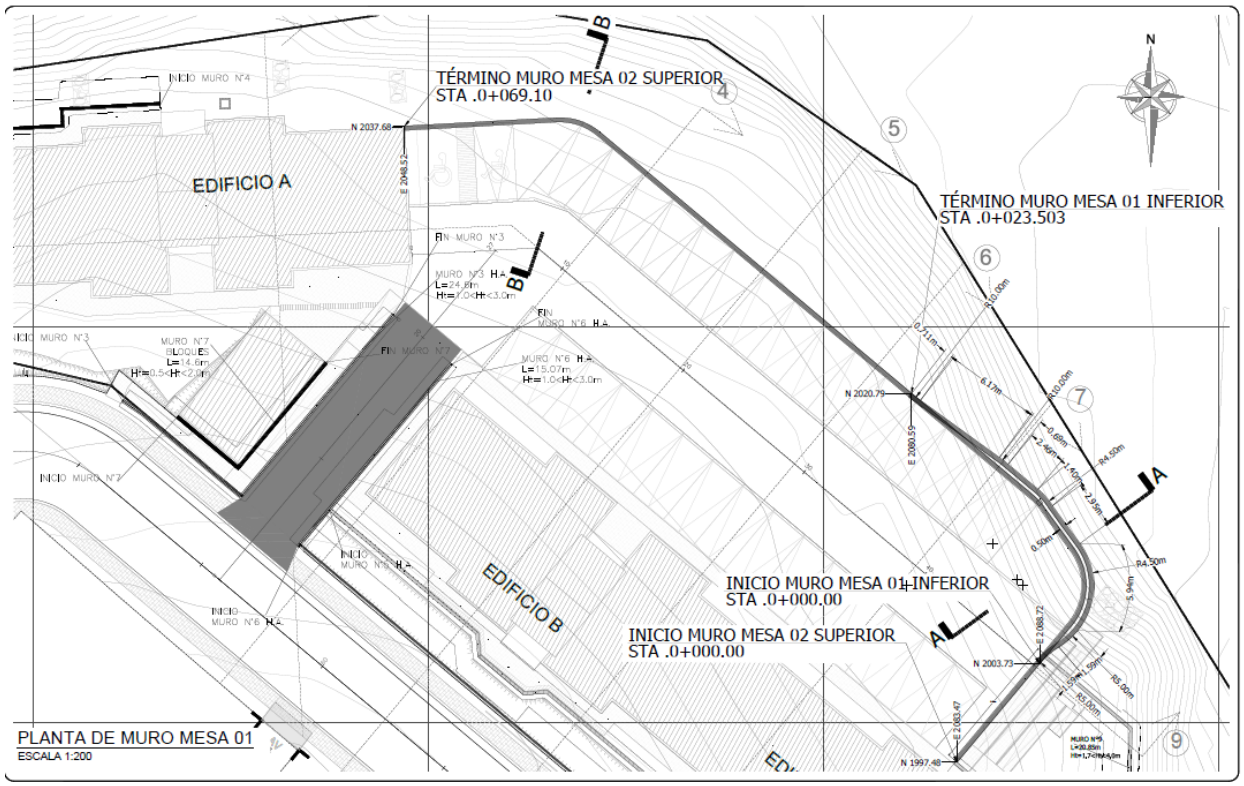


Figura 3.58: Planta de muro mesa 01.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

