



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**“PROPUESTA DE PROCESO CONSTRUCTIVO DE TIERRA ARMADA CON GEOTEXILES EN MUROS DE CONTENCIÓN PARA ESTABILIZACION DE TALUDES EN PLAYA LA ENCONTRADA – CAÑETE 2016”**

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Castillo Paz, Yonnathan Neister

Nieves Silva, Jhovani Patricio

**Asesor:**

Mg. Ing. Paolo Macetas

Lima – Perú

2018

## APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller **Nombres y Apellidos**, denominada:

**“PROPUESTA DE PROCESO CONSTRUCTIVO DE TIERRA ARMADA CON  
GEOTEXTILES EN MUROS DE CONTENCIÓN PARA ESTABILIZACION DE  
TALUDES EN PLAYA LA ENCONTRADA – CAÑETE 2016”**

---

Ing. Paolo Macetas Porras

**ASESOR**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

**PRESIDENTE**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

## DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a nuestro Padre Celestial Dios, por darnos las fuerzas necesarias y a renovarlas día a día a ser perseverantes, a nuestros familiares por el esfuerzo desplegado, por su gran apoyo y comprensión a la satisfacción de cumplir con nuestro trabajo y superar el cansancio y las dificultades con un único objetivo: Obtener la titulación de Ingeniera Civil para alcanzar nuestro crecimiento personal y profesional para así labrar un mejor futuro a nuestras familias.

## AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a nuestro asesor el Ing. Paolo Macetas, por brindarnos sus conocimientos, apoyo, consejos y amistad para lograr esta meta. A la facultada de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte nuestra alma mater por habernos brindado un plan curricular el cual nos permitió llegar a desarrollarnos como profesionales y llegar a este momento tan ansiado. Asimismo, extender los agradecimientos al ingeniero Kilner Castillo Paz Gerente General de la empresa Dracon Perú S.A.C., por permitirnos acceder a las instalaciones de la obra y a información para el desarrollo de la presente tesis. No podemos dejar de mencionar y agradecer al ingeniero de la empresa Mexichen Perú, Patricia Bernuy Traverso quienes nos brindaron su apoyo y tiempo para culminar con éxito esta tesis.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLA .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>x</b>
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1. ANTECEDENTES.....	11
1.1.1. <i>Situación Macroeconómica – Indicadores PBI, Inflación .....</i>	<i>11</i>
1.1.2. <i>Situación Microeconómica – Edificaciones Sur de Lima.....</i>	<i>11</i>
1.1.3. <i>Estudios internacionales de procesos constructivos.....</i>	<i>13</i>
1.1.4. <i>Estudios nacionales de procesos constructivos.....</i>	<i>14</i>
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVO.....	15
1.3.1. <i>Objetivo general.....</i>	<i>15</i>
1.3.2. <i>Objetivos específicos .....</i>	<i>15</i>
<b>CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1. TIERRA ARMADA CON GEOTEXILES EN MUROS DE CONTENCIÓN.....	16
2.1.1. <i>Definiciones sobre muros de suelos reforzados.....</i>	<i>16</i>
2.1.2. <i>Ventajas del refuerzo del suelo .....</i>	<i>16</i>
2.1.3. <i>Elementos de refuerzo del suelo.....</i>	<i>16</i>
2.1.4. <i>Consideraciones para el diseño .....</i>	<i>18</i>
2.1.5. <i>Muros de retención con refuerzo de tiras metálicas .....</i>	<i>18</i>
2.1.6. <i>Tipos de muro de contención .....</i>	<i>18</i>
2.2. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES.....	19
2.2.1. <i>Definición de talud .....</i>	<i>19</i>
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	19
<b>CAPÍTULO 3 DESARROLLO .....</b>	<b>20</b>
3.1. ORGANIZACIÓN .....	20
3.1.1. <i>Descripción de la Empresa .....</i>	<i>20</i>
3.1.2. <i>Misión y Visión de la empresa.....</i>	<i>20</i>
3.1.3. <i>Proyectos realizados con geosintético.....</i>	<i>20</i>

3.1.4.	<i>Descripción del proyecto</i> .....	26
3.2.	DIAGNÓSTICO DE LA ZONA MÁS CRÍTICA DEL TALUD.....	27
3.3.	DISEÑO DEL MURO .....	27
3.3.1.	<i>Ensayo de Proctor Modificado</i> .....	33
3.3.2.	<i>Parámetros de resistencia geomecánica de los materiales</i> .....	33
3.3.3.	<i>Criterios de seguridad del diseño</i> .....	34
3.3.4.	<i>Propiedades mecánicas del geotextil propuesto</i> .....	34
3.3.5.	<i>Consideraciones técnicas del diseño</i> .....	35
3.4.	DESARROLLO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO .....	36
3.5.	COMPARACIÓN DEL SISTEMA TRADICIONAL CON GEOTEXTIL .....	40
3.5.1.	<i>Comparación económica</i> .....	41
3.5.2.	<i>Comparación en Plazos y Productividad</i> .....	45
3.5.3.	<i>Impacto ambiental:</i> .....	46
<b>CAPÍTULO 4 RESULTADOS .....</b>		<b>48</b>
4.1.	REALIZACIÓN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS DISEÑO DE MURO EN SUELO REFORZADO, ESCALONADO, EN LA PLAYA LA ENCONTRADA EN LIMA-PERÚ.....	48
4.1.1.	<i>Resultados de análisis de estabilidad</i> .....	48
<b>RESULTADO DE CANTIDADES DE GEOTEXTIL EN OBRA.....</b>		<b>58</b>
	DISCUSION DE RESULTADOS .....	58
	CONCLUSIÓN.....	59
	RECOMENDACIONES .....	61
<b>REFERENCIAS .....</b>		<b>62</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>64</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Desarrollo Residencial en Distrito del Sur Lima.....	13
Figura N° 2: Nivelación de Afirmado con Excavadora.....	22
Figura N° 3: Esparcimiento de nueva capa de afirmado.....	22
Figura N° 4: Desencofrado y limpieza de área.....	23
Figura N° 5: Pintado de MSR.....	23
Figura N° 6: Visualización de talud afectado.....	24
Figura N° 7: Elaboración de drenaje.....	25
Figura N° 8: Colocación de Geo dren Planar.....	25
Figura N° 9: Desencofrado.....	26
Figura N° 10: Encofrado para nueva capa.....	26
Figura N° 11: Ubicación de Obra.....	27
Figura N° 12: Esquema de presión de suelos y teoría de muros con geotextil.....	30
Figura N° 13: Longitud de empotramiento.....	31
Figura N° 14: Capacidad portante y falla rotacional de base.....	32
Figura N° 15: Diseño de MSR.....	36
Figura N° 16: Tendido de Geotextil.....	37
Figura N° 17: Compactación con plancha compactadora.....	37
Figura N° 18: Diseño de Formaleta.....	38
Figura N° 19: Diseño de MSR.....	39
Figura N° 20: Modelo de Muro Tradicional.....	40
Figura N° 21: Diseño de Muro de concreto Armado convencional .....	41
Figura N° 22: Comprobación estabilidad global en condición estática para MSR.....	51
Figura N° 23: Comprobación estabilidad global en condición dinámica para MSR.....	51
Figura N° 24: Diseño de fachada malla mortero.....	53
Figura N° 25: Detalle de fachada.....	53

## ÍNDICE DE TABLA

<b>Tabla N° 1: Proyecciones Macroeconómicas.....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla N° 2: Actividad Edificadora Sur Lima .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla N° 3: Cuadro comparativo de muro de concreto armado vs muro de tierra armada con geotextil.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla N° 4: Comparación de Procesos constructivo entre tierra armada con geotextil y muro tradicional.....</b>	<b>46</b>

## RESUMEN

Aunque en el país existe un ligero crecimiento del PBI de construcción en el Primer trimestre del 2018, se debe considerar que el país no se encuentra en el Boom de la construcción de periodos pasados, existiendo una desaceleración económica, por lo tanto obliga a las empresas Constructoras e Inmobiliaria a ser más competitivas, con la necesidad de aumentar la productividad en sus procesos constructivos que originen ahorros económicos, reducción de plazos e innovando para generar menor impacto ambiental.

La presente investigación, contribuye con la competitividad de las empresas, con el objetivo de desarrollar una propuesta de mejora en el proceso de construcción de muros de contención utilizando tierra armada con geotextil aplicado en la estabilización de taludes en el caso del Proyecto de Edificaciones en Playa La Encontrada, Cañete, Lima, el cual ahorre tiempo, costos e Impacto ambiental en los proyectos.

Para el desarrollo de la investigación se realiza una propuesta de metodología de procesos constructivos del uso de tierra armada con geotextil para la estabilización de taludes. Se realiza el diagnóstico del talud a estabilizar determinando la zona crítica, diseño del geotextil y se compara con muros de contención tradicional de concreto armado, determinando las ventajas, con sustentos teóricos de investigaciones nacionales e internacionales, informes técnicos del proveedor de geotextil la empresa Mexichen Perú Soluciones Integrales e informes y datos obtenidos en la ejecución del proyecto.

Los resultados obtenidos en las investigaciones determinan que el uso de tierra armada con geotextil genera una reducción de costos de 20%, aumento de productividad y plazo del 30% y menor impacto ambiental, debido a que los materiales de geotextil tienen menor huella de carbono que el uso de concreto armado y que permiten la construcción de muros ecológicos.

La presente investigación servirá a otros profesionales para continuar investigando sobre mejoras en la estabilidad de suelos con muros de contención, utilizando otros materiales y técnicas, no exclusivos en edificaciones de casa de playas, sino como proyectos de carreteras y cimentaciones.

## ABSTRACT

Although there is a slight growth of construction GDP in the country in the first quarter of 2018, it should be considered that the country is not in the construction boom of past periods, there is an economic slowdown, therefore it forces companies Construction and Real Estate to be more competitive, with the need to increase productivity in their construction processes that result in economic savings, reducing time and innovating to generate lower environmental impact.

This research contributes to the competitiveness of companies, with the aim of developing a proposal for improvement in the process of construction of retaining walls using earth armed with geotextile applied in the stabilization of slopes in the case of the Project of Buildings on the Beach “Playa La Encontrada”, Cañete, Lima, which saves time, costs and environmental impact in the projects. For the development of the research a methodology proposal of constructive processes of the use of earth armed with geotextile for the stabilization of slopes is made.

The slope is diagnosed to stabilize determining the critical zone, geotextile design and compared with traditional retaining walls of concrete wall, determining the advantages, with theoretical underpinnings of national and international investigations, technical reports of the geotextile supplier the company Mexichen Peru Integral Solutions and reports and data obtained in the execution of the project.

The results obtained in the investigations determine that the use of earth armed with geotextile, generates a reduction of costs of 20%, increase of productivity and term of 30% and lower environmental impact, due to the geotextile materials have lower carbon footprints than the use of reinforced concrete and that allow the construction of ecological walls.

The present investigation will serve other professionals to continue investigating improvements in soil stability with retaining walls, using other materials and techniques, not exclusive in beach house buildings, but as road and foundations projects.

## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

#### 1.1.1. Situación Macroeconómica – Indicadores PBI, Inflación

Según BBVA Research (2018), la situación económica del país, se proyecta un crecimiento del PBI de 3.2% en el 2018 y 3.5% para el 2019. Las previsiones toman en cuenta un entorno internacional favorable. Localmente, se asume una mayor calma política, un estímulo fiscal en 2018 y el inicio de la reducción del déficit del gobierno a partir del próximo año. La inflación se encuentra transitoriamente debajo del límite inferior del rango meta (2.8) y las expectativas de inflación se mantiene estables (p.3, 31).

El riesgo sería la posible inestabilidad Política. Ver figura N°1

**Tabla N° 1: Proyecciones macroeconómicas**

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018 (p)	2019 (p)
<b>PIB (var.%)</b>	6.0	5.8	2.4	3.3	4.0	2.5	3.2	3.5
<b>Demanda interna (excl. inv., var.%)</b>	9.8	6.4	2.5	2.2	0.9	1.7	3.3	3.3
<b>Gasto Privado (var.%)</b>	6.5	7.2	1.9	2.7	1.3	2.0	3.3	3.3
Consumo Privado (var.%)	7.4	5.7	3.9	4.0	3.3	2.5	2.7	3.0
Inversión privada (var.%)	15.6	7.1	-2.2	-4.2	-5.7	0.3	3.0	4.5
<b>Gasto Público (var.%)</b>	11.6	8.1	3.6	3.6	-0.3	-0.1	6.1	2.7
Consumo Público (var.%)	8.1	6.7	6.0	9.8	-0.5	1.0	6.1	2.3
Inversión pública (var.%)	19.5	11.1	-1.1	-9.5	0.2	-2.8	6.0	3.8
<b>Tipo de cambio (vs. USD, fdp)</b>	2.57	2.79	2.96	3.39	3.40	3.25	3.23	3.26
<b>Inflación (% a/a, fdp)</b>	2.6	2.9	3.2	4.4	3.2	1.4	2.0	2.4
<b>Tasas de interés * (% , fdp)</b>	4.25	4.00	3.50	3.75	4.25	3.25	2.75	3.25
<b>Resultado Fiscal (% PIB)</b>	2.3	0.9	-0.3	-2.1	-2.6	-3.1	-3.4	-3.0
<b>Cuenta Corriente (% PIB)</b>	-2.8	-4.7	-4.4	-4.8	-2.7	-1.3	-1.3	-1.8
Exportaciones (miles de millones de USD)	47.4	42.9	39.5	34.4	37.0	44.9	48.3	49.2
Importaciones (miles de millones de USD)	41.0	42.4	41.0	37.3	35.1	38.7	41.7	43.3

**Nota:** Proyecciones macroeconómica. Adaptado “Situación Perú 2T 18”, por BBVA RESEARCH PERU

#### 1.1.2. Situación Microeconómica – Edificaciones Sur de Lima

Según Colliers International Perú (2017), en su reporte de playas basado en el estudio de mercado de edificaciones de CAPECO (2016), indica que en el periodo 2016, el 69% de las nuevas edificaciones de casa de playa en el sur se realizó en la zona de Asia, donde se registró la construcción de 79 nuevas unidades (p. 3). Ver Tabla N° 2.

