



Universidad Industrial de Santander  
Practica Empresarial como Auxiliar de Ingeniería en la Coordinación, Monitoreo en  
Cantidades Y Procesos Constructivos de Obra Sobre la Estabilización de Taludes en los  
Municipios de El Playon, Vetas Y Matanza en el Departamento de Santander.

**PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN  
LA COORDINACIÓN, MONITOREO EN CANTIDADES Y PROCESOS  
CONSTRUCTIVOS DE OBRA SOBRE LA ESTABILIZACIÓN DE  
TALUDES EN LOS MUNICIPIOS DE EL PLAYON, VETAS Y  
MATANZA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.**

Por  
**EZEQUIEL RODRIGUEZ GARCIA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
2015**

**PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN  
LA COORDINACIÓN, MONITOREO EN CANTIDADES Y PROCESOS  
CONSTRUCTIVOS DE OBRA SOBRE LA ESTABILIZACIÓN DE  
TALUDES EN LOS MUNICIPIOS DE EL PLAYON, VETAS Y  
MATANZA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.**

**EZEQUIEL RODRIGUEZ GARCIA**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil  
Modalidad: Práctica empresarial**

**DIRECTOR DE PROYECTO DE GRADO:  
Wilfredo del Toro Rodríguez  
Ingeniero Civil, M.Sc.  
Universidad Industrial de Santander**

**DIRECTOR DE LA PRÁCTICA:  
Miguel Roberto Silva Monsalve  
Ingeniero Civil  
Asesor Construsuelos de Colombia S.A.S**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
2015**

## ***DEDICATORIA***

*Este trabajo lo dedico a mi Madre, mujer de inmensa fortaleza que ha dado todo por hacer de mí una persona ejemplar, que siempre estará allí cuando más lo necesite, porque cuando todos los caminos se cerraban, tú estabas ahí para alentarme y levantarme cada vez que he tenido dificultades. Gracias madre por tu paciencia y comprensión, sin ti no sería quien soy ahora. Para ti madre que siempre tuviste tus brazos abiertos y llenos de amor, todos mis logros son el reflejo del amor que me das, tu eres mi inspiración, gracias por ser afortunado y tenerte como madre.*

*Gracias a mis hermanos por estar siempre a mi lado, por ser mi fortaleza, agradezco infinitamente a DIOS por haberme dado esta gran familia, mis éxitos son también suyos.*

*A mi novia que siempre me ha apoyado, que nunca se cansa de buscar formas de ayudarme y permanecer incondicionalmente hasta ver alcanzar todas mis metas.*

## *AGRADECIMIENTOS*

A DIOS por permitirme vivir cada segundo de mi vida, siempre has estado allí para guiarme, para enseñarme. Porque has llenado mi vida de bendiciones, gracias por darme todo lo que tengo, espero cada día construir las cosas a tu agrado y que me llenes de sabiduría para hacer de este mundo un lugar mejor ejerciendo mi profesión como Ingeniero Civil.

Al ingeniero Wilfredo Del Toro Rodríguez, que estuvo dispuesto a dirigir y orientarme en mi proyecto de grado, gracias por compartir su invaluable conocimiento.

A la empresa Construsuelos de Colombia S.A.S, por permitirme realizar mis prácticas empresariales. Al Ingeniero Miguel Ángel Camargo por haberme brindado su apoyo y confianza al darme la oportunidad de pertenecer a su prestigiosa empresa.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	- 16 -
1. OBJETIVOS .....	- 17 -
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	- 17 -
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	- 17 -
2. INFORMACION DE LA EMPRESA. ....	- 18 -
2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA. ....	- 18 -
2.2. MISION. ....	- 19 -
2.3. VISION. ....	- 19 -
3. INFORMACIÓN DEL PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y CONTROL DE EROSIÓN. ....	- 19 -
3.1 LOCALIZACIÓN DEL LAS OBRAS. ....	- 20 -
3.2 PROBLEMÁTICA. ....	- 21 -
3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	- 22 -
3.4 DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE LA OBRAS. ....	- 22 -
3.5. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE OBRAS DEL PROYECTO.....	- 22 -
3.5.1 Localización específica de la obras.....	- 22 -
4. PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS OBRAS. ....	- 24 -

4.1	CONSTRUCCIÓN MURO DE CONTENCIÓN EN HORMIGÓN ARMADO	
	MUNICIPIO EL PLAYON SANTANDER. ....	- 24 -
4.1.1	Descripción del muro de contención.....	- 24 -
4.1.2	Delimitación de la zona de intervención.....	- 26 -
4.1.3	Descapote.....	- 26 -
4.1.4	Excavación y perfilación del talud.....	- 27 -
4.1.5	Armado y fundida del muro de contención.....	- 27 -
4.1.6	Filtro detrás del muro.....	- 30 -
4.2	CONSTRUCCION DE ANCLAJES ACTIVOS MUNUCIPIO DE VETAS	
	SANTANDER.....	- 31 -
4.2.1	Descripción de anclaje activo.....	- 31 -
4.2.2	Perforación de Anclaje.....	- 32 -
4.2.3	Proceso de inyección del Anclaje.....	- 33 -
4.2.4	Construcción pantalla en concreto.....	- 33 -
4.3	CONSTRUCCIÓN DEL MURO DE TIERRA ARMADA EN EL MUNICIPIO DE	
	MATANZA SANTANDER.....	- 35 -
4.3.1	Descripción del muro de tierra armada.....	- 35 -
4.3.2	Replanteo.....	- 37 -
4.3.3	Descapote.....	- 37 -
4.3.4	Excavación.....	- 38 -
4.3.5	Drenaje.....	- 39 -

4.3.6	Construcción de las capas de relleno. ....	40 -
5.	ACTIVIDADES EJECUTADAS EN LA PRACTICA EMPRESARIAL .....	43 -
5.1	SUPERVISIÓN DIARIA DE LAS OBRAS. ....	43 -
5.2	CONTROL Y SEGUIMIENTO DE ENSAYOS DE CAMPO. ....	44 -
5.2.1	Concreto.....	44 -
5.2.2	Densidades del suelo.....	44 -
5.3	BITÁCORA DE LAS OBRAS. ....	45 -
5.4	CHARLAS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE EPPS EN OBRA. ....	45 -
5.5	CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN OBRA. ....	46 -
5.6	REGISTRO FOTOGRÁFICO. ....	48 -
6.	MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE DRENES DE PENETRACIÓN, ANCLAJES, PILOTES Y MICROPILOTES Y MURO EN TIERRA ARMADA CON GEOSINTETICOS. .	48 -
6.1	DRENES DE PERFORACIÓN Y O LLORADEROS .....	48 -
6.2	ANCLAJES.....	49 -
6.2.1	Anclajes activos. ....	49 -
6.2.2	Anclajes pasivos (pernos). ....	55 -
6.3	PILOTES Y MICROPILOTES.....	57 -
6.4	MURO DE CONTENCIÓN EN TIERRA ARMADA CON GEOSINTETICOS. ....	59 -
	CONCLUSIONES .....	63 -
	BIBLIOGRAFÍA .....	64 -

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
ILUSTRACIÓN 1: UBICACIÓN MURO DE HORMIGÓN ARMADO MUNICIPIO EL PLAYÓN. ....	- 23 -
ILUSTRACIÓN 2: UBICACIÓN TALUD, MUNICIPIO DE VETAS.....	- 23 -
ILUSTRACIÓN 3: UBICACIÓN MURO EN TIERRA ARMADA, MUNICIPIO DE MATANZA.....	- 24 -
ILUSTRACIÓN 4: DELIMITACIÓN ÁREA DE TRABAJO. ....	- 26 -
ILUSTRACIÓN 5: DESCAPOTE.....	- 26 -
ILUSTRACIÓN 6: EXCAVACIÓN Y PERFILACIÓN DEL TALUD. ....	- 27 -
ILUSTRACIÓN 7 : ARMADO Y FUNDIDA DEL DENTELLÓN. ....	- 28 -
ILUSTRACIÓN 8: ARMADO Y FUNDIDA BASE ZAPATA DEL MURO. ....	- 28 -
ILUSTRACIÓN 9: ARMADO Y ENCOFRADO DEL CUERPO DEL MURO DE CONTENCIÓN. ....	- 29 -
ILUSTRACIÓN 10. FUNDIDA CUERPO DEL MURO DE CONTENCIÓN.....	- 29 -
ILUSTRACIÓN 11: DESENCOFRADO DEL MURO.....	- 29 -
ILUSTRACIÓN 12: INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL Y MATERIAL FILTRANTE. ....	- 30 -
ILUSTRACIÓN 13: RELLENO Y COMPACTACIÓN. ....	- 30 -
ILUSTRACIÓN 14: PARTES DEL ANCLAJE.....	- 31 -
ILUSTRACIÓN 15: PERFORACIÓN ORIFICIO DEL ANCLAJE.....	- 33 -
ILUSTRACIÓN 16: CONSTRUCCIÓN PANTALLA PARA ANCLAJE.....	- 34 -
ILUSTRACIÓN 17: TENSIONAMIENTO DEL ANCLAJE. ....	- 35 -
ILUSTRACIÓN 18: PERFIL MURO EN TIERRA ARMADA.....	- 36 -
ILUSTRACIÓN 19: VISTA FRONTAL MURO EN TIERRA ARMADA.....	- 37 -
ILUSTRACIÓN 20: DESCAPOTE DEL TALUD.....	- 38 -
ILUSTRACIÓN 21: EXCAVACIÓN DE LA CIMENTACIÓN. ....	- 38 -
ILUSTRACIÓN 22: INSTALACIÓN GEOTEXTIL NO TEJIDO PARA EL DRENAJE.....	- 39 -
ILUSTRACIÓN 23: CONSTRUCCIÓN DEL DRENAJE.....	- 39 -
ILUSTRACIÓN 24: COLECTORES DEL DRENAJE.....	- 40 -