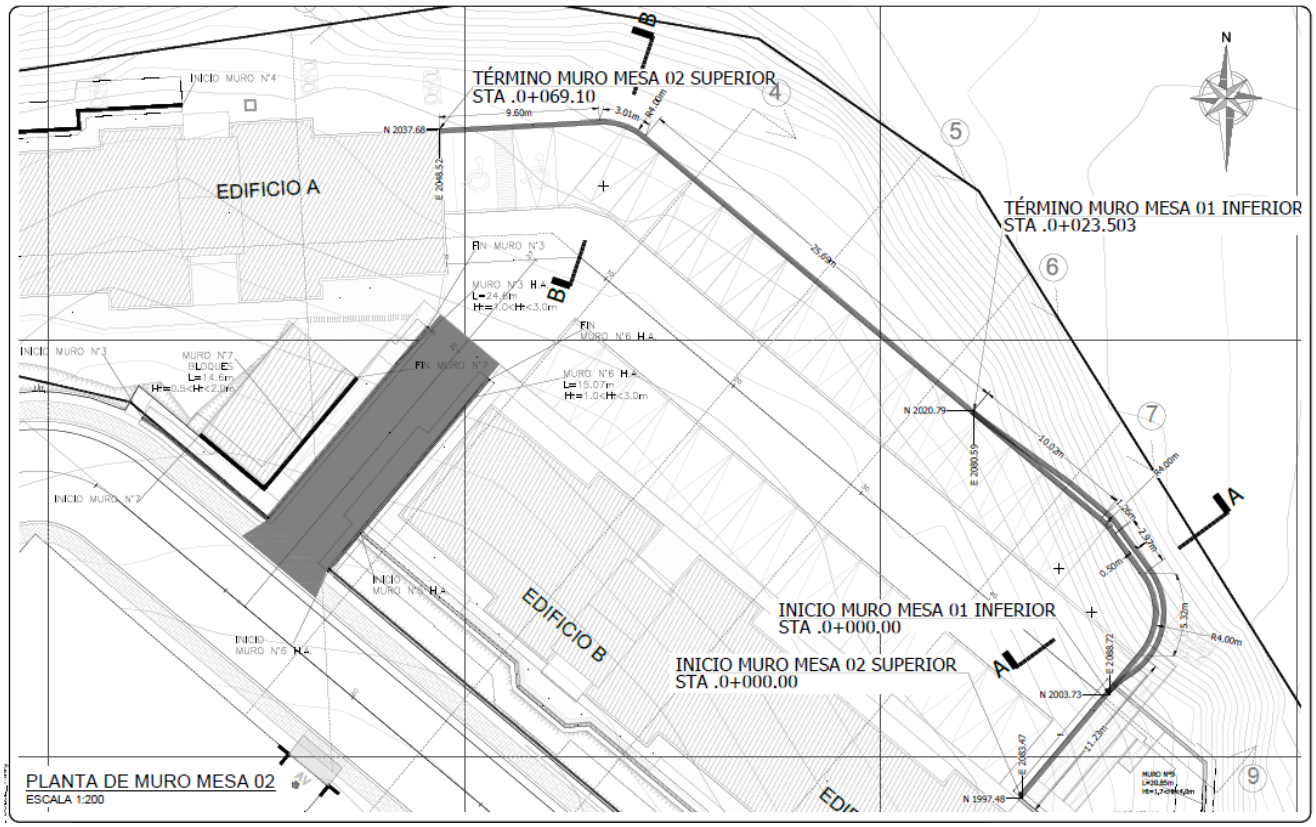
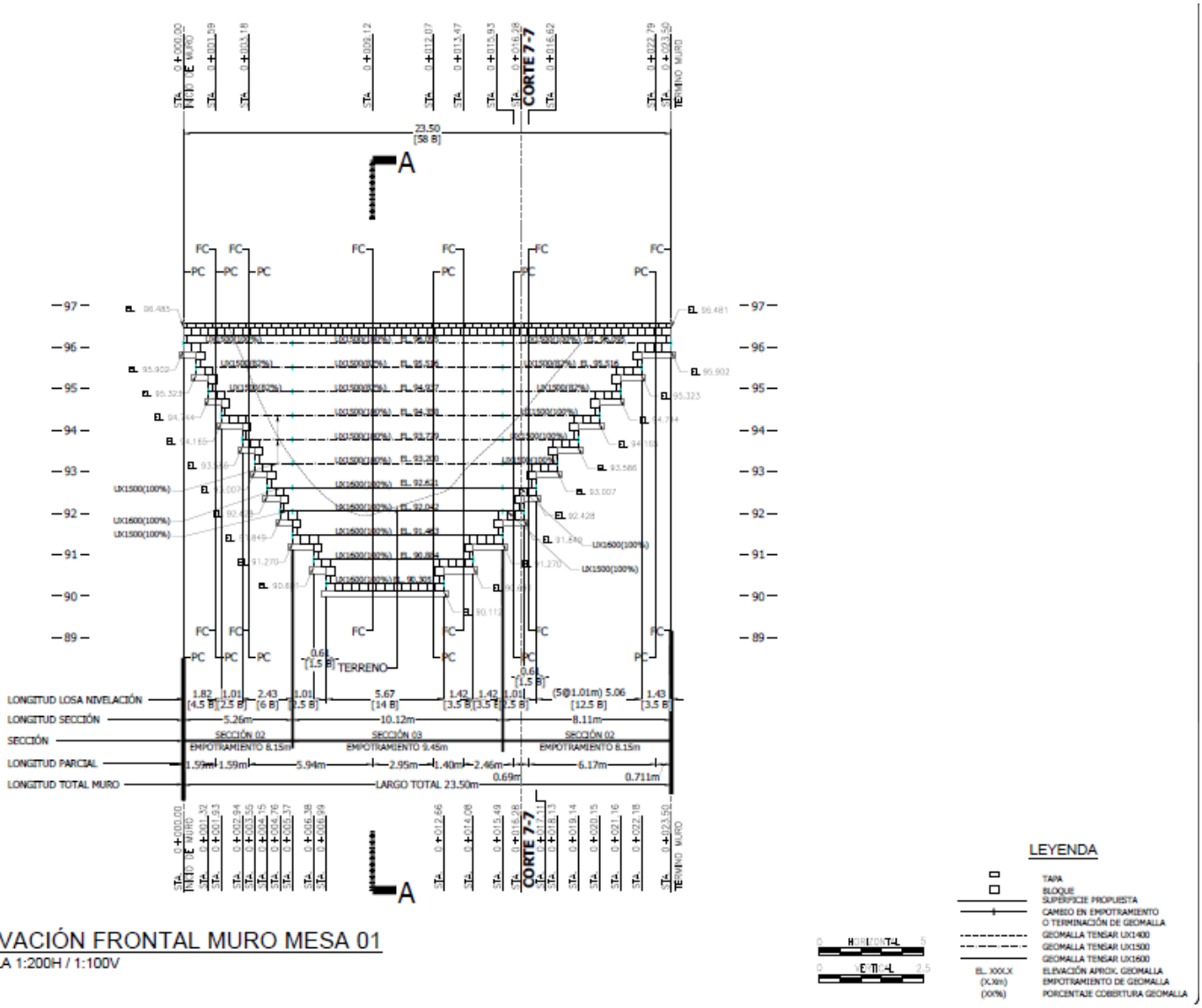


Figura 3.59: Planta de muro mesa 02.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.



ELEVACIÓN FRONTAL MURO MESA 01
ESCALA 1:200H / 1:100V

Figura 3.60: Elevación frontal Muro Mesa 01.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

