

**EJECUCION DEL PROYECTO CONSTRUCCION MURO EN TIERRA ARMADA EN LA
TRONCAL CENTRAL DEL NORTE VIA PALMERA-PRESIDENTE (SANTANDER).**

AUTOR

JOHN ALEXANDER CACERES ESCUDERO



Universidad Industrial de Santander

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2014

Informe Final de Trabajo de Grado en la Modalidad de Práctica Empresarial

**EJECUCION DEL PROYECTO CONSTRUCCION MURO EN TIERRA ARMADA EN LA
TRONCAL CENTARL DEL NORTE VIA PALMERA-PRESIDENTE (SANTANDER).**

AUTOR

JOHN ALEXANDER CACERES ESCUDERO

Trabajo de Grado presentado como requisito
Parcial para optar por el Título de Ingeniero Civil

Director

HEBENLY CELIS LEGUIZAMO

ING. CIVIL M.Sc

Tutor de la Práctica

JORGE ALEXANDER ROJAS RUIZ

ING.CIVIL

Universidad Industrial de Santander

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso

A mi madre, Patricia

A mi familia, Tíos, Tías, y a todos aquellos

Quienes con su apoyo y amor incondicional

Han hecho parte de este nuevo éxito

Alcanzado en mi vida

Gracias por su esfuerzo y comprensión

CONTENIDO

	Pág.
Introducción.....	12
1. Descripción de la Práctica empresarial.....	13
1.1 Construcción de Pilotes con anclajes horizontales y pantallas intermedias para evitar el desplazamiento del talud y recuperación del carril	13
1.2 Construcción de puente en curva de viga cajón metálica con pila.... central para reemplazo de puente existente en malas condiciones	14
2. Construcción de muro de tierra armada en el proyecto Troncal Central del Norte	16
2.1 Localización.....	16
2.2 Alcance y descripción del proyecto.....	16
2.3 Diseño Geotécnico.....	16
2.3.1 Investigación de subsuelo	16
2.3.1.1 Exploración del subsuelo.....	16
2.3.1.2 Ensayos de laboratorio.....	17
2.3.1.3 Análisis de los ensayos realizados con el Geo radar.....	18
3. CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFIA.....	31

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N. 1 Localización general del proyecto.	15
Figura N. 2 Programa de exploración del subsuelo.	17
Figura N. 3 Rada grama	19
Figura N. 4 Solución Propuesta	20
Figura N. 5 Modelo de Análisis	23
Figura N. 6 Estado de esfuerzos totales solución propuesta. Condición Estática	23
Figura N. 7 Deformaciones totales solución propuesta. Condición Estática	24
Figura N. 8 Estado de esfuerzos totales solución propuesta. Condición Con Sismo	25
Figura N. 9 Deformaciones totales solución propuesta. Condición Con Sismo	25
Figura N. 10 Distribución suelo reforzado espaldar del muro	30

LISTA DE FOTOGRAFIAS

	Pág.
Fotografía N°1	14
Fotografía N°2	15
Fotografía N°3	16
Fotografía N°4	23
Fotografía N°5	24
Fotografía N°6	25
Fotografía N°7	26
Fotografía N°8	26
Fotografía N°9	26
Fotografía N°10	40
Fotografía N°11	40

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla N° 1	Propiedades del Pedraplen.	18
Tabla N° 2	Especificaciones mínimas para el material de relleno del muro	19
Tabla N° 3	Diseño del muro utilizando el coeficiente de presión activo de tierras estático 1.	21
Tabla N° 4	Diseño del muro utilizando el coeficiente de presión activo de tierras estático 2.	22
Tabla N° 5	Diseño del muro utilizando el coeficiente de presión activo de tierras dinámico 1.	24
Tabla N° 6	Diseño del muro utilizando el coeficiente de presión activo de tierras dinámico 2.	25

Resumen

Título EJECUCION DEL PROYECTO CONSTRUCCION
MURO EN TIERRA ARMADA EN LA TRONCAL
CENTRAL DEL NORTE VIA PALMERA
PRESIDENTE (SANTANDER).

Autor John Alexander Cáceres Escudero,
jace4291@gmail.com

Palabras claves: tierra armada, cohesión, fricción, sostenible,
compactación tensión, muro

El presente proyecto es se basa sobre los muros en tierra armada, su definición, el proceso constructivo, la puesta en práctica, y sobre todo en las ventajas que posee la ejecución de este tipo de muro en los proyectos viales enfocado especialmente en el proyecto troncal central del norte donde se implementó. El aplicar conceptos básicos de geotecnia y a su vez el no poseer la complejidad de otros tipos de diseños hace de los muros en tierra armada una buena opción. solución consiste en la conformación de la parte de la banca que se perdió mediante la construcción de un pedraplén de 6,7m de altura y en ese nivel se debe realizar un sello con material más fino. En la parte superior del pedraplén, después de sellarlo con el material más fino, se debe colocar un geotextil de alta resistencia en todo el ancho del pedraplén. A partir de este nivel se debe subir con un muro en tierra armada de 6,1m de altura y 5,0m de base. Por detrás del muro en tierra armada se deberá construir un dren planar corrido. Los muros en tierra armada se han venido implementando debido a que son soluciones geotécnicas sostenibles y de fácil ejecución, haciendo de estos muros una ventaja para puntos críticos que necesiten una recuperación inmediata, siendo entonces un motivo para mí, el resaltar y mencionar este tipo de solución que hasta hace poco la conocí pero veo en ella grandes capacidades y virtudes a la hora de dar conclusiones rápidas y con criterio.