**Tabla N° 2: Actividad Edificadora Sur Lima**

ASIA						
ACTIVIDAD EDIFICADORA						
Club / Playa	Km.	2012	2013	2014	2015	2016
Los Farallones	92.5	3	4	7	2	3
Puesta el Sol	92.5	3	0	11	12	0
Arena & Campo	92.5	1	0	0	1	0
El Coral	94.3	0	0	0	9	10
Chupikalla	94.5	4	1	1	0	1
Las Arenas	95	5	0	6	3	1
Del Golf	95	21	10	12	8	9
Bora Bora	95	2	2	1	1	0
Playa del Sol	95	2	2	6	1	1
Playa Blanca	96.3	0	0	3	0	0
La Isla	97.6	2	2	2	1	0
Los Cocos	98	0	1	0	0	1
Las Palmas	98	0	2	7	0	0
Mar Azul	98	0	0	0	1	0

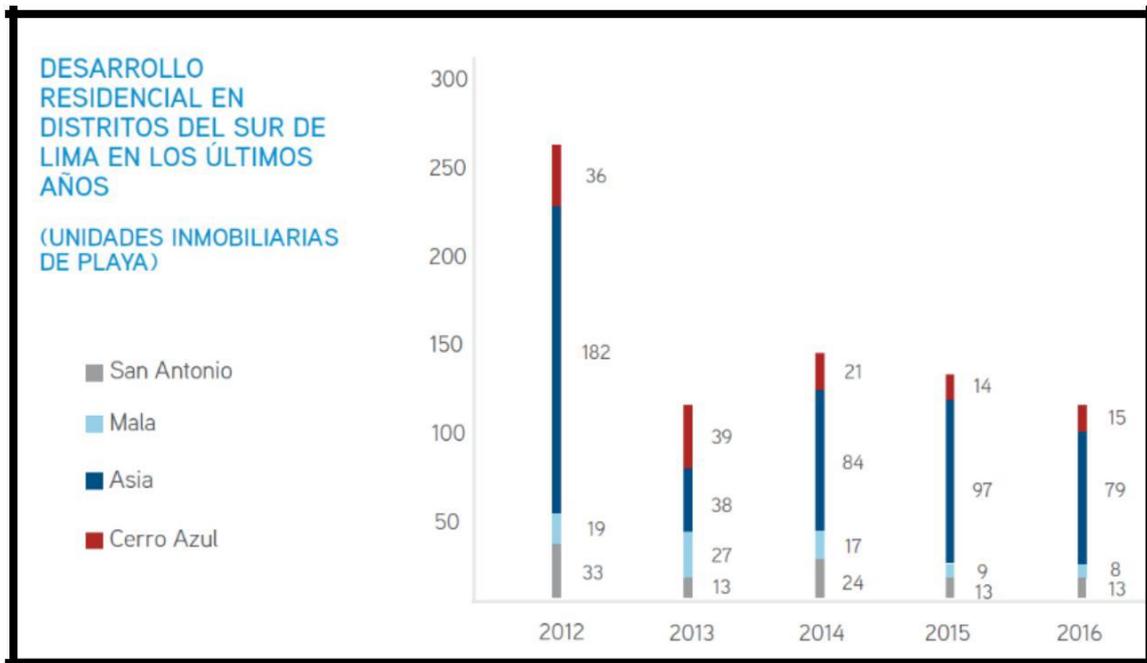
Club / Playa	Km.	2012	2013	2014	2015	2016
Kapala	98.5	0	2	2	0	0
Haras Rancho Sur	98.8	0	0	1	0	0
Palabritas	98.9	0	0	0	1	0
Cocoa Beach	100	1	1	0	2	2
Las Gaviotas	100	2	3	1	0	0
La Jolla	101	0	0	1	5	4
Formentera	107	0	0	6	14	12
Mallorca	107	0	0	6	21	19
Panorama	107.5	0	0	7	9	8
Leoncitos	115	1	0	0	1	0
La Encontrada	116	0	0	0	0	3
Palillos	116.6	2	0	0	1	0
El Misterio	117	6	6	4	4	5
<b>TOTAL</b>		<b>182</b>	<b>38</b>	<b>84</b>	<b>97</b>	<b>79</b>

Fuente: Capeco / Elaboración: Colliers International

**Nota:** Edificaciones Playas. Adaptado “Estudio de Mercado de Edificaciones 2016 - CAPECO”, por COLLIERS INTERNATIONAL.

En Proyectos de edificaciones en los distritos del sur de Lima como casas de campo y playas, es necesario la construcción de muros de contención por la morfología de los terrenos. La estabilidad económica, el proyecto de Tren de cercanías Huacho- Lima - Cañete, la oferta inmobiliaria en el distrito de Asia la cual es constante (Ver Figura N° 1) y nuevos proyectos de gran envergadura como Nueva Lima de la Corporación Zolla de inversión de \$ 1 700 millones, generan la necesidad de desarrollar procesos constructivos de muros de contención eficientes, económicos y que tengan menor impacto ambiental, lo cual es propósito de la presente investigación.

**Figura N° 1:** Desarrollo Residencial en Distrito del sur Lima. Adaptado  
 "Estudio de Mercado de Edificaciones 2016 -CAPECO", por COLLIERS  
 INTERNATIONAL.



### 1.1.3. Estudios internacionales de procesos constructivos

Según Aguilar (2008) en su investigación análisis comparativo entre sistemas de drenajes con geosintéticos versus sistemas de drenajes naturales para muros de contención, si bien hace años atrás los drenajes de muros de contención en base a materiales naturales eran prioridad, hoy en día ya no lo son, debido principalmente a la aparición de nuevos sistemas de drenajes como son los confeccionados con geosintéticos, que ofrecen un aumento mayor de su vida útil y la facilidad y reducción en los tiempos para su instalación, ya que son productos prefabricados.

Contramestre y Gonzales (2007) realizó un "análisis comparativo de sistemas de estabilización de taludes bajo el concepto de suelos reforzados, comparando los sistemas tierra armada y terramesh system para un talud ubicado en granjerías de la Trinidad, Caracas, comparativo técnico y económico, ambos son sistemas de estabilización de taludes, conceptualmente basados en los mismos principios técnicos de ingeniería, lo que cambia para cada uno es la estética y la funcionalidad.

Osto (2008) investigó sobre "Construcción de un muro mecánicamente estabilizado con el proceso de tierra armada, de que el proceso constructivo de la tierra armada es más fácil de ejecutar puesto que se vuelve cíclico.

En tal sentido, según investigaciones pasadas el sistema de tierra reforzado con geosintético, es el más recomendado debido a la practicidad, economía, estética, funcionalidad e impacto ambiental, que genera ahorros en la construcción.

#### **1.1.4. Estudios nacionales de procesos constructivos**

Es de importancia conocer estudios similares al propuesto, para determinar las ventajas técnicas, económicas que pueda ofrecer el proceso constructivo de estudio de la presente investigación.

Según Pinedo (2012) investigó sobre la Comparación entre muros de suelo reforzado con elementos extensibles y no extensibles. La metodología de trabajo se basó en la realización de un diseño para ambos sistemas, teniendo en consideración los mismos parámetros de diseño, llegando a la conclusión que los muros de suelo reforzado con elementos inextensibles son entre un 23 a 34% más costosos que los muros de suelo reforzado con elementos extensibles.

Arana y Quispe (2013) investigó sobre “Muro de suelo reforzado con Terramesh System aplicado al proyecto “Chancadora primaria”. Con el objetivo de evaluar el uso de la tecnología de muros de suelo reforzado. La metodología de trabajo se basó en la construcción de un muro de 200 m. de frontal de alturas variables. El diseño se realizó el programa MacStar2000, programa especializado en el diseño de muros de suelo reforzado, concluyendo que el muro de suelo reforzado con Terramesh System es más ventajoso económicamente frente a otro tipo de tecnologías.

Según Balois (2007) en sus investigaciones de muros de contención de suelo reforzado con geotextil, indica que estas estructuras reforzadas permiten conformar áreas planas y soportar empujes laterales.

Según Soto (2009) en sus investigaciones sobre la Aplicación de geosintéticos a terraplenes, identificó los principales geosintéticos para la estabilidad de terraplenes. La metodología de trabajo se basó en recolección de información a través de la opinión de expertos concluyendo que todos los geotextiles tienen más de un solo uso. Las combinaciones de estos pueden ser benéficas para algunos proyectos, sin embargo, se aconseja la recomendación de algún experto.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación es de importancia, se desea contribuir con metodologías y alternativas constructivas que sirvan de apoyo en la solución de problemas cuando se utilizan muros de contención con concreto armado, los cuales generan pérdidas de tiempo, costos, calidad e impacto ambiental. En la investigación se analiza y compara, con sistemas eficientes utilizando geosintético, que ofrecen beneficios técnicos, económicos y disminuye impactos ambientales. Es de importancia reducir la fabricación de cemento y hierro las cuales emiten gases contaminantes como monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno y dióxido de azufre mayor a las industrias de geosintéticos, además al utilizar los geosintéticos beneficia la reforestación.

Finalmente, los resultados de la investigación servirán a otros profesionales para continuar investigando sobre mejoras en la estabilidad de suelos con muros de contención utilizando otras técnicas y materiales, en otras zonas del país no exclusivamente en la construcción de casa de playas, con el objetivo de concluir los proyectos en el plazo establecido, reducir los costos e impacto ambiental.

## 1.3. OBJETIVO

### 1.3.1. Objetivo general

Desarrollar propuesta de mejora en el proceso de construcción del muro de contención, y mejorar la seguridad de la gente que vive en la parte inferior del talud afectado utilizando tierra armada con geotextil aplicado en la estabilización de taludes en el caso del Proyecto de Edificaciones en la Playa La Encontrada, Cañete, Lima, el cual ahorre tiempo, costos e Impacto ambiental en el proyecto.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar las zonas más críticas y estado actual de la estabilización de taludes en la playa La Encontrada, Cañete, Lima
- Diseñar el uso de tierra armada con geotextiles para lograr la estabilización de taludes en la Playa La Encontrada, Cañete, Lima.
- Comparar las ventajas de la utilización de tierra armada con geotextiles con referencia a muros de contención con concreto armado en la Playa La Encontrada, Cañete, Lima.

## **CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1. TIERRA ARMADA CON GEOTEXTILES EN MUROS DE CONTENCIÓN**

#### **2.1.1. Definiciones sobre muros de suelos reforzados**

Braja M. Das (2008) manifiesta que las estructuras de suelo reforzado son sistemas compuestos de suelo compactado y elementos de refuerzo en tensión. Los refuerzos pueden ser tiras metálicas galvanizadas, Geotextiles o geo compuestos (p.358).

#### **2.1.2. Ventajas del refuerzo del suelo**

Braja M. Das (2008) nos dice que los efectos benéficos del refuerzo del suelo se derivan de (p.359):

- Una mayor resistencia a tensión del suelo.
- La resistencia al corte desarrollado por la fricción en la interface suelo-refuerzo. Este refuerzo es comparable con el de las estructuras de concreto.

#### **2.1.3. Elementos de refuerzo del suelo**

Braja M. Das (2008) manifiesta las siguientes consideraciones sobre los principales refuerzos del suelo (p.360):

##### **Tiras metálicas**

En la mayoría de los casos se usan tiras de acero galvanizado como refuerzo en el suelo. Sin embargo, el acero galvanizado es susceptible a la corrosión.

##### **Tejidos no biodegradables**

A los tejidos no biodegradables se les llama geotextiles. Los tejidos se fabrican generalmente a base de derivados del petróleo. Pueden elaborarse a base de las fibras de vidrio. Los geotextiles no se preparan con tejidos naturales porque se degradan muy rápidamente. Pueden ser trenzados, tejidos o sin trenzar.

##### **Geomallas**

Son materiales poliméricos de alto módulo elástico (alta respuesta elástica inmediata que le aporta refuerzo al suelo) tales como el polipropileno y el polietileno y son preparados por estirado. Su función principal es el refuerzo. Son materiales relativamente rígidos en forma de red con grandes espacios llamados aberturas que son suficientemente grandes para permitir la trabazón con el suelo o roca circundantes para efectuar las funciones de refuerzo y/o segregación.

## **Suelos involucrados en el diseño**

Los suelos involucrados en toda estructura de suelo reforzado son el suelo reforzado, llamado también suelo de relleno, el suelo retenido y el suelo de fundación. Cada uno de estos debe de cumplir con determinadas características. A continuación, se describirá a cada uno de los suelos que se acaban de mencionar.

### **Suelo Reforzado**

Suelo reforzado es aquel que internamente está compuesto por elementos de refuerzo en tensión. En la mayoría de los muros de suelo reforzado se emplea suelos granulares, limpios, no cohesivos.

Para escoger de una manera adecuada el material de relleno que se va a emplear y que posteriormente va a ser reforzado, es muy importante considerar el rendimiento que tendrá dicho material en un período de largo plazo, en su correspondiente etapa de construcción y la degradación de los refuerzos producto del medio ambiente lo cual afecta directamente la estabilidad de la estructura.

Lo que se recomienda por norma como material de relleno son los suelos granulares, los cuales a su vez deben estar libres de materiales nocivos orgánicos, debido a que pueden llegar afectar de una manera negativa el rendimiento de la estructura.

### **Suelo Retenido**

Se denomina suelo retenido al material que se localiza inmediatamente detrás de la zona de material de relleno reforzado, no existe algún requerimiento especial en su granulometría y en sus propiedades de resistencia. Los parámetros más importantes y que son requeridos para el diseño de un muro de suelo reforzado son el peso específico del material, la cohesión y el ángulo de fricción.

### **Suelo de Fundación**

Es muy importante considerar todas las características de los suelos de fundación, así como también los distintos factores que pueden llegar a alterar dichas características, ya que si se llega a producir algún tipo de falla considerable en el suelo de fundación el resultado de ello puede terminar siendo algo catastrófico.

El estudio sobre los suelos de fundación debe de estar enfocado en establecer la estabilidad global de la estructura, los potenciales asentamientos, así como también el nivel de aguas subterráneas.

#### **2.1.4. Consideraciones para el diseño**

Braja M. Das (2008) sostiene que el procedimiento general de diseño de cualquier muro de retención mecánicamente estabilizado se puede dividir en dos partes (p.409):

- Satisfacer los requerimientos de estabilidad interna.
- Revisar la estabilidad externa del muro.

Las revisiones de la estabilidad interna comprenden determinar la resistencia a la tensión y a la extracción de los elementos de refuerzo y evaluar la integridad de los elementos de fachada.

Las revisiones de estabilidad externa incluyen revisiones contra fallas de volcamiento, deslizamiento y capacidad de carga.

#### **2.1.5. Muros de retención con refuerzo de tiras metálicas**

Braja M. Das (2008) nos dice que los muros de tierra reforzada son flexibles. Sus componentes principales son (p.410):

- Relleno, que es suelo granular.
- Tiras de refuerzo, que son delgadas y anchas colocadas a intervalos regulares.
- Una cubierta o revestimiento, sobre la cara frontal del muro.

#### **2.1.6. Tipos de muro de contención**

Según Carlos Crespo Villalaz (2013) los muros de contención pueden ser (p. 505, 506, 507):

##### **Muros de gravedad**

Son aquellos que resisten los empujes mediante su propio peso, y son económicos para alturas menores de 4.5 m. La estabilidad de este tipo de muro se logra sólo con su propio peso, por lo que se requiere grandes dimensiones dependiendo de los empujes.

##### **Muros en ménsula**

Son aquellos que trabajan como viga en voladizo, empotrados en una zapata inferior. Estos muros son económicos para alturas hasta de 6.5 m. Estos muros son de concreto reforzado y la forma más usual es la llamada "T".

##### **Muros con contrafuerte**

Son aquellos que resisten los empujes trabajando como losas continuas apoyadas en los contrafuertes, es decir que el refuerzo principal en el muro lo lleva horizontalmente. Son muros de concreto, económicos para alturas mayores de 6.5

## **2.2. ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

### **2.2.1. Definición de talud**

Según Polo (2005) se denomina talud a la superficie inclinada con respecto a la horizontal que adoptan las masas del suelo cuando se encuentran libremente en la naturaleza (laderas); cuando se depositan o almacenan en una superficie (talud reposo); cuando se construye terraplenes (talud de terraplén) o cuando se excava el suelo en el blanqueo de un movimiento de tierra.

Además, se entiende por talud a cualquier superficie inclinada respecto de la horizontal que hayan de adoptar las estructuras de tierra.

Al respecto se entiende por estabilidad a la seguridad de una masa de tierra contra la falla o movimiento. Como primera medida es necesario criterios de estabilidad de taludes, entendiéndose por tales algo tan simple como el poder decir en un instante dado cuál será la inclinación apropiada en un corte o terraplén; casi siempre la más apropiada será la más escarpada que se sostenga el tiempo necesario sin caerse.

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **Cohesión**

Es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas (Braja, 2008).

### **Tierra armada**

Es aquel que internamente está compuesto por elementos de refuerzo en tensión. En la mayoría de los muros de suelo reforzado se emplea suelos granulares, limpios, no cohesivos (Braja, 2008).

### **Geotextil**

Se pueden definir como un material textil plano, permeable y polimérico, que se emplea en contacto con suelos y otros materiales para aplicaciones geotécnicas en ingeniería civil (Ballester y otros, 2010)

### **Geosintético**

Se denomina geosintético a los materiales fabricados con polímeros y que se emplean para mejorar, aumentar y hacer más económicos diversos tipos de proyectos tales como los medioambientales, infraestructuras de transporte, obras geotécnicas, hidráulicas, carreteras, etc. (Ramos, 2013).

## CAPÍTULO 3 DESARROLLO

### 3.1. ORGANIZACIÓN

#### 3.1.1. Descripción de la Empresa

**DRACON PERU SAC** es una organización dedicada a la construcción y elaboración de proyectos de ingeniería. Constituida al amparo de la Constitución y del Código Civil. Congrega a profesionales dedicados al rubro de la construcción, estudios, obras de ingeniería, consultaría, y servicios afines; tiene presencia nacional con proyección internacional.