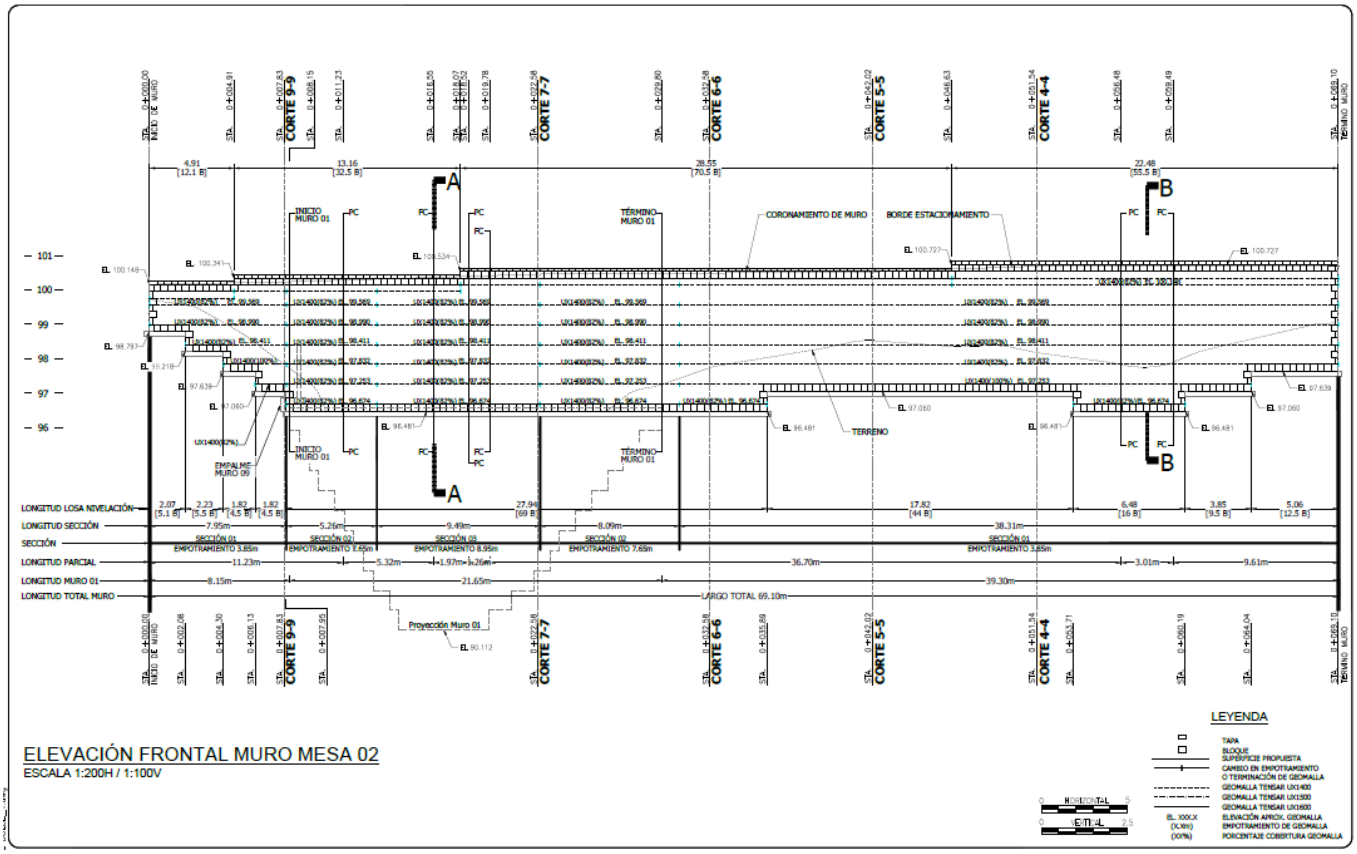


Figura 3.61: Elevación frontal Muro Mesa 02.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

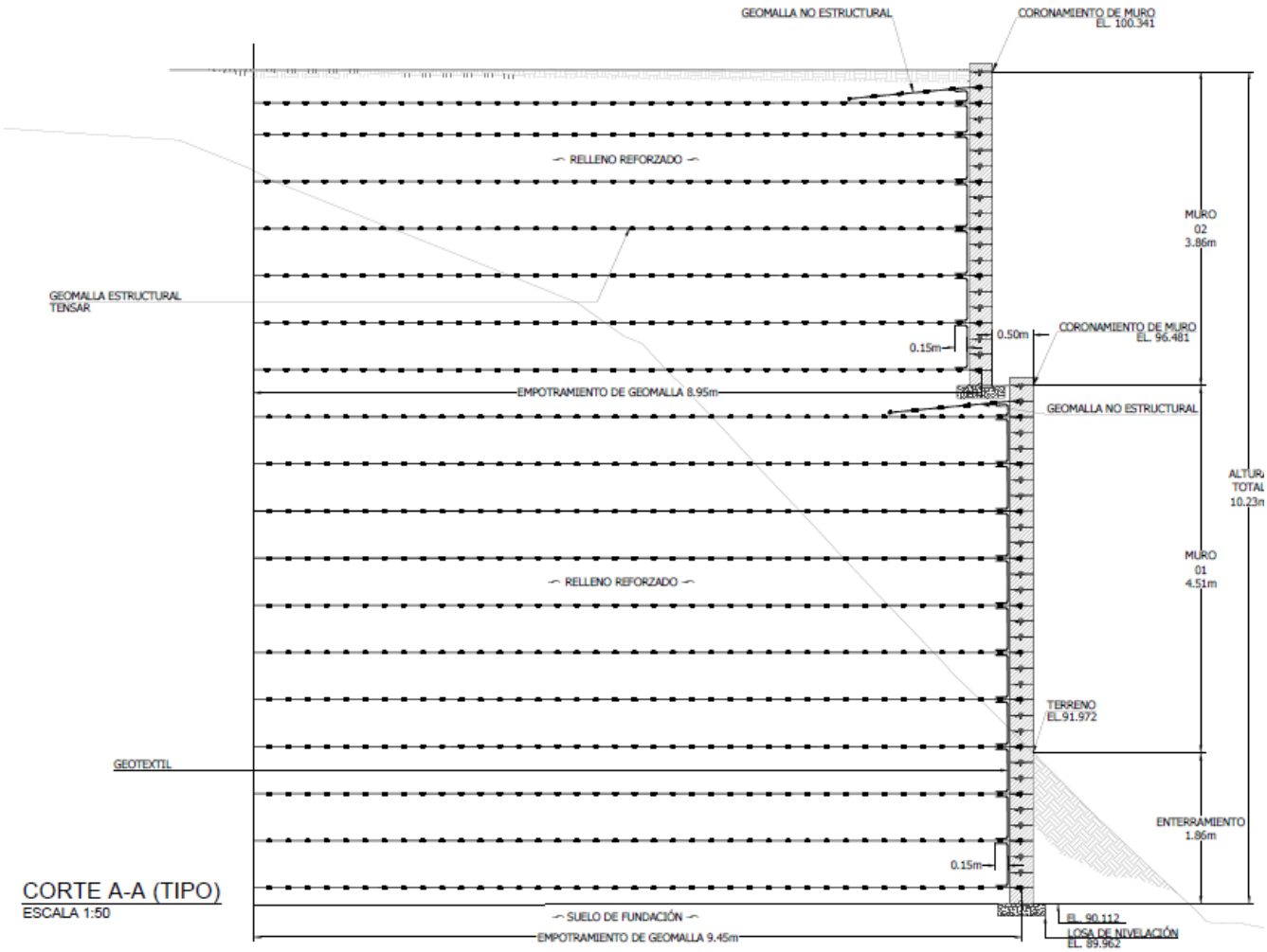


Figura 3.62: Corte A-A Muro Mesa.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

