



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# FACULTAD DE INGENIERÍA

PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS  
PREFABRICADOS PARA UNA  
NAVE INDUSTRIAL

## TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

JUAN ANTONIO ARELLANO ZAUCO

DIRECTOR DE TESIS  
ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA MÉXICO, D.F

2012



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/UTIT/118/12

Señor  
**JUAN ANTONIO ARELLANO ZAUCO**  
Presente.

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 desarrollen ustedes como tesis, conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional" para obtener su título de **INGENIERO CIVIL**.

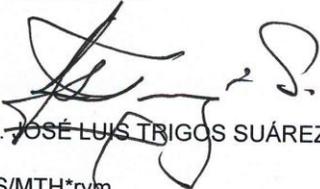
**"PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS PREFABRICADOS PARA UNA NAVE INDUSTRIAL"**

- INTRODUCCIÓN.**
- I. ANTECEDENTES.**
- II. ESTUDIOS PREVIOS.**
- III. PROYECTO EJECUTIVO.**
- IV. PLANEACIÓN.**
- V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS PREFABRICADOS.**
- VI. CONCLUSIONES.**
- ANEXOS.**
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.**

Ruego a ustedes 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 les 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 HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 6 de Septiembre de 2012.  
EL PRESIDENTE

  
M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JTS/MTH\*rvm

# AGRADECIMIENTOS

---

Son muchas las personas a las que quiero agradecerles todo su apoyo, amistad y animo en las distintas etapas de mi larga y corta vida, contradictorio lo anterior pero así es. Algunos están hoy día conmigo y muchos más están en los recuerdos. Sin importar en donde estén o si es que algún día podrán leer esta líneas, quiero darles las gracias por formar parte de mi vida, gracias por todo lo que me han brindado.

Primero agradecer a Dios, por ayudarme a terminar este proyecto, gracias por darme la fuerza y coraje necesarios para no desfallecer y así lograr este sueño, además de que sé que esta conmigo en todo momento de mi vida aunque en ocasiones lo hubiera dudado, seguramente está ahora y espero que siga así conmigo el resto de la vida.

A mis padres, Juan, mi estupendo padre, que esto no hubiera sido posible sin su sacrificio, gracias por creer en mí, por todo el apoyo incondicional que me has brindado, y que seguramente hoy estas conmigo, solo espero llegar a ser la mitad de lo que tu has sido. Madre, me atrevo a decir que eres la mejor mamá, gracias por todo tu esfuerzo, apoyo y confianza, gracias por estar conmigo en todo momento al igual que papá, gracias por todos tus consejos, y por todo el gran amor infinito que tienes con tus hijos, gracias por siempre y para siempre.

A mi hermana por estar conmigo, gracias por tu paciencia y por la preocupación para con tu hermano menor que a veces pareciese excesivo, también por todos esos momentos de enojos, peleas, así como las alegrías pero sobre todo por estar al final de este proyecto.

A la familia Galindo Zauco, a todos pero en especial a mi tía la Tilia, gracias por estar al pendiente de mí en todo momento, otro persona especial de esta familia es Lupita, gracias por qué sé que tú también has estado pendiente de mi como yo de ti, gracias a ambas por apoyarme.

Yarely, una mujer de la cual he aprendido una infinidad de cosas en tan poco tiempo, gracias por formar parte de mi vida y por consiguiente de este proyecto y que aunque fuiste la pieza final, definitivamente es lo que faltaba. Gracias por se tu y haber llegado en el momento preciso.

Helen, afortunadamente la vida quiso que nos conociéramos y claro tu también, sabes que eres una persona muy especial para mí y aunque tenemos poco tiempo de conocernos, puedo decir que eres una mujer que me cambio la vida, gracias por tu amor, comprensión, compañía, consejos y demás cosas que he aprendido contigo.

A todos mis profesores que he tenido, pero se merece una mención especial mi profesor y director de tesis, el Ing. Marcos Trejo Hernández, agradezco a la vida por la oportunidad de haberlo conocido dentro de la facultad y a el por haber aceptado dirigir mi tesis, pero sobre todo por la confianza y consejos que en algún momento me dio y con los cuales pude seguir adelante.

Obviamente no puedo ni debo dejar de mencionar a mis amigos de la universidad: Angélica, Anita, Elizabeth, Karla, Astrid y Susana. Gerardo, Carlos, Jorge, Carlitos, José Luis, Moisés y Norman. Paulina, Annie, Miriam, Tayde, Lili y Tania. Por los momentos que pasamos juntos y por qué han estado conmigo ya sea por la escuela o diversión pero muchos de ustedes en ambas, es por esto y mucho más que les agradezco enormemente.

También tengo grandes amigos de las anteriores escuelas que me gustaría mencionar, David, Luis, Mario, Jacqueline, Alejandro, Raúl, Ceci, Delia y Yessica. Otros más que solo están ya en los recuerdos pero que en algún momento compartí grandes momentos con ellos, Alma Rosa, Lourdes, Carlos, Fernando, Filiberto y Armando. Aunque son parte del pasado, gracias es eso es lo que soy en el presente.

Algunas personas con las que he laborado y otros que me han dado la oportunidad de trabajar, gracias, Arq. Alberto Torres, Ing. Ernesto, Jorge Gómez, Rafael, Miguel, Félix, Alfonso, Fernando, Marcelo y Karla Denisse. Mención para la empresa G+AI ya que por medio de esta es que se logró este trabajo, gracias.

Gracias a Odin Dupeyron, una persona a la cual no tengo el placer de conocerlo personalmente, sino solo lo he visto arriba de un escenario, en un monologo, y por medio de sus libros, más sin embargo, le estoy agradecido porque mi vida dio un giro después de ver su personaje, Marciano, y aunque en ocasiones se me olvida la lección, basta con recordar y decir: No eres una piedra, y ¡A vivir!

Gracias a todos...

“Por escucharme, por estar ahí, o por haberme abandonado.

Por ayudarme, por apoyarme, o por haberme traicionado.

Por recordarme, o por olvidarme.

Por incluirme, por excluirme, por dañarme o por salvarme.

A unos por mi alegría cuando me hicieron reír.

A otros por mi dolor cuando me hicieron llorar.”

Odin Dupeyron

Estas palabras no son mías pero solo por esta ocasión las hago de Juan Arellano.

# PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS PREFABRICADOS PARA UNA NAVE INDUSTRIAL

## INTRODUCCIÓN

### I. ANTECEDENTES.

### II. ESTUDIOS PREVIOS.

- a. Estudio de Mercado.
- b. Estudio Topográfico.
- c. Mecánica de suelos.
  - i. Exploración geoelectrica.
  - ii. Sondeo de penetración estándar.
  - iii. Pozo a cielo abierto.

### III. PROYECTO EJECUTIVO.

- a. Arquitectónico.
- b. Cimentaciones.
- c. Estructura y cubierta.
- d. Instalaciones.
  - i. Hidráulico.
  - ii. Instalación contra incendio.
  - iii. Instalación sanitaria.
  - iv. Eléctrico.
  - v. Equipamiento.
  - vi. Acabados.

### IV. PLANEACIÓN

- a. Costo directo.
- b. Tiempo.

### V. PROCESO CONSTRUCTIVO DE MUROS PREFABRICADOS.

- a. -Losa de piso.
- b. -Trazado y construcción de paneles.
- c. -Habilitado de acero de refuerzo, insertos y placas.
- d. -Colado de muros prefabricados.
- e. -Levantamiento, fijación y apuntalamiento de paneles.

### VI. CONCLUSIONES.

## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

# INTRODUCCIÓN

---

La innovación tecnológica y la necesidad de mejorar los sistemas constructivos, a través de la ejecución de métodos nuevos, analizar y proponer, empiezan a adquirir gran importancia en el mundo.

Las necesidades que presentan los Estados Unidos Mexicanos, respecto a una necesidad de construcciones seguras y de gran calidad, además de realizarlas en un menor tiempo, hace posible la implementación de tecnologías innovadoras en el sector de la construcción. La incorporación del concepto de prefabricación constituye un medio eficaz para cubrir estas necesidades.

Además de estas necesidades algunos requisitos de los usuarios, involucran tanto aspectos físicos como características específicas, estos cambios están reflejados en la distribución y la dimensión de edificios, así como en instalaciones y equipamiento con que cuenta cada nave.

Una evolución importante de la industrialización, es la construcción desarrollada in situ, la construcción prefabricada, este tipo de proceso constructivo consiste en realizar ciertos elementos al pie de la obra, que pasado el tiempo necesario son colocados en su sitio para la formación del edificio.

Es precisamente en este ambiente donde se ubica el sistema constructivo de muros prefabricados, que es la técnica de realizar en obra los paneles de concreto con acero de refuerzo, sobre una superficie horizontal (losa de piso) y posteriormente levantarlos hasta colocarlos en su lugar definitivo.

Los muros prefabricados tienen como elemento principal de fabricación el concreto y posiblemente el de mayor cantidad, es por esto que se utiliza concreto prefabricado de alguna planta cercana a la obra, en consecuencia se tiene la reducción en tiempo y mano de obra.

# I. ANTECEDENTES

---

En esta parte se pretende dar una visión de la construcción modular presentando el concepto, que aunque no representa una novedad (tuvo su origen pasando el primer tercio del siglo XX), y puede convertirse en uno de los puntos de referencia en el sector de la construcción en los próximos años. El presente trabajo aborda desde lo más general y lejano (como las primeras construcciones con esta idea como método) hasta lo más cercano y específico (como la nave industrial en Naucalpan de Juárez Estado de México que será la que se estará tratando en la presente).

Aunque la prefabricación y la industrialización constituyen el tema central de la construcción en la actualidad, en realidad sus antecedentes son remotos y los encontramos en diversas épocas de la historia de la construcción.

Hurgando un poco en el pasado podemos, señalar algunos de los hechos más importantes en el campo de la prefabricación.

Las culturas prehispánicas de Mesoamérica tuvieron diversas experiencias relacionadas con la prefabricación, como los toltecas con sus atlantes y pilares del templo de Tlahuizcalpantecuhtli, llegaron a una solución de prefabricación de piedra formada de diversas partes que eran ensambladas en el sitio donde permanecería hasta hoy día. Los aspectos decorativos de las fachadas de algunos templos mayas concebidos en base a principios de repetitividad y producción masiva, constituyen otra remota aportación, como parte de la prefabricación.

Los orígenes de la coordinación modular quizá se encuentren en la arquitectura griega, para modular sus construcciones, los griegos tomaban como base determinados valores relativos. En el caso de los templos se tomaba generalmente como base el diámetro inferior de la columna y a esta dimensión se le denominó "módulo". Dichos principios de modulación no eran meramente de índole tecnológica y constructiva, si no fundamentalmente de carácter estético, respondiendo así a las elevadas aspiraciones del espíritu griego.

En Japón desde temprana época, se sabe que se emplearon principios de coordinación modular y de normalización en la arquitectura. Para racionalizar las dimensiones de sus edificios, los japoneses empleaban como referencia el “tatami” o estera de paja de arroz, que se asentaba en el piso de las diversas habitaciones y que servía para modular ventanas y muros (paneles). De esta manera la arquitectura japonesa había sido concebida desde su origen como una manera sistematizada, que permitió que pasase con gran facilidad a una transición industrializada.

Desde 1860 ya se prefabricaba en Alemania en escala considerable. El tan famoso y genial inventor Tomas Alva Edison crea en 1905 un sistema de prefabricación de concreto in situ, empleado para ello cimbra metálica también denominado encofrados. Para 1915 se realizaron los primeros precolados en forma industrial.

En Frankfurt Alemania, en la década de los veinte, Erns May funda una fábrica de paneles de concreto dedicada a la construcción de viviendas suburbanas, pero tuvo un rechazo y enorme hostilidad hacia su empresa, más si embargo su idea fue llevada por migrantes a la Unión Soviética, Escandinavia y a los Estados Unidos de Norteamérica.

En 1928 R. Buckminster Fuller, realiza su casa denominada Dymaxion I, y 5 años después de esta experiencia en la industria de la construcción le mostrarían a Fuller lo inadecuado de las técnicas tradicionales de la edificación para resolver los problemas del presente y anticipar las necesidades del futuro, esta casa serviría como prototipo para la producción industrializada, pero al final solo serviría como eso un solo prototipo de reserva. Para 1946 Fuller había diseñado y construido su casa Dymaxion II, sin embargo esta vez la propuesta para su producción era en forma masiva, a un costo relativamente bajo, y a medida que la demanda aumentara el costo bajaría. Fuller recibió 37,000 solicitudes para la reproducción de su prototipo, pero la crisis económica de la posguerra le impidió producir en masa su vivienda industrializada.

El desarrollo de la prefabricación aparece principalmente en dos zonas geográficas: Europa y Estados Unidos de Norteamérica. La construcción modular

ha estado tradicionalmente asociada a la construcción mediante prefabricados y se desarrolló en Europa después de la segunda guerra mundial (1939-1945).

Tras la segunda guerra mundial en Europa se presenta necesidad de reconstruir rápidamente en los países devastados por la guerra, estos requerían satisfacer la necesidad de alojamiento para su población, cosa que no iba a suceder con la velocidad que ellos hubiesen deseado, debido a que no se disponía de la mano de obra inmediata por el mencionado trance por el cual estaban pasando en ese momento, con esto se abre camino para la prefabricación como método alternativo de la construcción, después de 1945, año en que terminó la segunda guerra mundial.