#### 3.1.2. Misión y Visión de la empresa

##### Visión

Ser reconocida como la mejor empresa peruana especialista en construcción y proyectos de ingeniería, productos y servicios afines, con la más alta tecnología; y con personal plenamente identificado, que brinda constantemente satisfacción al cliente, que contribuye al desarrollo del país promoviendo la cultura de innovación permanente, eficiencia y rapidez.

##### Misión

Practicando la Excelencia en nuestras acciones y guiados por nuestra Filosofía Empresarial expresión de una cultura basada en principios éticos y valores trascendentes - nuestra misión es lograr: Satisfacer innovadora y competitivamente a nuestro cliente, con servicios de creciente valor agregado y alta calidad. Generar utilidades para mantener nuestra solidez financiera, impulsar un crecimiento sostenido y retribuir adecuadamente a nuestros clientes y socios. Auto realizarnos plenamente como personas, favoreciendo el bienestar de las empresas con las que laboramos y para las que prestamos servicios.

#### 3.1.3. Proyectos realizados con geosintético

Diciembre 2011 – Marzo 2012.

Cliente: EKOLIMA S.A.C.

Proyecto: HABILITACIÓN URBANA EN PLAYA CHOCAYA (Especialidad Muros -Redes de agua y desagüe).

Monto: US\$. 1'800,000.00

Financiamiento: Privado.

Ver Figura N° 2 ,3,4,5.

**Figura Nº 2: Nivelación de afirmado con Excavadora**



**Fuente:** Elaboración propia, tomada en campo



**Figura Nº 3: Esparcimiento de nueva capa de afirmado**

**Fuente:** Elaboración propia, tomada en campo

**Figura N° 4: Desencofrado y limpieza de área**



**Fuente:** Elaboración propia, tomada en campo

**Figura N° 5: Pintado de MSR**



**Fuente:** Elaboración propia, tomada en campo

Junio 2012 – Agosto 2012.

Cliente: TRACTOCAMIONES USA (BEN INVERSIONES E.I.R.L.)

Proyecto: LOCAL INDUSTRIAL (MURO SUELO REFORZADO GEOESTRUCTURA-  
GEOTEXTILES H=9M, L=170M, E=5M)

Monto: S/. 1'940,000.00

Financiamiento: Privado.

Ver Figura N°6,7,8,9,10.

**Figura N° 6: visualización de talud afectado**



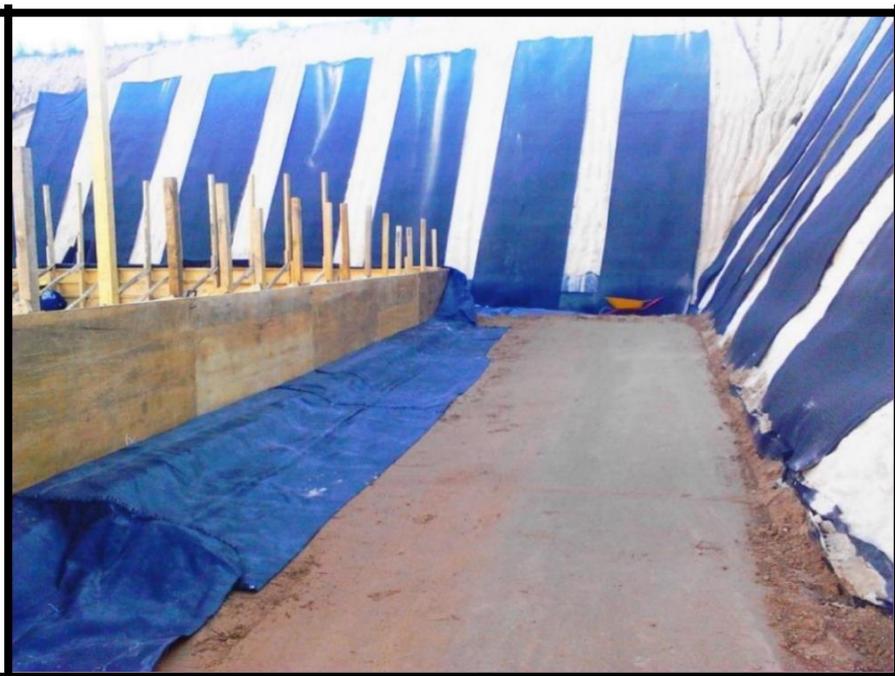
**Fuente:** Elaboración propia, tomada en campo

**Figura N° 7: Elaboración de drenaje**



**Fuente:** Elaboración propia, tomada en campo

**Figura N° 8: Colocación de Geodrén planar**



**Fuente:** Elaboración propia, tomada en campo

**Figura N° 9: Desencofrado**



**Fuente:** Elaboración propia, tomada en campo

**Figura N° 10: Encofrado para nueva capa**



**Fuente:** Elaboración propia, tomada en campo

### 3.1.4. Descripción del proyecto

#### Descripción

El proyecto La encontrada de la empresa **DRACON PERU SAC**, se encuentra ubicado en distrito de Asia, provincia de Lima en playa La Encontrada, en el Km. 115 de la panamericana sur y a 200 metros del océano pacifico, ver Figura N°11.

#### Ubicación

Figura N° 11: ubicación de obra



Fuente: Elaboración propia, captada del Google earth

### 3.2. DIAGNÓSTICO DE LA ZONA MÁS CRÍTICA DEL TALUD.

Los propietarios del Condominio de la playa La Encontrada, en varias oportunidades fueron afectados por problemas de fugas de las redes de agua y desagües que generaban inestabilidad de los taludes, los cuales se consideraron como críticos un talud con longitud de 20 ml y 16 ml de altura. Por lo tanto, se desarrolló un proyecto para su estabilización, el cual es tema de la investigación.

La demás área de taludes no existe la presencia de tuberías de agua y desagüe, que según diseño solo es necesario la estabilización mediante corte de taludes artificiales y shortcrete.

Inicialmente se propuso la construcción de muros de concreto armado para la estabilidad del talud crítico, pero se cambió por el método de tierra armada con geotextiles debido que utiliza menos procesos constructivos siendo más rápido restricción importante para el proyecto debido al peligro inminente a las edificaciones de las propiedades vecinas.

En el anexo 02, se puede ver la zona más crítica del talud, que es el área de trabajo.

### 3.3. DISEÑO DEL MURO

Los suelos al igual que el concreto presentan una buena resistencia a la compresión, pero son deficientes cuando se trata de asumir esfuerzos de tracción, por tal motivo cuando los suelos son combinados con elementos que sean capaces de absorber esfuerzos de tracción como son los geotextiles se puede lograr estructuras de suelo reforzadas.

La metodología de Diseño empleada en **Geosistemas Pavco** para los muros en suelo reforzado está fundamentada en los planteamientos propuestos por Whitcomb y Bell (1979), ya que es la metodología más sencilla de manejar. Se asume que en la estructura no se presentan presiones hidrostáticas y que la superficie de falla activa es una superficie plana definida por la metodología de Rankine.

La metodología de diseño de estructuras reforzadas considera 3 etapas:

La primera de ellas es el diseño a la estabilidad interna en donde se establece los espesores de capa, longitud de refuerzo para la resistencia de diseño con base en las especificaciones técnicas del geosintético en consideración.

La segunda etapa del diseño es la revisión a la estabilidad externa, por medio de un análisis de equilibrio límite se obtiene el factor de seguridad al deslizamiento, volteo y capacidad portante el cual se compara con los factores de seguridad establecidos.

La tercera parte en el diseño es establecer el tipo de fachada del muro y las condiciones de drenaje y subdrenaje.

El principio de diseño consiste en obtener unas capas de refuerzo con geosintéticos de cierta resistencia mediante un análisis de equilibrio límite, de tal forma que se obtenga una masa de suelo internamente estabilizada. Esta masa de suelo estabilizada por la acción de su propio peso soporta empujes laterales. Esto se define como el cálculo de la estabilidad interna.

### **i. Estabilidad Interna**

En la estabilidad interna, se determina:

- La cantidad de refuerzo que permita soportar mediante tensión y anclaje los empujes de tierra.
- La separación entre capas.
- Las diferentes longitudes: Longitud de empotramiento, longitud hasta la falla, longitud de dobléz y longitud total ( $L_e$ ,  $L_r$ ,  $L_o$  y  $L_t$ , respectivamente).

Datos que se debe conocer y cálculos a realizar para llegar a los datos finales:

- Determinar las dimensiones preliminares del muro.
- Dimensionar la base del muro. En la mayoría de los casos se asume inicialmente como  $\geq 0.85$  veces la altura máxima. Esta dimensión deberá ser revisada durante el análisis de estabilidad externa.
- Desarrollar los diagramas de presión lateral de tierras para la sección reforzada. Estos se componen por la sumatoria de los valores obtenidos para el empuje lateral de tierras, por cargas muertas y cargas vivas y sísmicas.
- Calcular los máximos esfuerzos horizontales en cada capa de refuerzo.

Calculo de cargas vivas: Calculadas por medio de la Ecuación de Boussinesq, se calculan los incrementos de carga generados por cada rueda y el esfuerzo horizontal total producido por todas las llantas sobre la cara del muro con respecto a la profundidad. En la figura N° 12, se muestran los esfuerzos y consideraciones del diseño.

Calculo de empujes:

$$h_s = K_a \cdot z$$

$h_s$  = Fuerza horizontal debido al suelo de relleno.

$K_a$  = Coeficiente activo de presión de suelos.  $K_a = \tan^2 (45 - \phi / 2)$

$\phi$  = Angulo de fricción interna del suelo

$\gamma$  = Peso unitario del suelo

Empuje por sobrecarga:

$$h_q = K_a q$$

$h_q$  = Esfuerzo horizontal generado por las cargas muertas sobre el muro.

$Q$  =  $D$  = Sobrecarga sobre la superficie.

$\gamma$  = Peso unitario del suelo o del acopio ubicado sobre la corona del muro.  $D$

$H$  = Altura del relleno ubicado sobre la corona del muro.

Determinación del espesor de capa:

$$S_v = T_d / h FS$$

$T_d$  = Tensión disponible del Geotextil.

$h$  = Empuje horizontal total a la profundidad considerada.

$FS$  = Factor de seguridad global. (Usar entre 1.3 y 1.5).

Calculo de la tensión admisible del geotextil:

$$T_d = T_{ULT} / (FS_{ID} \cdot FS_{CR} \cdot FS_{DQ} \cdot FS_{DB})$$

$T_d$  = Tensión admisible del Geotextil.

$T_{ULT}$  = Resistencia a la tensión última o disponible dada por el fabricante.

Ensayo Tira ancha. (ASTM D 4595)

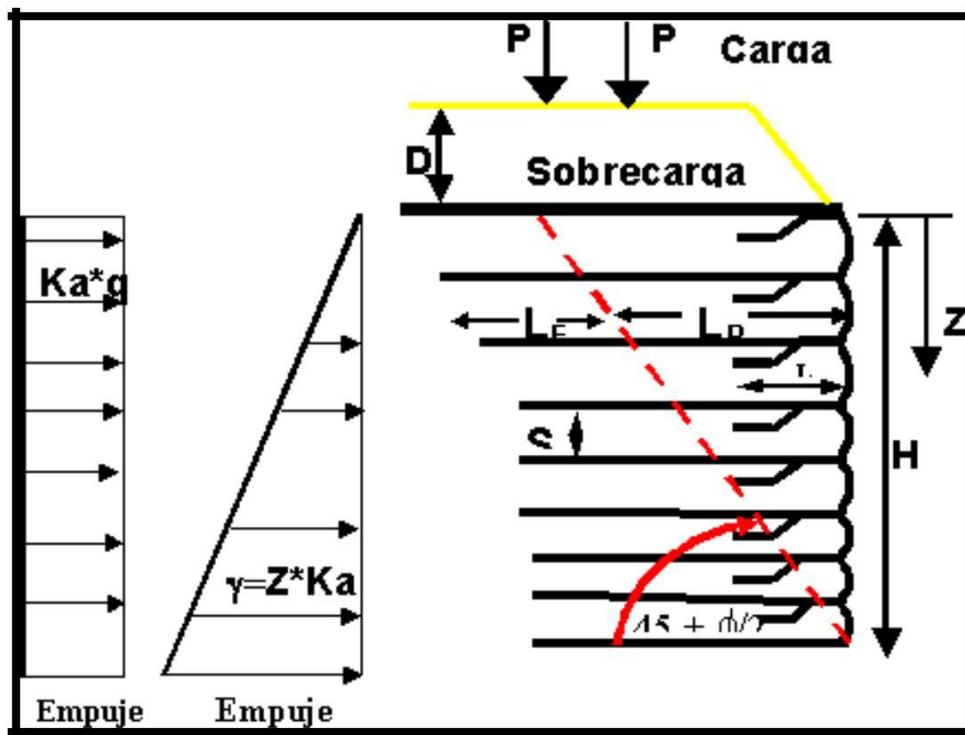
$FS_{ID}$  = Factor de por daños en la instalación.

$FS_{CR}$  = Factor de seguridad por Creep.

$FS_{DQ}$  = Factor de seguridad por degradación química.

$FS_{DB}$  = Factor de seguridad por degradación bacteriológica.

Figura N° 12: Esquema de presión de suelos y teoría de muros con geotextil



Fuente: Elaboración Mexichen Perú

**Esquema Concepto de presión de suelos y teoría de muros con Geotextil**

Cálculo de la longitud del Geotextil, ver Figura N° 13, se indica la longitud a calcular:

$$L = L_e + L_r + L_o + S_v$$

- $L_e$  = Longitud de empotramiento. Mínimo 1 m

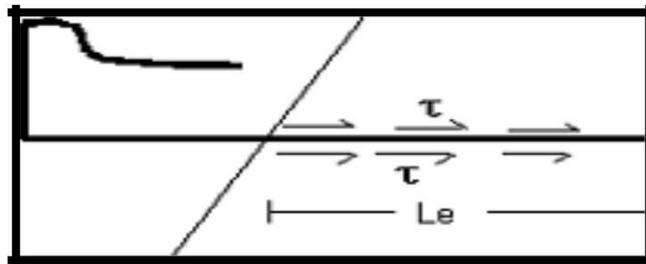
$$h * S_v = (2 * L_e) / F.S.$$

$$= c' + n * \text{Tan}$$

$$L_e = (h * S_v * F.S.) / 2$$

= ángulo de fricción entre el suelo y el Geotextil

**Figura N° 13: Longitud de Empotramiento**



**Fuente:** Elaboración Mexichen Perú

- $L_r$  = Longitud hasta la superficie de Ranking

$$L_r = (H - Z) \tan (45 - \phi / 2)$$

- $L_o$  = Longitud del doblado superior. Asumirla igual a 1.5m

## ii. Estabilidad Externa

- **Verificación de las consideraciones de deslizamiento o corrimiento:**

Mediante un análisis de equilibrio límite en donde se tienen en cuenta las fuerzas desestabilizantes (empujes) y las fuerzas estabilizantes (Fuerza Cortante en la base) se obtiene un factor de seguridad. Este debe ser igual o superior a los mínimos establecidos en las condiciones técnicas.