ILUSTRACIÓN 25: DREN DETRÁS DEL MURO. ....	- 41 -
ILUSTRACIÓN 26: CONFORMACIÓN FRONTAL DEL MURO. ....	- 41 -
ILUSTRACIÓN 27: CONFORMACIÓN CAPAS DE RELLENO. ....	- 41 -
ILUSTRACIÓN 28: LLORADEROS EN LA FACHADA DEL MURO. ....	- 42 -
ILUSTRACIÓN 29: CAPAS DE REFUERZO CON GEOSINTETICO. ....	- 42 -
ILUSTRACIÓN 30: COMPACTACIÓN CAPAS DE RELLENO. ....	- 42 -
ILUSTRACIÓN 31: MURO DE TIERRA ARMADA - TERMINADO. ....	- 43 -
ILUSTRACIÓN 32: CONTROL DEL CONCRETO PREPARADO IN-SITU. ....	- 43 -
ILUSTRACIÓN 33: CONTROL DE EXCAVACIONES Y MEDIDAS DE REFUERZO DEL GEOSINTETICO. ....	- 44 -
ILUSTRACIÓN 34: TESTIGOS PARA EL ENSAYO DE RESISTENCIA DEL CONCRETO. ....	- 44 -
ILUSTRACIÓN 35: ENSAYO DE DENSIDAD DEL SUELO DE LAS CAPAS DEL RELLENO. ....	- 45 -
ILUSTRACIÓN 36: INSPECCIÓN DEL GEOSINTETICO. ....	- 46 -
ILUSTRACIÓN 37: INSPECCIÓN GEOTEXTIL NO TEJIDO PARA FILTRO. ....	- 46 -
ILUSTRACIÓN 38: MATERIAL GRANULAR PARA FILTRO. ....	- 47 -
ILUSTRACIÓN 39: MATERIAL DE SUELO SELECCIONADO PARA CAPAS DE RELLENO. ....	- 47 -
ILUSTRACIÓN 40: MATERIAL PÉTREO PARA CONCRETO. ....	- 47 -
ILUSTRACIÓN 42: DREN - TUBO SANITARIO REVESTIDO CON GEOTEXTIL NO TEJIDO. ....	- 49 -
ILUSTRACIÓN 43: CONFIGURACIÓN ANCLAJE ZONA DE BULBO. ....	- 50 -
ILUSTRACIÓN 44: TRANSICIÓN DEL ANCLAJE. ZONA LIBRE - ZONA DE BULBO. ....	- 51 -
ILUSTRACIÓN 45: PREPARACIÓN DE LA LECHADA. ....	- 53 -
ILUSTRACIÓN 46: CABEZA DEL ANCLAJE ACTIVO. ....	- 54 -
ILUSTRACIÓN 47: EQUIPO DE TENSIONAMIENTO. ....	- 54 -
ILUSTRACIÓN 48: GRAFICA DE TENSIONAMIENTO DE UN ANCLAJE. ....	- 54 -
ILUSTRACIÓN 49: PERNO FUNDIDO MONOLÍTICAMENTE CON LA PANTALLA. ....	- 56 -
ILUSTRACIÓN 50: ANCLAJE PASIVO (PERNO). ....	- 56 -
ILUSTRACIÓN 51: INSTALACIÓN DE UN MICROPILOTE. ....	- 58 -

ILUSTRACIÓN 52: SISTEMA DE LLENADO TREMIE .....	- 58 -
ILUSTRACIÓN 53: EXCAVACIÓN Y COMPACTACIÓN SUPERFICIAL DE LA CIMENTACIÓN DEL MURO EN TIERRA ARMADA.....	- 59 -
ILUSTRACIÓN 54: CONSTRUCCIÓN DREN DE LA BASE DEL MURO EN TIERRA ARMADA....	- 60 -
ILUSTRACIÓN 55: CONSTRUCCIÓN DE LAS CAPAS DE RELLENO. ....	- 61 -
ILUSTRACIÓN 56: CONSTRUCCIÓN DE LAS CAPAS DE RELLENO CON GEOSINTETICOS. ....	- 62 -
ILUSTRACIÓN 57: MURO EN TIERRA ARMADA CON GEOSINTETICOS - TERMINADO .....	- 62 -

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
TABLA 1: CONTRATO DE OBRA NO 9282-01 DE 2014 .....	- 20 -
TABLA 2: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CANTIDADES DE OBRA. MURO EN HORMIGÓN ARMADO EN EL MUNICIPIO EL PLAYÓN. ....	- 25 -
TABLA 3: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CANTIDADES DE OBRA. ANCLAJES EN EL MUNICIPIO DE VETAS. ....	- 32 -
TABLA 4: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y CANTIDADES DE OBRA. MURO EN TIERRA ARMADA CON GEOSINTETICOS EN EL MUNICIPIO DE MATANZA. .	- 36 -

## RESUMEN

**TITULO:** PRACTICA EMPRESARIAL COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA EN LA COORDINACIÓN, MONITOREO EN CANTIDADES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE OBRA SOBRE LA ESTABILIZACIÓN DE TALUDES EN LOS MUNICIPIOS DE EL PLAYON, VETAS Y MATANZA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.\*

**AUTOR:** EZEQUIEL RODRIGUEZ GARCIA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** TALUD, MURO DE CONTENCIÓN, ESTABILIDAD, PROCESO CONSTRUCTIVO.

## CONTENIDO

El proyecto grado se realizó en la modalidad de práctica empresarial, la cual tiene como finalidad la coordinación, monitoreo en cantidades y procesos constructivos de obra sobre la estabilización de taludes en los municipios de el Playón, Vetas y Matanza en el departamento de Santander ejerciendo el cargo como auxiliar de ingeniería en la empresa CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

Teniendo en cuenta la fuerte erosión ocurridos sobre los suelos que conforman las zonas estudiadas, reflejan factores que evidencian una inminente falla de los taludes, generalmente coinciden con las zonas de cambio a la resistencia al esfuerzo cortante, generando procesos de desestabilización y muy probablemente desprendimientos de suelo que deben ser controlados en procura de detener su avance y minimizar su magnitud. De acuerdo con lo anterior, se hace necesaria la ejecución de las obras de estabilización proyectadas.

Se pretende identificar los elementos básicos y la información pertinente para definir los procedimientos para crear los elementos o estructuras que se utilizan en la estabilización de taludes, también se ha de observar los rendimientos, materiales y equipos usados todo esto con el fin de tener un conocimiento más detallado para elabora un manual con el paso a paso llevados a cabo en la construcción de elementos utilizados en la estabilización de taludes.

---

\* Proyecto de Grado, Modalidad Práctica Empresarial.

\*\* Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro Rodríguez, Ing. Civil, M.Sc., Tutor: Miguel Roberto Silva Monsalve, Ing. Civil.

## SUMMARY

**TITLE:** BUSINESS PRACTICE AS ENGINEERING ASSISTANT COORDINATION, MONITORING IN QUANTITIES AND PROCESS CONSTRUCTION WORK ON SLOPE STABILIZATION IN THE MUNICIPALITIES OF EL PLAYON, VETAS AND MATANZA IN SANTANDER.\*

**AUTHOR:** EZEQUIEL RODRIGUEZ GARCIA\*\*

**KEY WORDS:** SLOPE, RETAINING WALL, STABILITY, CONSTRUCTION PROCESS.

### CONTENT:

The degree project was done in the form of business practice, which aims at coordinating, monitoring and construction processes in amounts of works on slope stabilization in the municipalities of El Playon, Vetas and Matanza in Santander, held the post as assistant engineering company CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

Given the strong erosion occurred on soils that make the areas studied reflect factors that show an impending failure of embankments, usually coincide with areas of change to shear strength, generating processes of destabilization and probably<sup>1</sup> detachments ground to be controlled in an attempt to halt their advance and minimize its magnitude. According to the above, the execution of works projected stabilization becomes necessary.

Is intended to identify the basic elements and relevant to define the procedures for creating the elements or structures used in slope stabilization information, it has also been observed yields, materials and equipment used all this in order to have a knowledge made more detailed for a manual with step by step carried out on building elements used in slope stabilization.

---

\* Graduation Project, Business Practice mode.

\*\* Faculty of Physical Mechanics Engineering. Civil Engineering School. Director: Wilfredo Del Toro Rodríguez. Civil Engineering, M.Sc., Tutor Miguel Roberto Silva Monsalve. Civil Engineering.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto está enfocado en la construcción de estructuras de contención y control de erosión en el municipio del Playón, municipio de Vetas y el municipio de Matanza como medidas de mitigación de la amenaza geotécnica, desarrollando la práctica empresarial en la empresa CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. como auxiliar de ingeniería.

Se realiza un manual en el cual se podrá encontrar una descripción de los procesos constructivos que se llevan a cabo en obra para la construcción de pilotes, micropilotes, anclajes, drenes y muros de contención en tierra armada con geosistéticos. Adicionalmente se ha incluido material fotográfico para una mayor comprensión del paso a paso en la construcción, teniendo en cuenta que todo procedimiento implica la determinación del tiempo de realización, el uso de recursos materiales y la aplicación de métodos de trabajo para lograr un eficiente y eficaz desarrollo en las diferentes operaciones en la elaboración de cualquier producto o servicio. Este documento trata de describir una serie de pasos que conviene tener en cuenta en la construcción de estructuras de estabilización de taludes en obras civiles. Aun cuando lo especificado en la presente publicación no resulta de obligado cumplimiento, se recomienda su uso en obras sin perjuicio de la adopción de otras medidas que circunstancialmente pueden variar en cada obra o proyecto.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar práctica empresarial como auxiliar de ingeniería en la coordinación, monitoreo en las cantidades y procesos constructivos de obra sobre la estabilización de taludes con el fin de realizar un manual práctico para la construcción de elementos o estructuras usadas tales como drenes de penetración, pilotes, micropilotes, anclajes y muros de tierra armada con geosintéticos.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Controlar cantidades y avance de obra.
- Realizar inspección de los procesos constructivos.
- Elaborar un manual de construcción de drenes de penetración, anclajes, pilotes, micropilotes y muros de contención en tierra armada con geosintéticos.

## 2. INFORMACION DE LA EMPRESA.

CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S es una de las empresas más importantes en el departamento de Santander, que realiza actividades de construcción de obra civiles, laboratorio de pavimentos y concretos, perforaciones, estudios de sísmica y refracción, estudios geotécnicos consultoría e interventoría además de la construcción de estructuras de estabilización de taludes como anclajes, drenes y pilotes.

### 2.1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.

CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S. Inició sus actividades en mayo de 2003 en la ciudad de Floridablanca departamento de Santander, contando con recurso humano altamente calificado, los equipos y servicios necesarios para el análisis básico de suelos y consultoría para obras civiles.

