

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS LLENOS DE MERCURIO FASE III

Cristian Camilo Arango Cubides



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Ingeniería Civil, Facultad de Ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2023

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOS LLENOS DE MERCURIO FASE III

Cristian Camilo Arango Cubides

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Ing. Harol León Zambrano Urbano Docente



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Programa Ingeniería Civil, Facultad de Ingenierías

Universidad La Gran Colombia

Bogotá

2023

Tabla de contenido

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	17
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	18
CONCLUSIONES.....	61
LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS	62

Lista de Figuras

<i>Figura 1 Planta general.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2 Mapa geológico del proyecto</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3 Estructura de pavimentos de vías internas.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4 Estructura de pavimento rígido construida en las vías y patios de maniobra de la etapa 2</i> <i>.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5 Localización del proyecto.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6Entrada del proyecto</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7 Localización del proyecto.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 8 Ejes y área de ejecución Mercurio Fase III</i>	<i>19</i>
<i>Figura 9 Motoniveladora</i>	<i>20</i>
<i>Figura 10Motoniveladora</i>	<i>20</i>
<i>Figura 11 Cargador mixto</i>	<i>21</i>
<i>Figura 12 Cargador mixto</i>	<i>21</i>
<i>Figura 13 Retroexcavadora.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 14 Retroexcavadora.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 15 Piloteadora.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 16 Piloteadora.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 17 Bulldozer</i>	<i>24</i>
<i>Figura 18 Bulldozer</i>	<i>24</i>
<i>Figura 19 Vibrocompactador</i>	<i>24</i>
<i>Figura 20 Vibrocompactador</i>	<i>24</i>
<i>Figura 21 Volqueta.....</i>	<i>25</i>

Figura 22 Volqueta..... 25

Figura 23 Carrotanque de suministro de agua 26

Figura 24 Reconocimiento de campo..... 28

Figura 25 Reconocimiento de campo..... 28

Figura 26 Reconocimiento de campo..... 28

Figura 27 Reconocimiento de campo..... 28

Figura 28 Sacada de raíz de árbol..... 30

Figura 29 Árboles en proyecto 30

Figura 30 Zona de trabajo..... 31

Figura 31 Ejes de proyecto y zona de trabajo 31

Figura 32 Ejes de proyecto y zona de trabajo 32

Figura 33 Replanteo de linderos 33

Figura 34 Replanteo de ejes..... 33

Figura 35 Materialización de BMS..... 34

Figura 36 Replanteo de pilotes 34

Figura 37 Replanteo de dados 34

Figura 38 Replanteo inclusiones rígidas..... 34

Figura 39 Carreteable 35

Figura 40 Carreteable de acceso..... 35

Figura 41 Carreteable de acceso..... 37

Figura 42 Descapote 37

Figura 43 Descapote 37

Figura 44 Descapote..... 38

<i>Figura 45 Estructura de pavimento.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 46 Nivelación de terreno</i>	<i>40</i>
<i>Figura 47 Nivelación de terreno</i>	<i>40</i>
<i>Figura 48 Nivelación de terreno</i>	<i>40</i>
<i>Figura 49 Nivelación de terreno</i>	<i>40</i>
<i>Figura 50 Aprovechamiento de material proveniente de excavación</i>	<i>41</i>
<i>Figura 51 Aprovechamiento de material proveniente de excavación</i>	<i>41</i>
<i>Figura 52 Aprovechamiento de material proveniente de excavación.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 53 Aprovechamiento de material proveniente de excavación</i>	<i>41</i>
<i>Figura 54 Fallos.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 55 Fallos.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 56 Geotextil Fuente propia</i>	<i>43</i>
<i>Figura 57 Geotextil Fuente propia</i>	<i>43</i>
<i>Figura 58 Recebo.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 59 Recebo.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 60 Recebo.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 61 1 Capa de terreno</i>	<i>44</i>
<i>Figura 62 Capa de terreno</i>	<i>44</i>
<i>Figura 63 Capa de terreno</i>	<i>45</i>
<i>Figura 64 Capa de terreno</i>	<i>45</i>
<i>Figura 65 Obras de mitigación.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 66 Obras de mitigación.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 67 Esquema disposición de inclusiones rígidas.....</i>	<i>47</i>

Figura 68 Distanciamiento entre inclusiones 47

Figura 69 Inclusiones rígidas Fuente propia 48

Figura 70 Inclusiones rígidas Fuente propia 48

Figura 71 Inclusiones rígidas Fuente propia 48

Figura 72 Inclusiones rígidas Fuente propia 48

Figura 73 Inclusiones rígidas Fuente propia 48

Figura 74 Inclusiones rígidas Fuente propia 48

Figura 75 Inclusiones rígidas Fuente propia 49

Figura 76 Inclusiones rígidas Fuente propia 49

Figura 77 2 cada de recebo 49

Figura 78 2 cada de recebo 49

Figura 79 2 cada de recebo 50

Figura 80 2 cada de recebo 50

Figura 81 2 cada de recebo 50

Figura 82 2 cada de recebo 50

Figura 83 Zarpas 51

Figura 84 Zarpas 51

Figura 85 Zarpas 51

Figura 86 Zarpas 51

Figura 87 Zarpas 51

Figura 88 Zarpas 51

Figura 89 Zarpas 52

Figura 90 Zarpas 52

Figura 91 Zarpas 52

Figura 92 Zarpas 52

Figura 93 Zarpas 52

Figura 94 Zarpas 52

Figura 95 Empates con box existentes..... 53

Figura 96 Dimensiones de box – plano estructural..... 54

Figura 97 Construcción de Box Culvert 54

Figura 98 Construcción de Box Culvert 54

Figura 99 Construcción de Box Culvert 55

Figura 100 Construcción de Box Culvert 55

Figura 101 Construcción de Box Culvert 55

Figura 102 Construcción de Box Culvert 55

Figura 103 Construcción de Box Culvert 55

Figura 104 Construcción de Box Culvert 55

Figura 105 Construcción de Box Culvert 56

Figura 106 pilotes fundidos..... 57

Figura 107 pilotes fundidos..... 57

Figura 108 pilotes fundidos..... 57

Figura 109 pilotes fundidos..... 57

Figura 110 pilotes fundidos..... 57

Figura 111 pilotes fundidos..... 57

Figura 112 pilotes fundidos..... 58

Figura 113 pilotes fundidos..... 58

Figura 114 Izaje de vigas y columnas..... 58

Figura 115 Izaje de vigas y columnas..... 58

Figura 116 Izaje de vigas y columnas..... 59

Figura 117 Izaje de vigas y columnas..... 59

Figura 118 Muro de contención 59

Figura 119 Muro de contención 59

Figura 120 Inclínómetros 60

Figura 121 Inclínómetros 60

Figura 122 Inclínómetros 60

Resumen

El presente documento pretende describir el proceso constructivo de los llenos de Mercurio Fase III requeridos para la cimentación del proyecto localizado en el municipio de Funza-Cundinamarca, liderado por la empresa TERRARUM, y que a través de uno de sus contratistas HITO INGENIERIA S.A.S tiene como objetivo realizar la construcción de la fase III de la bodega para HOMECENTER, Esta etapa del proyecto comprende la ampliación de la bodega en un área de 22.311 m², incluyendo muelles de carga y la construcción de la vía perimetral la cual será trasladada al límite norte del lote. El objetivo de la ampliación es permitir dar abasto a la capacidad de servicio que tiene Homecenter, debido a su alta demanda en el despacho de mercancía.

Por otro lado, describir una a una las actividades realizadas durante el proyecto con información propia para mostrar lo aprendido durante su ejecución.

Abstract

This document aims to describe the construction process of the Mercury Phase III fillers required for the foundation of the project located in the municipality of Funza-Cundinamarca, led by the company TERRARUM, and what, through one of its contractors, HITO INGENIERIA S.A.S. objective of carrying out the construction of phase III of the warehouse for HOMECENTER. This stage of the project includes the expansion of the warehouse in an area of 22,311 m², including loading docks and the construction of the perimeter road which will be moved to the northern limit of the batch. The objective of the expansion is to make it possible to supply the service capacity that Homecenter has, due to its high demand in the dispatch of merchandise.

On the other hand, it describes one by one the activities carried out during the project with its own information to show what was learned during its execution.

Introducción

El proyecto Mercurio fase III, consiste en la ampliación de una bodega existente proyecto que ha contado con dos fases anteriores para HOMECENTER, ubicada en Funza - Cundinamarca en la zona denominada ZOLFunza, por la entrada a Intexzona localizada por la ruta Funza-Cota. La duración de la construcción en la cual se está proyectado para un tiempo estimado de 24 meses según el cronograma de actividades, en el cual 6 de estos meses serán parte de una pasantía donde se apoyará labores técnicas en cada una de las actividades realizadas en este periodo y el cual permitirá aportar a la formación como ingeniero debido a sus múltiples tareas durante la ejecución.