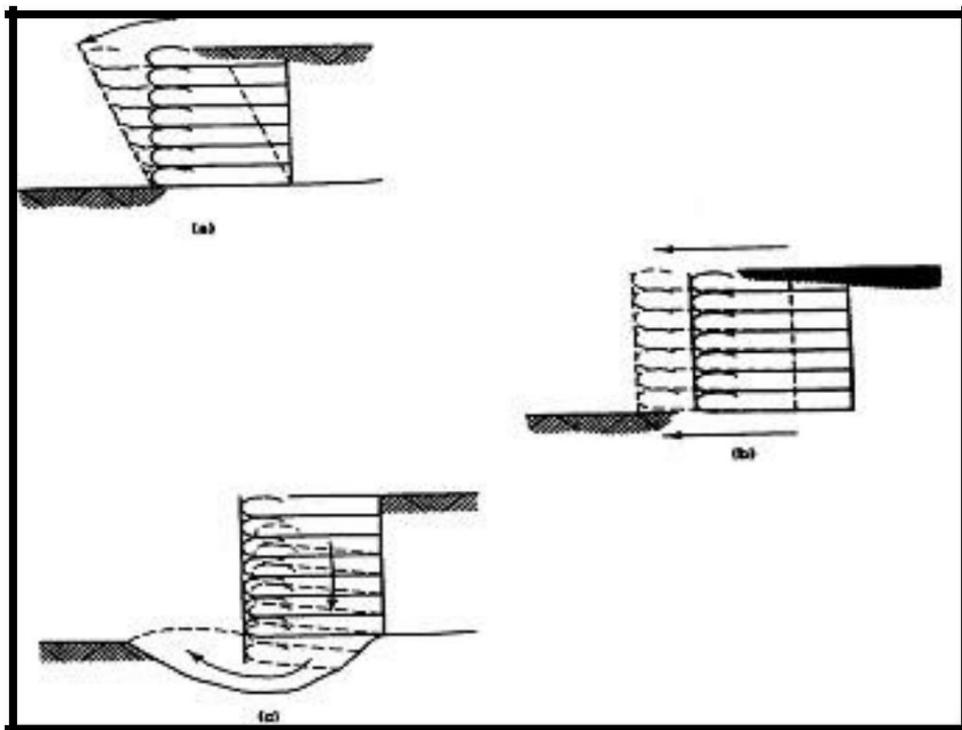
- **Volcamiento:**

Mediante un análisis de equilibrio límite en donde se considera la razón entre los momentos desestabilizantes y los momentos estabilizantes, obteniendo un factor de seguridad. Este debe ser igual o superior a los mínimos establecidos en las condiciones técnicas.

- **Capacidad portante y falla rotacional de base:**

Por medio de análisis clásicos de geotecnia se calcula la capacidad portante última y admisible y se compara con la presión de contacto ejercida por el muro. Adicionalmente se hace una revisión a la falla rotacional de base y revisión del comportamiento en la condición sísmica. En la figura N° 14 están dibujado los tres tipos de verificaciones.

**Figura N° 14: Capacidad Portante y Falla Rotacional de Base**



**Fuente:** Elaboración Mexichen Perú

- Chequeo a la estabilidad global o estabilidad general

El efecto de la construcción de un terraplén o muro genera una sobrecarga en el sitio en donde se está colocando, por tal motivo es necesario revisar la estabilidad general o global del sitio con el objetivo de garantizar la estabilidad del lugar o de la obra. Este análisis se realiza por métodos clásicos de estabilidad considerando superficies de falla y evaluando factores de seguridad o probabilidades de falla.

i. Sistemas de subdrenaje, drenaje y fachada

El drenaje y subdrenaje es crítico para mantener la estabilidad del muro en suelo reforzado.

Existen varios tipos de fachada y al igual que el sistema de drenaje y subdrenaje escogido, estos se muestran en el esquema y en el informe general del proyecto.

### 3.3.1. Ensayo de Proctor Modificado

Los estudios de ensayos de Proctor modificado, se realizó según ASTM-D1557. El material de préstamo (afirmado) para el muro de suelo reforzado se obtuvo de la cantera Virgen del Rosario ubicado en el distrito de Asia a 5 km del proyecto, obteniéndose los siguientes valores para el control:

- Densidad óptima: 2.16 g/cm<sup>3</sup>
- Humedad óptima: 7.4 %

Los ensayos de control de Proctor modificado según los estudios de suelos deben cumplir con porcentaje de compactación del 95%. Los estudios mencionados se pueden ver en el Anexo 05.

### 3.3.2. Parámetros de resistencia geomecánica de los materiales

Tomando la información entregada por el proveedor MEXICHEM PERU, los parámetros de resistencia geomecánica de los materiales necesarios para el análisis de la estabilidad interna, externa y global son:

Material	(KN/m <sup>3</sup> )	(°)	C (KN/m <sup>2</sup> )
Material de relleno y confinado	19	35	0.0
Material de fundación	19	37	1.5

### 3.3.3. Criterios de seguridad del diseño

Los criterios de Seguridad del Diseño son:

• Factor de Seguridad por Daños de instalación	FR <sub>di</sub> = 1,2
• Factor de Seguridad por Fluencia del Material	FR <sub>fi</sub> = 2,2
• Factor de Seguridad por Degradación Química	FR <sub>dq</sub> = 1,0
• Factor de Seguridad por Degradación Biológica	FR <sub>db</sub> = 1,0
• Factor de Seguridad Global	FS = 1,3
• Factor de Seguridad Condición Estática Deslizamiento	1.5
• Factor de Seguridad Condición Dinámica Deslizamiento	1.125
• Factor de Seguridad Condición Estática Volcamiento	2.0
• Factor de Seguridad Condición Dinámica Volcamiento	1.5
• Factor de Seguridad Capacidad Portante	3.0

### 3.3.4. Propiedades mecánicas del geotextil propuesto

Las propiedades mecánicas del geotextil son:

- Geotextil Tejido Tipo 1:

Resistencia (última) a la tensión (ASTM D-4595): 41.0 KN/m Resistencia (admisible) a tensión:  $T_a = T_{ult} / 2.64 = 15.53$  KN/m

- Geotextil Tejido Tipo 2:

Resistencia (última) a la tensión (ASTM D-4595): 66.0 KN/m Resistencia (admisible) a tensión:  $T_a = T_{ult} / 2.64 = 25.0$  KN/m

- Geotextil Tejido Tipo 3:

Resistencia (última) a la tensión (ASTM D-4595): 112.5 KN/m Resistencia (admisible) a tensión:  $T_a = T_{ult} / 2.64 = 42.614$  KN/m

**Nota:** Los valores de los geosintéticos corresponden a valores mínimos promedio por rollo (VMPPR) o (MARV) por su nombre en inglés. Ver en la Figura N° 15 esquema de diseño.

### 3.3.5. Consideraciones técnicas del diseño

Según las condiciones de terreno y diseño, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones técnicas del diseño:

- Coeficiente de aceleración sísmica horizontal de la zona: 0.2 horizontal, 0.02 vertical.
  
- Inclinación de la cara del muro: 70° para los muros superior y del medio y 90° de inclinación para las caras del muro inferior.
  
- Coeficiente de presión de tierras  $K_a = 0.271$
  
- Fricción entre el suelo de fundación y el geosintético: Varía entre  $2/3\phi$  a  $1\phi$  el ángulo de fricción del suelo de fundación → 25.0 grad
  
- Fricción entre el suelo a usarse en la construcción del muro y el geosintético: Varía entre  $2/3\phi$  a  $1\phi$  el ángulo de fricción del suelo de relleno → 25.0 grad
  
- Fricción entre el muro y el suelo a confinar: se recomienda que sea el menor ángulo de fricción del suelo de fundación y el de relleno → 35.0 grad
  
- Cargas: No se tomaron cargas vivas o vehiculares, solo cargas uniformes sobre el muro correspondiente al peso del muro. Es decir:

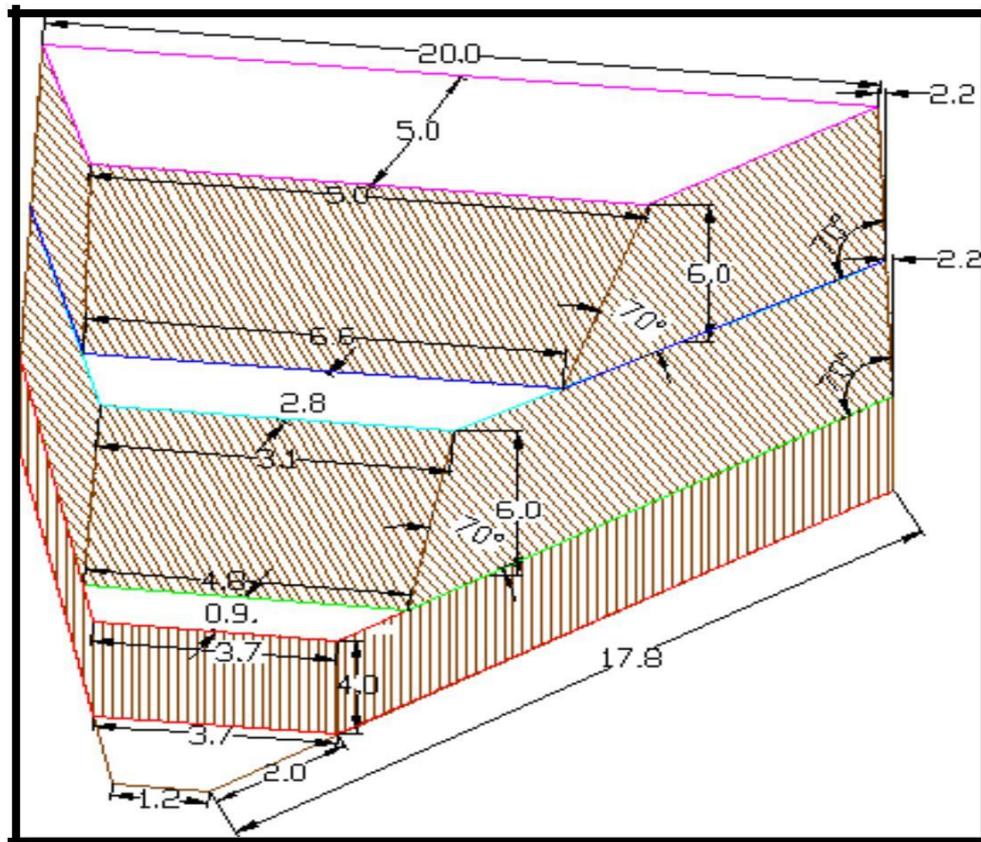
Muro superior: Sin cargas

Muro del medio: muro superior \*  $H_{\text{muro superior}} = 1.9 \text{ ton/m}^3 * 6.0 \text{ m} = 11.4 \text{ ton/m}^2$

Muro inferior: muros superiores \*  $H_{\text{muros superiores}} = 1.9 \text{ ton/m}^3 * 12.0 \text{ m} = 22.8 \text{ ton/m}^2$

La configuración del muro quedará de la siguiente manera:

**Figura N° 15: Diseño de MSR**



**Fuente:** Elaboración Mexichen Pavco

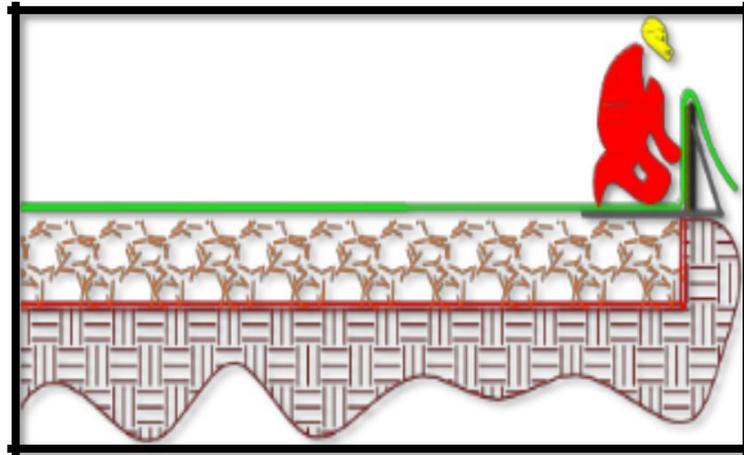
### 3.4. DESARROLLO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Los principales procesos constructivos fueron cinco, los que se describen:

#### 1. Construcción del Sistema de Subdrenaje

- Perfilar el terreno.
- Para instalar el Geodrén vial en la espalda del muro, se debe excavar una zanja de 0.5m de altura y de 0.3m de ancho. Luego traslapar 10.0cm con geodrén planar de 1.0m de ancho, instalado cada metro, hasta alcanzar una altura aproximada de 90% la altura de muro. Ver Figura N°16.

**Figura N° 16: Tendido de geotextil**

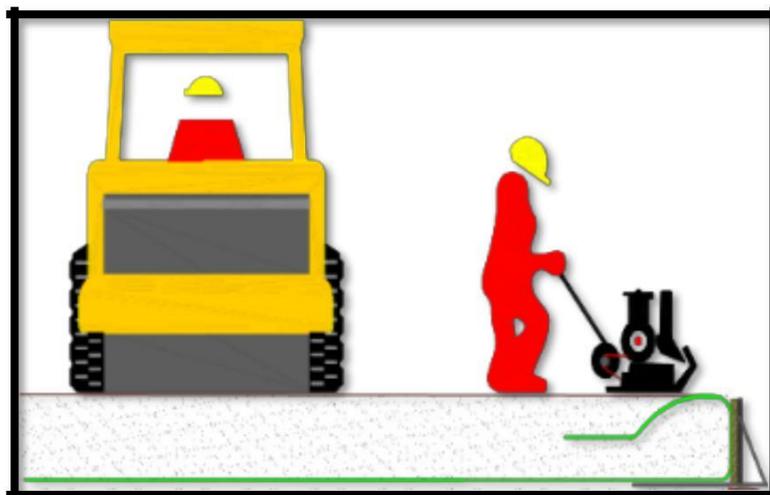


**Fuente: Elaboración Mexichen Perú**

## **2. Colocación del Geotextil**

- El rollo de Geotextil deberá colocarse con el sentido a partir del cual se realizó el diseño, perpendicular al alineamiento horizontal del muro.
- Debe asegurarse en el sitio de tal manera que se prevenga cualquier movimiento durante la colocación del material de relleno.
- Para la conformación de la cara se utiliza una formaleta en forma de “L” compuesta por ménsulas metálicas y contrafuertes, la cara vertical está compuesta por un tablón. Ver Figura N°17.

**Figura N° 17: Compactación con plancha compactadora**

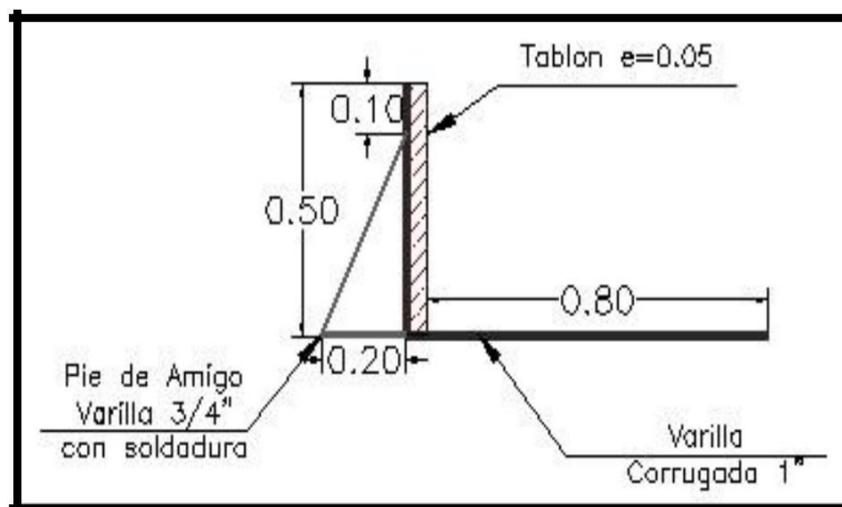


**Fuente: Elaboración Mexichen Pavco**

### 3. Colocación del material de Relleno

- El material debe colocarse directamente sobre el geotextil. Debe evitarse al máximo cualquier movimiento o conformación de pliegues o arrugas de la geotextil durante la colocación del material de relleno.
- Se debe compactar una primera capa de 15 cm de espesor con equipos manuales (benitines o ranas). Debe compactarse hasta la mitad del espesor de la capa, usando compactadores manuales en los 60 cm más cercanos a la cara
- El grado de compactación deberá ser del 95% de la densidad máxima obtenida en laboratorio para el ensayo de proctor modificado.
- Una vez compactada la capa hasta la mitad, se procede a construir un montículo de 30 a 60 cm de ancho.
- Si se prevén unos asentamientos grandes en la fundación que puedan originar una separación entre rollos traslapados, se recomienda la unión mediante costura.
- Después de esta primera capa, el proceso de compactación podrá realizarse, a juicio del ingeniero, mediante la utilización de los compactadores convencionalmente usados en vías. Ver Figura N°18.