*Proyecto de grado. Modalidad práctica empresarial

**Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil.

Director: hebenly celis leguizamón.

Codirector: JORGE ALEXANDER ROJAS RUIZ

Ing civil M.Sc.

Ing .civil

SUMARRY

Título EJECUCION DEL PROYECTO CONSTRUCCION
MURO EN TIERRA ARMADA EN LA TRONCAL
CENTRAL DEL NORTE VIA PALMERA
PRESIDENTE (SANTANDER).

Author John Alexander Cáceres Escudero,
jace4291@gmail.com

Keywords: reinforced earth, cohesion, friction,
sustainable, compaction pressure, Wall

This project is based on reinforced earth walls, its definition, the construction process, the implementation, especially in the implementation has advantages of this type of wall in road projects focused especially on the trunk project north Central where implemented. The geotechnical apply basic concepts and in turn not possess the complexity of other designs made of reinforced earth walls a good choice. The walls in reinforced earth have been implemented because they are sustainable and easy to perform geotechnical solutions, making these walls an advantage for critical points that need an immediate recovery, then be a matter for me, the highlight and that similar solution until recently met her but I see her great abilities and virtues when giving quick and judicious conclusions.

* Proyecto de grado. Modalidad práctica empresarial

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil.

Director: hebenly celis leguizamón.

Codirector: JORGE ALEXANDER ROJAS RUIZ

Ing civil M.Sc.

Ing .civil

INTRODUCCIÓN

La necesidad de crear mecanismos para mejorar la calidad de vida, obliga al ser humano a estar en constante innovación para brindar soluciones a las diferentes contingencias que a diario se presentan por diferente índole. La infraestructura vial no escapa a esta problemática pues en la última década el deterioro continuo del clima ha ocasionado un daño constante y sistemático en red vial nacional.

Uno de los principales daños que ocasiono la ola invernal en las vías nacionales fue la perdida de banca en las principales corredores viales y frente a esta problema se ve como una solución se la construcción de muros en tierra armada por confiabilidad al garantizar la estabilidad del terreno, de una forma rápida, sencilla y económica.

En este artículo se basara en la aplicación de los muro de tierra armada en el proyecto troncal central del norte, como se diseñó, como se ejecutó, viabilidad del diseño y las ventajas de esta tipología de muros.

A continuación se presenta un resumen de la información precisa que permite conocer el alcance y los componentes de proyecto.

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La “Troncal Central del Norte” localizada en el Nor- oriente del país, correspondiente al tramo entre La Palmera – Presidente, corredor ubicado en la Región Andina sobre la Cordillera Oriental. El recorrido inicia en el municipio de La Palmera (PR00+000) Ruta 5504, se desplaza hacia el norte pasando por el costado oriental del departamento de Santander y finaliza en el corregimiento de Presidente en el (PR102+350) Ruta 5504, la construcción del muro en tierra armada como tal se encuentra localizada en el km 11+070 dentro del proyecto antes mencionado, se encuentra entre el municipio de Capitanejo y Enciso.



Figura 1
Localización general del proyecto.



Fotografía 1 Localización
Muro en tierra armada Km
11+070

2. CONCEPTOS BASICOS SOBRE LOS MUROS EN TIERRA ARMADA

La tierra armada es una técnica francesa, inventada por el ingeniero y arquitecto Henry Vidal, alrededor de 1967, se desarrolló a partir de los estudios teóricos y de laboratorio para comprobación de teorías con respecto a la tierra armada, ofreciendo una solución más para diversos problemas de ingeniería civil.

Los muros en tierra armada es una asociación de tierra y elementos lineales capaces de soportar fuerzas de tensión importantes; estos últimos elementos suelen ser tiras metálicas o de plástico. El refuerzo de tales tiras da al

conjunto una resistencia a tensión de la que el suelo carece en sí mismo, con la ventaja adicional de que la masa puede reforzarse única o principalmente en las direcciones más convenientes. La fuente de esta resistencia a la tensión es la fricción interna del suelo, debido a que las fuerzas que se producen en la masa se transfieren del suelo a las tiras de refuerzo por fricción.

La fricción generada entre el suelo y los elementos de refuerzos, es el fenómeno fundamental de la tierra armada; las fuerzas de tensión desarrolladas dentro de la masa, se transmiten a los esfuerzos por medio de la fricción producida en las interfaces.

El principio de operación de la tierra armada es lograr que una masa granular que no soporte fuerzas a tensión, forme un medio coherente debido a la flexibilidad de los refuerzos que si se puedan trabajar a tensión. Los estudios teóricos basados en el método de elementos finitos y los experimentos con estructuras reales, han mostrado la forma en que la cohesión se genera localmente y en toda la masa.

DISEÑO MURO DE TIERRA ARMADA (PROYECTO TRONCAL CENTRAL DEL NORTE)

Investigación del Subsuelo

Con el fin de establecer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman el subsuelo en el sector, fue llevado a cabo un completo programa de exploración, el cual consistió en la ejecución de líneas de Georadar, perforaciones mecánicas y de un amplio programa de ensayos de laboratorio sobre las muestras recuperadas.

Exploración del Subsuelo.

Las labores de exploración asociadas al presente estudio, consisten en la ejecución de una (1) perforación con equipo mecánico de rotación, percusión y lavado, la cual alcanzo la profundidad de

10,0m, así mismo se realizó una línea de Georadar cuya medida alcanzó una profundidad de 20,0 m.