Por otra parte, las dimensiones del proyecto de la fase III son de 240 m por 90 m entre ejes (**Figura 7 y Figura 8**). Una ventaja del proyecto en su tercera fase es que, debido a la experiencia que se tiene en las fases anteriores, es posible tanto para el diseño, programación de obra y ejecución, estimar imprevistos y contratiempos con muy buena precisión.

El predio donde se desarrollará la ampliación corresponde al área colindante al norte de la bodega actual, que se encuentra rodeada por un canal de aguas lluvias que entregan a un pondaje localizado al noreste del proyecto en inmediaciones de la vía interna del parque industrial y el proyecto a construir (**Figura 5**).

Topografía del proyecto.

Esta etapa del proyecto comprende la ampliación de la bodega en un área de 22.311 m², incluyendo muelles de carga y la vía perimetral que será trasladada al límite norte del lote.

El lote correspondiente a esta etapa del proyecto presenta en la actualidad una topografía relativamente uniforme con cotas entre los 2549 y 2549.5 msnm. Si se considera un descapote compuesto por el retiro de la capa vegetal con un espesor aproximado de 0.30 m del suelo superficial, buscando retirar la capa orgánica del perfil y aquella donde se albergan las raíces más grandes y voluminosas, se proyectaron rellenos de 0.80 m a 1.3 m de altura considerando que el nivel de terminado de piso de la bodega es la 2550 m.s.n.m.

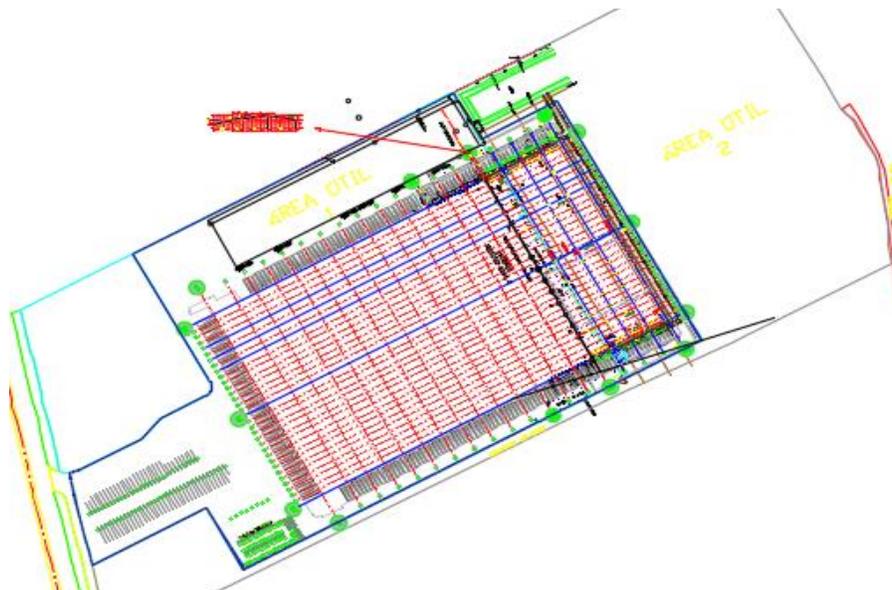


Figura 1 Planta general
Fuente Terranvm

Tipo de suelo

Según el estudio de suelos realizado por la empresa Jeoprobe en el 2021, el proyecto se encuentra ubicado en la sabana de Bogotá, la cual corresponde a una cuenca sedimentaria de origen tectónico en la que se han depositado una serie de depósitos no litificados que alcanzan los cientos de metros. En la zona del proyecto se distinguen las formaciones Chía, Subachoque y Sabana (**Figura 2**). Estas tres formaciones se establecieron en el ambiente del gran lago que conformó la sabana en el pleistoceno sobre los dos últimos millones de años. La formación Subachoque es de origen fluvial y lacustre, alcanza espesores de 150 m y está constituida por material fino, arcillas arenosas, orgánicas y turbas-lignitas, suprayaciendo a la formación Subachoque se encuentra la formación Sabana, conformada principalmente por arcillas en la zona central y hacia los bordes de la cuenca se encuentra mayores intercalaciones de arenas, gravas y turbas. Este depósito puede alcanzar los trescientos metros de espesor. Por último, se encuentra la formación más reciente, la formación Chía, que corresponde a depósitos constituidos por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales, estos depósitos alcanzan espesores máximos de 5m, y están constituidos por arcillas también pueden contener limos y en áreas fangosas, arcillas orgánicas diatomáceas.(Rodriguez, 2021)

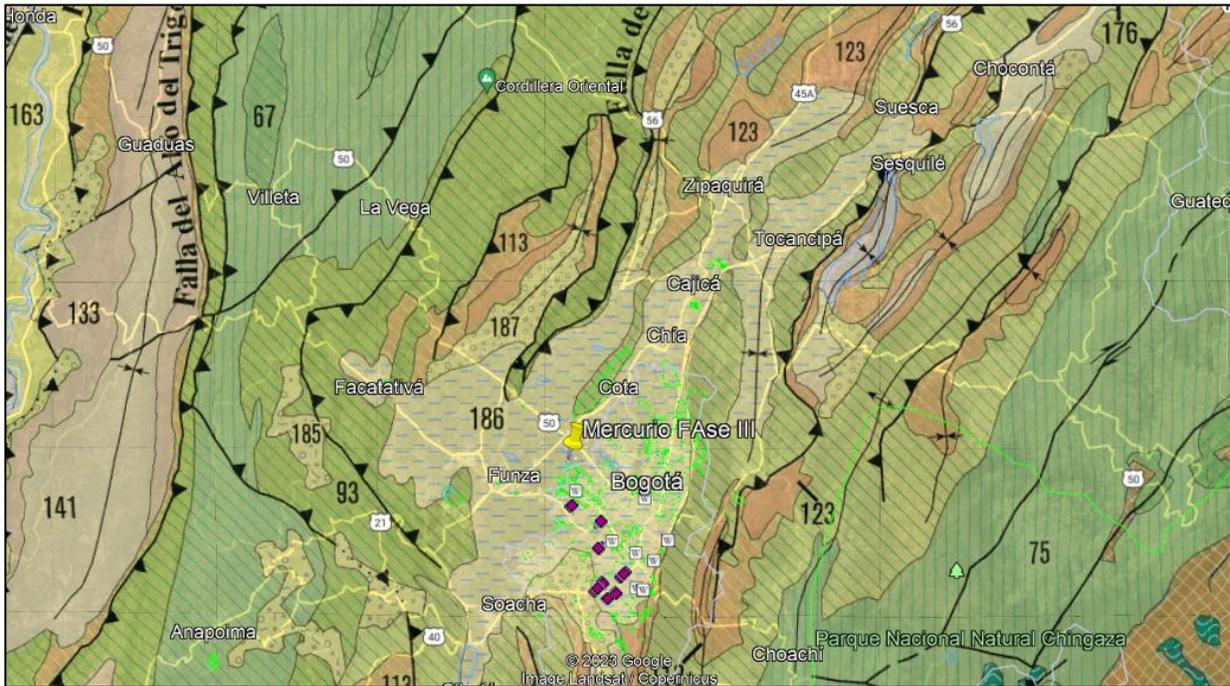


Figura 2 Mapa geológico del proyecto
Fuente servicio geológico colombiano

Pavimentos

En el estudio de suelos realizado en el 2013 la firma Jeoprobe (Rodríguez, 2021), se obtuvo una la estructura de pavimento para las vías internas presentada en la siguiente **Figura 3** Esa estructura partió de una condición de subrasante de 1.5% de CBR y un tráfico de diseño de 7.6 millones de ejes equivalentes de 8.2 toneladas. (Rodríguez, 2021)

Capa	Espesor (cm)
Losa de concreto hidráulico MR=4.0MPa Reforzada continuamente	22.5
Subbase granular	25.0

Figura 3 Estructura de pavimentos de vías internas
Fuente Jeoprobe

Estructura de pavimento rígido diseño inicial

Sin embargo, por información suministrada por Terranum, las vías de la etapa 2, se construyeron con la estructura adjunta en la **Figura 4**, la cual presenta 7.5 cm menos de espesor de losa y 35 cm de más en las capas granulares. (Rodríguez, 2021)

Capa	Espesor (cm)
Losa con fibra metálica MR=4.0 MPa	15
Base Granular	20
Subbase Granular	40

*Figura 4 Estructura de pavimento rígido construida en las vías y patios de maniobra de la etapa 2
Fuente Jeoprobe*

OBJETIVOS

Objetivo General

Mostrar el seguimiento realizado al proceso constructivo de la actividad de llenos en el proyecto Mercurio Fase III.

