

**CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIÓN PROFUNDA CON CAISSONS:  
TORRE DE APARTAMENTOS C Y D, DE SIETE PISOS. UBICADA EN EL  
MUNICIPIO DE POPAYAN - CAUCA**

**Nayibe Alejandra Ruiz Collazos**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION  
POPAYÁN, COLOMBIA 2023.**

**CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIÓN PROFUNDA CON CAISSONS:  
TORRE DE APARTAMENTOS C Y D, DE SIETE PISOS. UBICADA EN EL  
MUNICIPIO DE POPAYAN - CAUCA**



Universidad  
del Cauca

**Autora:  
NAYIBE ALEJANDRA RUIZ COLLAZOS**

**TRABAJO DE GRADO COMO MODALIDAD PASANTÍA PARA OBTENER EL  
TITULO DE INGENIERA CIVIL**

**Director:  
Ing. JULIO CESAR DIAGO FRANCO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION  
POPAYÁN, COLOMBIA 2023**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

El Director y los Jurados han evaluado este documento titulado: construcción de cimentación profunda con Caissons: torre de apartamentos C y D, de siete pisos. Ubicada en el municipio de Popayán – Cauca, escuchando la sustentación del mismo por su autor y lo encuentran satisfactorio, por lo cual autorizan al estudiante para que desarrolle las gestiones administrativas para optar al título de Ingeniera Civil.

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Director

Popayán, junio de 2023

**(Dedicatoria o Lema)**

**Quiero dedicar este logro:**

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme alcanzar mi sueño, ser una profesional, gracias a mi esposo **Oscar Mauricio** y mi hija **Vanessa** por su apoyo incondicional a quienes dedico todo mi amor y el esfuerzo por superarme cada día, gracias a mi madre **Alba Karyna**, mi hermano **Yonny Daniel** y mi sobrina **Valeria**, quienes han creído en mí y me alentaron a perseverar. A cada una de esas valiosas personas que de una u otra manera me apoyaron, familiares, compañeros. A la memoria de mis seres queridos, quienes fueron el cimiento de mi vida para alcanzar este logro. Los llevare por siempre en mi corazón.

Profundamente agradecida con la Universidad del Cauca, los diferentes profesores que cultivaron conocimientos, experiencias y enseñanzas a lo largo de nuestra carrera universitaria.

Agradecimiento especial a:

Ing. **Julio Cesar Diago Franco**. Director. Por su apoyo para retomar mi carrera y ser mi director para culminarla.

Ing. **Lucio Cruz**. Por sus aportes y compartirme sus conocimientos realizados en el estudio de suelos del Proyecto Reserva de la Hacienda.

Ing. **William Ospina**. Por ser un excelente compañero y darme la oportunidad de realizar la pasantía en el proyecto Reserva de la Hacienda.

**LA EMPRESA INGDCO.**

**(Espacio para el Acta de Grado)**

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION.....	8
2.	OBJETIVOS.....	9
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	9
3.	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA RECEPTORA, CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA INGDCO.....	10
3.1	MISIÓN.....	10
3.2.	VISIÓN.....	10
4.	MARCO TEORICO.....	11
4.1	CONCEPTOS GENERALES.....	11
5.	GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	12
5.1	LOCALIZACIÓN.....	12
5.2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	13
6.	DESARROLLO DE LA PASANTIA.....	17
6.1	GUÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIÓN PROFUNDA CON CAISSONS.....	17
6.2	CONSIDERACIONES TECNICAS EJECUTADAS EN OBRA.....	24
6.3	METODOS DE EXCAVACION.....	61
6.4	SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN DE CAISSONS IMPLEMENTADOS EN COLOMBIA.....	68
6.5	CONSIDERACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAISSON EN POPAYAN.....	68
7.	RECOMENDACIONES.....	69
8.	CONCLUSIONES.....	70
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	71
	ANEXOS.....	73

## LISTA DE IMÁGENES

	<u>Pág.</u>
Figura 5.1. Fachada y localización de las torres C y D .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 5.2. Planta losas de entrepiso .....	13
Figura 6.1. Tablas alternativas de cimentación .....	24
Figura 6.2. Alzado de caisson construido.....	25
Figura 6.3. Plano 1 de cabezales.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 6.4. Plano 2 enumeración de caissons.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 6.5. Cálculo de aceros para los 7 tipos de cabezales.....	38
Figura 6.6. Cálculo total de aceros para los 64 cabezales construidos.....	39
Figura 6.7. Se muestra el diseño estructural para un tipo de cabezal .....	39
Figura 6.8. Foso .....	44
Figura 6.9. Ascensor.....	45
<b><u>No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.</u></b>	

**LISTA DE ANEXOS**

	Pág.
Anexo 1. Datos de la Empresa.....	73
Anexo 1.1 Objeto social .....	73
Anexo 2. Funciones en la pasantia .....	74
Anexo 3. Metodología .....	75
Anexo 4. Tiempo de trabajo en la practica profesional.....	76
Anexo 5. Cronograma de actividades.....	77
Anexo 6. Presupuesto .....	78
Anexo 7 Procedimiento de trabajo en pozos de cimentación con caissons.....	79
Anexo 8 Copia carta de presentación. ....	88
Anexo 9 Copia carta de aceptación.....	88
Anexo 10 Copia carta de calificacion de la empresa.....	88
Anexo 11 Copia de la afiliación ARL .....	88



## **Introducción**

Desde la ingeniería civil, la realización del proyecto en ejecución Reserva de la Hacienda que consiste en dos torres de apartamentos de siete pisos satisface la necesidad de expansión de la ciudad de Popayán, permitiéndome comprender y participar de manera directa en el armado de aceros, el desarrollo de la construcción desde su etapa de cimentación profunda con caissons, continuando con el sótano, futuro parqueadero y llegando hasta la fecha al quinto piso, apoye el estricto control de calidad en sus materiales, niveles y recubrimientos mínimos. Cabe mencionar que el correcto desarrollo de planos y especificaciones son fundamentales en la construcción con un gran equipo de trabajo que permitan lograr el avance de obra en los tiempos establecidos.

En este sentido, el presente proyecto permitió complementar y reforzar los conocimientos adquiridos en aula, siendo parte fundamental para mi desarrollo profesional la realización del trabajo de pasantía en obra. Desde luego, me permitieron la realización de un seguimiento del proyecto, llevándome hacer un apoyo fundamental en la solución de las diferentes etapas de la obra, a fin de evidenciar la construcción de cimentación profunda con caissons desde el cargo de auxiliar de ingeniería.

## **1. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Presentar una guía de construcción de cimentación profunda con caissons a través del desarrollo de planos y especificaciones de construcción, con la ayuda de un gran equipo de trabajo que permitan lograr avances de obra en los tiempos establecidos en la construcción de dos torres de apartamentos de siete pisos, en el Municipio de Popayán Cauca.

### **2.2 Objetivos Específicos**

**2.2.1** Realizar un seguimiento a la ejecución de proceso constructivo con: Caissons, cabezales en concreto reforzado, vigas de cimentación, arranque de columnas y pantallas, foso de ascensor, cimbras, encofrados, losa de entrepiso.

**2.2.2** Analizar los métodos de excavación: manual, mecánica, explosivos.

**2.2.3** Comparar el estudio de suelos realizado con el material encontrado, su estrato cimentante y nivel freático en los caissons.

**2.2.4** Identificar los sistemas de construcción de caissons implementados en Colombia.

**2.2.5** Definir cuáles son las consideraciones necesarias que se deben tener en cuenta para la construcción de caissons en el municipio de Popayán, por su caracterización zona de alta sismicidad y tipos de suelo.

## **2. Descripción de la empresa receptora, caracterización de la empresa INGDCO.**

La razón de la empresa es diseño e interventoría de todo tipo de obras civiles. Construcción, remodelación, conservación de bienes muebles (casas, apartamentos, edificios, locales y otros). Cunetas, gaviones, alcantarillados y otros. Mantenimiento y conservación de obras hidráulicas, sanitarias (acueductos, alcantarillados, distritos de riego y otros). Producción y comercialización de materiales y elementos utilizados en la construcción de obras civiles.

### **2.1 Misión.**

Garantizar a la sociedad la construcción, mejoramiento y calidad de vida a cargo de la empresa, contribuyendo así, el desarrollo sostenible de obras eficientes y seguras.

### **2.2 Visión.**

Ser en el año 2030, una entidad dinamizadora del desarrollo de la infraestructura a su cargo, que brinda seguridad y bienestar a los usuarios, altamente reconocida por la calidad en su gestión integrada por un equipo humano comprometido en el cumplimiento de su misión.

### 3. Marco teórico

#### 3.1 Conceptos generales.

Es importante tener claro los conceptos básicos del tema a desarrollar, por tal motivo a continuación se definen los siguientes conceptos:

**Estudio geotécnico:** Debe cumplir con los requisitos del título H.

**H.8.4.2.1- Pilas o pilotes fundidos en sitio:** para este tipo de cimentaciones profundas, el estudio geotécnico deberá definir si la perforación previa será estable en forma natural o si por el contrario requerirá estabilizarla con lodo bentonítico o polimérico, con entibado o encamisado

**Cimentación:** Entramado (malla o retícula) de vigas de concreto reforzado que trasfiere las cargas de la super estructura al suelo.

**Riostra:** Elemento que limita la deformabilidad de una estructura o de componentes de una estructura.

**Estribos:** Elementos doblados en forma rectangular o cuadrada y se utilizan para abrazar y confinar a las barras longitudinales de las columnas, manteniéndolas en su lugar.

**Columnas:** Definidas por la NSR10, Sec 2-2, como aquellos elementos estructurales cuya sollicitación principal es la carga axial de compresión, acompañada o no de flexión, torsión o cortante.

**Viga de amarre:** Es un elemento de concreto reforzado de no menos de 150 mm de altura que sirve para amarrar a diferentes niveles los muros de una edificación.

**Especificaciones mínimas:** Las siguientes son las especificaciones mínimas establecidas para los materiales utilizables en la construcción de los elementos de confinamiento:

**Concreto:** El concreto debe tener una resistencia a compresión a los 28 días,  $f'c$  igual o superior a 17.5 MPa.

**Acero de refuerzo:** El acero de refuerzo longitudinal puede ser liso o corrugado. En ningún caso, el acero de refuerzo puede tener un límite de fluencia  $f_y$  inferior a 240 MPa.

**Losas macizas:** Están conformadas por una sola sección de concreto, el cual se encuentra reforzado en ambas direcciones. título B.

**Losas aligeradas:** Las losas aligeradas son utilizadas para salvar luces más grandes que las losas macizas. Este sistema reemplaza parte de la sección de concreto por material aligerante.

#### 4. Generalidades del proyecto.

El proyecto denominado Reserva de la Hacienda etapa 2 que consta de dos torres (C y D) cada una de las cuales cuenta con 7 pisos (6 apartamentos por piso) para un total de 72 apartamentos más sótano. para la cual se realizará la cimentación profunda de caisson inicialmente de 120 caisson de diámetros 1.0 my 1.2 m. con una profundidad aproximada de 7.0 m.

El diseño estructural de las dos torres es simétrico, la torre D que inicia en el eje 2 hasta el eje 10 hace espejo con la torre C que inicia en el eje 12 hasta el eje 21, las dos entre los ejes longitudinales B2 y G2.

#### 4.1 Localización

Figura 5.1. Imagen fachada y localización de las Torres C y D



1

<sup>1</sup> Figura 5.1. Imagen fachada, Fuente: Google.maps. Localización del proyecto Reserva de la hacienda, Popayán Cauca. <https://goo.gl/maps/4LuDoXCTSZgKLXoF8>

#### 4.2 Descripción del proyecto.

El proyecto consiste en la construcción de diez torres de apartamentos de siete pisos incluyendo el sótano, en este momento se construye la torre C y D, que cuentan con un área del lote a construir de 1.980 m<sup>2</sup> aproximadamente, el sistema estructural es combinado de pantallas y columnas.

La cimentación escogida a partir del estudio de suelos y propuesta por el diseñador estructural fue una cimentación de 7 m de profundidad, con diámetros 1.0 m y 1.20 m y una tercera opción de diámetro 1.2 m con campana de 1.4 m. En el transcurso de la obra fue necesario adicionar dos caissons para un total de 122, con profundidades que varían entre 5.10 m y 7.90 m. A nivel de sótano N-3.50m. Se están haciendo 7 tipos de cabezales, los arranques de 7 tipos de pantallas, 4 tipos de columnas y dos tipos de vigas de cimentación, además del foso del ascensor N-5.75m.

Una vez fundidos los caisson, sobre ellos se dio inicio a la construcción de los cabezales en hormigón armado. Según diseño estructural se realizó la construcción de 7 tipos de cabezales. Posteriormente se continuo con el armado de columnas y pantallas; simultáneamente se realizó mejoramiento de suelo con roca muerta y se compacto además se utilizó encofrado metálico para fundir pantallas y columnas.



**Imagen 1:** Etapa inicial del proyecto, cimentación profunda con caissons.



**Imagen 2:** N+/-0.0m, Nivel del sótano, parqueaderos, quedan fundidos columnas, pantallas y vigas de cimentación, mejoramiento de suelo.

Posteriormente se realizó el entarimado soportado por cerchas metálicas, tijeras, gatos tensores y tableros, base sobre la cual se definen los puntos de topografía para replantear y cimbrar ejes.



**Imagen 3:** N+3.10m, losa aligerada con casetones de icopor. Primer piso de apartamentos.



**Imagen 4:** N+5.95m, segundo piso de apartamentos se inicia entarimado.

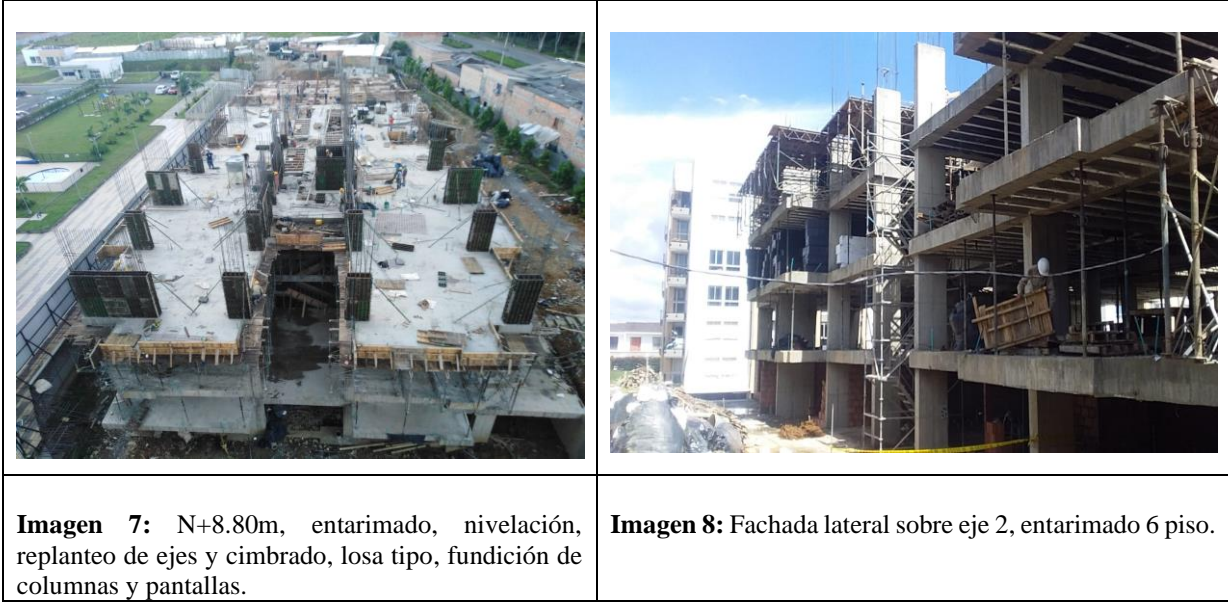
Se da inicio al armado de la losa aligerada con casetones de poliestireno expandido o “Icopor” y vigas de amarre según diseño estructural.



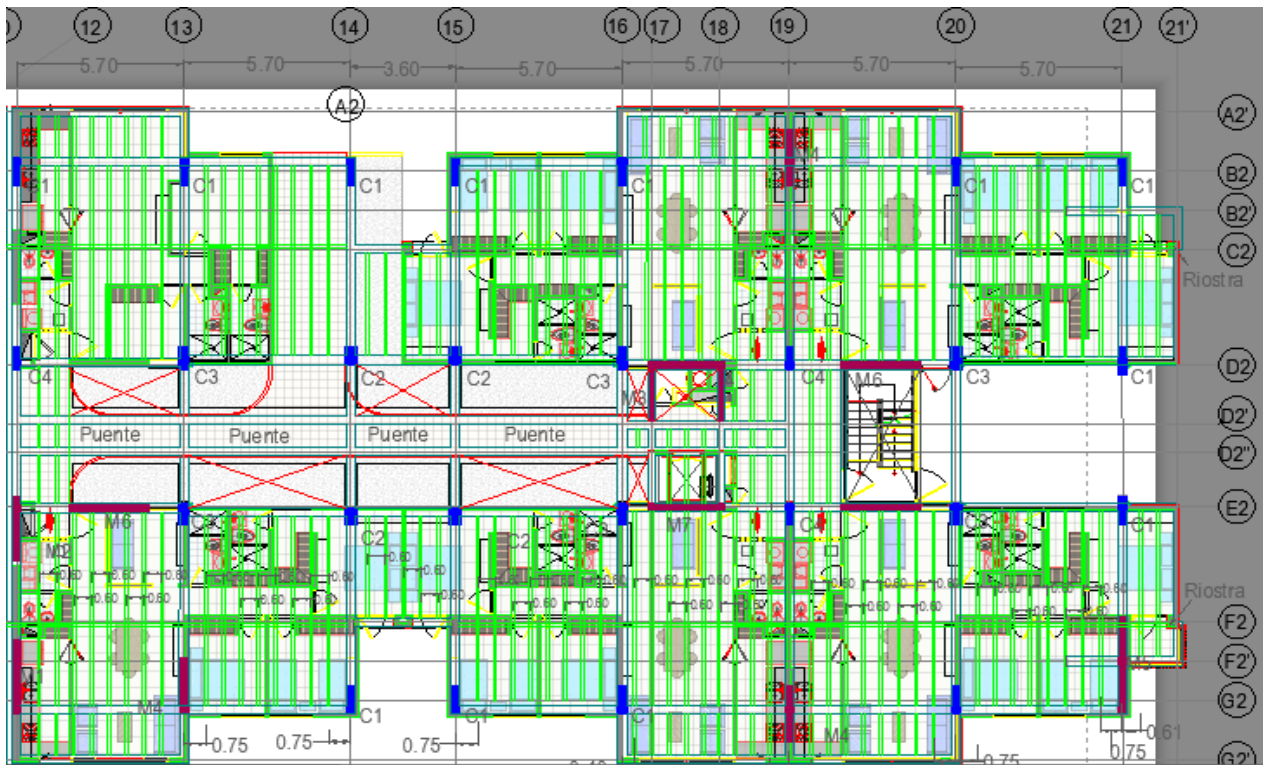
**Imagen 5:** N+5.95m, entarimado, nivelación, replanteo de ejes y cimbrado, losa tipo.



**Imagen 6:** Se da inicio al armado de columnas, pantallas, vigas.



**PLANO DE DISEÑO ESTRUCTURAL/ RESERVA DE LA HACIENDA**



**Figura 5.2.** PLANTA DE LOSA DE ENTREPISO TORRE C ENTRE EJES 12-21, SIMÉTRICA CON LA TORRE D. N+5.85, N+8.70, N+11.55, N+14.40 Y N+17.25 Escala 1:50<sup>2</sup>



## 5. Desarrollo de la pasantía.

En cumplimiento del 2.1 OBJETIVO GENERAL y 2.2.1 OBJETIVO ESPECIFICO, se realiza el siguiente desarrollo.

### 5.1 Guía para construcción de cimentación profunda con caissons

#### Caissons- Sistema de anillos troncocónicos ó Pozo indio

**Definición:** Los caissons son elementos estructurales que están hechos de acero y concreto de diámetro mayor a 0.80m, que se utilizan para construir cimentaciones profundas. Se caracterizan por ser construidos bajo el nivel del suelo o del agua, luego ser hundidos hasta la profundidad requerida. Los caissons se pueden dividir en estructurales y de aproximación. Los primeros son aquellos que forman parte de la cimentación de una estructura, transmitiendo las cargas a un estrato resistente. Los segundos son aquellas para llegar a la zona de trabajo requerido.

#### Características:

- Construidos in situ
- Soportan cargas horizontales e inclinadas adicionales a las cargas verticales.
- Pueden llegar a profundidades hasta de 25 m.
- Son elementos estructurales de cimentación.
- Se utilizan en edificios, estribos de puentes, cimentado o recibiendo grandes pilastras.