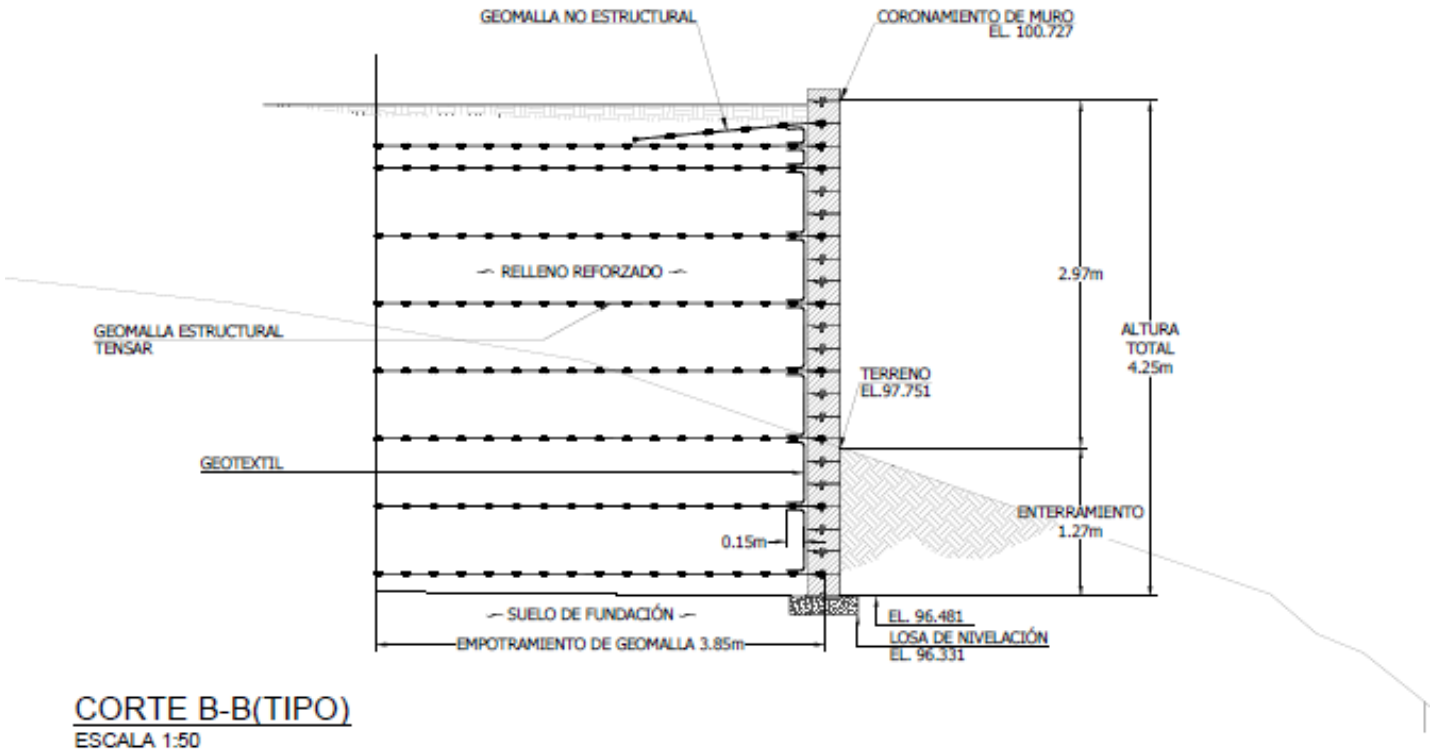


Figura 3.63: Corte B-B Muro Mesa.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

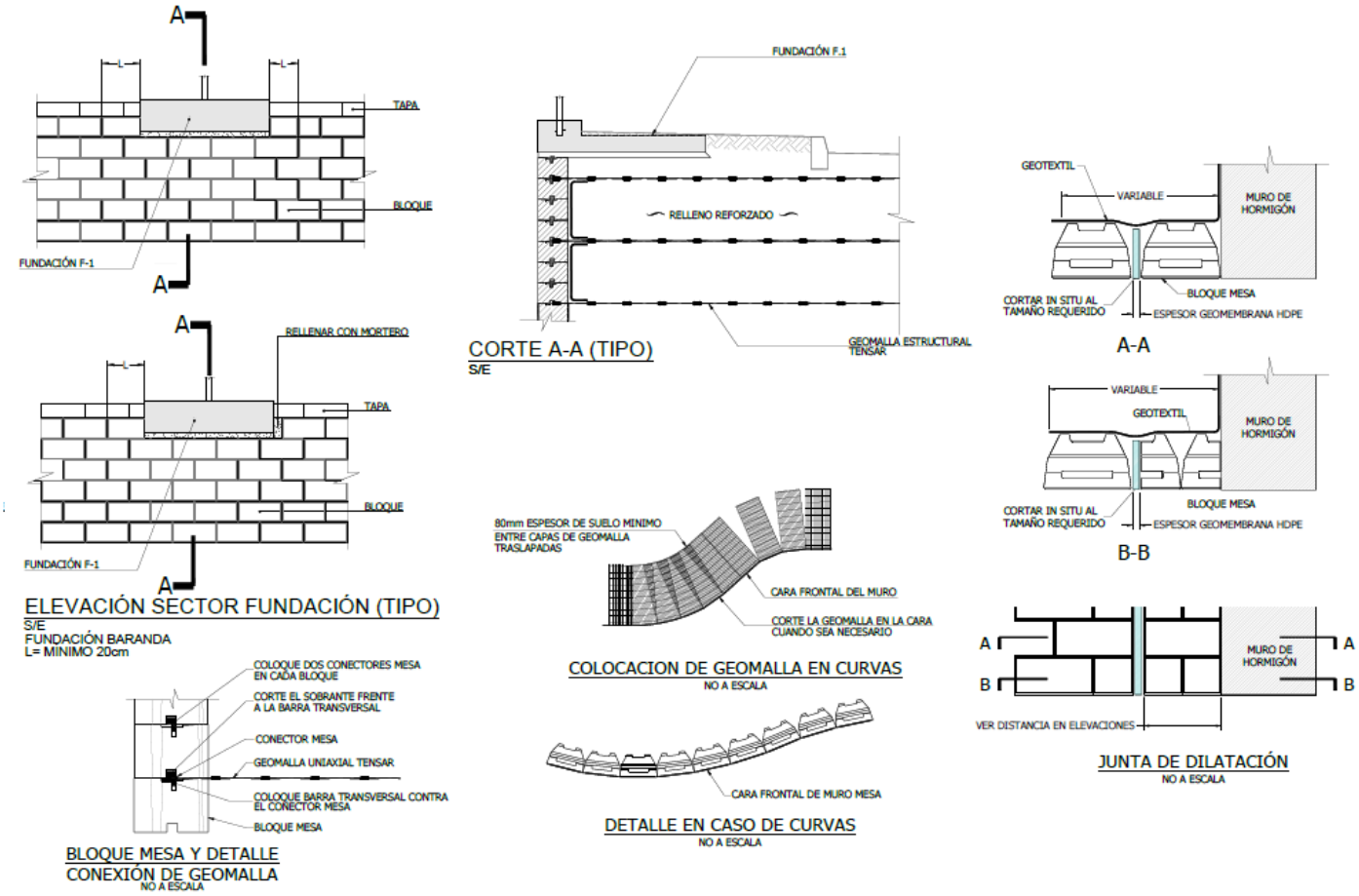


Figura 3.64: Detalles Fundaciones, Bloque Mesa, Geomallas, Juntas de Muro Mesa.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