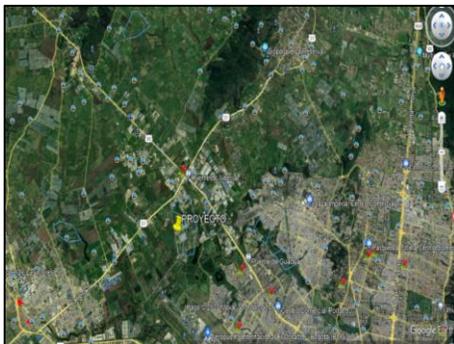
Objetivos Específicos

- Recopilar información disponible como planos topográficos y estudios geotécnicos.
- Analizar la información disponible sobre el proyecto Fase III.
- Realizar seguimiento al cumplimiento de especificaciones de cada etapa del proceso constructivo de los llenos proyecto.

Aspectos Metodológicos

DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto **Mercurio fase III**, ubicado en Funza-Cundinamarca en la zona denominada **ZOLFunza** el cual se tiene acceso por la entrada a Intexzona por la ruta Funza-Cota; consiste en la ampliación de una bodega existente con dos fases previas para la empresa **HOMECENTER (Figura 7)**, según el cronograma de actividades del proyecto estima un tiempo de construcción de 24 meses.



*Figura 5 Localización del proyecto
Fuente Google Earth*



*Figura 6 Entrada del proyecto
Fuente Google Earth*

Las obras de la fase III, se realizarán dentro de un lote con dimensiones de 240 m de largo por 90 m de ancho, adjunto a la estructura existente que fue construida en las fases I y II, esta estructura tiene un uso de almacenamiento de mercancía por parte de la empresa **SODIMAC HOMECENTER**. Una de las ventajas del proyecto en ejecución, es que la fase III la realizaron los mismos contratistas que participaron en las dos fases anteriores, debido a su experiencia, en todas las áreas como diseño, programación y construcción esta fase contó con un gran éxito en el cumplimiento del contrato.

El lote donde se desarrollará la fase III, corresponde al área colindante al norte de la bodega actual, que se encuentra rodeada por un canal de aguas lluvias que las entrega a un pondaje localizado al noreste del proyecto en inmediaciones de la vía interna del parque industrial, ver imágenes **Figura 7** y **Figura 8**. (Rodriguez, 2021)



*Figura 7 Localización del proyecto
Fuente Google Earth*



*Figura 8 Ejes y área de ejecución Mercurio Fase III
Fuente Planos de diseño*

Esta etapa del proyecto comprende la ampliación de la bodega en un área de 22.311 m², incluyendo muelles de carga y la vía perimetral que será trasladada al límite norte del lote, donde el patio de contenedores no tendrá intervención, por lo que el pondaje quedará en su localización actual.

Debido a las obras que se ejecutaron en el proyecto, este se dividió en áreas de trabajo las cuales estaban delimitadas por los ejes de los planos del proyecto. Estos se materializaron en el terreno de forma ordenada para establecer las áreas a intervenir, la descripción de los trabajos se describe a continuación en el orden secuencial y descriptivo de cada uno de los procesos constructivos ejecutados en el proyecto.

Maquinaria y equipo

- **Motoniveladora:**

Una motoniveladora es una máquina de construcción autopropulsada que se vale de una larga cuchilla metálica ubicada en su tren delantero para, como su nombre lo indica, nivelar terrenos. En su eje delantero tiene escarificadores, que se asemejan a un rastrillo por sus dientes, que sirve para romper terrenos duros.

Una motoniveladora suele utilizarse para la construcción de carreteras, la nivelación de terrenos agrícolas, la construcción de canales y taludes de tierra y, en general, la limpieza de terrenos y suelos. (Ferrovia, s.f.)



Figura 9 Motoniveladora
Fuente: <https://www.anter.es/pdf/E4.pdf>

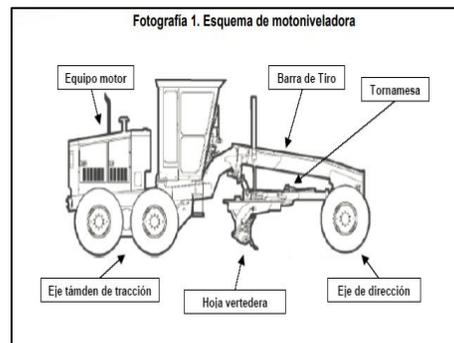


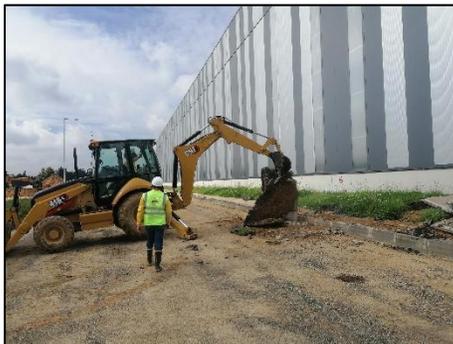
Figura 10 Motoniveladora
Fuente: <https://www.anter.es/pdf/E4.pdf>

En el proyecto estará enfocada al descapote de la cobertura vegetal, la nivelación de la subrasante o céreo, y la extendida de capas de material granular dependiendo los espesores estimados en obra hasta la capa final antes de la fundida o piso industrial.

- **Cargador:**

Pajarita como la llamamos en Colombia, es una máquina que se utiliza para realizar excavaciones en terrenos. Consiste en un balde de excavación en el extremo de un brazo articulado que se monta normalmente en un tractor o cargador frontal y se utiliza habitualmente en obras para el movimiento de tierras, para realizar rampas en solares o para abrir surcos destinados al pasaje de tuberías, cables, drenajes, etc., así como también para preparar los sitios donde se asientan los cimientos de los edificios.

Al igual que la motoniveladora el fin es ser multifuncional para cualquier proyecto y contribuir adicionalmente en Mercurio Fase III con el trasiego de material como lo es la cobertura vegetal sin contaminarla e igualmente con la tierra negra proveniente de excavación para su aprovechamiento.



*Figura 11 Cargador mixto
Fuente: propia*



*Figura 12 Cargador mixto
Fuente: <https://allmachinessas.com/>*

- **Retroexcavadora (Oruga):**

Las orugas en el chasis le aportan mayor estabilidad. Por ello, esta es la mejor opción si se necesita trabajar en terrenos elevados, escarpados o lodosos. Sin embargo, la velocidad de desplazamiento de la excavadora puede ser un poco lenta.

Por lo general, los vehículos de orugas se desempeñan con eficiencia en contextos relacionados a la construcción, minería, nivelación de terrenos y excavación de zanjas y fosos. Sin duda, se trata del equipo más flexible en su tipo. (IPESA, 2020)

La contribución de la maquinaria pesada mencionada en ítems anteriores es:

- Nivelar la subrasante
- Trasiego de material
- Cargue en volquetas con material proveniente de excavación
- En menor proporción contribuir al descapote
- Llenos y excavación en canal de aguas lluvias
- Limpieza de zonas afectadas por lluvias o ahuellamiento



*Figura 13 Retroexcavadora
Fuente: propia*



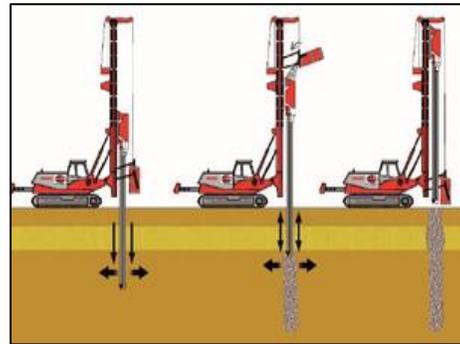
*Figura 14 Retroexcavadora
Fuente: propia*

- **Piloteadora para inclusiones rígidas**

Maquinaria pesada con sistema de vibración que permite la perforación por desplazamiento lateral del terreno y sin extracción de material hasta la profundidad de diseño que para este caso son de 16 m, que mediante un tubo permite el vaciado del hormigón o mortero a través de la parte superior de este, hasta alcanzar la profundidad requerida. Esa es la funcionalidad de la máquina.



*Figura 15 Piloteadora
Fuente: propia*



*Figura 16 Piloteadora
Fuente <https://www.grupocivilizate.com/>*

- **Bulldozer**

El funcionamiento del bulldozer es muy práctico debido a que clava la hoja en el suelo y la utiliza para nivelar el terreno o perfil el mismo según lo requerido.



