



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA

**“PROCESO CONSTRUCTIVO DEL EDIFICIO
DE AERONÁUTICA EN QUERÉTARO”.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

VICENTE ALONSO JERÓNIMO

DIRECTOR DE TESIS:

ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2014



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señor

VICENTE ALONSO JERÓNIMO

Presente

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/47/2013

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA CIVIL

"PROCESO CONSTRUCTIVO DEL EDIFICIO DE AERONÁUTICA EN QUERÉTARO"

INTRODUCCIÓN

I. MECÁNICA DE SUELOS

II. CIMENTACIÓN

III. ESTRUCTURA METÁLICA

IV. ALBAÑILERÍA E INSTALACIONES

V. ACABADOS

VI. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 12 de Septiembre de 2014

EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTT

A Dios:

Por llenar mi vida de dicha y bendiciones.

A mí Madre Agustina:

Por haberme traído al mundo, con tu ayuda y constante cooperación has estado siempre pendiente de mis luchas diarias, no importando las adversidades, te has sacrificado incondicionalmente conmigo, con tus cuidados y atenciones fuiste mi motor para llegar al final de esta carrera. Soy afortunado de contar con tu amor y ejemplo, gracias por la confianza, cariño y comprensión.

A mis hermanos Alejandro, Laura y Jorge

Por estar siempre a mi lado y apoyarme sin condiciones. Gracias por regalarme momentos simpáticos y agradables. Sé que cuento con ustedes siempre.

A mí tía Eusebia

Agradezco de todo corazón por brindarme su apoyo y confianza.

A mis tíos, primos y amigos:

Quienes con su amistad me motivaron al término de esta tesis, gracias por enseñarme el valor de la familia.

A mí director de tesis el Ing. Marcos Trejo Hernández

Por su valiosa ayuda y sabios consejos en la conclusión de este trabajo.

A Brenda Díaz:

Por estar conmigo y ser un motivo de inspiración, gracias por compartir mi vida y mis logros.

Objetivo:

El presente trabajo está enfocado a exponer el procedimiento constructivo del edificio de Aeronáutica en Querétaro, considerando un criterio adecuado que permita llevar a buen término la construcción de este inmueble, tomando en cuenta los trabajos previos y durante el proceso de ejecución de la obra, haciendo referencia tanto en la aplicación de los elementos de control, así como al uso del programa de obra, considerando que es un espacio destinado a servicios educativos, esto con la finalidad que el lector tenga una idea clara de cómo se lleva a cabo dicho proceso.

INTRODUCCION.....	01
-------------------	----

CAPITULO 1- Mecánica de suelos.

1.1 Exploración.....	08
1.2 Análisis de la información.....	10
1.3 Tipo de cimentación.....	18
1.4 Capacidad de carga.....	18
1.5 Relleno.....	19
1.6 Recomendaciones a partir del estudio de mecánica de suelos.....	19

CAPITULO 2- Cimentación.

2.1 Preliminares.....	21
2.2 Perforación del terreno para el hincado de pilas.....	22
2.3 Colocación de acero en pilas.....	28
2.4 Colado de concreto en pilas.....	30
2.5 Excavación de cepas.....	33
2.6 Descabece y cepillado de pilas.....	34
2.7 Plantilla de concreto.....	36
2.8 Cimbra de cimentación.....	36
2.9 Colocación de concreto en dados y trabes de liga.....	38
2.10 Retiro de cimbra.....	39
2.11 Rellenos de tepetate.....	39
2.12 Ventajas y desventajas del uso de pilas de cimentación.....	39

CAPITULO 3.- Estructura Metálica

3.1 Consideraciones generales.....	41
3.2 Planos de taller.....	42
3.3 Armado previo en el taller.....	47
3.4 Preparación de superficies y pintura.....	47
3.5 Recepción almacenamiento y manipulación de estructura.....	48
3.6 Programación de montaje de estructura.....	48
3.7 Montaje de estructura.....	52
3.8 Losas de entrepisos.....	56
3.9 Montaje de placas de poliestireno.....	58
3.10 Instalación de conectores de corte tipo Nelson.....	63
3.11 Perforación de pasos de tubería de instalaciones.....	63
3.12 Apuntalamiento.....	64

CAPITULO 4.- Albañilería e instalaciones

4.1 Albañilería.....	65
4.2 Malla electrosoldada 6-6/10-10.....	65
4.3 Vaciado de concreto en entrepisos.....	66
4.4 Pisos de concreto en planta baja.....	68
4.5 Escaleras.....	70
4.6 Cisterna.....	72
4.7 Instalación eléctrica.....	74

4.8 Subestación eléctrica.....	74
4.9 Tuberías conduit.....	75
4.10 Instalación de voz y datos.....	76
4.11 Instalación hidráulica.....	77
4.12 Planos de instalación hidráulica.....	78
4.13 Instalación sanitaria.....	81
4.14 Planos de instalación sanitaria.....	82
4.15 Instalación pluvial.....	84

CAPITULO 5.- Acabados.

5.1 Los acabados.....	87
5.2 Muros perimetrales de fibrocemento.....	88
5.3 Muros divisorios interiores.....	89
5.4 Muros de panel de yeso.....	90
5.5 Muros de panel de yeso resistente a la humedad.....	91
5.6 Colocación de loseta cerámica.....	93
5.7 Plafones lisos,.....	98
5.8 Plafones reticulares.....	104
5.9 Pintura.....	105
5.10 Puertas de carpintería.....	106
5.11 Cancelería de aluminio.....	107
5.12 Instalación de muebles de baño.....	110
5.13 Impermeabilización.....	111

- Conclusiones.....	113
- Glosario.....	115
- Bibliografía.....	118

Introducción

La industria de la construcción es uno de los principales sectores en nuestro país por su peso económico. Hoy en día este principal sector tiene un crecimiento lento, debido a la poca inversión en infraestructura que se realiza en el país.

El proceso constructivo de toda obra lleva un seguimiento rígido por un plan de trabajo específico, denominado programación de obra, en el cual se hace una clasificación siguiendo un orden coincidente con el desarrollo de la obra a ejecutar. La construcción de edificaciones es el resultado de un orden sucesivo de subprocesos dentro de los cuales debe existir cierta logística, y organización para optimizar los recursos con que se cuenta. Para esto es necesario conocer las técnicas de construcción, las condiciones del lugar, saber interpretar los planos, y toda la documentación que se elaboró previamente, sin embargo, se sabe que la complejidad de una construcción varía según el tamaño y la tecnología utilizada para cada proyecto, y que se requiere profundizar mucho más de lo que se ha abordado, aunque el objetivo específico no es profundizar en cada especialidad sino más bien tener una idea clara de la secuencia de cada proceso constructivo.

El presente trabajo está enfocado a exponer el procedimiento constructivo del edificio de Aeronáutica en Querétaro, considerando un criterio adecuado que permita llevar a buen término la construcción de este inmueble, tomando en cuenta los trabajos previos y durante el proceso de ejecución de la obra, considerando que es un espacio destinado a servicios educativos, esto con la finalidad que el lector tenga una idea clara de cómo se lleva a cabo dicho proceso.

Definido el lugar de la construcción, el primer paso fue visitar el sitio para realizar las pruebas físicas como son los sondeos para obtener muestras físicas representativas de los diferentes estratos del terreno, identificar el nivel de aguas freáticas, obtener la capacidad de carga del terreno, etc. Este estudio tiene la finalidad de identificar el tipo de material que se encuentra en el suelo, para poder así determinar la **cimentación** más adecuada.

El terreno se encuentra situado dentro del predio que actualmente ocupa el Aeropuerto Intercontinental de Querétaro, comunidad Navajas, municipio el Marques, Querétaro. La propiedad se encuentra en la actualidad libre de edificaciones. *Ver imagen 1.*



Imagen 1.

El lugar dentro del cual se pretende desarrollar el presente proyecto tiene una superficie aproximada de [1,202.27] m². El lugar no presenta desniveles apreciables en el nivel de piso de la calle, y es sensiblemente horizontal en toda su superficie.

Se estudiaron varias alternativas para el proyecto de conjunto. Del análisis de estas alternativas, se llegó a la conclusión de que la opción más viable, era considerar un proyecto que proporcione una utilidad tanto al plantel como a la comunidad en servicios culturales, auditorio, biblioteca y exposiciones temporales.

El edificio consta de tres plantas, respondiendo cada una de ellas al siguiente programa:

<p>• Planta baja:</p> <p>Recepción Vestíbulo-distribuidor y escalera Oficinas para profesor Aulas 05 Y 06 Aulas 07 Y 08 Sanitarios hombres y mujeres</p>	<p>• Primer nivel:</p> <p>Recepción Laboratorio de Química Laboratorio de Física Laboratorio 03 Sanitarios hombre y mujeres Biblioteca Pasillo de interconexión</p>
--	--

- Segundo Nivel:
- Distribuidor y escalera
 Salón de cómputo
 Sala de audiovisual
 Roof garden
 Pasillo de interconexión
 Tinacos

El proyecto consta de un edificio para nivel educativo superior para los cuales se distribuye de la siguiente manera:

CUADRO DE AREAS	m ²	
PLANTA BAJA	965.73	m ²
PRIMER NIVEL	979.27	m ²
SEGUNDO NIVEL	971.68	m ²
TOTAL DE AREAS	2,916.68	m ²

EXTERIORES	m ²	
CUBO DE ESCALERAS	29.05	m ²
BANQUETAS	241.97	m ²
PLAZA	117.41	m ²

LOTE	M ²	
POLIGONO	3305.11	m ²

POR ZONIFICACION	m ²
AULA TIPO 3 (AULA 5,6,7 Y 8)	78.95
LABORATORIO DE QUIMICA	156.38
LABORATORIO FISICA	156.38
LABORATORIO 3	109.37
SANITARIO HOMBRES Y MUJERES	55.97
BIBLIOTECA	206.00
SALON DE COMPUTO	206.00
SANITARIO HOMBRES Y MUJERES	55.97
SALA AUDIO VISUAL	183.20
ROOF GARDEN	150.49

- Uso de la edificación: educación nivel superior.
- Superficie total construida: [2,916.68] m² .

- **Cimentación**

La cimentación está resuelta por medio de pilas coladas in situ, para poder ejecutar estos trabajos el estructurista definió realizar pilas circulares de diámetros de 1.00 y 1.20 m. las cuales son de concreto premezclado $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$, armadas de acero en diferentes diámetros.

Realizada la perforación del terreno el siguiente paso es el hincado de acero por medio de una grúa.

Posteriormente se realizará la colocación de concreto por medio de tubería tremi.

Terminado el colado de las pilas se procederá a realizar el descabece de estas para colocar el cabezal el cual es de concreto armado, en diferentes dimensiones, las cuales son de 1.30x1.30x1.10 m. y 1.50x1.50x1.10 m. respectivamente, estos cabezales se unirán a la superestructura la cual es por medio de contratraveses de liga a base de concreto armado de sección 0.25X0.50 m.

- **Estructura metálica**

La estructura proyectada es a base de perfiles metálicos. Se colocaran 15 columnas tipo HSS de 14", 4 columnas tipo HSS de 16" y 2 columnas a base de tubo de $\varnothing= 24"$ ced. 40. Las vigas primarias y secundarias que se colocaran serán perfiles tipo IPR de diferentes secciones. Todas las piezas se fabricaron con planos de taller especificados y detallados.

El montaje se realizará con una grúa de características de acuerdo al tamaño y posición de las piezas. Toda la estructura se entrega en obra con una capa de primario anticorrosivo aplicada en el taller y se realizará retoque de pintura al término del montaje, para la estructura que sufra desgastes.

Se colocarán las columnas de acero por medio de una grúa de una capacidad de 20 ton, se fijaran a los dados mediante placas de acero de diferentes dimensiones según los planos estructurales.

- **Muros perimetrales e interiores**

Para esta obra se especifica construir muros perimetrales de 12 cm., a base de placas de fibrocemento (Durock), es un material constituido por una mezcla de cemento y fibra de vidrio.

Los muros divisorios al interior del edificio se dividen en dos:

- Muros de paneles de yeso estándar
- Muros de panel de yeso resistente a la humedad

- **Plafón**

Existen diferentes diseños, texturas y marcas a escoger, que cumplan con las especificaciones y características requeridas acorde a sus necesidades. Los plafones que se utilizarán en este edificio son los siguientes:

- De paneles de yeso, se instalan con el mismo tipo de placa que los muros. Sus bastidores son a base de canaleta de carga y canal listón en calibre 26 con una separación que va @ 60 cm. para placas de panel de yeso.
- De fibrocemento, llevan el mismo tipo de bastidor con canaleta y canal listón pero este será en calibre 20 y su separación máxima entre bastidores será @ 40 cm. o a cada 30 según especificaciones o diseño del constructor. Este bastidor se colgantea a la losa o estructura existente con alambre galvanizado del calibre No. 12 ó 14.
- Reticulados y desmontables, se armaran con sistemas a base de "Tee" de lámina esmaltada o aluminio, reticulada a las medidas que la placa requiera, con el mismo tipo de colganteo a la losa o estructura existente.

- **Loseta cerámica.**

Los acabados en el piso constituyen una forma de decoración que puede hacer grandes cambios en los espacios de nuestra obra.

En el edificio de la Universidad Aeronáutica se utilizará loseta cerámica modelo Borgogna II de dimensiones de 0.60 x 0.60 mts., en color smock., la cual se colocará en los pasillos del edificio, en las aulas, así como en los laboratorios de cómputo. En el área de sanitarios se instalará el mismo modelo de loseta cerámica anteriormente descrito, solo que las dimensiones son de 0.40 x 0.40 mts.

- **Escalera**

Se proyectaron dos escaleras con el mismo sistema constructivo a base de vigas de acero, para un hueco de 5.00 X 5.90 m. con una altura de 7.75 m. El forjado de escalones de la huella es de 0.30 m., y peralte de 0.16 m., a base se ángulo metálico, soldado a la estructura de acero. El colado de los escalones, así como el descanso es por medio de concreto $f'c=150$ kg/cm²., de 8 cm, de espesor. Se colocara un barandal metálico de 0.85 m. de altura con un pasamanos de tubo de 1 1/2", e intermedios de 1" y postes de PTR 1 1/2" con acabado en pintura color blanco.

- **Losas de entepiso**

Este tipo de losas está formado por dos capas de distintos materiales: una superior que constituye la cara vista de la losa y otra inferior resistente a base de poliestireno extruido armado con un elemento adicional en este caso malla electrosoldada 6-6/10-10. También lleva una silleta de varilla de 3/8" la cual une la nervadura.

- **Impermeabilizaciones**

Se aplicará una primera capa base la cual es de material acrílico, una vez aplicada la capa base se dejará secar totalmente la superficie, para inmediatamente aplicar la primera capa de impermeabilizante acrílico después se colocará la membrana de refuerzo la cual protegerá nuestra losa e impedirá el paso del agua, después se aplica la otra capa de impermeabilizante acrílico y se deja secar.

- **Carpintería**

Las puertas en el interior de las aulas serán de madera de pino y tendrán hojas abatibles, para barnizar, con molduras y tapajuntas a juego.

Los herrajes para las puertas serán de latón, del modelo que elija el cliente.

- **Cancelería**

La cancelería exterior de puertas y ventanas llevarán vidrio en color tintex verde de 6 mm. de espesor, sellado al aluminio con cordones de silicón transparente, por ambos lados. Será de resistencia suficiente a la acción del viento. Se preverá la holgura suficiente para absorber dilataciones y no transmitir vibraciones.

- **Red sanitaria**

Se dispone una red de evacuación con una ventilación primaria, reuniendo las aguas fecales y pluviales en un pozo de registro, del cual parte la acometida al alcantarillado urbano.

La red horizontal se efectuará a base de tubos de pvc, con una pendiente mínima del 1.5 % y los diámetros establecidos en el plano de saneamiento.

La conexión con el alcantarillado urbano se hará a través de un pozo de acometida preexistente, donde verterá la red general de saneamiento

Después de la terminación de cada unidad, se procederá a su limpieza total, eliminando todas las acumulaciones de residuos o materias extrañas de cualquier tipo.

- **Instalación hidráulica**

Se proyecta un suministro a partir de una acometida general situada a pie de terreno, que alimentará directamente a la cisterna. De esta última, se distribuirá el agua a los servicios del edificio mediante un equipo de bombeo y dos tinacos ubicados en la azotea, que contendrá una llave de corte para independizar parcialmente la instalación, se han previsto llaves de paso con el fin de independizarlos y poder efectuar reparaciones o sustituciones en los mismos sin afectar al funcionamiento del resto.

Los orificios en muros para su paso se realizarán con la suficiente holgura para permitir la dilatación, sellando el espacio alrededor del tubo para realizar una correcta impermeabilización.

- **Pintura y decoración**

Los muros del exterior se pintarán con pintura de esmalte color blanco. Los muros divisorios interiores y los plafones de edificio llevaran pintura vinílica color blanco, a dos manos.

CAPITULO 1.- MECÁNICA DE SUELOS.

El propósito del estudio de mecánica de suelos es determinar la capacidad de carga admisible del subsuelo, así como las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, para obtener el diseño apropiado de la cimentación que requiere el proyecto, dicho estudio comprende exploración, análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.



Imagen N° 1

1.1 Exploración

Para determinar las características del área en estudio, los trabajos de campo consistieron en la realización de cinco pozos a cielo abierto con una retroexcavadora, hasta una profundidad de 3.50 m. no interceptándose el nivel freático. Ver *imagen N° 2 y 3*



Imagen N° 2



Imagen N° 3

En el plano N° 01 se puede visualizar la ubicación de los sondeos.

Adicionalmente se realizó el ensaye de penetración estándar (Estándar Penetration Test), de acuerdo a la Norma ASTM D 1586-84, con el objeto de determinar el valor “N”, *Ver imagen No. 4 y 5.*



Imagen N° 4



Imagen N° 5

La Prueba de Penetración Estándar, consiste en hincar en el suelo un tubo partido de 50 mm de diámetro exterior y 35 mm de diámetro interior, por medio de un martinete de 63.5 kg de masa, el cual se deja caer libremente desde 76 cm de altura y se registra el número de golpes para los 30 cm intermedios de penetración, a este número se le llama resistencia a la Penetración Estándar o valor “N” que sirve de base para el análisis de la capacidad de carga.

Las muestras fueron debidamente protegidas para evitar la pérdida de humedad y posteriormente se trasladaron al laboratorio para realizar las pruebas necesarias. Una vez efectuados los pozos, se volvieron tapar para evitar accidentes posteriores.

1.2 Análisis de la información.

En el laboratorio, todas las muestras se sometieron a las pruebas de clasificación visual y al tacto de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) y de humedad natural. En muestras alteradas seleccionadas se practicaron los ensayos de: límites de plasticidad, contracción lineal y análisis granulométrico por mallas.

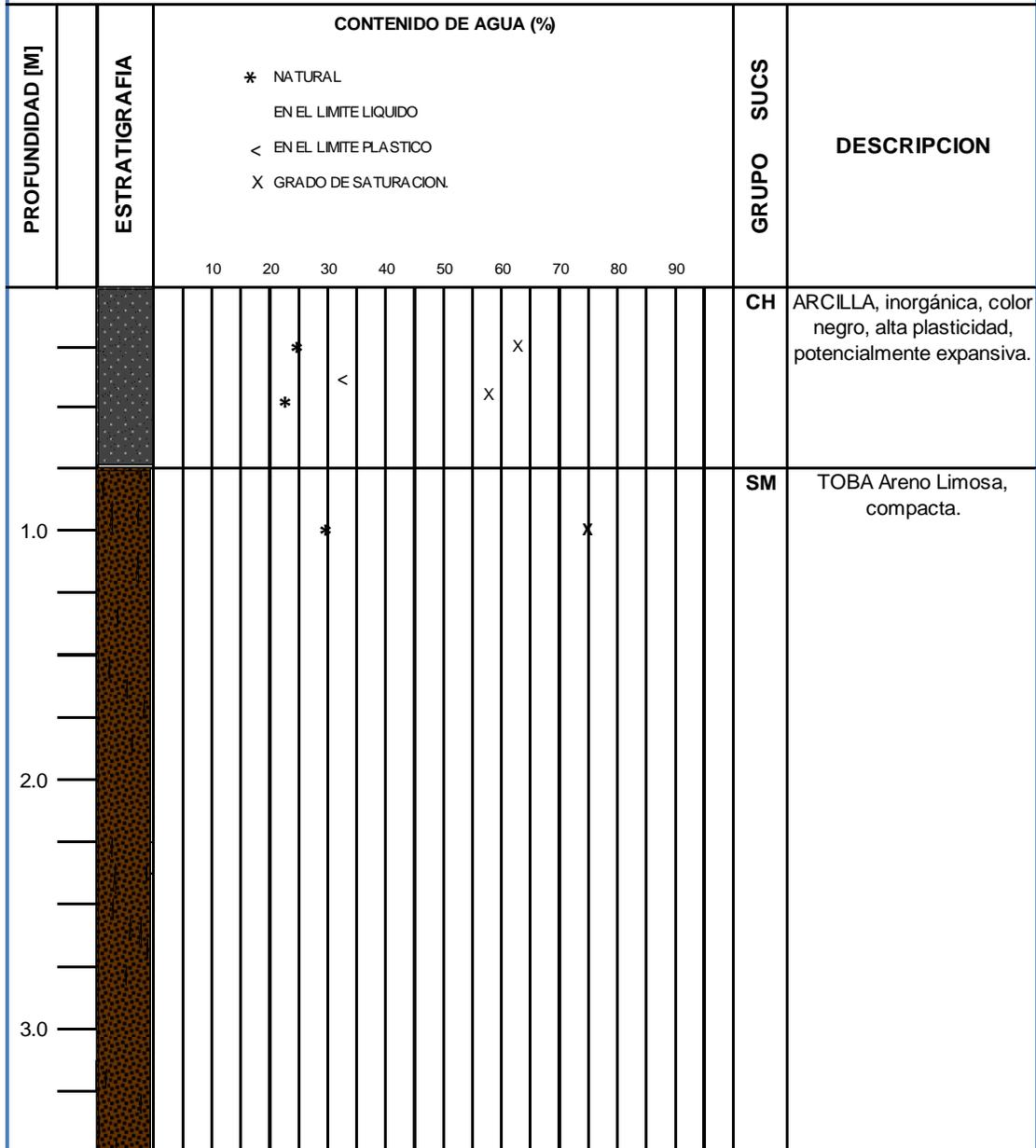
La superficie del terreno, manifiesta ligera pendiente al Oriente, donde se ubica un dren, por lo que no es susceptible de inundarse, factor favorable para el proyecto.

En la zona de influencia de los sondeos No 1 y 2 existe un estrato superficial de ARCILLA, inorgánica, color negro, plasticidad alta, potencialmente expansiva de 0.70 m de espesor promedio. El contenido de humedad varía entre 22% a 26% con grados de saturación de 55% a 65%, de acuerdo con sus características le corresponde en el S.U.C.S., el símbolo (CH).

Subyace Toba areno Limosa, compacta, el contenido de Arena varía entre 55% a 60% y Finos no plasticos (limo) entre 40% a 45%, del ensaye de penetración estándar, se obtuvo un valor promedio N=30. *Ver perfil estratigráfico N° 1 y 2.*

**MECANICA DE SUELOS
PERFIL ESTRATIGRAFICO**

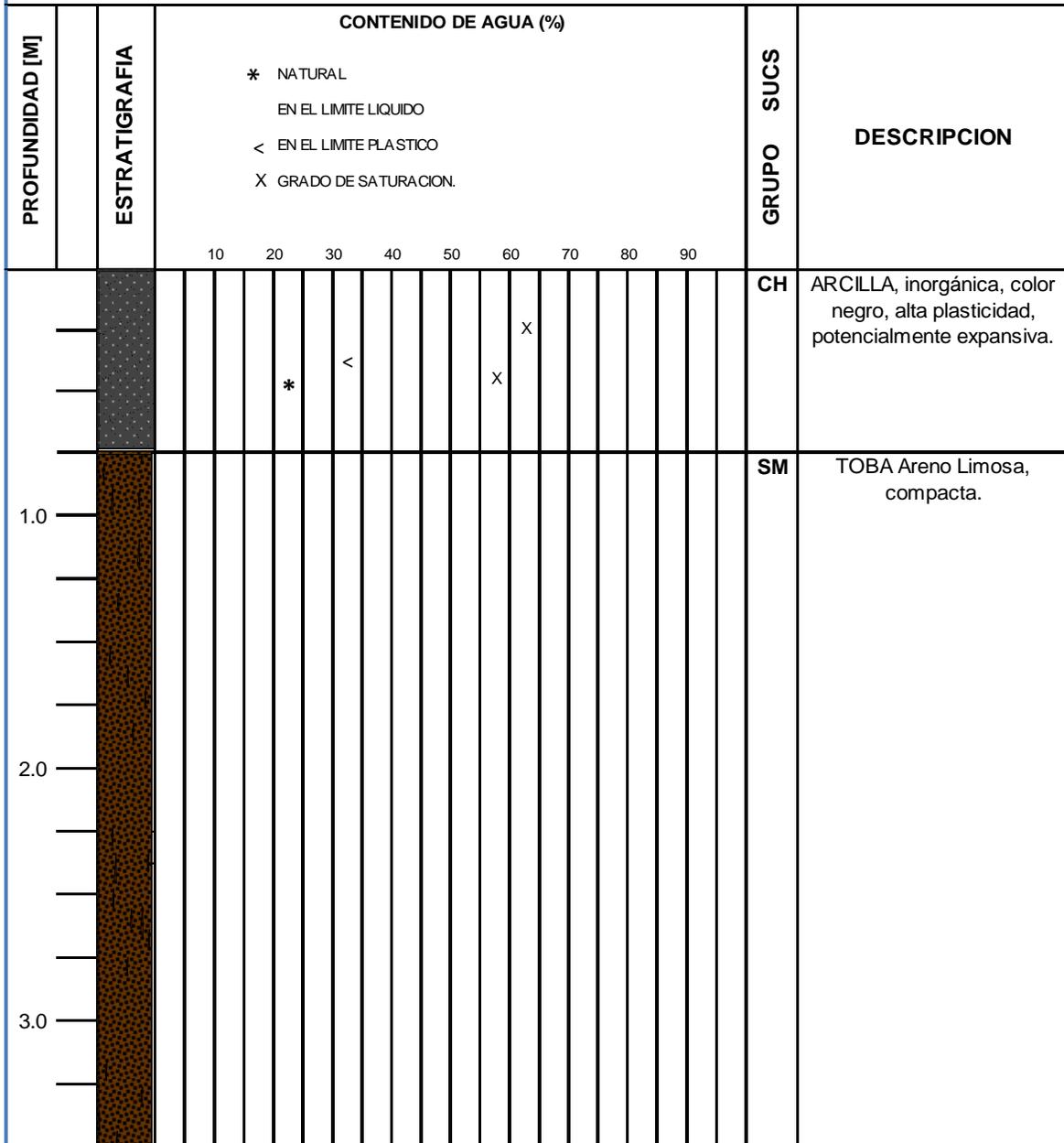
PROYECTO: Edificio, Universidad Aeronautica en Querétaro, Navajas, Mpio. El Marques, Qro.
 SONDEO: Pozo a Cielo Abierto No. 1



PERFIL ESTRATIGRAFICO N° 1

**MECANICA DE SUELOS
PERFIL ESTRATIGRAFICO**

PROYECTO: Edificio, Universidad Aeronautica en Querétaro, Navajas, Mpio. El Marques, Qro.
 SONDEO: Pozo a Cielo Abierto No. 2



PERFIL ESTRATIGRAFICO N° 2

En el área de influencia de los sondeos No. 3 y 4, existe relleno arcilloso, de 6.00 m. de espesor. El contenido de humedad varía entre 22% a 30% con grados de saturación de 55% a 75%, de acuerdo con sus características le corresponde en el S.U.C.S., el símbolo (CL).