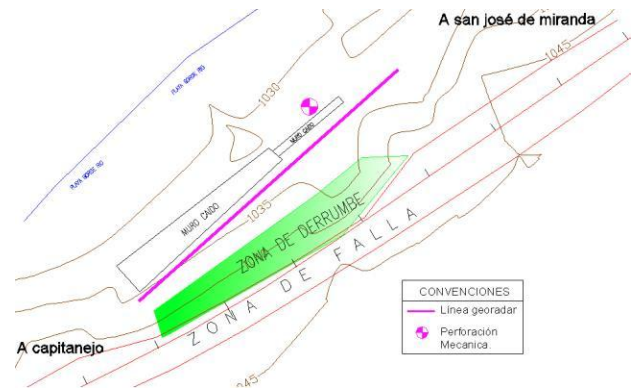


Figura 2 Programa de exploración de suelo.

Durante la ejecución de los sondeos fueron identificados y descritos visualmente los diferentes estratos. En los granulares se adelantó el ensayo de penetración estándar SPT con el fin de correlacionarlo con parámetros geomecánicos y se recuperaron muestras alteradas con el tubo de cuchara partida (Split Spoon).

Debido a la consistencia de los materiales finos detectados, no fue posible la recuperación de muestras inalteradas.

Ensayos de Laboratorio

Todas las muestras obtenidas fueron identificadas visualmente en el laboratorio y sobre un número representativo de los diferentes materiales encontrados, se ejecutaron ensayos tendientes a conocer su comportamiento geomecánico. Las pruebas de laboratorio adelantadas fueron:

Clasificación

La clasificación de los materiales encontrados se realizó mediante los límites de Atterberg y la composición granulométrica de los materiales muestreados.

Condiciones In situ

El contenido de humedad y la densidad de los Materiales en el sitio del proyecto,

se establecieron mediante los ensayos de humedad natural y peso unitario. Estas pruebas junto con las de clasificación, permiten establecer una primera aproximación del comportamiento mecánico de los materiales encontrados.

Resistencia al Corte:

Ante la imposibilidad de recuperar muestras inalteradas para la ejecución de ensayos de resistencia

al corte en el laboratorio, los parámetros de resistencia al corte no drenado se obtuvieron a partir de correlaciones empíricas con el ensayo de penetración estándar SPT.

Estos parámetros, fueron establecidos con base en la correlación del SPT (Ensayo de Penetración Estándar) propuesta por Stroud and Butler (1974).

Análisis de los ensayos realizados con el Georadar.

En la figura a continuación se presenta la caracterización de los materiales encontrados mediante la línea tomada con el Georadar en el sector objeto del presente estudio.

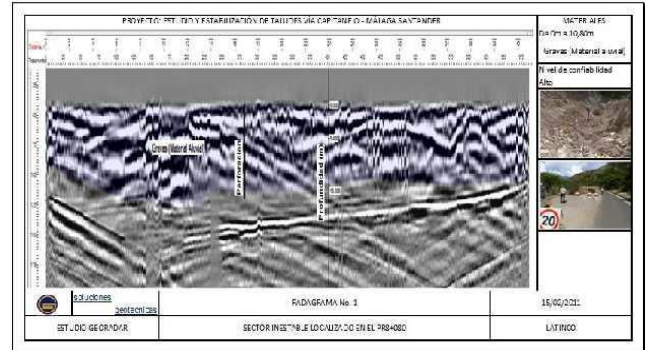


Figura 3 Radagrama

Condiciones sísmicas del proyecto

De acuerdo la Norma NSR-10, los municipios de Málaga y Capitanejo deben trabajarse con un valor para el coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva para diseño Aa de 0,25.

Descripción de la nueva solución

Esta solución consiste en la conformación de la parte de la banca que se perdió mediante la construcción de un pedraplén de 6,7m de altura y en ese nivel se debe realizar un sello con material más fino. En la parte superior del pedraplén, después de sellarlo con el material más fino, se debe colocar un geotextil de alta resistencia en todo el ancho del pedraplén. A partir de este nivel se debe subir con un muro en tierra armada de 6,1m de altura y 5,0m

de base. Por detrás del muro en tierra armada se deberá construir un dren planar corrido. El pedraplén se debe construir con una pendiente de 1,5H: 1,0V. Se deberá dejar una berma de 2,0m en la parte superior del pedraplén.

Para tratar de preservar el pedraplén de la acción erosiva del río, se recomienda construir una protección mediante bolsacretos, hasta una altura de 3,4m. En la pata del talud externo se deberá excavar una zanja de

2m y rellenarla con piedra pegada.

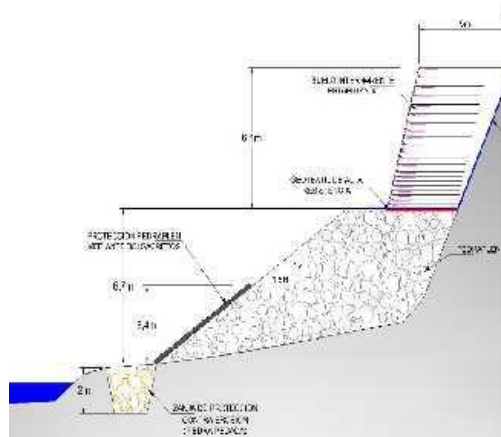


Figura 4 Solución Propuesta

Se debe tener en cuenta que no se cuenta con la información del nivel máximo de aguas, sin embargo se consideró que al

tener el pedraplén una altura de

6,7m y la protección mediante bolsacretos una altura de 3,4m, se podría tener una protección aceptable contra la erosión del río. Aclarando que esta solución es muy vulnerable al comportamiento del río, se recomienda que para garantizar su funcionamiento a mediano y largo plazo se realice un estudio hidráulico completo sobre el comportamiento del río y se hagan las recomendaciones necesarias para contrarrestar la acción erosiva del río sobre las obras recomendadas.