Figura 17 Bulldozer
Fuente: propia



Figura 18 Bulldozer
Fuente:
<https://www.importadoracasacolombia.com/>

- **Vibrocompactador**

Esta maquinaria estará presente hasta la última capa de llenos, la cual permite mediante la vibración de manera vertical eliminar espacios y la compactación del material, de cada una de las capas que se requiere nivelar, para este proyecto en específico se empleará un vibrocompactador de 10 toneladas.



Figura 19 Vibrocompactador
Fuente: propia



Figura 20 Vibrocompactador
Fuente: <https://www.importadoracasacolombia.com/>

- **Volquetas**

Las volquetas juegan un papel fundamental en el proyecto debido a que la capacidad de carga es de 30 m³ y permite un mayor abastecimiento de material el cual mejora el rendimiento y tiempos de ejecución.



*Figura 21 Volqueta
Fuente: propia*



*Figura 22 Volqueta
Fuente: propia*

- **Carrotanque de agua**

Este vehículo permite el suministro de agua para poder humectar las zonas que carezcan de un acceso a un punto de agua directamente o por falta de lluvias en el proyecto, por lo cual el carrotanque permite de tiempo completo la disposición para alcanzar porcentajes de humedad óptima a la hora de compactación de los materiales granulares.



*Figura 23 Carrotanque de suministro de agua
Fuente Radionavional.co*

PROCESO CONSTRUCTIVO

A continuación, se describirán una a una las actividades del proceso constructivo que están en la siguiente lista:

- Reconocimiento de campo
- Tala de árboles
- Replanteo
- Construcción de carretable para acceso de maquinaria
- Descapote
- Nivelación del terreno
- Aprovechamiento de material proveniente de excavación (Tierra)
- Aprovechamiento de material proveniente de excavación (Asfalto) Fresado
- Fallos en terreno

- **Reconocimiento de campo**

Al coincidir la pasantía con el inicio del proyecto, fue necesario el reconocimiento de campo como primera medida, ya que como es normal en cualquier proyecto de construcción generalmente se encuentra una diferencia entre lo diseñado y lo que se ve en terreno, permitiendo conocer su planeación y las posibles afectaciones a la hora de ejecutar los procesos constructivos y para velar con el cumplimiento bajo el cronograma de actividades.



*Figura 24 Reconocimiento de campo
Fuente: propia*



*Figura 25 Reconocimiento de campo
Fuente: propia*



*Figura 26 Reconocimiento de campo
Fuente: propia*



*Figura 27 Reconocimiento de campo
Fuente: propia*

Entre las implicaciones que se encontraron fue la masiva presencia de árboles las cuales se tenían en cuenta en el diseño, pero no cuantificados e inventariados por la CAR, la autoridad ambiental competente que bajo licencia permitiría la tala de esta vegetación.

Otra de las actividades necesarias que se encontró fue la necesidad de contener el agua a futuro en el vallado mediante la construcción de un Box Culvert y los llenos que permitan realizar la ampliación de la bodega.

Adicionalmente en el proyecto se identificó la presencia de fauna cercana a la zona de construcción identificando especies como Conejillos de indias lo que significó realizar compromisos de no afectar su entorno ni su vida o ver qué manejo se le podía dar a su hábitat.

Los factores climáticos jugaron un papel importante debido a que en la zona se presentaban lluvias constantes que durante el proceso afectaron el rendimiento de la construcción, asimismo se requirió realizar un monitoreo continuo de la lámina de agua del pondaje aledaño al proyecto para identificar posibles afectaciones en las obras.

Todo esto hace parte de la supervisión que fue realizada durante la pasantía en la obra y permite identificar afectaciones que podrían ocurrir en la obra. Teniendo en cuenta esta información se empezó a replantear la mejor forma para dar avance en la construcción, si se generaron una serie de tareas ingenieriles abarcando la parte civil y ambiental que se describirán a continuación.

- **Tala de árboles**

Conociendo como ya se ha mencionado anteriormente la gran cantidad de árboles presentes en la zona, estos tienen un manejo especial sabiendo que es el primer paso para empezar con la adecuación de la zona de trabajo.

Es así como se crea la necesidad de planificar e iniciar por la poda de arbustos y árboles con un espesor del tallo inferior a 10 cm para empezar la ejecución de la obra.

Como el área es tan grande a medida que avanzaban las labores se iba talando árboles en secciones trazadas por rectángulos con el fin de ir ejecutando la actividad de la siguiente manera:

Semana 1: tala zona 1

Semana 2: descapote zona 1- tala zona 2

Semana 3: llenos zona 1-descapote zona 2-tala zona 3

Semana 4: 1 capa zona 1-llenos zona 2-descapote zona 3-tala zona 4

Y así sucesivamente se realizó cada actividad hasta dejar totalmente la zona adecuada con todos los procesos que lleva la construcción de Mercurio Fase III y que necesiten un predecesor.



*Figura 28 Sacada de raíz de árbol
Fuente: propia*



*Figura 29 Árboles en proyecto
Fuente: propia*

- **Replanteo**

Consiste en la materialización de elementos de diseño en campo mediante topografía dependiendo el cronograma de actividades, para ello, lo primero que se hizo fue cotejar el lindero de la Fase III con lo encontrado en el terreno, verificando el cumplimiento en cuanto a dimensiones. No sin antes, hay que aclarar que en cualquier trabajo topográfico es necesario conocer unos BMS que nos permiten tener un nivel referencia y empalme a lo ya construido y deltas que generan unas coordenadas. Los ejes replanteados corresponden del eje O-A y 19 al 15', como lo muestra la **Figura 30**, **Figura 31** y **Figura 32**.

Los BMS del proyecto y los deltas están denominados como D7 y Astrolabio (punto de referencia) con su respectiva cota y coordenadas que cuando se cotejaron con el plano de diseño permitió comparar que están con información precisa para la ejecución y no incurrir en estructuras mal localizadas y desfases en niveles (sobre excavaciones y falta de excavación).

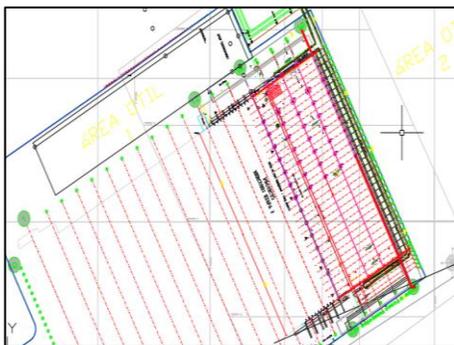


Figura 30 Zona de trabajo
Fuente: propia



Figura 31 Ejes de proyecto y zona de trabajo
Fuente: propia

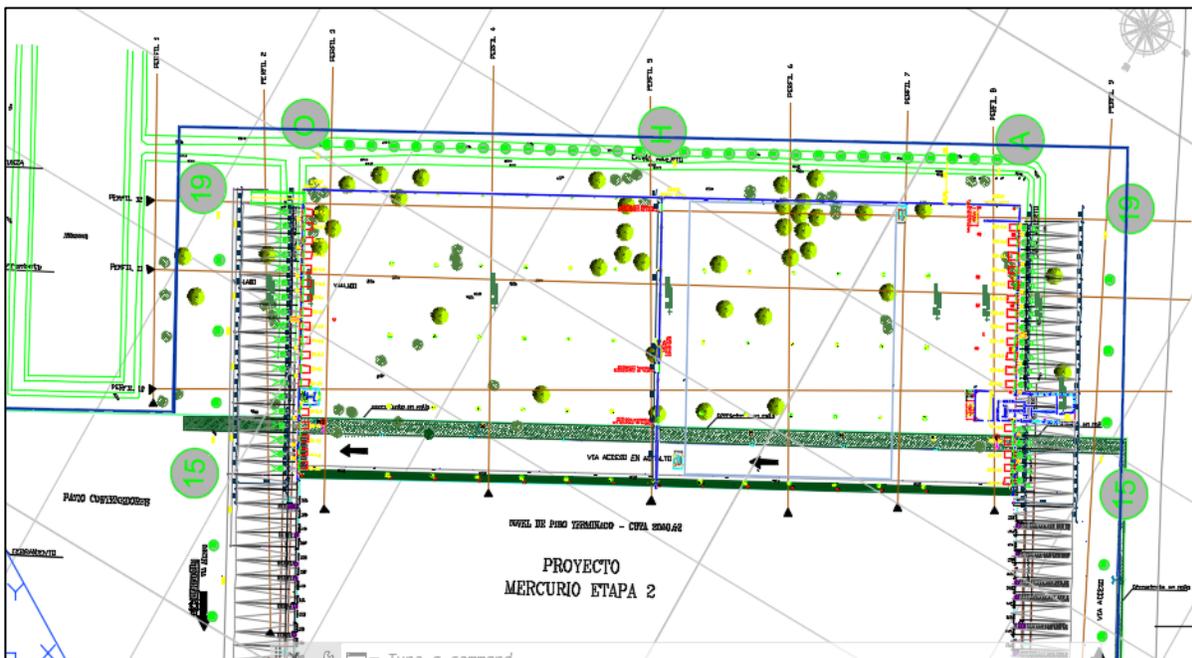


Figura 32 Ejes de proyecto y zona de trabajo
Fuente: propia

Los equipos que se utilizan durante casi todo el proyecto son nivel de precisión que nos permite revisar las cotas dependiendo de la actividad con una exactitud mediante cálculos y por otro lado la Estación Total permite generar levantamientos en 2D, 3D y replanteos para la verificación de todos los elementos como lo son:

- Niveles de subrasante y lindero
- Niveles de capas
- Niveles de excavación y llenos
- Niveles de inclusiones rígidas y replanteo
- Niveles de dados y replanteo
- Niveles de zarpas y replanteo

- Niveles de pilotes y replanteo
- Niveles de placa y replanteo
- Levantamientos para la cubicación de material.