Subyace Toba Arenosa Limosa, compacta, el contenido de Arena varía entre 65% a 68% y finos no plásticos (limo) entre 32% a 35%, del ensayo de penetración estándar, se obtuvo un valor promedio $N=30$.

Se infiere que la superficie original del terreno, estaba conformada por desniveles, y durante el proceso constructivo de las estructuras adyacente, el producto de la excavación se colocó en esta zona y se niveló la superficie. [Ver perfil estratigráfico N° 3 y 4.](#)

Adicionalmente en el piso del dren se efectuó un sondeo a 1.50 m de profundidad, lo que nos permite asegurar la existencia de esta toba, en el área del proyecto. [Ver perfil estratigráfico N° 5.](#)

**MECANICA DE SUELOS
PERFIL ESTRATIGRAFICO**

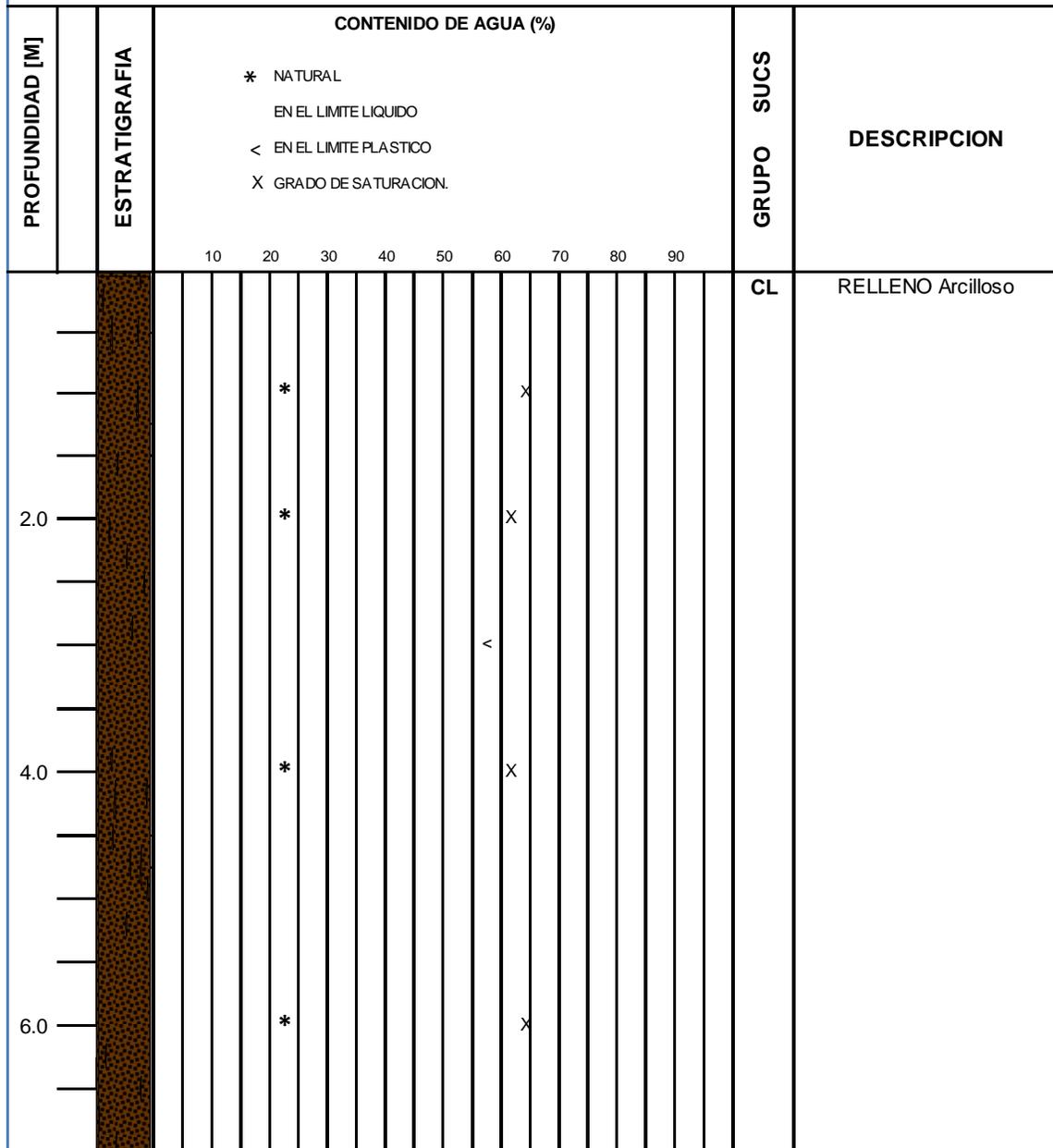
PROYECTO: Edificio, Universidad Aeronautica en Querétaro, Navajas, Mpio. El Marques, Qro.
 SONDEO: Pozo a Cielo Abierto No. 3

PROFUNDIDAD [M]	ESTRATIGRAFIA	CONTENIDO DE AGUA (%)										GRUPO SUCS	DESCRIPCION		
		10	20	30	40	50	60	70	80	90					
			*					X					CL	RELLENO Arcilloso	
2.0			*					X							
					<										
4.0			*						X						
6.0			*						X						

PERFIL ESTRATIGRAFICO N° 3

**MECANICA DE SUELOS
PERFIL ESTRATIGRAFICO**

PROYECTO: Edificio, Universidad Aeronautica en Querétaro, Navajas, Mpio. El Marques, Qro.
 SONDEO: Pozo a Cielo Abierto No. 3



PERFIL ESTRATIGRAFICO N° 4

**MECANICA DE SUELOS
PERFIL ESTRATIGRAFICO**

PROYECTO: Edificio, Universidad Aeronautica en Querétaro, Navajas, Mpio. El Marques, Qro.
 SONDEO: Pozo a Cielo Abierto No. 3

PROFUNDIDAD [M]	ESTRATIGRAFIA	CONTENIDO DE AGUA (%)										GRUPO SUCS	DESCRIPCION
		10	20	30	40	50	60	70	80	90			
0.0												SM	TOBA Areno Limosa
1.0													
2.0			*					X					
3.0			*					X					
3.5			*				X						

PERFIL ESTRATIGRAFICO N° 5

1.3 Tipo de cimentación.

Del programa de exploración, muestreo y ensayos de laboratorio de los materiales del subsuelo, las condiciones estratigráficas y el tipo de estructura a construir, se concluyó que la cimentación ideal fuese a base de Pilas coladas in-situ de concreto armado.

La profundidad de desplante de las pilas es:

- 8.0 m., a partir del nivel actual del terreno para anclar las pilas en la toba.

1.4 Capacidad de carga

Con los resultados del ensaye de penetración estándar, en la toba, se efectuó el análisis de capacidad de carga, para cimentación superficial, obteniéndose un valor de:

$$q_a = 30.0 \text{ ton/ m}^2$$

Las condiciones topográficas, estratigráficas y las propiedades del subsuelo nos permiten establecer el procedimiento constructivo:

1. Trazo de ubicación de las pilas.
2. Perforación del terreno para el hincado de las pilas, hasta una profundidad no menor de 8.00 m, para empotrarlas en la toba.
3. Colocación del armado y colado del concreto utilizando tubería tipo Tremí.
4. Unión de cabezal de las pilas con la superestructura.
5. Sustitución del suelo excavado por material inerte de banco, (tepetate compactado)
6. Es conveniente elevar el nivel de piso terminado, con respecto a las medidas del terreno natural, por lo menos 0.80 m, para evitar alguna eventual inundación.

7. El espesor total del terraplén quedara conformado de la siguiente manera:

- Excavación..... 1.20 m.
- Sobrenivel respecto al terreno natural 0.80 m.
- El espesor total del terraplén es 2.00 m.

1.5 Relleno.

Para conformar el relleno bajo el área de pisos, deberá utilizarse material inerte de banco (tepetate compactado en capas), a 90% de su peso volumétrico seco.

Para la construcción del terraplén se recomienda el siguiente procedimiento:

1. Colocar material inerte, con humedad cercana a la óptima del ensaye proctor, la cual es una prueba de laboratorio y sirve para ver el grado de compactación y la humedad optima cuando se están compactando un suelo.
2. compactar el material al 90% del peso volumétrico seco máximo.
3. verificar en cada una de las capas, el grado de compactación logrado.

1.6 Recomendaciones a partir del estudio de mecánica de suelos.

El predio del proyecto está constituido por relleno y arcilla, potencialmente expansiva, encubriendo Toba, apta para el apoyo de la cimentación, por lo que se sugiere:

- a) En el área de construcción se requiere retirar la totalidad del relleno y arcilla y sustituir por material inerte, tepetate compactado.
- b) Por las características estratigráficas, para la cimentación se plantea: **Pilas coladas in-situ.**
- c) Para la cimentación a base de pilas, se podrá definir su geometría, diámetro y longitud, una vez conocidas las descargas de la superestructura.

-
- d) Se recomienda que la superficie terminada del terraplén se ubique a cotas por arriba del nivel del terreno circundante, para evitar alguna eventual inundación.
 - e) El tepetate deberá compactarse en capas, con humedad óptima y un grado de compactación de 90% del peso volumétrico seco máximo.
 - f) El material deberá ser inerte y cumplir con las especificaciones de la S.C.T. y verificar en cada una de las capas, el grado de compactación logrado.
 - g) El diseño de los detalles es muy importante, cuando la red de drenaje queda bajo los pisos, puede ser fuente de problemas, para asegurar el buen funcionamiento se recomienda utilizar Tubería corrugada de Polietileno de alta densidad (PEAD) y para la red de agua potable se sugiere utilizar Tuboplus, Rotoplas fusionado.
 - h) Se propone que para proteger las estructuras contra la entrada del agua, la superficie de las plazas deberán contar con pendiente hacia el centro, para recolectar el agua de lluvia en rejillas conectadas a tuberías y desalojarla por el dren.
 - i) Se sugiere que las bajadas de agua pluvial se conecten directamente a la red de drenaje para evitar que esta penetre al subsuelo.
 - j) Si el proyecto requiere la construcción de cisternas, deberá comprobarse la impermeabilidad tanto del recipiente como de sus accesorios.
 - k) En la ciudad de Querétaro, existe una cantidad significativa de litigios por daños producidos a las estructuras ligeras, por los cambios de volumen (expansión y/o contracción) de la arcilla, para evitar problemas de esta naturaleza se recomienda supervisión cuidadosa de todos los trabajos a efectuar en el subsuelo, tales como despalmes, calidad del material inerte, compactación, tuberías herméticas, depósitos de almacenamiento de agua, impermeables, redes hidráulicas, supervisando su impermeabilidad antes de entrar en operación.
 - l) Los métodos preventivos incrementan los costos, pero la decisión de no tomar precauciones pueden repercutir en un comportamiento inadecuado de las estructuras.

CAPITULO 2.- CIMENTACION

2.1 Preliminares.

De acuerdo a las dimensiones de la obra fue necesario rentar una oficina, este espacio es para que se pudiera trabajar y realizar reuniones de personal técnico, la cual contaba con el equipamiento requerido en la obra como son equipo de cómputo, mesas de trabajo, papelería, etc.

También se edificó a la par una bodega para almacenar herramientas y materiales que necesitaban protección de la intemperie como son el cemento, la madera entre otros. Se construyó en un lugar que facilita la descarga de materiales.

El consumo de agua es indispensable en toda construcción en la elaboración y curado del concreto y en todos los trabajos de albañilería, por lo que este servicio debe ser gestionado desde el inicio de la obra. Los servicios sanitarios provisionales utilizados fueron rentados y colocados en lugares estratégicos para que no interfieran con la construcción.

La instalación eléctrica fue provisional y autorizado por el área responsable, se conectó a la red de servicio público. Se realizó esta instalación para los aparatos de soldadura, herrería, etc. Así como para la iluminación nocturna.

Las condiciones del suelo superficial no siempre son apropiadas para permitir el uso de una cimentación poco profunda, tal es nuestro caso ya que es preciso buscar estratos de apoyo más resistentes a mayores profundidades con elementos de cimentación que distribuyan la carga en un espesor grande del suelo, haciéndose necesario recurrir al uso de cimentación profunda.

Se denomina **cimentación** al conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados de este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

La finalidad de la cimentación es sustentar estructuras garantizando la estabilidad y evitar daños a los materiales estructurales y no estructurales. En ocasiones, cuando comenzamos a realizar la excavación para la ejecución de obra, podemos encontrar diversas dificultades para localizar el estrato resistente o firme donde queremos cimentar.

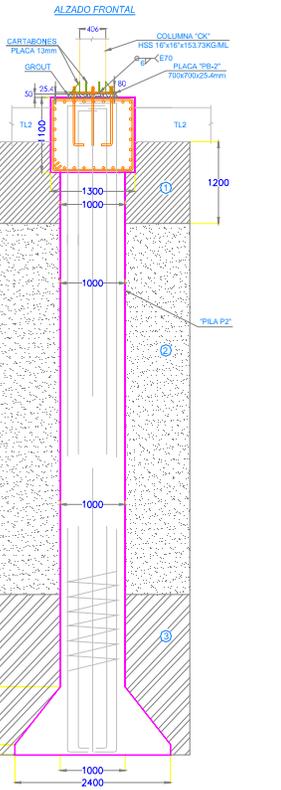
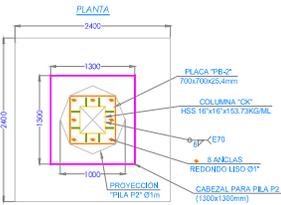
La base sobre la que descansa todo el edificio o construcción es lo que se le llama cimiento. La profundidad y la anchura de los mismos se determinan por cálculo, de acuerdo con las características del terreno.

Los cimientos, a fin de distribuir la carga, pueden extenderse horizontalmente, pero también pueden desarrollarse verticalmente hasta alcanzar estratos más bajos capaces de soportarla. En estos casos la solución es la cimentación profunda, que se constituye por medio de pilas hincadas y perforadas en el terreno, denominados pilas de cimentación.

Las pilas son elementos de cimentación con secciones mayores que la de los pilotes, ya que estos por lo regular tienen dimensiones menores a los 60 cm., los cuales también transmiten al subsuelo las cargas provenientes de una estructura y de la misma cimentación con el propósito de lograr la estabilidad del conjunto.

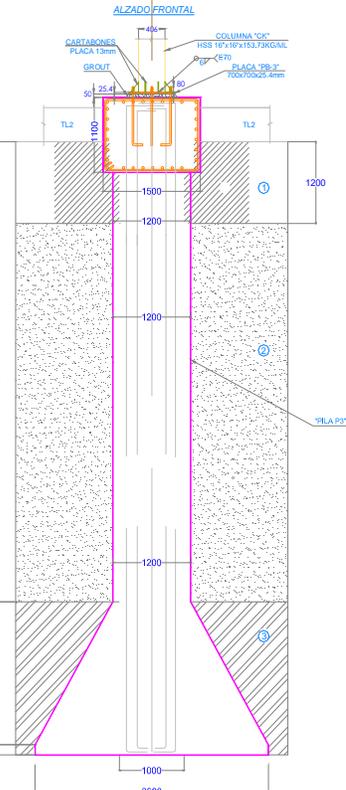
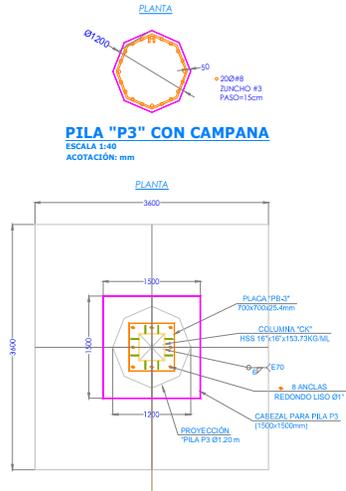
Las pilas se fabrican directamente en el subsuelo por lo que se les conoce como elementos fabricados -in situ- cuando los esfuerzos que se transmitirán al subsuelo son exclusivamente de compresión, las pilas pueden fabricarse prácticamente de cualquier material que tenga la resistencia requerida los cuales deben de ser estables durante la vida útil de la estructura que soportarán. Las características de los estratos del subsuelo, así como las condiciones del agua subterránea, definirán el material que deberá emplearse para la fabricación de las pilas, siendo los más utilizados el concreto premezclado.

La sección utilizada con mayor frecuencia es la circular, cuyo diámetro no debe de ser menor a 60cm., con el propósito de garantizar la calidad de la pila, pudiendo llegarse a especificar un diámetro de hasta 300 cm., si es que el comportamiento del subsuelo durante la fabricación de la pila lo permite. Cuando se requiere que el área de contacto con el estrato resistente sea mayor a la del diámetro de la pila, se utilizarán ampliaciones en la base cuyo diámetro no será mayor de tres veces al diámetro de la pila. Estas ampliaciones ó campana se realizaron en nuestro proyecto solo en las **pilas tipo P2 y P3**, respectivamente. Como se puede apreciar en *el Detalle N° 1*.



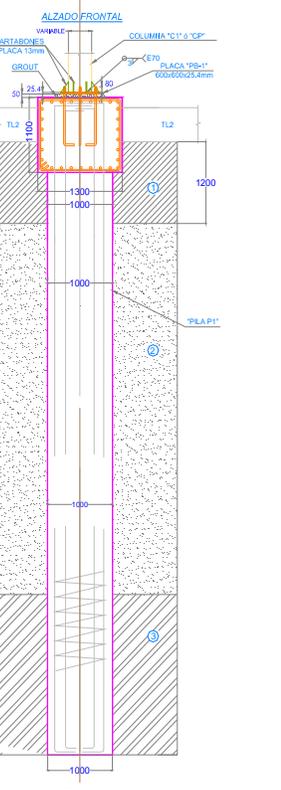
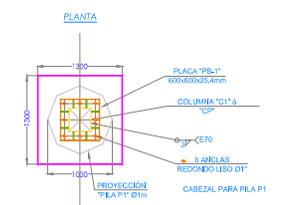
ESTRATIGRAFIA DEL SUELO SEGUN EL ESTUDIO GEOTECNICO

1	RELLENO CON TERRETE COMPACTADO AL 95% P.V. S.M. NORMA PROCTOR S.C.T. EN DONDE SE TENDRIA QUE QUITAR AL MENOS 1,20 m. DE LA ARCILLA EXISTENTE	
2	ARCILLA COLOR NEGRO	
3	TOBA ARENO LIMOSA COMPACTA	



ESTRATIGRAFIA DEL SUELO SEGUN EL ESTUDIO GEOTECNICO

1	RELLENO CON TERRETE COMPACTADO AL 95% P.V. S.M. NORMA PROCTOR S.C.T. EN DONDE SE TENDRIA QUE QUITAR AL MENOS 1,20 m. DE LA ARCILLA EXISTENTE	
2	ARCILLA COLOR NEGRO	
3	TOBA ARENO LIMOSA COMPACTA	



ESTRATIGRAFIA DEL SUELO SEGUN EL ESTUDIO GEOTECNICO

1	RELLENO CON TERRETE COMPACTADO AL 95% P.V. S.M. NORMA PROCTOR S.C.T. EN DONDE SE TENDRIA QUE QUITAR AL MENOS 1,20 m. DE LA ARCILLA EXISTENTE	
2	ARCILLA COLOR NEGRO	
3	TOBA ARENO LIMOSA COMPACTA	

Detalle N° 1

La perforación de pilas se ajustará al proyecto, verificando que la profundidad de desplante, el número y el espaciamiento de estos elementos correspondan a lo señalado en los planos estructurales. El procedimiento para la instalación de pilas debe garantizar la integridad de estos elementos y no se deben ocasionar daños a las estructuras e instalaciones vecinas por vibraciones o desplazamiento vertical y horizontal del suelo.

De acuerdo con la logística de los trabajos por realizar, se inició la construcción de la cimentación profunda con la fabricación de 17 pilas de concreto coladas in-situ, cuyos diámetros se especificaron en base a la mecánica de suelos y al proyecto estructural de 1.00 y 1.20 m., con longitud medida desde la plataforma de trabajo de 14 m. de profundidad.

2.2 Perforación del terreno para el hincado de pilas.

La perforación del terreno está diseñada de la siguiente manera:

Se iniciaron los trabajos con las pilas **tipo P3** por ser estas las de mayores dimensiones, además por conveniencia al procedimiento constructivo y también para dar rapidez a la obra, después se continuó con las pilas **tipo P2** y por último las pilas **tipo P1**. *Ver plano N° 5.*

Los trabajos de perforación se realizaron mediante el empleo de equipo mecánico, para lo cual se utilizó una perforadora hidráulica que es un equipo multifuncional diseñado para la ejecución de obras de pilotaje capaces de utilizar técnicas de trabajo distintas, ver *Imagen N°1*



Imagen N° 1

Las características generales de este tipo de maquinaria se observan en la siguiente tabla:

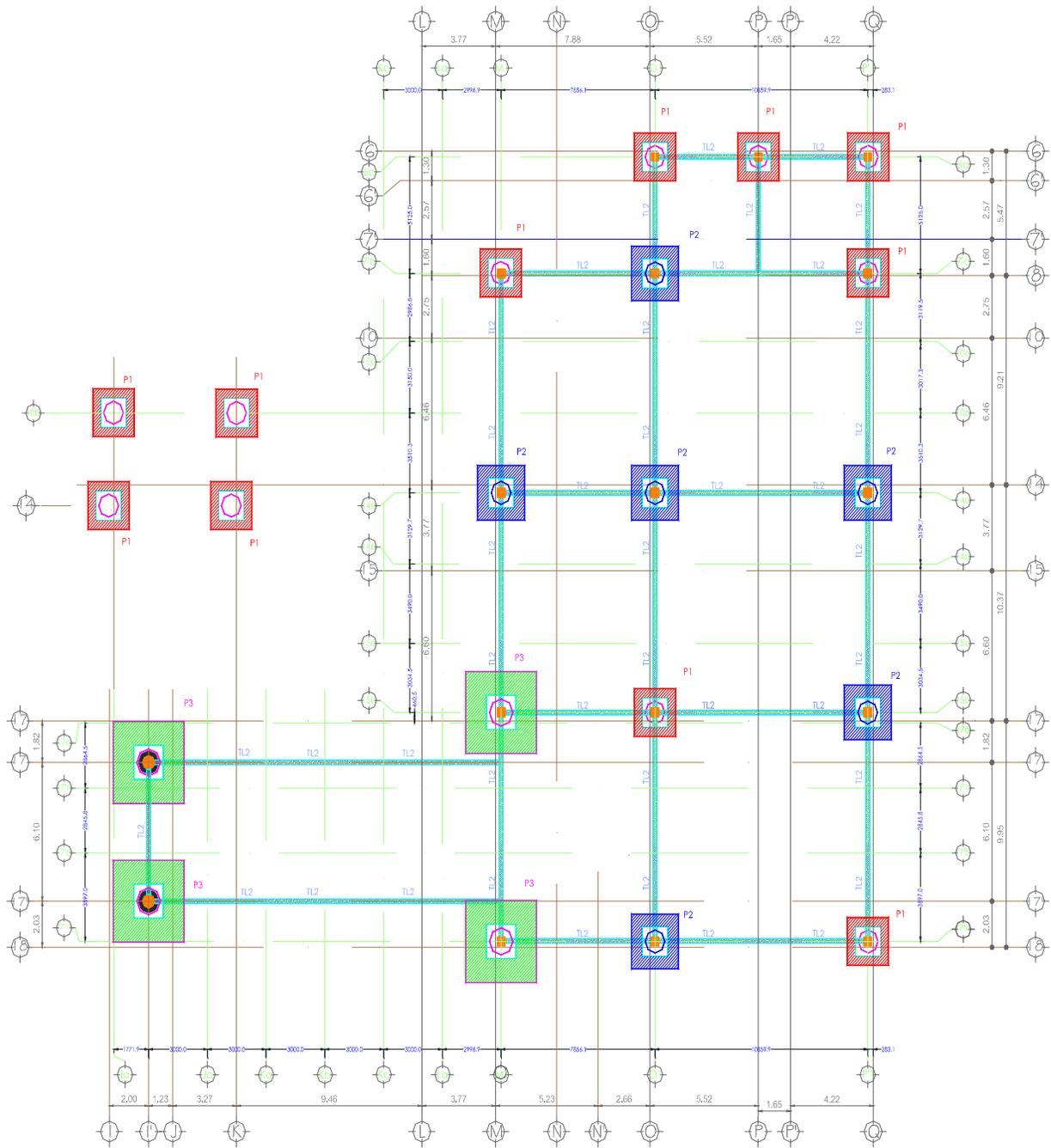
Peso	25 - 60 Ton.
Torque	10,000 - 18,000 kN/m.
Profundidad	Hasta 45 m
Diámetro	0.60 - 2.50 m.
Material	Dificultad media - alta
Altura de torre	13.60 - 20.50 m.
Ancho de acceso	3.6 - 4.0 m.

Características principales de las perforadoras hidráulicas.