Se comenzó con una idea la cual consistía en la construcción de pequeños bloques, manipulables moviéndolos a mano por hombres, pero no prosperó, del todo.

Posterior a este intento se realizan elementos con un peso aproximado de 5 a 10 toneladas por muro, por tanto esto permitiría aumentar las dimensiones y que a su vez conllevaría a disminuir el número de juntas.

Por el contrario en el continente americano la nación de los Estados Unidos de Norteamérica generaría dos importantes inventos que harían impulsar el método de muros prefabricados in situ, estos inventos son: el camión hormigonera y las grúas móviles. Que hoy en día son tan comunes y necesarios en cualquier obra, y que sería inconcebible la idea de no contar con este tipo de herramientas, dada la capacidad de volúmenes manejados que son requeridos por obra, así como las dimensiones y pesos que se tienen que movilizar con las grúas de manera ágil, eficiente y correcta.

A lo largo de la historia el progreso de los sistemas constructivos ha estado condicionado por 2 variables

- Económica
- Tecnológica

Es fundamental que exista una viabilidad tecnológica, es decir, que se disponga de los materiales necesarios para su ejecución, y a su vez se tengan los recursos para una adecuada movilización de los elementos como lo son grúas y equipo de transporte.

La integración de funciones de un elemento realizado de una sola vez se convirtió en la regla de rentabilidad: la mecanización es bienvenida si no es demasiado costosa. Cuanto menor sean los cambios durante el procedimiento, más será viable. Si la mecanización, restringe la variedad de dimensiones de los paneles, es un punto en contra. Así pues, no deben tocar demasiado los moldes. Sin embargo, podrá muy eficazmente tocar el tratamiento de los moldes: vertido, vibración, acabado.

Al terminar la segunda guerra mundial la evolución de la industria de la construcción va tomando direcciones diversas, según del país del que se trate, a continuación se trata el tema según el país:

FRANCIA: País en donde se desarrolla una importante industria de grandes elementos (paneles) de concreto, con ayuda del gobierno. Esta corriente es impulsada por institutos de investigación científica (notablemente el CSTB, Centre Scientifique et Technique du Batiment) y por la empresas privadas. El objetivo principal es bajar los costos del mercado de la construcción, concentrando la atención en los puntos focales de las edificaciones, sin incurrir en las reconstrucciones que en esa época es lo que la mayoría decidía hacer. Aparecen sistemas revolucionarios como Camus, Coigneg, Barets, Estior.

El sistema francés Camus se trata de un sistema de elementos de muro y tablero de piso de gran tamaño que son preparados en fábrica. Con los mismos elementos que se utilizan para la construcción de edificios de viviendas, se ha reparado una serie de casas para una o varias familias, exhibidas en septiembre de 1964 en una exposición de casas prefabricadas de Eschberg en Saabruken.

En este sistema tanto los muros exteriores como los interiores, están preparados para resistir la acción de las cargas verticales y horizontales. Los tableros de las fachadas están formados por dos placas de hormigón entre las cuales va una capa

aislante; solo la parte interior de la pared realiza una función estética, mientras que la parte posterior o delantera, junto con la capa aislante sirve para mejorar las propiedades físicas del mismo.

El espesor de los muros externos o de fachada, varía entre 26 y 30 cm, su conformación era más o menos la siguiente con el orden de fuera hacia adentro.

Contenía 1 cm de mortero (mezcla cemento con cal) o cualquier otra protección, ya fuese mosaicos, azulejos o algún otro material. La siguiente capa era de un espesor de 8 cm, el material es hormigón con una malla metálica, para evitar las grietas de retracción. 3 cm más como capa aislante formada de placas de styropor con una base de poliestireno, y finalmente la última capa con una variación de 14 a 18 cm de hormigón, con o sin malla (según las necesidades del proyecto en cuestión, esta última capa estaba unida con la primera mediante unos nervios de 2 a 3 cm de ancho, presentes en forma de escalera.

Los muros internos son constituidos por elementos de concreto con o sin armadura de cuyos bordes sobresalen armaduras formadas por estobos para su unión con otros elementos que también servirían para la transmisión de cargas, el espesor que estos presentan pudiese variar de 14 a 18 cm, la apariencia de la superficie lateral vertical eran generalmente lisas.

El sistema Coignet tiene como particularidad que deben preverse grandes inversiones, para obtener un proceso de fabricación totalmente mecanizado, con ello se obtiene que los elementos abandonen el taller con una gran precisión en cuanto a medidas y dimensiones se refiere, con lo que el trabajo posterior en el punto de utilización es mínimo, en este sistema, tanto los muros internos como los externos están preparados para resistir cargas horizontales y verticales.

El espesor que estos muros externos o de fachadas presentaban un espesor de 25 a 26 cm (el orden en el cual se presenta la información de fuera hacia adentro), la conformación del muro es de la siguiente forma, 6 cm de concreto, esta capa tenía la particularidad de que podía decorarse con dibujos o con revestimiento de cerámica, la siguiente capa con un espesor de 3 a 4 cm que esta conformada por un aislante térmico, construido por placas de espuma sólida base de poliestireno,

16 cm estaban conformados por un núcleo de concreto con o sin armadura y que por la parte interior pudiese ser pintado o tapizado.

Los muros internos eran más sencillos ya que solo estaban conformados por concreto y con un espesor de 14 cm, todo lo referente a instalaciones era colocado por dentro de los muros antes de que se colocara el concreto.

El sistema Deutsche Baretts Bautechnik, este sistema trata muros de dimensiones parecidas a las de una habitación, la fabricación se realiza en un taller móvil, cuyo equipo depende del volumen de la edificación a realizar y del plazo previsto para ello, así como la existencia de otras tareas, los muros pudiesen llevarse a cabo de 3 formas distintas

La primera, presenta un muro con un espesor de 20 a 30 cm (de dentro hacia afuera), la formación de este muros es la siguiente 2 cm de una capa formada por concreto lavado, mosaico, piedra natural o artificial, 5 cm (pudiendo ser varias según los esfuerzos calculados) como núcleo resistente de concreto en el cual están embebidos nervios con una separación desde 15 hasta 25cm, la siguiente capa varía desde 1 a 15 cm de espuma sólida como aislamiento, la penúltima capa también variaría de 10 a 12cm conformada por piezas huecas, como cerámica o piedra pómez, la última capa conformada de yeso de 1cm.

La segunda opción está constituida por tres capas, la primera de 2 cm como capa externa idéntica a la de la primera opción, la segunda capa de 5 cm con una pantalla de aislamiento térmico, la tercera y última capa formada a base del núcleo de concreto.

La tercera opción conformada por una única capa de concreto ligero con algún componente como escoria de alto horno o piedra pómez.

Los muros internos formados por placas de concreto con espesor variable entre 10 a 18 cm con las tuberías para instalaciones necesarias dentro de los muros.

Sistema Estiot-hochtief. Se trata de un procedimiento de construcción de elementos de muros de gran tamaño, en el cual todos los muros tanto los externos como los internos están diseñados para absorber las cargas verticales y

horizontales, los paneles son preparados en un taller en las proximidades del emplazamiento del edificio a donde son transportados en camiones acondicionados para que lleguen hasta donde este la grúa que los montaría.

Los muros de fachada tienen un espesor de 19 a 23 cm (de fuera hacia adentro), la formación comienza con 6 cm de hormigón macizo con diversas formas de presentación como pueden ser totalmente lisa, con distintas estructuras como rayado cuadrículado u otras, concreto lavado recubierto con un material cerámico o mosaicos, esta primera capa esta unida al concreto por medio de piezas dobladas en forma de asa de acero inoxidable, la siguiente capa formada por placas de espuma solida con 3 cm de espesor y la ultima de 10 a 14 cm de concreto resistente. Para evitar grietas la capa externa esta provista de una armadura formada por tela metálica de acero.

Los muros internos formados de concreto con un espesor de 12 hasta 19 cm.

GRAN BRETAÑA: Al concluir la segunda guerra mundial, se emprende la prefabricación de casas individuales (unifamiliares), pero debido a una serie de problemas, como inmadurez tecnológica, económica, tradicionalismo del pueblo ingles, no tiene gran auge este movimiento. Más sin embargo en el campo de la edificación escolar es donde los ingleses han sido verdaderos pioneros de la prefabricación, ya que casi el 100% de las escuelas actuales inglesas han sido construidas a base de sistemas industrializados.

ESCANDINAVIA: Experimento sus primeros intentos en la fabricación de fachadas prefabricadas, los sistemas que emplearon tuvieron gran solidez, desarrollados gradualmente, a través de los años, tales como Larsen & Nielsen, Jespersen, Ohlsen y Skorne, Alberton y otros más.

ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA: Considerado como un esqueleto de muy alta calidad en cuanto a las plantas. Sin embargo desde el punto de vista del diseño, los constructores tienen un gusto insípido de las grandes tiendas departamentales, por lo tanto no existe, el sentido de una tradición local. Las casas prefabricadas, frecuentemente diseñadas por encargo, siendo este un símbolo de prestigio social, lo cual contribuiría a una tendencia sin mucho

criterio. Dado que no existía el impuesto sobre la producción, las industrias individuales crecieron enormemente, por estas razones es que este país tenía una mayor experiencia en comparación de los demás. Predominaron, los sistemas abiertos de prefabricación. En general los sindicatos obreros se han opuesto a la prefabricación ya que esta, supuestamente crearía desempleo. Para los años de 1950 a 1970, estas tres décadas se podría hablar de una llegada de pobladores a Estados Unidos de Norteamérica y con ellos la industria bélica y aeronáutica ubicados al sur de este país en busca de mano de obra barata y de grandes superficies para poder instalar fábricas y almacenes, cubriendo estas expectativas se opta por el método de muros prefabricados. En 1970 se ha puesto en marcha la operación Breakthrough, importante programa gubernamental que tiene por objeto impulsar la construcción industrializada de la vivienda. El significado de este programa es enorme y tarde o temprano habrán de verse sus frutos.

**ALEMANIA OCCIDENTAL:** En el periodo comprendido entre los años de 1959 a 1966 se construyeron 80,000 viviendas con elementos prefabricados de concreto en Alemania, dándose mayor énfasis a las edificaciones en multipiso. Tan solo en la ciudad de Hamburgo, de 1967 a 1968 se construyeron 4,700 viviendas prefabricadas. Con un número aproximado de 117 empresas fabricantes en 1966, realizaron 34,000 viviendas prefabricadas.

**HOLANDA:** Ha tenido un desarrollo enorme en el campo de la prefabricación de vivienda. Tanto el gobierno como las empresas privadas han impulsado el movimiento, así como el Bouwcentrum (Centro de la construcción) en Rotterdam.

Por los años 70's Europa siguió con el desarrollo del método aunque también se verían otras opciones de construcción, por su parte Estados Unidos de Norteamérica seguía implantándose de manera definitiva y progresiva para todo el país aunque en el sur del mismo tenía más aceptación.

Surgió un sistema denominado sistema Nordico, que fue adoptado por Finlandia el cual asocia fachadas de grandes paneles de grandes alturas (12m). Dentro de las exigencias de este sistema se pueden mencionar algunas como, sismo, acústica, aislamiento térmico, el aspecto de la seguridad (estabilidad, fuego), la durabilidad y el coste del mantenimiento.

El desarrollo en México fue influenciado por nuestro país vecino del norte, Estados Unidos de Norteamérica, ya que es por aquí por donde se introdujo este sistema al continente americano, uno de los factores determinantes fue el auge de las maquilas en la frontera norte de la república mexicana, otro factor fue la falta de mano de obra ya que había poca y en constante movimiento, esto por la búsqueda del sueño americano, con este método se construía un edificio en menor tiempo y con menos mano de obra, las construcciones fueron ofrecidas por empresas norteamericanas para su construcción, posteriormente se extendió al resto del territorio nacional, que principalmente resolvía problemas de espacios amplios, fáciles de dividir y una imagen moderna.

Actualmente la construcción modular tiene igual presencia tanto en Europa como en los Estados Unidos de Norteamérica y ahora vista en México en el norte del país y comenzando con algunas construcciones en el centro de la nación.

Para este trabajo se investigó una obra que fuera la construcción de una nave industrial con la idea que se tenía del elemento prefabricación y es así que fue posible tomar como caso la construida en una zona de Naucalpan la que se mostrará en este documento.

## II. ESTUDIOS PREVIOS

---

El municipio de Naucalpan de Juárez es ubicado en las coordenadas geográficas siguientes: 19°31'18" y 19°23'06" latitud y 99°12'48" y 99°25'42" longitud. Realizando la conversión de grados a minutos en escala decimal, para establecer las coordenadas extremas de la ubicación poligonal del municipio; tenemos que estaría dado en: -99.41 longitud, 19.41 latitud suroeste, -99.21 longitud, 19.54 de latitud noreste.

Cuenta con una superficie municipal de 155.7 km<sup>2</sup>, a lo cual Naucalpan de Juárez representa el 0.7% aproximadamente del total de la superficie del Estado de México (el área total del municipio es 22,351 km<sup>2</sup>).