En el 2011 hemos crecido en forma exponencial con miras al mejoramiento continuo de los servicios prestados y poseemos una empresa dedicada a la realización de Estudios de Suelos, ensayos de laboratorio, y pavimentos, diseño estructural, y contratación de obras civiles. Contamos además con equipos nuevos adquiridos bajo las especificaciones exigidas por las normas de calidad y personal con los más altos estándares de competitividad.

CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S es una empresa que está comprometida a satisfacer las necesidades de los clientes en proyectos de ingeniería civil y estudios geotécnicos contando con equipos, tecnología y personal idóneo garantizando resultados confiables. Para cumplir con los objetivos y llevar a cabo este propósito, el director del laboratorio, personal técnico, administrativo y de apoyo con las buenas prácticas profesionales, la calidad de los servicios de ensayo y el sistema de calidad búsqueda de la mejora continua dando cumplimiento a la Norma Técnica Colombiana NTC- ISO- IEC 17025 versión 2005 además la empresa se encuentra certificada con la norma de calidad ISO 9001.

## 2.2. MISION.

Desarrollar, ejecutar y satisfacer las necesidades de nuestros clientes desarrollando y ejecutando proyectos de ingeniería civil y estudios geotécnicos tanto en el ámbito urbano como rural. Contamos con un equipo humano comprometido y calificado a través de un proceso de mejoramiento continuo. Poseemos equipos y procedimientos acordes con las normas establecidas, para ofrecer eficiencia y calidad de los servicios y productos prestados.

## 2.3. VISION.

ConstruSuelos de Colombia S.A.S se distinguirá por ser un laboratorio líder y confiable en la prestación de servicios técnicos especializados y de asesoría en el estudio de suelos, diseño estructural, y contratación de obras civiles a nivel nacional. Nuestro propósito es lograr en el año 2015 una mayor participación en el mercado, mediante la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad en mejoramiento continuo y la adquisición de equipos para análisis complementarios.

## 3. INFORMACIÓN DEL PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y CONTROL DE EROSIÓN.

El contratos de obra civil con el fin aunar esfuerzos entre la C.D.M.B, el municipio del Playón y para estabilizar taludes en los sectores adyacentes al hospital del municipio, la estabilización del talud mediante anclajes en el municipio de Vetas y con el municipio de Matanza para la construcción de un muro en tierra armada con el fin de estabilizar el talud adyacente a la villa deportiva del municipio de Matanza. Las cuatro entidades en la articulación de esfuerzos fiscales han contribuido para la satisfacción de la necesidad para estabilización de taludes, en el cual la corporación asume la obligación de la realización de los respectivos proyectos. **Ver tabla 1.**

Tabla 1: Contrato de obra No 9282-01 de 2014

CONTRATO DE OBRA No	9282 - 01 DEL 18 DE JULIO DE 2014
OBJETO	CONTRATAR LA OBRA PUBLICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN Y CONTROL DE EROSIÓN DEL MUNICIPIO DEL PLAYÓN Y MURO DE TIERRA ARMADA EN EL TALUD ADYACENTE A LA VILLA DEPORTIVA DEL MUNICIPIO DE MATANZA, COMO MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LA AMENAZA GEOTÉCNICA.
VALOR INICIAL	\$ 167.915.676,51
VALOR ADICIONAL	\$ 0,00
PLAZO INICIAL	TRES (03) MESES.
PLAZO ADICIONAL	N/A
EMPRESA CONTRATANTE	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA-C.D.M.B.
CONTRATISTA	CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.
INTERVENTOR	CONSORCIO PROYECTAR 2014.
MUNICIPIOS	EL PLAYON Y MATANZA

Fuente: Archivo COSNTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

Además del contrato anterior se realizaran anclajes en el municipio de Vetas, Santander, como medidas de control de erosión. En esta obra también se realiza auditoria y seguimiento a los procesos constructivos ya que se encuentra dentro de la práctica empresarial.

### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL LAS OBRAS.

La práctica empresarial para la coordinación, monitoreo en las cantidades y procesos constructivos de obra sobre la estabilización y construcción de estructuras de contención para control de erosión como medidas de mitigación de la amenaza geotécnica se realiza en municipios Santandereanos como se anuncia a continuación:

El muro de hormigón armado se realiza en el municipio de El Playón, su población es de aproximadamente 13.000 habitantes, situado en el norte del departamento de Santander (provincia de Soto Norte). Se sitúa a 41 km de la capital departamental, Bucaramanga. Limitado al Norte: con el municipio de Táchira (Norte de Santander. Este: con el municipio de Suratá. Sur: con el municipio de Rionegro y el Municipio Matanza. Oeste: con los municipios de Rionegro y Cachíra. La extensión del municipio equivalente al 1,45% de la extensión total del departamento. Extensión área urbana: 6,2 Km<sup>2</sup>, Extensión área rural: 46,60 Km<sup>2</sup>.

Los anclajes se realizaron en el municipio de Vetas, Santander. Su población es de aproximadamente 2500 habitantes, es uno de los municipios más antiguos de Santander fundado en 1555 y está ubicado en la provincia de Soto. Se sitúa a 92 km de la capital departamental, Bucaramanga. Limita al Oeste con el Municipio de Suratá, al Sur con los Municipios de Tona, Charta y California, al Norte con el Departamento de Norte de Santander y el Municipio de California, al Este con el Departamento de Norte de Santander. Extensión total: 452 Km<sup>2</sup> Extensión área urbana: 14 Km<sup>2</sup>, Extensión área rural: 79 Km<sup>2</sup>.

El muro de tierra armada se realiza en el municipio de Matanza de aproximadamente 8.000 habitantes situado en la provincia Soto Norte Santander. Se sitúa a 30 km de la capital departamental, Bucaramanga. Las tierras donde se encuentra ubicado el municipio son atravesadas por los ríos Negro y Suratá. Matanza limita con El Playón por el norte, con Bucaramanga por el sur, con Suratá y Charta por el oriente, y con Rionegro por el occidente. Extensión total: 243,24 km<sup>2</sup> Extensión área urbana: 0,24 km<sup>2</sup>, Extensión área rural: 243 km<sup>2</sup>.

### 3.2 PROBLEMÁTICA.

Teniendo en cuenta la fuerte erosión ocurridos sobre los suelos que conforman las zonas estudiadas, reflejan factores que evidencian una inminente falla de los taludes, generalmente coinciden con las zonas de cambio a la resistencia al esfuerzo cortante, generando procesos de desestabilización y muy probablemente desprendimientos de suelo que deben ser controlados en procura de detener su avance y minimizar su magnitud. De acuerdo con lo anterior, se hace necesaria la ejecución de las obras de estabilización proyectadas. Con las estructuras de estabilización propuestas se aumenta el factor de compresión del suelo y también se inhiben los procesos de deterioro por erosión para de esta forma evitar cualquier forma de falla de suelo. Con la construcción de estructuras de contención se atacarán factores claves en la estabilidad y seguridad de estas áreas tales como los procesos de meteorización avanzados, superficies de debilidad, fracturas, discontinuidades, todos estos procesos que disminuyen la capacidad portante que son factores claves en la estabilización de los taludes.

### 3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

La corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga dentro de su competencia y alto grado de experiencia, ha desarrollado estudios de alto impacto con el objetivo de profundizar en el entendimiento del territorio, de la zonificación de amenaza y del riesgo ambiental territorial, tales como la zonificación sismogeotécnica indicativa del área metropolitana, los estudios detallados de amenaza por inundación en los ríos de oro, playonero y frío; de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en la comuna 14 y algunos sectores de las comunas 9, 10 y 11 del municipio de Bucaramanga, por fenómenos de remoción en masa en el casco urbano del municipio de Suratá y la actualización del plan general para el control de la erosión.

### 3.4 DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE LA OBRAS.

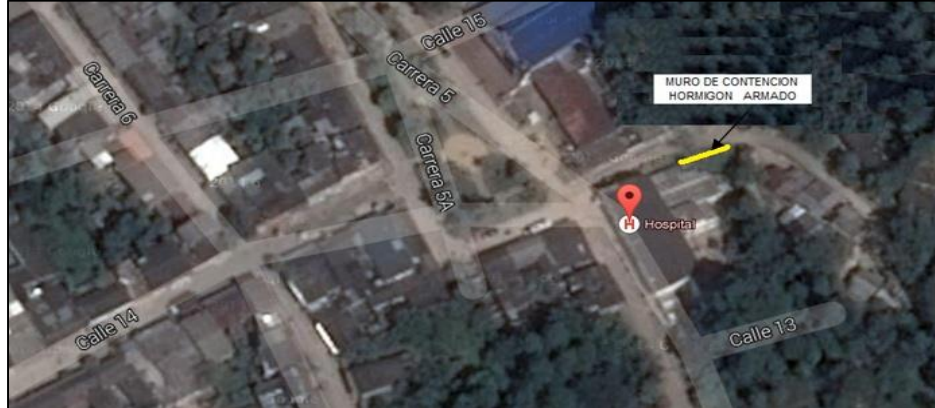
“Construcción de estructuras de contención y control de erosión del municipio del playón, municipio de vetas y el municipio de matanza, como medidas de mitigación de la amenaza geotécnica ”.

### 3.5. INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE OBRAS DEL PROYECTO.

3.5.1 **Localización específica de la obras.** Se realiza una breve reseña de las localizaciones de cada una de las obras que se realizaron durante la práctica empresarial como auxiliar de ingeniera para la empresa CONSTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

3.5.1.1 **Muro en hormigón armado.** El muro en hormigón armado construido se encuentra en la esquina nororiental adyacente al hospital en la calle 14 entre carreras 4 y carrera 5 del Municipio El Playón, Santander.

Ilustración 1: Ubicación Muro de hormigón armado Municipio el Playón.



Fuente: Google Maps.

3.5.1.2 **Anclajes Activos.** En la **ilustración 2** se muestra la imagen del talud a estabilizar. Los anclajes a realizaran en el talud adyacente a la carrera 4 entre la calle 5 y calle 6 del municipio de Vetas, Santander.

Ilustración 2: Ubicación talud, Municipio de Vetas.



Fuente: Google Maps.

3.5.1.3 **Muro de tierra armada.** El muro de tierra armada se encuentra ubicado en costado oriental del pueblo en la villa deportiva del municipio de Matanza, Santander. **Ver ilustración 3.**

Ilustración 3: Ubicación muro en tierra armada, Municipio de Matanza.



Fuente: Google Maps.