Se considera que la protección con bolsacretos no impedirá el drenaje natural del pedraplén puesto que al constar de elementos individuales no es totalmente impermeable.

Evaluación técnica

Análisis de la estabilidad global con la solución propuesta

Con el fin de analizar la estabilidad global para la solución propuesta, se utilizó como herramienta numérica el método de los elementos finitos mediante el programa de computador PLAXIS en su versión 8.0, el modelo geotécnico fue representado mediante un espacio bidimensional modelado con elementos de 15 nodos. El comportamiento mecánico de los estratos definidos fue establecido mediante un modelo de comportamiento tipo Mohr - Coulomb.

Se consideró el nivel freático en el contacto del material aluvial y el pedraplén. Para el material de pedraplén se asignaron las siguientes propiedades:

Tabla 1 Propiedades del Pedraplen.

Material	Profun (m)	Cohesio n t/m2	Angu fricci
Pedraple	0 - 10	1	34

En la figura siguiente se muestra el modelo utilizado.

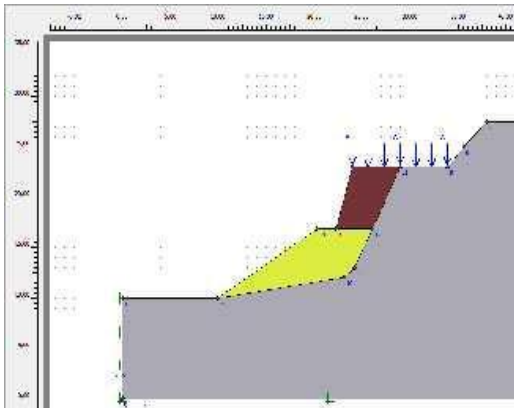


Figura 5 Modelo de Análisis

En la figura 6 se muestra el estado de esfuerzos y en la figura 7 las deformaciones

totales para la Condición Estática. La línea azul muestra la posición del nivel freático utilizado en los modelos.

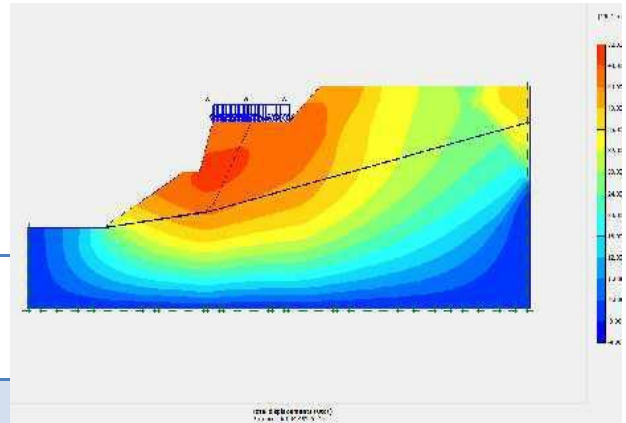


Figura 6 Estado de esfuerzos totales solución propuesta. Condición Estática

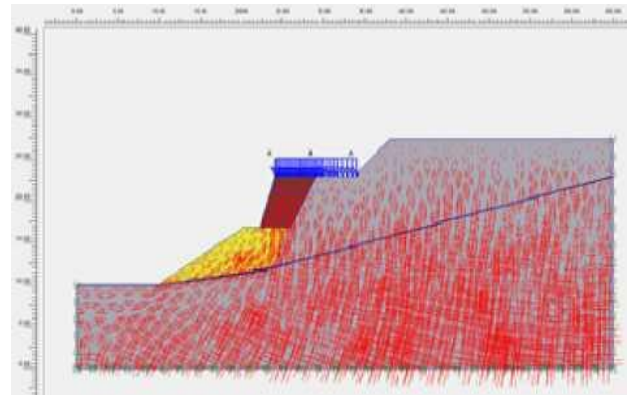


Figura 7 Deformaciones totales solución propuesta. Condición Estática

El factor de seguridad obtenido para la Condición Estática es de 1,4270.

En la Figura No. 8 se muestra el estado de esfuerzos y en la figura No.9 las deformaciones totales para la Condición Con Sismo.

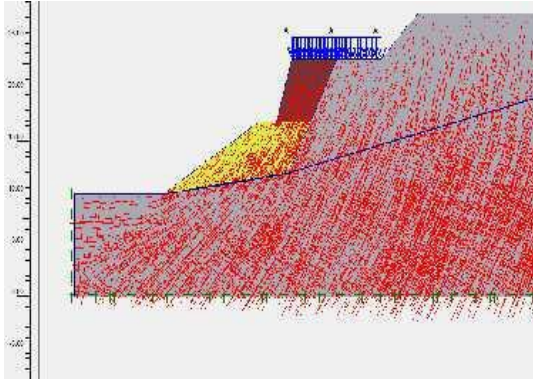


Figura 8 Estado de esfuerzos totales solución propuesta. Condición Con Sismo

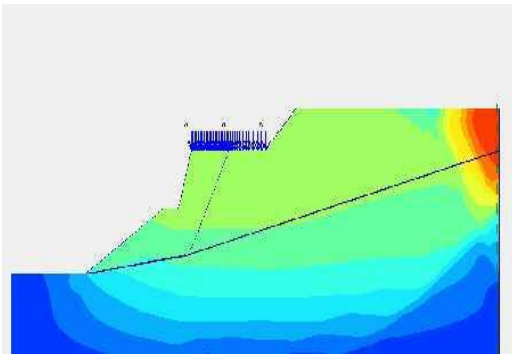


Figura 9 Deformaciones totales solución propuesta. Condición Con Sismo

El factor de seguridad obtenido para la Condición

Estática es de 1,0130

Diseño del Muro de tierra armada de 6m de altura

Los materiales de relleno deberán cumplir como mínimo

con las siguientes especificaciones:

Tabla 2 Parámetros seleccionados

PARÁMETROS	
Peso unitario (t/m3)	2,00
Angulo de fricción interna	35,0°
Porcentaje de compactación	95%

Para la construcción del muro se emplearán como mínimo geomallas uniaxiales tipo TT 060 o similar, con una resistencia a la tensión mínima de 17,0 KN/m correspondiente al 2% de deformación.