Naucalpan de Juárez colinda, al norte con Atizapán de Zaragoza, al noreste con Tlalnepantla, al este con Azcapotzalco (Delegación del D.F.), al sureste con Miguel Hidalgo (Delegación del D.F.), al sur con Huixquilucan, al suroeste con Lerma y Xonacatlan y al oeste con Jilotzingo.

Este municipio se caracteriza por tener una variedad de usos de suelo del estado. Naucalpan de Juárez contiene en su jurisdicción de cuatro zonas distintas: la zona popular, con colonias como El Molinito, La Mancha, Colinas de San Mateo y La Cañada; una zona residencial con fraccionamientos de clase media-alta construidos durante mediados de los años 60's y posteriores, entre los cuales se encuentran Ciudad Satélite, Lomas Verdes, Echegaray, Lomas de Tecamachalco, Lomas del Hipódromo o Jardines de San Mateo; una zona rural con localidades como San Francisco Chimalpa, Santiago Tepatlaxco y Villa Alpina y por último la zona industrial con el Parque Industrial Atenco y Alce Blanco, entre otras, siendo esta última mencionada la principal debido a su cercanía con el Distrito Federal.

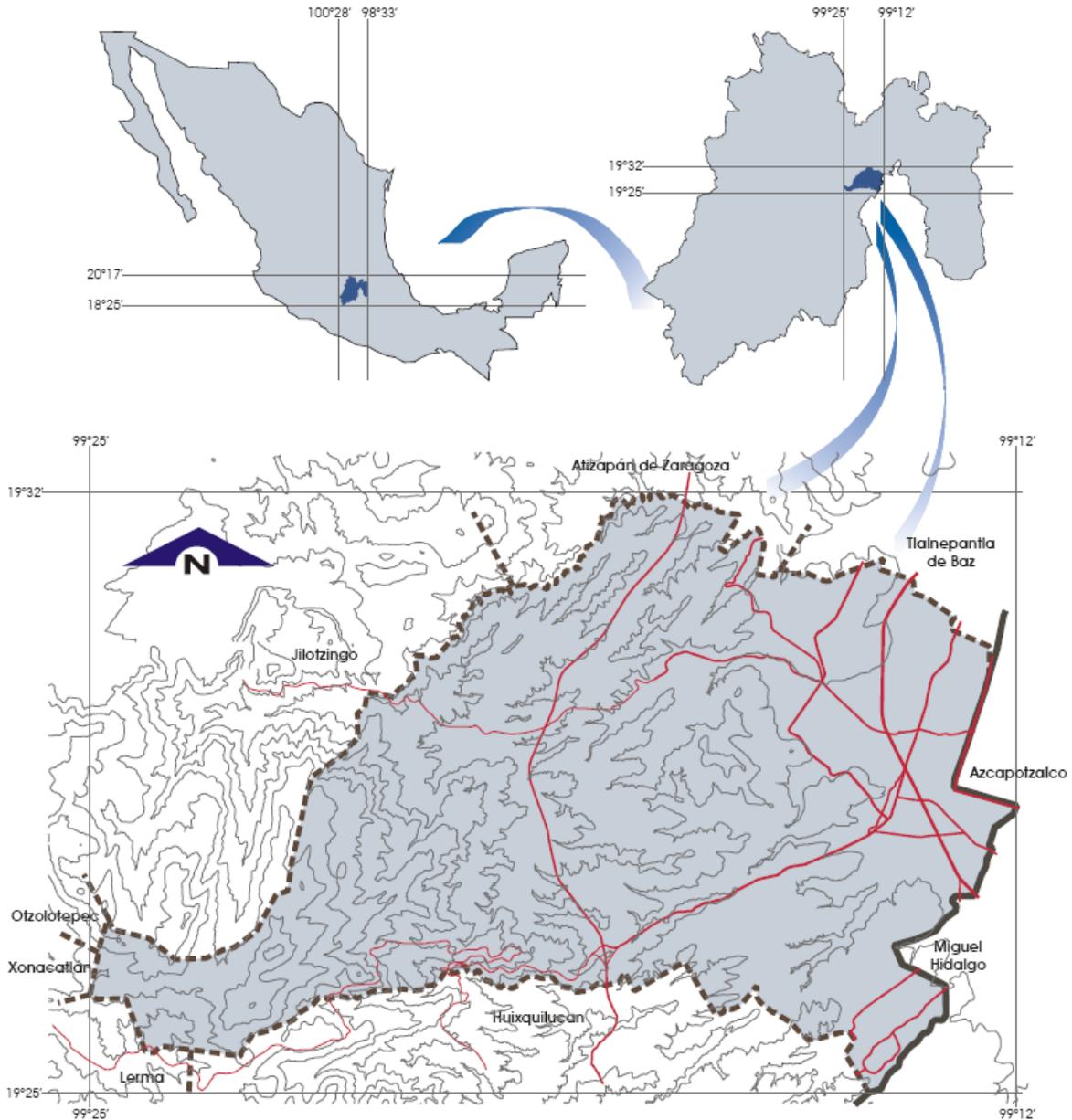


Figura 2.1. Localización municipal

La presente nave industrial de Naucalpan en estudio, esta ubicada en Calle 3 esq. Cerrada de Naranjos, Colonia Alce Blanco, en Naucalpan de Juárez Estado de México, dentro de un predio con una superficie de 11,497.75 m<sup>2</sup> de forma irregular.

Para mayor ubicación esta a 5 minutos de la estación del metro Cuatro Caminos y con una misma distancia ubicada como referencia, en lo que fue el centro de

espectáculos Toreo ubicado sobre periférico, y a un costado de boulevard Adolfo López Mateos conocido comúnmente como Periférico al norte de la ciudad de México.

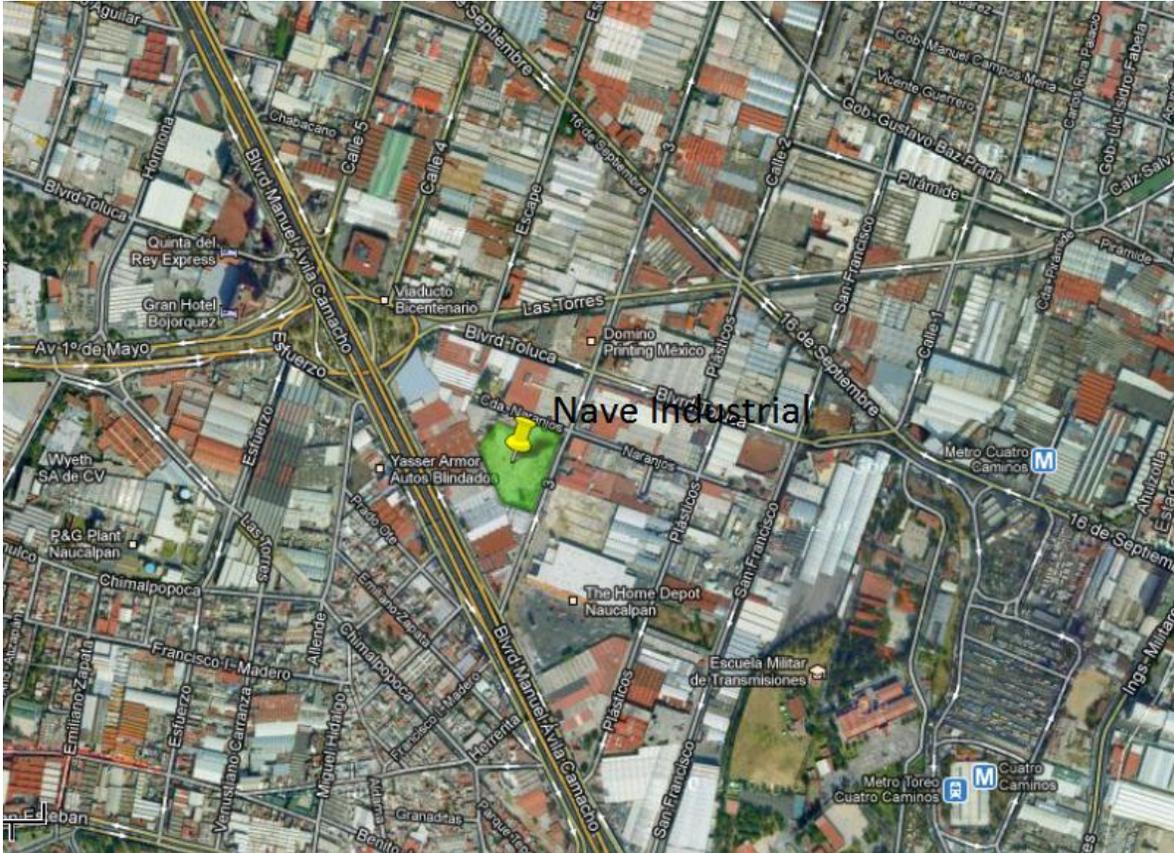


Figura 2.2. Localización de nave industrial en un plano de barrio.

*a. Estudio de mercado*

El estudio de mercado, consiste en determinar y cuantificar la oferta y demanda, el análisis de precios y la posibilidad real de impacto que pudiera tener el objeto en estudio así como conocer la relación entre el producto y el consumidor.

El estudio de mercado también puede ser llamado estudio técnico que también servirá como parámetro para determinar algunas características de la nave, y que a su vez se puede dividir en:

a. Determinar el tamaño óptimo del proyecto

b. Determinar la localización óptima

c. Ingeniería de proyecto

d. Estudio económico

Desarrollando cada uno de los conceptos anteriores.

- a. La determinación del tamaño óptimo es fundamental en el estudio y quizás, el dato más importante, para este caso por tratarse de una nave industrial se debe determinar el área de construcción, un patio de maniobras y estacionamiento, así como el área verde correspondiente, por tratarse de la parte de un anteproyecto en ocasiones no se conocen muchos datos por lo que se tendría que plantear una serie de alternativas, así como los servicios con que pudiera contar dicha nave.

La expresión tamaño de la planta industrial, es referida a la capacidad de producción de esta o si su objetivo fuera de bodega, la capacidad de almacenaje que pudiera tener. Para imaginarlo pongamos algunos ejemplos, los m<sup>2</sup>/día de una planta de producción de piso porcelánico, los hectolitros/día de una planta de producción cervecera o también la unidades/año de una planta de producción de automóviles.

El concepto de tamaño condiciona decisiones posteriores que hay que tomar en cuenta, como la distribución de la planta, las dimensiones de la nave en el futuro con instalaciones que requiera, y esto nos lleva al monto de la inversión total.

Más sin embargo un error en tamaño de la nave puede generar un fracaso en la parte económica ya sea que la nave quede chica y sea necesario una reinversión para ampliarla, o por el contrario, por haber realizado una inversión elevada (tamaño excesivo de la nave), y el capital no pueda ser recuperado, por exceso de dimensiones.

- b. La determinación de la localización óptima del proyecto, para este punto es necesario tomar en cuenta no solo factores cuantitativos, como pueden ser costos de transporte para hacer llegar los materiales, si no también los factores cualitativos como el clima, la ubicación geográfica y con esto la actitud de la comunidad ante una construcción, entre otros. Tomando en cuenta que el análisis debe ser integral, ya que si se realiza de un solo punto desde vista pueden obtenerse resultados poco satisfactorios y poco envolventes respecto al lugar.
- c. Sobre la ingeniería de proyecto se puede decir que, existen diversos procesos para llevar a cabo el proyecto en cuestión, la toma de decisión de algunos de ellos dependerá en gran parte del capital con que se cuenta y desea ser invertido. Y por lo mismo también se tienen que evaluar otros estudios, como el equipo necesario, dada la tecnología seleccionada.
- d. El estudio económico, su objetivo es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario. Para esto el proyectista tendrá que tener ya un previo análisis de orden de magnitud de la nave industrial antes mencionado, para que de esta forma pueda realizar un estimado de los costos totales y de la inversión inicial, teniendo como fin un presupuesto general, tomando en cuenta los factores que puedan intervenir como son la depreciación, financiamiento, entre otras.

En esta parte del anteproyecto se verifica si la decisión ha sido acertada, desde el punto de vista de rentabilidad económica, y como consecuencia se deduce si la inversión es o no rentable, en dado caso de que la respuesta fuera negativa habría que rectificar la falta de rentabilidad, y como en un inicio se mencionó que el tamaño es uno de los puntos mas relevantes, es ahí donde se puede revisar el proyecto para que sea rentable.

Se entiende por mercado al área en que confluyen las fuerzas de oferta y demanda para realizar las transacciones de bienes y servicios a precios determinados. Otro concepto de mercado es el siguiente: conjunto de compradores reales y potenciales de un producto.

La investigación de mercados tiene una aplicación muy amplia, como en las investigaciones sobre publicidad, ventas, precio, diseño, aceptación de este,

etcétera. Sin embargo en algunos casos el estudio de mercado no es aplicable ya que aun no se cuenta con este producto, es ahí donde se tienen que tomar referencias de productos similares ya existentes. Algunas de las consideraciones que se deben tomar en cuenta son: las características promedio en precio y calidad, problemas actuales que se tengan que mejorar.

Pasos que se deben seguir en la investigación.