#### Tipo de Caissons:

**Caissons Abiertos:** Pueden ser de variadas formas: circulares, rectangulares, ovalados o de forma celular. Se caracterizan por ser pozos abiertos en la parte superior e inferior durante la construcción. Estos cajones se construyen en su posición final.

**Caissons Cerrados:** Son elementos estructurales que tiene el fondo cerrado, son fabricados en un lugar central y remolcados al lugar. Para la construcción de los cajones de grandes dimensiones (mayores de 30 m de longitud) se construyen celdas para reducir esfuerzos por

presión del agua. Estas celdas ayudan en las operaciones de hundimiento y mantenimiento de la alineación vertical.

**Caissons Neumáticos:** Los caissons neumáticos proporcionan un recinto herméticamente cerrado y dependen de la presión de aire para mantener una cavidad en el área de excavación. Se utilizan en lugares donde es imposible mantener una excavación por causa del rápido aflojamiento del suelo dentro de la excavación o cuando es necesario mantener el suelo adyacente.

**Localización:** Primero se ubican los ejes generales con topografía para lo cual se dejan fundidos en concreto los BM, se realizó la implantación de todo el edificio, se referencio dejando estacas centradas en cada uno de los caissons, para lo cual se pasan hilos y se bajan los puntos con una plomada, a partir del centro radiamos en el terreno la circunferencia que delimitara la excavación del caisson según el diámetro que corresponda.



**Imagen 9 y 10:** Topografía, localización y replanteo de ejes, se realiza ejecución simultanea de los caisson por recomendación del Ing. Geotecnista.

Fecha de iniciación: 03 de agosto 2022. Finalización: 24 de marzo 2023.

Posteriormente se construirá la camisa en concreto de 2500 psi, lo cual evita que las paredes se cierren y se pueda realizar de manera segura la excavación manual.

En este proyecto se realizaron las excavaciones con molinete, herramienta menor y martillo demolidor. Debido al gran tamaño de las rocas en tres excavaciones fue necesario utilizar explosivos bajo la supervisión de personal especializado.

**Molinete:** Equipo diseñado para el trabajo de excavación, cuenta con un sistema de bloqueo mediante disco dentado, trinquete y pedal permitiendo descender de manera segura.



**Imagen 11:** Equipo de trabajo para realizar la excavación: Molinete gira un rollo de guaya de 3/8", balde de retiro de material excavado, pala, pica, martillo demolidor.



**Imagen 12:** Materiales para realizar la formaleta de construcción del anillo en concreto: madera, amarras, estribo circular #4 y Ccto de 2500 Psi.



**Imagen 13:** Delimitación del caisson en el terreno. Caisson de diámetro 1.20 m, excavación diámetro 1.40m.



**Imagen 14:** Armado del Primer anillo formaleta conformada por estribo circular sobre el cual se apoyan las maderas para realizar un revestimiento en concreto de 0.10m en las paredes del caisson.

Al revestimiento que se realiza en las paredes del caisson se denomina anillos o encamisado, en la obra se realizaron los anillos en concreto con una altura de 1.5 m y espesor de 0.10 m dejando un espacio de 0.20 m para que permita pasar el concreto entre anillo y anillo a la hora de la fundición, para esto se coloca una formaleta en madera y se coloca una tapa circular sobre la cual se hace el vaciado del concreto y se distribuye alrededor del caisson.

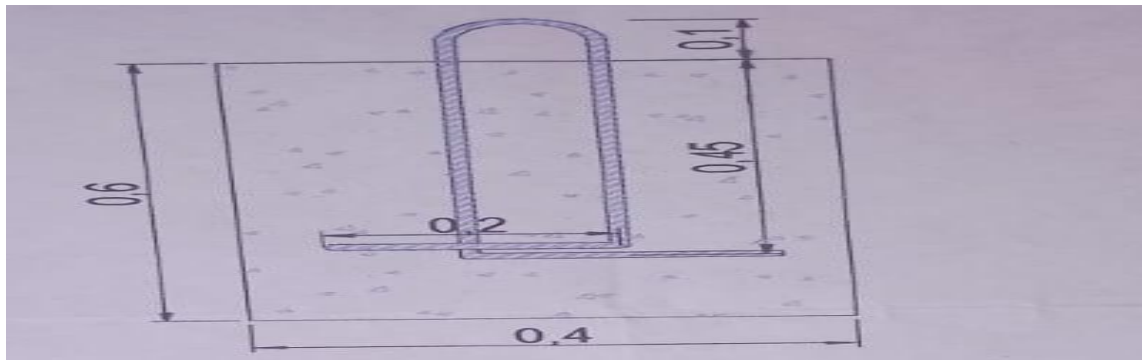


**Imagen 15:** Los materiales descargados son asegurados para evitar accidentes con el trabajador que recibe.



**Imagen 16:** Excavación manual segura por revestimiento en Concreto, se utilizan palas, picas y barras.

Simultáneamente con la fundición del primer anillo se debe dejar un anclaje, según diseño estructural del cual se anclan las líneas de vida de los trabajadores, los dos debidamente con sus implementos de protección personal, casco asegurado con el barbuquejo y arnés.



**Imagen 17:** Detalle de anclaje sobre bloque de concreto

Verificación estructural de anclajes para soportes de líneas de vida, el diseño consiste en una varilla #4 anclada a un bloque de concreto de ancho 0.40, largo 0.40 y altura 0.60 m con capacidad de 2.5 toneladas.

En el caso del trabajador que se encuentra en el espacio confinado siempre se vigiló que estuviera suspendido de la línea de vida ya que es el mecanismo de ayuda inmediata en caso de urgencia; mientras es necesario que el trabajador que se encuentra en el nivel superior o exterior se suelte de la línea vida con cierta frecuencia para acumular el material recibido de la excavación.

La función del trabajador que se encuentra a nivel superior, espacio exterior, una vez estén asegurados él y el trabajador de la línea de vida; es manejar el molinete; equipo con el cual se dispone a dar giros para soltar poco a poco el cable que le ayuda a descolgar al trabajador, quien una vez se encuentra en el fondo con la ayuda de una barra, pala y pica continua la excavación, en general en estratos mayores a 3.50 m a medida que se profundizaba se complicaba la extracción de la roca, debido al aumento de tamaño y de manera proporcional su gran peso para lo cual se utilizaba un martillo demoledor con el cual se perforaba para extraer las rocas parcial o totalmente, los residuos eran retirados con el balde atado a la guaya del molinete con ayuda del diferencial y en ocasiones con la retroexcavadora.

Para garantizar la localización se replantea los ejes para la primera y segunda camisa, para las siguientes lo que se hace es aplomar con respecto a la camisa anterior.





**Imagen 20:** tercer anillo, profundidad aprox. 4.90m. se verifica que las rocas no interfieran con el caisson.



**Imagen 21:** la coordinación del equipo de trabajo es fundamental por su seguridad y rendimiento.

Debido a las constantes lluvias, propias del clima de la ciudad de Popayán, además del alto nivel freático del lugar, era necesario casi a diario la utilización de motobombas para extraer el agua de las excavaciones inundadas.



**Imagen 22:** Nivel freático alto, a la derecha se observa uno de los cuatro nacimientos localizados en diferentes partes del talud.



**Imagen 23:** Se dificulta la construcción del #122 por el NF alto y la estabilidad del talud  $h=5.83m$  a nivel de sótano.



**Imagen 24:** Se observa la leve pero continua corriente de agua por el talud, caisson # 121, haciendo necesario el uso continuo de la motobomba.



**Imagen 25:** Segundo anillo del último caisson #120 de las torres C y D. Eje 2-G2.



**Imagen 26:** Caisson #1, fecha 03 de agosto 2022.



**Imagen 27:** Caisson #122, fecha 24 de marzo 2023.

Número de días estimados 193 entre el primer y el último caisson.



Debido a la importancia del procedimiento de seguridad en el trabajo en pozos de cimentación o caisson por la empresa INGDCO SAS. que se llevó a cabo en la obra se anexa al final del informe.

### **5.2 Consideraciones técnicas ejecutadas en obra.**

En cumplimiento del objetivo específico 2.2.3 se realiza el siguiente desarrollo. Los caissons se construyeron como se aprecia en la siguiente figura, debido a que la profundidad es muy baja, con un resultado de 54 de diámetro 1.20 m, 68 de diámetro 1.0 m para un total de 122, siguiendo la orientación del ingeniero Lucio Cruz como se indica con la siguiente instrucción: *“debido a que en la zona se encuentran bloques de rocas que han dificultado la perforación mecánica contratada, contemplando la posibilidad de variar la configuración de las pilas de cimentación para que ganaran por punta la resistencia que pudieran perder por disminución de su longitud (el suelo envuelve al caisson entonces tiene resistencia lateral: fuste), mediante campanas de tal manera que estas fueran equivalentes a las originales de 7 metros de longitud”*.

Por lo cual se dio cumplimiento a las siguientes tablas técnicas aplicando a cada una de las pilas clasificadas por longitudes menores a 6.5m y diámetro con lo cual se asignó la base acampanada correspondiente ò también llamada pata de elefante.



<sup>3</sup>Figura 6.1. Tablas alternativas de cimentación

Tabla 4- Alternativas de cimentación - Longitud pilas de cimentacion 6.50m									
Nombre	Diametro	Campana	(Qadm)	Pila	longitud	Diametro	Campana	(Qadm)	% Red
dado	m	m	KN	equivalente	m	m	m	KN	(*)
P1	1.0	NO	543.84	PI-E	6.5	1.0	NO	510.64	6.1
P2	1.2	NO	756.66	P2-E	6.5	1.2	NO	709.97	6.2
P3	1.2	1.4	1006.7	P3-E	6.5	1.2	1.4	909.91	9.6
%Red = porcentaje de reducción									
* Lo asume factor de seguridad de tres utilizado en el fuste									

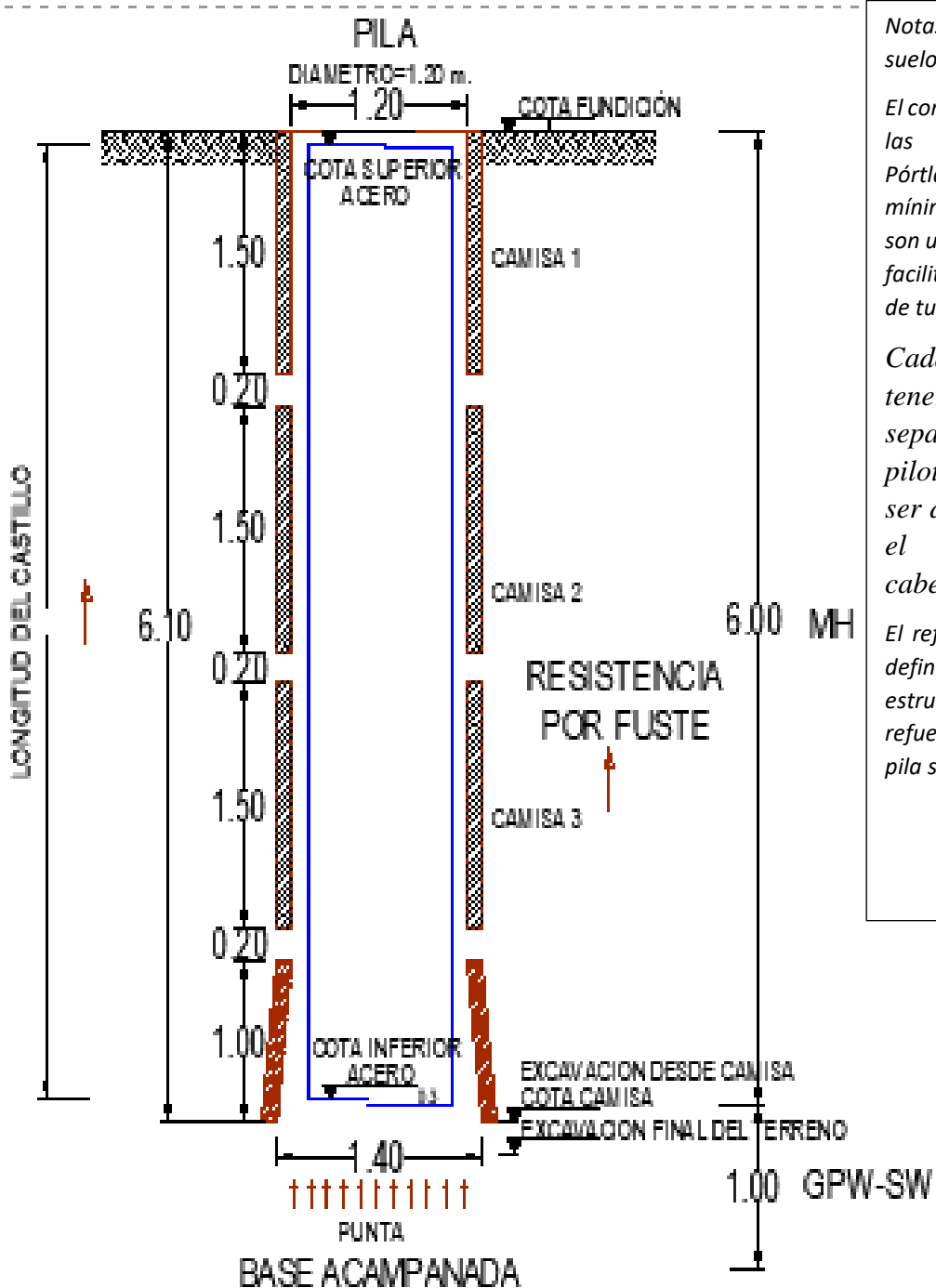
Tabla 6- Alternativas de cimentación - Longitud pilas de cimentacion 5.5m								
Nombre	Diametro	Campana	(Qadm)	Pila	longitud	Diametro	Campana	(Qadm)
dado	m	m	KN	equivalente	m	m	m	KN
P1	1.0	1.1	543.84	PI-E55	5.5	1.0	1.2	584.68
P2	1.2	NO	756.66	P2-E55	5.5	1.2	1.4	785.32
P3	1.2	1.4	1006.7	P3-E6	5.5	1.2	1.6	982.98

Tabla 5- Alternativas de cimentación - Longitud pilas de cimentacion 6.0m								
Nombre	Diametro	Campana	(Qadm)	Pila	longitud	Diametro	Campana	(Qadm)
dado	m	m	KN	equivalente	m	m	m	KN
P1	1.0	1.1	543.84	PI-E6	6	1,0	1.1	550.19
P2	1.2	NO	756.66	P2-E6	6	1.2	1.3	751.24
P3	1.2	1.4	1006.7	P3-E6	6	1.2	1.5	951.15*
* Lo asume factor de seguridad de tres utilizado en el fuste								

El estudio de suelos esperaba encontrar un MH a 6.0 m aproximadamente esperando entrar al menos un metro en el estrato arena gravosa GPW-SW, el cual puede variar en el perfil estratigráfico, la excavación final corresponde al estrato de cimentación, según los datos tomados en campo se encontró entre 5.10 m y 7.95 m, considerando que estamos alrededor de 6 m se cumple con el estrato esperado en el estudio de suelos. Se observo en campo un nivel freático relativamente alto en algunos caissons.

<sup>3</sup> Figura 6.1. Tablas alternativas de cimentación, Fuente: Estudio de suelos

Figura 6.2. Alzado Caissons construido



Notas técnicas del estudio de suelos:

El concreto que se usara para fundir las pilas debe ser cementos Pórtland, con una resistencia mínima de 3000 PSI a los 28 días y son un Slump de 6 a 8", con el fin de facilitar su colocación por el sistema de tubería "tremie".

Cada grupo de pilotes debe tener una zapata cabezal, la separación mínima de los pilotes, centro a centro, debe ser de 2.5 a 3.0 el diámetro y el dimensionamiento del cabezal.

El refuerzo de las pilas deberá ser definido por el ingeniero estructural, pero la cuantía de refuerzo longitudinal mínima de la pila será el 5% del área transversal.

<sup>4</sup> Figura 6.2. Alzado Caissons construido, Fuente: Explicación de los datos tomados en campo de los 122 caissons construidos, para las siguientes 4 tablas.

GUÍA PARA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIÓN PROFUNDA CON CAISSONS

DATOS TOMADOS EN CAMPO

CAISSON	EXCAVACIÓN	CAMISA	EXCAVACIÓN	CAMISA	EXCAVACIÓN	CAMISA	EXCAVACIÓN FINAL TERRENO	EXCAVACIÓN DESDE CAMISA	COTA FUNDICIÓN	COTA CAMISA	COTA SUPERIOR ACERO	COTA INFERIOR ACERO	LONGITUD CASTILLO	DIAMETRO
	1	1	2	2	3	3	m	m	m	m	m	m	m	m
#	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
61	1.6	1.4	3.1	1.5	5.1	1.45	5.77	5.62	54.97	60.59	60.595	55.04	5.55	1.0
62	1.4	1.4	3.05	1.5	5.3	1.5	5.7	5.64	55.1	60.74	60.595	55.17	5.42	1.0
63	1.5	1.45	3.15	1.5	5.3	1.5	6.1	5.9	54.77	60.67	60.595	54.84	5.75	1.0
64	1.5	1.4	3.1	1.45	5	1.45	6.52	6.52	54.29	60.81	60.595	54.36	6.23	1.0
65	1.5	1.4	3.35	1.45	5.3	1.45	6.6	6.5	54.26	60.76	60.595	54.33	6.26	1.2
66	1.5	1.4	3.8	1.45	5.4	1.45	6.95	6.95	53.76	60.71	60.595	53.83	6.26	1.2
67	1.5	1.4	3.3	1.45	5.3	1.45	6.1	6.1	54.53	60.63	60.595	54.6	5.99	1.0
68	1.45	1.45	3.25	1.5	5.4	1.5	7.1	7	53.7	60.7	60.595	53.77	6.82	1.0
69	1.45	1.45	3.25	1.5	5.2	1.5	5.65	5.5	55.16	10.66	60.595	55.23	5.36	1.0
70	1.4	1.4	3.05	1.5	5.1	1.45	5.75	5.6	55.08	60.68	60.595	55.15	5.44	1.0
71	1.45	1.4	3.3	1.5	5.6	1.5	7.95	7.8	52.88	60.68	60.595	52.95	7.64	1.0
72	1.5	1.4	3.3	1.5	5.4	1.5	7.12	7.12	53.42	60.54	60.595	53.49	7.10	1.0
73	1.5	1.45	3.3	1.45	5.1	1.5	6.5	5.75	54.94	60.69	60.595	55.91	5.58	1.2
74	1.5	1.4	3.1	1.5	5.2	1.5	6.33	6.18	54.44	60.62	60.595	54.51	6.08	1.2
75	1.45	1.45	3.3	1.5	5.2	1.5	6.27	6.12	54.58	60.7	60.595	54.65	5.94	1.2
76	1.5	1.4	3.25	1.5	5.3	1.5	5.6	5.45	55.17	60.62	60.595	55.29	5.31	1.0
77	1.4	1.3	3.7	1.5	5.1	1.45	5.5	5.46	55.2	60.66	60.595	55.27	5.32	1.0
78	1.4	1.3	3.3	1.5	5.3	1.5	5.75	5.6	55	60.6	60.595	55.07	5.52	1.0
79	1.5	1.5	3.2	1.5	5.75	1.45	6.55	6.55	54.07	60.62	60.595	54.14	6.45	1.0
80	1.5	1.45	3.15	1.45	5.4	1.5	7.05	6.98	53.64	60.62	60.595	53.71	6.88	1.2
81	1.5	1.4	3.2	1.45	7.04	1.5	7	7.04	53.71	60.75	60.595	53.78	6.9	1.2
82	1.5	1.5	3.4	1.5	5.9	1.5	6.3	6.3	54.39	60.69	60.595	54.46	6.13	1.0
83	1.5	1.5	3.4	1.5	4.95	1.5	5.45	6.1	54.67	60.77	60.595	54.79	5.85	1.0
84	1.5	1.5	3.4	1.5	5.1	1.5	5.6	5.45	55.31	60.76	60.595	55.38	5.21	1.0
85	1.5	1.5	3.4	1.5	5.15	1.5	6	5.8	54.84	60.64	60.595	54.91	5.68	1.0
86	1.5	1.5	3.5	1.5	5	1.5	5.1	5.45	55.27	60.72	60.595	55.34	5.25	1.2
87	1.5	1.5	3.1	1.5	5.3	1.5	6.5	6.5	54.4	60.9	60.595	54.47	6.12	1.2
88	1.5	1.5	3.4	1.5	5.1	1.5	6.2	5.8	54.47	60.27	60.595	54.54	6.05	1.2
89	1.5	1.5	3.4	1.5	5.3	1.5	5.95	5.8	54.98	60.78	60.595	55.05	5.54	1.0
90	1.5	1.5	3.3	1.5	5.15	1.5	5.95	5.8	54.99	60.79	60.595	55.06	5.53	1.0
28	1.5	1.4	3.5	1.5	5.2	1.45	6.0	5.6	54.98	60.18	60.595	54.25	5.94	1.0
29	1.5	1.45	3.3	1.5	5.3	1.5	5.7	5.45	55.06	60.51	60.595	55.13	5.46	1.2
30	1.5	1.45	3.4	1.5	5.2	1.5	5.5	5.2	55.35	60.55	60.595	55.42	3.66	1.2