El procedimiento general de diseño de cualquier muro de retención estabilizado mecánicamente se divide en dos:

- La satisfacción de los requisitos de estabilidad interna del muro.
- La revisión de la estabilidad externa del muro.

Las revisiones de la estabilidad interna implican determinar la resistencia a tensión y la resistencia por zafadura en los elementos de refuerzo así como la integridad de los elementos frontales.

Las revisiones de estabilidad externa incluyen las de volteo, deslizamiento y capacidad de carga.

De acuerdo con la teoría de presión activa de Rankine

$$\sigma_a = \sigma_v \cdot K_a - 2c \sqrt{K_a}$$

σ_a = Presión activa de Rankine a cualquier profundidad z

Cuando se agrega una sobrecarga en la parte superior

$$\sigma_v = \sigma_v (1) + \sigma_v (2)$$

$\sigma_v (1)$ = Presión vertical debida únicamente al suelo

$\sigma_v (2)$ = Presión vertical debida a la sobrecarga

Espaciamiento vertical necesario de la geomallas

Las capas de Geomalla pueden fallar por rotura o por zafadura, por lo tanto deben distribuirse de manera que las capas aporten la resistencia necesaria para soportar el empuje del material de relleno sin que se rompan con un factor de seguridad aceptable.

$$S_v = \frac{\sigma_G}{\sigma_a FS_{(B)}}$$

σ_G = resistencia permisible en tensión del geotextil

σ_a = Presión activa horizontal

$FS_{(B)}$ = Factor de seguridad a la rotura

$FS_{(B)}$ = Está entre 1.3 a 1.5

Longitud de las capas de Geomalla:

Se debe garantizar una longitud de Geomalla dentro del material de relleno para que la fricción desarrollada entre los dos materiales soporte el empuje de tierra sin que se zafen.

La longitud mínima de los tirantes a cualquier profundidad es:

$$L = lr + le$$

Dónde:

lr = Longitud dentro de la zona de falla de Rankine

le = Longitud efectiva

Para un $FS_{(P)}$

$$lr = \frac{H - z}{\tan\left(45 + \frac{\phi_1}{2}\right)}$$

Y

$$le = \frac{S_v \sigma_a [FS_{(P)}]}{2 \sigma_v \tan \phi_f}$$

$$\phi_f = \frac{2}{3} \phi_1$$

$FS_{(P)}$ = Está entre 1.3 a 1.5

Se recomienda usar para el cuerpo del muro de suelo reforzado un material granular con parámetros $\phi = 35^\circ$ y $\gamma = 20\text{kN/m}^3$

Factor de seguridad al volcamiento

$$FS_{(\text{volcamiento})} = \frac{M_R}{M_A}$$

M_R = Momento Resistente

M_A = Momento Actuante

$$M_R = \frac{\gamma H B^2}{2}$$

$$M_A = \frac{1}{6} (\gamma K_a H^3) + \sigma_v (2) K_a \frac{H^2}{2}$$

Dónde:

γ = Peso Unitario Suelo del Relleno

$\sigma_v (2)$ = Presión vertical debida a la sobrecarga

B = Ancho del muro

Factor de seguridad al deslizamiento

$$FS_{(\text{Deslizamiento})} = \frac{F_R}{F_A}$$

F_R = Momento Resistente

F_A = Momento Actuante

$$F_R = \gamma H B \tan\left(\frac{2}{3} \phi\right)$$

$$F_A = \frac{\gamma H^2 K_a}{2}$$

Siendo ϕ el ángulo de fricción del suelo en la base del muro.

Tabla 3 Diseño del muro utilizando el coeficiente de presión activo de tierras estático 1.

z (m)	σ_{v1} (kN/m ²)	σ_{v2} (kN/m ²)	σ_{a1} (kN/m ²)	σ_{a2} (kN/m ²)	FS _(B)	S _v (m)
0,50	10	14	2,71	3,79	1,50	1,74
1,00	20	14	5,42	3,79	1,50	1,23
1,50	30	14	8,13	3,79	1,50	0,95
2,00	40	14	10,84	3,79	1,50	0,77
2,50	50	14	13,55	3,79	1,50	0,65
3,00	60	14	16,26	3,79	1,50	0,57
3,50	70	14	18,97	3,79	1,50	0,50
4,00	80	14	21,68	3,79	1,50	0,44
4,50	90	14	24,39	3,79	1,50	0,40
5,00	100	14	27,10	3,79	1,50	0,37
5,50	110	14	29,81	3,79	1,50	0,34
6,00	120	14	32,52	3,79	1,50	0,31

Tabla 4 Diseño del muro utilizando el coeficiente de presión activo de tierras estático 2.