#### 4. PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE LAS OBRAS.

##### 4.1 CONSTRUCCIÓN MURO DE CONTENCIÓN EN HORMIGÓN ARMADO MUNICIPIO EL PLAYON SANTANDER.

4.1.1 Descripción del muro de contención. Para este caso la estructura rígida de hormigón armado está diseñada para soportar empujes laterales con el fin de contener el material arenoso-arcilloso que por causa de continuas lluvias están desestabilizando el talud, poniendo en riesgo la estructura de la calle adyacente. Este muro de contención en voladizo empotrado en una zapata que tiene una longitud de 10 metros, una altura de 3 metros, una base de 1.20 metros y un dentellón de 0.70 metros. El espesor de toda la estructura es de 0.30 metros. Además cuenta con un filtro de 0.50 metros de base y 0.60 de altura.

En la **tabla 2**. Encontraremos algunas especificaciones técnicas más importantes del proyecto así como del personal utilizado en la ejecución de la obra como de los diferentes equipos y maquinaria para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 2: Especificaciones técnicas y cantidades de obra.  
 Muro en hormigón armado en el Municipio el Playón.

<b>Materiales utilizados</b>
Concreto $f_c = 3000$ Psi.
Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpa.
Material de suelo seleccionado para relleno.
Material granular para filtro de 3"
Geotextil no tejido para filtro (NT 1600)
<b>Maquinaria y equipo</b>
Herramienta menor.
Mezcladora o trompo.
Saltarín.
<b>Personal de trabajo</b>
Cuadrilla (un oficial + 4 ayudantes).
Auxiliar de Ingeniería.
Ingeniero Residente.
<b>Plazo: 90 Días.</b>

- 4.1.2 **Delimitación de la zona de intervención.** Se realiza el aislamiento del área donde se va a ejecutar el trabajo para restringir el paso peatonal y garantizar la seguridad propia de la obra. El cerramiento se hace mediante colombinas de tránsito y cinta de peligro. **Ver ilustración 4.**

Ilustración 4: Delimitación Área de trabajo.



- 4.1.3 **Descapote.** Se realiza la remoción de la capa superficial del terreno natural incluyendo hierbas en un espesor suficiente para eliminar la capa vegetal, raíces y material orgánico. En el descapote se deberá remover la capa superficial cuyo material no sea aprovechable para la construcción. En el efectuado en las áreas de construcción, se removerá la capa superficial que no sirva para la cimentación, o que sea inconveniente como superficie de contacto con agua en movimiento. **Ver ilustración 5.**

Ilustración 5: Descapote



4.1.4 **Excavación y perfilación del talud.** Los trabajos a realizar en la perfilación y excavación manual se harán respetando las dimensiones indicadas en los planos y especificaciones técnicas del proyecto. Se deberá ubicar y marcar en el terreno los ejes principales, paralelos y perpendiculares señalados en el plano del proyecto, así como los linderos del mismo.

Las excavaciones para cimentaciones deben llevarse hasta obtener un piso de cimentación firme o competente, aunque el nivel así obtenido sea inferior al indicado en los planos. **Ver ilustración 6.**

El Contratista debe tomar todas las precauciones necesarias para controlar la estabilidad de los taludes en la excavación.

Ilustración 6: Excavación y perfilación del talud.



4.1.5 **Armado y fundida del muro de contención.** El armado de muro de contención se realiza de acuerdo a las especificaciones del proyecto y con el visto bueno por parte de interventoría para empezar la fundida del muro. La preparación del concreto de 3500 psi será en el área de trabajo y será supervisado por la interventoría. **Ver ilustraciones 7 - 11.**

4.1.5.1 **Concreto.** Se debe colocar un mortero de limpieza para mejorar las condiciones de la superficie ya que las continuas lluvias ocasionan derrumbe e inestabilidad en el área de la cimentación. El proceso de fundición del muro de contención se realizara en tres pasos, primero

armado y fundida del dentellón, luego armado fundida de la base de la cimentación (zapata) y finalizando con armado y fundida del cuerpo del muro de contención.

El material pétreo suministrado por el contratista para la mezcla de concreto de 3500 psi, cumple con todos los requerimientos técnicos propios del material, de igual forma el cemento suministrado es Cemento Portland Tipo I. La preparación y el vaciado del concreto para la estructura de contención se realizan en obra con mezcladora, basados en el diseño de mezclas realizado por el contratista y aprobado por interventoría. Después de haber revisado cuidadosamente el figurado de refuerzo según los planos y las especificaciones técnicas se continúa con el vaciado del concreto de 3500 psi. Se realiza el control de calidad del concreto con testigos o cilindros para realizar los ensayos de resistencia a compresión del concreto.

Ilustración 7 : Armado y fundida del dentellón.



Ilustración 8: Armado y fundida base zapata del muro.



Ilustración 9: Armado y encofrado del cuerpo del muro de contención.



Ilustración 10. Fundida cuerpo del muro de contención.



Ilustración 11: Desencofrado del muro.



4.1.6 **Filtro detrás del muro.** Se debe colocar un sistema de intercepción del agua subterránea detrás del muro. Se instala un colchón de drenaje o filtro con una capa de material filtrante con una interface de geotextil, posteriormente se realiza el relleno con material seleccionado compactando con saltarín. **Ver ilustraciones 12 - 13.**

Ilustración 12: Instalación de geotextil y material filtrante.



Ilustración 13: Relleno y compactación.

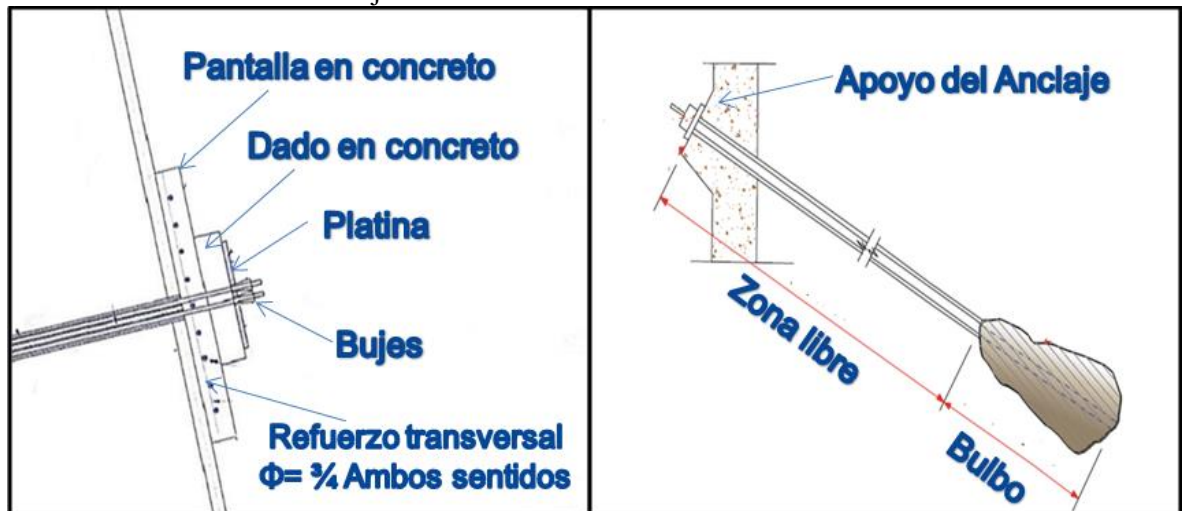


#### 4.2 CONSTRUCCION DE ANCLAJES ACTIVOS MUNUCIPIO DE VETAS SANTANDER.

4.2.1 **Descripción de anclaje activo.** Elemento capaz de transmitir esfuerzos de tracción desde la superficie del terreno hasta una zona interior del mismo. Consta básicamente de una zona libre, zona de bulbo y cabeza o apoyo del anclaje. **Ver ilustración 14.**

La fuerza de tensión en el cable se convierte en fuerza de compresión dentro de la masa de suelo incrementando la resistencia al cortante. Cada elemento de este proyecto se constituye básicamente de una pantalla en concreto reforzado para el apoyo del anclaje, un dado en concreto, una platina y un anclaje que a su vez esta conformado por un sistema de inyección, tres torones y 3 bujes que se utilizaran para el tensionamiento de los torones. El diámetro de perforación en de 3 pulgadas y una longitud total del anclaje de 15 metros, con longitud de bulbo de 8.0 metros y longitud libre de 7.0 metros.

Ilustración 14: Partes del Anclaje.



En la **tabla 3**. Encontraremos algunas especificaciones técnicas más importantes del proyecto así como del personal utilizado en la ejecución de la obra como de los diferentes equipos y maquinaria para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 3: Especificaciones técnicas y cantidades de obra.  
 Anclajes en el Municipio de Vetas.

<b>Materiales utilizados</b>
Resistencia concreto $F_c = 3000$ Psi.
Acero de refuerzo $f_y = 420$ Mpa.
Resistencia de la lechada = 3000 Psi.
Anclajes (3 Torones de 1/2", Lt = 15 m. Lb = 8.0 m. Ll = 7.0 m.), D = 3".
Carga de trabajo de los Anclajes 30 Ton.
<b>Maquinaria y equipo</b>
Herramienta menor.
Compresor Sullair 375 y Unidad hidráulica.
Equipo de perforación (Rotaria, martillo de fondo, barrenas, canasta metálica.etc.).
Beem Royal (bomba de inyección) y Tubería de inyección.
Bomba y Gato de Tensionamiento de Anclajes.
<b>Personal de trabajo</b>
Cuadrilla (Un Operador + un inyectista + un oficial + 4 ayudantes).
Auxiliar de Ingeniería.
Ingeniero Residente.
<b>Plazo: 90 Días.</b>

4.2.2 **Perforación de Anclaje.** Se realiza la ubicación y localización de los 10 anclajes a realizar con el apoyo de una comisión de topografía de tal manera que ocupen la posición indicada en los planos y la previa aprobación del Interventor. Después de ubicar el lugar de la perforación se realiza el retiro del material vegetal del área de trabajo, se coloca una canasta metálica colgante que sirve de soporte para la rotaria y el sistema de perforación, se utiliza un sistema de rotoperforación sin revestimiento con barrido de aire para los procesos de perforación. **Ver ilustración 15.**

Ilustración 15: Perforación orificio del Anclaje.