Para comenzar es indispensable la definición del problema, este es considerado la tarea más difícil, ya que implica que se tenga conocimiento completo del problema, es importante definirlo para evitar costos innecesarios, ya que si son demasiado generales o vagos, la cantidad de información requerida puede ser muy costosa y/o difícil de obtener, otra es que se tenga un exceso de información y por esta causa sea difícil de interpretarla. Para que el estudio sea útil los resultados deben tener relación directa con el problema en específico. Debe tomarse en cuenta que si existe más de una alternativa para solucionar el problema también existirá más de una consecuencia, por lo que el investigador debe decidir el curso de acción y tener una noción de las consecuencias.

- a. Necesidades y fuente de información, existen dos tipos de fuentes de información, las fuentes primarias consisten en investigación de campo por medio de encuestas y son consideradas como de las mejores ya que de esta manera se obtiene la información directa, actualizada y más confiable, el otro tipo de fuente es la conocida como secundarias, que se integran con toda la información escrita existentes sobre el tema. El investigador debe saber exactamente cual es la información que existe y con esa base decidir donde comenzar y realizar la investigación.
- b. Diseño de recopilación y tratamiento estadístico de datos, los objetivos de la investigación deben traducirse en necesidades específicas de información. Si se obtiene información por medio de encuestas habrá que diseñarlas de manera que obtengamos las respuestas lo más concretas posibles.
- c. Procesamiento y análisis de datos, una vez que se cuenta con toda la información necesaria proveniente de cualquier tipo de fuente, ya sea

primaria o secundaria, el siguiente paso es su procesamiento y análisis de la información recabada. Recordando que los datos recopilados deben convertirse en información útil que sirva para la toma de decisiones, por lo que un adecuado procesamiento de tales datos es vital para cumplir con el objetivo inicial.

- d. Informe: se debe realizar en forma conjunta entre el investigador y el interesado, con el fin de interpretarlos de forma que sea útil para la toma de decisiones. Ya procesada la información adecuadamente, se realizara un informe final, el cual debe ser veraz, oportuno y no tendencioso. Esto también ayudara a saber el riesgo que se corre así como la posibilidad de éxito que se podría tener en el mercado.

Dentro de este rubro, es importante la cuestión de la demanda, definida como la cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica, a un precio determinado.

El principal propósito que se persigue con el análisis de la demanda es medir cuales son la fuerzas que afectan los requerimientos del mercado con respecto a un bien o servicio, así como determinar la posibilidad de participación del producto del proyecto en la satisfacción de dicha demanda. La demanda es función de una serie de factores, como lo son la necesidad real que se tiene del bien o servicio, su precio, y otros, por lo que en el estudio habrá que tomar en cuenta información proveniente de fuentes primarias y secundarias.

Para decidir sobre el proyecto se deben tener 3 aspectos en específico:

- Verificar que existe un mercado potencialmente insatisfecho y que es viable, desde el punto de vista operativo, introducir en este mercado el producto objeto en estudio.
- Demostrar que tecnológicamente es posible producirlo, una vez que se verifiquen que no existe impedimento alguno en el abasto de los insumos necesarios para su ejecución.
- Demostrar que es económicamente rentable llevar a cabo su realización.

Aterrizada la idea de todo lo que implica un estudio de mercado, es momento de referirse a la construcción de la nave industrial en Naucalpan de Juárez, este edificio se realizará para satisfacer una necesidad, que requiere la zona industrial de Naucalpan, ya que como es una zona donde hay gran cantidad de fábricas así como bodegas, de toda índole desde ropa, alimentos, material para construcción, manejo de publicidad, muebles, entre muchos otros. Y como la zona industrial comenzó a crecer desde hace ya algunos años las construcciones requieren una renovación, es por esto que se toma la iniciativa de introducir una construcción innovadora para satisfacer algunas necesidades, como una mayor área para laborar, un área de maniobras lo suficientemente grande para que se pueda realizar movimientos necesarios, así como el lugar para estacionarse que requieren los medio de transporte desde camionetas tipo pick up hasta tráilers de uno e incluso dos remolques.

Estas son algunas de las principales necesidades detectadas en el estudio de mercado que se tienen que satisfacer para poder, competir y hacer de la nave un edificio funcional y atractivo para la zona.

Es por esto que siempre que exista una necesidad humana de un bien o un servicio, habrá la necesidad de invertir, pues hacerlo es la única forma de producir un bien o servicio, y por tanto se evalúa para ver si la inversión se verá redituada por una ganancia.

La evaluación y el tamaño de la nave, es una parte fundamental del estudio, ya con base en ella se podrá decidir y tomar la decisión para comenzar el proyecto.

### **Sector Industrial**

En el 2001, según datos de la Dirección General de Desarrollo y Fomento Económico del Ayuntamiento de Naucalpan, el municipio contaba con un total de 1,418 establecimientos industriales con licencia de funcionamiento, lo que representa el 14% del total de las industrias del Estado de México, la mayor parte de ellas ubicadas en la zona industrial que se compone de 6 fraccionamientos industriales mostrados en la siguiente figura:

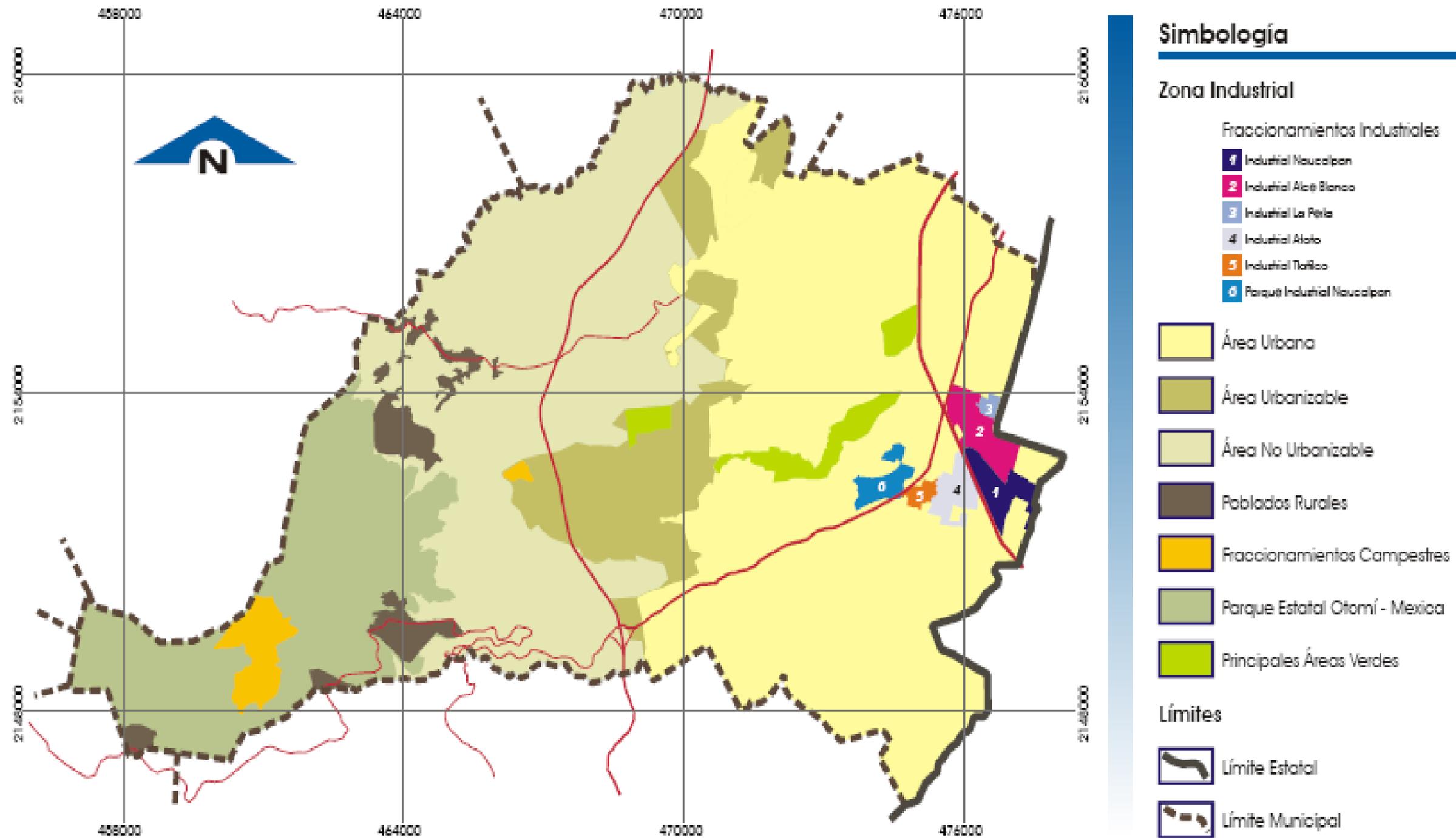


Figura 2.3. Zona Industrial.

La zona Industrial presenta una mezcla importante de usos de suelo, entre los que están el habitacional, el comercio y los servicios tanto básicos como especializados. Esta zona tiene una densidad de población bruta de 66.0 hab/ha.

Existe un notable conflicto vial que se genera en la zona industrial, ya que no cuentan con aéreas en el interior del predio diseñadas para alojar vehículos y llevar a cabo maniobras de carga y descarga por lo que utilizan la vía pública para dichos fines, obstruyendo considerablemente el tránsito vehicular y en muchas ocasiones también se ve afectado el peatonal.

#### *b. Estudio topográfico*

Los estudios topográficos surgen en tiempos remotos, algunos de estos son registrados en la historia aproximadamente en el año 1400 A.C. en Egipto, esto con la finalidad de determinar los límites de tierras y recaudar impuestos, este tipo de levantamiento hoy día son una de las principales áreas en la práctica de la topografía.

En el campo de la topografía existen diversos tipos de levantamientos y a su vez cada uno tiene una finalidad distinta, ya que muchas veces, suelen complementarse entre ellos, para la realización de esta nave industrial, es necesario realizar el levantamiento topográfico con la particularidad de que se realizaran varios de ellos, en consecuencia se obtendrán varios resultados, ya sea para fines del proyecto y objetivos del predio en su posterior puesta en ejecución, dentro de los levantamientos que se combinaran podemos mencionar, el levantamiento de terreno como tal, urbano o municipal y el de construcción.

El levantamiento de terreno o predio consta en realizar un levantamiento de control horizontal, que el objetivo principal es para la localización de los linderos y área total del mismo.

El levantamiento topográfico es utilizado para la ubicación de objetos, así como determinar y observar el relieve, los accidentes que pudiese presentar el terreno o la variación tridimensional de la superficie del terreno. Con este se obtendrá información a detalle sobre las elevaciones y la ubicación de elementos naturales

y artificiales, esto facilitará el poder dibujar la información completa en planos (denominados planos topográficos).

También será de gran utilidad el realizar un levantamiento urbano o municipal, ya que es necesario la delimitación de la calle como ya está ubicada con anterioridad por la autoridad correspondiente y no alterar estas dimensiones, para tal proyecto será necesario la demolición de la banquetas y su fabricación nuevamente, ya que para fines de proyecto así se requiere, otra función de importancia es la ubicación y reubicación de servicios como el suministro de agua potable y el servicio de drenaje para su conexión, y dado que el terreno no tenía finalidades industriales el predio solo contaba con conexiones para uso de casa habitación, luego entonces es necesario realizar una conexión adecuada para este tipo de edificio.

Los levantamientos de construcción tiene por objetivo la localización de estructuras si es que existen y el establecimiento de puntos de elevación necesarios durante la construcción, así como establecer las pendientes que pueda presentar el predio. Son imprescindibles para controlar todo tipo de proyecto de construcción, como el mismo nombre lo indica tal vez sea el más importante ya que con este se determina el área del predio para la construcción y poder hacer la planeación de dicha obra en todos los aspectos como económico, relacionado con el tiempo de ejecución, entre otras más.

En topografía hay dos tipos de poligonales, la cerrada y la abierta. En una poligonal cerrada las líneas regresan al punto de partida formándose así una figura cerrada (geoméricamente y matemáticamente cerrada). Las del tipo de línea abierta (geoméricamente abiertas y matemáticamente cerrada), deben tener una dirección de referencia para el cierre.

El levantamiento del terreno es representado mediante una poligonal cerrada para el caso de un predio, esto es una serie de líneas consecutivas que se han marcado en campo así como sus longitudes y direcciones, se han determinado a partir de mediciones en este. El trazo de una poligonal, consiste en establecer las estaciones (puntos en cada vértice de la poligonal), este es uno de los procedimientos más utilizados en la práctica para determinar la ubicación relativa entre los puntos del terreno.

Con la poligonal se pueden obtener volúmenes, ya sea para excavación o relleno según se el caso que requiera el proyecto, esta también sirve como base para proyectar las dimensiones de la nave y con esto llevar a cabo un análisis económico.

Algunos de los instrumentos utilizados con los que se apoya el topógrafo para realizar el levantamiento son: niveles, cintas, instrumentos de estación total, y receptores de GPS. Sin embargo con el avance de la tecnología se ha creado un equipo verdaderamente innovador así como procedimientos que han mejorado, simplificado y aumentado la velocidad con que se pueden realizar ciertos tipos de levantamientos de la construcción. Entre las más recientes innovaciones se cuentan los instrumentos de alineamiento de rayo láser visible y los instrumentos MED de laser de pulsación (estaciones totales equipadas con dispositivos no reflejantes de medición electrónica de distancias), realizando el mismo trabajo que con el material antes mencionado pero con mayor velocidad.