**Figura N° 18: Diseño de formaletas**



**Fuente:** Elaboración Mexichen Pavco

### 4. Construcción de las capas

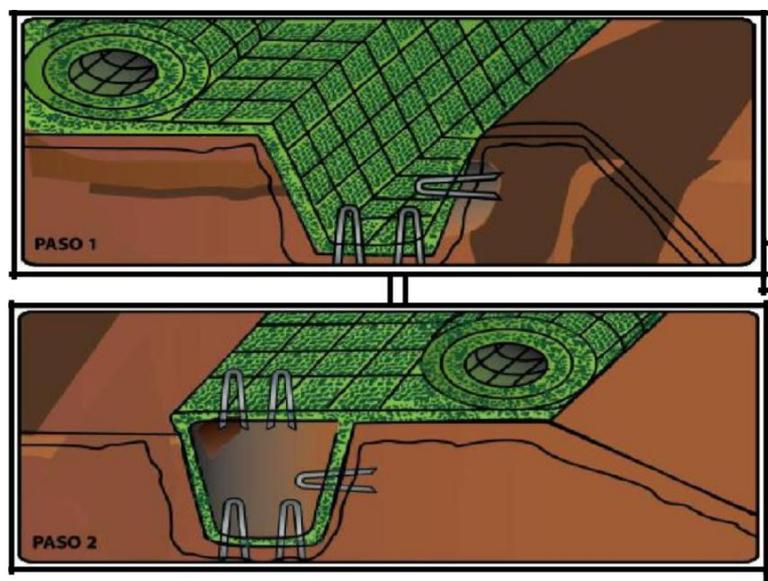
Colocar el rollo de Geotextil directamente sobre el suelo de fundación o sobre el manto drenante. Para conformar la cara del muro se utiliza una formaleta sencilla, consistente en una serie de ménsulas metálicas o de madera en forma de "L", que también pueden estar reforzadas con contrafuertes. Su cara vertical está compuesta por un tablón con una altura ligeramente superior a la de la capa que esté conformando.

- Colocar el material de relleno, según el proceso mencionado en el capítulo anterior.
- Construir un montículo de 30 a 60 cm de ancho a partir de la cara del muro. Este se realiza inmediatamente después de haber compactado la primera capa. Este montículo, al terminar de compactarlo, deberá alcanzar la altura de diseño de la capa a la cual pertenezca.
- Se coloca más material de relleno para alcanzar la altura de diseño de la capa, posteriormente compactándolo.
- Se retira la formaleta, procediendo primero con los tablonces y posteriormente con las ménsulas. Esta misma formaleta se usa para continuar con las capas superiores.

### 5. Fachada

- Instalar lodo fertilizado en la cara del muro. En seguida instalar el manto para vegetación permanente P300LW.
- Elabore una zanja de 30 x 30 cm en la cresta del talud a unos 60 cm del borde, con el fin de anclar el manto.
- Cubra la superficie de la zanja con el manto (paso 1), ánclelo, coloque el suelo de relleno y compáctelo (paso 2). Ver Figura N°19.

**Figura N° 19: Diseño de MSR**



**Fuente:** Elaboración Mexichen Perú

- Asegure el manto al suelo con grapas en forma de U o pines. Diríjase a la Guía para Patrón de Anclaje para seleccionar el tipo más adecuado.
- El traslapo entre rollos adyacentes es como mínimo 7.0 cm y se debe anclar cada 45 cm.
- Al terminar el rollo ubique el siguiente traslapándolo 20 cm y coloque grapas cada 45 cm.

### 3.5. COMPARACIÓN DEL SISTEMA TRADICIONAL CON GEOTEXTIL

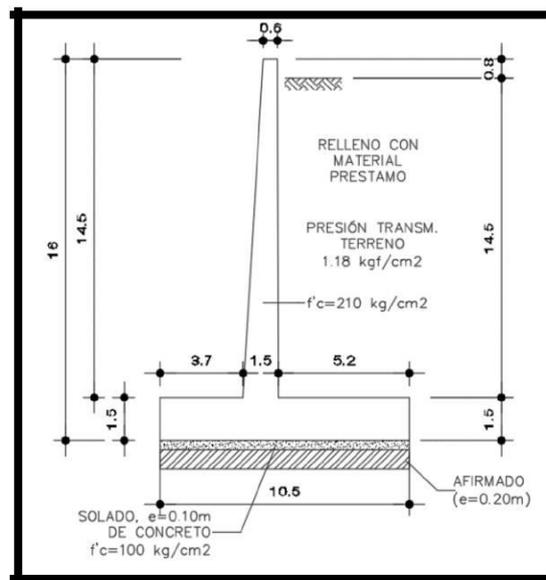
Para la estabilización de los taludes del proyecto La Encontrada, se propuso dos diseños para su estabilización, las cuales eran el sistema convencional de muros de concreto armado y tierra armada con geotextiles.

Para la comparación y elección del sistema a utilizar el factor económico es de importancia, por lo tanto se realizó un predimensionamiento y diseño de muro de concreto armado por la Empresa DRACON PERU y un diseño elaborado con asistencia de la empresa MEXICHEN PERU y finalmente se elabora los presupuestos de cada método.

A continuación, se describe el predimensionamiento y diseño del muro de contención con concreto armado en las figuras 20 y 21

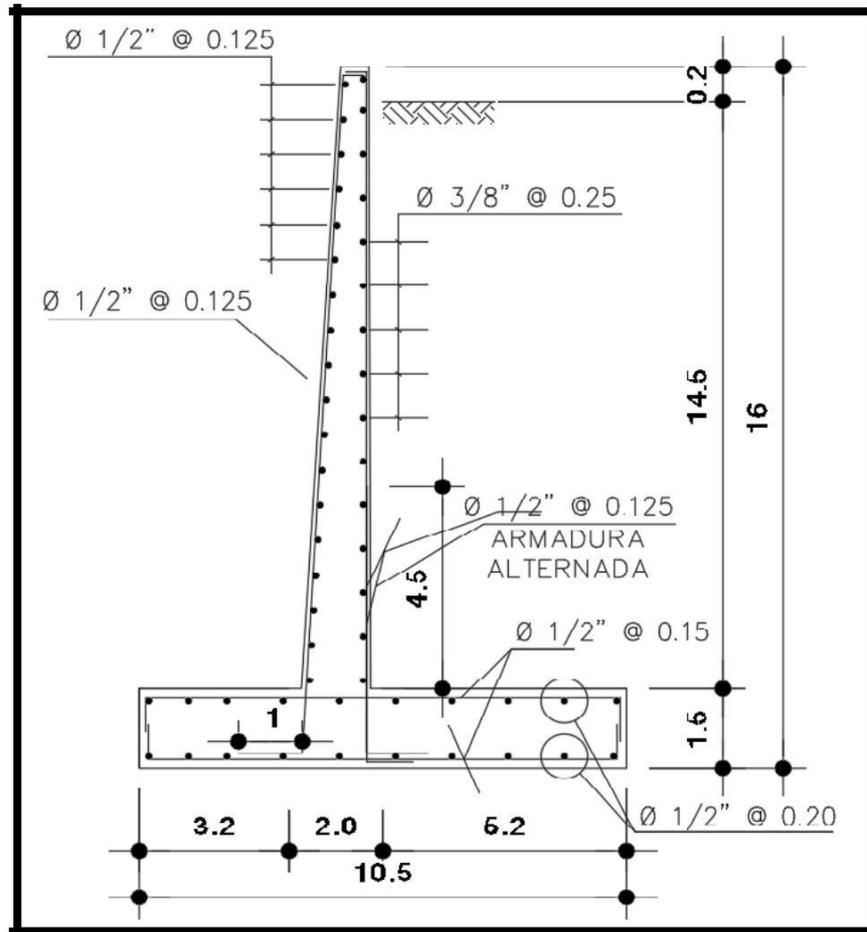
Predimensionamiento de Muro de contención de concreto

**Figura N° 20: modelo de muro tradicional**



**Fuente:** Elaboración Propia  
Diseño de estructura de muro  
de contención convencional

**Figura N° 21: Diseño de Muro tradicional**



Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.1. Comparación económica

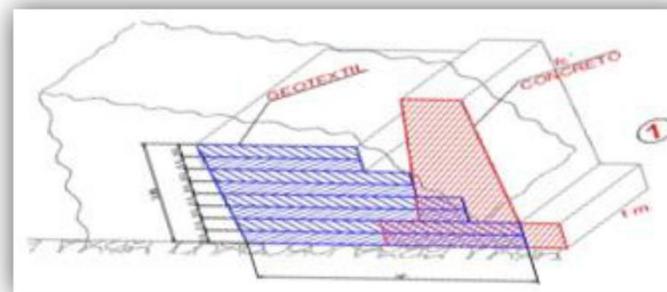
En el caso de la tierra armada con geotextiles, el diseño fue planteado en capítulos anteriores, finalmente realizando un cuadro comparativo económico en los dos métodos que se muestra en la Tabla N° 3, teniendo las siguientes consideraciones:

- El valor de Gastos Generales y Utilidad en los dos casos es de 15% del costo directo.
- El costo de obras preliminares y provisionales son iguales para los dos casos.
- El precio unitario de relleno y compactación de material de préstamo en el caso de tierra armada con Geotextiles o Suelo reforzado (MSR), es un precio mayor debido a las exigencias del proveedor y controles de calidad necesarios.

- Los cálculos de metrados y precios unitarios del caso de muro de contención convencional se realizó en base a predimensionamiento y diseño mostrado en las figuras N° 20 y 21.

En la presente investigación, se detalla a continuación la evaluación económica que existe en la elaboración de un muro de concreto armado versus muro de tierra armada con geotextiles

Tabla N° 3: Cuadro comparativo de muro de concreto armado vs muro de tierra armada con geotextil.



Ítem	Descripción	Muro concreto armado			Muro de suelo reforzado			Parcial S/
		Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/	Metrado	Precio S/	
<b>1</b>	<b>Muros de contención</b>							
<b>1.01</b>	<b>Obras preliminares</b>							
01.01.01	Limpieza de terreno manual	m2	320.00	3.15	1,008.00	320	3.15	1,008.00
01.01.02	Trazo y replanteo c/equipo	m2	320.00	1.95	624.00	320	1.95	624.00
01.01.03	Campamento provisional de obra	Glb	1.00	2,000.00	2,000.00	1.00	2,000.00	2,000.00
01.01.04	Cartel de obra de 3.60m x 2.40m	Glb	1.00	1,000.00	1,000.00	1.00	1,000.00	1,000.00
<b>1.02</b>	<b>Movimiento de tierras</b>							
01.02.01	Excavación a mano en terreno normal, suave	m3	160.86	42.08	6,768.99	72.00	42.08	3,029.76
01.02.02	Relleno de afirmado en capas de 0.20 m	m3	2080	53.68	111,654.40	0.00	0.00	0.00
01.02.03	Eliminación de desmonte en terreno normal R=10km c/maquinaria	m3	209.16	42.22	8,830.74	200.00	42.22	8,444.00
01.02.04	Conformación de capa sub-rasante	m2	214.5	21.04	4,513.08	300.00	21.04	6,312.00
01.02.05	Acopio y traslado manual de mat. Para eliminación, dprom = 50m	m3	300.00	18.00	5,400.00	100.00	15.00	1,500.00
01.02.06	Relleno compactado para MSR c/mat. Propio	m3	0.00	0.00	0.00	1,634.10	60.00	98,046.00
01.02.07	Acarreo y eliminación de material excedente, carguío con maquinaria	m3	100.00	38.00	3,800.00	100.00	38.00	3,800.00
01.02.09	Refine, compactación manual y nivelación de excavaciones	m2	160.00	25.00	4,000.00	200.00	25.00	5,000.00
01.02.10	Desquinche y limpieza de material suelto con maquinaria	m2	320.00	20.00	6,400.00	320.00	20.00	6,400.00
01.02.11	Perfilado de talud	m2	320.00	15.00	4,800.00	320.00	15.00	4,800.00
<b>1.03</b>	<b>Geosintéticos (suministro instalación)</b>							
01.03.01	Geotextil t2400	m2	0.00	0.00	0.00	4,620.00	6.93	32,016.60
01.03.02	Geotextil tr4000	m2	0.00	0.00	0.00	3,465.00	11.9658	41,461.50
01.03.03	Geotextil tr6000	m2	0.00	0.00	0.00	3,375.00	21.021	70,945.88

Muro concreto armado					Muro de suelo reforzado			
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01.03.04	Geodren vial espaldón ( sin tubería) h= 1m 100mm	ml	0.00	0.00	0.00	200.00	17.556	3,511.20
01.03.05	Geodren planar 2.0 (cortados a 1m para espaldón)	ml	0.00	0.00	0.00	150.00	30.492	4,573.80
01.03.06	Geodren planar 2.0 (cortados a 1m para lloraderos)	ml	0.00	0.00	0.00	50.00	42.042	2,102.10
01.03.07	Manto tm500	m2	0.00	0.00	0.00	920.81	13.398	12,337.01
01.03.08	Encofrado y desencofrado	m2	0.00	0.00	0.00	560.80	35.00	19,628.00
<b>1.04</b>	<b>Concreto simple</b>							
01.04.01	Concreto f'c=100 kg/cm2 p/solados e=4"	m2	214.50	27.04	5,800.08	0.00	0.00	0.00
<b>1.05</b>	<b>Concreto armado</b>							
01.05.01	Zapatas							
01.05.01.01	Concreto premezclado zapatas f'c=210 kg/cm2	m3	180.00	330.00	59,400.00	0.00	0.00	0.00
01.05.01.02	Encofrado y desencofrado	m2	48.00	54.12	2,597.76	0.00	0.00	0.00
01.05.01.03	Acero corrugado fy= 4200 kg/cm2 GRADO 60	Kg	8,000.00	5.14	41,120.00	0.00	0.00	0.00
01.05.02	Muro de contención							
01.05.02.01	Concreto premezclados muros f'c=210 kg/cm2	m3	176.00	330.00	58,080.00	0.00	0.00	0.00
01.05.02.02	Encofrado y desencofrado	m2	700.00	54.12	37,884.00	0.00	0.00	0.00
01.05.02.03	Acero corrugado FY= 4200 kg/cm2 grado 60	kg	7,059.64	5.14	36,286.55	0.00	0.00	0.00
01.05.02.04	Juntas de asfalto de 1"	m	200.00	7.31	1,462.00	0.00	0.00	0.00
01.05.02.05	Curado de concreto con aditivo curador	m2	700.00	6.00	4,200.00	0.00	0.00	0.00
<b>1.06</b>	<b>Prueba de control y calidad</b>							
01.06.01	Pruebas de control y calidad, preb. de diamantina	Glb	1.00	5,000.00	5,000.00	1.00	4,000.00	4,000.00
<b>1.07</b>	<b>Varios</b>							
01.07.01	Densidad de campo	Glb	1.00	3,000.00	3,000.00	1.00	3,000.00	3,000.00
01.07.02	Fletes de geotextil, mallas (lima-playa la encontrada)	Glb	0.00	0.00	0.00	1.00	600.00	600.00
	Costo directo	S/			407,629.59		Costo directo	S/ 328,539.84
	GG + Util	S/			61,144.44		GG + Util	S/ 49,280.98
	Sub-total	S/			468,774.03		Sub-total	S/ 377,820.82
	IGV	S/			84,379.33		IGV	S/ 68,007.75
	Total	S/			553,153.36		Total	S/ 445,828.57

Fuente: Elaboración Propia

## Conclusión

Se llegó a la conclusión que el costo del muro de tierra armada con geotextil es menor por 20% al muro de contención convencional por los siguientes motivos:

- El material de préstamo de muros con tierra armada con geotextil es menor al respecto de muro de contención convencional, debido a la facilidad de formar escalones, optimizando la cantidad del recurso. Además, se puede utilizar material del sitio.
- Los muros de concreto convencional, cuando sobrepasan los 10 m de altura, necesitan mayor cuantía de acero y dimensiones de concreto armado, debido a las exigencias de presiones del terreno.