4.2.3 **Proceso de inyección del Anclaje.** Una vez terminado el proceso de perforación se procede a la instalación del anclaje el cual debe llegar hasta la posición prevista sin problemas, dejando aproximadamente un metro del anclaje por fuera del orificio para el posterior tensionamiento. La relación A/C de la lechada debe ser entre 0.4 y 0.6, se inyecta desde el fondo de la perforación a través de un sistema de tubería que va hasta el final del anclaje. Se inyecta metro a metro desde fondo hasta la superficie de la perforación, usualmente el proceso de inyección consiste en dos pasos: Primero se realiza el llenado del anclaje llenándolo hasta que salga por el orificio de la perforación, se debe lavar la tubería de inyección para sacar el agua cemento depositado para no tener problemas en la segunda inyección. El segundo paso consiste en una inyección de a presión y se realiza metro a metro de abajo hacia arriba en la zona de bulbo a una presión mayor a 150 psi aproximadamente. Se debe lavar nuevamente la tubería del sistema de inyección en caso tal que al momento de tensionamiento el anclaje no trabaje a la tensión de diseño.

4.2.4 **Construcción pantalla en concreto.** Se colocan los moldes o cajones para la pantalla una vez inyectados los anclajes colocando la parrilla de refuerzo para luego realizar la fundida de las pantallas, se debe tener presente el colocar un tubo para separar los torones del concreto para poder tensionar el anclaje. **Ver ilustración 16.**

Ilustración 16: Construcción pantalla para anclaje.



**Tensionamiento de Anclajes.** Para el tensionamiento de los anclajes se utiliza un Gato Hidráulico que dispone de un mecanismo auxiliar que sirve para empujar y clavar las cuñas antes de la transferencia, reduciendo el efecto de penetración de cuñas. Los gatos suelen funcionar con dos bombas: una de alta presión para la operación de tensado y otra de baja presión para el clavado de las cuñas. Usualmente se realiza el tensionamiento en tres etapas, se tensionan a una carga de diseño 25% a los 7 días, a una carga de diseño 50% a los 14 días y finalmente al 100% de la capacidad de diseño total a los 28 días. Primero se coloca un dado sobre la pantalla de concreto reforzado que permite que el Angulo de tensionamiento sea perpendicular a la perforación del orificio del anclaje, después se coloca la platina y posteriormente los bujes, el siguiente paso es colocar el gato hidráulico sobre los bujes y se efectúa un apriete de cuñas para estabilizar el gato hidráulico, de esta forma se evitan accidentes, luego se procede a tensionar a la carga de diseño marcando las elongaciones sobre los torones para verificar atreves de una gráfica de Elongación vs Carga, si no cumple se debe volver a inyectar el anclaje. **Ver ilustración 17.**

Ilustración 17: Tensionamiento del anclaje.



#### 4.3 CONSTRUCCIÓN DEL MURO DE TIERRA ARMADA EN EL MUNICIPIO DE MATANZA SANTANDER.

4.3.1 **Descripción del muro de tierra armada.** Las estructuras de tierra armado o suelo reforzado consisten en la colocación de tiras o capas de refuerzo en el proceso de compactación de terraplenes. Internamente deben su resistencia principalmente al refuerzo y externamente actúan como estructuras masivas por gravedad. Utilizan el suelo como su principal componente y pueden adaptarse fácilmente a la topografía. Generalmente este tipo de estructuras posee una pendiente en la fachada mayor a 70 grados con la horizontal. En las **ilustraciones 18 - 19** se muestran los perfiles frontal y lateral del diseño geotécnico del muro en tierra armada.

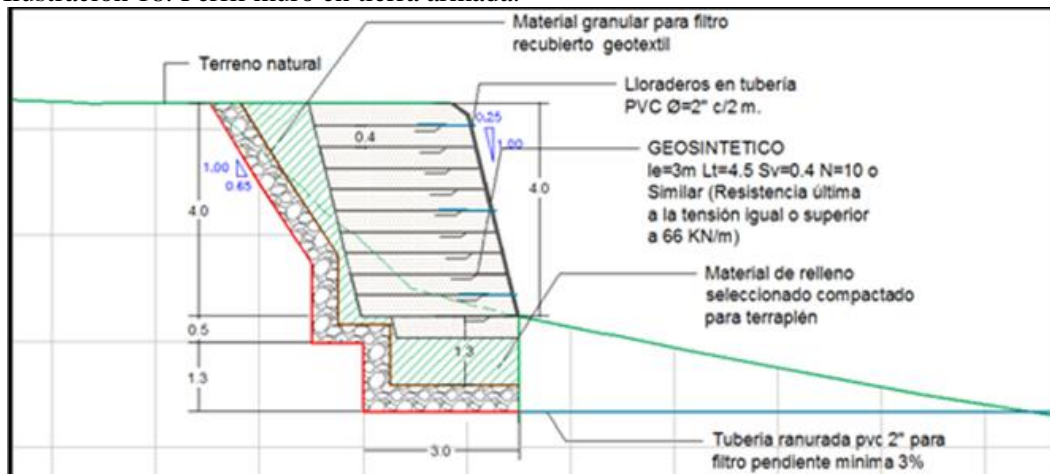
En la **tabla 4**. Encontraremos algunas especificaciones técnicas más importantes del proyecto así como del personal utilizado en la ejecución de la obra como de los diferentes equipos y maquinaria para llevar a cabo el proyecto.

Tabla 4: Especificaciones técnicas y Cantidades de obra.  
 Muro en tierra armada con geosintéticos en el Municipio de Matanza.

Materiales utilizados
Geosintético TR 4000.
Geotextil no tejido NT 1600.
Tubería Tipo Sanitaria de 2" y 4".
Material de suelo seleccionado.
Material granular para filtro de 3".
Maquinaria y equipo
Herramienta menor.
Retroexcavadora Doosan 225.
Minicargador Bobcat.
Vibrocompactador CC 1200.
Saltarín.
Volqueta de 8 m3.
Personal de trabajo
2 Operadores + un oficial + 4 ayudantes.
Un celador.
Un laboratorista (Densidades de suelo).
Una comisión topográfica (Topógrafo + cadenero).
Auxiliar de Ingeniería.
Ingeniero Residente.
Plazo: 90 Días.

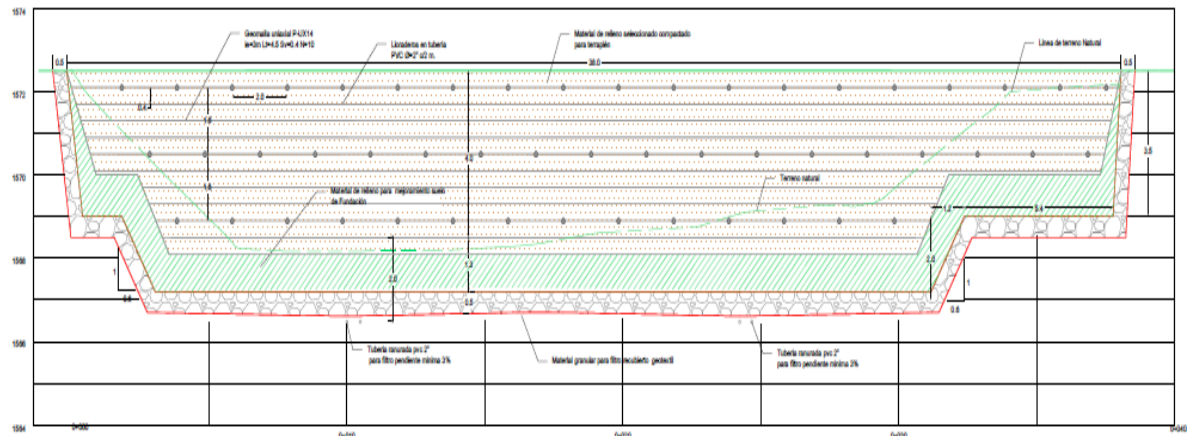
Los perfiles del muro en tierra armada se observan en la **Ilustraciones 18 y 19**.

Ilustración 18: Perfil muro en tierra armada.



Fuente: Archivo COSNTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

Ilustración 19: Vista frontal muro en tierra armada.



Fuente: Archivo COSNTRUSUELOS DE COLOMBIA S.A.S.

4.3.3. **Replanteo.** Se realiza la ubicación y localización de los puntos críticos de la obra por medio de una comisión de topografía convencional de precisión siguiendo las referencias del proyecto, sistemas altimétricos y planimétricos con la previa aprobación del Interventor, de tal manera que ocupen la posición indicada con relación a las edificaciones existentes y a los accidentes topográficos. La utilización de la comisión de topografía se mantendrá durante la ejecución de la obra.

4.3.3. **Descapote.** Se realiza la remoción de la capa superficial del terreno natural incluyendo hierbas en un espesor suficiente para eliminar la capa vegetal, raíces y material orgánico. En el descapote se realizara de forma mecánica mediante una retroexcavadora y se deberá remover la capa superficial además cuyo material este saturado o fangosos que no sea aprovechable para la realización de la obra. Se removerá la capa superficial que no sirva para la cimentación o que sea inconveniente como superficie de contacto con agua en movimiento. **Ver Ilustración 20.**

Ilustración 20: Descapote del talud.



- 4.3.4. **Excavación.** Las operaciones de excavación se realizan con ayuda de una comisión de topografía respetando todas las dimensiones indicadas en los planos. Para la cimentación del muro en tierra armada se excava hasta obtener una superficie plana y un suelo firme o competente aprobado por el Interventor. Debido a las condiciones de lluvia durante días continuos por lo cual se tomaron todas las precauciones necesarias para controlar la estabilidad de los taludes de excavación, recubriendo los taludes con plástico para evitar cualquier tipo de inestabilidad e inseguridad por deslizamientos en la obra. **Ver Ilustración 21.**

Ilustración 21: Excavación de la cimentación.



4.3.5 **Drenaje.** El drenaje es determinante para la estabilidad de un muro de tierra armada. Se requiere construir una cortina de subdrenaje detrás del muro para impedir el paso de agua subterránea hacia el relleno, un colchón de drenaje debajo o el la cimentación del muro y un subdrenaje entre capas de refuerzo con lloraderos en la fachada. Todo el sistema debe estar conectado a un colector de las aguas captadas por debajo del pie del muro para su entrega a un sitio seguro alejado del muro. Una vez se realiza la excavación y se llega a suelo firme para la cimentación, se procede a instalar el colchón de drenaje, recubriendo el material para filtro con un geotextil que evite flujo de partículas finas de suelo hacia el filtro. **Ver Ilustración 22.**

Ilustración 22: Instalación geotextil no tejido para el drenaje.