### *c. Mecánica de suelos*

El paso preliminar esencial para el diseño y construcción de un proyecto de ingeniería civil, es la investigación completa y detallada del lugar.

Naucalpan de Juárez se encuentra situado en la provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico la cual pertenece a la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac. El municipio se puede catalogar en 3 distintas regiones: el 29% de la superficie municipal esta compuesto por sierras, el 38% por lomeríos y el 33% restante lo constituyen llanuras teniendo de esta forma el 100% de la extensión.

El municipio se ubica entre los 2,300 y los 3,450 msnm (metros sobre el nivel del mar). El área urbana coincide con la zona de menores pendientes, mientras que la topografía más accidentada se ubica al oeste y suroeste del municipio, principalmente en el parque estatal Otomí - Mexica.

Las elevaciones más importantes dentro del municipio de Naucalpan son presentadas en el siguiente recuadro

Nombre de la Elevación	Altura en msnm
Cerro de la Malinche	3,450 msnm
Cerro de San Francisco	3,210 msnm
Cerro Magnolita	2,750 msnm
Cerro las Animas	2,690 msnm

Tabla 2.1. Elevaciones más importantes de Naucalpan.

Geológicamente la región de Naucalpan de Juárez está formado por rocas del periodo terciario de la era cenozoica, y en menor medida del periodo cuaternario. La mayor parte de las rocas son ígneas extrusivas, sedimentarias, materiales principalmente volcánicos y aluviales en forma de tobas de grano fino y grueso, que intercalan con capas de vidrios volcánicos provenientes de las erupciones de los volcanes que rodean a esta importante cuenca, y rellenos aluviales de las partes elevadas cercanas al sitio en estudio

El lugar en estudio se localiza dentro de la provincia fisiográfica del Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), zona centro, el cual como su nombre lo indica es una franja dominada por aparatos volcánicos que atraviesan la República Mexicana de este a oeste.

El estudio de mecánica de suelos es una herramienta que proporciona datos más confiables de la confiabilidad de las condiciones del subsuelo, como capacidad de carga, asentamientos probables y sugerencias acerca del sistema de cimentaciones al ingeniero especialista en estructuras para la realización de obras civiles.

*i. Exploración geoeléctrica*

La metodología implementada para la ejecución de esta exploración se efectúa con la distribución de líneas calicatas con el arreglo denominado “Wenner”, para la detección de irregularidades, esto logrado mediante variaciones de resistencia eléctrica, a lo largo de 6 líneas, con lecturas a cada 3 y 6 metros horizontales.

Para determinar los valores que representan los resultados de las calicatas se realiza por medio de la resistividad eléctrica, esta es una cualidad de los

materiales que describe la dificultad que encuentra la corriente eléctrica a su paso por el material. Otra forma de definirlo puede ser, como la facilidad que encuentra la corriente eléctrica al atravesar el material. La resistencia eléctrica que presenta un conductor homogéneo viene determinada por la resistividad del material que lo constituye y la geometría del conductor.

Hablando estrictamente todos los cuerpos son eléctricamente conductores puesto que permiten, en mayor o menor medida, el paso de los portadores de cargas eléctricas, estos portadores pueden ser electrones o iones, de esta forma podemos distinguir entre dos tipos de conductividad: electrónica e iónica. Podemos clasificar a los cuerpos con conductividad electrónica en metales y semiconductores. Los cuerpos con conductividad iónica se conocen como electrolitos, esto será correcto si no están presentes en forma gaseosa.

Arreglo Wenner: los electrodos se colocan equidistantes sobre una línea en el orden AMNB, como se puede observar en la siguiente figura:

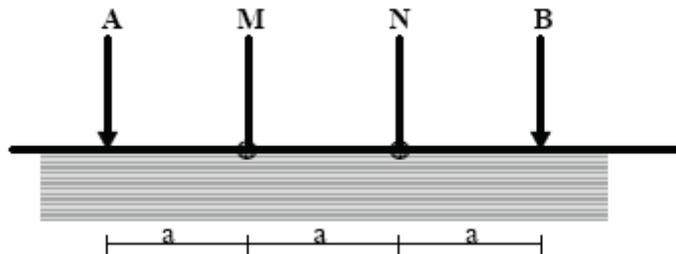


Figura 2.3. Arreglo Wenner.

Los datos obtenidos de esta prueba son procesados por un aparato, los cuales multiplicados por una constante de proporcionalidad de acuerdo al arreglo y distanciamiento utilizado, se grafican obteniendo una curva de resistividad contra profundidad de exploración.

Dicha resistividad depende principalmente de la temperatura, presión, humedad y salinidad del agua en los poros. Estas pruebas son de gran ayuda para determinar el nivel freático, o la superficie de separación entre aguas de distinta salinidad. Cuando más porosos es un material menor es su resistividad.

El resultado de las 6 pruebas se puede observar gráficamente sobre el predio representado en las siguientes imágenes donde se observa la gráfica de cada una de las calicatas, en el orden y sentido en que fueron realizadas dichas pruebas.

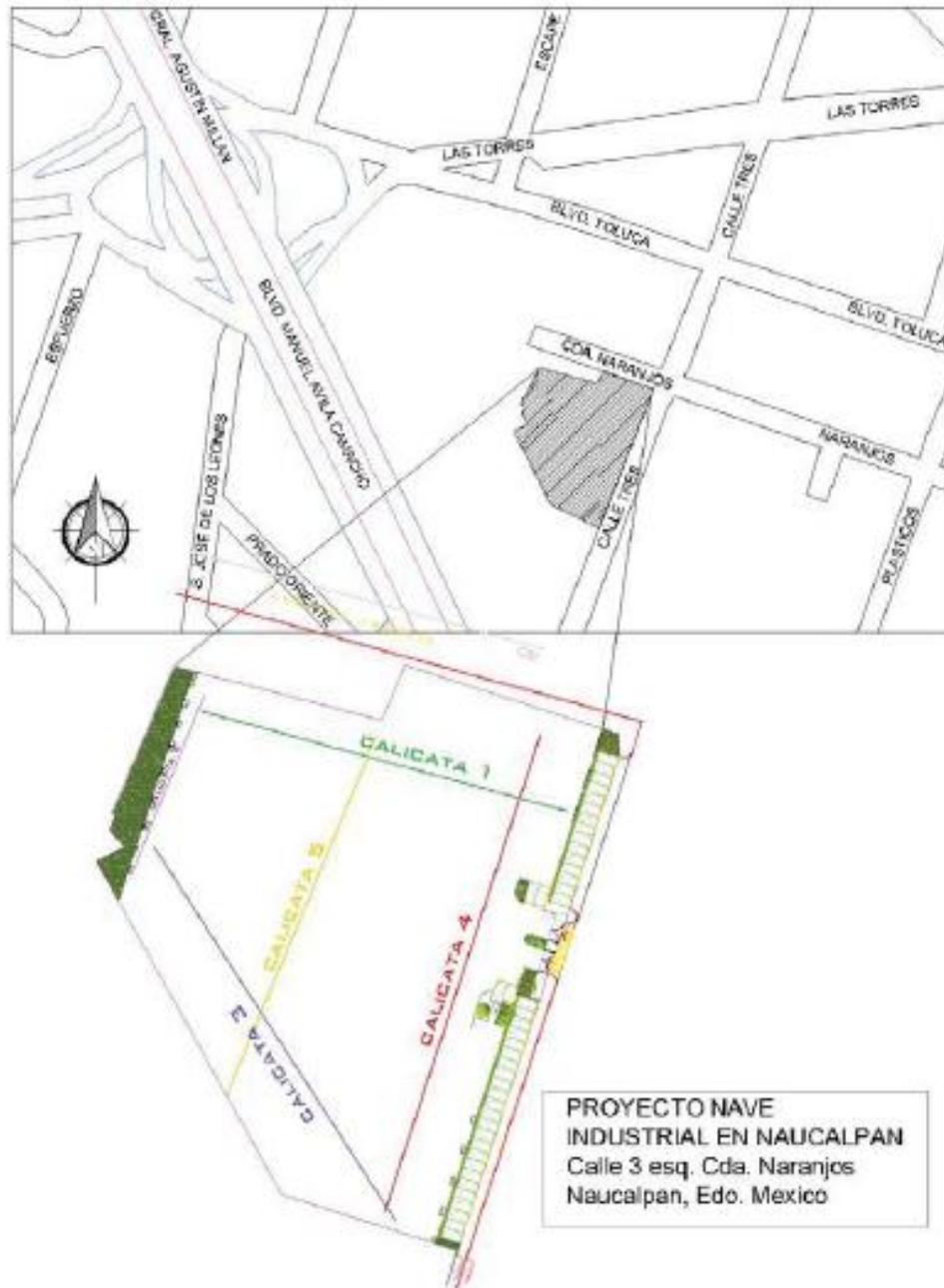


Figura 2.4. Ubicación de calicatas sobre el terreno.

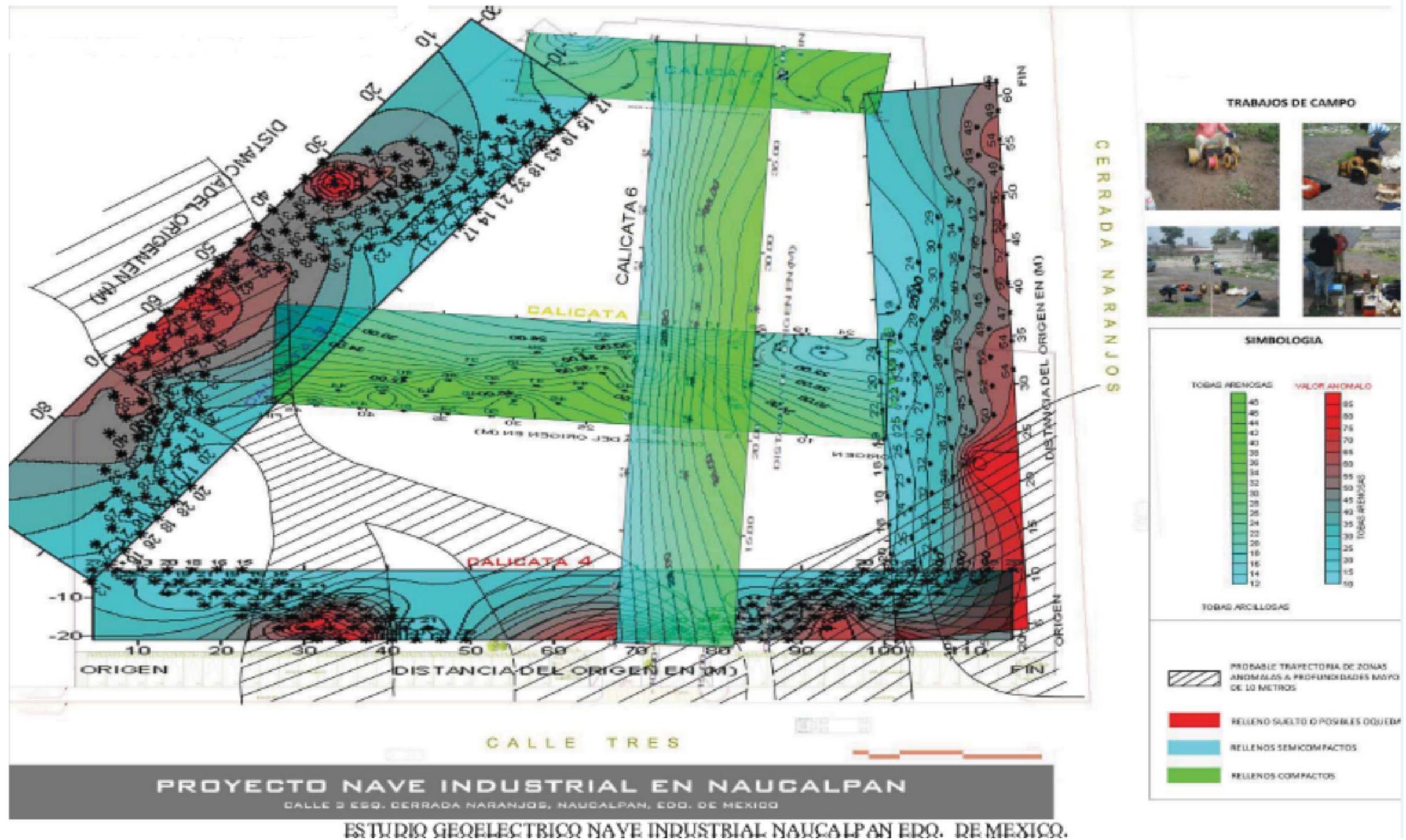


Figura 2.6. Estudio geoelectrico

La conclusión de esta investigación y de acuerdo a los resultados de dicha exploración geoelectrica no presenta valores anómalos que pudieran indicar la existencia de una fractura o línea de falla que a su vez afectara en determinado momento la estructura del edificio, mas sin embargo se puntualizaron condiciones de anomalías referentes a rellenos sueltos o probables cavidades por debajo de los 10 metros de profundidad.