### 3.5.2. Comparación en Plazos y Productividad

Según Ghio, V. (2001) indicó en su trabajo acerca de la productividad en obras de construcción Diagnóstico, crítica y propuesta, presenta numerosas causas que pueden afectar la productividad de las obras, el autor los clasifica en trabajos No contributarios y contributarios y sus principales causas son (p.64).

- Cuadrilla sobredimensionada
- Falta de supervisión
- Deficiencias en el flujo de materiales
- Mala calidad
- Deterioro de trabajos ya realizados
- Cambios en el diseño
- Falta de programación y control en el uso de equipos
- Trabajos Lentos
- Falta de diseño de procesos constructivos

Por lo tanto, la utilización del sistema de tierra armada con geotextil, disminuye los plazos y aumenta la productividad, debido que los procesos constructivos realizados son estandarizados, diseñados con anterioridad, personal calificados y menores procesos al respecto al de muro de concreto convencional como se indica en la Tabla N° 4.

Tabla N°4: Comparación de Procesos entre Tierra Armada con Geotextil y concreto armado

Muros Tierra Armada con Geotextil	Muro de concreto convencional
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de Sistema Subdrenaje</li> <li>• Colocación de Geotextil</li> <li>• Colocación de material de relleno</li> <li>• Colocación de grapas</li> <li>• Encofrado de material de relleno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de Sistema Subdrenaje</li> <li>• Excavación de cimentación</li> <li>• Solado</li> <li>• Concreto de Zapata</li> <li>• Encofrado de Zapata</li> <li>• Instalación de acero de Zapata</li> <li>• Concreto de Muro de contención</li> <li>• Encofrado de Muro de contención</li> <li>• Instalación de acero de Muro de contención</li> <li>• Curado de elementos de concreto</li> <li>• Desencofrado de elementos de concreto</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia

La disminución de numero de procesos constructivos, el diseño y especialización del personal, que cuenta la tierra armada con geotextil, genera una disminución del plazo y horas hombres alrededor de 30% debido que los procesos de construcción de muro de concreto convencional **tienen menor rendimiento o velocidad de producción que** los de tierra armado de geotextil, en el Anexo 10, se indica los cálculos de la disminución de horas hombre.

### 3.5.3. Impacto ambiental:

La certificación LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) es un sistema de certificación de edificios sostenibles, desarrollado por el Consejo de la Construcción Verde de Estados Unidos (US Green Building Council), en el año 1993.

Se compone de un conjunto de normas sobre la utilización de estrategias encaminadas a la sostenibilidad en edificios de todo tipo. Se basa en la incorporación en el proyecto de aspectos relacionados con:

- La eficiencia Energética
- Uso de energías Alternativas
- La mejora de la calidad ambiental interior
- La eficiencia del consumo de agua

- El desarrollo sostenible de los espacios libres a la parcela
- Selección del Materiales

La certificación, de uso voluntario, tiene como objetivo avanzar en la utilización de estrategias que permitan una mejora global en el impacto medioambiental de la industria de la construcción.

Además, cuenta con criterios de certificación que son;

1. Ubicación y Transporte (16 puntos)
2. Sitios sostenibles (10 puntos)
3. Uso Eficiente del Agua (10 puntos)
4. Energía y Atmósfera (35 puntos)
5. Materiales y Recursos (14 puntos)
6. Calidad Ambiental Interior (15 puntos)
7. Innovación en el diseño (6 puntos)
8. Prioridad Regional (4 puntos)

Con referencia a la certificación LEED, el proceso de Tierra Armada con Geotextil tendría mayor puntuación con respecto a los muros de concreto armado debido a la selección adecuada de materiales y recursos e Innovación en el diseño fomentando el uso de muros ecológicos.

A continuación, se describe los motivos que generan menor impacto ambiental con referencia a los criterios de certificación LEED, correspondiente a materiales y recursos.

- Disminuir la utilización de materiales como cemento y acero de construcción, que tiene una huella de carbono mayor.
- Menor impacto ambiental con el uso de tierra armada con geotextil, puesto que su utilización en general reduce las necesidades de remoción de suelo de cimentación y minimiza el consumo de material para la construcción del muro, generalmente aprovechando los propios materiales disponibles del local.
- El uso de tierra armada con geotextiles o suelo reforzado (MSR) aparte de reducir los costos en un orden de 20% tiene una gran ventaja porque la fachada se puede reforestar y combinar con los contornos naturales, por lo tanto, considerando como muros ecológicos.

## CAPÍTULO 4 RESULTADOS

### 4.1. REALIZACIÓN DE ANÁLISIS DE RESULTADOS DISEÑO DE MURO EN SUELO REFORZADO, ESCALONADO, EN LA PLAYA LA ENCONTRADA EN LIMA-PERÚ.

Es importante tener en cuenta que los muros en suelo reforzado son estructuras reforzadas que permiten conformar áreas planas y soportar empujes laterales, el principio de funcionamiento es el de las estructuras de contención por gravedad.

Todos los datos presentados en este informe y la metodología de diseño utilizada, está basada en la metodología propuesta por Robert M. Koerner, Designing with Geosynthetics. Fourth Edition y Robert D. Holtz, Barry R. Christopher, Ryan R. Berg, Geosynthetic Engineering.

Basados en estas metodologías, se desarrolló el programa Geosoft V2.1, con el cual se verificó la estabilidad interna y externa del muro, además se analizó el muro en software Slide V5.0 para revisar la estabilidad Global del mismo.

#### 4.1.1. Resultados de análisis de estabilidad

Para la revisión del prediseño y dimensionamiento de refuerzo de la estructura de contención se empleó el programa Geosoft Pavco V2.1 del Departamento de Ingeniería de Geosistemas Pavco.

Los resultados obtenidos por el programa aparecen a continuación: Donde:

Sv: Espesor de capa

Le: Longitud de empotramiento Lr: Longitud de refuerzo

L: Longitud total (base del muro) Lo: Longitud de dobléz

## Estabilidad Interna

### Muro Superior

Z [m]	Geosintético	Sv [m]	Le mínimo [m]	Lr [m]	Lo [m]	L [m]	Fs Sv
0.4	TIPO 1	0.4	1.0	2.915	1.0	4.8	Cumple
0.8	TIPO 1	0.4	1.0	2.707	1.0	4.8	Cumple
1.2	TIPO 1	0.4	1.0	2.499	1.0	4.8	Cumple
1.6	TIPO 1	0.4	1.0	2.29	1.0	4.8	Cumple
2.0	TIPO 1	0.4	1.0	2.082	1.0	4.8	Cumple
2.4	TIPO 1	0.4	1.0	1.874	1.0	4.8	Cumple
2.8	TIPO 1	0.4	1.0	1.666	1.0	4.8	Cumple
3.2	TIPO 1	0.4	1.0	1.458	1.0	4.8	Cumple
3.6	TIPO 1	0.4	1.0	1.249	1.0	4.8	Cumple
4.0	TIPO 1	0.4	1.0	1.041	1.0	4.8	Cumple
4.4	TIPO 1	0.4	1.0	0.833	1.0	4.8	Cumple
4.8	TIPO 1	0.4	1.0	0.625	1.0	4.8	Cumple
5.2	TIPO 1	0.4	1.0	0.416	1.0	4.8	Cumple
5.6	TIPO 1	0.4	1.0	0.208	1.0	4.8	Cumple
6.0	TIPO 1	0.4	1.0	0.0	1.0	4.8	Cumple

### Muro del Medio

Z [m]	Geosintético	Sv [m]	Le mínimo [m]	Lr [m]	Lo [m]	L [m]	Fs Sv
0.3	TIPO 1	0.3	1.942	2.967	1.0	5.0	Cumple
0.6	TIPO 1	0.3	1.017	2.811	1.0	5.0	Cumple
0.9	TIPO 1	0.3	1.0	2.655	1.0	5.0	Cumple
1.2	TIPO 1	0.3	1.0	2.499	1.0	5.0	Cumple
1.5	TIPO 1	0.3	1.0	2.343	1.0	5.0	Cumple
1.8	TIPO 1	0.3	1.0	2.186	1.0	5.0	Cumple
2.1	TIPO 2	0.3	1.0	2.03	1.0	5.0	Cumple
2.4	TIPO 2	0.3	1.0	1.874	1.0	5.0	Cumple
2.7	TIPO 2	0.3	1.0	1.718	1.0	5.0	Cumple
3.0	TIPO 2	0.3	1.0	1.562	1.0	5.0	Cumple
3.3	TIPO 2	0.3	1.0	1.406	1.0	5.0	Cumple
3.6	TIPO 2	0.3	1.0	1.249	1.0	5.0	Cumple
3.9	TIPO 2	0.3	1.0	1.093	1.0	5.0	Cumple
4.2	TIPO 2	0.3	1.0	0.937	1.0	5.0	Cumple
4.5	TIPO 2	0.3	1.0	0.781	1.0	5.0	Cumple
4.8	TIPO 2	0.3	1.0	0.625	1.0	5.0	Cumple
5.1	TIPO 2	0.3	1.0	0.469	1.0	5.0	Cumple
5.4	TIPO 2	0.3	1.0	0.312	1.0	5.0	Cumple
5.7	TIPO 2	0.3	1.0	0.156	1.0	5.0	Cumple
6.0	TIPO 2	0.3	1.0	0.0	1.0	5.0	Cumple

### Muro Inferior

Z [m]	Geosintético	Sv [m]	Le mínimo [m]	Lr [m]	Lo [m]	L [m]	Fs Sv
0.4	TIPO 3	0.4	3.822	1.874	1.0	5.7	Cumple
0.7	TIPO 3	0.3	1.677	1.718	1.0	5.7	Cumple
1.0	TIPO 3	0.3	1.202	1.562	1.0	5.7	Cumple
1.3	TIPO 3	0.3	1.0	1.406	1.0	5.7	Cumple
1.6	TIPO 3	0.3	1.0	1.249	1.0	5.7	Cumple
1.9	TIPO 3	0.3	1.0	1.093	1.0	5.7	Cumple
2.2	TIPO 3	0.3	1.0	0.937	1.0	5.7	Cumple
2.5	TIPO 3	0.3	1.0	0.781	1.0	5.7	Cumple
2.8	TIPO 3	0.3	1.0	0.625	1.0	5.7	Cumple
3.1	TIPO 3	0.3	1.0	0.469	1.0	5.7	Cumple
3.4	TIPO 3	0.3	1.0	0.312	1.0	5.7	Cumple
3.7	TIPO 3	0.3	1.0	0.156	1.0	5.7	Cumple
4.0	TIPO 3	0.3	1.0	0.0	1.0	5.7	Cumple

Las distribuciones anteriores se muestran en el ANEXO C. ESQUEMA.

## Estabilidad externa

### Muro Superior

Valor de Coeficiente de Presión Activa Kad:	0.39
<b>CAPACIDAD PORTANTE</b>	
Nc:	55.63
Nq:	42.92
Ny:	66.192
Sigma Ultimo [kPa]:	3,778.308
Sigma Aplicado [kPa]:	159.133
Factor de Seguridad Capacidad Portante Calculado:	23.743
Observación Capacidad Portante:	<b>Cumple</b>
Excentricidad [m]:	0.339
Observación Excentricidad:	<b>Cumple</b>
<b>DESLIZAMIENTO</b>	
Fuerzas Resistentes Condición Estática [kN]:	320.838
Fuerzas Resistentes Condición Dinámica [kN]:	320.838
Fuerzas Actuales Condición Estática [kN]:	90.887
Fuerzas Actuales Condición Dinámica [kN]:	130.854
Factor de Seguridad Deslizamiento Condición Estática:	3.53
Observación Deslizamiento Condición Estática:	<b>Cumple</b>
Factor de Seguridad Deslizamiento Condición Dinámica:	2.452
Observación Deslizamiento Condición Dinámica:	<b>Cumple</b>
<b>VOLCAMIENTO</b>	
Momentos Resistentes Condición Estática [kN*m]:	1,287.888
Momentos Resistentes Condición Dinámica [kN*m]:	1,287.888
Momentos Actuales Condición Estática [kN*m]:	181.773
Momentos Actuales Condición Dinámica [kN*m]:	261.708
Factor de Seguridad Volcamiento Condición Estática:	7.085
Observación Volcamiento Condición Estática:	<b>Cumple</b>
Factor de Seguridad Volcamiento Condición Dinámica:	4.921
Observación Volcamiento Condición Dinámica:	<b>Cumple</b>

### Muro del Medio

Valor de Coeficiente de Presión Activa Kad:	0.39
<b>CAPACIDAD PORTANTE</b>	
Nc:	55.63
Nq:	42.92
Ny:	66.192
Sigma Ultimo [kPa]:	3,901.641
Sigma Aplicado [kPa]:	398.094
Factor de Seguridad Capacidad Portante Calculado:	9.801
Observación Capacidad Portante:	<b>Cumple</b>
Excentricidad [m]:	0.65
Observación Excentricidad:	<b>Cumple</b>
<b>DESLIZAMIENTO</b>	
Fuerzas Resistentes Condición Estática [kN]:	594.862
Fuerzas Resistentes Condición Dinámica [kN]:	594.862
Fuerzas Actuantes Condición Estática [kN]:	272.66
Fuerzas Actuantes Condición Dinámica [kN]:	392.563
Factor de Seguridad Deslizamiento Condición Estática:	2.182
Observación Deslizamiento Condición Estática:	<b>Cumple</b>
Factor de Seguridad Deslizamiento Condición Dinámica:	1.515
Observación Deslizamiento Condición Dinámica:	<b>Cumple</b>
<b>VOLCAMIENTO</b>	
Momentos Resistentes Condición Estática [kN*m]:	2,794.895
Momentos Resistentes Condición Dinámica [kN*m]:	2,794.895
Momentos Actuantes Condición Estática [kN*m]:	727.093
Momentos Actuantes Condición Dinámica [kN*m]:	1,046.834
Factor de Seguridad Volcamiento Condición Estática:	3.844
Observación Volcamiento Condición Estática:	<b>Cumple</b>
Factor de Seguridad Volcamiento Condición Dinámica:	2.67
Observación Volcamiento Condición Dinámica:	<b>Cumple</b>