DATOS TOMADOS EN CAMPO

CAISSON	EXCAVACIÓN	CAMISA	EXCAVACIÓN	CAMISA	EXCAVACIÓN	CAMISA	EXCAVACIÓN FINAL TERRENO	EXCAVACIÓN DESDE CAMISA	COTA FUNDICIÓN	COTA CAMISA	COTA SUPERIOR ACERO	COTA INFERIOR ACERO	LONGITUD CASTILLO	DIAMETRO
	1	1	2	2	3	3	m	m	m	m	m	m	m	m
#	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
31	1.5	1.4	3.4	1.45	5.4	1.5	6.0	5.9	54.69	60.59	60.595	54.76	5.83	1.0
32	1.5	1.41	3.25	1.45	5.2	1.45	5.85	5.6	55.02	60.62	60.595	55.09	5.5	1.0
33	1.5	1.45	3.25	1.45	5.4	1.45	6.2	6.02	54.73	60.75	60.595	54.8	5.79	1.2
34	1.5	1.4	3.15	1.45	5.3	1.45	6.15	6.0	54.7	60.7	60.595	54.77	5.82	1.2
35	1.65	1.4	3.25	1.45	4.95	1.45	6.3	6.1	53.85	60.59	60.595	53.92	6.68	1.2
36	1.5	1.45	3.15	1.45	5.3	1.45	6	5.77	54.89	60.66	60.595	54.96	5.63	1.0
37	1.5	1.45	3.25	1.45	5.06	1.45	5.9	5.9	54.73	60.63	60.595	54.8	5.79	1.0
38	1.5	1.4	3.3	1.5	5.2	1.5	5.5	5.5	55.09	60.59	60.595	55.16	5.43	1.0
39	1.7	1.4	3.25	1.45	5.3	1.45	5.9	5.54	54.69	60.23	60.595	54.75	5.84	1.0
40	1.65	1.45	3.1	1.45	5.3	1.5	6	5.7	54.5	60.2	60.595	54.57	6.02	1.2
41	1.5	1.45	2.9	1.45	5.4	1.5	6.5	6.5	54.07	60.57	60.595	54.14	6.45	1.2
42	1.5	1.4	3.2	1.45	6.2	1.5	7.7	7.5	53.15	60.65	60.595	53.22	7.3	1.0
43	1.46	1.45	3.2	1.45	5.4	1.5	6	6	54.73	60.73	60.595	54.8	5.79	1.0
44	1.5	1.45	3.3	1.45	5.2	1.5	5.6	5.44	55.17	60.61	60.595	55.24	5.35	1.0
45	1.6	1.45	3.2	1.45	4.3	1.45	6.15	5.9	54.63	60.53	60.595	54.7	5.89	1.0
46	1.6	1.45	3.1	1.45	4.95	1.45	6.15	6	54.65	60.65	60.595	54.72	5.87	1.2
47	1.4	1.72	4.6	1.45	5.4	1.5	6	5.92	54.77	60.63	60.595	54.84	5.75	1.2
48	1.5	1.42	2.8	1.45	4.6	1.45	6.75	1.45	53.96	60.71	60.595	54.03	6.56	1.2
49	1.5	1.4	3.9	1.45	5.1	1.5	7.25	7.2	53.26	60.46	60.595	53.33	7.26	1.0
50	1.4	1.4	3.55	1.5	5.3	1.45	5.8	5.45	55.11	60.56	60.595	55.18	5.41	1.0
51	1.5	1.4	3.2	1.45	5	1.5	6	6	54.54	60.54	60.595	54.61	5.98	1.0
52	1.5	1.4	3.1	1.45	4.85	1.45	6.1	5.95	54.8	60.78	60.595	54.87	5.72	1.0
53	1.5	1.4	3.2	1.45	5.3	1.5	6	5.69	55.03	60.72	60.595	55.1	5.49	1.2
54	1.5	1.4	3.15	1.45	5.3	1.5	6.3	6.22	54.48	60.7	60.595	54.55	6.04	1.2
55	1.5	1.4	3.35	1.45	5.75	1.45	6.7	6.66	54.06	60.72	60.595	54.13	6.46	1.0
56	1.4	1.4	3.16	1.45	5.4	1.5	6.3	6.1	54.64	60.74	60.595	54.71	5.88	1.0
57	1.5	1.4	3.5	1.45	5.5	1.5	5.8	5.7	54.93	60.63	60.595	55	5.59	1.0
58	1.4	1.4	3.1	1.45	5.5	1.5	5.8	5.8	54.86	60.66	60.595	54.93	5.66	1.0
59	1.5	1.45	3.15	1.45	5.2	1.5	5.8	5.7	54.96	60.66	60.595	55.03	5.57	1.0
60	1.45	1.45	3.1	1.45	5.1	1.5	6.15	5.9	54.77	60.67	60.595	54.84	5.75	1.0

DATOS TOMADOS EN CAMPO

CAISSON	EXCAVACIÓN	CAMISA	EXCAVACIÓN	CAMISA	EXCAVACIÓN	CAMISA	EXCAVACIÓN FINAL TERRENO	EXCAVACIÓN DESDE CAMISA	COTA FUNDICIÓN	COTA CAMISA	COTA SUPERIOR ACERO	COTA INFERIOR ACERO	LONGITUD CASTILLO	DIAMETRO
	1	1	2	2	3	3	m	m	m	m	m	m	m	m
#	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
91	1.5	1.5	3.4	1.5	5	1.5	6.2	6.2	54.57	60.77	60.595	54.64	5.95	1.0
92	1.5	1.5	3.4	1.5	5.4	1.5	6.33	6.18	54.64	60.82	60.595	54.71	5.88	1.0

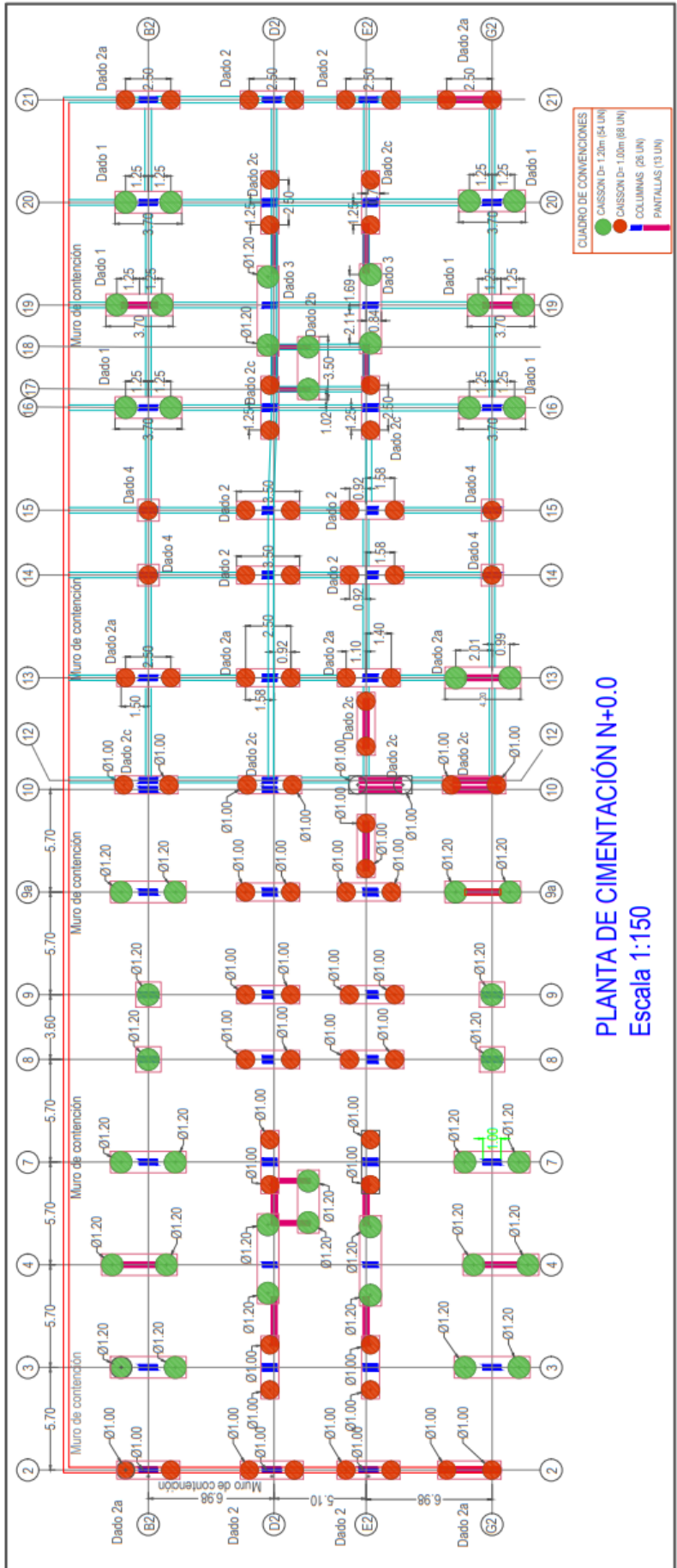
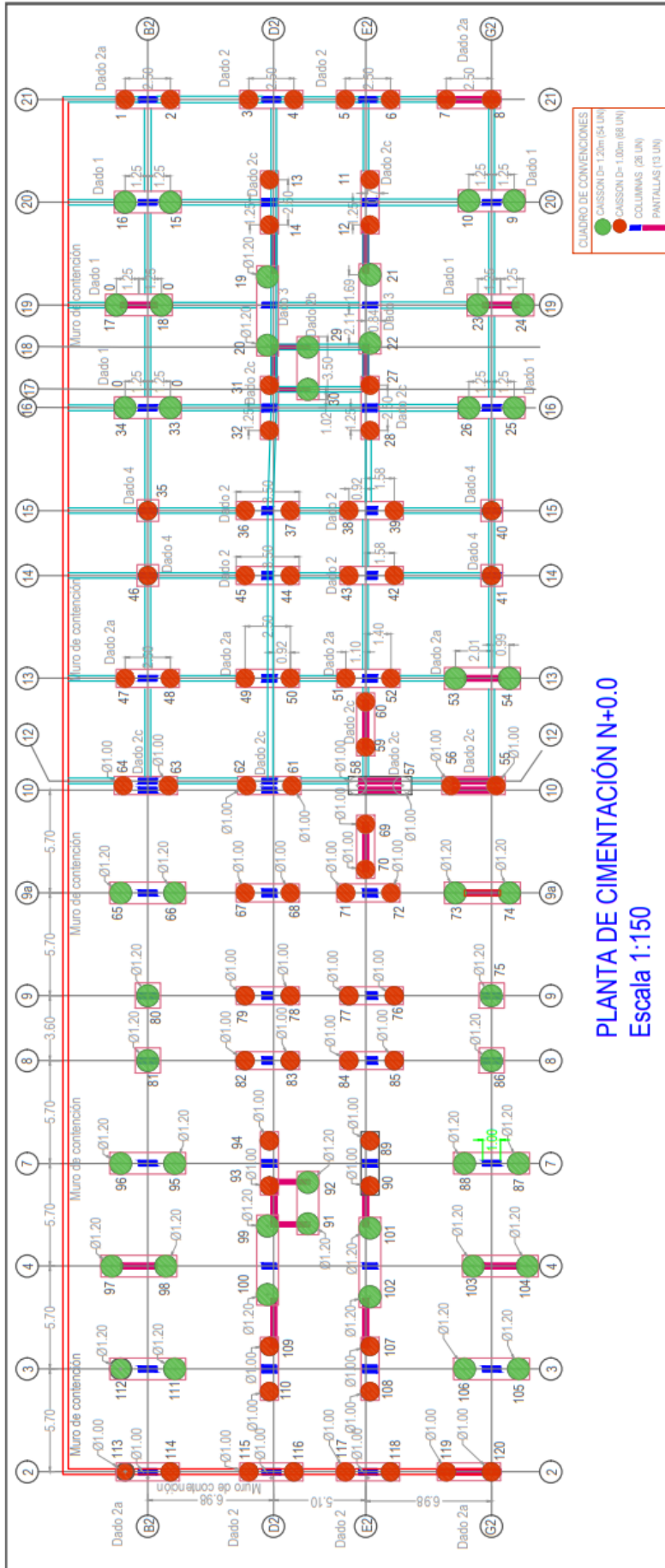


Figura 6.3 Plano de cabezales  
**PLANO 1**  
 Se aprecian 7 tipos de cabezales y sus longitudes, 26 columnas, 13 pantallas, ascensor.  
 Fuente: Plano estructural/ Reserva de la Hacienda.



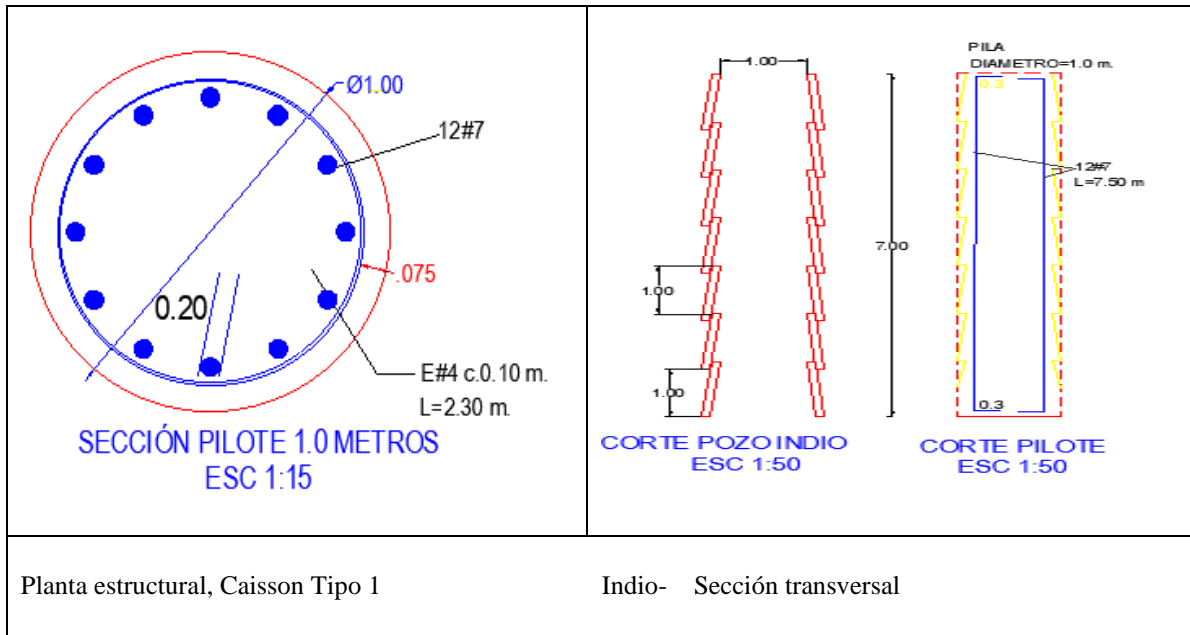
**Figura 6.4** Enumeración de los caissons

**PLANO 2**

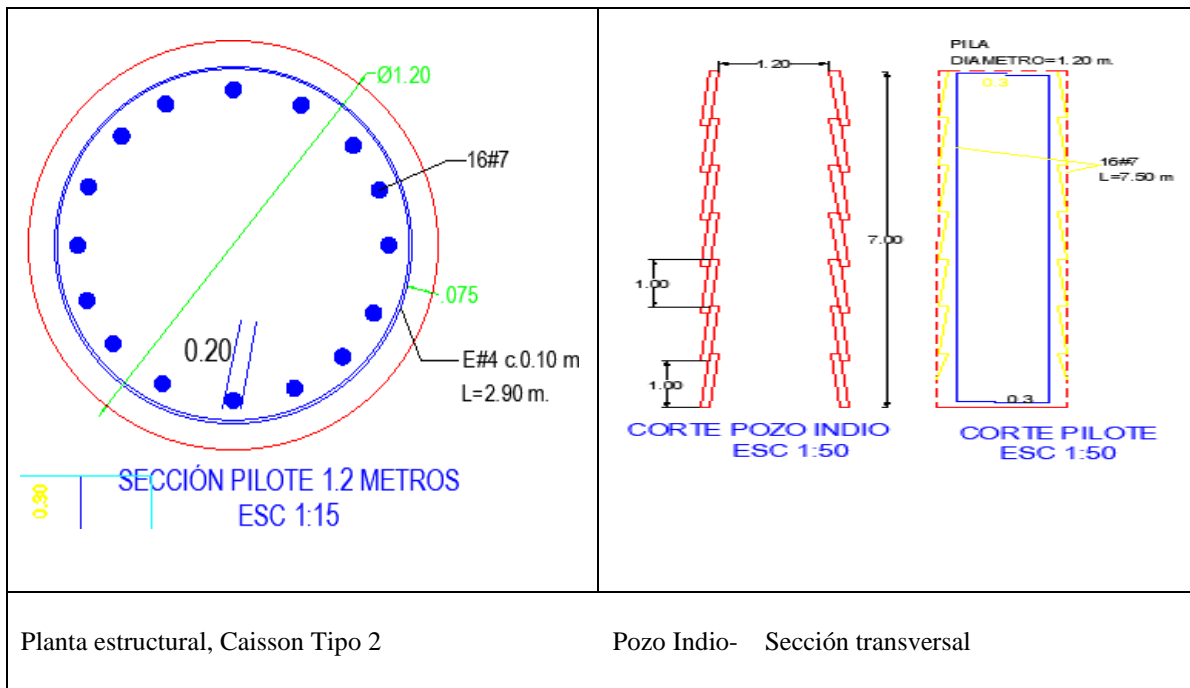
Se aprecia enumeración correspondiente a cada pila

Fuente: Plano estructural/ Reserva de la Hacienda.

Peso aproximado 415.562 kg/m, para un caisson de diámetro 1m y longitud 7 m.





Peso aproximado 542.486 kg/m, para un caisson de diámetro 1.20m y longitud 7 m.




## Estrato de cimentación

Según el estudio de suelos se esperaba encontrar suelo arenoso gravoso gris entre 6 m a 6.5 m de la cota de excavación de sótano, lo cual se verifica con los anteriores datos tomados en campo para los cuales la excavación final del terreno donde se encontró el estrato de cimentación está entre 5.10 m y 7.95 m. las camisas o anillos en concreto variaron entre 1.40 m y 1.50m, longitud máxima del castillo 7.64 m.

	
<p><b>Imagen 30:</b> Caisson # 121 Se observa un material limpio y lechoso a 4,70 m de profundidad.</p>	<p><b>Imagen 31:</b> Caisson # 118 eje 2-E, a 6.30 m de profundidad</p>

Una vez encontrado el material requerido es revisado por la ingeniera residente y reportado al especialista en suelos quien verifica el estrato y se da inicio a la izada del castillo o su armado in situ.



	
<p><b>Imagen 32:</b> La extracción del material se realiza con el balde de limpieza en continuo apoyo de los dos trabajadores.</p>	<p><b>Imagen 33:</b> Material areno gravoso de color gris.</p>

**Se cita la siguiente nota:**

*Nota en bitácora del Ing. geotecnista*

- 1. Se descendió a la excavación del caisson 48, realizando inspección de la excavación hasta 6.7m, revisando la punta o final de la excavación, se encontró material areno gravoso portante para resistencia en punta de las pilas de cimentación, por lo anterior se puede acceder a la materialización de la pila en estos casos, con las recomendaciones dadas en el estudio geotécnico.*
- 2. Debido a la estratigrafía del terreno y el método constructivo de la ejecución de las pilas de cimentación, es posible realizar ejecución simultanea de las mismas; siempre y cuando estas se encuentren con los anillos de concreto sucesivos ya materializados y protegiendo toda la excavación, garantizando una resistencia de al menos el 70% del encamisado. Es importante notar deformaciones en el terreno y descascaramientos de la excavación, en ese caso parar las actividades.*

**CASTILLO DEL CAISSON ARMADO IN SITU**

	
<p><b>Imagen 34:</b> Refuerzo vertical, por facilidad de construcción solo se ubican 4 varillas. Además del trabajador que arma al interior de la excavación fue necesario el apoyo de dos más por la fuerza que requiere cerrar los estribos.</p>	<p><b>Imagen 35:</b> Se rota en forma de caracol la ubicación de los ganchos de los estribos circulares y avanza ubicándose sobre tablonces entre los estribos hasta alcanzar el nivel superior del castillo.</p>

Se inicia con el refuerzo vertical de 4 varillas #7 (Gancho de 0.30 en ambos extremos L=variable hasta 7.0 m) y se deslizan los estribos circulares varillas #4 (Ganchos de 0.20 m, cada 0.10 m)



los cuales van rotando para que los ganchos queden uno a uno en orden consecutivo, asegurándolos con amarras en cada intersección, finalmente en un espacio confinado y de tan limitado movimiento inician el amarre del resto de varillas verticales ya sea para completar 12 varillas (Tipo 1) o 16 varillas (Tipo 2).