De acuerdo a lo anterior y con base en los resultados precisados por las 6 líneas de calicata eléctrica horizontales se puede concluir que la estratigrafía general del sitio corresponde a la denominada zona de lomas descrita, donde esta dada por medio de un relleno superficial heterogéneo de arenas y limos arenosos con espesores promedio de 3 a 5 m, tobas de origen volcánico con espesores detectados hasta una profundidad de 20 m, en estos estratos también se ubicaron diferentes capas de suelos arenosos consolidados, y otros mas en condiciones sueltas según los resultados llevados a cabo con las pruebas geofísicas.

#### Exploración Geotécnica

Otra investigación realizada es la exploración Geotécnica, ya que se desean conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo (a una profundidad a la que son significativos los esfuerzos producidos, por las cargas que transmitirá la estructura de la nave industrial en construcción), y con esto poder tener un corte estratigráfico del subsuelo con más especificaciones, para esto se realizaron dos tipos de pruebas más:

- 1 SPT (sondeo de penetración estándar) a 12.6 m de profundidad.
- 4 PCA (pozos a cielo abierto) entre 2.00 y 2.20 m de profundidad.

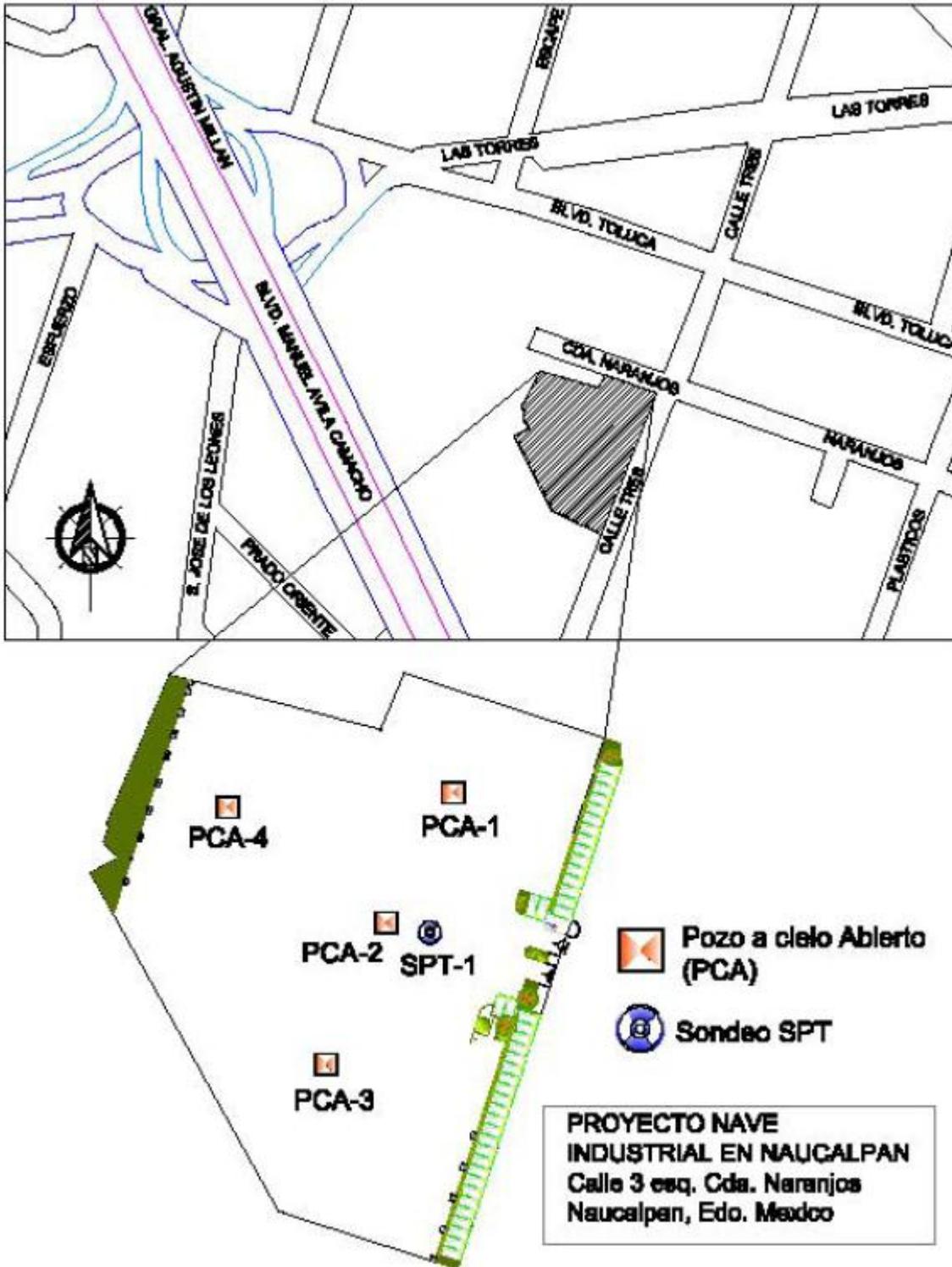


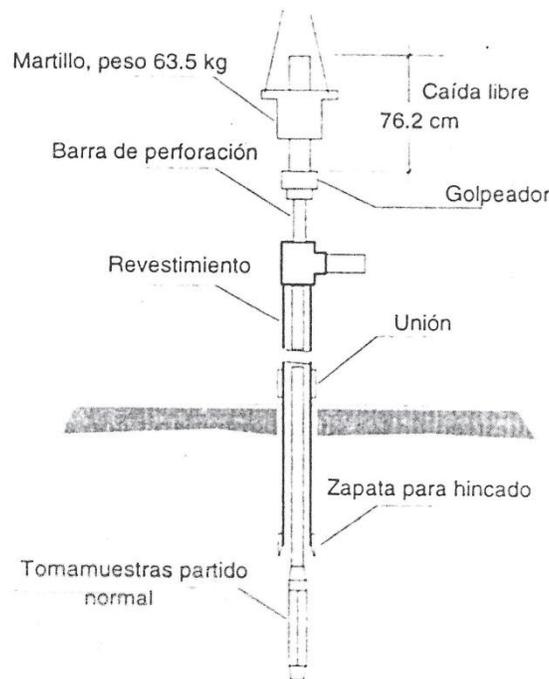
Figura 2.5. Exploración geotécnica.

El objetivo de la revisión geotécnica realizada es conocer las características estratigráficas del suelo, propiedades mecánicas e hidráulicas y deformaciones del suelo para así poder identificar la existencia de algún mecanismo posible de falla, descubrir su origen extensión y ubicación de este si es que existe. Esto también con la finalidad de poder proponer el tipo de cimentación para la nave y establecer las recomendaciones generales de construcción, visto desde el punto de vista de mecánica de suelos.

*ii. Sondeo de penetración estándar*

Con este método se obtienen muestras alteradas de suelo, la importancia y mayor utilidad de la prueba de penetración estándar radica en las correlaciones realizadas en el campo y el laboratorio en diversos suelos sobre todo en arenas y el valor de resistencia a la compresión simple en arcillas.

En la siguiente figura se exhibe un esquema de la disposición de los elementos para tomar la muestra y ejecutar este ensayo.



**Figura 2.6. Disposición para la toma de muestras y ejecución del ensayo normal de penetración.**

El ensayo normal de penetración es una prueba realizada in situ; consiste en contabilizar y determinar el número N de golpes necesarios para provocar una

penetración, esto establece el valor de la resistencia SPT, de deja caer un martillo con peso de 63.5 kg y 762 mm de altura de caída, necesarios para hincar en el suelo inalterado un tomamuestras partido normal en una distancia de 305 mm. En la figura 1.7 puede apreciarse un corte esquemático del tomamuestras, roscado a la parte inferior de las muestras cuyos diámetros normalizados son 36.8 mm de diámetro interior, y 50.8 mm de diámetro exterior. Después de que el tomamuestras toca el fondo, el martillo debe golpear a través de las barras hasta penetrarlo a través de las barras hasta penetrarlo 150 mm, en este momento se inicia propiamente el ensayo y es cuando la persona encargada debe contar el numero N de golpes necesarios para avanzar los siguientes 305 mm.

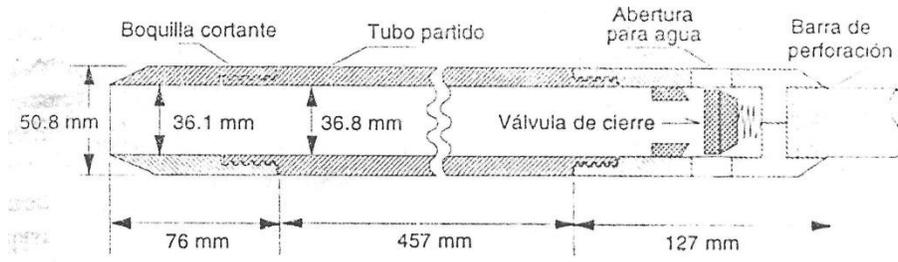


Figura 2.7. Corte esquemático del tomamuestras partido normal.

Junto con la perforación en la que el dato buscado y obtenido es el número de golpes a la resistencia del descenso de la barra, también existen otros métodos en los cuales se puede obtener y recupera una muestra del terreno, la cual nos informa la naturaleza de las capas atravesadas, y que puede ser llevada a laboratorio para la determinación de las características del suelo, pudiéndose hacer diversas pruebas según lo permita la muestra.

En la siguiente tabla se resume el resultado de la prueba STP.

### S.P.T.-1 NAVE INDUSTRIAL NAUCALPAN

OBRA: NAVE INDUSTRIAL EN NAUCALPAN  
 LOCALIZACIÓN: Calle 3 esq. Naranjos  
 TIPO DE SONDEO: S.P.T.  
 PERFORADORA: Lg-34  
 SONDEO: 1  
 FECHA: 27/05/2010

$$\phi = \sqrt{(20N_{30}) + 16}$$

$$N_q = \tan^2(45 + (\phi/2)) e^{\pi \tan \phi}$$

MUESTRA Nº	SPT						PROPIEDADES INDICE DEL SUELO															
	PROFUNDIDAD		No. DE GOLPES				Clasificación del suelo							φ	γ	Δσ	σ <sub>v</sub>	N <sub>q</sub>	c	C <sub>r</sub>	mv	
	INICIAL	FINAL (h)	N <sub>30</sub> campo	Golpes	d	30 Interpretac	C	M	S	G	Cr	B	Re									COLOR
1	0.0	0.6	11	11.0	30	11							X		5	2.6	1.6	1.6	1.5	1.8	0.65	0.004
2	0.6	1.2	20	20.0	30	20		X							5	2.6	1.6	3.1	1.6	3.3	0.65	0.002
3	1.2	1.8	50	50.0	30	50		X							6	2.6	1.6	4.7	1.7	10.6	0.85	0.001
4	1.8	2.4	50/10	50.0	10	100		X							6	2.6	1.6	6.2	1.8	21.3	0.85	0.000
5	2.4	3.0	50/10	50.0	10	100		X							6	2.6	1.5	7.7	1.8	21.3	0.85	0.000
6	3.0	3.6	50/10	50.0	10	100		X							6	2.6	1.5	9.3	1.8	21.3	0.85	0.000
7	3.6	4.2	50/10	50.0	10	100		X							6	2.6	1.5	10.8	1.8	21.3	0.85	0.000
8	4.2	4.8	50/10	50.0	10	100		X							6	2.4	1.4	12.3	1.8	21.3	0.85	0.000
9	4.8	5.4	20	20.0	30	20			X						5	2.4	1.4	13.7	1.6	3.3	0.65	0.002
10	5.4	6.0	4	4.0	30	4			X	x					4	2.3	1.4	15.1	1.5	0.2	0.20	0.010
11	6.0	6.6	1	1.0	30	1			X						4	2.3	1.4	16.4	1.5	0.1	0.20	0.040
12	6.6	7.2	5	5.0	30	5			X	x					5	2.3	1.4	17.8	1.5	0.3	0.20	0.008
13	7.2	7.8	20	20.0	30	20			X	x					5	2.5	1.5	19.3	1.6	3.3	0.65	0.002
14	7.8	8.4	30	30.0	30	30			X						5	2.5	1.5	20.8	1.6	4.9	0.65	0.001
15	8.4	9.0	33	33.0	30	33			X	x					5	2.5	1.5	22.4	1.6	7.0	0.85	0.001
16	9.0	9.6	22	22.0	30	22			X						5	2.6	1.6	23.9	1.6	3.6	0.65	0.002
17	9.6	10.2	25	25.0	30	25			X	x					5	2.6	1.6	25.5	1.6	4.1	0.65	0.002
18	10.2	10.8	19	19.0	30	19			X						5	2.5	1.5	26.9	1.6	3.1	0.65	0.002
19	10.8	11.4	32	32.0	30	32			X	x					5	2.5	1.5	28.4	1.6	6.8	0.85	0.001
20	11.4	12.0	29	29.0	30	29			X	x					5	2.4	1.5	29.9	1.6	4.7	0.65	0.001
21	12.0	12.6	15	15.0	30	15			X						5	2.4	1.5	31.3	1.6	2.4	0.65	0.003