Las características de la perforación, diámetro, profundidad, tratamiento de las paredes durante la perforación se efectuaron de acuerdo con lo indicado en el proyecto; sin embargo si en el curso del trabajo, las condiciones del subsuelo resultaran diferentes de las previstas, la residencia de obra tiene la facultad de dar las instrucciones correspondientes para modificar las características del proyecto y ajustar los procesos a la realidad del subsuelo dentro de lo cual también se le notifica por medio de notas de bitácora a la supervisión para que le den visto bueno a los trabajos.

Es indispensable que la construcción de las pilas las efectúe una empresa especializada, que tenga la experiencia y el equipo de construcción adecuados.

Para garantizar que la construcción se realice en forma continua, sin interrupciones y en el menor tiempo posible, previamente a la autorización del inicio de los trabajos, se verificó que la empresa contratista contará en obra con el equipo, herramientas y personal para la ejecución de los trabajos. Así mismo se marcó con ayuda de equipo topográfico en sitio la ubicación de las pilas de cimentación. ***Ver plano N° 02. En el cual se muestra la ubicación de las diferentes pilas.***



UBICACION PILAS DE CONCRETO

Plano N° 2

Ya trazados y localizados los centros de las pilas, checando el diámetro de la broca y el tipo de pila a construir, se inició la perforación del terreno con la **pila P3** por medio de la perforadora mecánica, la cual contiene un brocal de 1.20 m. de diámetro, que es el ancho de la pila. Es importante ir revisando el tipo de suelo que se está perforando y evitar al máximo los caídos o formaciones de oquedades.

Cuando se alcanza la profundidad necesaria o se llega a un estrato cohesivo, se detiene la excavación.

En el caso de las pilas **P2** y **P3** que llevan campana, cuando la perforación llegó a la profundidad marcada; se cambió la broca por un bote campanero que es una herramienta marcada para la pila y se activan unas extensiones laterales que van raspando la pared de la pila hasta abrir la campana al diámetro requerido.

Se preparó la superficie de trabajo con dimensiones tales que permitieron la disposición adecuada de los equipos y la ejecución de las maniobras necesarias para la perforación de pilas. Como se muestra en la **Imagen N° 2 y 3**.

Durante la perforación del terreno, se contó con la supervisión de la residencia de obra quien a su vez estaba apoyada por una supervisión externa especializada, capaz de garantizar que el desarrollo del trabajo se llevará a cabo con limpieza y seguridad.



Imagen N° 2



Imagen N° 3

Una vez concluida la perforación para cada pila, la residencia de obra junto con la supervisión externa efectuó una inspección visual directa del apoyo de cada pila. Verificando que la perforación quede empotrada en toda la longitud especificada dentro del depósito de apoyo y que su desplante se encuentre libre de azolve. La excentricidad máxima permitida durante la construcción de las pilas fué de 5 cm. Adicionalmente el desplome máximo permisible será de 0.5 % de la longitud total de la pila. En caso de excederse estas especificaciones deberá consultarse con los ingenieros estructuristas y de mecánica de suelos para tomar las decisiones que procedan.

2.3 Colocación de acero en pilas.

En el lugar de la obra, el acero, una vez recibido debe almacenarse bajo cobertizos clasificándolo según su marca, tipo, grado y diámetro, debiendo protegerse cuidadosamente contra la humedad y alteración química, esto es para evitar cualquier tipo de corrosión y oxidación que se pueda producir por estar a la intemperie. También se verificó que el acero de refuerzo esté libre de óxido suelto, lodo, aceite o cualquier otra capa que destruya o reduzca la adherencia con el concreto.

Al mismo tiempo se fué realizando en el sitio de la obra el armado de acero para las pilas de cimentación por lo que, la Pila "P-3" contiene un armado de 20 varillas del No.8 con zunchos del No. 3 y pasos de 15 cms. Es necesario revisar con cuidado el armado que lleva cada tipo de pila; checando el numero de varillas, diámetro de los armados y separación de estribos o zunchos. Por lo que se refiere al zuncho en vez de estribos, esto no trae ningún cambio estructural, solamente representa ahorro de material y tiempo del armado de las pilas. Las varillas deben corresponder al tipo, y número indicados en los planos de proyecto autorizados. Todo el acero debe estar sujeto con amarres de alambre recocido o con el tipo de sujeción que se especifique. *Ver detalle N° 2*



Detalle N° 2

Previamente armado el acero de refuerzo, el siguiente movimiento fue introducirlo dentro de la perforación del terreno con las especificaciones anteriormente mencionadas. Utilizando una grúa, se amarra al acero, se levanta hasta que quede totalmente vertical y se comienza a introducir el armado, siendo la longitud del acero igual a la profundidad de la pila. El acero debe quedar bien centrado para no tener problemas más adelante. Al colocar el acero dentro de las perforaciones se debe tener cuidado de que este no roce con la paredes y evitar caídos de material. Ver *Imagen N° 4, 5, 6 y 7*



Imagen N° 4



Imagen N° 5



Imagen N° 6



Imagen N° 7

2.4 Colado de concreto en pilas.

Concluido el habilitado del acero de refuerzo dentro de la pila se procedió a colocar el concreto en las perforaciones del terreno, el cual tiene las siguientes características:

- Tamaño máximo del agregado $\frac{3}{4}$ "
- revenimiento de 14 cm.
- Concreto $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$, debiendo mantenerse fluido durante todo el proceso de colocado, lo que puede implicar el uso de un retardante de fraguado.

Para realizar el colado de pilas se utilizó tubería tipo Tremie conocida en obra como trompa de elefante, la cual consta de una tolva ó embudo unido a tubos de goma llamados coples.

Antes de bajar el primer tramo de tubo Tremie, se selló por medio de una esfera de poliestireno o balón de látex la tubería, cuya función es evitar la segregación del concreto al iniciarse el colado. La unión entre cada tramo de tubería se realizó por medio de coples.

Los tramos de tubería o coples no serán mayores de 3 metros de largo y tendrán un diámetro mínimo de 8 veces mayor al del agregado grueso máximo con espesores de pared entre 6 y 8 milímetros. La tubería es perfectamente lisa por dentro y por fuera, acoplada en toda su longitud a fin de facilitar el flujo continuo y uniforme del colado y así evitar que dicha tubería obstruya el paso en el armado previamente instalado. El tramo que sobresalga en superficie se conectó a la tolva o embudo.

La boca de esta tolva debe quedar a una altura conveniente para que se pueda descargar directamente el concreto desde las ollas revolvedoras. Todo el conjunto se subirá o bajará durante el colado, por lo tanto deberá contarse con el equipo necesario para efectuar esos movimientos. Los tramos de tubo deben ser lo suficientemente resistentes y pesados para soportar el manejo de ésta.

Una vez colocada la tubería Tremie, se procedió a vaciar el concreto en la perforación. Para iniciar el flujo del concreto deberá llenarse la tubería y proceder a levantar ligeramente la boca de descarga para permitir que se rompa el sello en el extremo, por lo que el concreto fluirá y se desarrollará un montón alrededor de la boca de la trompa para establecer el sello.

Al iniciar el colado el extremo inferior de la tubería debe estar ligeramente arriba del fondo de la perforación para que permita la salida del tapón y del primer volumen de concreto; después de ello durante todo el colado el extremo interior de la tubería debe permanecer siempre embebido en el concreto fresco, para lo cual es indispensable llevar un registro continuo de los niveles reales de concreto alcanzados durante su colocación, para que en el momento que se juzgue conveniente se puedan retirar tramos de la tubería sin el riesgo de que esta quede fuera del concreto.

El concreto por utilizar deberá ser suficientemente fluido para que, sin necesidad de vibrarlo, penetre y se distribuya uniformemente por toda la pila. La boca de descarga de la trompa de colado no deberá quedar nunca ahogada menos de 1.00 metro en el concreto que se esté colando. Para ayudar al concreto a fluir al principio, podrá desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada en el concreto. Ver la *imagen N° 8 y 9.*



Imagen N° 8



Imagen N° 9

El concreto se vació en capas horizontales continuas de 25 a 30 cm de espesor cada una. Cada capa se acomodó y compacto en todo su espesor para que se obtenga un concreto que llene completamente los moldes y cubra en forma efectiva el acero de refuerzo.

El concreto no debe ser vaciado de golpe dentro de la tolva, lo anterior con el objeto de lograr un flujo suave y continuo por lo que no deben tenerse recesos o suspensiones mayores de 15 minutos esto con el fin de eliminar las juntas frías.

Es necesario llevar un riguroso control de colado midiendo en forma permanente la variación del nivel de la superficie del concreto y anotándolo en un registro con objeto de poder decidir el retiro oportuno de los tramos de la tubería de colado y programar adecuadamente el suministro de concreto para evitar los recesos.

Conforme se vaya llenando la perforación con concreto, se irá sacando la tubería Tremie hasta concluir el colado de la pila. El concreto a emplearse deberá cumplir con las especificaciones indicadas en el proyecto estructural correspondiente. El colado de la pila deberá quedar al nivel de plataforma existente para posteriormente descabezar la pila y ligarla a la zapata de cimentación de acuerdo a lo indicado en los planos estructurales correspondientes. Ver la **Imagen N° 10 y 11**



Imagen N°10



Imagen N°11

Se depositó concreto con revenimiento de 14 cm, condición necesaria para evitar oquedades ya que no es posible vibrarlo dentro de la perforación; el concreto fue conducido hasta el desplante de la perforación a través de la tubería Tremie, sistema que tiene como propósito evitar que se disgregue durante el colado y que éste no se contamine al fluir desde el fondo de la perforación, concluyendo así la fabricación de la pila hasta llegar al nivel deseado.

2.5 Excavación de cepas.

Después de estas actividades y siguiendo con los trabajos subsecuentes se trazó la ubicación de los dados y las contratrabes de cimentación, para tener una mejor visualización se utilizó cal para marcar los puntos y así generar una mejor ubicación de los puntos a cortar al aperador de la maquinaria. Cuando se terminó el trazo de las contratrabes y los dados de cimentación se comenzó a excavar por medio de una retroexcavadora para poder agilizar estas actividades.

La **excavación** es la actividad necesaria para la remoción y extracción de materiales del suelo o terreno, ya sea para alcanzar el nivel de desplante de una cimentación; la rasante en la construcción de un camino o el fondo de una cepa para alojar una tubería.

El procedimiento para la excavación está en función de las características del terreno y de los materiales por extraer o remover, así como el empleo de herramienta especial.

En esta obra la excavación se realizó por medios mecánicos a una altura de 0.50 m para las trabes de liga las cuales van unidas a los cabezales de las pilas, para poder colocar los cabezales ó dados se excavo una altura de 1.10 m, en material tipo I. **Ver Imagen N° 12, 13, 14 y 15.**



Imagen N° 12



Imagen N° 13



Imagen N° 14



Imagen N° 15

Antes de ligar el acero de refuerzo de los cabezales, a las pilas de concreto, se deberá descabezar mecánicamente la pila, ya que en esta parte el concreto comúnmente está contaminado.

2.6 Descabece y cepillado de pilas

Una vez coladas las pilas de concreto se dio paso al descabece de estas, por medio de un ayudante se comenzó a quitar el concreto que nos estorbaba para poder colocar el dado, esta actividad se tuvo que realizar con el concreto todavía fresco ya que si dejamos que el concreto seque por completo es más difícil retirar el concreto sobrante por lo que se eleva el costo.

Una vez realizado el concepto de descabece de pila de concreto reforzado el cual se realizó por medios mecánicos se procede a trazar el lugar donde se encontraran apoyados los dados para la continuidad de la estructura en este caso el desplante de la cimentación.

Finalizado este proceso se procedió a cepillar las pilas, el cual consiste en limpiar las varillas del concreto impregnado durante el colado con un cepillo de alambre, este trabajo se realizó de forma manual y es necesario para que cuando se realice la unión de la estructura en este caso los cabezales y las contratrabes el concreto se adhiera bien al acero. *Ver Imagen N° 16, 17, 18 y 19.*



Imagen N° 16



Imagen N° 17



Imagen N° 18



Imagen N° 19

El proceso constructivo descrito se aplicó en cada una de las pilas, verificándose constantemente, su verticalidad, estabilidad de las perforaciones y volúmenes de materiales y especificaciones de proyecto.

Después de las excavaciones con la asistencia de los ayudantes de obra se afinó bien la superficie para después empezar a colocar plantilla a base concreto hecho en obra con el auxilio de un trompo para apurar los trabajos y no obstruir con las actividades.

2.7 Plantilla de concreto

La **plantilla de concreto** es la capa formada con materiales tales como concreto, suelo cemento, grava cementada, pedacera de tabique o productos similares, compactada de acuerdo a lo señalado en el proyecto y construida sobre el terreno excavado, para desplante de cimentaciones o estructuras, la cual debe presentar una superficie uniforme y adecuada para el trazo de ejes y demás líneas auxiliares necesarias. *Ver Imagen N° 20 y 21*



Imagen N° 20



Imagen N° 21

Al mismo tiempo se fue armando el acero para los cabezales de las pilas y las contratraves, los cabezales ya armados al 100% se colocaron en la parte superior de las pilas, también se armaron las contratraves con su respectivo acero de refuerzo, posteriormente se empezó a cimbrar estos elementos, para después colar con concreto.

2.8 Cimbra de cimentación.

La cimbra es el conjunto de obra falsa y molde, cuyo objetivo es soportar y contener el concreto fresco para que este adquiriera su forma preestablecida.

Los moldes de las cimbras se construyeron y se colocaron de acuerdo con las recomendaciones siguientes:

- a) Podrán ser de madera, metálicos o de cualquier otro material, con o sin tratamiento específico aprobado por la supervisión.

-
- b) Deben tener el espesor y la rigidez suficiente para conservar su forma y posición, evitando deformaciones debidas a la presión del concreto fresco, al efecto de los vibradores y las cargas y operaciones correlativas al colado o que puedan presentarse durante la construcción.
 - c) Antes de cada uso y previo a la colocación del acero de refuerzo a las superficies de contacto de los moldes con el concreto, se les aplicará una capa de aceite mineral o de cualquier otro material desmoldante.
 - d) Durante las operaciones del vaciado de concreto y después de estas, se inspeccionará la cimbra para detectar deflexiones, pandeos, asentamientos o desajustes de los moldes o de la obra falsa.
 - e) En las maniobras de remoción de la cimbra no deben usarse procedimientos que dañen las superficies del concreto a que incrementen los esfuerzos a que estará sujeta la estructura. Los apoyos de la obra falsa tales como cuñas, gatos, etc., deben retirarse de manera que la estructura tome su esfuerzo uniforme y gradualmente.

Ver Imagen N° 22, 23, 24 y 25, en la cual se puede observar el proceso constructivo anteriormente descrito.



Imagen N° 22



Imagen N° 23



Imagen N°24



Imagen N°25

2.9 Colocación de concreto en dados y traveses de liga.

Una vez terminado el cimbrado de las traveses de liga y dados de cimentación, se procedió al suministro y colocación de concreto $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ estructural, TMA 3/4", en traveses de liga y dados de cimentación (*Ver Imagen N° 26 y 27*).



Figura N°26



Figura N°27

2.10 Retiro de cimbra

Después del colado de trabes y dados de cimentación con autorización de la supervisión se descimbraron estos elementos y se inició el suministro y relleno de material inerte (tepetate) compactado por medios mecánicos al 90 % de su PVS máximo que es el conjunto de operaciones manuales y/o mecánicas para llenar nuevamente los huecos de las excavaciones hechas para desplante de estructuras, con materiales de banco y producto de las propias excavaciones.

2.11 Rellenos de tepetate

Los rellenos en la cimentación se ejecutaron de acuerdo a lo señalado por el proyecto el cual indicaba material producto de la excavación y material de banco. El cual se ejecutó de la siguiente manera:

- a) Al material de relleno se le adiciono el agua necesaria para obtener la humedad óptima fijada mediante pruebas de laboratorio.
- b) El relleno se realizó en capas cuyo espesor no era mayor de 20 cm y se compactaron hasta alcanzar el grado fijado en el proyecto y/o por la Supervisión.

2.12 Ventajas y desventajas del uso de pilas de cimentación

Las ventajas y desventajas más importantes que se tienen al resolver una cimentación profunda a base de pilas, son las siguientes:

Ventajas:

- Considerando que las pilas son elementos fabricados in situ, no requieren de área adicional para una planta de fabricación y para su almacenamiento como elementos terminados.
- Las pilas no están expuestas a sufrir daños estructurales ya que no se requiere de que sean maniobradas y golpeadas para su instalación como sucede con los pilotes.
- Los decibeles generados durante la instalación de una pila son muy inferiores, a los que se generan al instalar un pilote prefabricado.
- La longitud de las pilas puede ser variable dependiendo de la profundidad de los estratos resistentes, pudiendo hacerse los ajustes correspondientes prácticamente en forma inmediata, lo cual no es tan versátil en el caso de los pilotes ya que estos son prefabricados.

-
- La fabricación de las pilas siempre es monolítica y no requiere de juntas especiales.
 - La capacidad de carga de las pilas es mayor que la de los pilotes.

Desventajas:

- Las pilas requieren siempre de perforaciones previas, mientras que los pilotes en ocasiones pueden ser instalados desplazando el subsuelo.
- Cuando existen estratos de subsuelo sin consistencia, no es posible realizar la construcción de pilas con calidad, ya que su sección puede llegar a deformarse, lo cual no sucede con un elemento prefabricado; se puede resolver este problema con tubería metálica perdida, lo cual origina un incremento en el costo.
- En la fabricación de pilas es necesario siempre garantizar que en el desplante de las excavaciones no existan material suelto.

CAPITULO 3.- ESTRUCTURA METALICA

3.1 Consideraciones generales.

La construcción de obras de ingeniería con estructura metálica ha tenido en los últimos años un auge muy importante y se encuentra hoy en día en una nueva etapa de modernización. Constituyen un sistema constructivo muy difundido en varios países, cuyo empleo suele crecer en función de la industrialización alcanzada en la región donde se utiliza. Poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero. Una de sus principales ventajas es que al ser sus piezas prefabricadas y con medios de unión de gran flexibilidad se reducen tiempos de ejecución. *Ver Imagen N° 1 y 2.*



Imagen N° 1



Imagen N° 2

Antes de iniciar el montaje de la estructura del edificio, se deben conocer ciertos datos, como son: verificar las distancias que existen entre cada una de las pilas desplantadas en la cimentación y la alineación entre ellas.

La información preliminar obtenida de los planos de proyecto, la cual, consiste en conocer:

- a) Nivel de cimentación.
- b) Altura de entrepisos
- c) Número de entrepisos

Con la información obtenida de los puntos anteriores es posible comenzar el procedimiento constructivo de la estructura del edificio.

3.2 Planos de taller.

Previo al montaje de la estructura metálica se aprobó el proyecto estructural, esto con el fin de elaborar los planos de taller, los cuales fueron revisados y avalados por un ingeniero estructurista, con lo cual se autorizó la fabricación de la estructura.

Basándonos en los planos del Proyecto, se realizaron los planos de taller para poder definir completamente los elementos de la estructura metálica, por lo que se debió comprobar antes en obra las cotas de replanteo y la compatibilidad con el resto de la construcción.

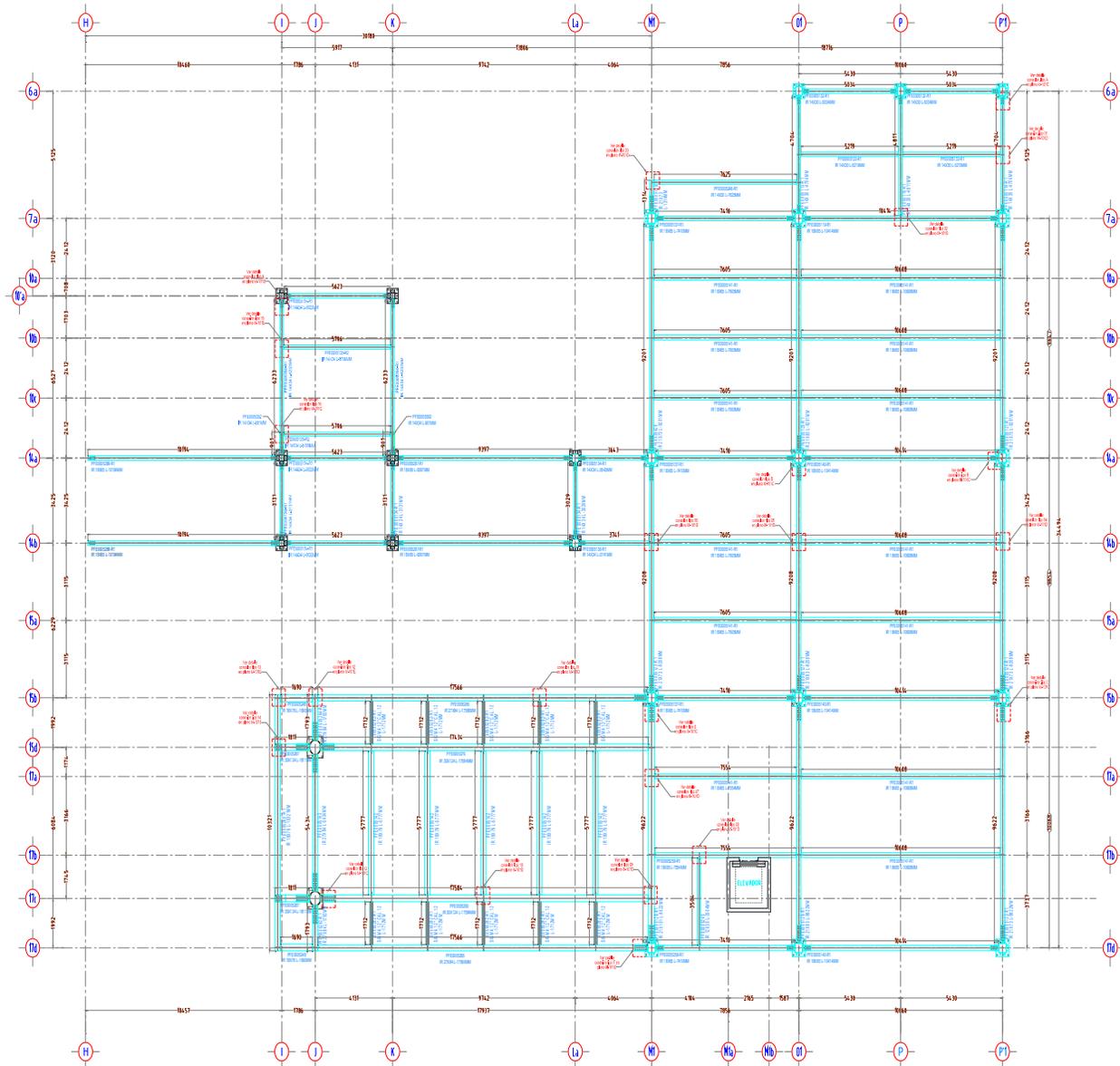
Estos planos incluyen la siguiente información:

- a) Las dimensiones y ubicación necesarias para definir todos los elementos de la estructura.
- b) El diámetro de los agujeros de los tornillos, con indicación de la forma de mecanizado. diámetro de los tornillos.
- c) La forma y dimensiones de las uniones soldadas, preparación de bordes, procedimiento y posición de soldeo, y orden de ejecución si es este necesario.

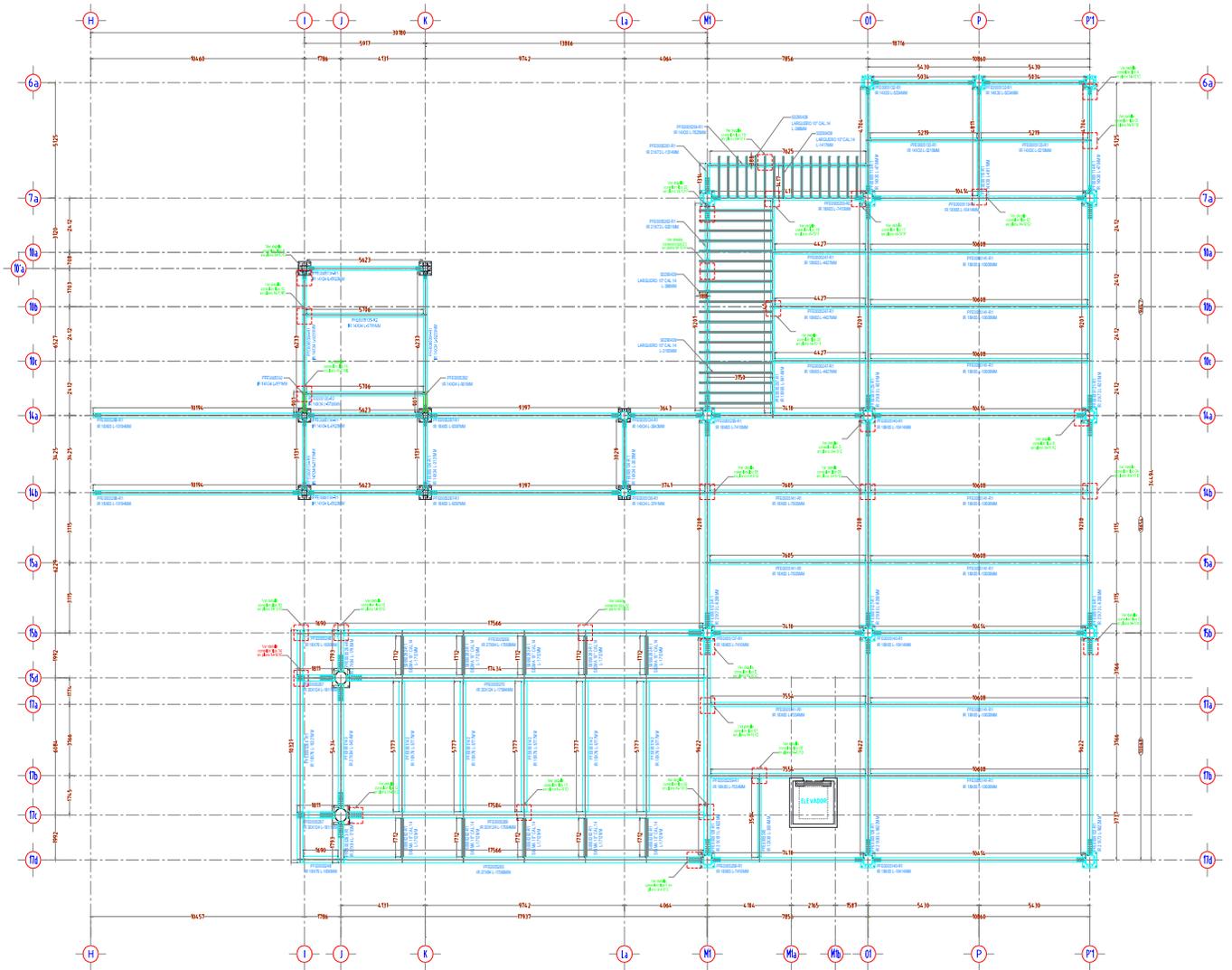
Todo plano de taller llevará indicados los perfiles, clase de acero, pesos y marcas de cada uno de los elementos de la estructura representados en él, también durante las fases de fabricación las piezas deberán ser identificadas con un marcado adecuado, duradero y distinguible, acorde con el sistema de representación utilizado en los planos de taller, el marcado permitirá el seguimiento de las diferentes piezas de la estructura para facilitar el eventual almacenamiento o acopio previo al montaje y deberá ser realizado preferiblemente mediante pintura.