Diariamente se realiza la medición de gases con el equipo calibrado y se lleva un registro manual de control donde se especifica el número del pozo, profundidad, hora y concentración de gases, en la obra inicialmente se utilizó el medidor de gases y se bajaba hasta el nivel de excavación posteriormente se instaló un equipo complementario con una manguera que descendía hasta el nivel de excavación.



**Imagen 36:** Medidor de gases en espacios confinados, funciona sólo bajándolo hasta el fondo de la excavación, corriendo el riesgo de dañar el equipo.



**Imagen 37:** Medidor de gases conectado a otro equipo y a su vez a una manguera que llega hasta el fondo de la excavación para tomar la medición.

ANGLO ANGULO S.C.A. S.C.A.		FORMATO DE CONTROL DE ATMOSFERA - MONITOREO GASES				Código: FT-MAG-028								
CONTRATISTA: INGDCO		SISTEMA DE GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO				version: 1								
MARCA: BOSEAN		PROYECTO: RESERVA DE HACIENDA TORRE C Y D				pagina: 1 de 1								
FECHA DE CALIBRACION: 6/07/2022		MODELO: BH-4S		N° SERIE EQUIPO: 220626301		SERIAL CALIBRACION: 13618								
FECHA	N° DE POZO	PROFUNDIDAD h (m)	HORA DE MUESTREO	CONCENTRACION DE GASES					HORA DE MUESTREO	CONCENTRACION DE GASES				OBSERVACION
				O <sub>2</sub> %	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	NO <sub>2</sub>		O <sub>2</sub> %	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	
	NN	4.70	7.59	20.0	0	0.00	0	0.0						

**Imagen 38:** Registro manual de la obra, concentración de gases, llevado por el siso.

Por razones ajenas al proceso constructivo fue necesario armar castillos y apilarlos al ingreso de la obra para posteriormente ser trasportados con la retroexcavadora, el cual requiere una orientación del castillo con sogas por parte de dos trabajadores.



**Imagen 39:** Caisson  $L = 7.0$ , masa de 542.9 kilos/m, 0.54 Ton.



**Imagen 40;** Izada del castillo mecánicamente



**Imagen 41:** Debido al avance de la obra los trabajadores realizaron la ubicación del castillo, lo cual aprecie que es un método inseguro debido a que pueden ser arrastrados en el momento ubicarlo.

Una vez se ubica el castillo es necesario replantear los ejes para chequear su posición garantizando el recubrimiento lateral del concreto de 0.075 m.



**Imagen 42:** Se replantean ejes y niveles.



**Imagen 43:** Debe quedar centrado según los ejes de referencia.

Antes de iniciar la fundición se verificaba que estuviera limpio, sin agua y de ser necesario se utilizaban las motobombas.



**Imagen 44:** Vibrado y vaciado del concreto 3000 Psi.



**Imagen 45:** Se pasa niveles y se determina el nivel de fundición del concreto.

El vaciado de los caissons se realizó de forma continua, sin interrupciones llevando el moco hasta el fondo evitando el choque por caída en altura mayor a 1.50m lo que puede inducir segregaciones, el concreto utilizado fue de 3000 Psi el “slump” de 7in, en tres ocasiones se utilizó concreto “tremie slump 9” por el nivel freático, este es más fluido y nos ayuda a desplazar el agua hacia arriba.

Los “slumps” se toman al inicio asegurándonos que al llegar los mixeres a la obra se deja girar el tambor para que la mezcla sea homogénea, procedemos hacer la descarga 1 m<sup>3</sup> del concreto de la mitad se toma las muestras de los cilindros porque si tienen algún aditivo queda mejor mezclado en la mitad ya que al inicio nos queda con mucho aditivo y al final nos queda muy segregado. De cada fundición se seleccionan aleatoriamente los mixeres, por ejemplo, cuando se funde una losa de 130 m<sup>3</sup> se toman muestras para 6 cilindros en tres carros, dos al inicio, dos en la mitad y dos al final.

Los aditivos que se han utilizado son Eucon WR 85 aditivo retardante reductor de agua de prolongado tiempo de manejabilidad para concreto, “Plastol” aditivo reductor de agua de alto rango, con moderado retardo, la relación es manejada directamente por la concretera.

No se observó deformaciones en el terreno ni descascaramientos, haciendo un estricto seguimiento por parte de la ingeniera coordinadora Siso y su plan de seguridad en el trabajo no se presentaron accidentes durante la construcción de los caissons.



**Imagen 46:** Debido al Nivel freático alto se inunda rápidamente.



**Imagen 47:** Caso particular después de la fundición por Nivel freático alto. Para estos se utilizó concreto “tremí”.

Después de la fundición de los caisson teniendo en cuenta la cota de nivel del acero, se procede a la demolición de la corona o parte superior del anillo fundido en concreto.



**Imagen 48:** Demolición de la corona  $e = 0.10$  m,  $h$  variable aproximadamente 0.50 m, según la altura del cabezal.



**Imagen 49:** Se amplía la excavación a 0.40 m alrededor de la proyección del tipo de cabezal con el fin de facilitar el armado del mismo.



**Imagen 50:** Foso del ascensor N-5.85 m, estructura que se ancla a 3 cabezales, tipo 2b, tipo 2 y tipo 3.



**Imagen 51:** Cabezal tipo 4 de 1.30 mx1.30 m.

Se revisan los planos y se verifica el tipo de cabezal a implantar para ampliar la excavación correspondiente y así unir los caisson, se chequea el nivel y se procede a fundir el solado de limpieza mezcla de concreto de 2000 Psi con un  $e = 0.05$  m.



**Imagen 52:** Una vez se revisa el nivel del Solado de limpieza se inicia a construir el cabezal, el cual cubre totalmente los caisson.



**Imagen 53:** Según el tipo de cabezal varia la altura y de manera proporcional el número de estribos circulares que deben colocarse cada 0.10m.

El diseño estructural cuenta con 7 tipos de cabezales, para lo que fue necesario 1.7 Ton de acero, clasificados así tipo 1, 2, 2a, 2b, 2c ,3 y tipo 4, se utilizó concreto de 3000 Psi, de manera general por ser cimentación el recubrimiento mínimo fue 0.075 m, para lo cual se fundieron panelas mortero 1:4 que se colocaron sobre el solado, las alturas de los cabezales variaron entre 0.50 m y 0.80 m.

**Figura 6.5** Calculo de aceros para los 7 tipos de cabezales.

	CABEZALES																			
	DIMENSIONES			PARRILLA																
	ANCHO	LARGO	H	L INF	UN	PESO	Kg/ml	LSUP	UN	PESO	Kg/ml	TRANS	UN	PESO	Kg/ml	VERT	UN	PESO	Kg/ml	TOTAL
m	m	m																		Kg/ml
DADO 1	1.2	4.1	0.8	4.6	14	2.237	144.06	4.6	10	1.55	71.48	1.65	84	0.99	138					353.32
DADO 2	1	3.5	0.6	4	12	1.55	74.59	4	12	1.55	74.59	1.45	48	0.99	69.2	4	2	1.55	12.4	230.80
DADO 2a	1	3.5	0.8	4	14	1.55	87.02	4	14	1.55	87.02	1.45	48	0.99	69.2					243.23
DADO 2b	1	3.5	0.5	4	7	1.55	43.51	4	7	1.55	43.51	1.45	48	0.99	69.2	4	2	1.55	12.4	168.64
DADO 2c	1	3.5	0.6	4	14	2.24	125.27	4	10	1.55	62.16	1.45	48	0.99	69.2	4	2	1.55	12.4	269.05
DADO 3	1.2	5	0.8	5.5	14	1.55	119.66	5.5	12	1.55	102.56	1.65	33	0.99	54.1	5.5	8	1.55	68.4	344.72
DADO 4	1.3	1.3	0.5	1.65	20	1.55	51.28	1.65	20	1.55	51.28									102.56

<sup>5</sup> Figura 6.5 Calculo de aceros para los 7 tipos de cabezales, Fuente: Propia

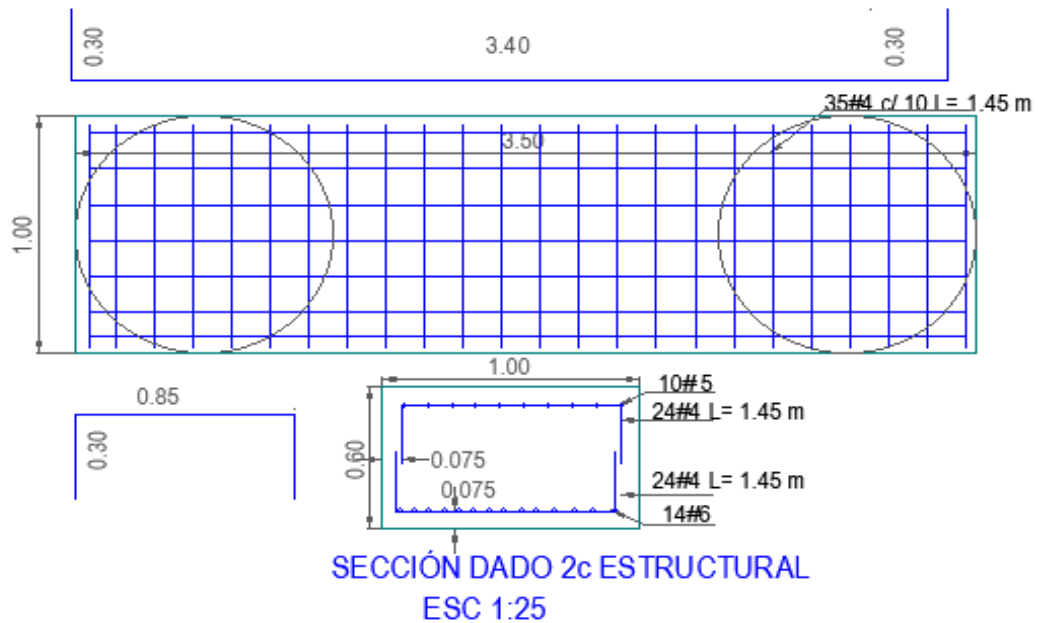
Acero requerido para el armado de los 65 cabezales, 16.67 Toneladas para las torres C y D.

**Figura 6.6 Cálculo total de aceros para los 64 cabezales construidos.**

CUADRO DE ACEROS CABEZALES					
	TIPO	TOTAL	UN	Kg/ml UN	Kg/ml TOTAL
CABEZALES	DADO 1	64	16	353.32	5653.04
	DADO 2		12	230.80	2769.58
	DADO 2a		8	243.23	1945.84
	DADO 2b		2	168.64	337.28
	DADO 2c		14	269.05	3766.65
	DADO 3		4	344.72	1378.89
	DADO 4		8	102.56	820.51
				<b>AS TOTAL</b>	<b>16671.79</b>

Diseño estructural, la proyección circular corresponde a la ubicación de los caisson. Sección transversal, altura 0.60m, diseñado con dos parrillas superior e inferior, algunos cabezales tienen refuerzos horizontales por razones constructivas.

**Figura 6.7 Se muestra el diseño estructural para un tipo de cabezal.**



<sup>6</sup> Figura 6.6 Cálculo total de aceros para los 64 cabezales construidos. Fuente propia.

<sup>7</sup> Figura 6.7 Se muestra el diseño estructural para un tipo de cabezal. Fuente; Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda



**Imagen 54:** Cabezal o dado tipo 2a



**Imagen 55:** cabezal o dado tipo 4

Después de colocar los estribos circulares cada 0.10m, se inicia parcialmente la parrilla superior.



**Imagen 56:** Cabezal o dado tipo 1



**Imagen 57:** Cabezal o dado tipo 3





**Imagen 58:** Parrilla inferior para cabezal, aceros limpios libres de residuos de concreto.



**Imagen 59:** Se define el paso de los aceros de la viga de cimentación de 0.30 m\*0.40 m, para cumplir con el nivel del acero de la parrilla superior del cabezal.

Posterior a la colocación de los estribos circulares en el caisson, se presenta la dificultad de que algunos aceros de los caisson superan el nivel realiza el armado de la viga de cimentación y se continua con el armado parcial de la parrilla superior del cabezal, entre tanto se levantan los aceros de la columna o pantalla según corresponda.



**Imagen 60:** Eje 19-B2. Cabezal tipo 1 de 4.10m x 1.20m, viga de cimentación de 0.30mx0.40m, pantalla M4 de 2.0m x 0.30m.

Se cumplió estrictamente con la distribución del acero, el número de las barras, espaciamento longitudinal y transversal. Se aploman las columnas y pantallas dejando los arranques a 0.15 de la parrilla inferior. Simultáneamente a la construcción de los caissons se revisa el nivel de excavación de la viga de cimentación, nivel del solado y su  $e = 0.05$  m fundición con concreto de 2000 Psi, posteriormente se realiza el armado de aceros sección de  $0.30\text{m} \times 0.40\text{m}$ , con recubrimiento de 0.04 m en su respectiva cota de nivel, el despiece es similar y los estribos #3 se colocan cada 0.20 m en toda la cimentación.



**Imagen 61:** Eje 2. Desplazamiento de dos caisson 113 y 116.



**Imagen 62:** Se implementa nuevo diseño estructural.

Modificación causada en el diseño estructural del proyecto debido al desplazamiento del eje 2 en forma diagonal, lo que ocasionó que un caisson sobre el eje D2 quedara desplazado a 0.64m del eje 2 y un segundo caisson sobre el eje E2 quedara a 0.10 m del eje 2, por recomendación del diseño estructural se adicionan dos pilas de cimentación en los ejes 2-B2 y 2-E2. Por criterio de diseño el elemento estructural en este caso columnas C1 de 1.0m\*0.30m debían quedar centradas entre los tres caisson.

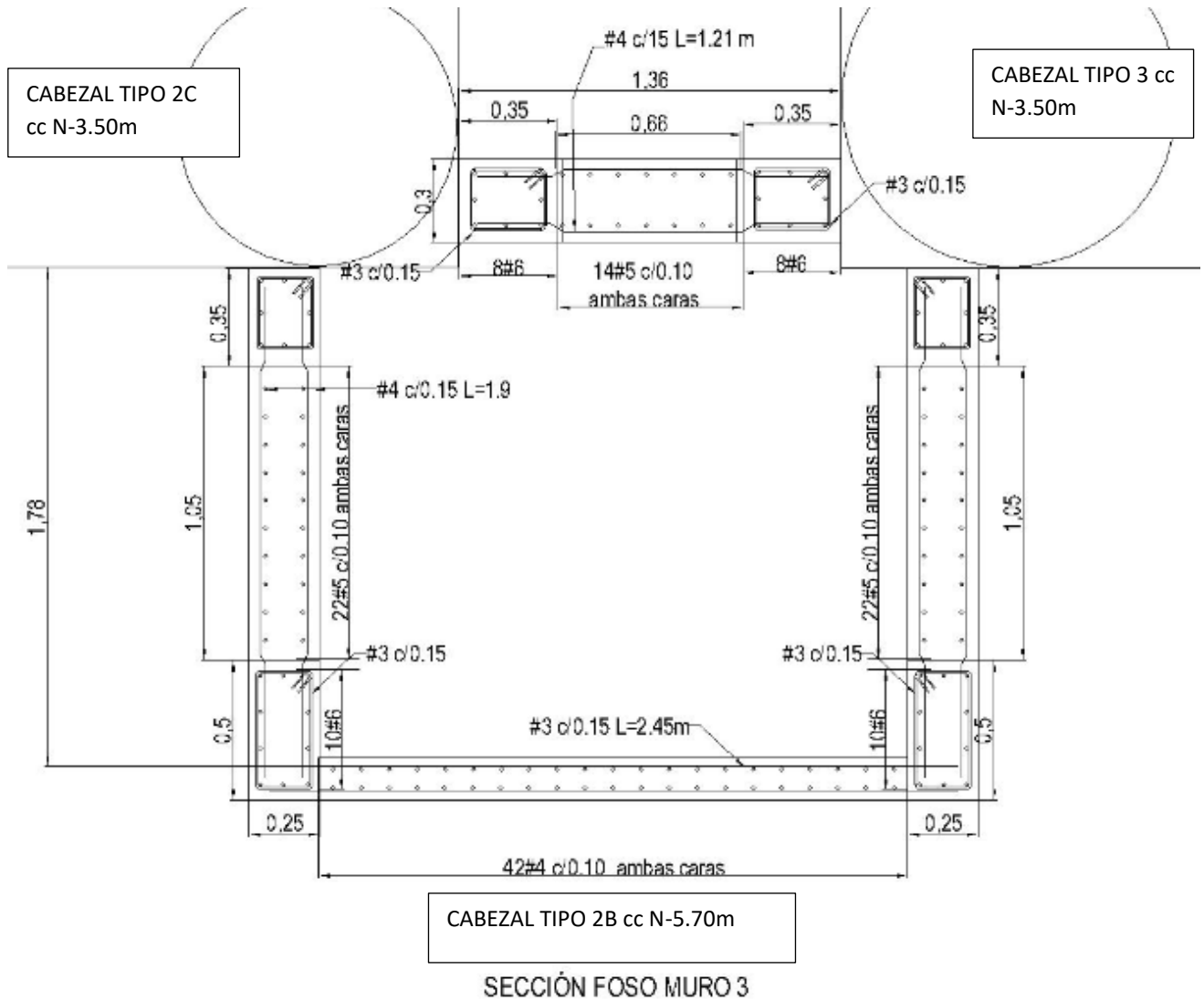
	
<p><b>Imagen 63:</b> Ejes 2-B2</p>	<p><b>Imagen 64:</b> Ejes 2-B2 y 2-E2</p>

### FOSO DEL ASCENSOR

Para su construcción una vez se termina el cabezal 2b en el nivel más bajo N-2.60, se funde una placa de concreto para nivelar con la cota de aceros de la parrilla superior del cabezal, posteriormente se funde una losa maciza que será el fondo con un  $e=0.15$  m, armando una doble parrilla con varilla #4 cada 0.15 m en ambos sentidos. Las columnas de media altura confinaron las pantallas del foso con un refuerzo vertical #5 cada 0.15 m y un refuerzo horizontal con varilla #4 cada 0.15 m, sus ganchos correspondientes según el tipo de varilla dificultaron su armado por lo que se optó por colocarlo en forma diagonal, se revisaron los niveles de acero y se aplomaron las columnas, así como los recubrimientos mínimos de 0.04 m en sentido horizontal, vertical y horizontal expuesto al talud de 0.07 m.

El armado del foso quedó como una estructura independiente, la cual no se traslapo con el acero de la pantalla M3 del ascensor.

**Figura 6.8 Diseño estructural para foso del ascensor.**



8

Fuente: diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

Se revisa el diseño estructural y se da inicio al armado de aceros.

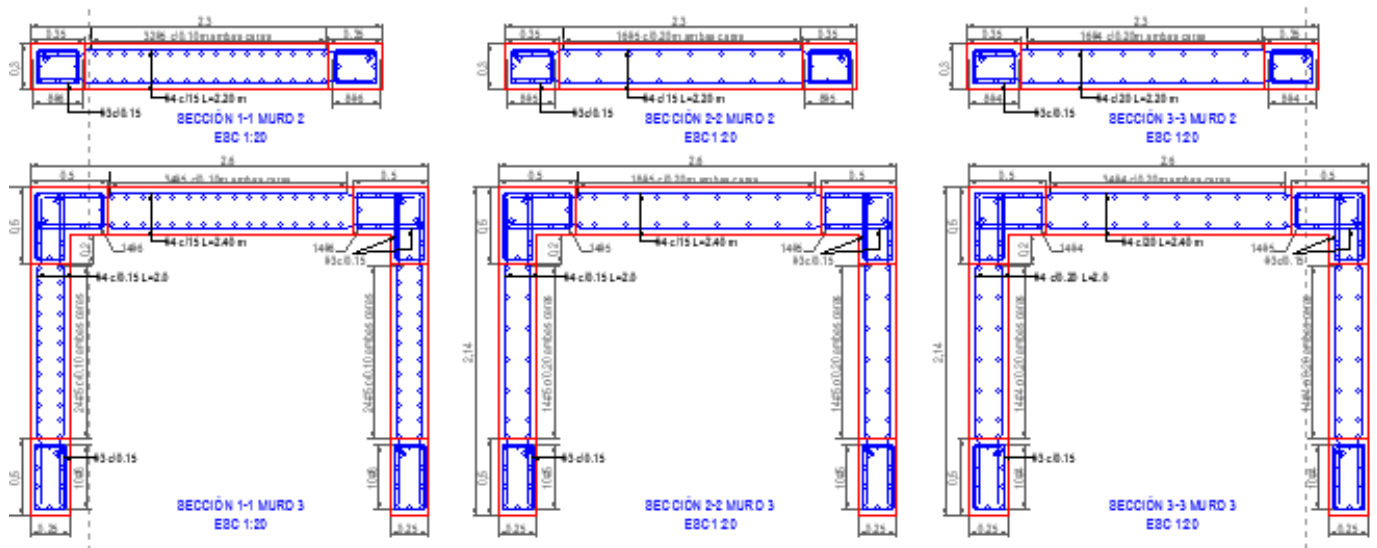
<sup>8</sup> Figura 6.8 Diseño estructural para foso del ascensor, Fuente: diseño estructural/ Reserva de la Hacienda.