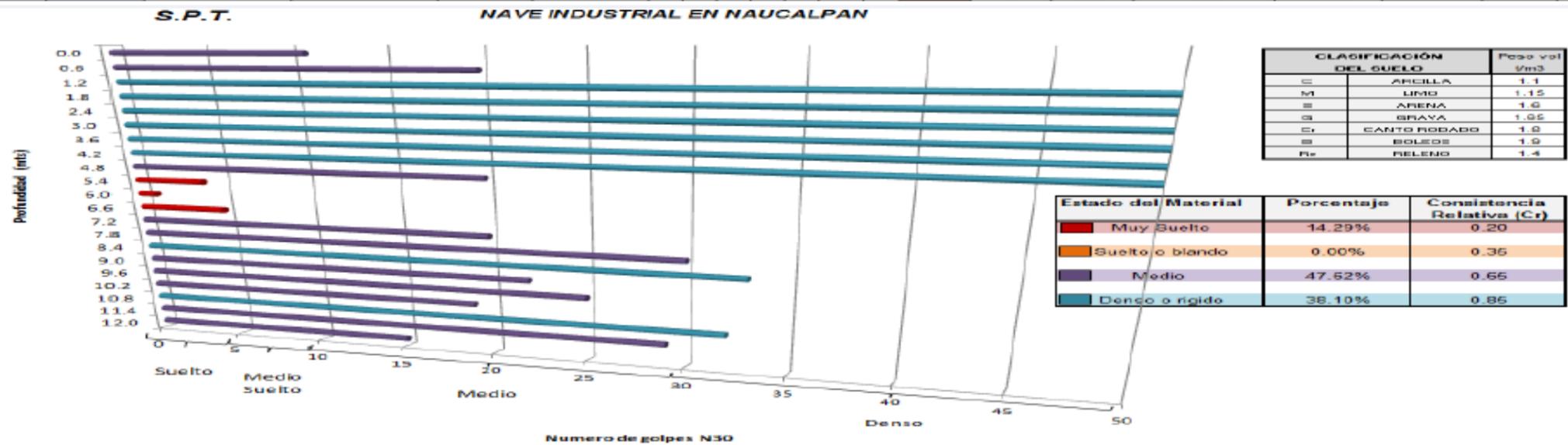


Figura 2.8. Resultado de Sondeo de penetración estándar (SPT).

*iii. Pozos a cielo abierto*

El método de exploración denominado PCA (pozos a cielo abierto), se puede relacionar como un método donde su propósito es obtener 2 tipos de muestras, muestras alteradas e inalteradas, suele considerarse como el más adecuado para conocer las condiciones del subsuelo, ya que es un contacto físico con el lugar en estudio, en el cual se realizaría el proyecto.

La inspección consiste en realizar una excavación de un pozo propiamente dicho, de dimensiones lo suficientemente grandes para que una persona pueda maniobrar dentro de este, el pozo puede ser realizado por un peón, pero al momento de tomar la muestra es recomendable que lo efectúe una persona o un técnico el cual baja y examina los diferentes estratos del suelo en su estado natural, para que también pueda darse cuenta de las condiciones exactas y precisas del que pueda contener el suelo.

Lamentablemente este tipo de exploración tiene una limitante, y es que no se puede realizar a grandes profundidades, principalmente por el control del flujo de agua bajo el nivel freático.

Debe tenerse cuidado en los criterios para distinguir la naturaleza del suelo “in situ”, y también una vez que es llevada a laboratorio, es por esto que se debe tener un cuidado especial al momento de obtener la muestra deseada y darle la forma indicada que casi siempre es en forma de un cubo, debe protegerse contra pérdidas de humedad, envolviéndola en una o más capas de manta debidamente impermeabilizada con brea y parafina, para obtener un resultado lo más cercano a la realidad, y transportada dentro de una caja de madera, evitando que no se produzca una vibración extrema o impactos durante el recorrido al sitio donde se realizaran las pruebas. Si no se tiene el cuidado anterior se puede correr el riesgo de que pasado el tiempo, algunos materiales que en un inicio eran duros pueden ser suaves, otro posible sería una arena compacta puede presentarse como semifluida y suelta. Por esta razón es recomendable llevar siempre un registro completo de las condiciones del subsuelo durante la excavación, realizando todas las anotaciones necesarias así como las observaciones durante el proceso de

excavación, hecha por el técnico conocedor del tema es por esto la importancia de que sea una persona especial y conocedora del tema.

En estos pozos se pueden tomar muestras alteradas que no son más que muestras o porciones de suelo que se protegen contra pérdidas de humedad, introducidas en frascos o bolsas que contengan parafina para evitar la pérdida de humedad como ya se ha mencionado.

En dado caso de que se requiera una profundidad mayor es recomendable el uso de ademe colocado generalmente con madera, aunque en ocasiones es utilizado un ademe de acero, el ademe de madera se realiza con tablones que se colocan en forma vertical debidamente hincados al suelo, ya sea para controlar el flujo de agua y el talud del terreno.

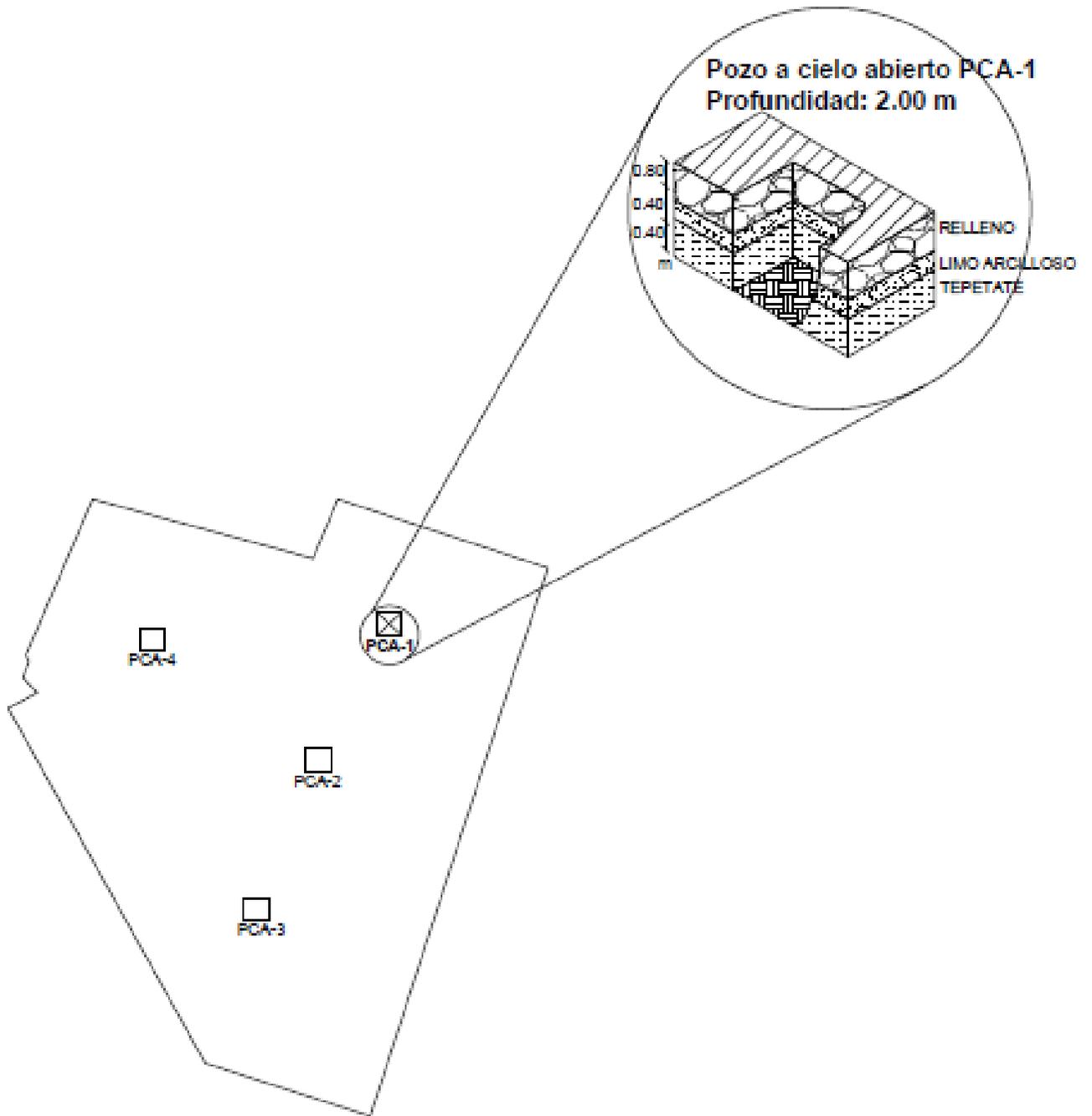


Figura 2.9. Pozo a cielo abierto PCA-1.

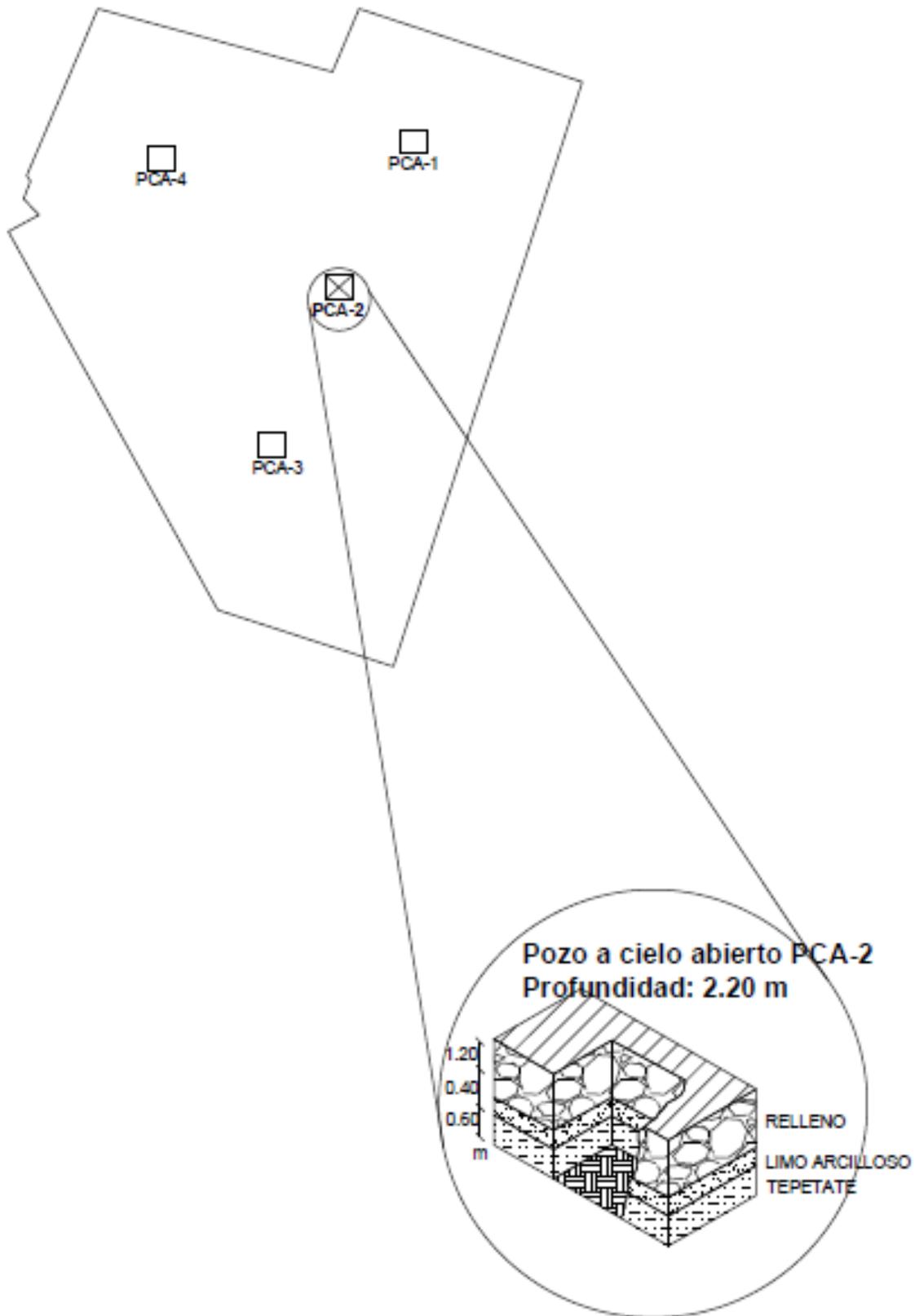


Figura 2.10. Pozo a cielo abierto PCA-2.