En el almacenamiento se cuidará especialmente que las piezas no se vean afectadas por acumulaciones de agua, ni estén en contacto directo con el terreno.

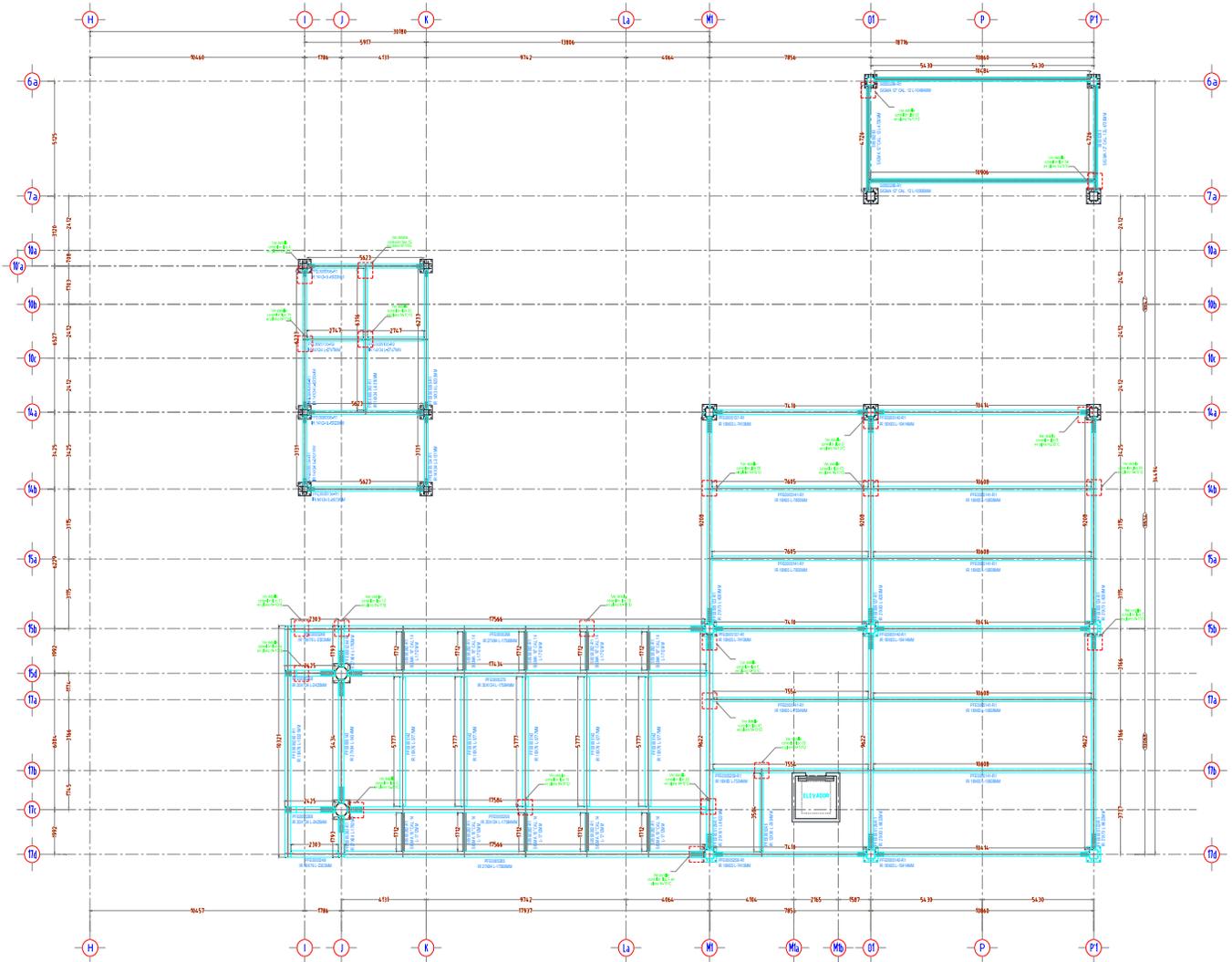
Por otro lado el corte debe realizarse por medio de sierra, cizalla u oxicorte. Siempre que el acabado quede libre de irregularidades y no se produzcan endurecimientos locales. ***Como se puede apreciar en los planos N° 03, 04, 05 y 06***



Plano N° 04. Plano de taller primer nivel.



Plano N° 05 Plano de taller segundo nivel



Plano N° 06 Plano de taller azotea

3.3 Armado previo en el taller.

Esta operación tiene por objeto presentar en taller cada uno de los elementos estructurales que lo requieran, ensamblando las piezas que se han elaborado, sin forzarlas, en la posición relativa que tendrán una vez efectuadas las uniones definitivas.

Se armará el conjunto del elemento, tanto el que ha de unirse definitivamente en taller como el que se unirá en obra.

Se colocará el número suficiente de tornillos de armado apretados fuertemente con llave manual, para asegurar la inmovilidad de las piezas armadas y el íntimo contacto entre las superficies de unión.

Las piezas que han de unirse con soldadura, se fijarán entre sí con medios adecuados que garanticen, sin una excesiva exigencia, la inmovilidad durante el soldeo y enfriamiento subsiguiente, para conseguir exactitud en la posición y facilitar el trabajo.

Como medio de fijación de las piezas puede emplearse puntos de soldadura depositados entre los bordes de las piezas que van a unirse. El número y el tamaño de los puntos de soldadura será el mínimo necesario para asegurar la inmovilidad.

Finalizado el armado, y comprobada su exactitud, se procede a realizar la unión definitiva de las piezas que constituyen las partes que hayan de llevarse terminadas a la obra.

3.4 Preparación de superficies y pintura.

Todos los elementos estructurales deben ser suministrados, salvo otra especificación particular, con la preparación de las superficies e imprimación correspondiente.

Las superficies se limpiarán cuidadosamente, eliminando todo rastro de suciedad, óxido, gotas de soldadura o escoria, mediante chorreado abrasivo, para que la pieza quede totalmente limpia y seca, a continuación recibirá una capa de pintura antes de entregarla para el montaje.

Como se muestra en la Imagen N° 3 y 4.



Imagen N° 3



Imagen N° 4

3.5 Recepción, Almacenamiento y Manipulación de la estructura.

Al llegar a la obra todos los elementos de la estructura deben tener sus marcas de identificación para que el almacenamiento y depósito de los elementos que integran la obra se guarden en orden estricto y de forma sistemática, a fin de no generar demoras o errores en el montaje.

Las manipulaciones para la carga, descarga, transporte, almacenamiento a pie de obra y montaje deben efectuarse con el cuidado suficiente para no producir demandas excesivas en ningún elemento de la estructura y para no dañar las piezas o la pintura. Además deben protegerse las partes sobre las que hayan de fijarse las cadenas, ganchos o cables que se utilicen en la elevación o sujeción de las piezas de la estructura.

Antes de realizar el montaje, se deberá corregir con cuidado cualquier abolladura, torcedura que haya aparecido durante las operaciones de transporte. Si el defecto no se puede corregir, o se llega a la conclusión que después de corregido puede afectar la resistencia o estabilidad de la estructura, se rechaza la pieza marcándola debidamente para separarla de la estructura.

3.6 Programación de montaje de estructura.

Se elaboró un programa de montaje para definir el procedimiento de colocación de la estructura metálica, para el cual se especificó que el área de trabajo se fraccionaría en 5 fases, la principal razón de seccionar el edificio es generar espacio suficiente para que la grúa pueda maniobrar sin ningún problema y poder agilizar los trabajos de colocación de columnas y trabes, para avanzar en el montaje de estructura metálica.

El procedimiento de montaje de estructura a seguir es el siguiente:

La primera etapa está conformada por el módulo de baños, se encuentra localizado en el eje (6a) entre los ejes (O1 – P'1), el cual comprende la colocación de 3 columnas tipo HSS de 14", terminando de colocar las tres columnas se procederá a montar el eje (P'1) entre los ejes (6a-17d) este se encuentra localizado en la fachada este del edificio; en el cual se instalarán 4 columnas tipo HSS de 16".

En la segunda etapa se colocarán 4 columnas interiores del edificio las cuales se encuentran localizadas en el eje (O1) entre los ejes (7a-17d) las cuales son perfiles HSS de 16".

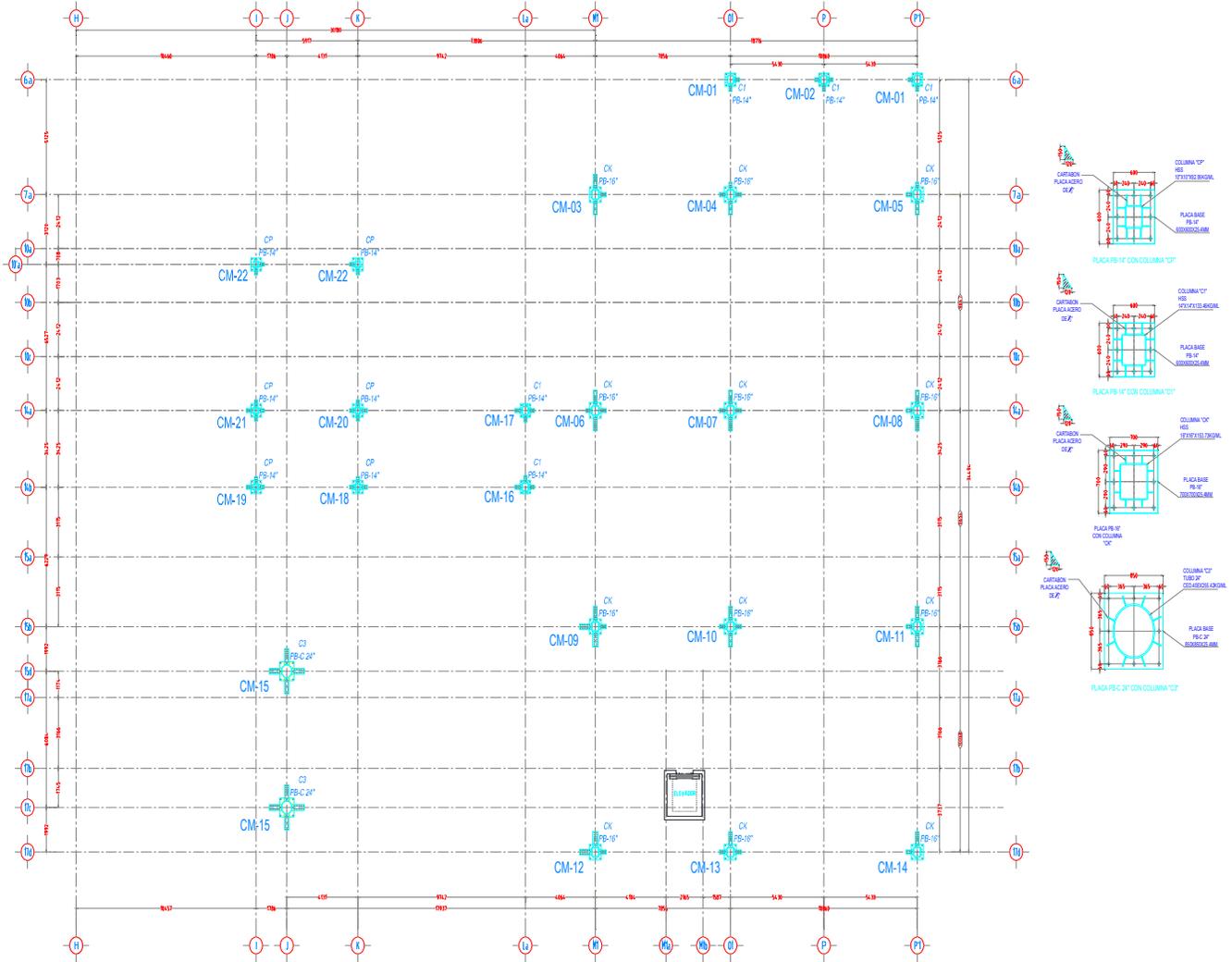
Para la tercera fase se colocarán 6 columnas en dos ejes diferentes, en el eje (M1) se colocarán 4 columnas de perfil HSS de 16", mientras que en el eje (La) se colocarán 2 columnas perfil HSS de 14".

La cuarta etapa tiene contemplada solamente dos columnas a base de tubo Ø 24" Ced. 40, en el eje (J), estas columnas son las más grandes en cuanto a sección.

La quinta y última etapa es el puente de conexión, en esta fase se colocarán 6 columnas tipo HSS de 14", en el eje (I) se colocarán 3 columnas, en el eje (K) se colocarán otras 3 columnas de la misma sección respectivamente, ***en el plano N° 07 se puede apreciar la secuencia para la colocación de columnas.***

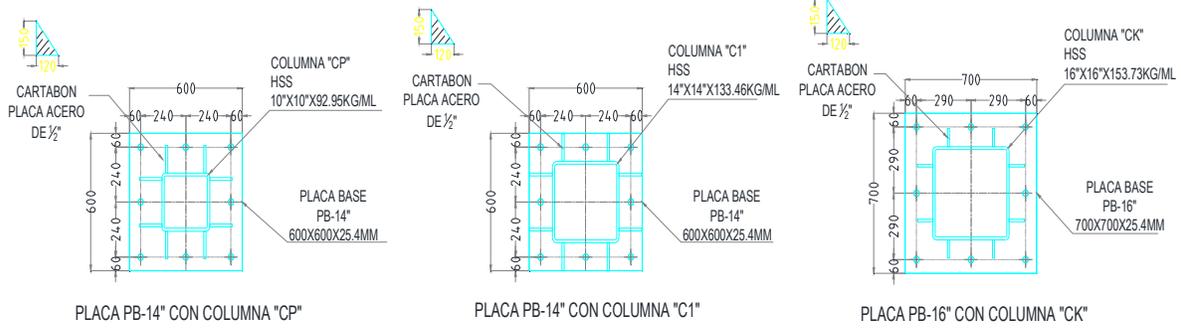
TABLA DE SECCIONES DE COLUMNAS						
SECCION	DESCRIPCION	PERFIL	W _x	W _y	S _x	S _y
CP	COLUMNA CP	HSS 16 X 16 X 1/8 (40.6X40.6X3.2)	256	256	-	-
CT	COLUMNA CT	HSS 16 X 16 X 1/8 (40.6X40.6X3.2)	256	256	-	-
CC	COLUMNA CC	HSS 16 X 16 X 1/8 (40.6X40.6X3.2)	408	408	-	-

TABLA DE SECCIONES DE COLUMNAS						
SECCION	DESCRIPCION	PERFIL	W _x	W _y	S _x	S _y
CT	COLUMNA CT	HSS 16 X 16 X 1/8 (40.6X40.6X3.2)	-	-	256	256



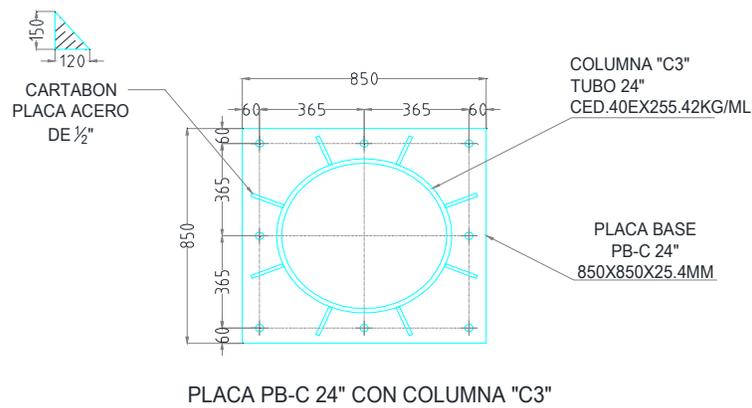
Plano N° 07 Montaje de columnas.

A continuación se detallan las columnas que se colocaron en el edificio, en estas se puede apreciar su sección, peso y longitud. **Ver detalle N° 3 y 4.**



Detalle 3

TABLA DE SECCIONES DE COLUMNAS							
	SECCION	DESCRIPCION	PERFIL	"H"	"tw"	"B"	"tf"
	C3	COLUMNA "C3"	TUBO 24" CED.40EX255.42KG/ML	-	17.48	610	-



Detalle 4

En la construcción, como es sabido, muchos procesos se deberían realizar de forma organizada y siguiendo una secuencia lógica, para el montaje de la estructura metálica, se definió utilizar una grúa de capacidad de 20 ton. La cual tiene un brazo de 6 metros y alcanza una altura de 18 metros. Fue rentada por dos semanas para colocar la estructura de este edificio. El control, verificación de aplomos, nivelaciones y alineaciones se realizaron por medio de equipo topográfico en obra.

En la Imagen N° 5 se puede visualizar la grúa que se utilizó para la realización del montaje.



Imagen N° 5

Cuando finalizó la colocación de columnas metálicas inmediatamente se procedió a colocar las traveses primarias y cerrar, las cuales son a base de perfiles tipo IR de 18", y se colocaron de arriba hacia abajo para facilitar los trabajos. Después se instalaron las traveses secundarias que son tipo IR de 14". Estas vigas van colocadas en el interior del edificio, estos trabajos se programaron de tal manera para que la grúa lograra maniobrar sin ningún problema.

3.7 Montaje de estructura

El **montaje** es la unión o ensamble ordenado en el sitio de la obra de los elementos estructurales prefabricados para formar una estructura completa. En él se realiza el ensamble de los distintos elementos, a fin de que la estructura se adapte a la forma prevista en los planos de taller.

Actualmente el proyectista y el constructor tienen más opciones con la estructura metálica de espacios libres y mejor armonía entre el proyecto arquitectónico y el estructural, debido a que las secciones de acero son más pequeñas y más eficientes que las de concreto, además de rapidez y limpieza en que se termina una obra de estructura metálica comparada con una de concreto.

El proceso de fabricación de la estructura metálica es más rápido en comparación con la estructura de concreto.

Durante la construcción de la cimentación, en taller se va fabricando la estructura, para cuando se terminen los trabajos de cimiento, se de paso a colocar la estructura.

El montaje comienza cuando la estructura se encuentra en el lugar de la obra e inicia cuando sobre las cimentaciones previamente ejecutadas se apoyan las bases de las primeras columnas. Estas bases se nivelan con cuñas de acero. Es conveniente que la separación esté comprendida entre 40 y 80 mm. Después de acuñadas las bases, se procede a la colocación de columnas del primer forjado, se alinean y finalmente se aploman las columnas. *Ver Imagen N° 6 y 7*



Imagen N° 6



Imagen N° 7

Los espacios entre las bases de las columnas y los dados se deben limpiar y luego se rellenan por completo con material a base de grout, el cual sirve de relleno estructural, este material se utiliza para poder cubrir el espacio que hay entre los dados de cimentación y las placas de apoyo de las columnas metálicas, además se usa para nivelar las columnas. **Ver la Imagen N° 8 y 9**



Imagen N° 8



Imagen N° 9

Las sujeciones provisionales de los elementos durante la fase de montaje se aseguran para resistir cualquier esfuerzo que se produzca durante los trabajos.

La estructura primaria, es la que recibe la mayor parte de la carga del entrepiso, y la transmite a los apoyos, ya sean estas columnas o paredes. **Ver la Imagen N° 10 y 11**

El atornillado definitivo o soldeo de las uniones de montaje se realizó hasta haber comprobado que la posición de los elementos de cada unión coincidió con la posición definitiva. Este procedimiento es el que se siguió para instalar las columnas faltantes de acuerdo a la programación planteada.



Imagen N° 10



Imagen N° 11

Después de colocar las columnas principales se inició a montar las trabes primarias. Para su colocación se utilizó una grúa de 10 ton con la cual se eleva el perfil metálico y se comienza a maniobrar para colocar el perfil en el lugar indicado, en cuanto se alcanza el nivel requerido personal calificado comienza a atornillar la estructura, este sistema trabaja de tal manera que el laboratorio especifica el número de vueltas a dar a los tornillos, una vez que son alcanzadas estas por medio de una cizalla se descabezan. *Ver Imagen N° 12, 13, 14 y 15.*



Imagen N° 12



Imagen N° 13



Imagen N° 14



Imagen N° 15

En total se montaron 25 columnas de cuatro tipos diferentes

- Columna tipo C-1 de perfil HSS de 14"x14"x133.46 kg/ml ----- 5 pzas.
- Columna tipo C-K de perfil HSS de 16"x16"x153.73 kg/ml ----- 12 pzas.
- Columna tipo C-3 de perfil Tubo de 24" ced. 40 x 255.42 kg/ml -- 2 pzas.
- Columna tipo C-P de perfil HSS de 10"x10"x92.95 kg/ml ----- 6 pzas.

Para la construcción de este edificio se colocaron aproximadamente 30 ton de estructura metálica en un tiempo de 2 semanas.

3.8 Losas de entrepisos.

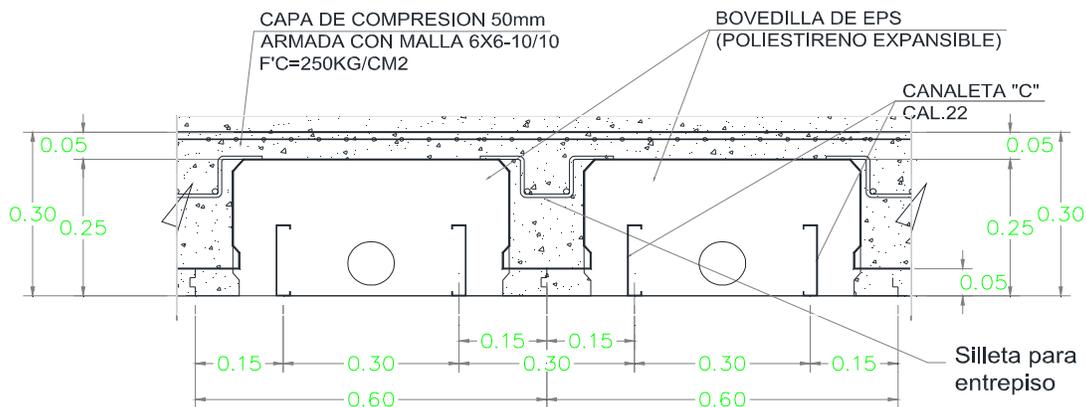
Un entrepiso es el elemento estructural que separa un nivel de otro en una edificación, se componen de elementos horizontales de apoyo (vigas) y la superficie estructural (losa ó placas), Este debe ser capaz de soportar cargas vivas (cargas transitorias) y cargas muertas (su propio peso). En un entrepiso existe una jerarquía de elementos, es decir el orden en que resisten las cargas.

La tendencia de la construcción moderna dirigida hacia el menor costo, cambiando los antiguos patrones de elementos rígidos y pesados por elementos sencillos de mejor trabajo estructural dio lugar, al empleo de materiales que el avance tecnológico colocó en disponibilidad

como es el caso de los derivados petroquímicos, la espuma de poliestireno (EPS) surge de la necesidad primordial de contar con un material en los elementos de concreto reforzado que aligera la estructura optimizando el uso del acero de refuerzo y el mismo concreto.

Las placas aislantes de poliestireno expandido son un material de gran aceptación en la industria de la construcción en el revestimiento térmico de muros, cubiertas y cimentaciones de frigoríficos, edificios, naves industriales y casas habitación, por su gran resistencia al paso de calor, sus excelentes propiedades de resistencia estructural con respecto a su ligereza y su bajo costo de adquisición e instalación. Además de sus propiedades térmicas, estructurales y de su ligereza, se tienen otras características igualmente importantes tales como: su baja absorción y retención de agua sin permitir el crecimiento de hongos o bacterias.

Este tipo de losas está formado por dos capas de distintos materiales: una superior que constituye la cara vista de la losa y otra inferior resistente a base de poliestireno extruido armado con un elemento adicional en este caso malla electrosoldada 6-6/10-10. También lleva una silleta de varilla de 3/8" la cual se une a la nervadura. **Ver Detalle N° 5**



Detalle N° 5

Las placas de poliestireno admiten una gran diversidad de productos de revestimiento, desde mortero común, hasta pinturas y pastas libres de solventes, para dar atractivos acabados lisos o texturizados.

Estas losas se construyen con la finalidad de obtener una losa resistente y de poco espesor. El montaje de las losas prefabricadas se hace soldándolas directamente sobre conectores a las traves secundarias.

Estos conectores de corte son los tipo Nelson son elementos de acero que tienen como función primordial tomar los esfuerzos de corte que se generan en la sección compuesta (acero-concreto) controlando y reduciendo las deformaciones. Tienen la forma de un perno con cabeza cilíndrica, no posee cuerda y es soldado en la parte superior de la viga a ciertos intervalos, quedando embebidos dentro de la losa.