Al terminar el armado del foso se realizaron los arranques del ascensor para sus columnas y pantallas M3, para la cual hay tres tipos de secciones, sección 1-1, las secciones 1, 2 y 3 corresponden a un nivel de aceros los cuales disminuyen en número de varilla y cantidades a medida que se avanza en altura.



Figura 6.9 Ascensor.

Ascensor pantallas M3, sección 1-1, sección 2-2, sección 3-3.<sup>9</sup>



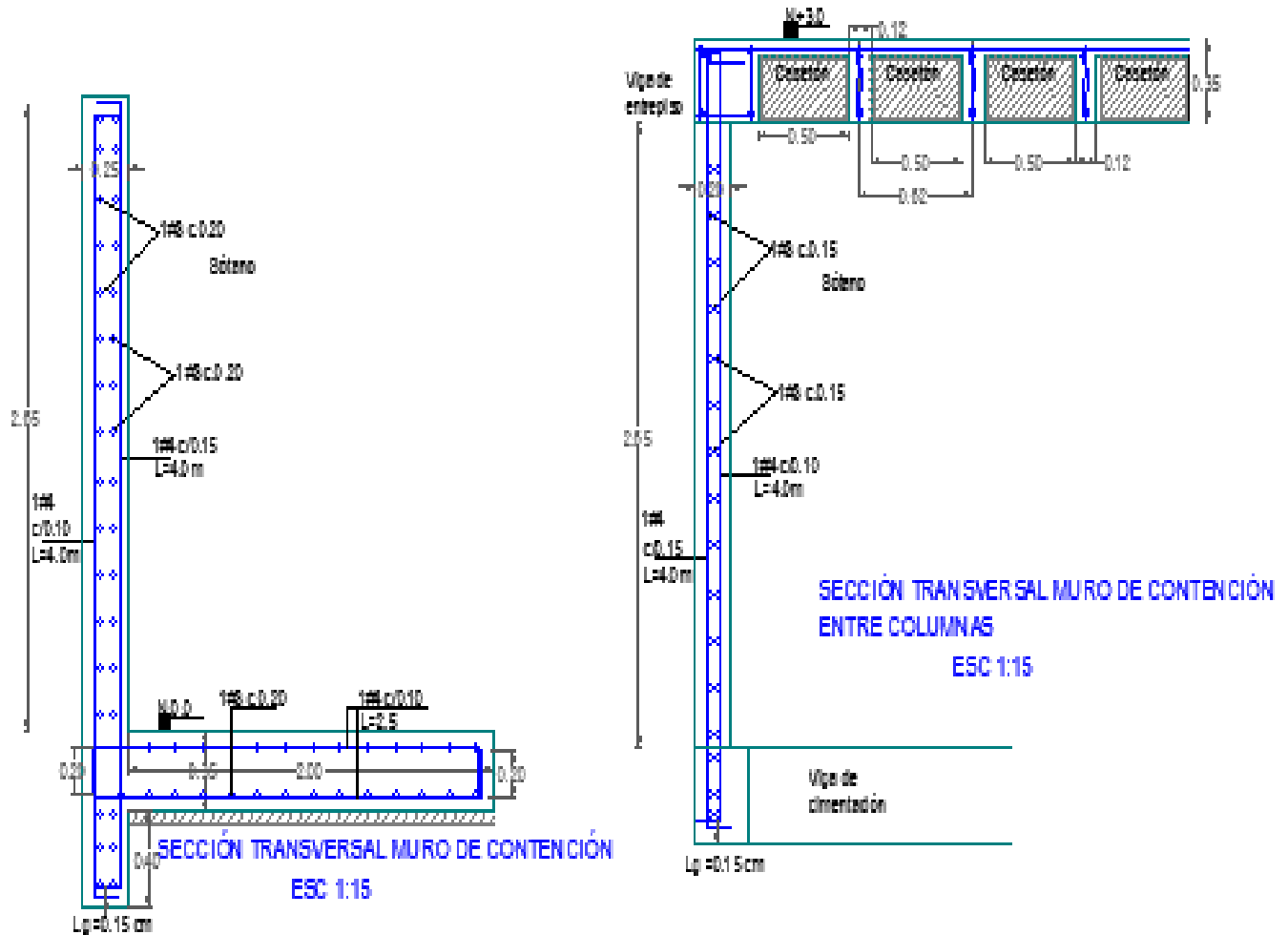
Fuente: diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

<sup>9</sup> Ascensor pantallas M3, sección 1-1, sección 2-2, sección 3-3, Fuente: diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

**Muro de contención:** El reforzamiento del consistió horizontalmente en colocar varillas #4 con traslapes de 0.70 m y verticalmente varillas #3 de ganchos 0.15 m en los extremos. Se dejó recubrimiento del acero hacia el talud de 0.07 m.

Por recomendación del ingeniero geotecnista el talud debía tener un ángulo de inclinación de  $52^\circ$  el cual no se cumplió y para estabilizar el talud después de deslizamientos en algunos tramos, se ejecutó la recomendación de entibar y emplasticar además de realizar un canal fundido en concreto a nivel superior del talud para recoger aguas lluvias.

**Figura 6.10 Muro de contención.**



<sup>10</sup>Fuente: diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

<sup>10</sup> Figura 6.10 Muro de contención. Fuente: diseño estructural/ Reserva de la Hacienda



Imagen 67: Pantalla M4 de 2.00\*0.30m



Imagen 68: Eje A. Muro de contención, Cinta Sika PVC

En las fundiciones se llegó hasta el tercio de la viga dejando un ángulo de 45°, en la junta antes de adicionar el nuevo concreto se aplicó “sikadur 32” y para el curado del concreto antisol en todas las superficies.



Imagen 69: Formaleta en madera

**Formaleta en madera:** Se usaron para vigas de cimentación y cabezales, se revisó que las caras estuvieran aplomadas, garantizando los recubrimientos mínimos, su estabilidad y continuidad para evitar la segregación de la mezcla. En el solado de los cabezales se dejó una pendiente mínima y orificios en la formaleta que permitieran el lavado antes de fundir.



Imagen 70: Encofrado de cabezal



Imagen 71: Vibrado espaciado cada 0.30m aprox.

Se realizó el mejoramiento de suelo con roca muerta debidamente compactado.



Imagen 72: Se reemplaza el suelo natural por roca muerta.



Imagen 73: Desencofrado, sin hormigueros.

Se realizó un vibrado continuo en cada uno de los elementos estructurales. A nivel de cimentación no se observaron hormigueros.



	
<p>Imagen 74: Se chequea el nivel de fundición para el cabezal.</p>	<p>Imagen 75: Cimbrado de pantallas y columnas</p>

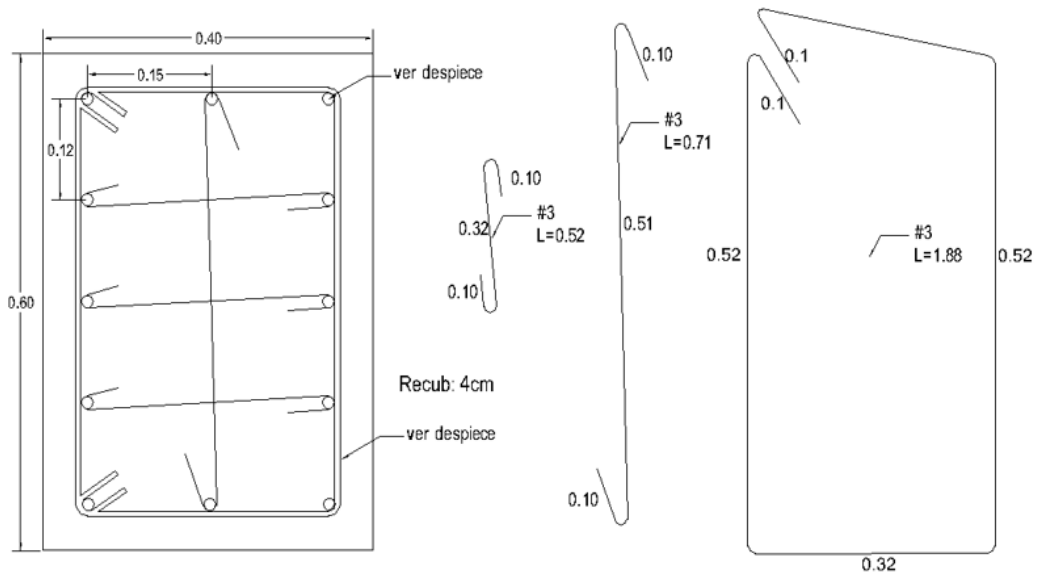
**Columnas y pantallas:** Después de cimbrar cada elemento estructural respecto a los ejes de topografía se procede a instalar la formaleta metálica, para la cual se colocan pines a nivel de piso y se ensamblan los módulos que se adapten a la dimensión correspondiente además de utilizar chapolas, corbatas, alineadores que garantizan su estabilidad durante la fundición.

En obra se evidenció la importancia de la utilización completa de los accesorios para formaleta metálica, por la falta de corbatas durante una fundición a nivel de sótano se abrieron 2 columnas además de la formaleta del muro de contención la cual se realizó en un tramo por una sola cara contra el talud y por la falta de refuerzo fallaron los gatos tensores, esto genero desmoronamiento del talud haciendo que quedaran trozos de suelo inmersos en el concreto y al desencofrar se encontraran hormigueros.

A nivel de cimentación el armado de aceros en pantallas y columnas debía cumplir con un nivel de arranque y ganchos mínimos para varillas #6 de 0.30 m y #5 0.25 m además de estribos #3 cada 0.075 m en los extremos y en el centro de la luz cada 0.09 m, de forma continua pasando los niveles de entrepiso, los traslapos de las varillas verticales se realizaron así para varilla #6 de 1.10 m y #5 de 0.90 m. A medida que avanzamos en altura cambiando de entrepiso se observa cómo cambia la configuración del acero vertical para los cual en el diseño estructural se definieron 3 secciones, cimentación, niveles intermedios y final de la estructura.



Figura 6.11 Diseño estructural de un tipo de columna en planta.



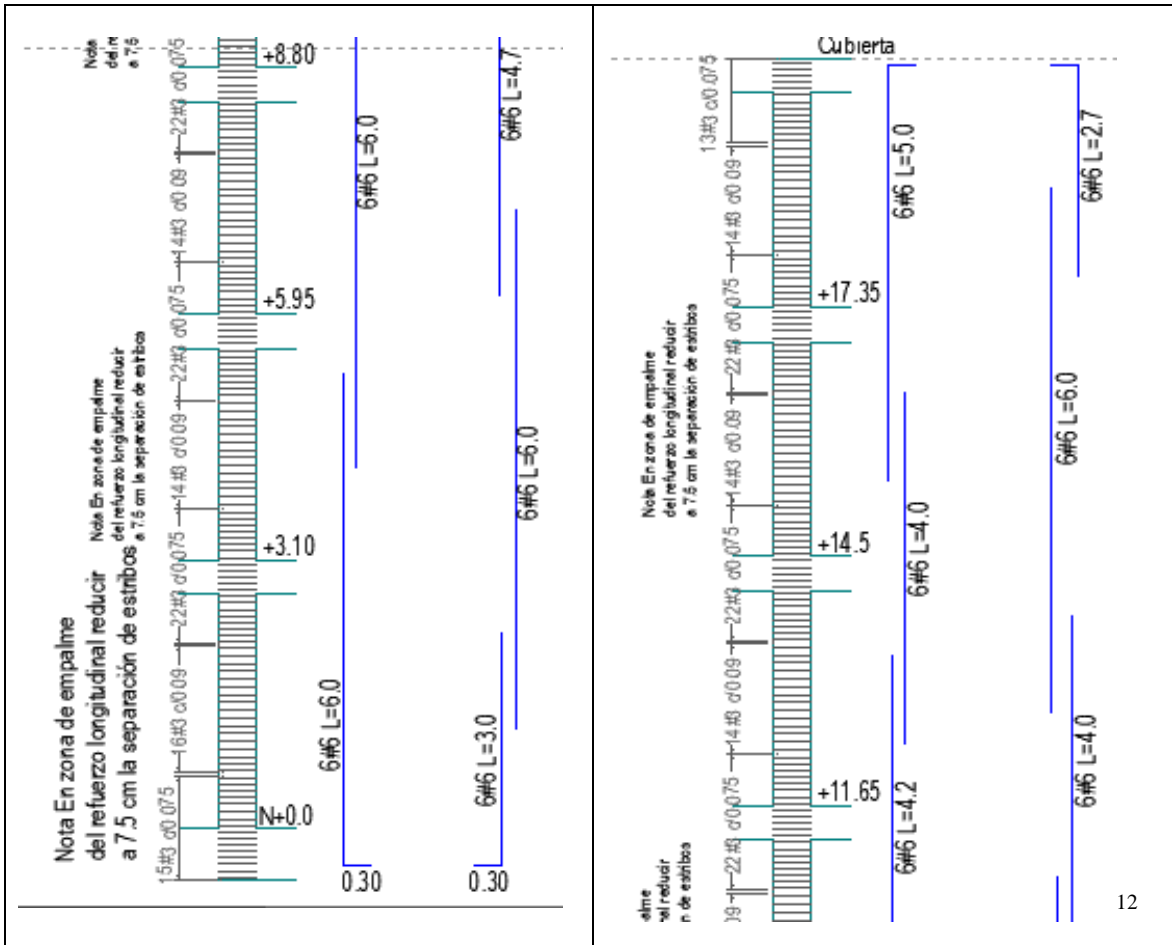
SECCIÓN TRANSVERSAL COLUMNA 40x60 C2  
Esc 1:5

<sup>11</sup> Fuente:

Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

<sup>11</sup> Figura 6.11 Diseño estructural de un tipo de columna en planta. Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

Figura 6.12 Diseño estructural para columnas en alzado.

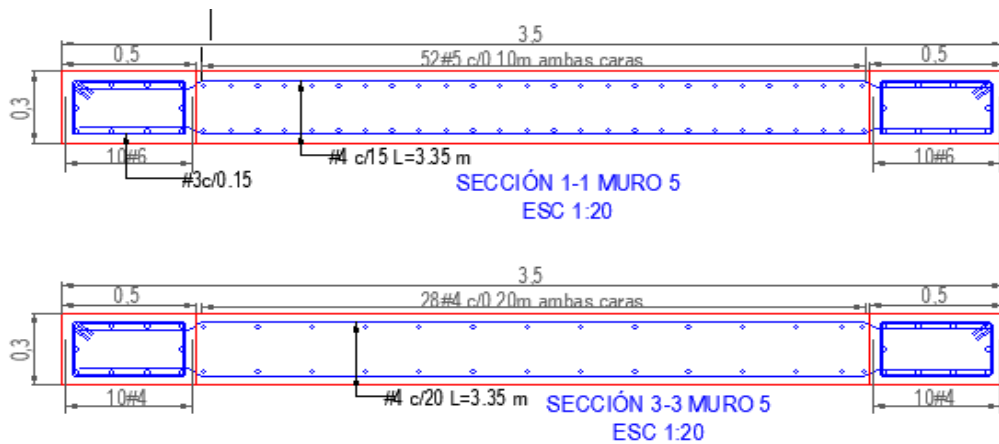


Fuente: Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

**PANTALLAS:** El diseño estructural de las pantallas a medida que cambia la sección disminuye el acero, en este caso la pantalla tipo 5 de la sección 1-1 con 52 varillas #5 cada 0.10m termina en la sección 3-3 con 28#4 cada 0.20m. De manera similar ocurre con las columnas que las confinan iniciando con varillas longitudinales 10#6 y terminando con 10#4.

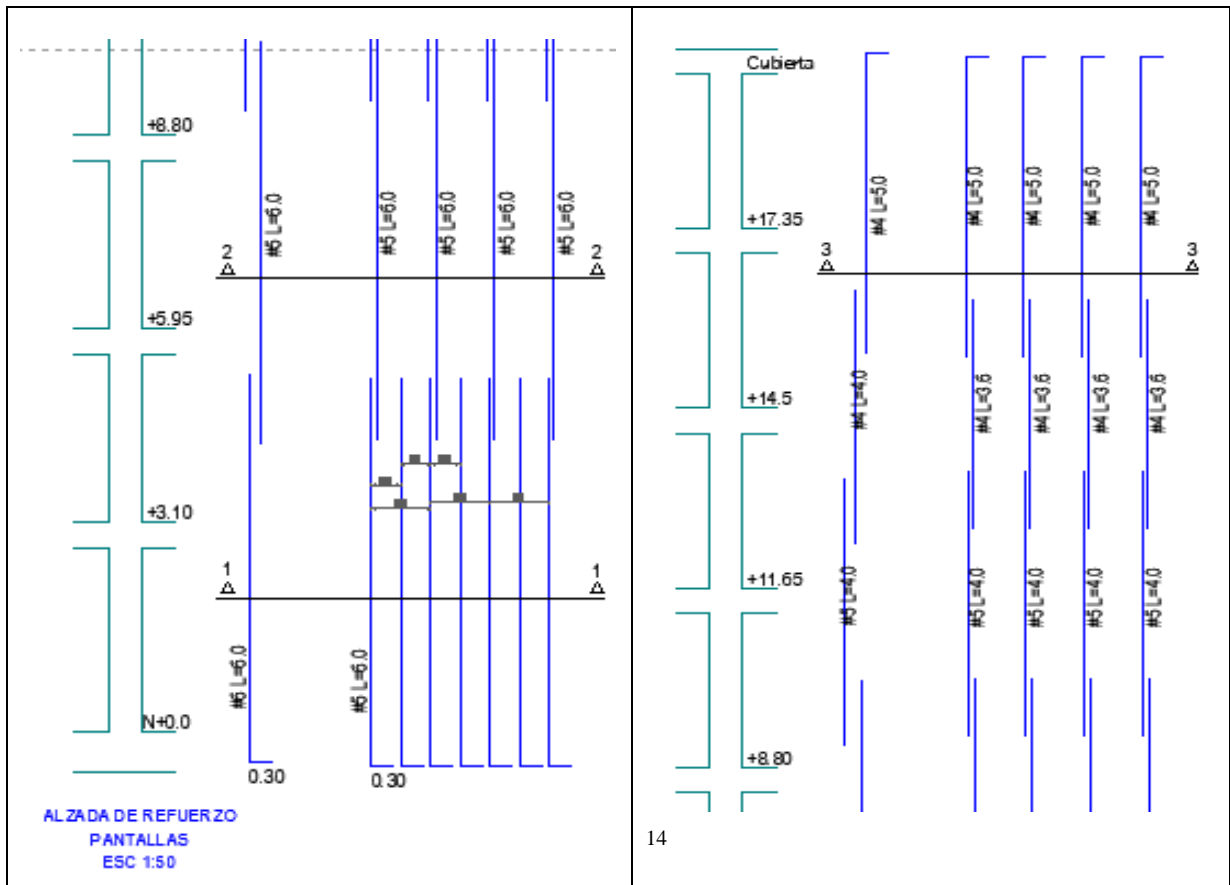
<sup>12</sup> Figura 6.12 Diseño estructural para columnas en alzado. Fuente Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

Figura 6.13 Diseño estructural para pantallas en planta.



13

Figura 6.13 Diseño estructural para pantallas en alzado.



14

Fuente: Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

<sup>13</sup> Figura 6.13 Diseño estructural para pantallas en planta.

<sup>14</sup> Figura 6.13 Diseño estructural para pantallas en alzado. Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

En la siguiente tabla realice el cálculo de aceros de acuerdo al despiece de los cuatro tipos de columnas con una altura de 2.45m correspondiente al N+8.80m.

Figura 6.15 Cálculo de aceros para los 4 tipos de columnas.