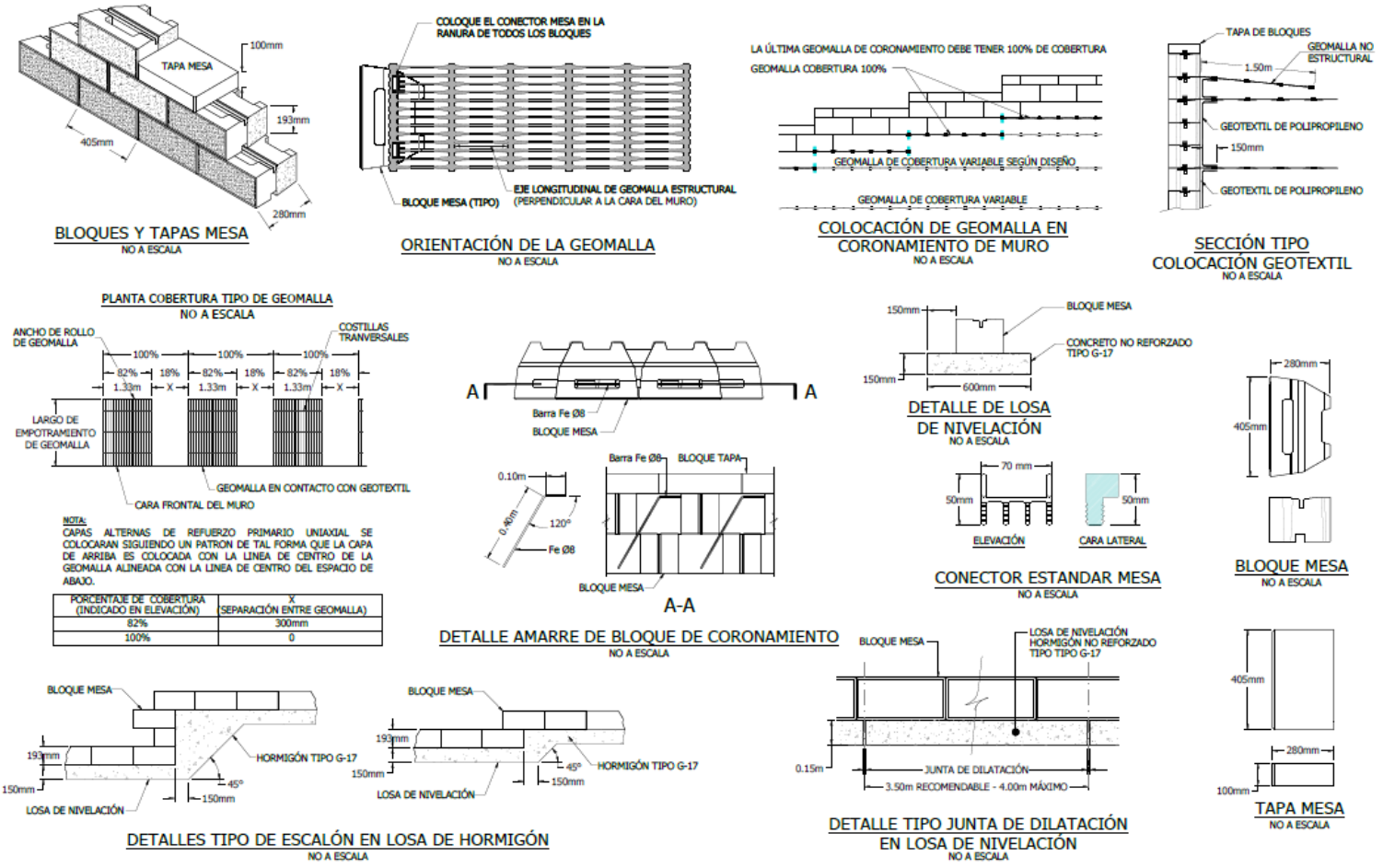
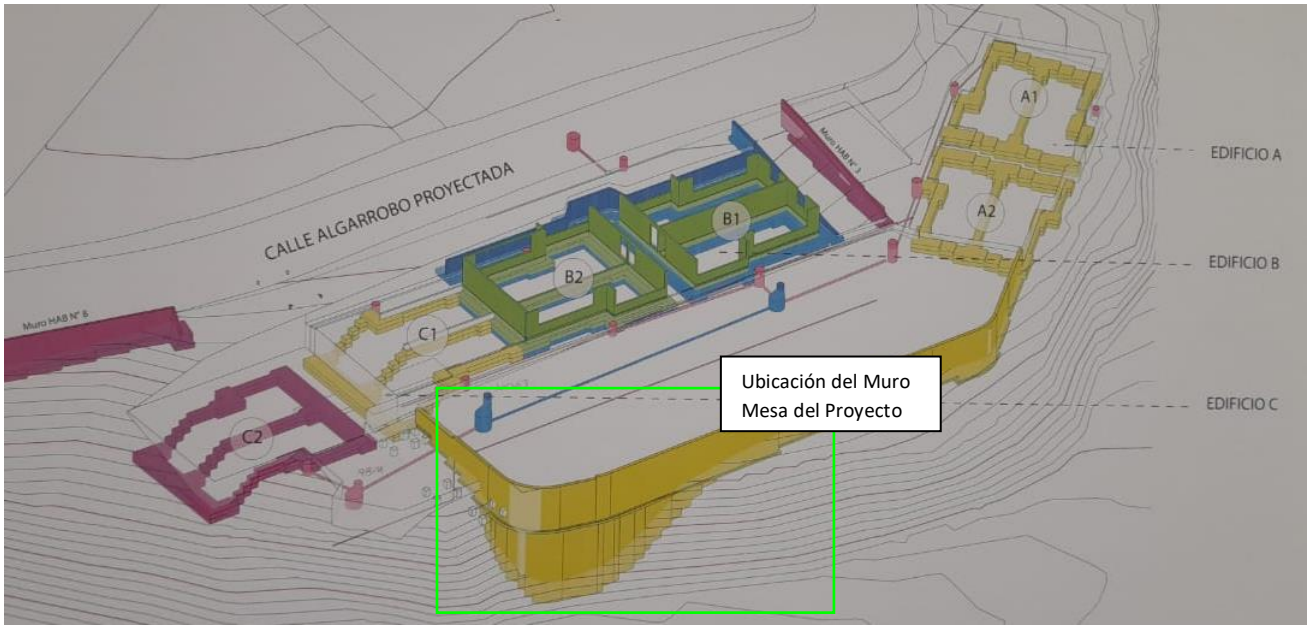


Figura 3.65: Detalles de instalación para diversos casos Muro Mesa.
Fuente: EMIN, Sistemas Geosintéticos.

3.4.3. VISTA 3D PROYECTO NUEVA VILLA DULCE.



Fotografía 3.28: Vista 3D Proyecto Nueva Villa Dulce.

Fuente: Cbe, Constructora Benavente, ltda. (2022).

Capítulo 4

4.1. Análisis de resultados, y presupuesto comparativo: sistema atirantado vs sistema mesa para caso estudio: Proyecto Nueva Villa Dulce.

Inicialmente el proyecto consideraba dos tramos de muro mesa, N° 1 sección 1 de 31,74 ml y N° 2 sección 2 de 10ml, entre estas dos secciones estaba contemplado el muro atirantado con una dimensión de 28,03 ml.



Figura 4.66: Planta Muro Atirantado.

Fuente: Cbe, Constructora Benavente ltda. (2022).

Pero debido al tipo de suelo que presentaba el terreno, (ausencia de roca), se propone un cambio a muro mesa, por ende queda una sección total de 69,77 ml de muro mesa como se muestra a continuación.