z (m)	σ_{v1}	σ_{v2}	σ_{a1}	σ_{a2}	$\sigma_{a-total}$	S _v	FS _(p)	ϕ_F	l _r (m)	l _e (m)	l _{e-minimo}	l (m)	l-escogido
0,40	8	14	2,17	3,79	5,96	0,4	1,5	23,33	2,97	0,19	0,90	3,87	5
0,80	16	14	4,34	3,79	8,13	0,4	1,5	23,33	2,76	0,19	0,90	3,66	5
1,20	24	14	6,50	3,79	10,30	0,4	1,5	23,33	2,55	0,19	0,90	3,45	5
1,60	32	14	8,67	3,79	12,47	0,4	1,5	23,33	2,34	0,19	0,90	3,24	5
2,00	40	14	10,84	3,79	14,63	0,4	1,5	23,33	2,13	0,19	0,90	3,03	5
2,40	48	14	13,01	3,79	16,80	0,4	1,5	23,33	1,93	0,19	0,90	2,83	5
2,70	54	14	14,63	3,79	18,43	0,3	1,5	23,33	1,77	0,14	0,90	2,67	5
3,00	60	14	16,26	3,79	20,05	0,3	1,5	23,33	1,61	0,14	0,90	2,51	5
3,30	66	14	17,89	3,79	21,68	0,3	1,5	23,33	1,46	0,14	0,90	2,36	5
3,60	72	14	19,51	3,79	23,31	0,3	1,5	23,33	1,30	0,14	0,90	2,20	5
3,90	78	14	21,14	3,79	24,93	0,3	1,5	23,33	1,15	0,14	0,90	2,05	5
4,20	84	14	22,76	3,79	26,56	0,3	1,5	23,33	0,99	0,14	0,90	1,89	5
4,50	90	14	24,39	3,79	28,18	0,3	1,5	23,33	0,83	0,14	0,90	1,73	5
4,70	94	14	25,47	3,79	29,27	0,2	1,5	23,33	0,73	0,09	0,90	1,63	5
4,90	98	14	26,56	3,79	30,35	0,2	1,5	23,33	0,62	0,09	0,90	1,52	5

5,10	102	14	27,64	3,79	31,43	0,2	1,5	23,33	0,52	0,09	0,90	1,42	5
5,30	106	14	28,72	3,79	32,52	0,2	1,5	23,33	0,42	0,09	0,90	1,32	5
5,50	110	14	29,81	3,79	33,60	0,2	1,5	23,33	0,31	0,09	0,90	1,21	5
5,70	114	14	30,89	3,79	34,69	0,2	1,5	23,33	0,21	0,09	0,90	1,11	5
5,90	118	14	31,98	3,79	35,77	0,2	1,5	23,33	0,10	0,09	0,90	1,00	5
6,10	122	14	33,06	3,79	36,85	0,2	1,5	23,33	0,00	0,09	0,90	0,90	5

Se tuvo en cuenta la Condición Con Sismo utilizando para el diseño el Coeficiente de presión activa en condición dinámica, según planteamiento de Mononobe Okabe que para la aceleración del proyecto (0,25g) es de 0,476.

En las siguientes tablas se presenta el diseño del muro utilizando el Coeficiente de presión activo de tierras en condición dinámica.

Tabla 5 Diseño del muro utilizando el coeficiente de presión activo de tierras dinámico 1.

Z (m)	σ_{v1} (kN/m ²)	σ_{v2} (kN/m ²)	σ_{a1} (kN/m ²)	σ_{a2} (kN/m ²)	FS _(B)	S _v (m)
0,50	10	1	4,7	6,66	1,50	0,9
1,00	20	1	9,5	6,66	1,50	0,7
1,50	30	1	14,	6,66	1,50	0,5
2,00	40	1	19,	6,66	1,50	0,4
2,50	50	1	23,	6,66	1,50	0,3
3,00	60	1	28,	6,66	1,50	0,3
3,50	70	1	33,32	6,66	1,50	0,2
4,00	80	1	38,08	6,66	1,50	0,2
4,50	90	1	42,	6,66	1,50	0,2
5,00	100	1	47,	6,66	1,50	0,2
5,50	110	1	52,	6,66	1,50	0,1
6,00	120	1	57,	6,66	1,50	0,1

Tabla 6 Diseño del muro utilizando el coeficiente de presión activo de tierras dinámico 2.

En la siguiente figura se muestra la distribución geométrica del suelo internamente estabilizado, que servirá como relleno para el muro de concreto.

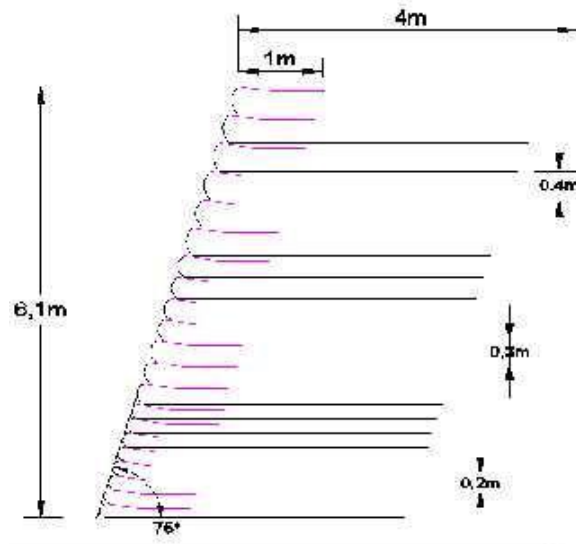


Figura 10 Distribución suelo reforzado espaldar del muro

Estabilidad del muro al volcamiento Condición

Estática

Momento resistente (kN*m/m): 1525
 Momento actuante (kN*m/m): 275,62
 Factor de seguridad al volcamiento: 5,53