Cada una de las actividades topográficas anteriormente mencionadas se presentan durante casi todo el proyecto ya que algunas son predecesoras de las otras y al incurrir al error podría verse afectado en gran proporción el proyecto.

Por ejemplo, el primer paso el replanteo general, luego materialización de ejes, con estos ejes se nivela el terreno, se replantea las inclusiones rígidas y así todos los procesos que se encuentren hasta el final de la placa fundida o piso industrial.

Las tolerancias están dadas dependiendo del material o elemento constructivo, por ejemplo si los ejes quedan desplazados las vigas no casarían y mucho menos la estructura metálica que se instalará en una de las fases finales del proyecto.



Figura 33 Replanteo de linderos
Fuente: propia



Figura 34 Replanteo de ejes
Fuente: propia



*Figura 35 Materialización de BMS
Fuente: propia*



*Figura 36 Replanteo de pilotes
Fuente: propia*



*Figura 37 Replanteo de dados
Fuente: propia*



*Figura 38 Replanteo inclusiones rígidas
Fuente: propia*

- **Construcción de carretable para acceso de maquinaria**

La construcción de este carretable fue elaborada bajo las necesidades del proyecto para permitir la ejecución de este de manera sencilla. Dicho carretable esta trazado cómo lo muestra la siguiente **Figura 38** y bajo parámetros mínimos de calidad y diseño para poder velar que fuera lo más duradero posible debido a el excesivo tránsito de carga pesada.



Figura 39 Carreteable
Fuente: Google Earth

Estos parámetros se definieron de la siguiente forma:

- Bombeo al 2% hacia un costado de la vía para hacer llegar el agua a unos pozos de achique
- Conservar una capa de 30 cm compactados sobre el trayecto del carreteable
- Recebo mezclado entre un B200 y B400, que es un material de tamaños pequeños entre 2" y 3 "para permitir resistencia y compactación de una forma óptima.
- Ancho de 7 m



Figura 40 Carreteable de acceso
Fuente: propia

- **Descapote:**

Consiste en el retiro de la capa de orgánica de aproximadamente 0.30 m y de limpieza en zonas de trabajo para que posteriormente después de nivelar el terreno, se extienda material granular, que en este caso es recebo común.

Normalmente estas tareas se hacen con maquinaria que tengan balde o cuchara para poder levantar esta materia orgánica sin mezclarla con tierra para poder llevar limpia a una posible reimplantación

La forma como tal del descapote es la puesta de la hoja tanto de Motoniveladora y Bulldozer sobre la superficie acopiando a un lado la cobertura vegetal y dejándola limpia quedando así tierra negra para su posterior renivelación

Se hace todas las veces que sea necesario con el fin de darle aprovechamiento a este, poder cargarlo y trasladarlo para urbanismos dentro y fuera del proyecto como material reutilizable.

Las fases de ejecución se daban como se habían mencionado en el ítem de tala de árboles, de acuerdo con el cronograma de actividades ajustado por zonas, desglosándolo de la siguiente manera.

Etapa 1: Descapote entre ejes 16-17 y ejes O-H (**Figura 41**).

Etapa 2. Lleno entre ejes 16-17 y ejes O-H, Descapote entre ejes 17-18 y ejes O-H (**Figura 41**).

Etapa 3. Lleno entre ejes 17-18 y ejes O-H, Llenos entre ejes 16-17 y ejes O-H, Descapote entre ejes 18-19 y ejes O-H (**Figura 41**).

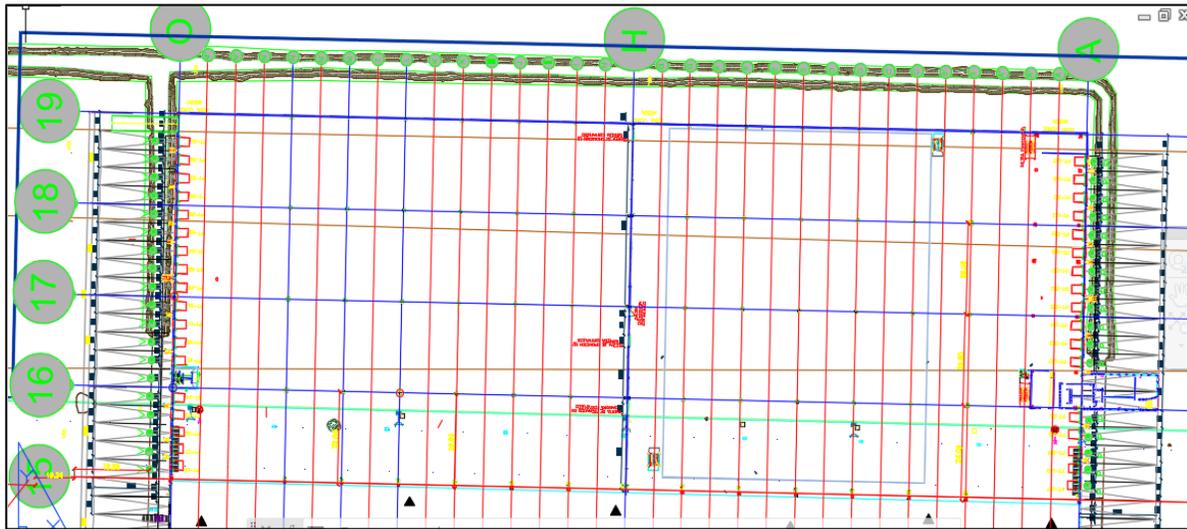


Figura 41 Carreteable de acceso
Fuente: propia

Y así progresivamente hasta abarcar todo el proyecto por completo.

El material obtenido por esta actividad no del todo estaba en buena calidad, ya que el clima presentado en la zona secaba unas partes y cuando se presentaban precipitaciones inundaba otras donde la topografía era de menor altura.



Figura 42 Descapote
Fuente. Propia



Figura 43 Descapote
Fuente. Propia



Figura 44 Descapote
Fuente. Propia

- **Nivelación del terreno**

Consiste en la combinación de múltiples procesos el cual permite llegar y hacer cumplir niveles o cotas de diseño en campo.

Para Mercurio Fase III, fue necesario conocer un terreno inicial y poder así calcular cantidades iniciales, alturas en la excavación y el alcance de esta como ya se ha hablado varias veces en el presente documento.