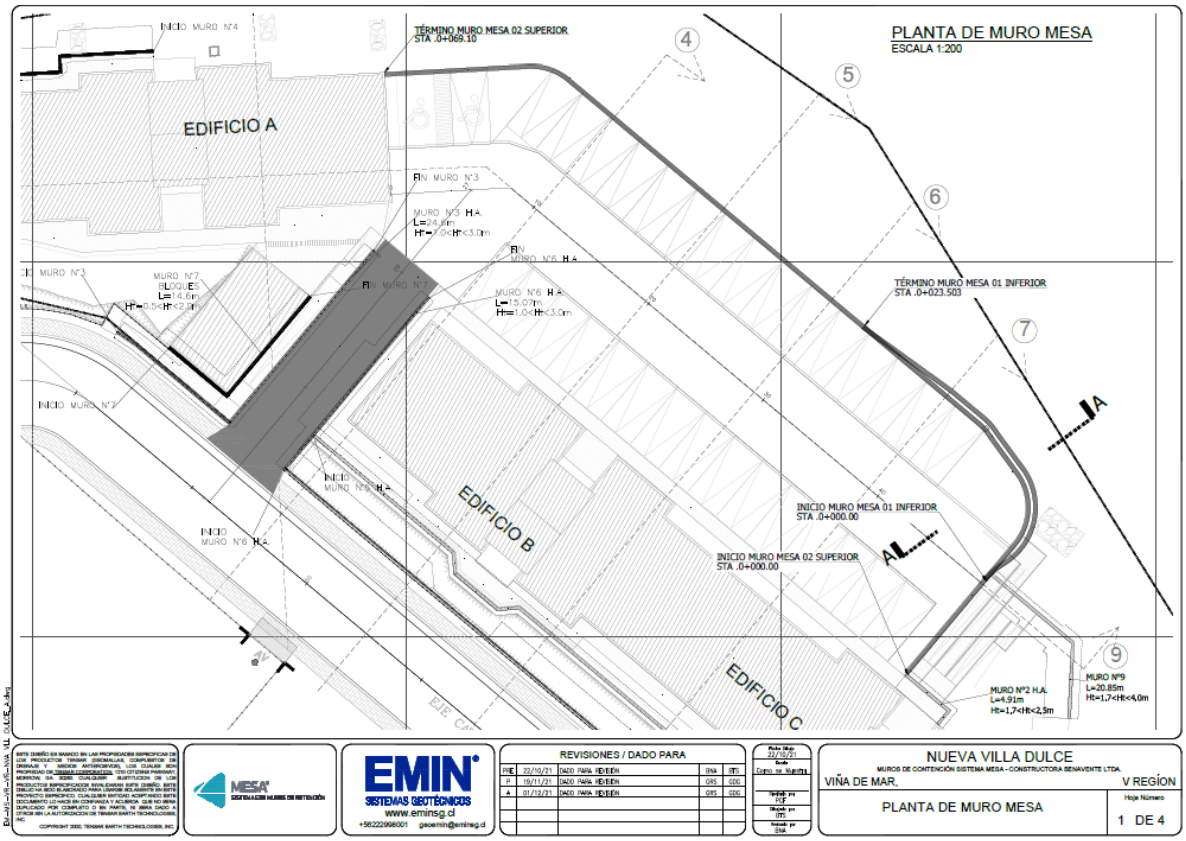


Figura 4.67: Planta Muro Mesa.

Fuente: Cbe, Constructora Benavente ltda. (2022).

Para ello, se realiza una evaluación económica utilizando las partidas y precios unitarios del itemizado original según contrato.

El Costo Directo correspondiente a la suma de las partidas del Muro Atirantado original es de 2.965,32 UF.

ITEMIZADO MURO ATIRANTADO ORIGINAL							
F.2.3	**MURO N°1 - FUNDACIÓN MURO ATIRANTADO**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P. UNITARIO UF**	**P. TOTAL UF**	**P. UNITARIO (Costo Directo + Indirecto)**	**P. TOTAL (Costo Directo + Indirecto)**
F.2.3.1	Excavación Fundación	m3	51,95	0,18 UF	9,31 UF	0,24 UF	12,67
F.2.3.2	Compactación Fundación Terreno	m3	4,33	0,35 UF	1,51 UF	0,48 UF	2,06
F.2.3.3	Emplantillado	m3	2,00	3,16 UF	6,33 UF	4,30 UF	8,62
F.2.3.4	Hormigón Fundaciones	m3	26,64	3,43 UF	91,33 UF	4,67 UF	124,38
F.2.3.5	Moldaje Fundaciones	m2	31,08	0,85 UF	26,45 UF	1,16 UF	36,02
F.2.3.6	Enfierradura Fundaciones	kg	2131,20	0,04 UF	85,53 UF	0,05 UF	116,48
F.2.3.7	Relleno Sobreexcavación Compactado	m3	23,01	0,35 UF	8,03 UF	0,48 UF	10,93
F.2.4	**MURO N°1 - MURO ATIRANTADO - 28.03 MT**						
F.2.4.1	Perfilado del Terreno	m2	408,20	0,15 UF	59,99 UF	0,20 UF	81,69
F.2.4.2	Retiro de Escombros	m3	40,82	0,26 UF	10,78 UF	0,36 UF	14,68
F.2.4.3	Anclajes	un	37,20	25,90 UF	963,65 UF	35,28 UF	1312,36
F.2.4.4	Andamios	m2	408,20	0,16 UF	64,42 UF	0,21 UF	87,72
F.2.5	**MURO N°1 - HORMIGÓN PROYECTADO G-30**						
F.2.5.2	Enfierradura Muro Atirantado	kg	10828,40	0,05 UF	547,10 UF	0,07 UF	745,08
F.2.5.3	Moldaje Muro Atirantado	m2	374,19	0,77 UF	287,00 UF	1,04 UF	390,85
F.2.5.4	Homigón Muro Atirantado	m3	214,00	3,44 UF	736,18 UF	4,68 UF	1002,58
F.2.5.5	Estructuras y Perfiles	un	62,00	1,09 UF	67,72 UF	1,49 UF	92,22
					2.965,32 UF		**4.038,36 UF**

Por otro lado, el valor obtenido en el estudio realizado a la modificación de proyecto (Muro Mesa) es de 3.126,45 UF.

Existe una diferencia de 161,13 UF, lo cual evidencia que el sistema MESA tendría un precio más elevado. Considerando: excavación, compactación, loseta de nivelación, bloque muro mesa y relleno estructual).