COLUMNAS N+8.80														
	ESTRIBOS													
	S	UN	S	UN	FLEJE	UN	ARMADO	UN	NUM	PESO	KILOS	L	TRASLAPO	UN
C1	0.42	2			1.56	2	3.96	35	3	0.557	77.20	4	1	6
C2	0.52	3	0.7	1	1.9	1	4.18	35	3	0.557	81.49	4	1	6
C3	0.52	3	0.9	1	2.25	1	4.71	35	3	0.557	91.82	4	1	6
C4	0.42	3	0.9	1	2.15	1	4.31	35	3	0.557	84.02	4	1	6

COLUMNAS N+8.80														
	COLUMNAS													
	L	TRASLAPO	UN	NUM	PESO	KILOS	L	TRASLAPO	UN	NUMERO	PESO	KILOS	TOTAL	
C1	4	1	6	6	2.25	67.5	4.2	1	6	6	2.25	70.2	214.90	
C2	4	1	6	6	2.25	67.5	4.2	1	6	6	2.25	70.2	219.19	
C3	4	1	6	6	2.25	67.5	4.2	1	6	6	2.25	70.2	229.52	
C4	4	1	6	6	2.25	67.5	4.2	1	6	6	2.25	70.2	221.72	

Cálculo de aceros para los siete tipos de pantallas incluyendo el ascensor M3, con una altura de 2.45m correspondiente al N+8.80m.<sup>15</sup>

Figura 6.16 Cálculo de aceros para los 7 tipos de pantallas.

PANTALLAS N+8.80																			
	ESTRIB	UN	PESO	KILOS	COL #5	UN	PESO	KILOS	HOR #4	L	UN	PESO	KILOS	VERT #5	L	NTID	PESO	KILOS	TOTAL
M1	1,5	38	0,56	32	4,2	20	1,56	131	2,5	38	0,996	95	4,2	18	1,56	118	375,35		
M2	1,2	38	0,56	25	4,2	16	1,56	105	2,2	38	0,996	83	4,2	16	1,56	105	318,33		
M3 17	1,38	38	0,56	29	4,2	9	1,56	59	2,15	38	0,996	81	4,2	16	1,56	105	274,38		
M3 18	1,38	38	0,56	29	4,2	9	1,56	59	2,15	38	0,996	81	4,2	16	1,56	105	274,38		
M3 D	1,5	38	0,56	32	4,2	10	1,556	65	2,4	38	0,996	91	4,2	18	1,56	118	305,87		
M4	1,2	38	0,56	25	4,2	16	1,556	105	1,9	38	0,996	72	4,2	14	1,56	91,7	293,60		
M5	1,5	38	0,56	32	4,2	20	1,556	131	3,35	38	0,996	127	4,2	28	1,56	183	472,70		
M6	1,5	38	0,56	32	4,2	20	1,556	131	2,63	38	0,996	100	4,2	18	1,56	118	379,93		
M7	1,2	38	0,56	25	4,2	16	1,556	105	2,5	38	0,996	95	4,2	20	1,56	131	355,62		

16

Fuente: Propia.

<sup>15</sup> Figura 6.15 Cálculo de aceros para los 4 tipos de columnas.

<sup>16</sup> Figura 6.16 Cálculo de aceros para los 7 tipos de pantallas Fuente: Propia.

Resumen de aceros para columnas y pantallas N+8.80m, 10.11 Toneladas para las torres C y D.

Figura 6.17 Cálculo total de aceros para el nivel 8.80m.

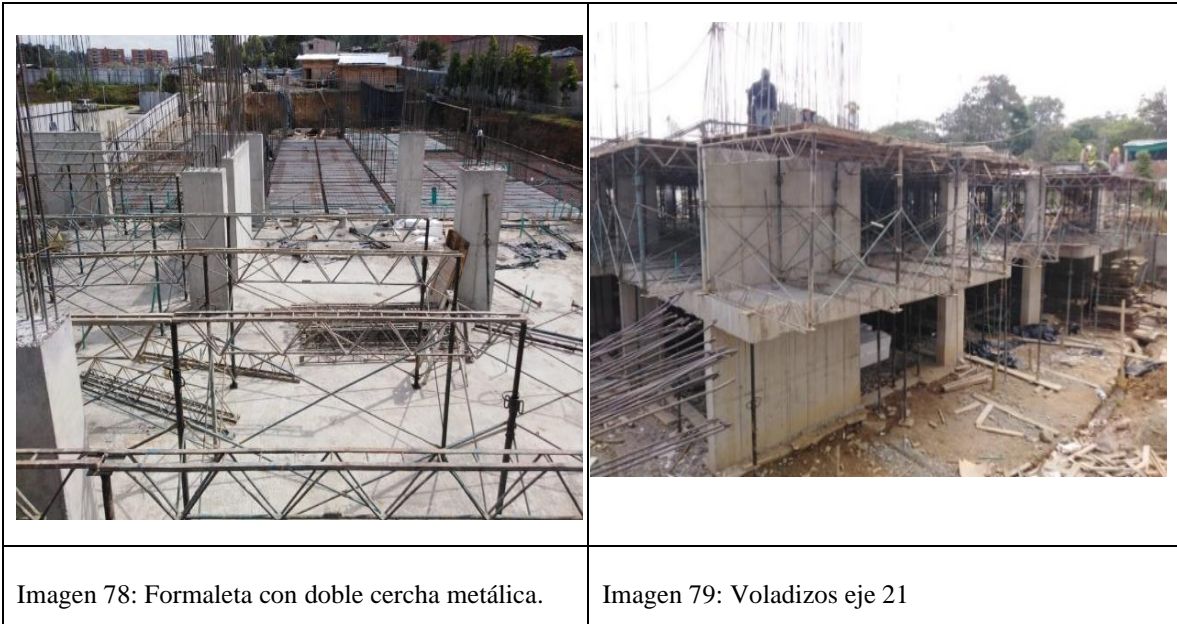
CUADRO DE ACEROS COLUMNAS Y PANTALLAS N+8,80m					
	TIPO	UN	UN	AS	AS KILOS
COLUMNAS	C1	26	13	214,90	2793,70
	C2		4	219,19	876,76
	C3		6	229,52	1377,13
	C4		3	221,72	665,17
PANTALLAS	M1	13	1	375,35	375,35
	M2		1	318,33	318,33
	M3 17		1	274,38	274,38
	M3 18		1	274,38	274,38
	M3 D		1	305,87	305,87
	M4		3	293,60	880,80
	M5		1	472,70	472,70
	M6		3	379,93	1139,79
	M7		1	355,62	355,62
				AS TOTAL	10109,98

17

Fuente: Propia.

**Entarimado de losa:** antes de iniciar la superficie debe estar totalmente limpia, libre de aceros o cualquier obstáculo que le quite estabilidad a los gatos. Para hacer la formaleta y dar mayor estabilidad se utilizó doble cercha confinada a cada lado con un gato tensor debidamente aplomados, anclando las tijeras a los pines de los gatos debidamente amarradas con alambre. Por facilidad se coloca una guía de madera la cual tiene el ancho de los tableros permitiéndoles agilizar el proceso, los tableros se amarran entre sí con alambre.

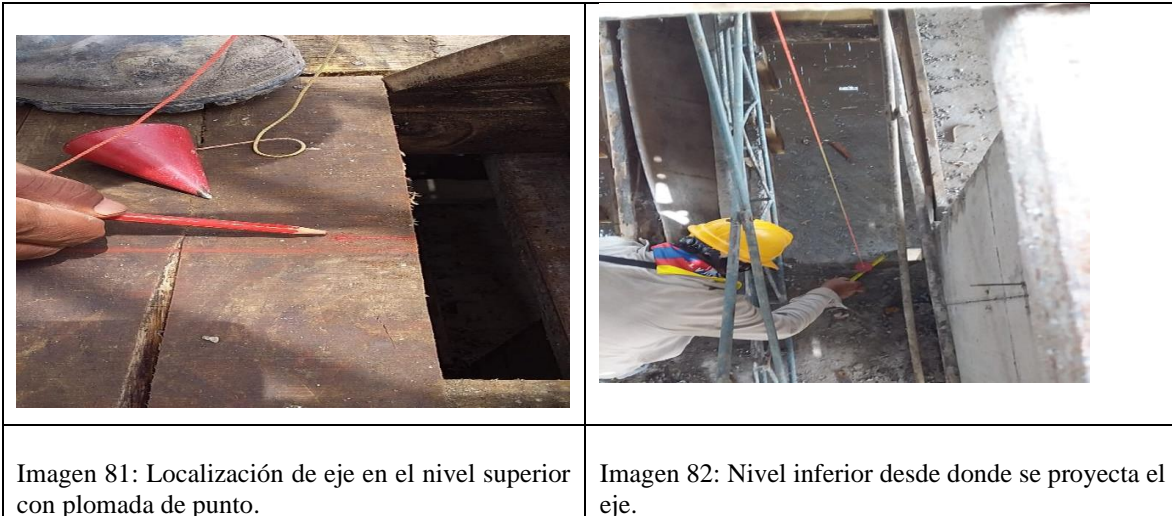
<sup>17</sup> Figura 6.17 Cálculo total de aceros para el nivel 8.80m. Fuente propia.



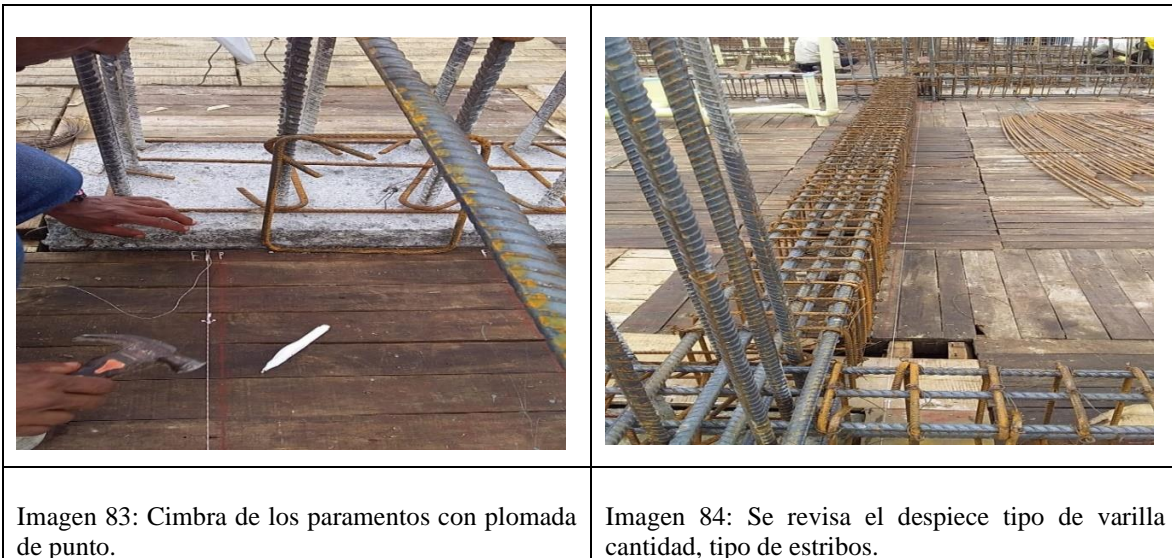
En los voladizos considerando el riesgo por las alturas que poco a poco ganábamos se realizaba el armado de los gatos, cerchas, tijeras y después se desplazaban hasta alcanzar el voladizo requerido. A medida que transcurre la obra y subimos de nivel se aprecia el deterioro de los tableros para los cuales se hace necesaria su reposición por nuestra seguridad. Se pasan las cotas sobre las columnas con el nivel de precisión para entarimar y realizar la nivelación además se hace un retaqueo por las vigas principales colocándoles una cercha y dos gatos. Se verifica el nivel superior de la losa garantizando que se cumpla con los recubrimientos mínimos.



Para pasar niveles sobre el entarimado N+ 8.30m se utiliza la plomada de punto, se toma la distancia desde el hilo hasta el borde de la viga piso inferior y esta misma medida se marca en el piso superior N+8.30m dejando así localizado el paramento de la viga.



Proyectando dos puntos sobre el entarimado del nivel +8.80 m se cimbra definiendo el ancho de la viga. Se revisa el despiece en los planos y damos inicio al armado de aceros de la viga revisando que a los lados cumpla con el recubrimiento mínimo de 0.04 m.

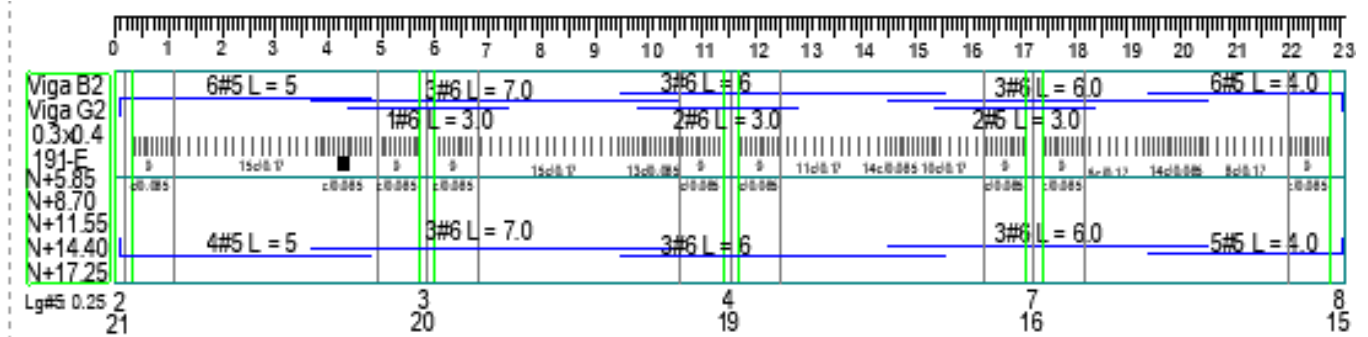


**Vigas de entrepiso:** sección de 0.30m\*0.40m, se inició desde el último eje 21 de manera ordenada y continua, una de mis funciones era hacer los pedidos de acero y estar pendiente de que los trabajadores realizaran de manera precisa el armado. Para las barras horizontales #6 se revisaba el traslape de 1.10 m, las #5 0.90 m además teniendo en cuenta que en algunas se ubicaban bastones de diferente número, los estribos todos fueron en varilla #3, dos tipos de secciones uno especial para los sobrecanchos que debían ubicarse en algunos bordes de la losa, al interior de la losa solo variaba la distribución de manera general 9 estribos cada 0.08 m en los



arranques y en el centro de la luz cada 0.017 m, cubriendo los traslajos cada 0.08m, en algunas vigas totalmente cada 0.08 m .

Figura 6.18 Viga de amarre tipo.



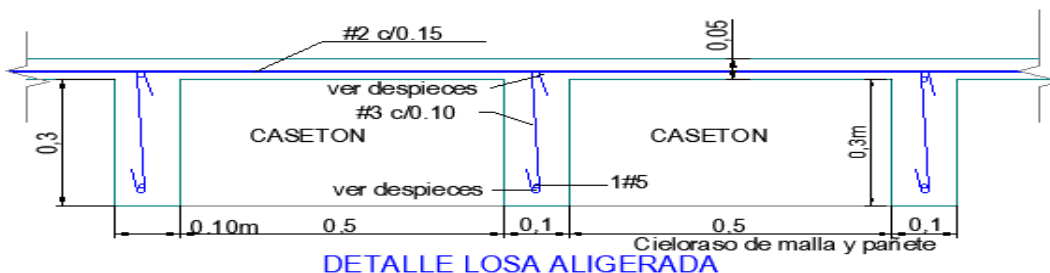
<sup>18</sup>Fuente: Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

A nivel de entrepiso se observa que el ancho de las pantallas 0.30m coincide con el ancho de las vigas de 0.30 m lo que implica que al sobreponer los aceros se pueda perder recubrimiento, por un lado. En las vigas los estribos dejan espacio para dar continuidad a los estribos en columnas cada 0.075 m y en pantallas cada 0.015 m.

**Losa Maciza:** Se construyeron para voladizos y espacios abiertos, doble parrilla #4 en cada sentido cada 0.15 m, espesor 0.17 m, sobre ella la malla electrosoldada.

**Losa aligerada:** Después de armar las vigas y cada una de las viguetas, se instalaron talicones sobre el entarimado sobre los cuales se colocaron los casetones y posteriormente la malla electrosoldada. Se revisaron niveles para cumplir con el espesor de losa de 0.05 m.

Figura 6.19 Detalle losa aligerada.



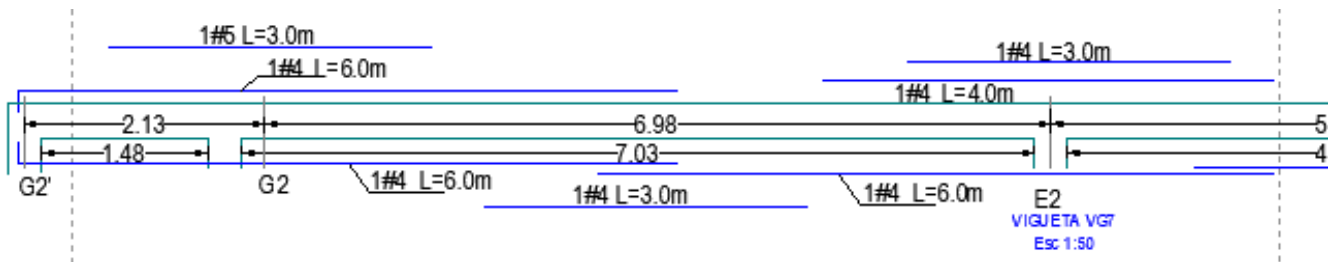
19

<sup>18</sup> Figura 6.18 Viga de amarre tipo. Fuente: Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

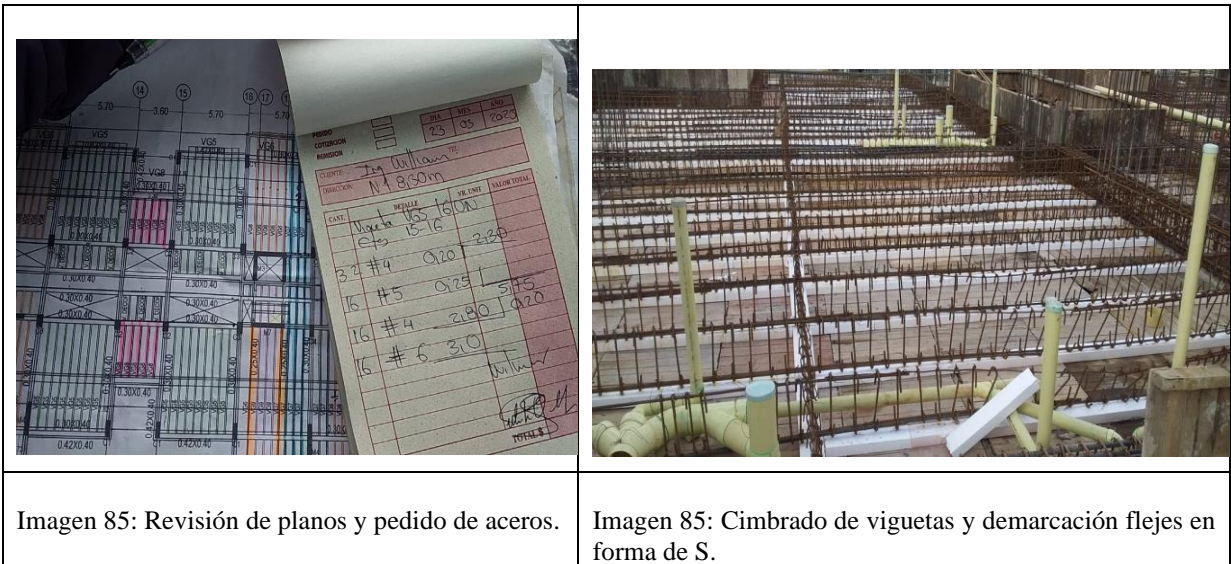
<sup>19</sup> Figura 6.19 Detalle losa aligerada.

**Viguetas y riostras para losa sección de 0.10m\*0.40m:** según el diseño estructural se armaron 9 tipos, las cuales se caracterizaban por la variación de aceros en longitud y número de la varilla y ubicación de bastones, sus flejes en forma de S, los cuales se debían ubicar cada 0.10 m. el acero inferior se caracterizaba por su continuidad y necesidad de traslapo de 0.70 m, mientras el acero inferior en ciertos espacios requería varilla #2 por construcción, donde perdía la continuidad de acero.

Figura 6.20 Detalle vigueta tipo 7.



<sup>20</sup>Fuente: Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda



Al terminar el armado de las viguetas se da inicio a la colocación de los casetones en icopor los cuales se cubrieron con plástico para reutilizarlos en el armado de la siguiente losa.

<sup>20</sup> Figura 6.20 Detalle vigueta tipo 7. Fuente: Diseño estructural/ Reserva de la Hacienda

Es importante saber delegar tareas a los trabajadores, el cambio que observe de pasar de cimentación a losa es brusco, la destreza para excavar, amarrar o tallar es muy importante y determinante en los rendimientos de mano de obra.

En el momento en que las instalaciones sanitarias cruzaban el armado de las viguetas se reforzó colocando cinco flejes S cada 0.05 m a cada lado de la tubería además de dos varillas #4 que reforzaran en el sentido de la vigueta.



Imagen 86: Refuerzo en pases de tubería sanitaria.



Imagen 87: Un buen tallado es fundamental durante la fundición.