Ya instalado el geotextil no tejido sobre la superficie de la cimentación se procede a verter el material de filtro de acuerdo con el espesor diseñado según los planos y las especificaciones técnicas del proyecto, revisando tramo a tramo. Después del visto bueno del interventor se continúa con el recubrimiento del material filtrante con el geotextil. **Ver Ilustración 23.**

Ilustración 23: Construcción del drenaje.



Al mismo tiempo que se realiza la construcción del drenaje de la cimentación se inician los trabajos de excavación para las zanjas e instalar los colectores que cumple con la función de captar el agua proveniente de los drenes de la cimentación y el ubicado en la parte posterior del muro. Se Instalan dos colectores separados a un tercio de la longitud total de muro en tierra armada. **Ver Ilustración 24.**

Ilustración 24: Colectores del drenaje.



**4.3.6 Construcción de las capas de relleno.** Una vez construido el colchón drenante se continua la conformación de la parte frontal del muro, para ello se utiliza formaleta de madera rectangular que están soportadas sobre una serie de cerchas metálicas y parales que actúan como contrafuertes que evitan la deformación de la cara externa y mantienen la pendiente del muro según el diseño del proyecto. Para el refuerzo de geotextil se corta la longitud de la base y deja una altura ligeramente superior 1.5 m que equivale al ancho de la capa mas el pliegue superior para luego poder conformar cada una de la capas de refuerzo. Se debe continuar con el filtro detrás del muro cada vez que se avance con la altura, conservando el espesor del filtro y recubrimiento con geotextil no tejido según los planos.

Se compactan capas de suelo de aproximadamente 20 centímetros hasta obtener la altura de cada capa según el diseño. El procedimiento de compactación hasta un metro de la cara frontal del muro se realiza con una rana o saltarín y el restante se utiliza un vibrocompactador de 3 toneladas, se hacen controles de densidades por cada capa y el número de pasadas hasta que el interventor lo crea pertinente, se realizan aproximadamente 10 pasadas por capa. Se colocan lloraderos entre capas de relleno para evitar humedad. **Ver Ilustraciones 25 a 31.**

Ilustración 25: Dren detrás del muro.



Ilustración 26: Conformación frontal del muro.



Ilustración 27: Conformación capas de relleno.



Ilustración 28: Lloraderos en la fachada del muro.



Ilustración 29: Capas de refuerzo con geosintético.



Ilustración 30: Compactación capas de relleno.



Ilustración 31: Muro de tierra armada - Terminado.



## 5. ACTIVIDADES EJECUTADAS EN LA PRACTICA EMPRESARIAL

### 5.1 SUPERVISIÓN DIARIA DE LAS OBRAS.

Se realiza control diario de los diferentes procesos constructivos con el fin de cumplir la programación de obra y plazos para la ejecución de las obras, dicho control consta de llevar una medición de las profundidades en las excavaciones, espesores de los filtros, profundidad en la perforación, espesor en capas de refuerzo, corte de geosintéticos, inyección de anclajes y control para garantizar un correcto funcionamiento de las estructuras, la durabilidad y calidad de los trabajos realizados. **Ver Ilustraciones 32 - 35.**

Ilustración 32: Control del concreto preparado in-situ.



Ilustración 33: Control de excavaciones y medidas de refuerzo del geosintético.



## 5.2 CONTROL Y SEGUIMIENTO DE ENSAYOS DE CAMPO.

5.2.1 **Concreto.** Esta actividad se realiza por el practicante para el control de calidad del concreto en obra según especificaciones técnicas del proyecto, se toman cuatro muestras según la norma NTC 673 para su envío al laboratorio y realización del ensayo de la resistencia a compresión del concreto.

Ilustración 34: Testigos para el ensayo de resistencia del concreto.



5.2.2 **Densidades del suelo.** Se realiza la verificación del espesor de cada capa del muro de tierra armada que cumpla según los planos y especificaciones del proyecto, se realiza monitoreo en las labores de compactación de suelo. Luego se procede a realizar el ensayo

de densidad de campo al material de suelo suministrado para las labores de relleno, para comprobar si cumple con las especificaciones del proyecto, se realizan ensayos por cada capa de relleno para el muro en tierra armada. Ver ilustración 35.

Ilustración 35: Ensayo de densidad del suelo de las capas del relleno.



### 5.3 BITÁCORA DE LAS OBRAS.

Se lleva el registro diario en la bitácora en el cual se transcriben las labores diarias de la obra, se especifica las actividades realizadas durante el día, personal presente, equipos, maquinaria y herramientas utilizadas, así como el avance diario de la obra. Este libro es firmado diariamente por el ingeniero residente del contratista y por la interventoría.

### 5.4 CHARLAS DE SEGURIDAD Y CONTROL DE EPPS EN OBRA.

Al inicio de cada día se realizan inspecciones los elementos de protección personal EPP, se realizan charlas de seguridad sobre la manipulación de herramientas eléctricas y manuales para su correcto uso, así como el respectivo análisis de trabajo seguro ATS para evitar accidentes en la obra. Los elementos de protección personal entregados a los trabajadores fueron: Casco, protectores auditivos, guantes de carnaza, botas de caucho con punta de acero, jean y camisa manga larga en dril.

## 5.5 CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN OBRA.

Se solicita a los proveedores de materiales los certificados de calidad de cada lote, además se realiza inspección visual al momento de recibido de los materiales y en el sitio donde se instalan los materiales. **Ver Ilustraciones 36 - 40.**

.Ilustración 36: Inspección del Geosintetico.



Ilustración 37: Inspección geotextil no tejido para filtro.



Ilustración 38: Material granular para filtro.



Ilustración 39: Material de suelo seleccionado para capas de relleno.



Ilustración 40: Material pétreo para concreto.



## 5.6 REGISTRO FOTOGRÁFICO.

Se realiza registro fotográfico diario para tomar evidencia del avance de obra y de los procesos constructivos llevados en obra, estos registro van debidamente anexados a los informes entregados al contratante con el fin de justificar el presupuesto y los avances de obras solicitados por la interventoría.

## 6. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE DRENES DE PENETRACIÓN, ANCLAJES, PILOTES Y MICROPILOTES Y MURO EN TIERRA ARMADA CON GEOSINTETICOS.

### 6.1 DRENES DE PENETRACION Y O LLORADEROS

Definición: Los drenes horizontales de penetración constituyen un sistema de subdrenaje, que consiste en la introducción de tuberías ranuradas reinsertadas transversalmente en los taludes para aliviar la presión de poros. Este trabajo comprende la perforación de barrenos en los taludes y la instalación de tubería PVC perforada con recubrimiento exterior con geotextil. Elementos de un dren de penetración horizontal: Conformado con tubería PVC, tapones de PVC, uniones de PVC, alambre dulce y geotextil no tejido (NT 1600) o similar.

Procedimiento para armar un dren de penetración:

- a) Se ranura la tubería PVC con cortes trasversales para que se cumpla su función de filtrar, cada corte deberá realizarse diagonal a su longitud y en toda el área del tubo, el corte debe ser menor a la mitad de su espesor de la tubería.
- b) Una vez la tubería ya ranurada se colocan la uniones pegadas con soldadura liquida hasta obtener la longitud deseada.
- c) Se reviste la tubería con geotextil no tejido en toda su longitud, se asegura el geotextil con amarres de alambre dulce en toda su longitud para evitar que la tubería quede descubierta y se llene de partículas de suelo que puedan taponar la tubería.
- d) Se instala el dren en la perforación con cuidado para evitar el daño del geotextil y se deja aproximadamente 20 cm de dren por fuera del talud.

Ilustración 41: Dren - Tubo sanitario revestido con geotextil no tejido.



## 6.2 ANCLAJES

Elemento capaz de transmitir esfuerzos de tracción desde la superficie del terreno hasta una zona interior del mismo con el fin de mejorar las condiciones de equilibrio de un talud o estructura. Se dividen en dos grupos: anclajes activos y anclajes pasivos (pernos).

**6.2.1 Anclajes activos:** Constituido por una armadura de cable acerado (torones) que se encuentra dentro de la perforación, con inyecciones de agua cemento que genera una zona de bulbo (longitud de empotramiento) que se fija a la estructura en el extremo exterior para su posterior tensionamiento, con el objetivo de estabilizar un talud o estructura.

Elementos de un anclaje activo: Conformado por torones (cable acerado), tubería de inyección de PVC, separadores de PVC, uniones de PVC, tapones PVC, manguitos, platina de acero, bujes y cuñas de tensionamiento (la tubería de inyección y sus accesorios son de 1 pulgada RDE 21), cemento portland tipo I.

Procedimiento para armar un anclaje activo:

- a) Realizar perforación en cruz a la tubería de inyección de PVC cada 40 cm aproximadamente con broca de  $\frac{1}{4}$ ".
- b) En las perforaciones ya realizadas colocar manguitos o neumáticos de 10 cm cada uno, teniendo en cuenta que las perforaciones deben quedar en el centro de los manguitos, una

vez colocados los manguitos sobre las perforaciones de la tubería se sellan ambos extremos con cinta adhesiva transparente tipo industrial, lo anterior se debe realizar en la zona de bulbo para garantizar una inyección homogénea.

- c) Unir la tubería de inyección con accesorios de PVC, colocando separadores cada un metro hasta completar la longitud deseada, colocar un tapón de PVC en la parte final de la tubería.
- d) Los torones se deben amarrar dejando la tubería de inyección en el centro, en la punta del anclaje debe ser amarrado en forma de lápiz para facilitar la introducción del anclaje en la perforación, para amarrar los torones a la tubería de inyección se deben colocar separadores de PVC los cuales contribuyen a que los torones estén separados homogéneamente, cada separador debe colocarse a cada metro del anclaje y debe amarrarse con alambre antes y después de cada separador, la longitud de cada torón debe ser de un metro adicional a longitud de diseño para su posterior tensionamiento.
- e) En la zona libre los torones deben ser introducidos en una manguera de polipropileno para que en el momento de la inyección del anclaje la lechada no quede en contacto con los torones y se puedan tensionar libremente sin fricción, lo anterior básicamente para la zona libre del anclaje.
- f) Se introduce el anclaje en la perforación verificando que los torones queden un metro por fuera de la pared del talud para el posterior tensionamiento.

Ilustración 42: Configuración anclaje Zona de bulbo.



Ilustración 43: Transición del anclaje.  
 Zona libre - Zona de bulbo.