El terreno sin descapote presenta variaciones en su altura y por ende cada área tiene un movimiento de tierras variable, es aquí donde la topografía entra a calcular sus respectivos niveles de excavación junto con el trabajo operativo de la maquinaria pesada (motoniveladora, Bulldozer, Retroexcavadora, etc.) buscando llegar a los niveles presentados en la siguiente sección:

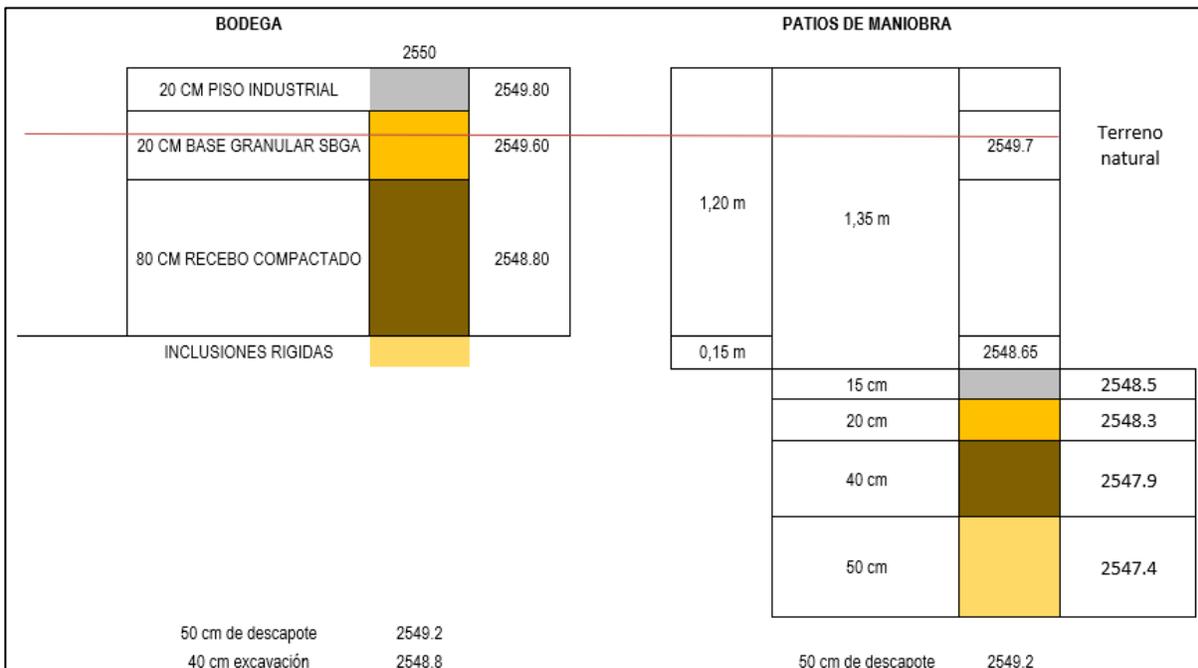


Figura 45 Estructura de pavimento.
Fuente Jeoprobe

Como lo muestra la **Figura 43**, la bodega tiene un solo nivel para cada una de las capas, y para el patio de maniobras tiene otra estructura debido a las cargas en cuanto a los ejes que pasarían por esta en un tiempo determinado de diseño, sin embargo, las capas del patio de maniobras siguen estando a un mismo nivel, el cual facilita la nivelación del terreno mediante los procesos que ya mencionaron.

Se recomendó llevar la misma trazabilidad del descapote y de la tala.

La cota de subrasante es de 2548.8 en bodega y 2547.4 en patio de maniobras



*Figura 46 Nivelación de terreno
Fuente. Propia*



*Figura 47 Nivelación de terreno
Fuente. Propia*



*Figura 48 Nivelación de terreno
Fuente. Propia*



*Figura 49 Nivelación de terreno
Fuente. Propia*

- **Aprovechamiento de material proveniente de excavación (Tierra)**

Este material proveniente de excavación extraído en la nivelación del terreno y con características orgánicas para el aprovechamiento en otras zonas dentro del mismo para construcción de urbanismo y de manera externa para cultivos en la zona rural aledaña.



*Figura 50 Aprovechamiento de material proveniente de excavación
Fuente propia*



*Figura 51 Aprovechamiento de material proveniente de excavación
Fuente propia*

- **Aprovechamiento de material proveniente de excavación (Asfalto) Fresado**

El fresado de pavimento consiste en retirar el asfalto o firme de la carretera que se encuentra en mal estado, agrietado, agotado o fisurado. Una vez se ha retirado de la vía o de la carretera pasamos al punto dos, en este paso se realiza la reparación de uno nuevo y su posterior colocación como una nueva capa. Se trata de restaurar el perfil para un posible nuevo uso, dotándole otra vez de su utilidad. (Involucrasl, 2023)



*Figura 52 Aprovechamiento de material proveniente de excavación
Fuente propia*



*Figura 53 Aprovechamiento de material proveniente de excavación
Fuente propia*

- **Fallos en terreno**

Estos fallos se presentan por diferentes causas como lo son acumulación de agua dentro del terreno, filtración de esta y tuberías con algún tipo de fuga que lo que hacen es saturar tanto el suelo hasta causar agrietamientos y pérdidas de las características optimas de los mismos



*Figura 54 Fallos
Fuente propia*



*Figura 55 Fallos
Fuente propia*

MATERIALES

Geotextil

Geotextil tejido: usos y aplicaciones.

Un geotextil es una tela permeable formada principalmente por materiales de polipropileno y poliéster y por su modo de fabricación puede ser del tipo no tejido o tejido en función de su utilización. La diferencia entre un tejido y un no tejido radica en la forma de producción. Mientras que el geotextil no tejido está

formado por fibras, filamentos u otros elementos ligados de manera aleatoria, el geotextil tejido se fabrica al entrelazar dos o más hilos, fibras o filamentos. En esta nueva publicación vamos a incidir sobre aquellas funciones y aplicaciones que posee el geotextil tejido.

(Tex Delta, s.f.)



Figura 56 Geotextil Fuente propia



Figura 57 Geotextil Fuente propia

Recebo

El recebo se puede encontrar tipo común y clasificado, es el producto de la mezcla de materiales granulares principalmente pétreos de diferentes tamaños según el tipo de obra. (CEMEX , s.f.)



Figura 58 Recebo Fuente propia



Figura 59 Recebo Fuente propia



*Figura 60 Recebo
Fuente propia*

1 capa del terreno

Esta primera capa de terreno es muy importante para las siguientes fases del proyecto debido a que en este nivel del proyecto y con una capa inicial de 20 cm (cuarta parte de la capa total de recebo) se posiciona la piloteadora y es a aquí donde queda el nivel superior de las inclusiones rígidas por diseño.



*Figura 61 1 Capa de terreno
Fuente propia*



*Figura 62 Capa de terreno
Fuente propia*



*Figura 63 Capa de terreno
Fuente propia*



*Figura 64 Capa de terreno
Fuente propia*

Obras de mitigación.

Estas obras de mitigación se realizan con el fin de contener el agua debido a que en la zona se presentan constantes lluvias y al tener maniobras todo el tiempo es constante el apozamiento de aguas por falta de bombeo y drenajes.



*Figura 65 Obras de mitigación
Fuente propia*



*Figura 66 Obras de mitigación
Fuente propia*

Inclusiones rígidas

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis se propone hacer un esquema de mejoramiento con inclusiones rígidas de 11 MPa de resistencia mínima a la compresión, 25cm de diámetro, 16m de longitud efectiva y un espaciamiento entre elementos de 2.25m x 2.25m. Sin embargo, cabe se mencionar que, en las características topográficas del lote, se identificó un sector del lote que en el año 2013 presentaba un pondaje y un canal con profundidades de hasta 2m respecto a la superficie del terreno. Estas depresiones fueron rellenas, pero se desconoce tanto el material utilizado como el año en que se ejecutó la actividad. Debido a que estas zonas tendrán una mayor sobrecarga las inclusiones deberán tener un espaciamiento a 2m x 2m para reducir la diferencia de asentamientos que se podría producir con las zonas vecinas por fuera de la huella del pondaje y del canal. En la **Figura 67** se presenta un esquema del mejoramiento propuesto donde se hace un acercamiento en la zona que requiere un menor espaciamiento entre inclusiones. Allí también se incluye una fila adicional que se debe instalar por fuera de la huella de la bodega. Se recuerda que el mejoramiento no se debe ejecutar en el área de los patios de maniobra ni en la vía interna, únicamente bajo la bodega (Rodriguez, 2021)