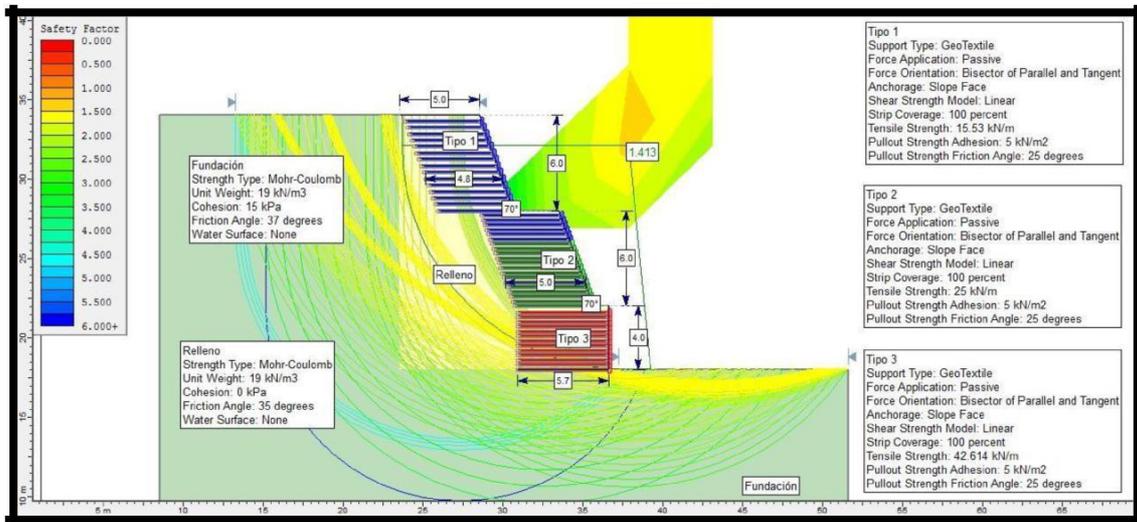
### Muro Inferior

Valor de Coeficiente de Presión Activa Kad:	0.39
<b>CAPACIDAD PORTANTE</b>	
Nc:	55.63
Nq:	42.92
Ny:	66.192
Sigma Ultimo [kPa]:	4,333.307
Sigma Aplicado [kPa]:	397.584
Factor de Seguridad Capacidad Portante Calculado:	10.899
Observación Capacidad Portante:	<b>Cumple</b>
Excentricidad [m]:	0.317
Observación Excentricidad:	<b>Cumple</b>
<b>DESLIZAMIENTO</b>	
Fuerzas Resistentes Condición Estática [kN]:	876.242
Fuerzas Resistentes Condición Dinámica [kN]:	876.242
Fuerzas Actuantes Condición Estática [kN]:	282.758
Fuerzas Actuantes Condición Dinámica [kN]:	407.102
Factor de Seguridad Deslizamiento Condición Estática:	3.099
Observación Deslizamiento Condición Estática:	<b>Cumple</b>
Factor de Seguridad Deslizamiento Condición Dinámica:	2.152
Observación Deslizamiento Condición Dinámica:	<b>Cumple</b>
<b>VOLCAMIENTO</b>	
Momentos Resistentes Condición Estática [kN*m]:	4,842.994
Momentos Resistentes Condición Dinámica [kN*m]:	4,842.994
Momentos Actuantes Condición Estática [kN*m]:	538.588
Momentos Actuantes Condición Dinámica [kN*m]:	775.432
Factor de Seguridad Volcamiento Condición Estática:	8.992
Observación Volcamiento Condición Estática:	<b>Cumple</b>
Factor de Seguridad Volcamiento Condición Dinámica:	6.246
Observación Volcamiento Condición Dinámica:	<b>Cumple</b>

### Comprobación Estabilidad Global

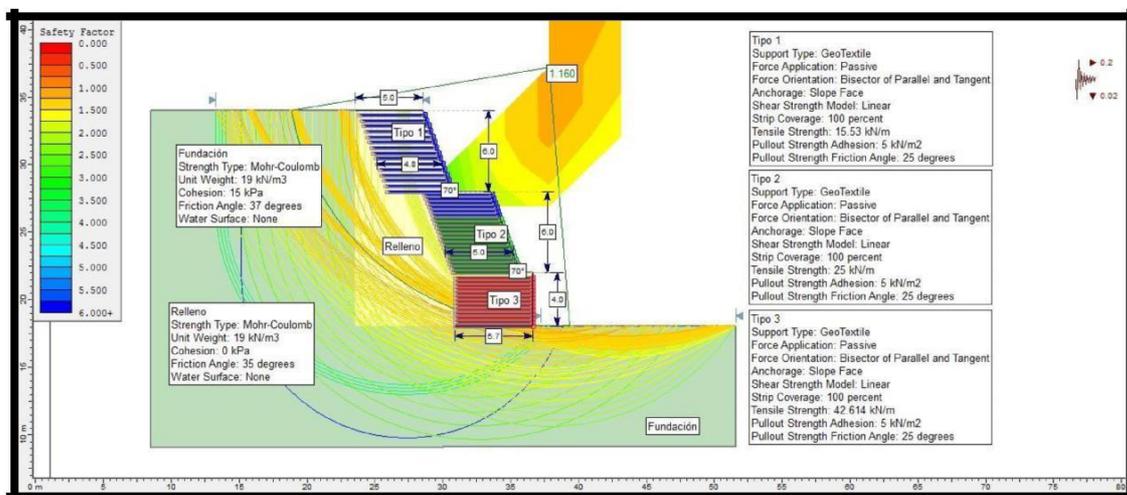
Para comprobar la estabilidad global del muro, se modela en el software Slide V5.0. El software arroja un factor de seguridad que verifica si este cumple cuando es mayor a 1.1, para condición dinámica y mayor a 1.3 para condición estática. Ver Figura N° 22,23.

Figura N° 22:



Comprobación Estabilidad global en condición estática para  
MSR en “Playa La Encontrada”

Figura N° 23



Comprobación Estabilidad global en condición dinámica para MSR en Playa La Encontrada En la Figura N° 22 se observa que la estructura reforzada el Factor de seguridad es de:

1.413 > 1.3 (cumple) para condición estática y la Figura N° 23 se observa un Factor de seguridad de 1.160 > 1.1 (cumple) para condición dinámica, lo que significa que el geotextil está aportando a la estabilidad Global del relleno distribuyendo cargas, garantizando así un incremento de la capacidad portante del suelo de soporte de la estructura y la disminución de los asentamientos diferenciales.

### **Resultado y recomendaciones del Sistema de drenaje y fachada propuesta**

Para impedir excesos de presión de poros y empujes laterales en el muro de contención se recomienda:

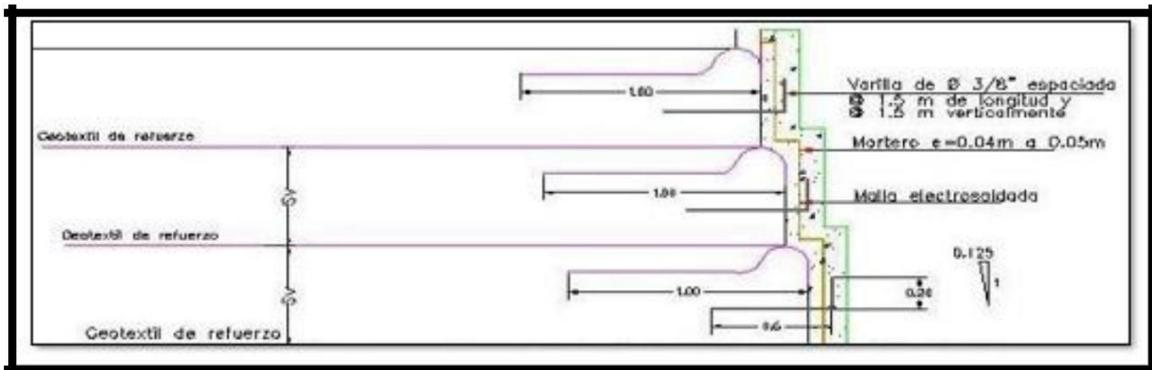
- 1- Instalar en el espaldón del muro en suelo reforzado, geodrén vial de 0.5m de altura y 100mm de diámetro, traslapado 10.0cm con geodrén planar de 1.0m de ancho, instalado cada metro, hasta alcanzar una altura aproximada de 90% la altura de muro.
  
- 2- Instalar lloraderos de Geodrén planar de longitud por lo menos un 80% de la base del muro, separados 1.2m verticalmente y separación horizontal de 2m. Deberá instalarse de forma que el agua drene en dirección a las caras frontales del muro a tres bolillos. Para la fachada se recomienda instalar manto permanente TRM500 para vegetar la fachada; de esta manera se es más amable con el medio ambiente y el muro queda integrado al entorno natural del sitio.
  
- 3- Otra posible fachada es fachada malla mortero. Este acabado se obtiene con la pega de un mortero sobre la fachada del muro directamente. Se debe utilizar una malla electrosoldada o de Vena muy bien anclada para darle soporte estructural. Se instalan lloraderos en tubería perforada revestida con geotextil No tejido, a tres bolillos cada 1m en sentido longitudinal y 1.2m verticalmente, con una longitud del 80% l
  
- 4- A base del muro.

**Figura N° 24: Diseño de fachada malla mortero**



Fuente: Elaboración, Mexichen Perú

**Figura N° 25: Detalle de fachada**



Fuente: Elaboración, Mexichen Perú

Los detalles de la fachada y del sistema de drenaje recomendado aparecen en el esquema del Muro en suelo Reforzado (ver figura 24).

## RESULTADO DE CANTIDADES DE GEOTEXTIL EN OBRA

Las cantidades de geotextil fueron calculadas en base al diseño y recomendación del proveedor Mexichen Perú los cuales son:

ÍTEM	UNIDAD	CANTIDAD TOTAL	CANTIDAD NETA (5% desperdicio)
<b>Geotextil Tejido Tipo 1</b>	m <sup>2</sup>	4108	4313
<b>Geotextil Tejido Tipo 2</b>	m <sup>2</sup>	3052	3205
<b>Geotextil Tejido Tipo 3</b>	m <sup>2</sup>	3212	3373
<b>Geodrén planar de 0.5m - Lloraderos</b>	m	194	204
<b>Geodrén planar de 1.0m - Espaldón</b>	m	144	151
<b>Geodrén vial de H=0.5m, <math>\phi</math>=100mm</b>	m	20	21
<b>Manto permanente con resistencia al esfuerzo cortante de 384Pa</b>	m <sup>2</sup>	844	886

## DISCUSION DE RESULTADOS

En los diseños la solución más óptima es la de utilizar tierra armada con geotextil, debido que se ahorra alrededor del 20%, en casos donde la altura es mayores a 7 m.

Además de ser más económico el uso de tierra armada con geotextil para la estabilización de taludes, se tiene una gran ventaja porque las fachadas se pueden construir escalonados con innumerables diseños y acorde a la estética y solicitud de los proyectos.

Para la selección de los geotextiles se debe tener en cuenta:

- Revisar los diagnostico de los taludes a estabilizar.
- Realizar previamente los estudios de mecánica de suelos correspondiente.
- Definir las funciones del geotextil según solicitud del proyecto.
- Determinar las propiedades mecánicas necesarias, para su óptimo desempeño, como esfuerzos de instalación y de uso.
- Seleccionar el producto según los niveles de desempeño funcional compatibles con el proyecto.
- Especificar las propiedades necesarias, grados de sollicitación, controles de calidad y metodología de instalación de los geotextiles.

## CONCLUSIÓN

### CONCLUSION DE DIAGNOSTICO DE TALUD

En la presenta investigación del talud de la playa La Encontrada, la zona crítica fueron afectados por problemas de corrientes y filtraciones, debido a la antigüedad de las redes de agua y desagüe, generando riesgo en los taludes. Además, se suma la geología de los taludes, los cuales en la costa peruana son inestables, los cuales presentan material limo arenoso, de 0.60 - 6.00 m, material arena gravosa con presencia de canto rodado predominante de 1" - 2"  $\phi$  hasta 16 m.

Para evitar las inestabilidades es necesario impedir excesos de presión de poros y empujes laterales en el muro de contención, para lo cual se han instalado en el espaldón del muro en suelo reforzado, geodrén vial de 0.5m de altura y 100mm de diámetro, traslapado 10.0cm con geodrén planar de 1.0m de ancho, instalado cada metro, hasta alcanzar una altura aproximada de 90% la altura de muro.

Además, se ha instalado lloraderas de geodrén planar de longitud por lo menos un 80% de la base del muro, separados 1.2m verticalmente y separación horizontal de 2m. Deberá instalarse de forma que el agua drene en dirección a las caras frontales del muro a tres bolillos.

### CONCLUSION DE DISEÑO

Existen varias investigaciones que determina que el sistema de estabilidad de taludes con tierra armada o reforzada con elementos extensibles es decir Geotextiles, es más económico alrededor de 23 a 34% con respecto a reforzados con elementos inextensibles, (elementos metálicos) sobre todo para taludes de altura mayores a 11.4 m. Por lo tanto, la presente investigación tiene sustento teórico para recomendar a profesionales de la especialidad a utilizar el sistema mencionado.

Para elegir entre un sistema de tierra armada con Geotextiles o un muro convencional de concreto armado, es de importancia tener en cuenta el sistema de drenaje, los cuales que son confeccionados con geo sintéticos, ofrecen un aumento mayor de su vida útil y la facilidad y reducción en los tiempos para su instalación, ya que son productos prefabricados.

### CONCLUSION COMPARACION ECONOMICA, PLAZO E IMPACTO AMBIENTAL

El presupuesto de los muros de contención con el uso de tierra armada con geotextil para la estabilización de taludes asciende a la suma de S/. 445,828.57 soles, y los muros de contención de concreto armado utilizando el método tradicional, tiene un presupuesto de S/. 553,153.36 soles, disminución apreciable de los costos en el orden de 20%. Estos resultados

serán utilizados por la empresa DRACON, como lección aprendida para proponer y cotizar estabilización de taludes con tierra armada con Geotextiles a sus futuros clientes.

La Utilización de Tierra armada con Geotextiles, son aplicados para muros de contención no solo estructurales, sino para cimentaciones de edificios menores y explanadas de carreteras, debió al mayor factor de seguridad que brinda, la facilidad de formar secciones geométricas según el emplazamiento del proyecto. La información de la presente investigación es de importancia para la empresa Dracon Perú S.A.C y otros profesionales de la especialidad para utilizar el sistema estudiado en sus proyectos e investigaciones.

La utilización de tierra armada con geotextiles tiene una ventaja importante en nuestra sociedad por considerarse como solución ecológica, obteniendo mayor puntuación a las empresas en una certificación LEED en comparación a la utilización de concreto armado, por disminuir la utilización de materiales como cemento y acero de construcción, que tiene una huella de carbono mayor. Menor impacto ambiental con el uso de tierra armada con geotextil, puesto que su utilización en general reduce las necesidades de remoción de suelo de cimentación y minimiza el consumo de material para la construcción del muro, generalmente aprovechando los propios materiales disponibles del local.

Existe la ventaja de reducir el tipo de pérdida de reproceso en la construcción, acordando los plazos de ejecución de los proyectos, debido que los muros de tierra armada con geotextil tienen menor proceso constructivo de los muros de concreto armado convencionales. La utilización del sistema de investigación servirá de ayuda para gerentes de proyectos y clientes, cuando los proyectos se encuentren atrasados. Reduce las horas hombres al 30%. Los muros de tierra armada con geotextiles pueden ser estéticos, con diseños más complejos y vanguardistas, pueden satisfacer cual requerimiento del proyecto, por la amplia combinación de perfiles que se pueden desarrollar en cualquier proyecto.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda a los profesionales de la especialidad utilizar suelo reforzado con geotextil para estabilización de muros porque reduce los costos en un rango de 20 a 35%, debido que se puede reutilizar material del sitio.

Se recomienda a las empresas constructoras capacitar al personal y realizar los trabajos, debido que el sistema de Tierra Armada con Geotextil, se puede tener mayor productividad, eliminando las pérdidas y por lo tanto aumentando la utilidad en los proyectos.

En la presente investigación, se puede tomar como base para el diseño y construcción de estabilización de terreno, no solamente en edificaciones en playas sino en otros proyectos de construcción como carreteras y otros.

Se recomienda investigar más en los sistemas de drenaje, según las solicitudes de los proyectos, porque el agua es el principal causante de los problemas en los muros de contención y factor relevantes para la falla de los sistemas de los muros de sostenimientos, los mismos que corresponden obras de drenaje. En la presente investigación se consideró edificaciones en playas, pero las exigencias en otros proyectos como carreteras son diferentes y más exigentes.

Se recomienda utilizar el sistema de tierra armada con geotextil a los proyectos con certificación LEED.