3.9 Montaje de placas de poliestireno.

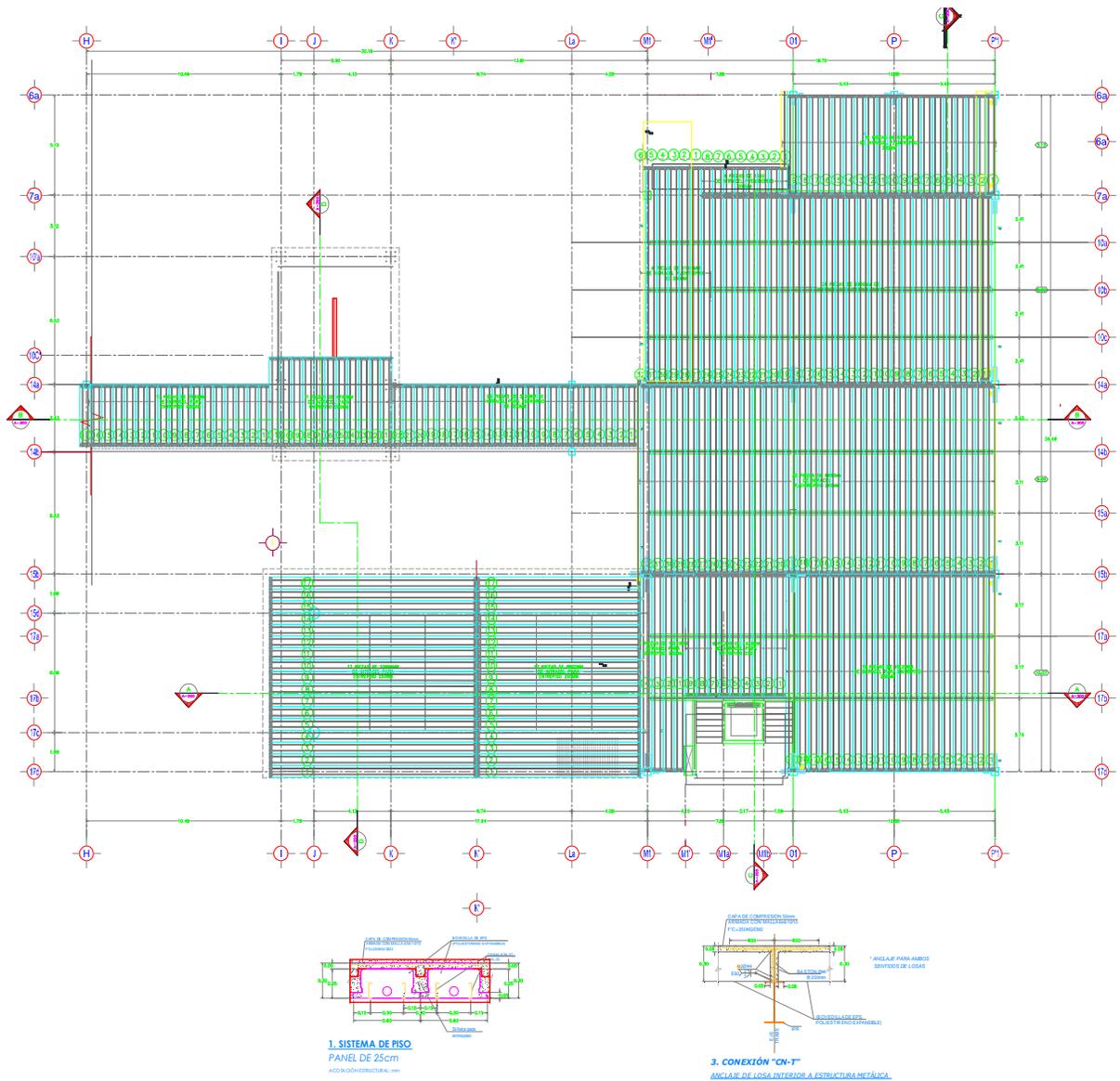
Previamente se realizaron labores de gabinete para optimizar las áreas a cubrir, generando funcionalidad en la obra y desperdicios mínimos, por tal motivo se realizó la modulación de la losa de tal manera que se cubrió la mayor cantidad de paños posible, esto nos generó mayor rapidez durante el proceso constructivo.

Los elementos prefabricados llegan a obra ya cortados a la medida, listas para su instalación inmediata, se selecciona el lugar de almacenamiento para su identificación y codificación, el montaje se puede realizar de dos formas:

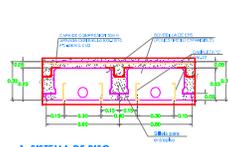
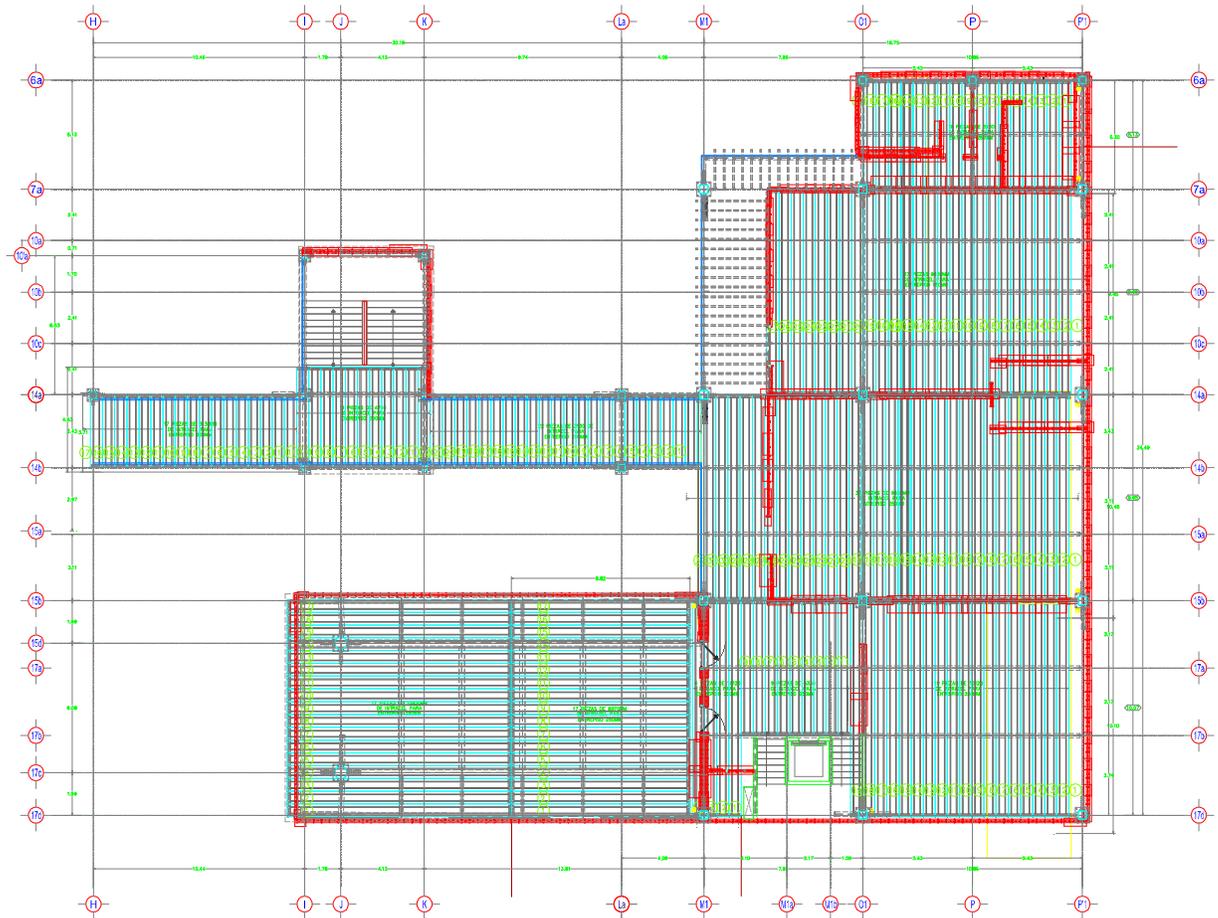
- **Manual** en este sistema se suben las piezas mediante sogas, procurando no dañar el borde de las placas. Para tal fin las placas serán amarradas con sogas en forma de cruz asegurándolas a los extremos con un gancho. El personal deberá emplear obligatoriamente guantes de cuero en estas labores, así como tomar las medidas pertinentes de seguridad.
- **Mecánico** se emplean los medios mecánicos de la obra, en este caso se utilizó una grúa, por lo general se utiliza cuando se tiene que izar paquetes de placas a diferentes alturas. Se debe tener cuidado de no dañar las pestañas laterales de las placas.

Las placas se colocaron con los valles de menor dimensión sobre las vigas a menos que se especifique lo contrario en los planos.

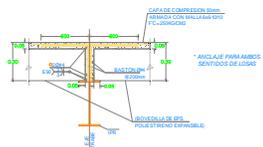
Los cortes de las placas se podrán hacer con esmeril, disco de corte, cizallas o cualquier otro método que no deteriore la geometría de las placas. *En el plano N° 08, 09 y 10* se pueden observar los planos de montaje de placas de poliestireno para los entresijos del edificio.



Plano N° 08 Montaje de placas de poliestireno Primer nivel



1. SISTEMA DE PISO
 PANEL DE 25cm
 ©OPACK®/REINFORCING.com



3. CONEXIÓN "CH-T"
 ANCLAJE DE LOSA INTERIOR A ESTRUCTURA METÁLICA

Plano N° 09 Montaje de placas de poliestireno Segundo nivel

En la Imagen N° 16, 17, 18, 19, 20 y 21. Se puede visualizar el montaje de las placas de poliestireno para los entrepisos conforme a los planos de montaje.



Imagen N° 16



Imagen N° 17



Imagen N° 18



Imagen N° 19



Imagen N° 20



Imagen N° 21

3.10 Instalación de conectores de corte tipo Nelson

Se utilizan los conectores de corte cuando se forman sistemas compuestos de losas y vigas metálicas. Los conectores permiten conformar el sistema compuesto: placa de poliestireno y vigas metálicas. Estos se unen al perfil metálico a través de la soldadura y a la losa por el vástago de concreto alrededor del mismo.

Se perforo la placa antes de instalar los conectores de corte. Este proceso se realizó mediante una broca sacabocados o con algún sistema de corte mecánico. La perforación no debe exceder el ancho del valle de apoyo de la placa y se debe realizar por el reverso de la placa de modo que no perjudique la viga metálica de apoyo.

Perforada la placa, se instaló el conector de corte directamente en la viga metálica de apoyo, mediante soldadura. Esta debe cubrir todo el perímetro del área de apoyo del conector.

El espesor y tipo de soldadura son especificados en los planos constructivos.

La fijación se realizó a los extremos de las placas en todos los puntos de apoyo, teniendo como mínimo un punto de fijación cada tres valles, considerando que todos los valles de las placas estén debidamente apoyados sobre las vigas de apoyo y las vigas principales.

3.11 Perforación para pasos de tubería de instalaciones.

Es común que en las especificaciones de un proyecto existan perforaciones en las losas para los tragaluces, o vanos para pasar escaleras, y pasos de accesorios eléctricos mecánicos y/o sanitarios; o si se requiere cortar sectores de placas que estén dañadas, por lo que se dan ciertas consideraciones para saber cómo tratar estos casos.

En el diseño de las instalaciones eléctricas, electromecánicas e instalaciones sanitarias, se utilizan frecuentemente el paso de tuberías a través de la losa de entrepiso, debido a esto se tendrán algunas consideraciones cuando se utilicen losas prefabricadas.

- En las tuberías de desagüe se debe tener en cuenta la pendiente, por lo que se recomienda en general que se instalen por debajo de las losas.

-
- Las cajas de salida de luz se pueden instalar dentro de la losa, quedando embebidas en el concreto, o se pueden instalar por fuera sujetándolas en la superficie metálica de la placa mediante tornillos autoroscantes.
 - Las conexiones eléctricas exteriores es recomendable se instalen dentro de los valles.

3.12 Apuntalamiento

Este se colocara al centro de la luz o a los tercios, el desapuntalamiento se realiza 7 días después del día de vaciado, asegurando que el concreto ha llegado a un 75% de su capacidad de resistencia a la compresión. *Ver Imagen N° 22 y 23*



Imagen N° 22



Imagen N° 23

CAPITULO 4.- ALBAÑILERIA

4.1 Albañilería

La **albañilería** como parte del proceso constructivo de una edificación es la selección y dimensionamiento de elementos secundarios, tales como castillos, cadenas, pisos, muros, que proporcionan solidez a las edificaciones y en el caso de muros divisorios, adaptar las edificaciones a las necesidades funcionales de las mismas, que están contenidas en el proyecto arquitectónico.

Los trabajos de albañilería ejecutados en el edificio se llevaron a cabo de forma similar ya que estos son los mismos para los tres niveles, salvo en sus dimensiones.

4.2 Malla electrosoldada 6-6/10-10 y silletas de acero.

Concluidos los trabajos de montaje de estructura y ya colocados los paneles de poliestireno se comenzó a colocar el refuerzo a base de malla electrosoldada 6-6/10-10 la cual es esencial en cualquier tipo de losa estructural para resistir los efectos de temperatura y contracción que sufre el concreto al fraguar, por lo cual se ubicará siempre en el tercio superior de la losa. Al mismo tiempo se colocaron las silletas en forma de “U” en las nervaduras las cuales son de varilla del # 3 y se colocan a cada 60 cm en toda la longitud de esta. *Como se puede apreciar en la Imagen N° 1, 2, 3 y 4*



Imagen N° 1



Imagen N° 2



Imagen N° 3



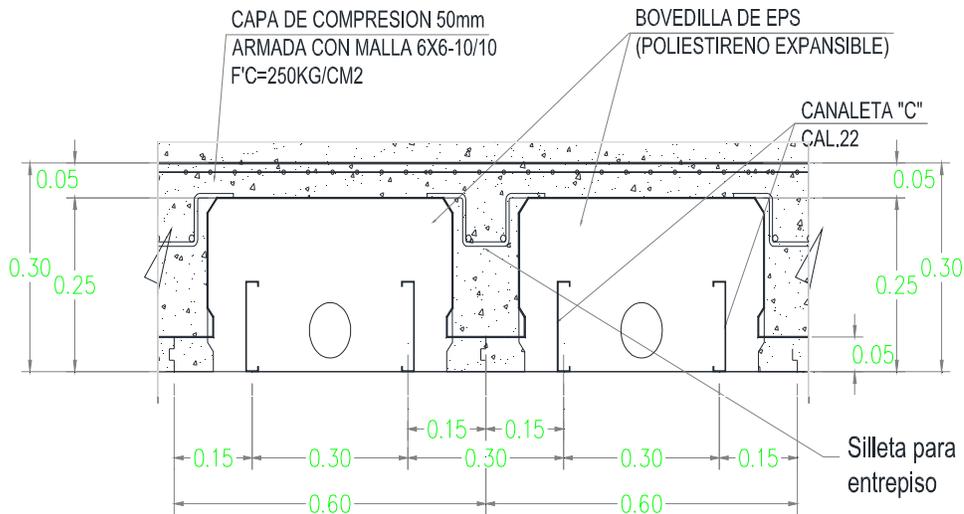
Imagen N° 4

4.3 Vaciado de concreto en entresijos.

El concreto a utilizarse en la construcción de la losa se especificó que debería cumplir con los requisitos establecidos en los planos del proyecto. **Ver detalle N° 5**

Las especificaciones del concreto son las siguientes:

- La resistencia a la compresión de diseño $f^c = 250 \text{ kg/cm}^2$.
- Se realizó el proceso de vibrado al concreto para garantizar la adherencia mecánica entre el acero y el concreto, para lograr la uniformidad del concreto.



Detalle 5

Una vez colocada la malla de temperatura y las silletas se procederá a preparar el área de tránsito para el vaciado. El proceso de vaciado del concreto se realizó mediante concreto bombeado y carretillas.

Cuando se utilizó la carretilla para el vaciado de concreto, estas no pueden circular por encima de las planchas (paneles de polietileno). Por lo tanto se habilitó una ruta de circulación mediante tablonces de madera de 8" aprox., que sean capaces de distribuir las cargas puntuales en un área mayor. Antes de realizar el vaciado del concreto, las planchas se dejaron limpias para evitar una mala adherencia del concreto con la placa.

Las placas de poliestireno están preparadas para recibir cargas en condiciones normales durante el proceso de vaciado. Sin embargo al momento del vaciado, no se deben acumular volúmenes excesivos de concreto ni generar grandes cargas puntuales por acumulación de materiales, máquinas o personas en una misma área, que sean capaces de deformar las placas prefabricadas.

- Las placas de poliestireno tienen la ventaja en el proceso de generar una superficie impermeable, manteniendo húmeda la mitad inferior del concreto, dependiendo la pérdida de agua a la evaporación.
- El curado del concreto se realizó con agua limpia libre de impurezas, en forma permanente durante el periodo especificado.

Por último se realizó el vaciado de concreto premezclado $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$, la capa de compresión fue proyectada de 5 cm., el colado de la losa fue monolítico, este concreto se niveló por medio de escantillones y reglas guía. El curado del concreto se efectuó durante 7 días posteriores al vaciado *Ver Imagen N° 5, 6, 7 y 8*



Imagen N° 5



Imagen N° 6



Imagen N° 7



Imagen N° 8

4.4 Pisos de concreto planta baja.

Previamente al inicio del colado se verificó que el terreno de desplante posea el grado de compactación señalado en el proyecto. *Ver Imagen N° 9 y 10*



Imagen N° 9



Imagen N° 10

Se trazaron los tableros en medidas de 2.0 x 2.00 m. según determinación de proyecto, colocando la cimbra en fronteras para proceder al colado, se construyó el firme de 10 cm bajo el nivel de piso terminado, una vez concluido el vaciado del concreto, se comprobó el nivel terminado de la revoltura compactada mediante el uso de una regla apoyada en las maestras. Conforme a niveles de proyecto para recibir el acabado final.

Los pisos se elaboraron con concreto $f'c= 250 \text{ kg/cm}^2$ armado con malla electrosoldada 6-6/10-10 de 10 cm de espesor. Como se puede observar en la *Imagen N° 11, 12 y 13*



Imagen N° 11



Imagen N° 12

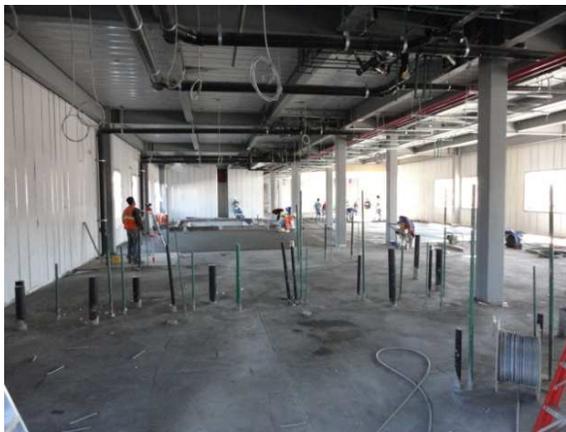


Imagen N° 13

El curado del concreto es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. Busca evitar la contracción hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta.

En este caso el curado se realizó cubriendo con plásticos el firme de concreto, después se roció agua sobre el plástico.

De los aspectos importantes a destacar durante el proceso anterior fué que los pisos se curaron por un periodo de 72 horas.

Se procuró apegarse a normas de proyecto de no aceptar errores en niveles mayores de 1 cm, ni ondulaciones mayores de 1 mm por metro.

Se procuró en todo momento que el acabado final del firme de concreto no tuviera variación en sus dimensiones, grietas, sin burbujas, ni hundimientos.

4.5 Escalera.

La escalera es un elemento de circulación vertical, que comunica un nivel con otro. Este elemento está ubicado al interior del edificio, está compuesta por: peldaños y sus respectivos descansos.

Se realizaron dos escaleras con el mismo sistema constructivo a base de vigas de acero, para un hueco de 5.00 X 5.90 m. con una altura de 7.75 m. El forjado de escalones de la huella es de 0.30 m., y peralte de 0.16 m., a base se ángulo metálico, soldado a la estructura de acero. El colado de los escalones, así como el descanso es por medio de concreto $f'c=150$ kg/cm²., de 8 cm, de espesor. También se colocó un barandal metálico de 85 cm de altura con un pasamanos de tubo de 1 1/2", e intermedios de 1" y postes de ptr 1 1/2" con acabado en pintura color blanco. *Como se puede apreciar en la Imagen N° 14, 15 y 16. Así como en el detalle N° 6*



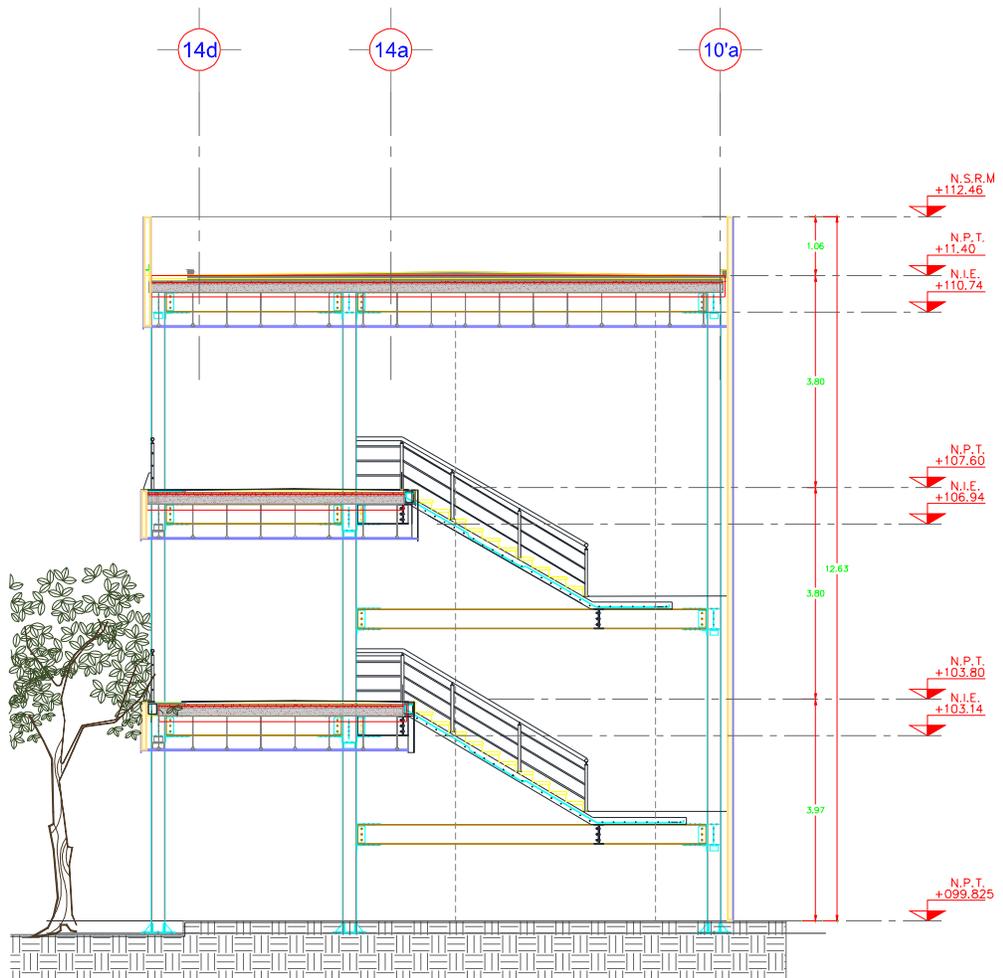
Imagen N° 14



Imagen N° 15



Imagen N° 16



Detalle N° 6

4.6 Cisterna

Una **cisterna** es un contenedor de agua para vivienda ó edificios, subterráneo que se utiliza para contener líquidos, para este proyecto se diseñó de concreto armado de dimensiones 4.00 x 5.00 x 2.00 m. por lo que la capacidad de la cisterna es de 40 m³. Está se construyó fuera del edificio, el proceso para construirla fué el siguiente:

Se ejecutó la limpieza del terreno, después se realizó el trazo para ubicarla en el lugar para después proceder con la excavación, la cual se llevó a cabo por medios mecánicos utilizando una retroexcavadora para realizar estos trabajos.

Terminada la excavación se colocó una plantilla de concreto de 5 cm de espesor a base de concreto pobre de una resistencia $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$. **Ver Imagen N° 17 y 18.**



Imagen N° 17



Imagen N° 18

Después se instaló el acero de refuerzo con una parrilla en forma de cuadrícula la cual lleva un armado de varillas del #3 a cada 20 cm. de separación entre varillas en ambos sentidos (horizontal y longitudinal). Los muros de la cisterna también llevan el mismo armado.

Una vez que terminaron de instalar el acero de refuerzo en los muros y en la losa fondo se comienza a colocar la cimbra en la cual los muros tienen un espesor de 15 cm.

Ejecutado el cimbrado de los muros se comienza a colocar el concreto en la losa fondo para posteriormente seguir con el colado de muros, estos colados se tienen que realizar monolíticamente para que nuestra cisterna no sufra fugas. *Ver Imagen N° 19 y 20.*



Imagen N° 19



Imagen N° 20

La cimbra permaneció el tiempo necesario hasta que el concreto alcanzó la resistencia suficiente que permitió continuar con el proceso. Posteriormente se comienza a cimbrar la losa de la cisterna con madera, para poder colocar la parrilla de acero con varilla del # 3 a cada 15 cm. en ambos sentidos, para después realizar el colado, asimismo se dejó un hueco cuadrado de dimensiones de 60 x 60 cm para colocar la tapa de la cisterna. Como se puede apreciar en *la imagen N° 21 y 22.*



Imagen N° 21



Imagen N° 22

4.7 Instalación eléctrica.

Instalación eléctrica es la red por medio de la cual se suministra a una edificación el fluido eléctrico. Es decir es un conjunto de dispositivos, accesorios, controles y elementos utilizadores del fluido eléctrico, interconectados a través de una red de conductores.

Tanto el diseño y especificaciones de un sistema eléctrico como la ejecución del trabajo compete a un especialista, sin embargo es labor del ingeniero civil conocer la ubicación de los elementos del sistema como son: Luminarias, tomacorrientes los dispositivos de control etc. así como la ubicación de los espacios requeridos como los ductos.

El proceso de instalación eléctrica no se ejecuta de una sola vez, sino que se hace por etapas y en forma paralela a otros procesos tales como: el levantamiento de paredes, entresijos y techos. En la construcción de elementos de concreto armado como entresijos o paredes, antes de la colocación del concreto deben colocarse los poliductos y las cajas para luminarias ó pasatubos que sean requeridos en el techo, después de instalada la cubierta, se procede a la instalación de poliductos y cajas para luminarias en el techo.

El proceso constructivo de las instalaciones eléctricas varía de acuerdo a la complejidad de la edificación y del tipo de sistema eléctrico.

4.8 Subestación eléctrica.

Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador. Normalmente está dividida en secciones, por lo general 3 principales, y las demás son derivadas.

Las secciones principales son las siguientes:

1. Sección de medición.
2. Sección para las cuchillas de paso.
3. Sección para el interruptor.

El proyecto consta de una subestación receptora en la casa de máquinas principal en donde se recibe la energía de la empresa que se encarga del suministro en media tensión (23

kv) de la cual se alimenta un transformador tipo pedestal ubicado en la misma casa de máquinas.

Antes de la puesta en operación, la empresa fabricante realiza las pruebas correspondientes a la planta generadora de energía, también llamado arranque de inicio.