**Procedimiento para la inyección del anclaje activo:** Generalmente se realiza en dos etapas, la primera etapa consiste en un llenado de agua cemento (lechada) a presiones bajas inferior a 50 psi y la segunda etapa con una inyección a una presión que oscila entre 100 psi y 250 psi aproximadamente, para medir estas presiones se debe colocar un dispositivo (burro) donde se pueda instalar un manómetro para que el operador de la bomba de inyección pueda controlar las presiones, importante sacar muestras de la mezcla de agua cemento para la verificación de las resistencia de compresión estipulada en el diseño, a continuación se describe el procedimiento para la inyección se anclajes:

Llenado del anclaje activo:

- a) Se inserta la tubería metálica dentro de la tubería de inyección del anclaje, esta tubería metálica debe llegar al final del anclaje llevando instalado un obturador donde permita el flujo de lechada hacia el anclaje y evite el retorno por la misma.
- b) La tubería metálica de inyección debe ir engrasada en las uniones para facilitar la entrada y posterior salida de la tubería, debe ir bien enroscada para evita que se quede dentro del anclaje.
- c) Se prepara la mezcla de agua cemento (lechada) según el diseño geotécnico, se instala la manguera de inyección que va desde la bomba de inyección hasta la tubería metálica de inyección y se deja listo para el proceso de llenado.

- d) Se empieza a realizar el llenado metro a metro desde el fondo del anclaje, se va sacando un metro de tubería metálica cada vez, teniendo en cuenta que cada metro de anclaje debe consumir aproximadamente un bulto de cemento en mezcla, claro está que esto varía según la permeabilidad del terreno. Lo anterior se debe hacer hasta longitud de bulbo del anclaje y finalizando hasta que la lechada salga por la perforación del anclaje.
- e) Por ultimo una vez retirada la tubería metálica de inyección se debe introducir manguera (jardinera) hasta el fondo de la tubería de inyección para lavarla, este proceso de lavado termina hasta cuando salga por la tubería de inyección agua sin residuos lechada.

#### Inyección del anclaje activo:

- a) La inyección del anclaje se debe realizar al segundo día después de haber realizado el llenado del anclaje y se repiten los numerales a, b, y c del anterior ítem para el llenado de anclajes.
- b) Se empieza a realizar el llenado metro a metro desde el fondo del anclaje, se va sacando un metro de tubería metálica cada vez, teniendo en cuenta que cada metro de anclaje debe consumir aproximadamente un bulto de cemento en mezcla.
- c) En la inyección del anclaje se debe verificar que las presiones de inyección sean de 100 psi a 250 psi y de esta forma se pueda asegurar que no hay porosidad o espacios vacíos sin lechada en la zona de bulbo.
- d) Dada posibilidad que no presente presiones superiores a 100 psi en la inyección del anclaje, se realiza el proceso de inyectando mínimo un bulto de cemento mezclado por metro lineal y realizar el mismo procedimiento al día siguiente, se puede variar la relación agua cemento y agregar aditivo para acelerar el proceso de fraguado de la mezcla lo anterior queda a criterio del ingeniero residente tomar la respectiva solución.
- e) La tubería de inyección siempre debe quedar libre de mezcla por si se necesita volver inyectar el anclaje, del mismo modo realizando el procedimiento literal e del llenado de anclaje activo.

Ilustración 44: Preparación de la Lechada.



Tensionamiento del anclaje activo:

- a) Una vez se obtenga y se verifique la resistencia de diseño de la lechada de las muestras tomadas en el momento de la inyección, se procederá al tensionamiento de los anclajes.
- b) Se retira de manguera de polipropileno que protege los cables de acero (torones).
- c) Se limpian los cables con un cepillo metálico y se colocan los bujes y cuñas.
- d) Una vez es instalado el gato hidráulico y la bomba de tensionamiento se realiza el apriete de cuñas y se marca la posición inicial del torón.
- e) Cuando el tensionamiento se realiza con un gato hidráulico mono-torón, se debe ir tensionando progresivamente de 25% de la carga de diseño, se pasan todos al 25% de la carga y luego se tensionan uno a uno todos los torones al 50% sucesivamente hasta llegar a la carga de diseño o carga de tensión especificada.
- f) Se toman las lecturas de las longitudes por cada tensión con su correspondiente porcentaje de carga por de cada uno de los torones para realizar la gráfica de tensionamiento.
- g) Colocar cinta de peligro sobre los torones que sobresalen de la pantalla o talud para que sean visibles y evitar posible accidentes.

Ilustración 45: Cabeza del Anclaje Activo.

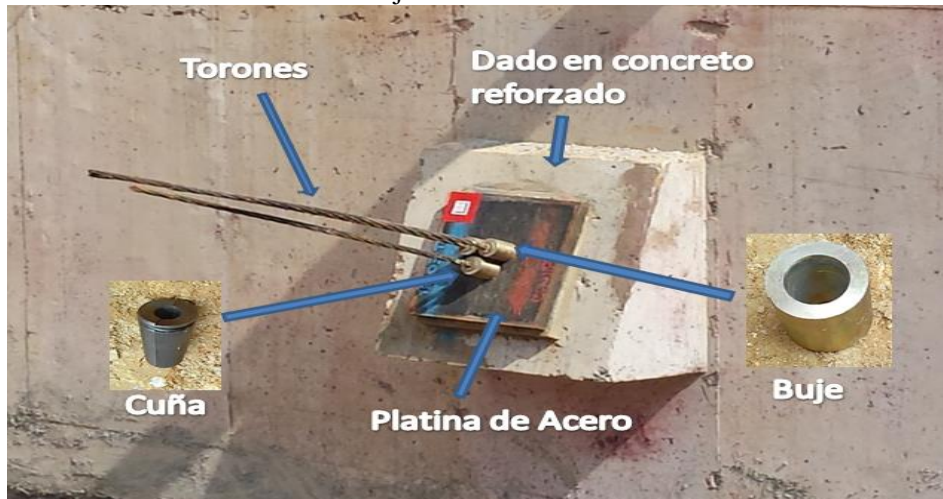


Ilustración 46: Equipo de tensionamiento.



Ilustración 47: Grafica de tensionamiento de un anclaje.



### 6.2.2 Anclajes pasivos (pernos).

Definición: Generalmente no se tensionan después de su instalación, permitiendo deformaciones pequeñas del suelo hasta lograr el tensionamiento de diseño geotécnico. Existe un tipo de pernos también llamado anclajes mixtos debido a que son tensionados a bajas cargas hasta obtener el tensionamiento de diseño.

Elementos de un anclaje pasivo (perno): Conformado por una varilla de acero corrugado, manguera de polipropileno para la inyección de la lechada, separadores de PVC, platina de acero, tuerca y cemento portland tipo I.

Procedimiento para armar un anclaje pasivo (perno).

- a) Se perfora la manguera de polipropileno en cruz con broca de  $\frac{1}{4}$ " cada 40 centímetros aproximadamente hasta completar la longitud del perno, dejando un metro de manguera por afuera se la pared del talud para facilitar la inyección de la lechada.
- b) Se colocan separadores en la varilla de acero corrugado cada 2 metros aproximadamente y se fija la manguera de polipropileno con amarres de alambre.
- c) Se introduce el perno en la perforación verificando que la varilla corrugada quede lo suficiente por fuera del talud teniendo en cuenta las dimensiones de los dados o pantallas en concreto armado.

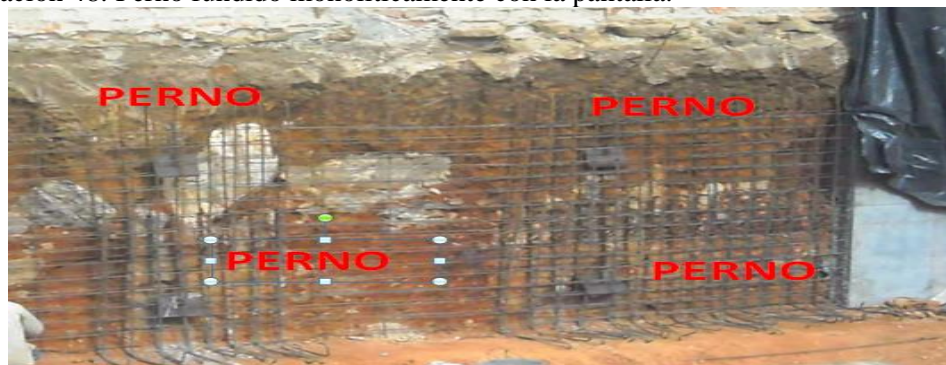
Inyección del anclaje pasivo (perno).

- a) Se prepara la mezcla de agua cemento (lechada) según el diseño geotécnico, se instala la manguera de inyección que va desde la bomba de inyección hasta la manguera de polipropileno de inyección y se deja listo para el proceso de llenado.
- b) Se empieza a realizar el llenado desde el fondo del anclaje con presiones bajas inferior a 50 psi, teniendo en cuenta que cada metro de anclaje debe consumir aproximadamente un bulto de cemento en mezcla, se finaliza el llenado cuando la mezcla salga por el orificio de la perforación, se aconseja realizar un repaso 10 min después para verificar el llenado en el caso que el suelo sea muy permeable.

Tensionamiento del anclaje pasivo: Para anclajes pasivos usualmente se realizan dos formas para fijar la barra de acero corrugado a la pantalla de concreto armado:

- a) La primera consiste en colocar al final del perno una platina y que la varilla de acero corrugado tenga un gancho con una inclinación igual al de la perforación, se amarra al refuerzo de acero de la pantalla para luego ser fundido monolíticamente.

Ilustración 48: Perno fundido monolíticamente con la pantalla.



- b) La segunda forma consiste en vez verificando que cumplan las resistencias de la lechada y de la pantalla con las especificaciones técnicas, se procede a colocar la platina sobre el dado en concreto armado, seguidamente se coloca la tuerca y se aprieta con una llave manualmente hasta que quede tensa.

Ilustración 49: Anclaje Pasivo (perno).