## REFERENCIAS

1. American Psychological Association (s.f.). **How do you format a bibliography in APA Style?** Recuperado de <http://w.w.w.apastyle.org/learn/faqs/format-bibliography.aspx> [Consulta: 06 de agosto de 2017].
2. Aguilar, C. (2008). Análisis Comparativo entre sistemas de drenaje con geosintético versus sistemas de drenaje naturales para muros de contención. (Tesis para optar el título de Ingeniero Constructor, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Valdivia: Chile). Recuperado de <file:///E:/Tesis%20jhonathan/Bibliografia/bmfcia283a.pdf>.
3. Arana, F y Quispe, L. (2013). Muro de suelo reforzado con Terramesh System aplicado al proyecto "Chancadora primaria". (Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería. Lima: Perú).
4. Balois, P (2007). Muro de contención de suelo reforzado con Geotextil. (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Lima: Perú).
5. Brajas, D (2008). Principios de Ingeniería de Cimentaciones. 4ta Ed. California. S.A. Ediciones Paraninfo.
6. Colliers International (2017). Reporte de Investigación & Pronóstico Mercado Playas 2017. Recuperado de [http://www.colliers.com/-/media/files/latam/peru/kr%20playas%20-%202017%20final\\_eg3.pdf](http://www.colliers.com/-/media/files/latam/peru/kr%20playas%20-%202017%20final_eg3.pdf)
7. Contramestre, H y Gonzales, O. (2007). Análisis comparativo de sistema de estabilización de taludes bajo el concepto de suelo reforzados, comparando los sistemas de tierra armada y Terramesh System para un talud ubicado en granjería de la Trinidad, Caracas, EDO. Miranda. (Tesis para optar el Título de Ingeniero, Universidad Católica Andrés Bello. Facultad de Ingeniería. Caracas: Venezuela). Recuperado de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAR0686.pdf>.
8. Ghio, V (2001). *Productividad en Obras de Construcción*. 1 Ed. Lima: PUCP.
9. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). *Informe técnico N° 2 Mayo 2018*. Recuperado de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-n02\\_pbi-trimestral\\_itrim2018.PDF](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-n02_pbi-trimestral_itrim2018.PDF)

10. Mexichen Soluciones Integrales (2012). Propuesta de Pre diseño Muro en Suelo Reforzado con Geotextil Tejido.
  
11. Perea, H (2018).BBVA Research – Situación Perú 2T18.Recuperado de Sitio de Internet de BBVA: <https://www.bbvaresearch.com/publicaciones/presentacion-situacion-peru-segundo-trimestre-2018/>
  
12. Pinedo, M. (2012). Comparación entre Muros de Suelo Reforzado con elementos extensibles y no extensibles. (Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingenieria.Lima:Peru).Recuperado.http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/12345678/1415[ Consulta 25 de Julio de 2018].

## ANEXOS

### *Anexo n. ° 1. Áreas de talud afectado*



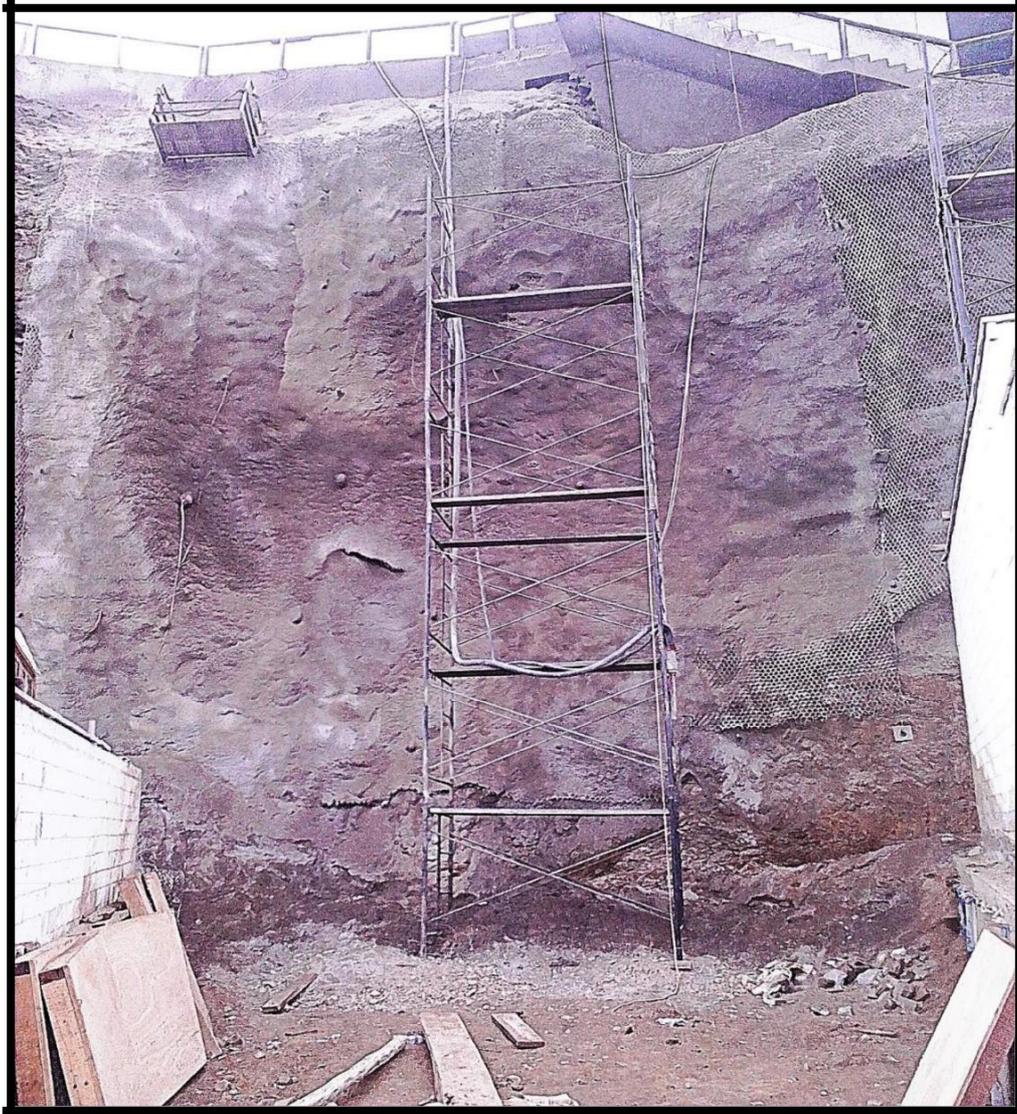
**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

### *Anexo n. ° 2. Limpieza y niveles del área a trabajar*



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 3. Limpieza y niveles del área a trabajar**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. °4. Colocación del Geodren planar y tubo de drenaje**



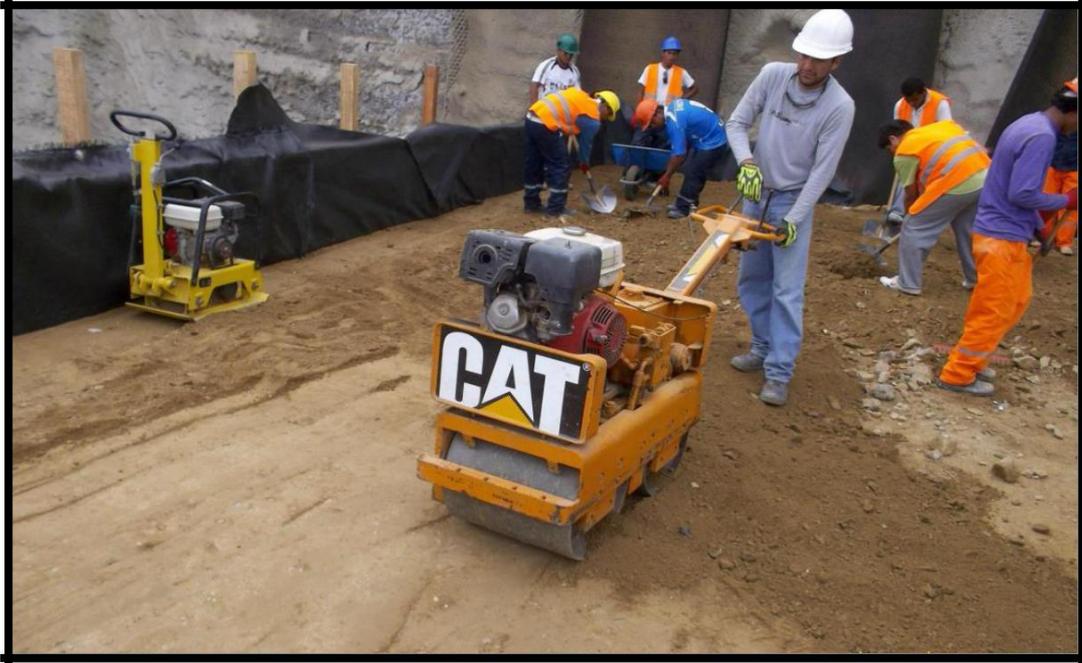
**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. °5. Colocación del Geotextil**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 6. Vista de compactación con rodillo de 500 kl**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 7. Pruebas de granulometría**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 8. Vista de Geodren planar espalda MSR**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 9. Vista de Geodren frontal al MSR**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 10. Colocación de formaletas para encofrado**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 11. Colocación de encofrado**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 12. Colocación de manto verde**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 13. Colocación de manto verde**



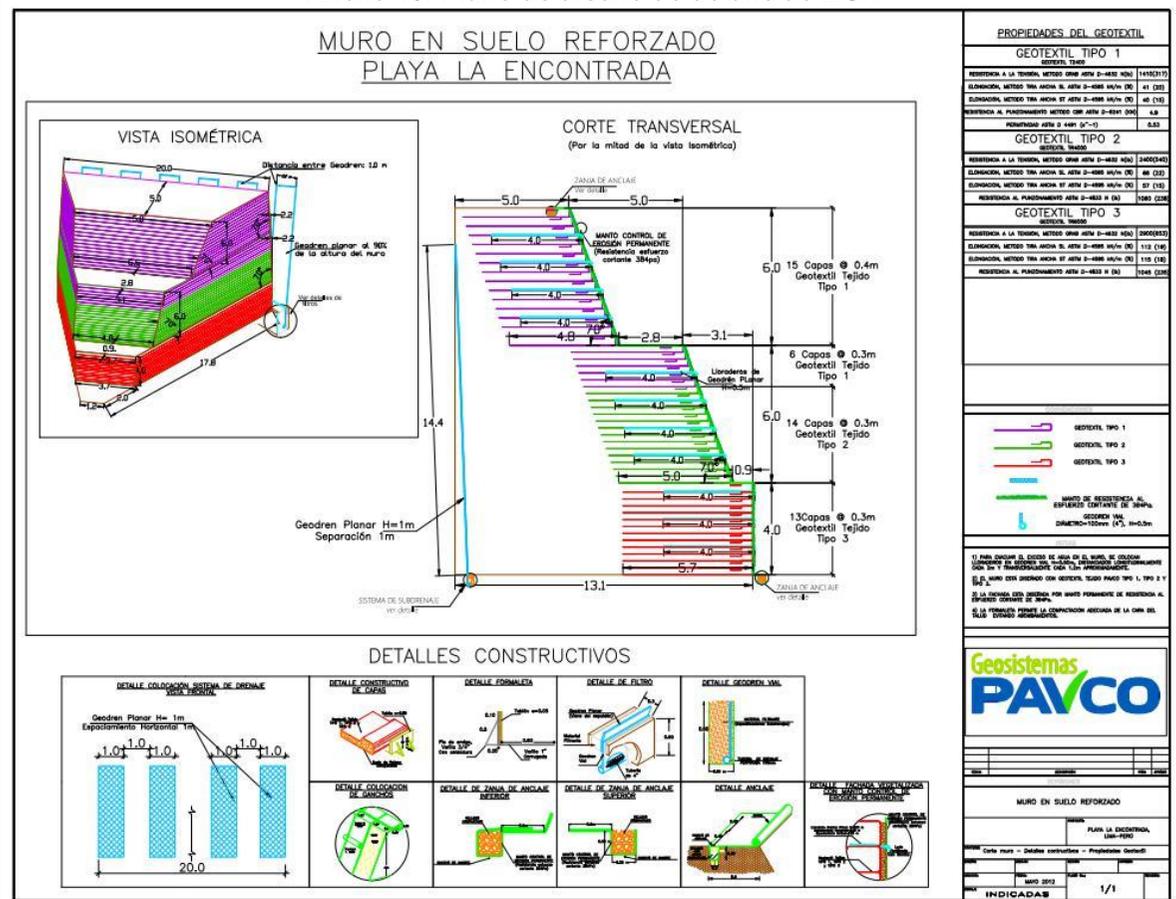
**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo n. ° 14. Culminación de manto verde y MSR**



**Fuente:** Elaboración propia tomada en campo

**Anexo 15: Plano de diseño de detalle de MSR**



**Anexo N° 16: Comparación HH entre Tierra Armada con Geotextil y Muro de concreto tradicional**

Descripción	Und.	Muro de concreto armado						Muro de suelo reforzado con Geotextil							
		Metrado	Rend.	Cuadrilla			Ratio Product.	Horas Hombre	Metrado	Rend.	Cuadrilla			Ratio Product.	Horas Hombre
Muros de contención				Op	Oficial	Peón					Op	Oficial	Peón		
<b>Movimiento de tierras</b>															
Excavación a mano en terreno normal, suave	m3	160.86	3.00	0.00	0.00	1.00	2.67	428.96	72.00	3.00	0.00	0.00	1.00	2.67	192.00
Relleno de afirmado en capas de 0.20 m	m3	2,080.00	5.00	0.00	0.00	1.00	1.60	3,328.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Conformación de capa sub-rasante	m2	214.50	700.00	1.00	0.00	6.00	0.08	17.16	300.00	700.00	1.00	0.00	6.00	0.08	24.00
Relleno compactado para msr c/mat. propio	m3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,634.10	4.00	0.00	0.00	1.00	2.00	3,268.20
Refine, compactación manual y nivelación de excavaciones	m2	160.00	500.00	1.00	0.00	6.00	0.11	17.92	200.00	500.00	1.00	0.00	6.00	0.11	22.40
<b>Geosintéticos (suministro instalación)</b>															
Geotextil t2400	m2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4,620.00	250.00	1.00	2.00	1.00	0.13	591.36
Geotextil tr4000	m2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,465.00	250.00	1.00	2.00	1.00	0.13	443.52
Geotextil tr6000	m2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,375.00	250.00	1.00	2.00	1.00	0.13	432.00
Geodren vial espaldón ( sin tubería) h= 1m 100mm	ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	200.00	150.00	1.00	0.00	1.00	0.11	21.33
Geodren planar 2.0 (cortados a 1m para espaldón)	ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	150.00	150.00	1.00	0.00	1.00	0.11	16.00
Geodren planar 2.0 (cortados a 1m para lloraderos)	ml	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	150.00	1.00	0.00	1.00	0.11	5.33
Manto trm500	m2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	920.81	200.00	1.00	1.00	1.00	0.12	110.50
Encofrado y desencofrado	m2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	560.80	50.00	0.00	1.00	1.00	0.32	179.46
<b>Concreto simple</b>															
Concreto f'c=100 kg/cm2 P/SOLADOS e=4"	m2	214.50	20.00	1.00	1.00	12.00	5.60	1,201.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Concreto armado</b>															
<b>Zapatas</b>															

		Muro de concreto armado							Muro de suelo reforzado con Geotextil										
Concreto premezclado zapatas f'c=210 kg/cm2	m3	180.00	30.00	1.00	1.00	8.00	2.67	480.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Encofrado y desencofrado	m2	48.00	40.00	1.00	1.00	1.00	0.60	28.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Acero corrugado FY= 4200 kg/cm2 grado 60	Kg	8,000.00	300.00	1.00	1.00	1.00	0.08	640.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
<b>Muro de contención</b>																			
Concreto premezclado muro f'c=210 kg/cm2	m3	176.00	30.00	1.00	1.00	9.00	2.93	516.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Encofrado y desencofrado	m2	700.00	60.00	1.00	1.00	1.00	0.40	280.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Acero corrugado FY= 4200 kg/cm2 grado 60	kg	7,059.64	300.00	1.00	1.00	1.00	0.08	564.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Juntas de asfalto de 1"	m	200.00	60.00	1.00	1.00	1.00	0.40	80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
Curado de concreto con aditivo curador	m2	700.00	500.00	0.00	0.00	1.00	0.02	11.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
								HH								HH	5,306.10		
								<b>Muro Tradicional</b>				<b>Tierra Armada Geotextil</b>							
																Reducción HH:	0.30 %		

Fuente: Los datos de rendimientos fueron tomados de campo. Elaboración Propia