El transformador cuenta con una planta de emergencia automática para respaldar el transformador en caso de falla del suministro eléctrico o de falla interna.

Del equipo de transferencia automática de la subestación se alimenta un tablero general de distribución ubicado en la misma casa de máquinas, alimentando los servicios propios de la casa de máquina y los equipos de fuerza ubicados en la zona cercana a esta.

Del tablero general se alimentan también tableros subgenerales y equipos ups ubicados en los diferentes edificios. Los tableros subgenerales alimentaran los diferentes tableros y equipos especiales ubicados en cada uno de los edificios.

A la salida de los ups se colocaron tableros subgenerales de voltaje regulado para distribuir la energía regulada a cada uno de los tableros y equipos especiales que lo requieran.

4.9 Tuberías conduit

Toda la tubería utilizada en interiores fue de pared gruesa galvanizada de diferentes diámetros, las tuberías ocultas en falso plafón se registraron con capas cuadradas de lámina galvanizada con tapa, las tuberías aparentes se registraron con cajas del tipo conduit de aluminio de la marca domex con tapa y empaque de neopreno.

Previamente a su instalación, el contratista debe verificar que los tubos estén exentos de materiales extraños adheridos tanto en el interior como en el exterior.

Las tuberías conduit instaladas en forma aparente se fijaran sobre elementos estructurales por lo que ninguna tubería conduit se debe aceptar si está colocada en elementos de otras instalaciones como tuberías, ductos de aire acondicionado, estructuras de falsos plafones o sobre cualquier otro elemento que presente poca estabilidad o que pueda elevar la temperatura de los conductores.

La sujeción de las tuberías conduit instaladas en forma aparente se debe hacer mediante abrazaderas tipo “uña” u “omega” o con la soportería de diseño espacial que se señale en el proyecto.

Previamente a la unión o acoplado de los tubos, se tuvo especial cuidado en eliminar las rebabas ocasionadas por el corte de tubo o por la hechura de roscas, con objeto de evitar el deterioro del material aislante de los conductores durante la operación de cableado.

En el cruce con juntas de construcción, las tuberías deben hacerse con tubo conduit flexible de interior liso, con el fin de facilitar el cableado, considerando una longitud tal que absorba los desplazamientos máximos entre los elementos estructurales.

Una vez terminada la colocación de la tubería, se deben taponear adecuadamente sus extremos para evitar la entrada de cuerpos extraños y conservar limpio el interior principalmente de escurrimientos de concreto.

Las cuerdas de los extremos de la tubería conduit metálica pesada con rosca se debe limpiar previamente antes de su acoplado, con el objeto de que los coples, curvas o contras y monitores se enrosquen fácilmente; no se admiten aquellas uniones que por su exceso de holgura, no aseguren una conexión firme de la tubería. Las cuerdas en los extremos de la tubería deben tener una longitud mínima de 25 milímetros.

Cuando sea necesario hacer curvas o dobleces (bayonetas) en una tubería conduit metálica se deben utilizar dobladores especiales que garanticen mantener la misma sección interior útil del tubo. No se deben aceptar tuberías conduit que al doblarlas hayan sufrido roturas o disminuciones considerables en su diámetro interior, ni con dobleces defectuosos hechos con herramientas inadecuadas.

4.10 Instalación de voz y datos.

El fin último de toda obra que se proyecta y realiza, es prestar un servicio eficaz y eficiente. Estas metas solo pueden alcanzarse mediante el equilibrio de todos los componentes sistemas y subsistemas que integran el conjunto y lo hacen funcional y económico a lo largo de su vida útil.

Uno de los aspectos básicos de planeación y construcción de las instalaciones de este tipo que con mayor frecuencia se presentan en los edificios, cuya importancia no puede dejarlo atrás,

ya que constituye parte de los sentidos que permiten la operación eficaz del conjunto y son las redes de voz y datos estas cubren las comunicaciones telefónicas y la transmisión de datos internos y externos.

Para la correcta distribución de las redes de voz y datos se realizó en forma escalonada y radial. Cada punto extremo de distribución no debe excederse en el número de salidas. Tendrá que existir siempre en las instalaciones primarias de distribución doble capacidad de canalización, de manera tal que siempre sea posible y expedita la introducción de cables para la sustitución de otros dañados a para crecimiento. De hecho en algunos casos se dejara una doble tubería, particularmente en las trayectorias verticales y en exteriores

No se extenderán tuberías a más de 20 m sin ningún tipo de registro y tampoco se realizaran más de dos curvas entre registros de muro deben de colocarse en áreas públicas a una altura entre 1 metro sobre el nivel del piso terminado para facilitar su acceso y atención.

4.11 Instalación hidráulica

Instalación hidráulica es el conjunto de tuberías, equipo y accesorios que permiten la conducción del agua precedente de la red municipal, hasta los lugares donde se requiera.

Las instalaciones hidráulicas constituyen las redes en una edificación por medio de la cual se transporta el agua potable fría o caliente, así como también son evacuadas hacia los alcantarillados las aguas servidas y las aguas de lluvia. El diseño y las especificaciones de las redes hidráulicas son competencia de un especialista.

El inmueble cuenta con una toma de agua municipal, que alimenta directamente a la cisterna. De esta última, se distribuye el agua a los servicios del edificio mediante un equipo de bombeo y dos tinacos ubicados en azotea.

En la planta baja, las tuberías van enterradas a una profundidad mínima especificada de 60 cm. Este proceso se realizó una vez concluido el levantamiento de paredes para no atrasar la ejecución de estas.

Las tuberías de agua potable permanecieron bajo cierta presión durante el tiempo especificado por la supervisión, es por eso que antes de enterrarlas completamente deberá hacerseles pruebas de hermeticidad. *Ver Imagen 23, 24, 25 y 26.*



Imagen N° 23



Imagen N° 24



Imagen N° 25

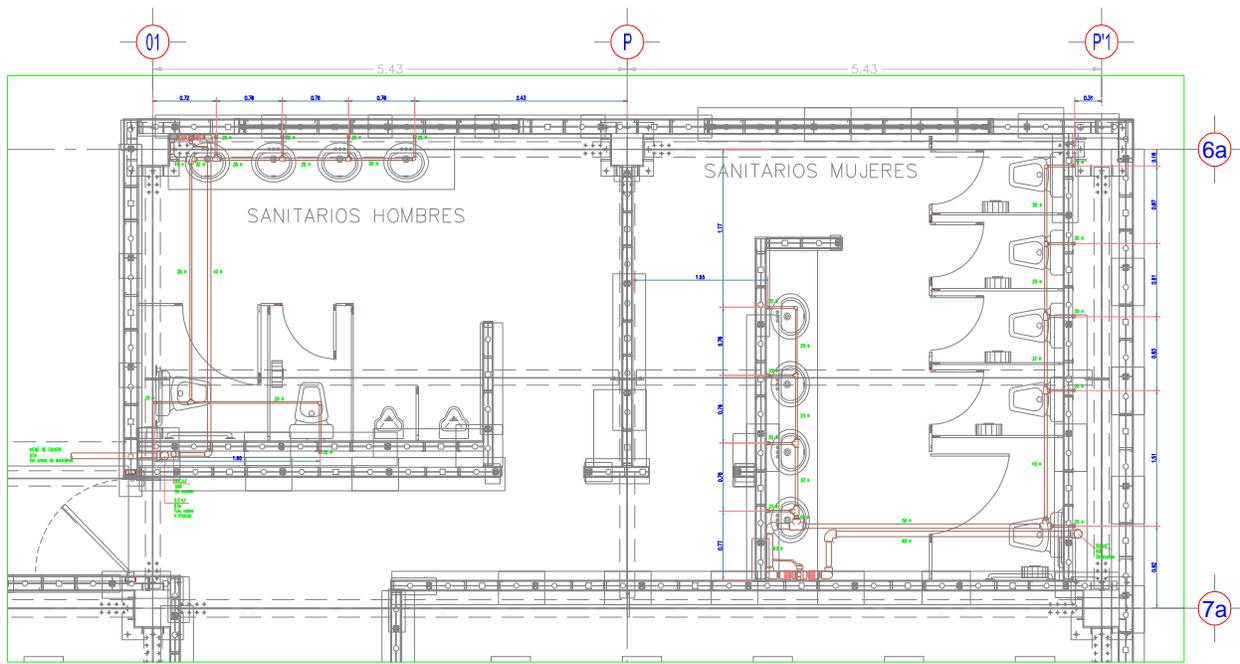


Imagen N° 26

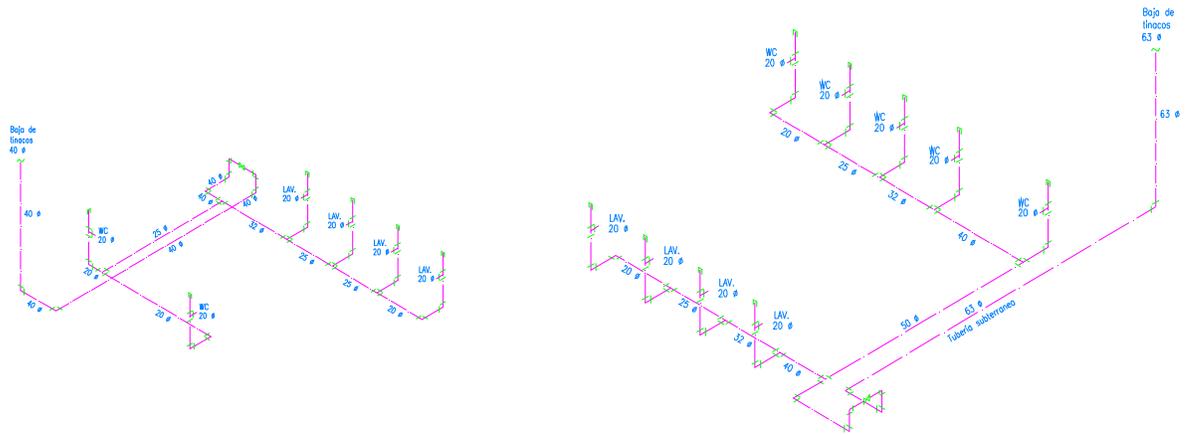
4.12 Planos de instalaciones hidráulicas

Los planos deben presentarse en planta, corte y en isométrico, para dar mayor objetividad y enseñarse a observar con cierta facilidad y con exactitud, tanto conexiones como juegos de conexiones en isométrico.

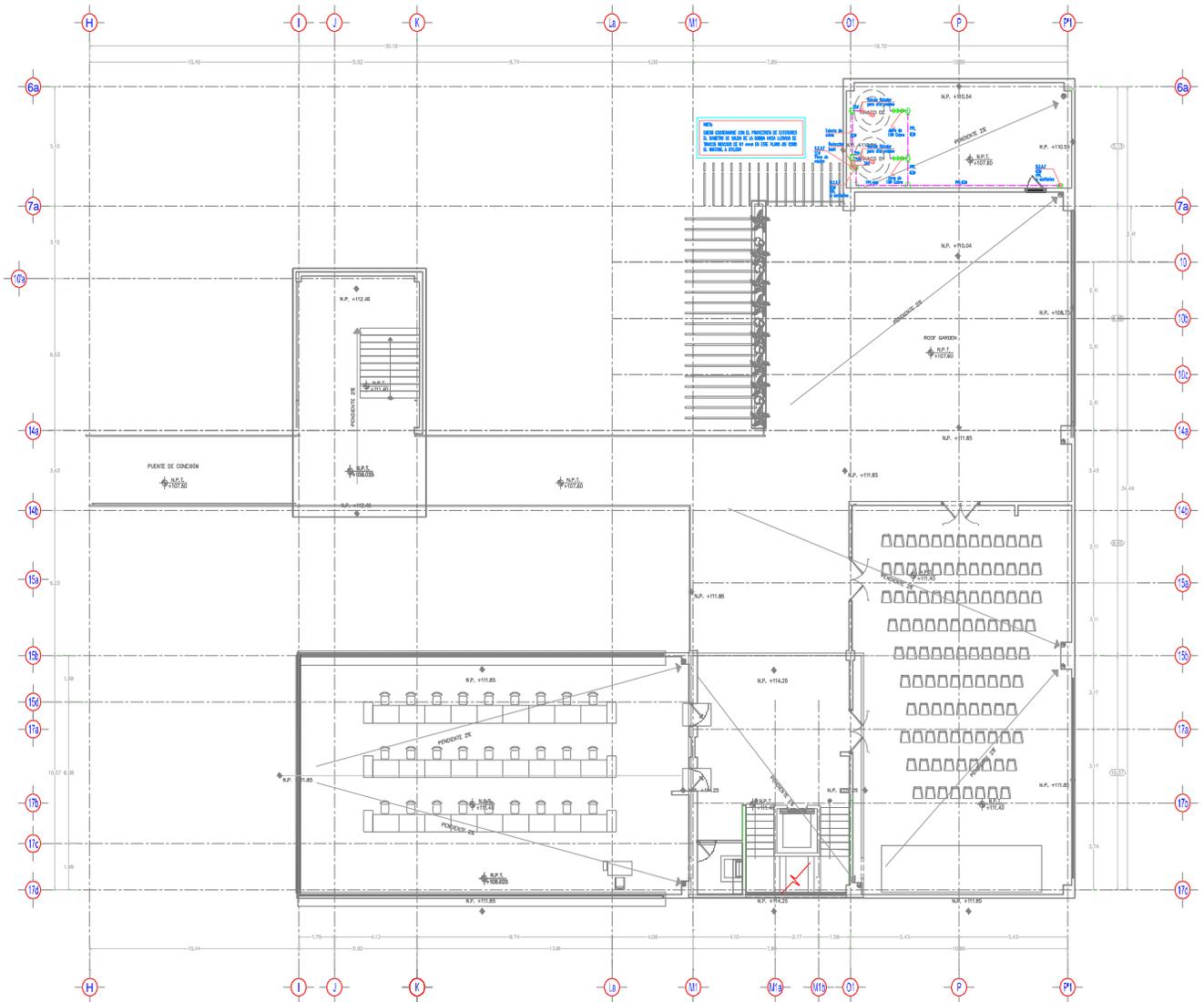
El realizar a escala los isométricos de las instalaciones hidráulicas, facilita cuantificar con exactitud el material a utilizar en ellas, al poderse observar todas y cada una de las conexiones válvulas y longitudes de tramos de tuberías. **Ver plano N°11 y 12.**



SANITARIOS PLANTA BAJA



Plano N°11 Instalaciones hidráulicas Planta baja.



Plano N° 12. Instalaciones hidráulicas Azotea.

4.13 Instalación sanitaria

La instalación sanitaria es el conjunto de tuberías, equipo y accesorios que permiten conducir las aguas de desecho de una edificación hasta el alcantarillado público, consiste en una red de tuberías de desagüe destinada a expulsar del predio las aguas que se colectan de las descargas de muebles sanitarios dentro de un edificio, en la forma más rápida y sanitaria posible para conducir las al drenaje o al punto de desfogue que indique la autoridad competente. El sistema debe contar con una red de tuberías de desagüe y así evitar que se rompan los sellos de agua de los muebles sanitarios.

La instalación sanitaria termina en un colector que recoge todas las aguas del predio por medio de tubería sanitaria, que las desaloja hacia la red de alcantarillado municipal.

A las aguas residuales, suelen dividirse por su coloración en:

- Aguas negras, son las provenientes de mingitorios y WC.
- Aguas grises, son las evacuadas en vertederos y fregaderos.
- Aguas jabonosas, son las utilizadas en lavabos, regaderas, lavadoras, etc.

Las tuberías horizontales son conocidas como ramales y las tuberías verticales como bajadas.

Las tuberías de drenaje trabajan por gravedad y por lo tanto se construyen en todo su trayecto con una pendiente hacia los puntos de descarga tanto en el primer nivel como en los recorridos a lo largo de entrepisos. En la construcción de entrepisos de concreto debe preverse la colocación de los accesorios o los pasa tubos que quedarán embebidos, previo al vaciado del concreto. *Ver Imagen 27, 28, 29, 30, 31 y 32.*



Imagen N° 27



Imagen N° 28



Imagen N° 29



Imagen N° 30



Imagen N° 31

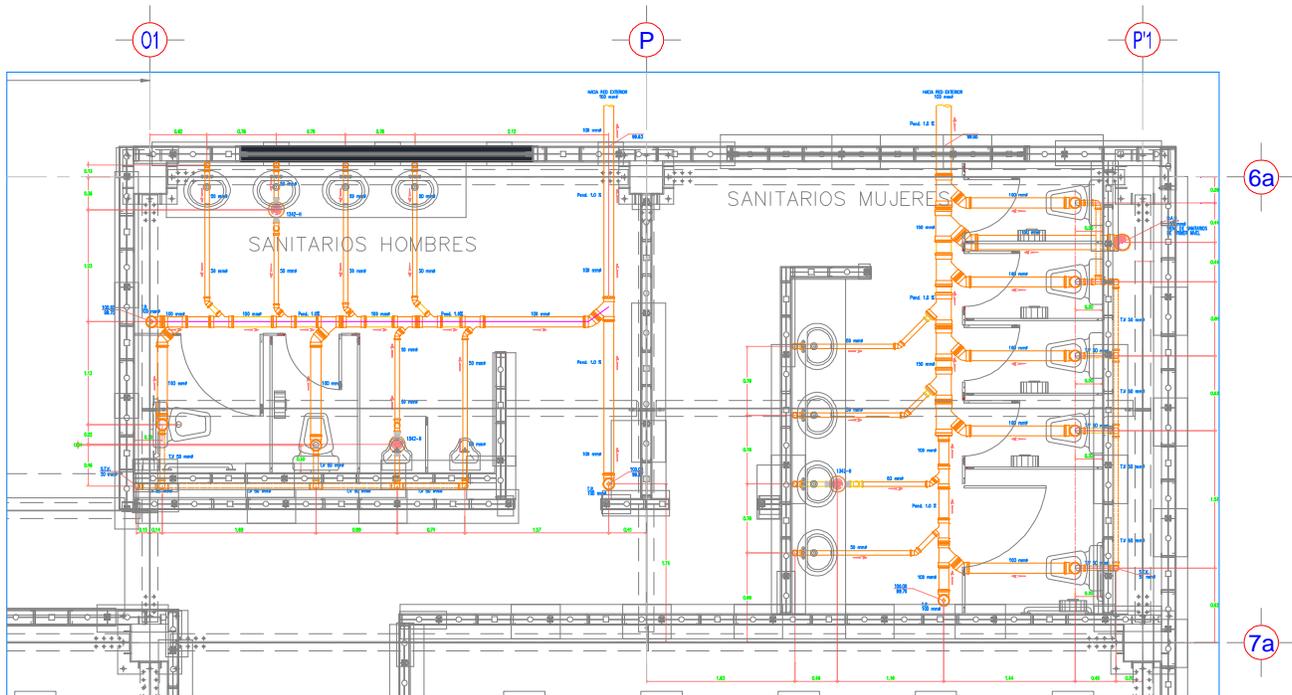


Imagen N° 32

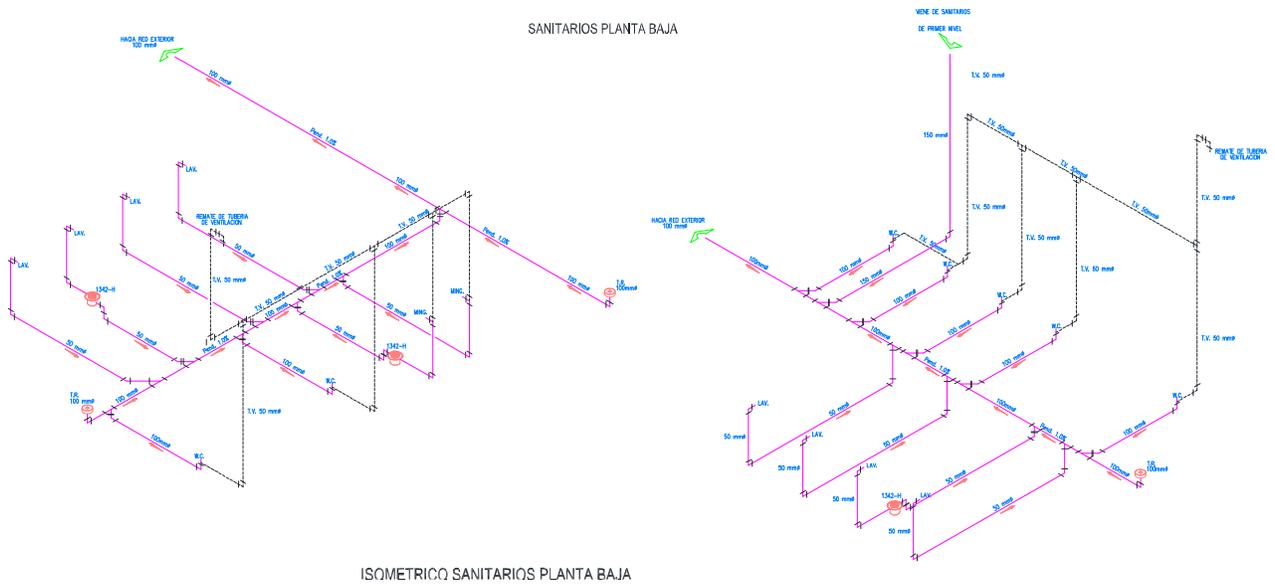
Para este proyecto se diseñó que las tuberías en planta baja se enterraran 60 cm del piso terminado para que después se coloque una capa de 5 cm de espesor de concreto llamado encofrado de tubería. Para los entrepisos la tubería se colocó por debajo de la losa, para después ser cubierto por el plafón.

4.14 Planos de instalación sanitaria.

Los planos deben presentarse en planta, corte y en isométrico, para dar mayor objetividad y enseñarse a observar con cierta facilidad pero con exactitud, tanto conexiones como juegos de conexiones en isométrico. *Ver plano N°13.*



SANITARIOS PLANTA BAJA



Plano N° 13. Instalaciones Sanitarias Primer nivel.

4.15 Instalación pluvial.

Las bajadas de aguas pluviales en este edificio son las tuberías verticales que transportan las aguas de lluvia captadas en las azoteas hasta el colector o albañal de drenaje. Estos fluidos se desplazan por las cañerías, por acción de la fuerza de la gravedad. *Ver imagen N° 33, 34, 35 y 36. Así como en los planos N° 14 y 15.*



Imagen N° 33



Imagen N° 34

Tubo de pvc para
bajada de aguas

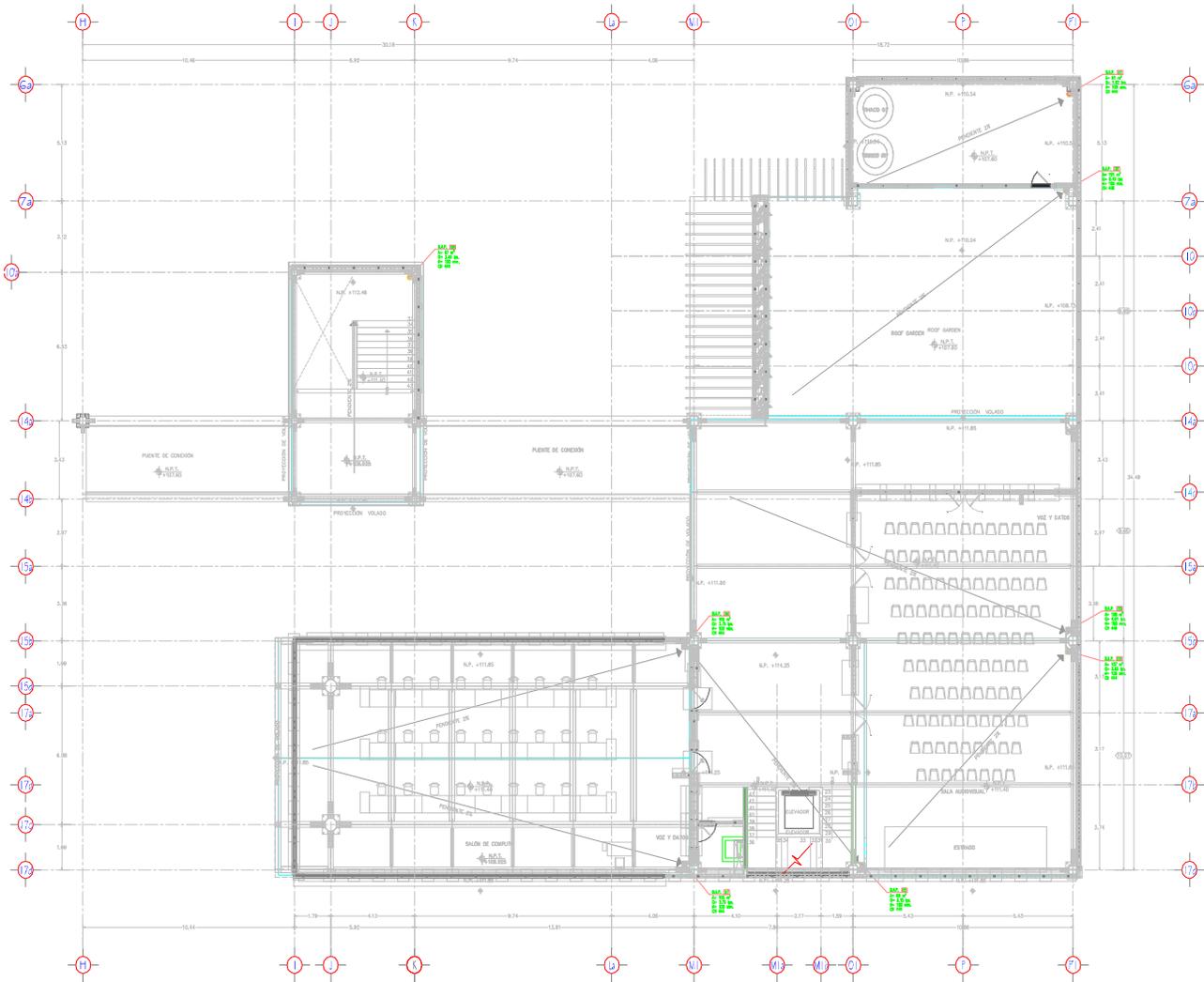


Imagen N° 35

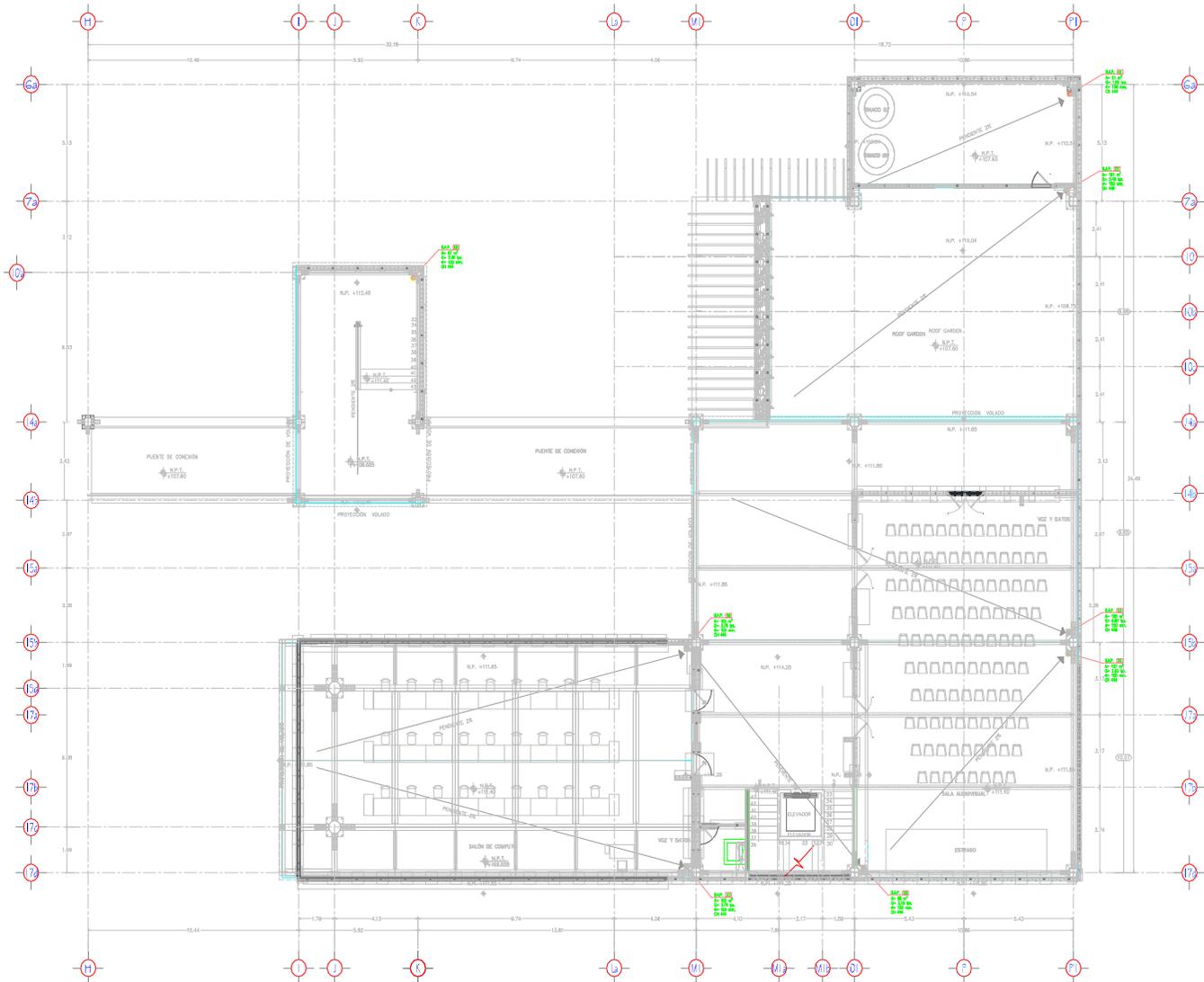


Imagen N° 36

En la realización de los trabajos se apegaron al programa de obra, a las indicaciones, procedimientos de construcción y cumplimiento con las especificaciones, bases, lineamientos, así como la utilización de material, maquinaria, equipo de trabajo y personal calificado para una correcta y eficiente ejecución de los trabajos.