Estabilidad del muro al deslizamiento Condición

Estática

Fuerza resistente (kN/m): 254,75

Fuerza actuante (kN /m): 100,84

Factor de seguridad al deslizamiento: 2,53

Estabilidad del muro al volcamiento Condición Con Sismo

Momento resistente (kN*m/m): 1525
 Momento actuante (kN*m/m): 484,13
 Factor de seguridad al volcamiento: 3,15

Estabilidad del muro al deslizamiento Condición Con Sismo

Fuerza resistente (kN/m): 254,75
 Fuerza actuante (kN /m): 177,12
 Factor de seguridad al deslizamiento: 1,44

Para el manejo de las aguas que puedan confluir en el espaldar de la estructura, se recomienda la colocación de DRENES PLANARES.

RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

El geotextil de separación entre el pedraplen y el muro de tierra armada deberá ser un geotextil no tejido de alta resistencia con una resistencia al Punzonamiento mínima de 500N y una resistencia a

la tensión (método Grab) mínima de 1000N, tipo NT4000 o similar. La razón de colocar este geotextil de separación es que el Pedraplen seguramente generará gran cantidad de vacíos por donde se puede perder el material que conforma el muro de tierra armada. Se decidió utilizar un geotextil no tejido debido a que estos son menos deformables y tienen menos capacidad de saturación que los geotextiles tejidos.

Este geotextil se deberá colocar después de haber terminado la construcción del Pedraplen y de haberlo sellado con un material más fino.

Para el manejo de las aguas que puedan confluir en el espaldar de las estructuras, se recomienda la colocación de drenes planares corridos en el espaldar del muro internamente estabilizado, directamente en el contacto entre el relleno y el talud natural.

PROCESO CONSTRUCTIVO

Operaciones previas

La ejecución de estructuras de tierra armada debe ser organizada como una obra de movimiento de tierras. El rendimiento del montaje depende de una muy buena organización y el volumen de las capas va ligado a los espesores de diseño y longitud del muro.

Es importante también el contar con personal calificado: encargado, oficiales y ayudantes herramienta menor plantillas además de maquinaria como retro-cargador o mini-cargador, excavadora de orugas (para el replanteo) compactador de rodillo y compactador de pata

Material de Relleno

Dicho material debe cumplir con las condiciones mecánicas granulométricas mínimas tales como 15 % pasa 200, Angulo de fricción interna entre 25 y 35 y grado de compactación mayor o igual a 95% en cada capa

Instalación de geotextil no tejido

Esto se hace en el proceso inicial de algunos muros de tierra armada para evitar deformaciones en la capa inicial y menor capacidad de saturación

Manejo de aguas

Para el manejo de las aguas que puedan confluir en el espaldar de las estructuras, se recomienda la colocación de drenes planares corridos en el espaldar del muro internamente estabilizado, directamente en el contacto entre el relleno y el talud natural. Para el manejo de aguas externo se

recomienda la construcción de cunetas en la corona y pata del talud.

Construcción de capas en relleno estructural

Con la instalación del geodren planar ya se da inicio para la instalación de la geomalla uniaxial y el material de la primera capa, para la instalación del material de relleno se debe poner una formaleta ya sea metálica o de madera a lo largo del muro.

Instalación de tiras a tensión (Geomalla)

Tal como ya se había mencionado el refuerzo de tales tiras da al conjunto una resistencia a tensión.

6. PROCEDIMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE MURO DE TIERRA ARMADA EN EL PROYECTO TRONCAL CENTRAL DEL NORTE.

6.1 Excavación y replanteo

En esta primera etapa del proyecto se inicia con la

excavación del punto sobre el cual se iniciara el muro de tierra armada que en su pata tiene un longitud de 43 mts de largo por 6 mts de ancho, aumentado su longitud y disminuyendo su ancho a medida que llegamos a la corona.

La excavación se dejó 10 cmts por debajo de la cota de inicio para nivelar con un material fino y facilitar los procedimientos posteriores: a su vez se inició con un relleno preliminar para dejar un acceso para la maquina y el personal



Fotografía 2 Excavación y acceso al muro de tierra armada



Fotografía 3 Nivelación y Replanteo del muro de tierra armada

Instalación de Geotextil NT 4000 y Geodren Planar

Ya con la cota de inicio nivelada y revisada por topografía se inicia con la instalación del geotextil NT

4000, según lo especificado en las recomendaciones de construcción como este tipo de geotextil viene con un ancho de 3.5 mts el ingeniero Residente a cargo del proyecto me recomienda traslapar 1 mts entre telas para cumplir con el ancho del muro en la pata del muro, sobre el geotextil se ubicó el geodren planar que ira por todo el espaldar del muro de tierra armada este viene por dos mts de ancho y se unió con fibra a lo largo del muro y para la altura se dejó 1 mts más del ancho en la primera capa para garantizar que cuando ya se termine la construcción de las capas del muro se pueda dar el uso adecuado al geodren como lo es ponerlo a desembocar dentro de las zanjias de concreto que se deben hacer.



Fotografía 4 Instalación de Geotextil NT 4000.



Fotografía 5 Instalación de Geodren planar.

Construcción de las capas del muro de tierra armada

Con la instalación del geodren planar ya se da inicio para la instalación de la geomalla uniaxial y el material de la primera capa, para la instalación del material de relleno se ponía una formaleta ya sea metálica o de madera a lo largo del muro.