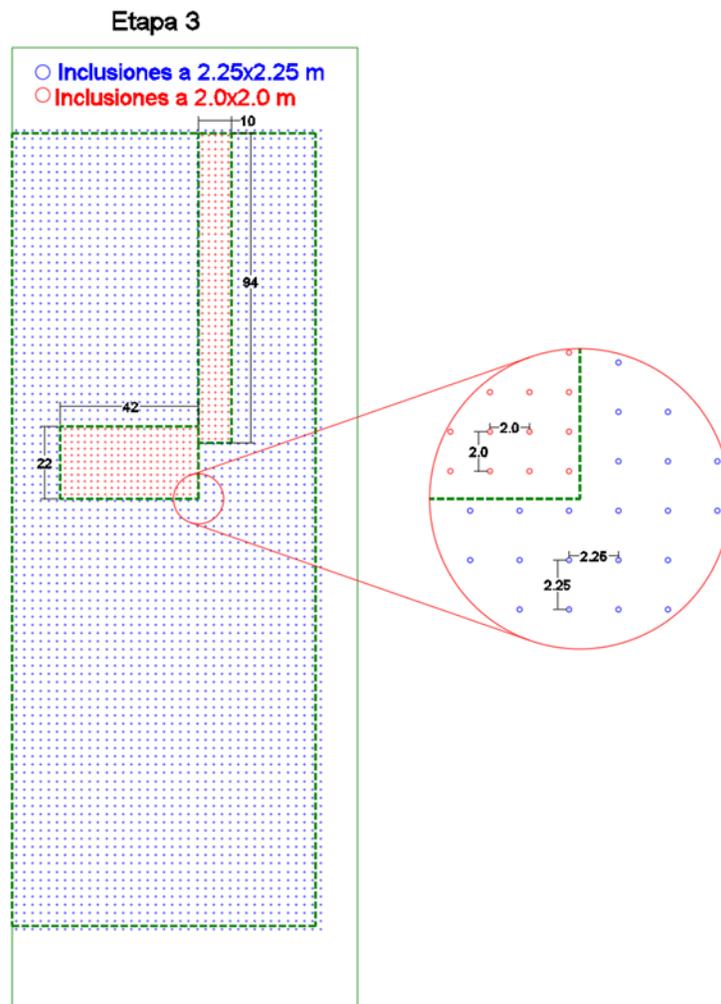


Figura 67 Esquema disposición de inclusiones rígidas
Fuente propia

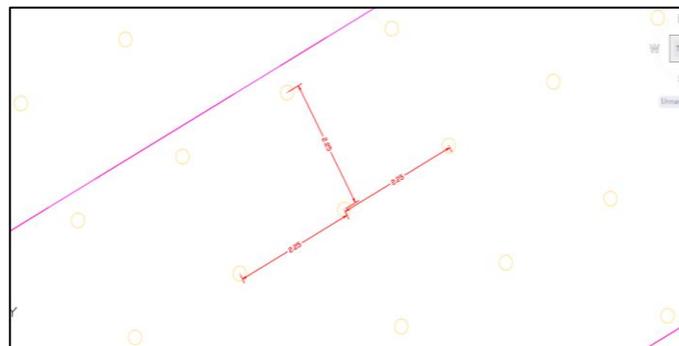


Figura 68 Distanciamiento entre inclusiones
Fuente propia



Figura 69 Inclusiones rígidas Fuente propia



Figura 70 Inclusiones rígidas Fuente propia



Figura 71 Inclusiones rígidas Fuente propia



Figura 72 Inclusiones rígidas Fuente propia



Figura 73 Inclusiones rígidas Fuente propia



Figura 74 Inclusiones rígidas Fuente propia



Figura 75 Inclusiones rígidas Fuente propia



Figura 76 Inclusiones rígidas Fuente propia

2 capa del terreno

En esta capa de terreno sé cubren las inclusiones rígidas para seguir con el proceso constructivo hasta completar los 80 cm que son de diseño.



*Figura 77 2 cada de recebo
Fuente propia*



*Figura 78 2 cada de recebo
Fuente propia*



*Figura 79 2 cada de recebo
Fuente propia*



*Figura 80 2 cada de recebo
Fuente propia*



*Figura 81 2 cada de recebo
Fuente propia*



*Figura 82 2 cada de recebo
Fuente propia*

Fundición de dados y zarpas

Esta fundición de zarpas está localizada en donde se interceptan los ejes alfanuméricos para generar los soportes de la estructura proyectada y se van construyendo con las especificaciones técnicas dadas.



*Figura 83 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 84 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 85 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 86 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 87 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 88 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 89 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 90 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 91 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 92 Zarpas
Fuente propia*



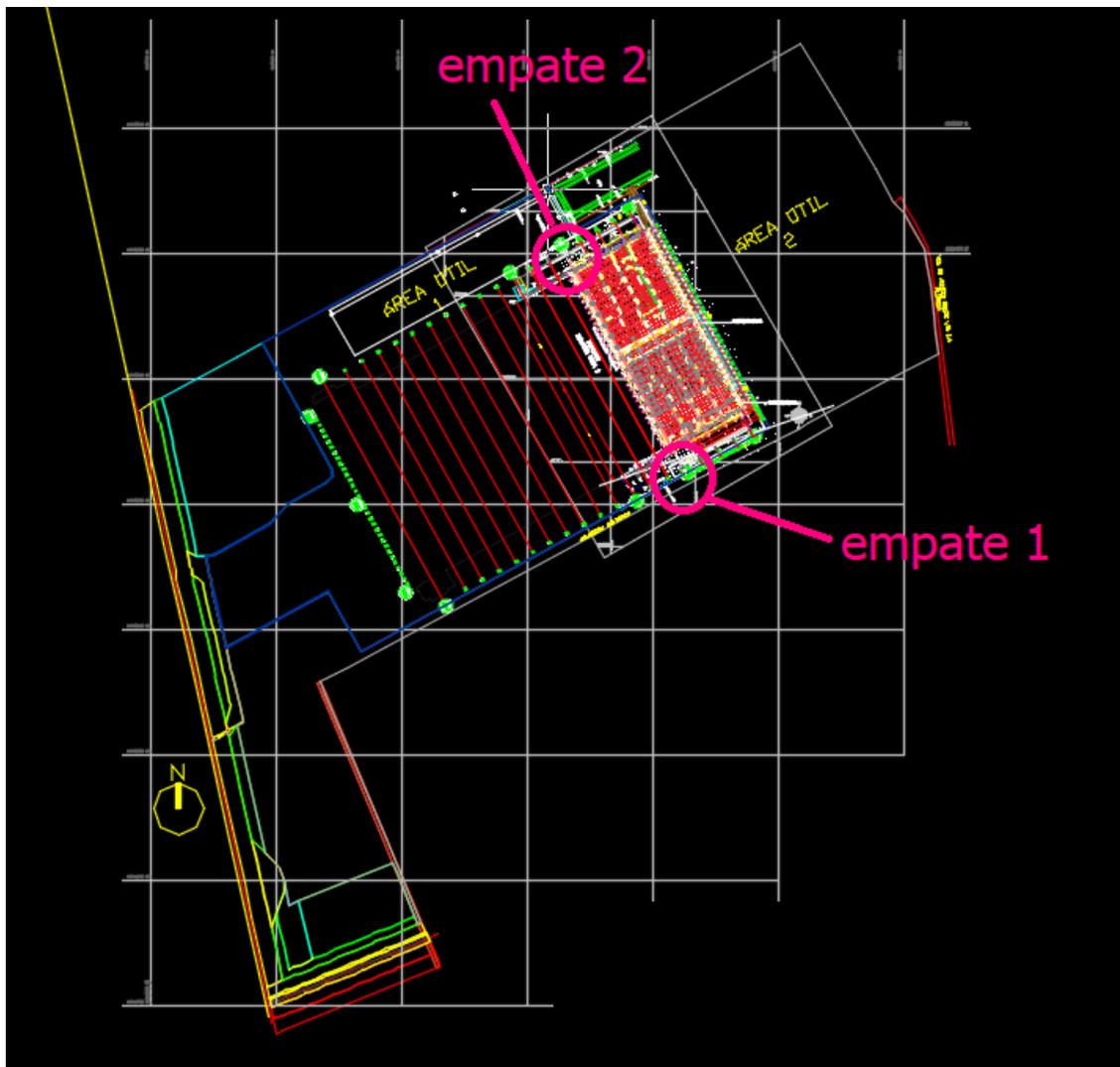
*Figura 93 Zarpas
Fuente propia*



*Figura 94 Zarpas
Fuente propia*

Construcción de Box Culvert sobre canal

Este box culvert perimetral es construido con la necesidad de conducir las aguas lluvias hacia el pondaje existente y con la ampliación de la estructura en su fase III se diseñó sobre este vallado la canalización con las maniobras pertinentes de contención de agua y bajo las especificaciones técnicas que conllevan los mismas.