Plano N° 14. Instalación Pluvial planta baja



Plano N° 15. Instalación Pluvial azotea.

CAPITULO 5. ACABADOS.

5.1 Los acabados.

Los acabados son aquellos materiales ya sean, sintéticos, pétreos, cerámicos, aglomerados, etc., que se le dan al trabajo arquitectónico, los cuales darán la apariencia final. Los utilizamos una vez finalizada la construcción, son el complemento de la obra gris, es decir no son parte de la estructura pero si cumplen importantes funciones como impermeabilizar, aislar y proteger del clima, en general estos materiales decoran y protegen tanto un comercio como una vivienda.

Dentro de los procesos constructivos modernos cada vez más se requieren espacios multifuncionales y adaptables a diversas configuraciones o diseños, para ello se recomienda utilizar muros ligeros hechos a base de paneles de yeso (Tablaroca) o paneles de fibrocemento (Durock). Este tipo de muros además de dividir espacios, pueden ser decorativos y se construyen según diseño.

Para la etapa de acabados del edificio se tomaron en cuenta los siguientes rubros de acuerdo al proyecto ejecutivo que se presentó, los cuales se describen a continuación.

- Muros (perimetrales y divisorios)
- Loseta cerámica
- Plafones
- Pintura
- Puertas de carpintería
- Cancelería de aluminio
- Instalación de muebles sanitarios
- Impermeabilización

5.2 Muros perimetrales de fibrocemento

En esta obra se especificó construir muros perimetrales de 12 cms. de espesor a base de placas de fibrocemento (Durock), el cual es un material constituido por una mezcla de cemento y fibra de vidrio. Se utilizó por ser su instalación rápida y acelera la construcción, es de fácil cortar y perforar el producto, no sufre degradación, deformación y no se desintegra al estar expuesto en contacto directo con agua.

Se coloca mediante ganchos de sujeción y tornillos especiales directamente sobre la estructura, consta de un bastidor a base de perfiles galvanizados y paneles ó placas de fibrocemento de dimensiones estándar de 1.22 x 2.44 mts., en la unión de placas se utiliza una cinta auto adherible de fibra de vidrio, posteriormente se aplica un recubrimiento base premezclado de cemento para sellar las juntas llamado basecoat, en las *imágenes N°1, 2, 3, 4, 5 y 6* se puede observar el proceso constructivo de los muros exteriores.



Imagen N° 1



Imagen N° 2



Imagen N° 3



Imagen N° 4



Imagen N° 5



Imagen N° 6

Para evitar filtraciones hacia el interior del muro se colocó una membrana impermeable en las fachadas llamada Tyvek, con esto impedimos el paso del agua en temporada de lluvia. El acabado final en el exterior de los muros fue en color café claro. En las ***imágenes N°7 y 8*** se puede apreciar la colocación de la membrana Tyvek.



Imagen N° 7



Imagen N° 8

5.3 Muros divisorios interiores.

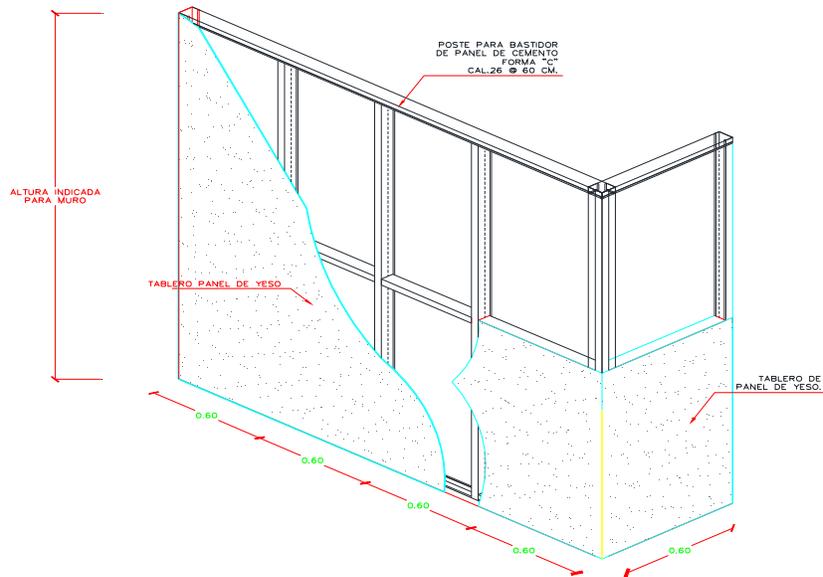
Son los elementos que tienen la función de dividir un área o espacio en referencia a otro.

Los muros divisorios al interior del edificio se dividen en dos:

- Muros de paneles de yeso estándar
- Muros de panel de yeso resistente a la humedad

5.4 Muros de panel de yeso

El muro divisorio de paneles de yeso se conforma de una estructura de perfiles de acero galvanizado a base de postes separados a cada 60 cm., introducidos en canales de amarre, los cuales se anclan al piso y al techo con fijadores. El bastidor es revestido con placas de yeso estándar de 12.7 mm, en las juntas se utiliza cinta de papel y un compuesto estándar o súper ligero para paneles, mejor conocido como redimix. **Ver detalle N° 7.**



Detalle N° 7

El espesor de muro de tablaroca que se utilizó es este proyecto fue de ½" (12.7 mm). Estos muros se colocaron en el área de aulas, laboratorios, oficinas, escaleras y vestíbulo.

Como se puede apreciar en las imágenes N° 9, 10, 11, 12, 13 y 14.



Imagen N° 9



Imagen N° 10



Imagen N° 11



Imagen N° 12



Imagen N° 13

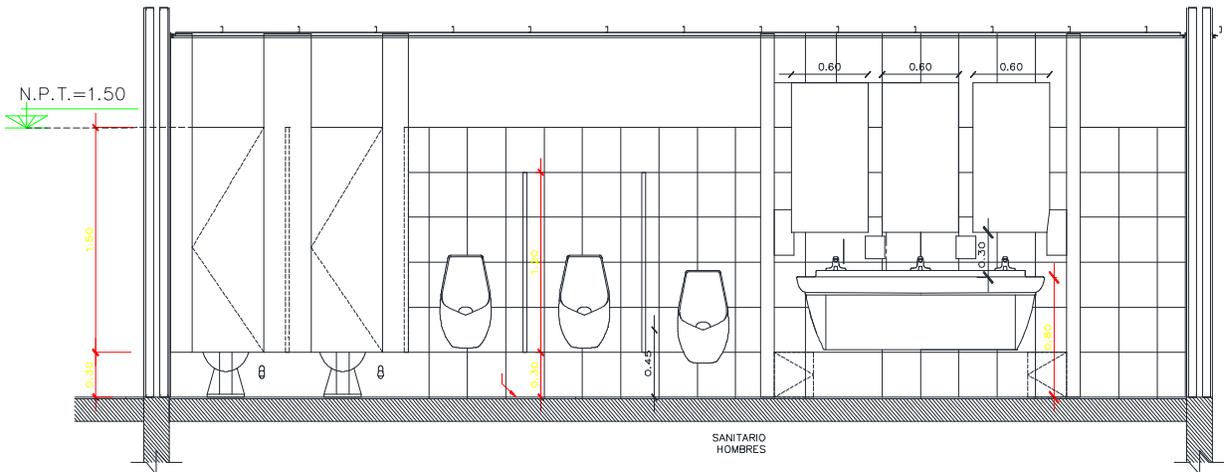


Imagen N° 14

5.5 Muros de panel de yeso resistente a la humedad

La construcción de **muros divisorios resistentes a la humedad** metódicamente llevan el mismo procedimiento constructivo que los muros anteriormente descritos, la diferencia radica en que está fabricado con un papel tratado que retarda la absorción del agua y cuenta con unos aditivos especiales en su núcleo, estos muros fueron colocados en los módulos sanitarios y otras áreas expuestas al agua.

En el área de los módulos sanitarios se colocó tablaroca resistente a la humedad con revestimiento de loseta cerámica es decir un lambrin de altura 1.50 m, después de esta altura se utilizó pintura en color blanco. **Ver detalle N° 8.**



Detalle N° 8



Imagen N° 15



Imagen N° 16

En el área de baños se colocaron mamparas metálicas en color azul, las cuales son utilizadas para crear divisiones entre sectores de un cuarto, son un elemento decorativo y se adaptan a todo tipo de espacios y necesidades, sobre todo porque no requieren de trabajos de albañilería.

5.6 Colocación de loseta cerámica.

Los acabados en el piso constituyen una forma de decoración que puede hacer grandes cambios en los espacios de nuestra obra.

Para realizar los trabajos de colocación de loseta cerámica es necesario inspeccionar la loseta a instalar por su textura, por su color y medida mezclando producto de varias cajas al azar, con el objeto de repartir los tonos ya que sus variaciones son naturales. Considerando las instrucciones que se indican en el empaque ya que existen diferentes rangos de tonalidades y texturas.

Verificando que el área estuviera nivelada, también se cuidó que el espacio donde se coloca la loseta estuviera libre de polvo, grasa, pintura, sellador, grumos de concreto, etc. Una forma de levantar residuos de cemento u otros materiales fue utilizando un raspador de superficies (tecateadora), para finalmente despejar toda partícula de polvo barriendo la superficie. **Ver Imagen N° 17 y 18**



Imagen N° 17

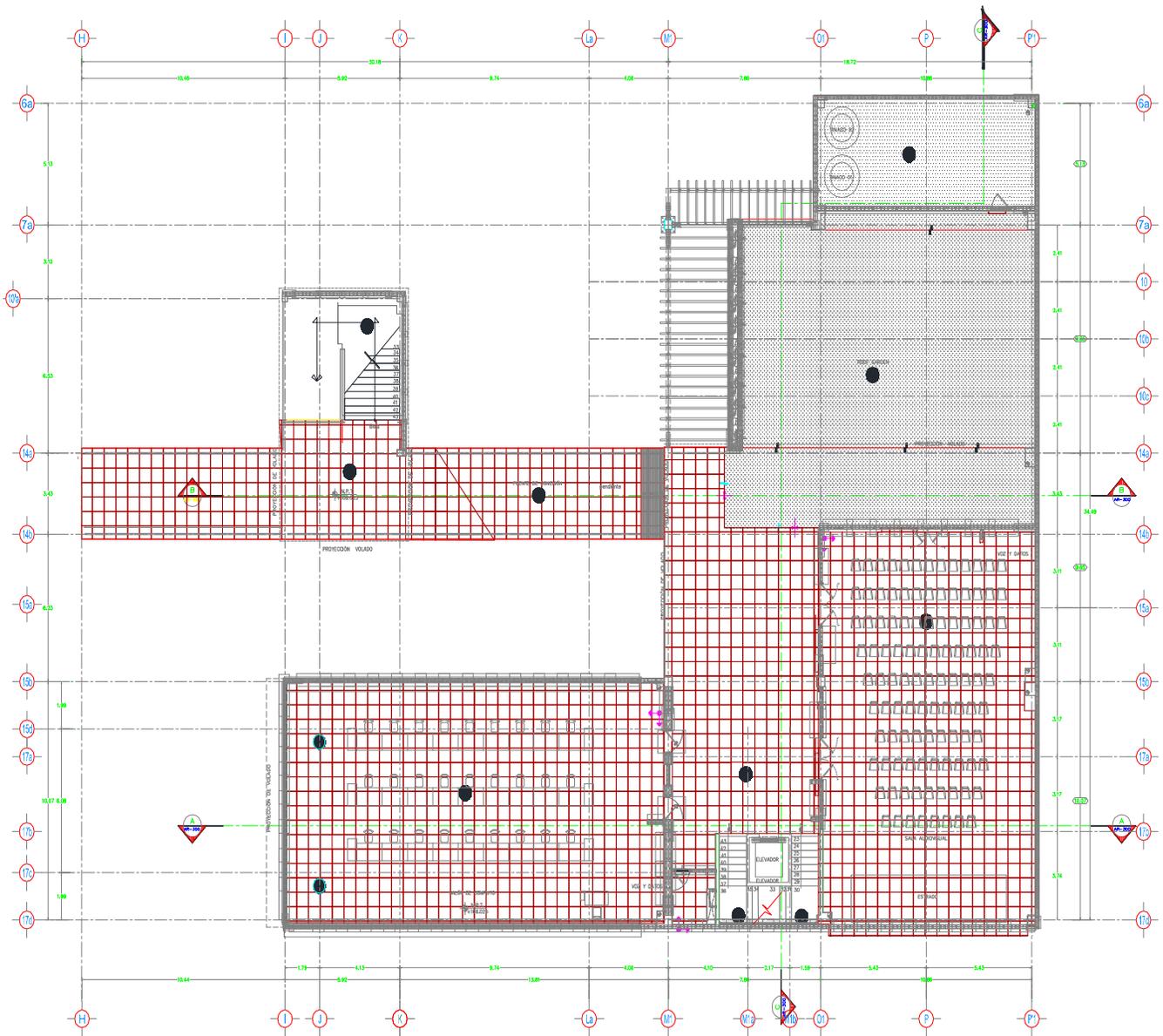


Imagen N° 18

En el edificio de la Universidad Aeronáutica se utilizó loseta cerámica modelo Borgogna II de dimensiones de 0.60 x 0.60 mts., en color smock., la cual fue colocada en los pasillos del edificio, en las aulas, así como en los laboratorios. En el área de sanitarios se colocó el mismo modelo de loseta cerámica anteriormente descrito, solo que las dimensiones son de 0.40 x 0.40 mts. **Ver plano N° 16, 17 y 18**



Plano N° 16 Acabados en pisos Planta baja.



Plano N° 18 Acabados en pisos Segundo nivel

Siguiendo con una línea de instalación para tener un óptimo acabado, es necesario definir el punto de arranque, así como el de remate, para esto el colocador se apoyó en el tendido de hilos en el piso para poder determinar cuántos ajustes pudieran existir, también se tomó en cuenta la altura de las puertas y se respetó los niveles que se le marcaron en los planos, esto para evitar algún problema posterior ya que en ocasiones si se toman mal estos niveles se corre el riesgo de que se tenga un mal funcionamiento en el abatimiento de las puertas.

Ya tomándose los niveles se procedió al tendido de los hilos, esto es con la finalidad de formar una escuadra, para tener una mejor colocación teniendo en cuenta que si llegase a existir descuadres en muros con respecto al piso, esto para que los recortes de la loseta cerámica sean los menores. Teniendo estas consideraciones el colocador procedió a la preparación del adhesivo para su colocación poniendo niveles maestros que le servirán de guía y le proporcionaran una mejor colocación del material en uso.

Se requirieron aproximadamente 5.1 litros de agua limpia por saco de 20 kg de pega azulejo, esto es para obtener una mezcla perfecta y homogénea después se dejó reposar de 5 a 10 minutos para tener una mejor consistencia una vez que la mezcla estuvo bien preparada y la superficie limpia se vació el pega azulejo en el área donde se colocó la loseta cerámica. Se extiende la mezcla haciendo un rayado horizontal utilizando una llana dentada que corresponda al tamaño de la loseta que se va a instalar esto con la finalidad de tener una mayor superficie de contacto, posteriormente se colocaron las losetas sobre la mezcla y se presionaron con firmeza dando pequeños golpes con el maso de goma para tener una mejor adherencia. ***Ver Imagen N° 19 y 20***



Imagen N° 19



Imagen N° 20

Terminada la colocación de loseta cerámica, se procede a tapar las juntas, para lo cual se limpian de basura y tierra, se dispersa una lechada de cemento blanco sobre la superficie, esparciéndola en las juntas con una escoba ó jalador; después se limpian los restos y se seca con una estopa.

El trabajo de junteo debe hacerse en tramos no mayores de 4 a 5 m², para poder limpiar las piezas de que fragüe la lechada de cemento blanco. *Ver Imagen N° 21 y 22.*



Imagen N° 21

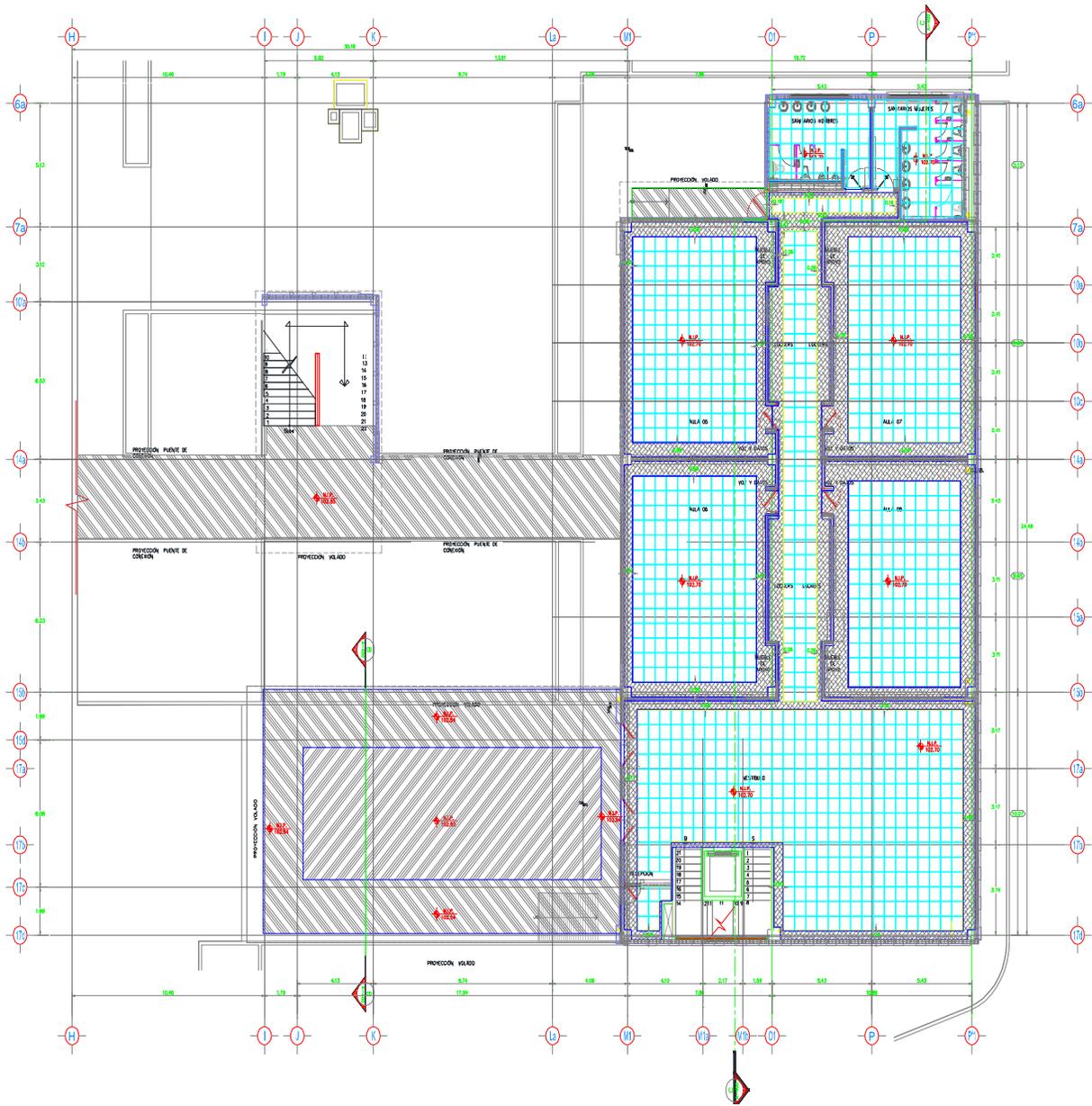


Imagen N° 22

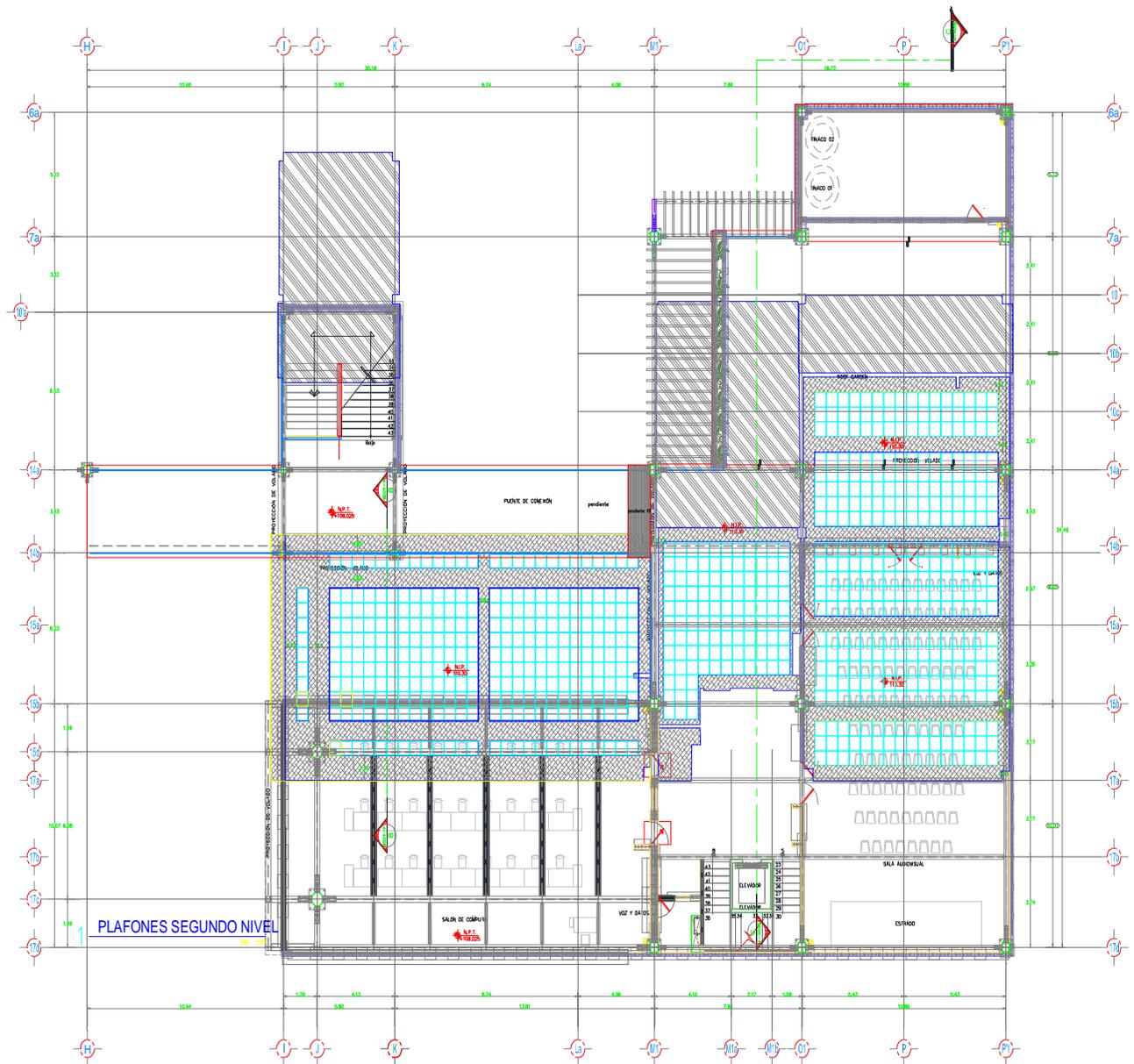
Durante tres días después de terminado el trabajo, no se permite el tránsito de personas directamente sobre el piso, debiéndose colocar tablonos o cartones que sirvan como andadores.