**Casetones de “Icopor”:** El ancho entre 0.50 m y 0.60 m y longitud variable, en la obra fueron revestidos en plástico para su reutilización. Sobre el entarimado se cimbró y se colocaron talicones en madera que permitían ubicar los casetones definiendo así el espesor de las viguetas 0.10 m y riostras 0.12 m, se revisaron los recubrimientos mínimos y niveles considerando que el espesor de la placa de concreto de la losa es de 0.05 m y al sobreponer la malla electrosoldada, instalaciones eléctricas, podía disminuir.

	
<p>Imagen 88: Segundo y tercer piso terminado.</p>	<p>Imagen: 89: Escaleras: arranques, armado, encofrado.</p>

El sótano se destinó para parqueadero, a partir del primer piso hasta el séptimo para amplios apartamentos de 103 m<sup>2</sup>, hasta el momento se observa excelente ventilación e iluminación que se permite por medio de las pérgolas fundidas en concreto al interior de las torres.

**Escaleras:** Ancho 1.2 m, largo 2.40 m, huellas de 0.34 m y contrahuellas de 0.17m, en cada piso se dejaron los arranques de longitud 1.3 m y gancho 0.20 m en varilla #4 cada 0.10 m.

Métodos de excavación.

En cumplimiento del objetivo específico 2.2.2 se realiza el siguiente desarrollo.

### 5.2.1 Excavación manual.

Durante la excavación manual se utilizó mallas en soga para subir rocas medianas, a medida que se profundizaba aumentaban de tamaño para lo cual era necesario perforarla con el martillo demoledor, engancharla y posteriormente según su peso subirla con una malla en soga o el diferencial, el cual tiene capacidad de 5 toneladas y se observa que su trípode se ha afectado por lo que se estima que algunas rocas están muy aproximadas a este peso.



Imagen 90: Extracción manual con mallas en soga.



Imagen 91: Rocas extraídas manualmente que después son retiradas con la retroexcavadora.



Imagen 92: Extracción manual, las rocas son perforadas con un martillo perforador y ancladas para ser retiradas por fragmentos.



Imagen 93: Rocas soportadas por diferencial con capacidad máxima de 5 toneladas.

La excavación con maquina no es posible, debido a que el terreno tiene rocas demasiado grandes mayores a 1.8 m de largo y de una gran dureza según el geotecnólogo, para lo cual el taladro de perforación no ha sido suficiente y por lo tanto se requirió explosivos.



Imagen 94: Eje 12-G2



Imagen 95: Eje 19-G2

**Martillo perforador:** Se cuenta con ingeniería para golpear como un martillo neumático, pero con menos ruido y vibración. Tiene un potente motor, un sistema sincronizado de 3 componentes que reduce de manera más efectiva la vibración.



Imagen 96 y 97: Martillo perforador

### 5.2.2 Excavación Mecánica

En las torres A y B se inició la excavación de los caissons con piloteadora, pero debido a que a una profundidad de 2 m se encontró mucha roca, incluso la maquina trataba de levantarse, por eso se inició la excavación manualmente.

**Piloteadoras:** Se utilizan para hacer orificios de diferentes tamaños en una variedad de materiales a diferentes profundidades. Es una máquina esencial para realizar muchos tipos de trabajos de construcción, cimentación.



Imagen 98: Piloteadoras de hincado.



Imagen 99: Piloteadoras de rotación.



**Imagen 100: Retroexcavadora** se utilizó para extraer una de las rocas más grandes en la obra, la cual no fue soportada por el diferencial por lo que se presume un peso mayor a 5 Toneladas.

### 5.2.3 Excavación con explosivos

Mecha de seguridad: Es un cordón de núcleo de pólvora negro rodeado de papel, varias capas de hilo, algodón brea y cloruro de polivinilo (PVC) que garantiza su impermeabilidad, flexibilidad y resistencia a la abrasión.

Barreno: Perforación hecha en roca para colocar una carga explosiva con el fin de hacer una voladura.

Indugel AV 800: Agente de voladura tipo hidrogel, con sustancias gelificantes, empleado en minería en trabajos a cielo abierto en presencia de agua, diámetro 3.5 in.

### PROCEDIMIENTO PARA LA MECHA DE SEGURIDAD QUE LLEVÓ A CABO PERSONAL ESP

#### ECIALIZADO EN LA OBRA POR LA EMPRESA INGDCO SAS.

1. Leer las instrucciones a seguir en el documento.
2. Inserta en el detonador un tramo de la mecha haciendo un corte perpendicular.



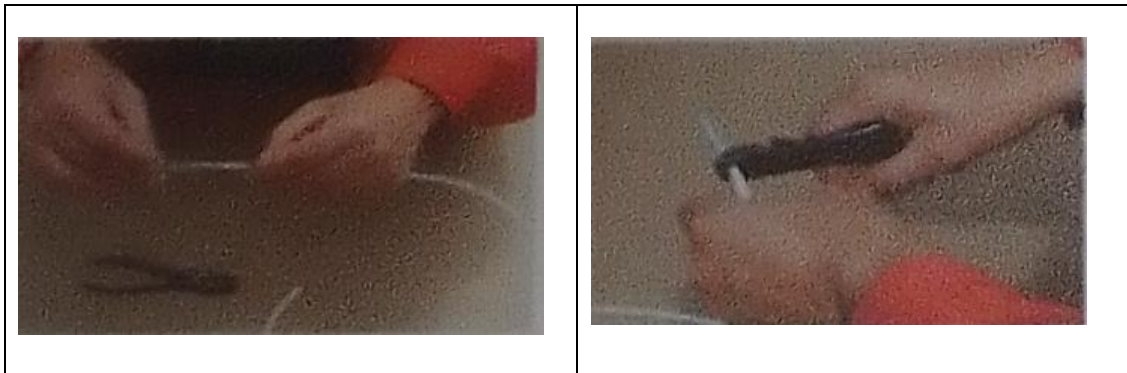
Imagen 101: Detonador



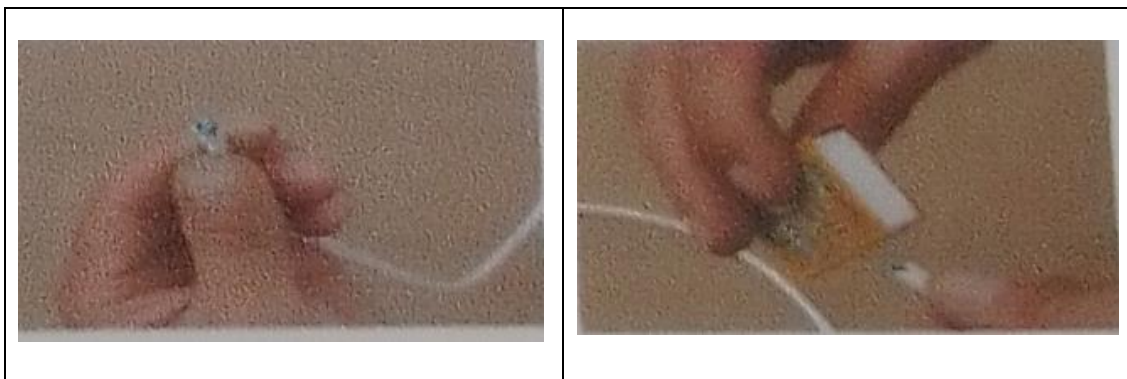
Imagen 102: Mecha lenta.

3. Realiza el ensamble del detonador a la mecha.





4. En el otro extremo realiza un corte ligeramente oblicuo que permita acomodar la cabeza del fosforo de ignición.
5. Ensamble el extremo del detonador con el explosivo que va ha iniciar la voladura
6. Por el extremo libre doble la cabeza del fosforo hasta que quede apoyada sobre el núcleo de la mecha de seguridad y produzca encendido del fosforo.



7. Impermeabilice el sector que une el detonador a la mecha luego el ensamble.
8. Siempre elija las longitudes apropiadas del producto, tal que aseguren un tiempo suficiente para protegerse.
9. Cuando un rollo de mecha del producto no se ha utilizado durante varios días, deseche los 10 primeros cm al reiniciar su uso.
10. Con periodicidad mensual verifique el tiempo de combustión en un metro de producto en su localidad.

Nota: El producto debe ser utilizado por una persona calificada

## PROCEDIMIENTO INSTALACIÓN DE EXPLOSIVOS, REALIZADO EN LA OBRA.

Previamente se perfora la roca (barreno) y se ensaya la mecha de seguridad quemando un trozo.

Materiales utilizados:



Imagen 103: Indugel AV 800: material explosivo



Imagen 104: Mecha de seguridad

El personal especializado realizo los siguientes pasos:



Imagen 105: 1. Primero se señaliza y evacúa totalmente la zona.



Imagen 106: 2. Roca perforada previamente, se instala el "Indugel" AV 800 y se tapa totalmente la roca con sacos de arena para reducir el impacto.



Imagen 107: 4. A nivel de la superficie también se cubre totalmente con sacos de arena.



Imagen 108: 5. Se enciende la mecha de seguridad a una distancia segura.

Para este caisson fueron necesarias tres voladuras.



Imagen 109: 6. Resultado del tercer impacto con barreno.



Imagen 110: 7. Se retira la roca fracturada con el diferencial.

### **5.3 Sistemas de construcción de caissons implementados en Colombia.**

En cumplimiento del objetivo específico 2.4 se realiza este punto.

Los Caissons son elementos estructurales muy parecidos a los pilotes, pero de mayor diámetro, que son considerados soluciones intermedias entre las cimentaciones superficiales y las profundas, lo primero que se debe tener en cuenta es la profundidad del caisson, el tipo de formaletas que se utilizaran, los elementos a utilizar como, por ejemplo, cemento, concreto, hierro etc. En Colombia en este momento es muy usual las cimentaciones profundas, por lo tanto, hay mucha maquinaria para hacer pilotes, pilas de cimentación, hay máquinas piloteadoras de hincado y rotación, pero no de diámetros tan grandes. Se puede decir que en un 50% se utiliza el sistema pozo indio ó de anillos sucesivos, el cual es muy común, se considera un mejor sistema debido a que me permite más control de limpieza, permite hacer diámetros grandes, permite extraer bloques grandes de una estratigrafía como la de esta obra.

En el desarrollo de Estudios Geotécnicos con fines de Cimentación Profunda se introduce los programas de cómputo, El programa RECALQ calcula el asentamiento elástico de la cimentación profunda, las ventajas más relevantes de aplicarlos es que son de sencillo manejo, procesan los datos en segundos y tienen gráficas y tablas incorporadas para las respectivas correlaciones. Finalmente, los resultados obtenidos por los diferentes programas son comparados para dar las conclusiones y recomendaciones finales.

### **5.4 Consideraciones para la construcción de caisson en Popayán**

En cumplimiento del objetivo específico 2.5.

Cuando se diseña las cargas sobre los caissons se tiene en cuenta la sismicidad de la zona de Popayán además del perfil del suelo y la posible amplificación de la onda. Cuando se calculan las fuerzas de sismo verticales específicamente para la edificación para el efecto de sitio que tenga y con esto se dimensionan los caissons, así cuando llega el sismo los caisson están preparados para resistir la carga vertical que recibe del edificio si no también las cargas horizontales. Por lo tanto, las consideraciones específicas ya están tenidas en cuenta.

## 6. Recomendaciones.

- Se observó en la obra que el procedimiento de izar castillos manualmente es de muy alto riesgo para los trabajadores, por lo cual se sugiere que debe realizarse con la retroexcavadora, debido a que la caída de un caisson a la excavación con un peso aproximado 542 kg/m, puede lesionar en segundos a un trabajador.
- El seguimiento permanente del avance en obra es fundamental, oportuna señalización para evitar incidentes como el que ocasiono el daño de tres caissons con la retroexcavadora, deformando los aceros que quedaron dentro de los cabezales.
- Durante el armado de aceros es fundamental tener claridad en los despieces, para detectar los posibles errores que se presentan en los planos además de orientar a los trabajadores en el orden y secuencia lógica que facilite el armado y no demos lugar a soluciones visuales, donde cortan un estribo para ubicarlo en un complejo armado y tapan su unión con amarras. Vigilando así precisión para cumplir con el diseño.
- Se debe insistir con la estricta vigilancia de los trabajadores, la seguridad en el trabajo en caissons implica soltarse de la línea reiteradamente, por lo que optan por desasegurarse y en caso de urgencia esta es la única forma de sacarlos de la excavación, además el trabajador que se encuentra en el exterior siempre debe estar anclado antes de bajar o subir al compañero, por lo que observe trabajadores que quedaron sobre el molinete arrasados por el compañero.
- La topografía es un trabajo de alta precisión el cual debe ser garantizado y debidamente revisado para evitar situaciones como el desplazamiento de un eje en la obra, quedando desplazados dos caissons uno a 0.10 m y otro a 0.64 m, lo cual implicó la construcción de dos nuevos caissons.
- Mientras se realiza la fundición de las losas, es importante que se revise la estabilidad de los gatos tensores para evitar asentamientos como el ocurrido en una losa de la obra de 0.09 m.

## 7. Conclusiones

La realización de la pasantía me permitió una gran experiencia profesional para afianzar mis conocimientos por medio de la práctica, bajo la supervisión de profesionales idóneos con experiencia calificada, lo cual me permitió consolidar el proceso constructivo de una cimentación profunda con caissons, pasando por el armado de vigas de cimentación, cabezales, columnas, pantallas, foso, ascensor, armado de losa, hasta llegar al nivel de un quinto piso.

A partir del diseño estructural y sus especificaciones técnicas, aprendí a dirigir a un grupo de trabajadores conformado por maestros, oficiales y ayudantes, interpretando el despiece de aceros para su posterior armado, pasar niveles, revisar ejes, recubrimientos mínimos, revisar traslapes entre otros, formaletas, apreciar la fluidez del concreto, la continuidad de un correcto vibrado para evitar la segregación y posterior hormiguero en las mezclas. Es nuestra responsabilidad interpretar los diseños para transmitir ese conocimiento al personal que posee conocimientos básicos, razón por la que no es suficiente explicar sino que se debe acompañar el proceso de manera insistente para evitar que ellos terminen desajustando el proceso y así se retrase la obra.

La cimentación profunda con caissons es un sistema muy utilizado en Colombia, apropiado para esta estratigrafía debido a que permitió extraer rocas de un peso máximo de 5 ton aproximadamente. Se excavaron 750.7 ml para construir 122 caissons de 1.0 m y 1.2 m de diámetro y longitudes de 7.0 m aproximadamente en 193 días, dando un rendimiento de 3.88 ml por día, en un suelo con presencia alta de rocas sueltas. El rendimiento dado por un trabajador de la obra minera con experiencia de excavaciones hasta 31m de profundidad, fue de 2ml por día en suelo blando. Considerando las intensas condiciones de lluvia y comparando con el rendimiento para suelo blando se puede afirmar que el rendimiento de la obra fue aceptable.

Los métodos de excavación dependen de la estratigrafía del suelo, el método manual realizado en la obra fue seguro por la protección de las camisas en concreto, no había presencia de gases, la profundidad de 7 m en promedio es baja. El método con explosivos es un método seguro, se realizó con personal especializado, y en uno de los casos fue necesario repetir hasta tres veces el procedimiento debido a la alta dureza de la roca. La implosión no afectó los vidrios de las construcciones contiguas y tampoco ocasiono desmoronamientos en los taludes.

## 8. Referencias Bibliográficas

- Reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10
- Resolución FIC-820 de 2014. reglamento de trabajo de grado en la Facultad de Ingeniería Civil. Consultado (29 de octubre 2022). <http://portal.unicauca.edu.co/>
- Cruz, Lucio. Estudio de suelos, Geotecnia, Reserva de la Hacienda.
- Braja M. D; Fundamentos de ingeniería de cimentaciones, Séptima edición (2012). © D.R. por Cengage Learning Editores S.A.de C.V.
- Alva H, Jorge E. V, Lilian F. Diseño de cimentación por caissons para el puente Yuracyacu,179–192.Fuente; [https://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo05\\_a.pdf](https://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo05_a.pdf)
- Capriolo Malásquez, Luca Giovanni. Pacheco Roca, José. (22 de mayo de 2023). Propuesta de un Documento Técnico con los Criterios Generales para el Uso de Caissons en Puentes mediante un Análisis de los Estudios Básicos y Juicio de Expertos en la Zona Norte del Perú, Luis [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653965/Capriolo\\_ML.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653965/Capriolo_ML.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Gaviria, Carlos Andrés. Gómez, Daniel. Thomson, Peter. (10 de diciembre de 2008). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/13037>
- Campanario, J. M. y Moya, A. (1999). Evaluación de la Integridad de cimentaciones Profundas: Análisis y verificación in situ. Fís., v. 23, n. 2: p. 157-181, ago. 2006. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52445703/13037-35647-1-PB-Fuente; libre.pdf?1491218209=&response-content-disposition>
- Ospina Barrera, Luis Miguel. (2006). Pilas de cimentación o Caisson. <https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/handle/001/5771/TESIS%20LUIS%20MIGUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Martínez D, Adolfo E. Rodríguez R y Milton Fredy. ( 2017). Guía para hincado a presión de pilotes prefabricados de concreto reforzado en cimentación profunda, con base en reglamento colombiano de construcción sismo resistente (nsr 10).
- Rodríguez, Jorge Alberto. Pruebas y ensayos de pilotes. fuente;  
<https://www.jeoprobe.com/Papers/Pruebas%20Y%20Ensayos%20De%20Pilotes.pdf>
- López R, A. Nuevas inyecciones químicas estructurales de base silicato en la ingeniería geotécnica.<https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/2119/2321>
- Avendaño S y Jhony A. (2014). Estudio y análisis de la cimentación seleccionada en la intersección vial a desnivel de la carrera 8a con calle 70. Fuente;  
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/16250/0516147.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Georgios Vavaroutsos Perez y Alexis Toro Valencia Universidad de La Salle, Bogotá.(2006). Manual teórico-práctico de cimentaciones profundas,  
<file:///D:/Documentos%20de%20Usuario/Documents/CIVIL/A%20doc%20anteproyecto%20Nayibe/Bibliografia/Manual%20te%C3%B3rico-pr%C3%A1ctico%20de%20cimentaciones%20profundas%20ccto%20tremie.pdf>



## ANEXOS

### 1. DATOS DE LA EMPRESA

Razón social: **INGDCO SAS**

NIT: 901 362 969 -2

Teléfono: 3173856119

Correo: ingdco.ca@gmail.com

Gerente: ANGELO CABRERA OROZCO

Ingeniero encargado: WILLIAM OSPINA MUÑOZ

Dirección: Calle 4 #11 - 36 Barrio Cadillal

#### **Actividad Económica.**

- Actividad principal: F4290 - CONSTRUCCION DE OTRAS OBRAS DE INGENIERIA CIVIL.
- Actividad secundaria: F4220 - CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE SERVICIO PUBLICO.
- Otras actividades: F4210 – CONSTRUCCION DE CARRETERAS Y VIAS DE FERROCARRIL.
- Otras actividades: F4330 – TERMINACION Y ACABADO DE EDIFICIOS Y OBRAS DE INGENIERIA.

#### **1.1 Objeto social**

El objeto social es servir a la comunidad en el diseño e interventoría de todo tipo de obras civiles. Construcción, remodelación, conservación de bienes muebles (casas, apartamentos, edificios, locales y otros). Cunetas, gaviones, alcantarillados y otros. Mantenimiento y conservación de obras hidráulicas, sanitarias (acueductos, alcantarillados, distritos de riego y otros). Producción y comercialización de materiales y elementos utilizados en la construcción de obras civiles.

## 2. FUNCIONES

Entre las funciones asignadas en mi proyecto como auxiliar de ingeniería menciono las siguientes:

- Apoyo en revisión y control de procesos constructivos de: caissons, vigas de cimentación, columnas, pantallas, foso del ascensor, entrepiso.
  - Con base en la topografía se verifica la localización de ejes y niveles para cada elemento estructural.
  - Colocación y armado de refuerzo verificando las longitudes y cumplimiento de los traslapes y ganchos según la barra de acero.
  - Colocación y retiro de formaletas, cimbras.
  - Mezclado, colocación y curado del concreto.
  - Se revisan los niveles y ejes de excavación de solado, aceros, para controlar que se cumplan los recubrimientos de concreto.
- Apoyo en control de materiales
  - Se verifica la calidad de los materiales y cumplimiento de las especificaciones.
  - Adecuado almacenamiento.
- Apoyo en control de mano de obra
  - Se verifica la calidad del personal y mano de obra asignada a cada actividad.
  - Control diario de asistencia
- Apoyo en controles generales
  - Se garantiza la adecuada interpretación de planos técnicos explicándole a cada uno de los trabajadores antes de ejecutar un procedimiento.
  - Llevar el control de pedido de aceros y cemento.
  - Cantidades de obra.
  - Registro fotográfico de los avances de la obra, debidamente localizados por sus ejes.