Las primeras capas del muro se trabajan con facilidad, el proceso era instalar la geomalla uniaxial dejando lo que se traslaparía en la capa siguiente corroborando con la comisión de topografía la cota de cada capa, luego se extendía el material de relleno compactando con un compactador de rodillo en la parte ancha de la capa, en el espaldar del muro se utilizaba un compactador de pata y por último la toma de densidades dependiendo de la longitud de la capa se tomaban en

3 o 4 puntos siempre mayor o igual al 95 %.

Después de la cuarta capa se debió empotrar en la parte inferior del muro, una vigas en madera para cumplir con la inclinación que debía tener el muro y así garantizar lo especificado en el diseño, además después de la capa 6 se le pidió concepto al especialista en geotecnia del proyecto ya que el material que quedaba al borde del muro de cara al rio, se estaba perdiendo entre la geomalla, el determino que se instalara geotextil NT 1600 que traslape 0.50 mts entre capas para evitar que suceda la perdida de material del borde y además que agreguemos en este último proceso de compactación de la capa por la cara que se estaba desbordando se deje un espacio de 0.20 mts para que se instale un costal de fique , se llene con tierra orgánica y se le siembre una semilla de pasto para empradizar esa cara del muro.



Fotografía 6 Instalación de Geomalla Uniaxial



Fotografía 7 Colocación de formaleta y Extensión de material de relleno



Fotografía 8 Compactación de material de relleno de muro de tierra armada



Fotografía 9 Proceso de capa 2
espesor 0.20 mts



Fotografía 11 Toma de densidad
con cono de arena para recibir capa
3 por parte de interventoría.



Fotografía 10 Acabado de capa
3 con geomalla uniaxial traslapa
para capa 4



Fotografía 12 Empotramiento de
viga de madera en capa 4 para
garantizar el proceso constructivo.



Fotografía 13 Compactación de
material de relleno de capa 5



Fotografía 14 Recomendación de especialista, instalación de Geotextil NT 1600



Fotografía 15 Recomendación Especialista, instalación de costal de fique para empradizacion

Terminación de las capas del muro e iniciación de las obras anexas. Al llegar a la cota de rasante de la vía, se inicia el proceso de instalación de mezcla densa en caliente, instalación de defensas metálicas y construcción de las zanjas y losa de concreto que recibirán el agua que se filtre por el espaldar del muro en la pata del muro.



Fotografía 16 Terminación de muro tierra armada capa 19



Fotografía 17 Terminación de capa 20

Fotografía 18 Terminación de capa 21 llegando a cota de rasante



Fotografía 19 Construcción de Zanjas y losa en concreto en pata de muro de tierra armada

VENTAJAS DE MURO EN TIERRA ARMADA

- La fácil interpretación de planos para su ejecución.
- Diversas aplicaciones: zonas de topografía accidentada, estribos de puentes para carreteras y zonas lacustres, ríos y mares
- Son sencillos en su ejecución ya que no se utilizan maquina especiales.
- Gran capacidad de drenaje.
- Rapidez en la ejecución del muro en obra: por compleja que se la solución técnica y complejo que sea el sitio de ejecución con esta solución se logra muy buenos rendimientos diarios.

- Es una solución económicamente hablando más barata que otra.

DESVENTAJAS DE LOS MUROS EN TIERRA ARMADA

- Requieren un relleno granular con excelente gradación, por eso donde no existan depósitos cercanos de material granular se encarecería el proyecto
- Se necesita una protección constructiva cuando el refuerzo es geomalla
- No es totalmente normalizada la construcción de estos muros por lo tanto aun en grandes proyectos la ejecución se hace de manera no estandarizada.

3. CONCLUSIONES

- Se entiende que el diseño no siempre se va a cumplir al pie de la letra, pues se definirá en campo las inquietudes que se presentan solo cuando se esta ya ejecutando lo diseñado, siendo un factor inquietante y a la vez interesante cuando se

quiere aprender mas de la ingeniería en campo.

- Se cumplió con las responsabilidades obtenidas en la empresa en el acompañamiento técnico en algunos proyectos, especialmente en la construcción de muro de tierra armada en el Km 11+070 considerado como punto crítico, la elaboración de actas de cobro y liquidación, los laboratorios y en la realización de los respectivos informes.
- Se aplicaron los conocimientos adquiridos durante la formación académica, y además se obtuvieron nuevas enseñanzas, que permiten al estudiante mejorar su competitividad en el área profesional.

BIBLIOGRAFIA

[1] Luis Andrés Vera "MUROS DE RETENCION DESUELOS CON SISTEMA DETIERRA ARMADA " Chile 2004

[2] Kelly Johana Gómez y Adolfo León Arenas. (2013)

“LAS RUBRICAS O MATRICES DE VALORACION, HERRAMIENTAS DE PLANIFICACION E IMPLEMENTACION DE UNA EVALUACION POR DESEMPEÑOS”

[3] Juárez Badillo- Rico Rodríguez, Mecánica de suelo, Tomo II Ed Limusa, México 1989

[4] Blanco L., Giovanni E. (2010) PRACTICA EMPRESARIAL PARA LA ASISTENCIA TECNICA EN EL CAMPO DE SUELOS Y GEOTECNIA EN LOS PROYECTOS QUE ADELANTA LA EMPRESA TORRES INGENIERIA S.A.S. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander

[5] Peña Z., Cristhian A. (2011) PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EMPRESA TORRES INGENIERÍA S.A.S. PARA EL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN EN LA CUENCA BAJA Y MEDIA DEL RIO FRIO (MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA Y GIRÓN), DE ACUERDO CON LAS