*Figura 95 Empates con box existentes
Fuente propia*

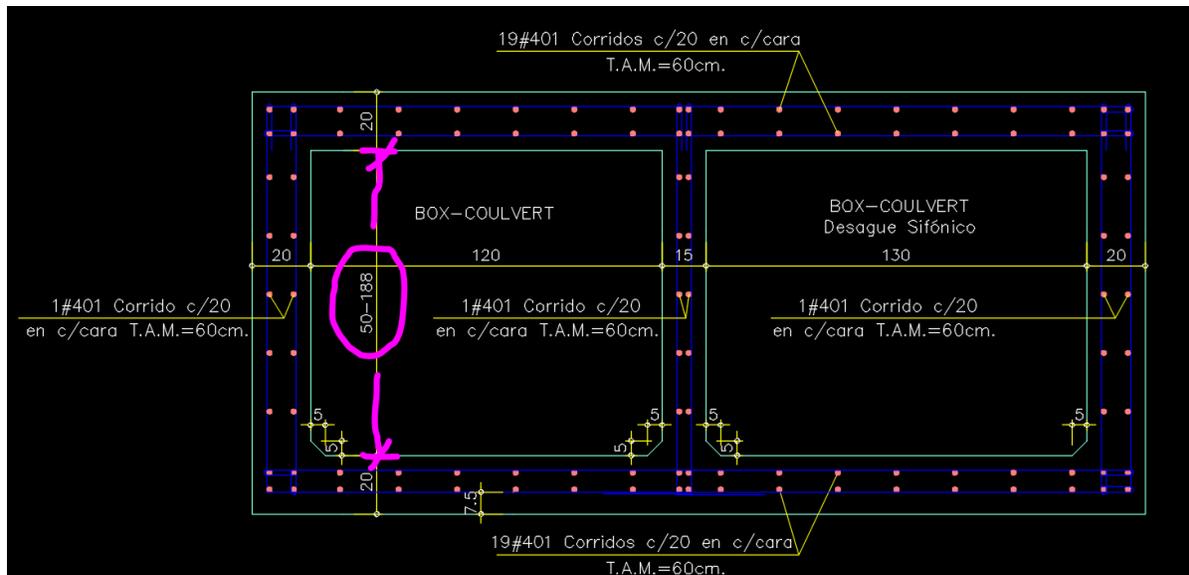


Figura 96 Dimensiones de box – plano estructural Fuente propia



Figura 97 Construcción de Box Culvert Fuente propia



Figura 98 Construcción de Box Culvert Fuente propia



*Figura 99 Construcción de Box Culvert
Fuente propia*



*Figura 100 Construcción de Box Culvert
Fuente propia*



*Figura 101 Construcción de Box Culvert
Fuente propia*



*Figura 102 Construcción de Box Culvert
Fuente propia*



*Figura 103 Construcción de Box Culvert
Fuente propia*



*Figura 104 Construcción de Box Culvert
Fuente propia*

Pilotes hincados y fundidos.

Estos pilotes al igual que las inclusiones rígidas están al mismo nivel de la estructura sobre la 1 capa de material seleccionado (Recebo) y a diferencia de donde se encuentran dichas inclusiones es por la capacidad de carga diferencial localizadas entre los ejes H-A y los ejes 19 y 15' (Ver **Figura 105**), debido que en esta zona es donde se almacenara la mercancía en la estructura proyectada.

El total de los pilotes son de 2415 unidades y estarán construidos en la zona anteriormente mencionada entre ejes como lo muestra la siguiente figura en el área demarcada (Figura105).

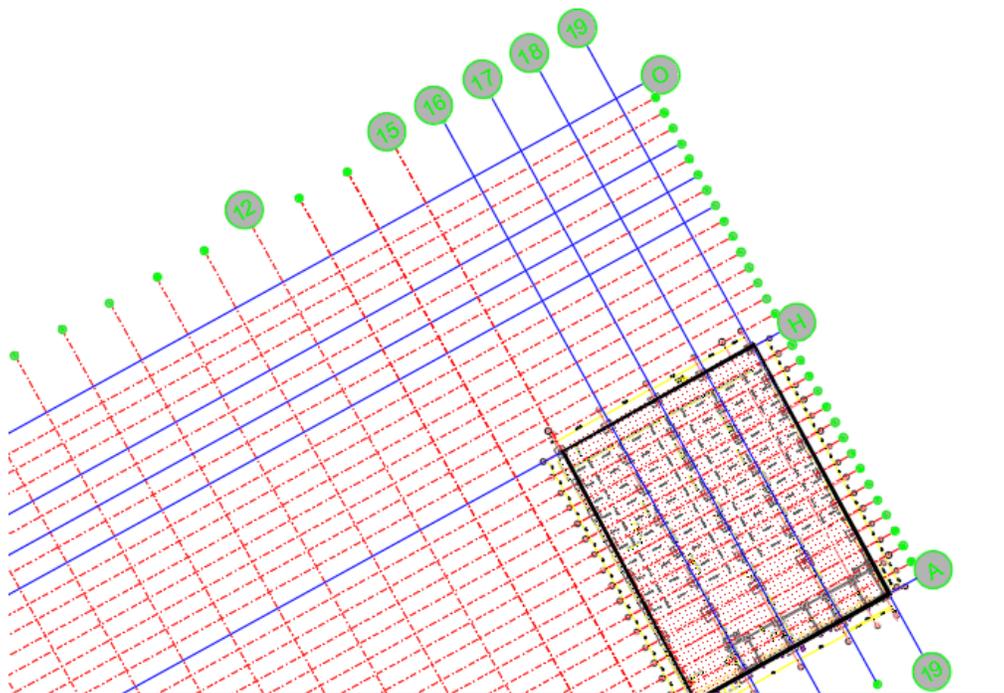


Figura 105 Construcción de Box Culvert
Fuente propia



*Figura 106 pilotes fundidos
Fuente propia*



*Figura 107 pilotes fundidos
Fuente propia*



*Figura 108 pilotes fundidos
Fuente propia*



*Figura 109 pilotes fundidos
Fuente propia*



*Figura 110 pilotes fundidos
Fuente propia*



*Figura 111 pilotes fundidos
Fuente propia*



*Figura 112 pilotes fundidos
Fuente propia*



*Figura 113 pilotes fundidos
Fuente propia*

Montaje de vigas y columnas prefabricadas

Este montaje se fue realizando a través de haber alcanzado un sin número de procesos constructivos para poder izar estas vigas y columnas prefabricadas traídas a la medida por diseño y con parámetros de diseño para tal fin.



*Figura 114 Izaje de vigas y columnas
Fuente propia*



*Figura 115 Izaje de vigas y columnas
Fuente propia*



*Figura 116 Izaje de vigas y columnas
Fuente propia*



*Figura 117 Izaje de vigas y columnas
Fuente propia*

Construcción de muro perimetral

La construcción de este muro perimetral esta dado por la ejecución de obras preliminares para llegar a esta fase del proyecto como lo son llenos, pilotaje y zarpas, además que funciona como contención de la estructura y divide la misma de las vías internas proyectadas.



*Figura 118 Muro de contención
Fuente propia*



*Figura 119 Muro de contención
Fuente propia*

Control de asentamientos e instrumentación

Esta actividad está dada en poder controlar el comportamiento del suelo continuamente mediante diferentes tipos de mediciones y con ciertos aparatos que permiten revisar este proceso durante toda la

fase de construcción y posteriormente como lo son control de asentamientos que consiste en la medición topográfica de un nivel de referencia y unas marcas con un nivel de guía para control, por otro lado esta los inclinómetros que permiten revisar la inclinación respecto a un plano el suelo y saber su comportamiento.



*Figura 120 Inclinómetros
Fuente propia*



*Figura 121 Inclinómetros
Fuente propia*



*Figura 122 Inclinómetros
Fuente propia*

Conclusiones

- Recopilar la mayor información de un proyecto, es posible una construcción de manera ordenada, eficaz y de calidad ya que permite utilizar estas herramientas para el control, seguimiento de las obras y ampliar el campo de acción para futuros proyectos con el aprendizaje de esta pasantía.
- Analizar todos los ítems que componen el proyecto permitió generar una trazabilidad en la construcción obtenido como resultado un buen seguimiento y control en todas las fases del proyecto.
- Con el seguimiento se permitió dar cumplimiento a las especificaciones de cada etapa del proceso constructivo de los llenos proyecto.
- La pasantía permitió ampliar los conocimientos adquiridos en la formación como ingeniero como lo fue programación, calidad, maquinaria, metodologías de construcción y además poder contribuir con el desarrollo de un proyecto real, llevando lo teórico a la práctica, aportando la formación académica y experiencia laboral al proyecto

Lista de Referencia o Bibliografía

CEMEX . (s.f.). Obtenido de <https://www.cemexcolombia.com/productos/agregados/recebo>
(2021). *Estudio de suelos para diseño de cimentaciones de las bodegas y la estructura de pavimento.*

Bogota: JEOPROBE.

Ferrovial. (s.f.). Obtenido de <https://www.ferrovial.com/es/stem/motoniveladora/>.

Involucrasl. (2023). Obtenido de <https://involucrasl.es/en-que-consiste-el-fresado-de-pavimento/>

IPESA. (3 de Junio de 2020). Obtenido de <https://www.ipesa.com.pe/blog/tipos-excavadoras-usos/>

Rodriguez, J. (2021). *Estudios de suelos para diseño de cimentaciones de las bodega y estructura de pavimento.* Bogotá : Jeoprobe.

Tex Delta. (s.f.). Obtenido de <https://texdelta.com/blog/geotextil-tejido-usos-y-aplicaciones/>

Anexos