ITEMIZADO MURO MURO MESA ESTUDIO							
ITEM	**DESIGNACION**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**P. UNITARIO UF**	**P. TOTAL UF**	**P. UNITARIO (Costo Directo + Indirecto)**	**P. TOTAL (Costo Directo + Indirecto)**
F.2.1	**PROPOSICIÓN MURO MESA -28,03 MT**						
F.2.1.1	Excavación Fundación Muro Mesa	m3	2107,70	0,18 UF	377,59 UF	0,24 UF	514,23
F.2.1.2	Compactación Fundación Terreno	m3	16,81	0,35 UF	5,86 UF	0,48 UF	7,99
F.2.1.4	Losa de Nivelación	m3	5,50	3,43 UF	18,86 UF	4,67 UF	25,68
F.2.1.6	Bloque Muro Mesa	m2	210,00	3,32 UF	696,53 UF	4,52 UF	948,58
F.1.2	**RELLENO ESTRUCTURAL**						
F.1.2.1	Relleno Estructural Muro Mesa Capas 0.5	m3	2.740,00	0,74 UF	2.027,60 UF	1,01 UF	2761,31
					3.126,45 UF		**4.257,79 UF**

Sin embargo, al hacer un reajuste en los m3 de excavación que debían de excavarse para el caso, se logró ahorrar 161.13 UF. Por lo que hubo una reducción de presupuesto del 5,16%.

ITEMIZADO MURO MURO MESA COMPENSADO							
ITEM	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO UF	P. TOTAL UF	P. UNITARIO (Costo Directo + Indirecto)	P. TOTAL (Costo Directo + Indirecto)
F.2.1	**PROPOSICIÓN MURO MESA -28,03 MT**						
F.2.1.1	Excavación Fundación Muro Mesa	m3	2000,00	0,18 UF	358,30 UF	0,24 UF	487,95
F.2.1.2	Compactación Fundación Terreno	m3	16,81	0,35 UF	5,86 UF	0,48 UF	7,99
F.2.1.4	Losa de Nivelación	m3	5,50	3,43 UF	18,86 UF	4,67 UF	25,68
F.2.1.6	Bloque Muro Mesa	m2	210,00	3,32 UF	696,53 UF	4,52 UF	948,58
F.1.2	**RELLENO ESTRUCTURAL**						
F.1.2.1	Relleno Estructural Muro Mesa Capas 0.5	m3	2.548,34	0,74 UF	1.885,77 UF	1,01 UF	2568,16
					2.965,32 UF		**4.038,36 UF**

A continuación, se logra apreciar la diferencia de precios de ambos sistemas para el Caso Estudio:

	Costo Directo (UF)	Precio Total (CD + CI) (UF)
Itemizado Original Proyecto (Muro Atirantado)	2965,32	4038,36
Itemizado Cambio Muro Mesa (Estudio)	3126,45	4257,79
Itemizado Muro Mesa Nuevo (Compensado)	2965,32	4038,36

	CD (UF)	CD + CI (UF)
Diferencia Itemizado Original Proyecto - Itemizado Cambio Muro Mesa (Estudio)	-161,12	-219,43
Diferencia Itemizado Original Proyecto - Itemizado Muro Mesa Nuevo (Compensado)	0,00	0,00

4.2. Resultados y conclusiones:

Muros Atirantados:

Ventajas:

- Poseen libre acceso al movimiento de tierras.
- Se otorga mayor seguridad con los tirantes porque los elementos quedan completamente tensados.
- Hay diversidad de aplicaciones para este tipo de muro.
- Tienen compatibilidad con la mayoría de los sistemas de contención.

Desventajas:

- Poseen un elevado costo de montaje y construcción.

- En algunas ocasiones pueden llegar a importunar construcciones vecinas, no como sería el caso de los muros tipo mesa.

- Requieren de personal calificado y con experiencia en supervisión, para su construcción, montaje y ejecución.

Muros MESA:

Ventajas:

- Los muros MESA cuentan con un desempeño sísmico excelente en cuanto a las deformaciones al poseer geomallas que ancladas al terreno compactado posibilitan un mejor desempeño en movilidad.

- Su velocidad de construcción está ligada principalmente a la cantidad de trabajadores que estén como cuadrilla para el montaje del muro, sin embargo, esto es muy variable dependiendo de si contamos de un terreno plano o en un terreno escalonado (en el caso de ser un terreno escalonado, tardará más su construcción debido a las losetas que deban realizarse en los siguientes niveles de altura).

- Estos muros además no dependen de tiempos de fraguado.

- Normalmente, se consideran construidos un aproximado de 20m2 de fachada/día, como se mencionó anteriormente esto también dependerá de si el terreno es plano o escalonado y la cantidad de trabajadores dentro de la cuadrilla.

- Únicamente debe de haber un supervisor (quien es personal de la empresa proveedora de todo lo que implica el muro mesa, geomallas, geotextil, bloques prefabricados, y conectores), y éste mismo es quien guía el montaje del muro.

  OBSERVACIÓN: En los días que este supervisor no asista a la obra para ser guía del montaje, supervisores de la misma empresa constructora deberán guiar la construcción del muro, teniendo ya las instrucciones claras y dadas por el proveedor. (Las visitas del supervisor de la empresa proveedora son pagadas por día por la empresa constructora).

Desventajas:

- Es complejo aplomar las hiladas de bloques ya que debe de verificarse cada vez que se

formen 3 hiladas de bloques si está bien aplomado o no, en caso de haber desaplome debe de corregirse inmediatamente, ya sea utilizando trozos pequeños de geomalla cortada, ubicándolos en la parte superior del bloque, para inclinar el muro en la dirección correcta y rechazar el desaplome que ya estaba presente, o, intentar el procedimiento que consta de utilizar un chuzo, colocarlo dentro de los huecos que trae el bloque de prefabricado 3 hiladas hacia abajo y ejercer fuerza en dirección contraria al desaplome.

- Otra desventaja que podemos encontrar en los muros tipo mesa, es que cuando poseen una fachada plantable, requieren mantención continua (Riegos).

Algunos datos concretos que comparten todos estos sistemas de muros de contención:

- Todos estos sistemas de muro deben de hacerse excavaciones, para lograr llegar al suelo fundable.

- Todos estos sistemas requieren de un suelo de fundación horizontal, o un suelo de losa de nivelación horizontal (en el caso del muro mesa).
- Todos estos sistemas necesitan de rellenos de compactación controlados (Esto quiere decir que son verificados en cada una de sus capas para saber el porcentaje de compactación, y el porcentaje de humedad del terreno que se compactó, entre otros detalles).

- Si en algún debido caso el relleno tiene contacto directo con fuentes de agua, se tendrán que realizar soluciones como drenes y/o barbacanas con el fin de evacuar estas aguas (en el caso del sistema mesa el geotextil es quién cumple la función de drenaje de aguas).

- Si existen excavaciones en los taludes tendrán que ser protegidos contra la erosión según indique el geotécnico.

Recomendación para proyectos, memorias o estudios futuros:

**Se recomienda profundizar con relación a los aspectos geotécnicos para la fundación de los muros, si existe presencia de roca y/o materiales regulares y rellenos compactados. **

En el primer objetivo específico, se buscó analizar las propiedades, ventajas y desventajas constructivas de cada uno de los tipos de sistemas de contención, este objetivo fue desarrollado y detallado, por ende, se ha cumplido dentro de la investigación.