5.7 Plafones lisos

Los acabados en los plafones serán a base de paneles de yeso, fibrocemento y plafón reticular ubicados en diferentes áreas dentro del edificio. *Ver plano N° 19, 20 y 21 para identificar la ubicación de estos en el interior del inmueble.*



Plano N° 19, Acabados en plafones Planta Baja



Plano N° 21, Acabados en Plafones Segundo nivel.

Los plafones que se instalaron a base de placas de yeso y fibrocemento se instalan con el mismo tipo de placa que los muros. Sus bastidores son a base de canaleta de carga y canal listón en calibre 26 con una separación que va a cada 60 cm. para placas de panel de yeso. Para las placas de fibrocemento, llevan el mismo tipo de bastidor con canaleta y canal listón pero este fué en calibre 20 y su separación máxima entre bastidores es a cada 40 cm. Este bastidor se colgantea a la losa o estructura existente con alambre galvanizado y se tiene una separación del lecho bajo de la losa a su terminación de 65 cm.

El procedimiento para la elaboración de un falso plafón comienza con el colganteo para la suspensión, este colganteo es a base de alambre galvanizado del No. 12, el cual se fija a la losa o estructura existente con taquete de alambón, tornillo con taquete, o clavo con arandela.

Una vez taqueteado y colganteado, se procedió a sacar niveles y reventones para la colocación del bastidor, el cual es a base de canaleta de lámina galvanizada cal. 22 el cual se sujeta a los colgantes y estas se colocan a cada 90 cm. En el sentido transversal de la canaleta, se colocó canal listón en cal. 26 para placas de panel de yeso y este se coloca a cada 60 cm. centro a centro el cual a su vez se amarra a la canaleta con alambre galvanizado del No. 18.

Para plafón de panel de fibrocemento, el canal listón a utilizar es cal. 20 y la separación entre cada uno es a cada 40 cm. centro a centro fijándose a la canaleta de la misma forma que para plafón de panel de yeso. Terminado de colocar el bastidor, se renivela para la colocación de la placa. ***Ver Imagen N° 23 y 24.***



Imagen N° 23

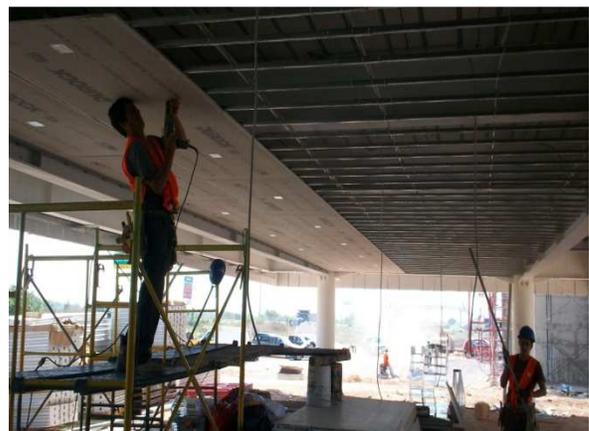


Imagen N° 24

Terminada la colocación del bastidor, se procedió a la colocación de la placa, la cual se fija al canal listón con pijas autorroscables de 1" a cada 30.5 cm. para placas de panel de yeso, y con tornillo punta de broca de 1 1/4" a cada 30.5 cm. centro a centro para placas de panel de fibrocemento. **Ver Imagen N° 25 y 26.**



Imagen N° 25



Imagen N° 26

En cuanto estén colocadas las placas se procedió al recorte de plafón para elaboración de huecos para lámparas o rejillas de aire acondicionado si van empotrados en el plafón, en estos casos, por lo regular se tiene que recortar también el bastidor, por lo cual en esa zona se tiene que reforzar el bastidor con canaleta y canal listón en las zonas de apertura de huecos, requiriendo añadir un colgante más en esa zona.

Terminado el plafón y ya abierto y reforzado todos los huecos para lámparas y rejillas de aire acondicionado, se procedió al calafateo del mismo, el cual es el mismo procedimiento para muros, aplicando pasta calafateadora de compuesto premezclado para panel de yeso y su cinta cubrejuntas en las uniones de las placas, esta pasta se colocó nuevamente sobre la cinta cubrejuntas ya adherida y se fue aplicando el calafateo hasta dejar la superficie de las juntas uniforme. Para el caso de plafones de fibrocemento, se hace el mismo procedimiento y se aplica compuesto cementoso llamado basecoat con cinta de malla de fibra de vidrio, calafateando sobre las juntas y sobre toda la superficie del panel.

5.8 Plafones reticulares

Los falsos plafones reticulados, se armaron con sistemas a base de "Tee" de aluminio, reticulada a las medidas de 0.61 x 0.61 m de la placa, con el mismo tipo de colganteo a la losa o estructura existente.

1. Para la elaboración de falsos plafones reticulares, el colganteo es el mismo sistema que para falso plafón corrido, pero este se coloca a cada 122 cm.
2. El bastidor en este caso, es de suspensión visible y es a base de Tee de lámina esmaltada, reticulada en módulos de 61 x 61 cm, cuyo colganteo se coloca en la tee principal, llamada también Tee larguero. A esta se le insertan transversalmente Tees secundarias que son las que van a dar la modulación al plafón, nivelando y alineando todo el bastidor conforme se va colocando. *Ver imagen N° 27 y 28*



Imagen N° 27



Imagen N° 28

3. Terminado el bastidor, se continúa con la colocación de la placa. Estas placas van sobre este bastidor y se ajustan a las necesidades y requerimientos del cliente y la modulación de estos es por lo regular de 61 X 61 cm. *Ver imagen N° 29 y 30.*



Imagen N° 29



Imagen N° 30

5.9 Pintura.

El acabado final en muros y plafones es a base de pintura vinílica, tanto en interiores como exteriores. La pintura da un aspecto agradable, podemos provocar diferentes sensaciones en cada espacio, dependiendo del tono y tipo de pintura que apliquemos. Por otro lado la pintura protege los muros de diferentes elementos.

Antes de comenzar a pintar, debemos dejar libre de polvo la superficie a cubrir, después aplicamos una mano de sellador, antes de pintar y dejamos secar.

Para la aplicación de pintura vinílica tenemos que aplicar dos manos, para que cubra mejor las paredes, no debemos rebajar demasiado el producto, porque al rebajar también reducimos la calidad, para esto debemos seguir las instrucciones del producto.

Antes de aplicar una segunda capa de pintura, debemos esperar a que seque la primera, no es recomendable revolver pinturas de diferentes marcas, ya que los componentes no son los mismos, y al momento de hacerlo la calidad baja.

Para la aplicación de pinturas vinílicas, se emplean brocha, cepillo, rodillo hasta que la superficie quede completamente cubierta, que es por lo regular a dos manos, dejando secar entre una y otra aplicación. *Ver Imagen N° 31 y 32.*



Imagen N° 31



Imagen N° 32

5.10 Puertas de carpintería

Las puertas delimitan el acceso a un recinto y se componen de: marco, mochetas, chapas, tope. Deben instalarse después de haberse terminado el acabado del piso, es además un proceso constructivo que se puede realizar de forma paralela a otros procesos.

Se realizó la comprobación de medidas, nivel y el plomo de las paredes internas del hueco, las cuales deben tener su acabado final y verificar el abatimiento de la puerta.

Después se colocan los lados verticales atornillándolas a la pared por medio de anclas y tornillos revisando que estén a plomo. Colocar posteriormente la parte superior de manera que evite que se separen las verticales.

Posteriormente se coloca la bisagra, se realiza la perforación solamente en dos puntos para así revisar que quede a nivel y levantada del suelo una cierta distancia, en este punto se debe ensayar que la puerta cierre correctamente.

Se toman las medidas para colocar la chapa en la hoja, primero se perfora a los costados y después al frente la distancia a la que se hará el orificio dependerá del tipo de chapa. Primero se coloca el seguro y después la manija; por último se coloca el recibidor en la mocheta, taladrando para esto a través de la mocheta y la pared. Recordando siempre revisar los niveles.

Se coloca el tope de la puerta, puede ser de pared o de piso, esto para evitar que la puerta pegue con la pared.

Por último se coloca la chambrana, que es el elemento que bordea perimetralmente la puerta

Para evitar filtraciones del exterior una vez que se ha instalado la puerta se debe cubrir el espacio que queda entre la mocheta y la pared, ya sea con silicón, pasta de cemento o masilla.

Ver Imagen 33 y 34.



Imagen N° 33



Imagen N° 34

5.11 Cancelería de aluminio.

Ventanas

Cumplen la función de ventilar e iluminar los espacios, además son elementos de protección y seguridad, deben ofrecer aislamiento térmico y acústico

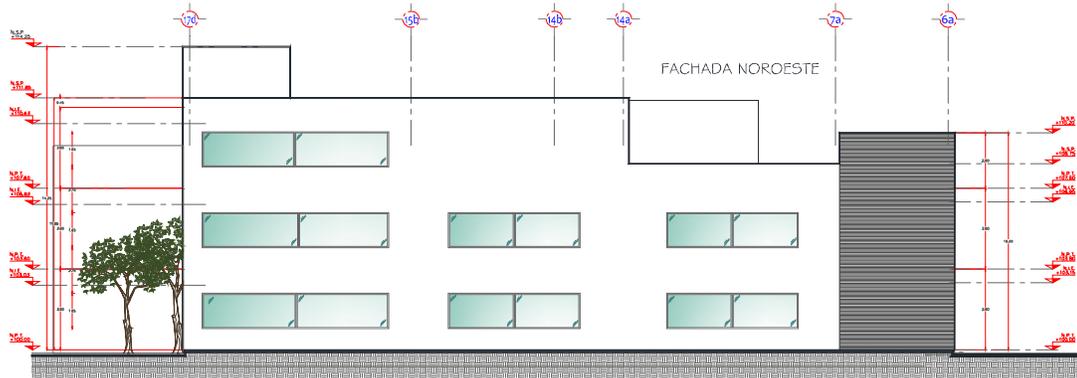
El primer paso consiste en tener a escuadra todo el vano de la ventana sin que este tenga ninguna rebaba de concreto o protuberancia que pudiera ocasionarnos que la ventana no se coloque correctamente; para esto se debe de checar que la ventana se encuentre limpia y que el personal técnico responsable supervise que el vano donde se coloque la cancelería este con las características requeridas en el proyecto.

El segundo paso consiste en que se presente la ventana en el vano para checar que efectivamente está entre en el mismo sin ningún problema, una vez checado esto se procede a la colocación de los barrenos para la sujeción de la ventana que consiste en fijar la misma con la tornillería especificada en el proyecto, colocando primeramente los fijos de la ventana para que se pueda trabajar de la mejor manera, posteriormente terminada esta actividad se coloca el resto

de la ventana para checar el funcionamiento de la misma y que no se tenga ningún problema con las carretillas y que estas a su vez se deslicen perfectamente sobre los rieles sin problema alguno.

El tercer plazo consiste en ajustar las cerraduras de las ventanas para que estas operen perfectamente ya que si se pusieran al principio estas pudieran tener algún tipo de desnivel y así ocasionar algún tipo de contratiempo una vez terminada esta actividad se procede al sellado de la ventana tanto en el interior como en el exterior para evitar todo tipo de filtraciones de agua en el tiempo de lluvias y así no tener ningún problema a futuro.

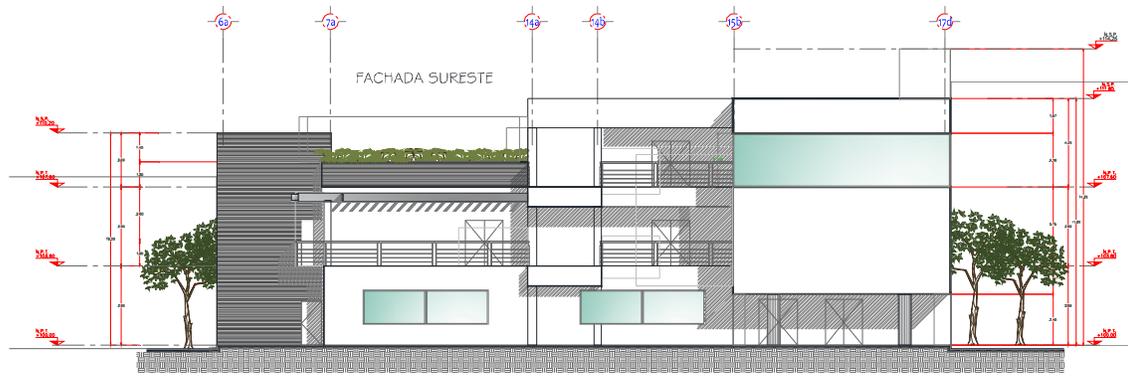
En el detalle N° 9, 10 y 11 se puede observar las fachadas del edificio en las cuales se puede visualizar la cancelería, así como en **las imágenes N° 35, 36, 37, 38 39** se puede percibir el proceso constructivo de estos elementos.



Detalle N° 9



Imagen N° 35



Detalle N°10

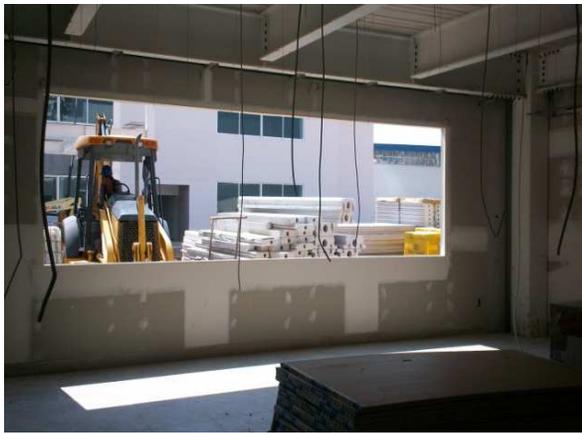


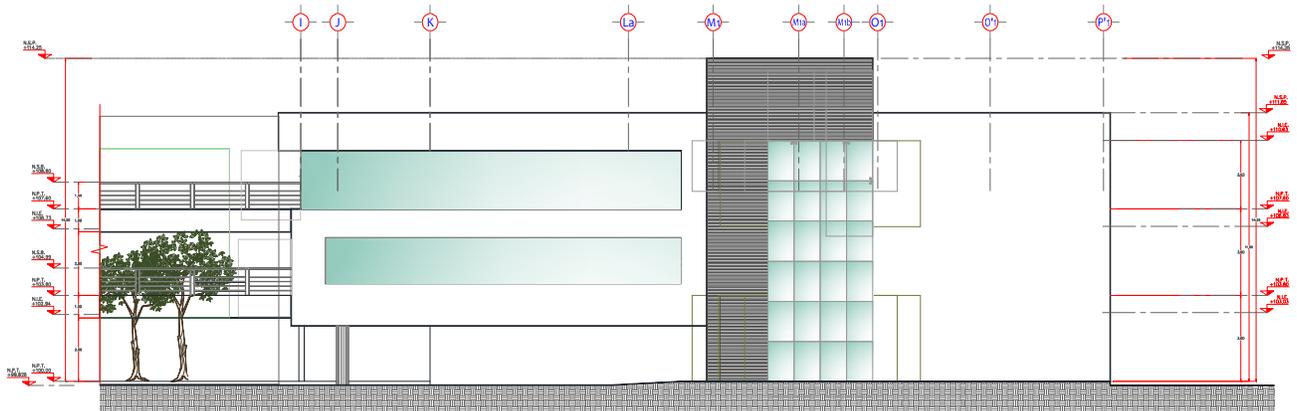
Imagen N° 36



Imagen N° 37



Imagen N° 38



FACHADA NORESTE

Detalle N°11



Imagen N° 39



Imagen N° 40

5.12 Instalación de muebles de baño.

Entre los diferentes estilos y características de muebles para baño, existen una gran variedad en modelos, marcas y tendencias. Se definió que estos elementos no solo sean decorativos, sino que también deben adecuarse en calidad y tamaño, para aprovechar al máximo los espacios y la practicidad de la distribución.

Tal es el caso de los sanitarios, lavabos y otros accesorios con esta misma función, como lo son despachadores de jabón, secadores de aire para manos, etc. La tarea de todos estos productos, no es solo de ser estéticos, sino, aumentar en funcionalidad logrando que esta se exprese de una manera puramente higiénica.

Además debe tomarse en cuenta la calidad de los materiales, ya que estas son áreas húmedas y debe cuidarse que propicien ambientes inodoros, especialmente en baños o sanitarios públicos.

Generalmente los colores utilizados en esta parte, son colores neutros, para proporcionar un ambiente limpio.

5.13 Impermeabilización.

Para su colocación se debe de realizar la preparación de la superficie y se tienen que eliminar partes sueltas o flojas, salientes filosas o puntiagudas, se realizó un tecateado a la superficie con una pala plana o barreta lineal esto con el fin de quitar todas las imperfecciones que pueda tener la superficie. Se retiraron capas antiguas o deterioradas de otros productos, en el caso de que se tuvieran algunas fisuras en la losa estas se trabajaron aplicando una capa de mezcla de cemento y adhecon para que se tenga la seguridad de que penetre en la fisura y no se desprenda teniendo esto ya concluido. En la *imagen N° 41 y 42* se puede observar la azotea limpia.



Imagen N° 41



Imagen N° 42

Se procede a la aplicación de la primera capa llamada impregnación (o sellado) que consiste en aplicar una capa uniforme de hidropimer, este se aplica como viene el producto sin diluir el cual tiene un rendimiento aproximado de 4-5 m²/litro y seca en aproximadamente 4 horas (en día soleado) y en días nublados se tiene que dejar secar de un día para otro.

Se deben eliminar las posibles impurezas que se hayan depositado durante el secado de la impregnación, para después dar paso a la aplicación de la capa base la cual es de material acrílico, esta se empleará para reforzar la impermeabilización, una vez aplicada la capa base se dejó secar totalmente la superficie, para inmediatamente aplicar la primera mano del impermeabilizante acrílico, después se colocó la membrana de refuerzo la cual protegerá nuestra losa e impedirá el paso del agua, esta membrana tiene que quedar totalmente lisa, libre de aire, para que los trabajos se ejecuten bien, después de aplica otra capa de impermeabilizante acrílico y se deja secar. ***Ver imágenes N° 43 y 44.***



Imagen N° 43



Imagen N° 44

Conclusiones

El proceso constructivo de toda obra lleva un seguimiento rígido, por un plan de trabajo específico, denominado programación de obra, en el cual se hace una clasificación siguiendo un orden coincidente con el desarrollo de la obra a ejecutar. La construcción de edificaciones es el resultado de un orden sucesivo de subprocesos dentro de los cuales debe existir cierta logística, y organización para optimizar los recursos con que se cuenta. Para esto es necesario conocer las técnicas de construcción, las condiciones del lugar, saber interpretar los planos, y toda la documentación que se elaboró previamente, sin embargo, se sabe que la complejidad de una construcción varía según el tamaño y la tecnología utilizada para cada proyecto, y que se requiere profundizar mucho más de lo que se ha abordado, aunque el objetivo específico no es profundizar en cada especialidad sino más bien tener una idea clara de la secuencia de cada proceso constructivo.

La intensidad del control de obra depende del conocimiento que tengan las personas sobre las necesidades y magnitud del proyecto y de la disponibilidad de elementos y organización que se tenga. Si al iniciarse una obra ingenieril no se cuenta con los elementos (humanos y equipo) ni con la organización necesaria, se debe cuanto antes adquirir lo que se requiera, así como dar la organización adecuada para un control de proceso, durante los cuales se debe exigir el cumplimiento a las especificaciones del proyecto.

Se debe verificar que los materiales lleguen en tiempo y forma, que los diferentes frentes de trabajo sean los adecuados y que se utilicen los procedimientos de construcción marcados en los proyectos. Los ingenieros de obra deben revisar y atender sus recomendaciones y en aquellos casos en que haya discrepancia se deben aclarar los puntos de vista en beneficio de la obra.

Durante la construcción de este edificio se presentaron detalles constructivos a los cuales se tuvo que dar solución inmediata para seguir con los trabajos que se estaban ejecutando. La participación del ingeniero civil en este tipo de obras es dar soluciones congruentes y alternativas a las problemáticas que se presentan, las cuales se resuelven muchas veces en campo con la participación principal de la supervisión externa, mediante boletines debidamente firmados indicando los detalles cuestionados, anotándolos en la bitácora de obra.

Cabe resaltar que los cambios de proyectos antes de ser ejecutados deben ser aprobados por el área de proyectos de la Dependencia, esto afecta principalmente en el presupuesto ya que se deben

de realizar precios extraordinarios afectando también el programa de obra. Algunos cambios mas importantes fueron: en algunos lugares se tuvo que bajar la altura del plafón para ocultar la tubería del sistema contra incendio, se cambió en el acceso una rejilla de polietileno de alta densidad por una reja Irving por que la solicitada en el catálogo estaba descontinuada, otro cambio importante fue el de los niveles de piso terminado en los pasillos se tuvo que elevar 5 cm, ya que de lo contrario el agua se podía filtrar a los registros de instalaciones eléctricas.

Cualquiera que sea la idea que se pretende implantar, la inversión, la metodología o la tecnología por aplicar, ello lleva necesariamente la búsqueda de proposiciones coherentes destinadas a resolver las necesidades planteadas, como lo es el dar un servicio educativo de calidad; tanto en sistemas educativos como en construcciones especialmente diseñadas para cumplir con los objetivos establecidos.

El presente trabajo se dedicó a exponer el procedimiento constructivo del edificio de Aeronáutica en Querétaro, llevando a buen término la construcción de este inmueble, tomando en cuenta los trabajos previos y durante el proceso de ejecución de la obra, considerando que es un espacio destinado a servicios educativos, esto con la finalidad que el lector tenga una idea clara de cómo se lleva a cabo dicho proceso.

Glosario

Albañilería: como parte del proceso constructivo de una edificación es la selección y dimensionamiento de elementos secundarios, tales como castillos, cadenas y muros, que proporcionan solidez a las edificaciones y en el caso de muros divisorios.

Acabados: son aquellos materiales ya sean, sintéticos, pétreos, cerámicos, aglomerados, etc., que se le dan al trabajo arquitectónico, los cuales darán la apariencia final. Los utilizamos una vez finalizada la construcción, son el complemento de la obra gris, es decir no son parte de la estructura pero si cumplen importantes funciones como impermeabilizar, aislar y proteger del clima, en general estos materiales decoran y protegen tanto un comercio como una vivienda.

Cimentación: es el conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

Cisterna: es un contenedor de agua para vivienda ó edificios, subterráneo que se utiliza para contener líquidos.

Cimbra de madera: es el conjunto de obra falsa y molde, cuyo objetivo es soportar y contener el concreto fresco para que este adquiera su forma preestablecida.

Curado del concreto: es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. Busca evitar la contracción hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta.

Entrepiso: es el elemento estructural que separa un nivel de otro en una edificación, se componen de elementos horizontales de apoyo (vigas) y la superficie estructural (losa ó placas), Este debe ser capaz de soportar cargas vivas (cargas transitorias) y carga muertas (su propio peso). En un entrepiso existe una jerarquía de elementos, es decir el orden en que resisten las cargas.

Excavación: es la actividad necesaria para la remoción y extracción de materiales del suelo o terreno, ya sea para alcanzar el nivel de desplante de una cimentación; la rasante en la construcción de un camino o el fondo de una cepa para alojar una tubería.

Escalera: es un elemento de circulación vertical, que comunica un nivel con otro. Este elemento está ubicado al interior del edificio, está compuesta por: peldaños y sus respectivos descansos.

Instalación eléctrica: es la red por medio de la cual se suministra a una edificación el fluido eléctrico. Es decir es un conjunto de dispositivos, accesorios, controles y elementos utilizadores del fluido eléctrico, interconectados a través de una red de conductores.

Instalación hidráulica: es el conjunto de tuberías, equipo y accesorios que permiten la conducción del agua precedente de la red municipal, hasta los lugares donde se requiera.

Instalación sanitaria: es el conjunto de tuberías, equipo y accesorios que permiten conducir las aguas de desecho de una edificación hasta el alcantarillado público, consiste en una red de tuberías de desagüe destinada a expulsar del predio las aguas que se colectan de las descargas de muebles sanitarios dentro de un edificio, en la forma más rápida y sanitaria posible para conducir las al drenaje o al punto de desfogue que indique la autoridad competente. El sistema debe contar con una red de tuberías de desagüe y así evitar que se rompan los sellos de agua de los muebles sanitarios.

Montaje: es la unión o ensamble ordenado en el sitio de la obra de los elementos estructurales prefabricados para formar una estructura completa. En él se realiza el ensamble de los distintos elementos, a fin de que la estructura se adapte a la forma prevista en los planos de taller.

Pilas de cimentación: son elementos de cimentación profunda con secciones mayores que la de los pilotes, las cuales también transmiten al subsuelo las cargas provenientes de una estructura y de la misma cimentación con el propósito de lograr la estabilidad del conjunto.

Plantilla de concreto: es la capa formada con materiales tales como concreto, suelo cemento, grava cementada, pedacera de tabique o productos similares, compactada de acuerdo a lo señalado en el proyecto y construida sobre el terreno natural, para desplante de cimentaciones o estructuras, la cual debe presentar una superficie uniforme y adecuada para el trazo de ejes y demás líneas auxiliares necesarias.

Subestación eléctrica: es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador. Normalmente está dividida en secciones, por lo general 3 principales, y las demás son derivadas.

Bibliografía.

www.rotoplas.com

www.materialeslivianos.com.mx/servicios/sistema_constructivo/muros.php

www.arquitex.com.mx/tablaroca-durock/plafones-falsos.html

Manual técnico de construcción, Holcim Apasco, febrero de 2006, campos elíseos 345, Polanco

es.wikipedia.org/wiki/Cimentaci%C3%B3n

www.cmic.org/cmhc/Espotec/GPOCP/art-CimentacionesProfundas.htm