### 3. METODOLOGÍA.

El desarrollo de este proyecto de pasantía estará bajo la dirección del Ingeniero **Julio Cesar Diago Franco** por parte de la Universidad del Cauca, quien tendrá la función de revisar, calificar y corregir mediante informes mensuales el avance de la pasantía, por parte de INGDCO SAS el Ing. **William Ospina Muñoz** en calidad de jefe inmediato me brindará la asesoría necesaria.

Se efectuará el desarrollo de la pasantía en el sitio de ejecución de la obra **RESERVA DE LA HACIENDA**, se supervisará el proceso constructivo de la obra apoyando para que se realice de acuerdo a lo establecido en los diseños.

Así mismo se vigilará la correcta utilización de los materiales de obra como también velar por la seguridad de los trabajadores haciendo el uso correcto de las normas de seguridad industrial y el cumplimiento de sus labores.

Para alcanzar los objetivos se presentarán informes mensuales al ingeniero Julio Cesar Diago Franco en representación de la Universidad del Cauca atendiendo sus orientaciones para optimizar el desarrollo de la pasantía.

Finalmente, se entregará un informe con los resultados de la pasantía sus respectivas conclusiones y recomendaciones, el cual se sustentará para su respectiva aprobación y la obtención del título de Ingeniera Civil.

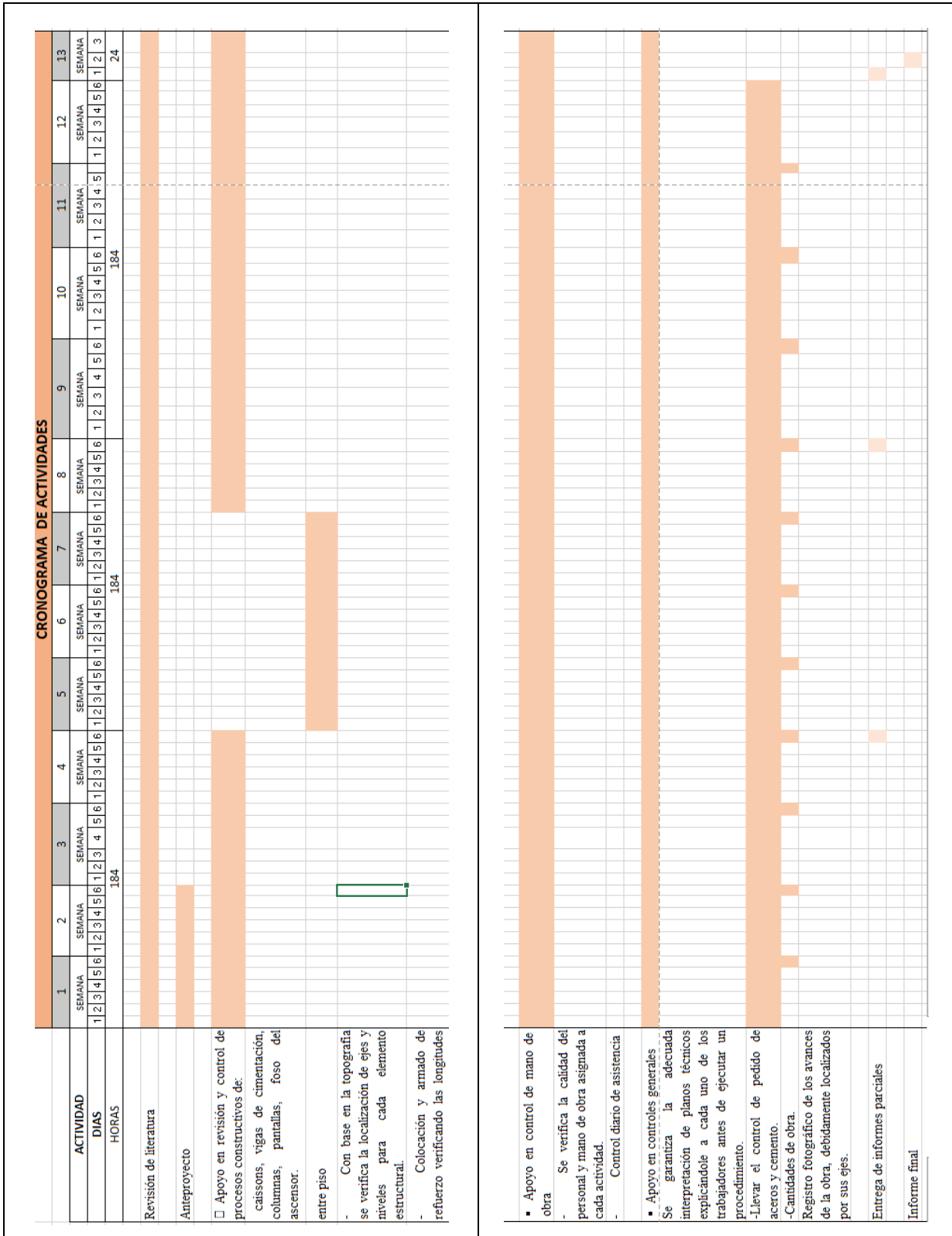
#### **4. TIEMPO DE TRABAJO EN LA PRÁCTICA PROFESIONAL.**

La práctica profesional requiere de 576 horas, equivalentes a 12 créditos académicos para el programa de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca; las cuales se ejecutarán trabajando en días hábiles, una jornada de ocho (8) horas diarias, para un total de cuarenta (40) horas semanales de lunes a viernes y (6) horas los días sábados, contadas a partir de que sea emitida la resolución por el Concejo de Facultad de Ingeniería Civil, por medio de la cual se apruebe el proyecto a realizar.

Se anexa certificación para constancia del tiempo de permanencia en la obra desde el 21 de septiembre de 2022 hasta la fecha, para un periodo mayor de siete meses en obra. Se anexa el certificado de la aseguradora de riesgos profesionales POSITIVA donde consta dicha fecha de iniciación.

Para constancia de lo anterior, se diligenciará un formato donde se especifique el cumplimiento del horario establecido, suscrito por el Ingeniero supervisor, designado por la entidad receptora.

### 5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



## 6. PRESUPUESTO

<b>PRESUPUESTO</b>		
	<b>DIARIO</b>	<b>MENSUAL</b>
<b>UNIVERSIDAD</b>		
<b>DIRECTOR</b>		
ING. JULIO CESAR DIAGO		
<b>CONTRATANTE</b>		
INGDCO SAS		
SMMLV		1,000,000.00
ARL - POSITIVA RIESGO V		69,600
Computador		
Papeleria		16,000
<b>ESTUDIANTE</b>		
Transporte	12,400	297,600
Alimentación	6,500	130,000
Otros	4000	80,000
<b>TOTAL</b>		

## 7. SISTEMA DE GESTION DE LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO

PROCEDIMIENTO N° PR-SST-01

### PROCEDIMIENTO DE TRABAJO EN POZOS DE CIMENTACION O CAISSON.

FECHA: mayo 12/2022, Versión: 001

Observando la importancia de la seguridad y la salud en el trabajo se anexa el sistema de seguridad que se llevó a cabo en la obra por la empresa **INGDCO SAS**.

- a) Riesgos que pueden encontrar (lesiones fisiológicas, lesiones graves, atmosfera toxica deficiente o enriquecida de oxígeno, inerte y explosiva) y las precauciones necesarias.
- b) utilización de equipos de ensayo de la atmosfera.
- c) Procedimientos de rescate básico y evacuación de víctimas, así como de primeros auxilios.
- d) utilización de equipos de salvamento y de protección respiratoria.
- e) sistemas de comunicación entre interior y exterior con instrucciones detalladas sobre su utilización.
- f) Tipos adecuados de equipos para la lucha contra el fuego y como utilizarlos.

- **Centro de capacitación y entrenamiento de trabajo en espacios confinados.** Espacio destinado para la formación de personas en procedimientos para el trabajo en espacios confinados, que cuenta con la infraestructura adecuada para desarrollar y fundamentar el conocimiento y las habilidades necesarias para el desempeño del trabajador y la aplicación de las técnicas relacionadas con el uso de equipos y configuración de sistemas de trabajo en este tipo de espacios.
- **Condiciones de ingreso aceptables.** Condiciones mínimas que deben existir en un espacio confinado antes de que un colaborador autorizado pueda acceder en ese espacio, que garanticen la seguridad durante el desarrollo de la actividad dentro del espacio confinado.

- **Contratante.** persona que suscribe un contrato asumiendo los distintos derechos y obligaciones del mismo.
- **Contratista.** es la persona o empresa que es contratada por otra organización o particular para la construcción de un edificio, carretera, instalación o algún trabajo especial, como refinerías o plataformas petroleras.
- **Coordinador de trabajo en altura.** colaborador designado por el empleador, que tiene el entrenamiento requerido, se ha considerado competente y está certificado para manejar riesgos con trabajos en alturas. Así mismo esta Certificación debe ser de acuerdo con las normas actuales de competencia laboral para trabajo seguro en alturas. La persona designada debe tener mínimo un año de experiencia relacionada con trabajo en alturas. El coordinador es responsable por autorizar los permisos de trabajo en altura.
- **Equipo de protección contra caídas.** Todos los equipos asociados con equipo de restricción o prevención contra caída, por ejemplo: Arnés de cuerpo completo, dispositivos de Anclaje Portátiles o fijos, Conectores de Anclaje Portátiles, Línea de vida, Frenos para líneas de vida, Conectores, Mosquetón, Eslinga de protección contra caídas. Mosquetones: Equipo metálico con resistencia mínima de 5.000 libras (22.2 kilo newtons - 2.272 kg)
- **Equipos de acceso (Andamios y plataformas de seguridad):** Sistema que sirven para acceder hasta el lugar donde se requiere realizar trabajos en alturas sin un sistema de protección contra caídas.
- **Eslinga de protección contra caídas:** sistema de cuerda, reata, cable u otros materiales que permitan la unión de cuerpo completo del colaborador al punto de anclaje.
- **Excavación.** Significa cualquier corte, cavidad, zanja, trinchera o depresión hecha por el hombre en la superficie del suelo mediante la remoción de la tierra.
- **Entrenamiento:** actividad realizada en un centro de capacitación y entrenamiento, cuyo fin es preparar el talento humano, mediante un proceso practico donde la persona comprende, asimila, incorpora y aplica conocimientos para obtener o mejorar habilidades



y destrezas requeridas en el desarrollo de actividades relacionadas con el trabajo en espacios confinados.

- **Etiquetado:** Colocación e una tarjeta en un circuito o equipo que haya sido desenergizado y bloqueado de acuerdo con un procedimiento establecido, indicando que el circuito o equipo está controlado y no puede ser operado hasta que se retire el dispositivo de bloqueo y la tarjeta.
- **Ingreso a espacios confinados.** Se considera cuando una persona autorizada o parte de ella, cruza el plan o punto de acceso al espacio confinado.
- **Inmediatamente peligroso a la vida y la salud (IPVS o IDLH, por sus siglas en ingles).** Una concentración en la atmosfera de cualquier sustancia toxica, corrosiva o asfixiante que representa una amenaza inmediata para la ida o causaría efectos adversos irreversibles o retardados para la salud o interferiría con la capacidad de un individuo para escapar de una atmosfera peligrosa.
- **Mantenimiento de equipos de medición.** Proceso mediante el cual una persona idónea se realiza todo *tipo* de mantenimiento del equipo de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
- **Monitoreo estratificado.** Medición que se debe realizar en la parte superior, media e inferior del espacio confinado, garantizando que se realiza con muestreos en distancias no mayores de 1,2 m y en periodos que tienen en cuenta el tiempo de respuesta del medidor.
- **Peligro asociado:** es el proveniente de actividades, productos, procesos o servicios existentes en el sector del trabajo, pero no relacionados a la actividad desarrollada por la empresa.
- **Peligro emergente:** es el proveniente de la actividad principal definida en este procedimiento.

- **Peligro:** fuente o situación con potencial para producir daños temporales o permanentes a las personas, enfermedades laborales, daños a la propiedad, al medio ambiente o a una combinación de ellos.
- **Pozos de Cimentación o Caisson:** Es un tipo de cimentación semi-profunda, utilizada cuando los suelos no son adecuados para cimentaciones superficiales por ser blandos. Se van construyendo en forma de anillos en el sitio, a medida que se va excavando en el terreno hasta la profundidad requerida. La sección transversal del caisson generalmente es circular, pero existen también secciones cuadradas, rectangulares o elípticas.
- **Punto de anclaje:** Punto seguro al que pueden conectarse equipos personales de protección contra caídas. Debe contar con una resistencia mínima de 5000 libras por persona conectada certificada a la rotura y un factor de seguridad, diseñados y certificados en su instalación por un fabricante y/o una persona calificada. Puede ser fijo o móvil según su necesidad.
- **Peligro inminente.** Aquella condición del entorno, acto crítico o práctica irregular que por su potencial se espera una alta severidad de sus efectos inmediatos o a corto plazo, que pueden comprometer fisiológicamente el cuerpo humano dando lugar a un accidente grave o causar la muerte. En general, se puede presentar por:
  - a) Ausencia de controles eficaces en términos de medidas de prevención y de protección.
  - b) Actos inseguros, ausencia de supervisión eficaz o condición solitaria del colaborador.
- **Procedimiento.** Forma específica de llevar a cabo una actividad o un proceso.
- **Prueba Funcional.** Proceso mediante el cual el equipo de detección de gases se expone a una concentración esperada de gas patrón con el fin de verificar la funcionalidad de los sensores instalados y las alarmas.
- **Polvos Combustibles:** Partícula sólida combustible que presenta riesgo de incendio o deflagración, cuando se suspende en el aire o en algún otro medio oxidante, superando un rango de concentración independientemente del tamaño de la partícula.

- **Riesgo:** combinación de la probabilidad de que ocurra un determinado evento peligroso y la magnitud de sus consecuencias.
- **Trabajo en Alturas:** Trabajo en altura se entenderá como el trabajo en el que exista riesgo de caer a 2.0 metros o más sobre un nivel inferior.
- **Zona de Respiración.** También zona respiratoria, el hemisferio de 0,3 m de radio que se extiende delante de la cara de la persona, centrado en el punto medio de la línea que une las orejas. La base del hemisferio es el plano que pasa por esa línea, la parte más superior de la cabeza y la laringe.

**COLABORADOR.** Todo colaborador que realice trabajos en espacios confinados debe cumplir como mínimo:

1. Todos los procedimientos de salud y seguridad en el trabajo establecidos por el empleador y/o contratante.
2. Monitorear el espacio de trabajo e identificar los posibles riesgos. Informar de lo observado al empleador y/o contratante antes de iniciar la labor.
3. Utilizar las medidas de prevención y protección, acorde con la clasificación del o de los espacios confinados que sean definidas por el empleador y/o contratante.
4. Informar al empleador y/o contratante sobre cualquier condición de salud que le pueda generar restricciones, antes de realizar cualquier tipo de trabajo en espacios confinados.
5. Asistir a las capacitaciones programadas por el empleador y/o contratante y aprobar satisfactoriamente las evaluaciones, así como asistir a los reentrenamientos.
6. Reportar al supervisor de trabajo en espacios confinados el deterioro o daño, alistamiento y verificación de funcionamiento de los sistemas individuales o colectivos de prevención y protección en espacios confinados.
7. Informar los riesgos de la configuración del espacio confinado.

8. Participar en la elaboración y el diligenciamiento del permiso de trabajo en espacios confinados, así como acatar las disposiciones de este.

9. Conocer los peligros y controles que se han definido para realizar el trabajo en espacios confinados, así como las acciones requeridas en caso de emergencia.

10. Verificar los resultados del monitoreo inicial y durante el desarrollo de la actividad, con relación a las condiciones atmosféricas del espacio confinado y su registro, además de asegurar el ingreso.

**Supervisor para trabajo en espacios confinados.** Residente de obra, maestros de obra, contratistas y responsables de Seguridad y Salud en el Trabajo, serán los encargados de supervisar el desarrollo de las actividades, cuando se requiera permiso de trabajo, coordina el ingreso; autorizando, rotando, negando, suspendiendo o cancelando el permiso en los espacios confinados en el mismo centro de trabajo o áreas cercanas a las que pueda acudir de forma inmediata. Debe ser de fácil identificación.

**Vigía para trabajo en espacios confinados.** Colaborador que debe permanecer en la entrada del espacio confinado, sus responsabilidades entre otras son:

a) Verificar las condiciones de ingreso seguras al espacio confinado, monitoreo y en caso de una situación crítica deberá activar el plan de respuesta a emergencia.

b) Vigilar las operaciones de entrada cuando haya colaboradores de más de un empleador y/o contratante ejecutando actividades en el espacio confinado.

**Trabajador entrante.** Es el colaborador capacitado autorizado para realizar las actividades encomendadas por el empleador y/o contratante dentro del espacio confinado, cumpliendo las medidas de prevención y protección del programa de gestión para trabajo en espacios confinados.

**Excavación y fundida del Caisson:** Oficial y ayudante con competencia para trabajo en espacios confinados y certificado para trabajo en alturas con nivel avanzado.

## **ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

- Casco Tipo 11 con barbuquejo de tres puntos.
- Guantes de carnaza y plásticos.
- Botas de seguridad con puntera.
- Protección Visual.
- Protección Auditiva.
- Protección respiratoria.
- Sistema de protección anti caída (trípode, puntos de anclaje, línea de vida vertical, Arrestado de caída, mosquetón y arnés.

## **PROCEDIMIENTO SEGURO**

### **Antes de iniciar actividades.**

**Detección de gases:** Se considerará una atmósfera peligrosa en las labores de excavación cuando el nivel de oxígeno este por debajo de 19.5% (asfixiante) o por encima de 23.5 %, cuando haya presencia de gases tóxicos o inflamables o cuando haya la posibilidad de que alguno de estos riesgos se presente (por ejemplo, almacenamiento de combustibles o químicos junto a la excavación).

En tal razón:

- Se deben realizar mediciones previas a la realización de los trabajos en espacios confinados, la medición deberá realizarse desde el exterior o una zona segura.
- En caso de que no pueda avanzar desde el exterior la totalidad del espacio se deberá ir avanzando paulatinamente, haciendo un monitoreo estratificado y con las medidas preventivas necesarias desde zonas totalmente controladas, y en caso de encontrar riesgos o atmósferas peligrosas realizar la reevaluación del riesgo pertinente.

Si el nivel de alguno de los gases presentes, según lo indique la Hoja de Seguridad (MSDS), o la concentración de oxígeno están fuera de los límites permisibles:

- Se deberá instalar Ventilación mecánica, teniendo en cuenta que los gases ventilados no generen riesgos para los colaboradores o las casas cercanas.

No se permitirá el ingreso a una excavación si:

- La concentración de Oxígeno es inferior a 19.5% o por encima de 23.5 %.
- Por acumulación de agua.

#### **Colaborador.**

- Solicitar e inspeccionar el sistema de protección anti caída.
- Diligenciar formatos de permisos de trabajos en espacios confinados y de alturas autorizados por el coordinador de alturas.
- Cuando hay presencia de agua subterránea o de lluvias se deberá bombear (motobomba eléctrica).
- Despejar el área donde se realizará el trabajo.

#### **Responsable de la Seguridad y Salud en el Trabajo.**

- Verificar que los sistemas de acceso al pozo sean seguros, como la línea de vida, arnés, trípode, puntos de anclaje los cuales serán utilizados para descender al pozo de cimentación o caisson.
- Verificar que el trabajo a realizar será ejecutado por MÍNIMO dos personas. Se prohíbe realizar cualquier trabajo en espacios confinados de forma individual o aislada.
- Dictar charla pre operacional sobre los riesgos y los peligros emergentes como también asociados a los que están expuestos durante la ejecución de la actividad.

**Durante la actividad.**

- Señalizar y demarcar el área de trabajo, estas deben estar instaladas 2 metros del borde del pozo de cimentación o caisson.
- El colaborador que este en el fondo de la excavación circular debe tener arnés con línea de vida controlada desde la superficie.
- Tener comunicación verbal constante con la persona que está dentro de la excavación.
- Para retirar el material excavado, se debe subir por medio de molinetes a peso firme. La manila debe estar libre de nudos, estar en buen estado.
- Debe tener un diámetro mínimo de 5/8.
- Debe contar con un dispositivo de frenado
- El gancho debe tener por lo menos dos guías para cuidar que el balde se zafe.
- Emplear baldes en buen estado.
- El área debe permanecer despejada para evitar caída de material.
- El colaborador que está en la excavación debe permanecer fuera del área del recorrido del balde.
- El colaborador que este dentro de la excavación debe realizar cambio de turno cada 2 horas, con el ayudante.
- Deterioro del talud como grietas, desprendimientos, caída de material que evidencien la posibilidad de derrumbamiento.

ANEXO 8. COPIA CARTA DE PRESENTACIÓN

ANEXO 9. COPIA CARTA DE ACEPTACIÓN

ANEXO 10. COPIA CARTA DE CALIFICACION

ANEXO 11. COPIA AFILIACIÓN ARL