Para el segundo objetivo específico se logró dar respuesta detallando los

procedimientos de construcción de cada uno de los sistemas de contención del Caso Estudio, respectivamente.

En cuanto al tercer objetivo específico, el cual consistía en realizar un presupuesto comparativo para ambos casos de sistemas de contención para el Proyecto Nueva Villa Dulce, se logró cumplir, ya que se tomaron en consideración los 2 tipos de Muros que se habían propuesto para el Caso y a partir del total de costos se pudo llegar a la conclusión de que ambos sistemas poseen el mismo valor para el Caso Estudio, sin embargo se debe recalcar, que dependiendo de la tipología del terreno, podría haber sido más económico el sistema mesa que el sistema atirantado.

Para el cuarto objetivo específico, se logra proponer el diseño de sistema mesa para alturas de 10.23 m o más y para un tipo de suelo de tipo maicillo, e ideal para el Caso estudio.

En conjunto, la resolución de los cuatro objetivos específicos, logran dar respuesta al objetivo general del proyecto, el cuál era Proponer el Sistema Mesa como solución a la construcción del estacionamiento del Proyecto, considerando una altura y suelo determinado, tomando en consideración de forma general los procedimientos constructivos, ventajas y desventajas que posee el sistema Mesa vs el Muro Atirantado.

El sistema mesa es un sistema mayormente conveniente debido a su composición, además que, a diferencia del sistema atirantado, no requiere de mezcla de hormigón para su montaje ni mucho menos encofrados. (A excepción de los pequeños escalonados y loseta inicial de nivelación, las cuales no utilizan gran parte de hormigón para ser construidas) Esto, asegura incluso, un ahorro en costos de camión hormigonero y además, no se estarían utilizando áridos en todos los m3 de hormigón que se utilizarían por el arriendo de camiones hormigoneros, moldaje, ni camión bomba.

Por otra parte, mencionar que el relleno compactado para el sistema mesa, muchas veces es utilizado el mismo material de la excavación, depende de si este material es apto, mayormente se trata de maicillo, el cual, si es apto para la compactación, en caso de que el material no cumpla con los requisitos deberá mezclarse con árido que se encuentre a disposición dentro de la obra para confección de mezcla en hormigoneras u otros fines. El porcentaje de compactación y humedad también depende mucho de la calidad del riego y los ciclos de compactación que se realicen en la cancha, si se realiza bien el procedimiento mayormente no se encuentran problemas cuando el laboratorista llega a la obra a tomar densidades y si el terreno cumple con el mínimo exigido de compactación y humedad.

Bibliografía

ABC Geotechnical Consulting. (16 de enero de 2021). Obtenido de https://www.mecanicasuelosabcchile.com/muro-contencion-hormigon-armado/

Arequipa, A. (s.f.). *Manual del maestro constructor*. Obtenido de https://www.acerosarequipa.com/manuales/pdf/manual-del-maestro-constructor.pdf

Carlos Perez, a. (s.f.). *Muros Atirantados*. Obtenido de https://www.academia.edu/10355746/MUROS_ATIRANTADOS

CARRETERAS, N. D. (04 de 09 de 2002). *PG 3 ARTICULO 675. ANCLAJES*. Obtenido de http://www.carreteros.org/normativa/pg3/ordenes/circulares/326_2000/675.pdf

CIDELSA, J. E. (05 de Agosto de 2015). *https://issuu.com/engcaos/docs/geomallas_en_obras_viales#:~:text=PROPIEDADES%20MECANICAS%20%E2%80%A2%20Resistencia%20a%20la%20tensi%C3%B3n%20de%20la%20muestra%20ancha.&text=Resistencia%20al%20corte.&text=Resistencia%20al%20anclado%20de%20suelo,agregado%20*. Obtenido de https://issuu.com/engcaos/docs/geomallas_en_obras_viales#:~:text=PROPIEDADES%20MECANICAS%20%E2%80%A2%20Resistencia%20a%20la%20tensi%C3%B3n%20de%20la%20muestra%20ancha.&text=Resistencia%20al%20corte.&text=Resistencia%20al%20anclado%20de%20suelo,agregado%20

Diario el Tipógrafo. (19 de junio de 2018). Obtenido de https://www.federacionjuntas.cl/noticias/las-graves-consecuencias-que-genera-la-excesiva-extraccion-de-aridos-por-falta-de-fiscalizacion

DM Geosintéticos. (29 de Enero de 2019). *Tipos de Polímero que se Utilizan para Geotextiles*. Obtenido de Tipos de Polímero que se Utilizan para Geotextiles: https://www.dmgeosinteticos.mx/2019/01/29/tipos-de-polimero-que-se-utilizan-para-la-fabricacion-de-geotextiles/

EMIN Sistemas Geotécnicos S.A. (06 de septiembre de 2018). Obtenido de https://www.eminsg.cl/nuestros-servicios/muros-de-contencion-tem-mse-y-taludes-reforzados-rss/muro-mesa/

GEOSAI, S. a. (s.f.). *Aplicaciones de Geomallas*. Obtenido de https://www.geosai.com/aplicaciones-de-las-geomallas/#:~:text=Las%20geomallas%20tienen%20un%20dise%C3%B1o,muros%20de%20contenci%C3%B3n%2C%20entre%20otros.

Minería Sostenible de Galicia. (01 de octubre de 2020). Obtenido de https://minariasostible.gal/es/el-mundo-se-esta-quedando-sin-arena/

Mundoavenida. (2017). *Qué es un muro de retención anclado?* Obtenido de https://mundoavenida.com/torres-apartamentos/que-es-un-muro-de-retencion-anclado/

Saurith Carlos, Á. D. (19 de Agosto de 2010). *Estudio comparativo entre sistemas de muros de contención de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos y muros de concreto reforzado*. Obtenido de Estudio comparativo entre sistemas de muros de contención de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos y muros de concreto reforzado: http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/134741.pdf

Saurith, T. p. (2010). *Estudio comparativo entre sistemas de muros de contención de tierra mecánicamente estabilizada con geosintéticos y muros de concreto reforzado.* Bucaramanga.

Soluciones Constructivas, P. (s.f.). *Muro Anclado - Pantalla Atirantada - Estabilización de Taludes*. Obtenido de Muro Anclado - Pantalla Atirantada - Estabilización de Taludes: http://www.panawebsc.com/muro-atirantado

Tensar Earth Technologies, I. (s.f.). *Manual de instalación y consideraciones especiales.*

Tensar. (s.f.). *https://dl-manual.com/doc/manual-de-intalacion-muro-mesa-espaol-gno4w5337gv9*. Obtenido de https://dl-manual.com/doc/manual-de-intalacion-muro-mesa-espaol-gno4w5337gv9