### 6.3 PILOTES Y MICROPILOTES

Definición: Los pilotes y micropilotes son elementos generalmente de sección circular, son estructuras de cimentación profunda cuya función principal es transmitir cargas recibidas en la superficie de un terreno a zonas profundas del mismo mediante rozamiento, pueden transmitir esfuerzos de compresión, flexión, cortante e incluso tracción. Se compone casi siempre de una armadura de acero corrugado como también se puede utilizar tubería estructural autoperforante no recuperable que se puede utilizar como refuerzo con recubrimiento de lechada (mezcla agua cemento) u hormigón que quedan en contacto con el suelo. La perforación de pilotes y micropilotes puede hacerse por diversos sistemas, según el tipo de terreno a atravesar: rotación con corona de diamante, rotoperusión con martillo en fondo o incluso hélice continua en terrenos blandos. Dependiendo de la estabilidad de la perforación esta puede hacerse en seco, con la ayuda de lodos bentoníticos o necesitan entubación, normalmente recuperable. El fluido de perforación puede ser aire o agua. Si los suelos son muy blandos e inestables usualmente se emplea tubería ODEX para evitar que se dañen las paredes de la perforación.

Elementos de un Pilote o Micropilote: Varilla de acero corrugado, tubería de inyección de PVC, separadores de PVC, uniones de PVC, tapones PVC, manguitos, (la tubería de inyección y sus accesorios son de 1 pulgada RDE 21), cemento portland tipo I.

Procedimiento para armar un Pilote o Micropilote:

- a) Se limpia el acero de refuerzo de impurezas para que quede libre de aceite u oxido.
- b) Se coloca el refuerzo transversal con la separación según el diseño geotécnico y se verifica que la varillas de refuerzo longitudinal queden paralelas entre si, los traslapes del refuerzo longitudinal no deben quedar al mismo nivel. Se deja 0.5 metros de refuerzo longitudinal adicional de la cota rasante de la estructura para el posterior traslapo con la cimentación siguiente o estructura que continuara el proyecto.
- c) Para construir el sistema de inyección se deben seguir los mismos lineamientos que el sistema de inyección de anclajes mencionados anteriormente.

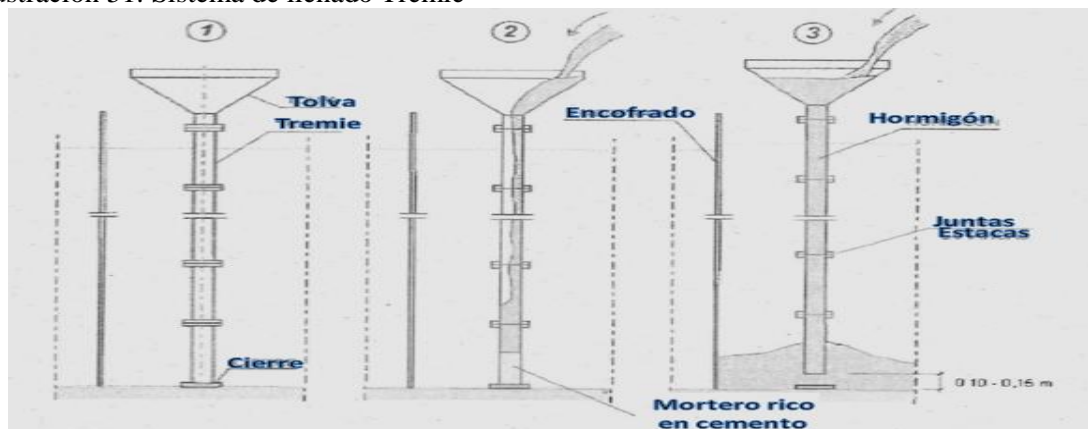
Ilustración 50: Instalación de un Micropilote



Proceso de llenado para un Pilote o Micropilote:

La perforación se llena de abajo hacia arriba por flujo inverso, se bombea el hormigón o lechada de forma continua a través de una tubería llamada tremie, deslizándose hasta el fondo para de esta forma desplazar las impurezas hacia la superficie. La inyección de un Pilote o Micropilote: Para la inyección de pilote o micropilote se realiza de igual forma como se inyectan los anclajes activos mencionados anteriormente en este manual.

Ilustración 51: Sistema de llenado Tremie



Fuente: Google.

#### 6.4 MURO DE CONTENCIÓN EN TIERRA ARMADA CON GEOSINTETICOS.

Los muros contención en tierra armada son estructuras en los cuales se utiliza materiales del suelo friccional como elementos de Construcción. Un muro de contención de tierra armada está constituido por un suelo granular compactado en el que se colocan bandas de refuerzos horizontales y verticales, para este caso se realizaran con geosinteticos que es un material no biodegradable con resistencia a la tensión dentro de una masa de suelo que debe soportar una serie de empujes laterales de esta forma se logra aumentar la resistencia general de muro en su totalidad, básicamente por el esfuerzo cortante desarrollado entre el Geosintetico y las capas de suelo.

##### Proceso Constructivo

- a) Excavación y compactación para la fundación del muro: Con ayuda de una comisión topográfica se ubican los puntos y las cotas para la excavación mecánica que deberá hacerse hasta lo indicado en el diseño geotécnico, si se observa irregularidades en el suelo por cambios en los niveles freáticos o suelos de material orgánico, la excavación deberá llevarse hasta encontrar suelo competente. Sobre la pared natural del talud debe realizarse un descapote 20 cm aproximadamente o hasta quitar todo el material orgánico o suelo suelto. Una vez terminado el proceso de excavación se continúa con la compactación de la superficie donde se instalara de colchón de material granular.

Ilustración 52: Excavación y compactación superficial de la cimentación del muro en tierra armada.



- b) Construcción sistema de drenaje del muro: Una vez finalizada la excavación se procede a colocar en la base y sobre toda su pared del talud a una capa de material granular filtrante de aproximadamente 0.30 metros como mínimo, luego nivelar y compactar. Todo el sistema de drenaje debe estar recubierto con un geotextil no tejido NT 1600 o similar. Se debe colocar una tubería de 4 pulgadas (Colector) a nivel de la base del muro en la capa de material granular filtrante, instalar a un tercio de su longitud total con una pendiente mínima del 3%.

Se recomienda colocar lloraderos para evitar un exceso en las presiones hidrostáticas dentro de la masa de tierra reforzada, se deben colocar cada dos capas y a una distancia horizontal de aproximada de 2 metros, cada lloradero con un diámetro de 2 pulgadas y una longitud mínima de 1 metro.

Ilustración 53: Construcción Dren de la base del muro en tierra armada.



- c) Colocación de del refuerzo con geosinteticos: El rollo de geosintetico deberá colocarse en sentido perpendicular al lineamiento longitudinal del muro. Se instala la formaleta que dará la pendiente vertical de diseño del muro, debe asegurarse en el sitio de tal manera soporte los movimientos durante la colocación y compactación del material de relleno. Se debe garantizar como mínimo un traslapo de 30 cm a lo largo de todos sus bordes o se puede realizar la unión mediante costura. No olvidar cortar cada sección de geosintetico que esta compuesto de una longitud de efectiva en la parte inferior, más el ancho de la capa y los

dobles de la parte superior, estas dimensiones deben estar en los planos del diseño geotécnico, realizar este mismo procedimiento para cada capa de muro.

- d) Colocación de las capas de relleno: El material de suelo deberá colocarse directamente sobre el Geosintetico, compactando con capas de 20 a 25 centímetros con equipos mecánicos. El proceso de compactación se realizara con aproximadamente 10 pasadas por capa hasta obtener un grado de compactación al menos del 95% de la densidad máxima obtenida en laboratorio para el ensayo de proctor modificado, en todos los casos en el primer metro más cercano al borde del muro se recomienda trabajar con compactadores manuales o saltarín y evitar cualquier movimiento o arrugamiento del geosintetico durante la colocación y compactación del material de relleno.

Ilustración 54: Construcción de las capas de relleno.



Ilustración 55: Construcción de las capas de relleno con geosintéticos.



Ilustración 56: Muro en tierra armada con geosintéticos - Terminado



- e) Por ultimo una vez realizada todas las capas del muro se debe proteger el muro de la acción ambiental, de actos vandálicos o de la posible acción de roedores. Este recubrimiento puede ser mortero o concreto lanzado, para este tipo de acabados se puede considerar la utilización de una malla de vena, colocada adecuadamente sobre la cara vertical del muro.

## CONCLUSIONES

- La práctica empresarial fue de carácter importante puesto que se puso a prueba todos los conocimientos adquiridos como estudiante donde se mostraron las habilidades y destrezas para desenvolverse, implementando lo aprendido y a la vez adquiriendo la experiencia para la toma de decisiones, esto nos entrega nuevos conocimientos en la parte práctica de nuestra ingeniería.
- Se reconoce la importancia en la seguridad ocupacional, atreves de charlas de seguridad y el uso de elementos de protección personal, los trabajadores comprendieron como evitar accidentes laborales (no hubo accidentes en obra).
- En la práctica empresarial permite adquirir conocimientos sobre los procesos constructivos para las diferentes estructuras de contención resaltando que la organización permite lograr resultados esperados en los cronogramas de actividades.
- Con el manual de procesos constructivos de elementos utilizados en la estabilización de taludes, será de gran apoyo para futuros lectores para que tengan un conocimiento y un entendimiento básico, en el cual se familiaricen con los procedimientos, materiales y equipos utilizados en la construcción de los elementos usados en la estabilización de taludes, además de conocer un poco más sobre las técnicas utilizadas en obras civiles.

## BIBLIOGRAFÍA

- AYUSO MUÑOS, Jesús. CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN DE TIERRAS. Vol.1. 2010.
- GARCIA LOPEZ, Manuel. MANUAL DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES. INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. 1996.
- JUÁREZ BADILLO, Eulalio. RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. MECÁNICA DE SUELOS. Vol. 4. Limusa, 1976.
- MANUAL DE CONSTRUCCIÓN GEOTÉCNICA. Tomo I. SMMS.
- MANUAL DE CONSTRUCCIÓN GEOTÉCNICA. Tomo II. SMMS.
- NTC 1486, DOCUMENTACIÓN. PRESENTACIÓN DE TESIS, TRABAJOS DE GRADO Y OTROS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN.
- NTC 4490, ICONTEC NORMA TÉCNICA COLOMBIANA.
- NTC 5613, REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. CONTENIDO, FORMA Y ESTRUCTURA.
- RICO RODRÍGUEZ, Alfonso. LA INGENIERÍA DE SUELOS EN LAS VÍAS TERRESTRES, CARRETERAS, FERROCARRILES Y AEROPISTAS. MECÁNICA DE SUELOS. Vol.1. Limusa, 2005.
- SUAREZ, Jaime. DESLIZAMIENTOS, TÉCNICAS DE REMEDIACIÓN. Vol.2. Cap.6.