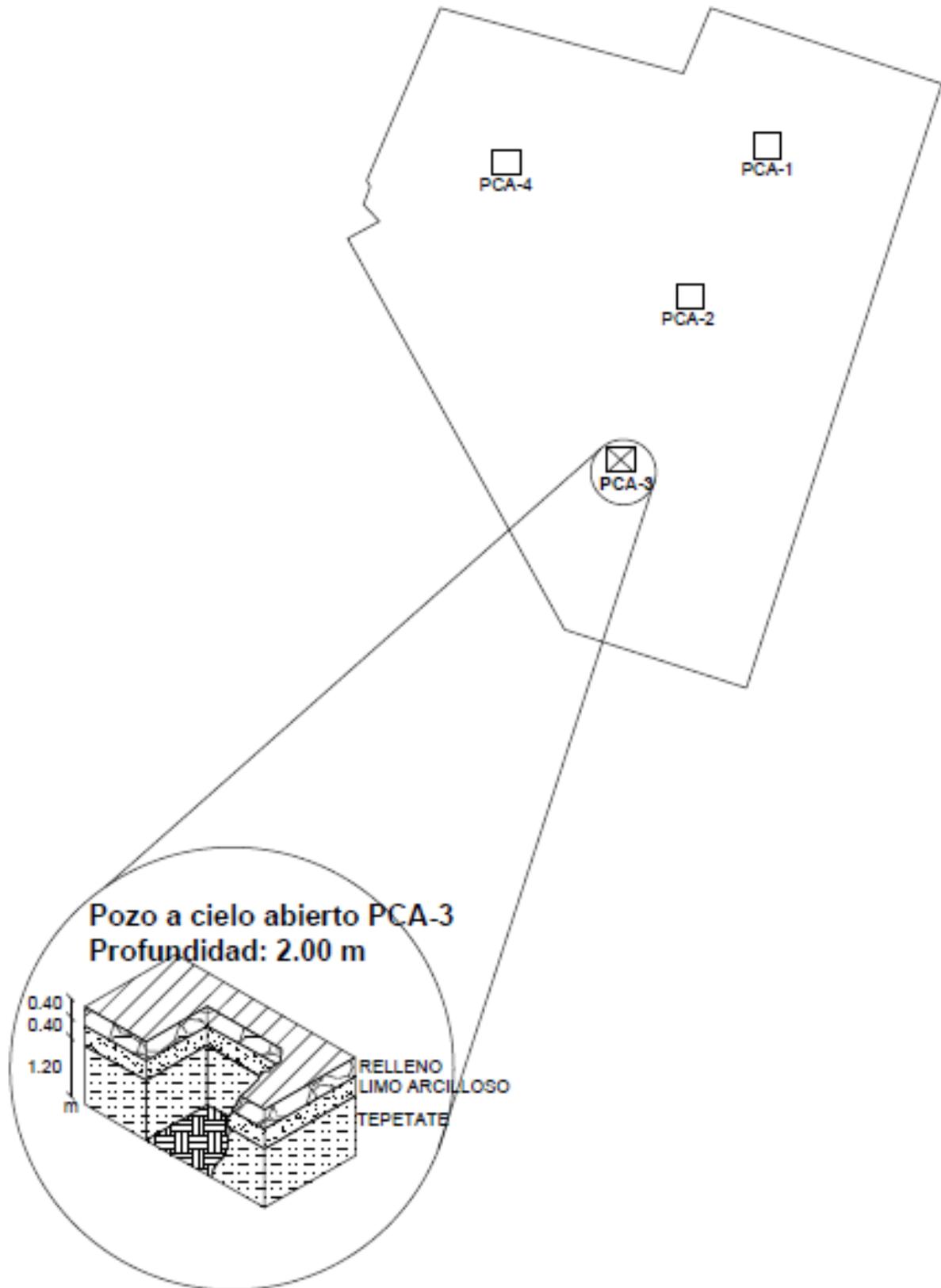


Figura 2.11. Pozo a cielo abierto PCA-3.

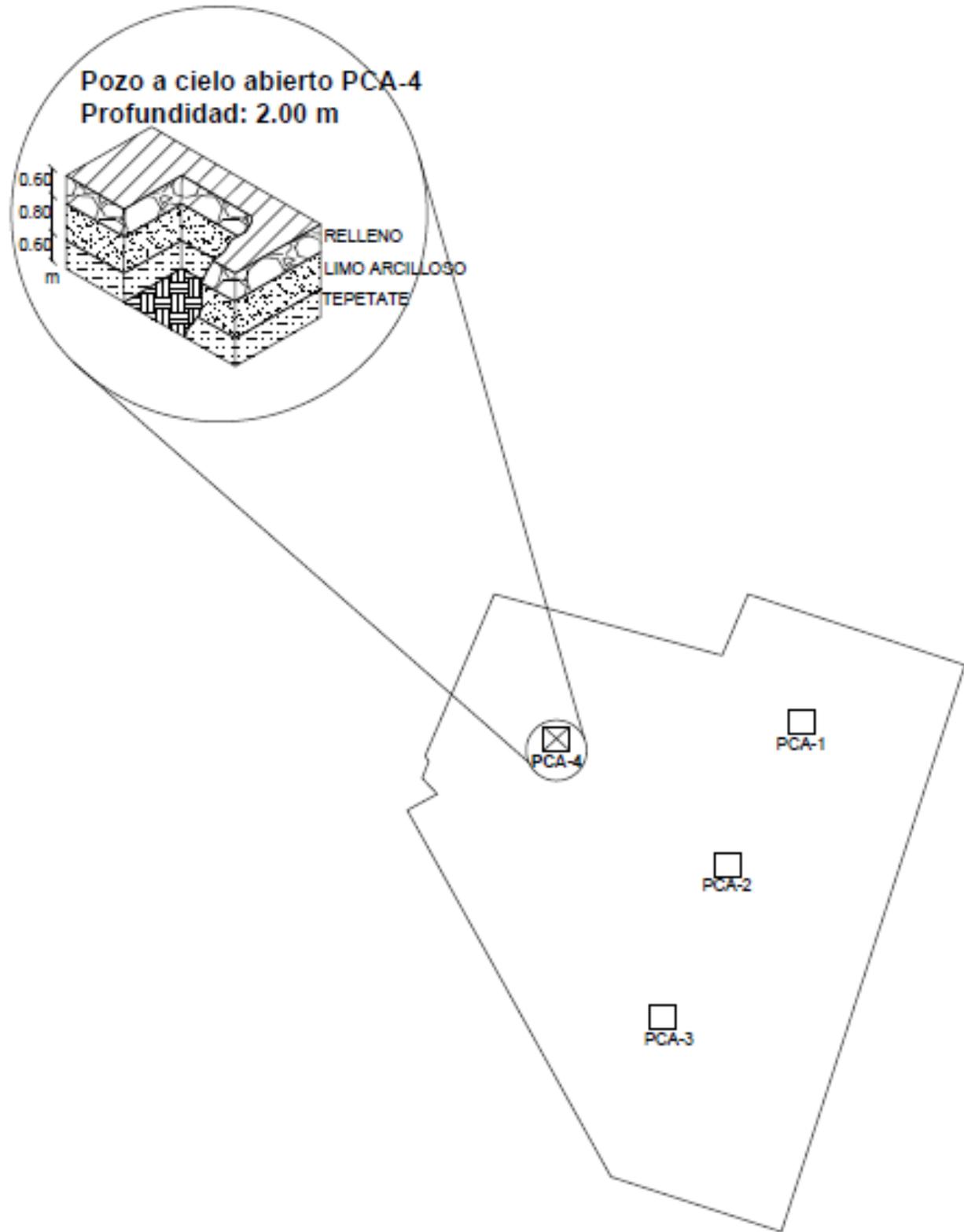


Figura 2.12. Pozo a cielo abierto PCA-4.

El estudio del suelo se realizó por medio de 5 sondeos, 4 superficiales para definir las características de apoyo de probables zapatas de cimentación y un sondeo profundo para conocer las características estratigráficas generales del sitio.

La propuesta desde el punto de vista de mecánica de suelos, consiste en proponer una cimentación que esté formada por medio de zapatas aisladas debajo de cada una de las columnas del edificio, y zapatas corridas debajo los muros prefabricados a lo largo del perímetro, en la zona de los tapancos y/u oficinas la cimentación propuesta es por medio de zapatas aisladas.

Las zapatas corridas con anchos medios de 1.00 m, desplantados a una profundidad de 0.80 m por debajo de los rellenos artificiales de cascajo, así mismo zapatas aislada en la parte de la bodega que se proponen de 1.60 m por lado de desplante, a una profundidad media de 1.20 m, siempre que se cumplan con las condiciones de equilibrio de cargas esperando que con esto se garanticen las condiciones de equilibrio.

Una recomendación hecha por el laboratorio, para el patio de maniobras es realizar un mejoramiento de terreno por medio de una caja de 0.70 m, donde se propone una subrasante compactada de 0.25 m, formada por tepetate con un grado de compactación mínima del 90% P.V.M.S. (Peso Volumétrico Seco Máximo), y el resto será material de base con una compactación mínima del 93% de su P.V.M.S. sobre la cual se colocara el pavimento de concreto, diseñado para el rodamiento de vehículos.

### III. PROYECTO EJECUTIVO.

---

Una nave industrial es una edificación de uso industrial cuya finalidad es diversa, como puede ser la producción y/o almacenaje, pudiendo también albergar obreros que hacen la parte de mano de obra, maquinaria que es la generadora de los diversos productos, entrada y salida de materiales así como mercancías, entre otros.

Los requerimientos y necesidades de cada nave industrial varían, están en función de la actividad económica a la que se dedique, esto aunado al tipo de construcción de que este realizada y con esto una gama de posibles proceso constructivos con que se puede llevar a cabo dicho edificio.

#### *a. Arquitectónico*

Como en el párrafo anterior se mencionó se debe tener la idea clara de cuál será la finalidad para la cual se va a construir la nave, para así poder proporcionar las áreas e instalaciones necesarias para dicha nave, en el inicio de la construcción se planteó la posibilidad de que solo funcionara como una bodega ya que aún no se tenía un posible cliente para poder rentar, fue así como se inició la obra, pero uno de los objetivos de la constructora encargada de la edificación de la nave, era y fue, bien logrado el rentar la nave antes de ser terminada de hecho en la mitad del proceso de construcción, para que una vez concluida la obra pudiera ser operada inmediatamente, aparte de ser un punto deseado de cualquier construcción, pero que en algunas ocasiones no se logra este objetivo, mas sin embargo esta nave industrial si se pudo hacer de esta manera teniendo a el cliente esperando se concluyera para poder hacer uso de esta, el cliente interesado en la renta de este inmueble al ver el proyecto se vio atraído ya que cumplía ciertas expectativas que tenia como un área amplia para destinarlo a bodega, y en dado caso hacer algunos de sus trabajos que consistían en la impresión de publicidad, el área de mezanine destinada para oficinas, por lo que sin mayor problemas se vieron accesibles a su renta, claro con algunas modificaciones al proyecto inicial.

Para realizar tal construcción se considerará un predio con un área de 11,497.75 m<sup>2</sup> de forma irregular. Este dato es el punto de partida ya que a partir de este y la poligonal se podrá hacer un bosquejo de lo que sería la nave industrial en tamaño y forma.



Figura 3.1. Predio considerado para la construcción de la nave.

Dado que se tiene un predio de forma irregular se buscará la forma obtener el mayor área rentable, teniendo en cuenta lo indispensable que resulta tener el patio de maniobras en este tipo de construcción, se optará la decisión de construir la nave en forma de “U”, que como el nombre nos lo indica esta referido a un edificio industrial el cual adquiere la forma de “U” y que son un tanto comunes en este tipo de edificaciones.

La forma de “U” permite disponer de la parte central dedicándola al patio de maniobras al cual se tiene acceso desde cualquier punto de la nave, el acceso al patio de maniobras es pensado con una sola puerta que funcionaría como entrada y salida de vehículos, tanto de transporte de materiales como vehículos de servicio particular.

En cuanto a la posible distribución de la nave industrial, la forma que adopta de “U” es benéfica para tal objetivo, ya que se podrá ubicar casi en cualquier lugar el servicio en el área que mejor sea conveniente.

Como ya se sabe la finalidad principal de la nave, que será de ser usada como bodega, pero en determinados casos puede servir como fábrica de algunas cosas elementales, y que la maquinaria empleada no requiere mayor anclaje con respecto a su cimentación, se prescinde de esta parte, es importante la mención para tomarlo en cuenta de proyectos similares de naves industriales que si lo requieran y que dependiendo de la maquinaria a utilizar se tendrá que diseñar la cimentación pertinente para cada necesidad.

El proyecto, estará conformado por un área comercial interior de aproximadamente el 70% del área total del predio correspondiente, contará también con un área de oficinas construida por un par de mezzanine y una planta baja contemplados dentro del porcentaje antes mencionado, el 30% restante del área está destinado a estacionamientos, patio de maniobras para camiones y tráileres así como áreas verdes y tránsito peatonal.

El predio sobre el cual se quiere realizar la nave industrial tiene una superficie de 11,497.75 m<sup>2</sup>, de este total el 63.63% (7,315.495 m<sup>2</sup>) será el área correspondiente para ser la superficie de la nave industrial o también llamada área rentable, se cuenta con una patio de maniobra el cual corresponde al 20.33% (2,338.00 m<sup>2</sup>) del total, el 16.04% (1,844.245 m<sup>2</sup>) restante esta conformado por tanque de agua, cuarto de máquinas, estacionamiento, banquetas, subestación y áreas jardinadas, teniendo de esta forma el 100.00%.

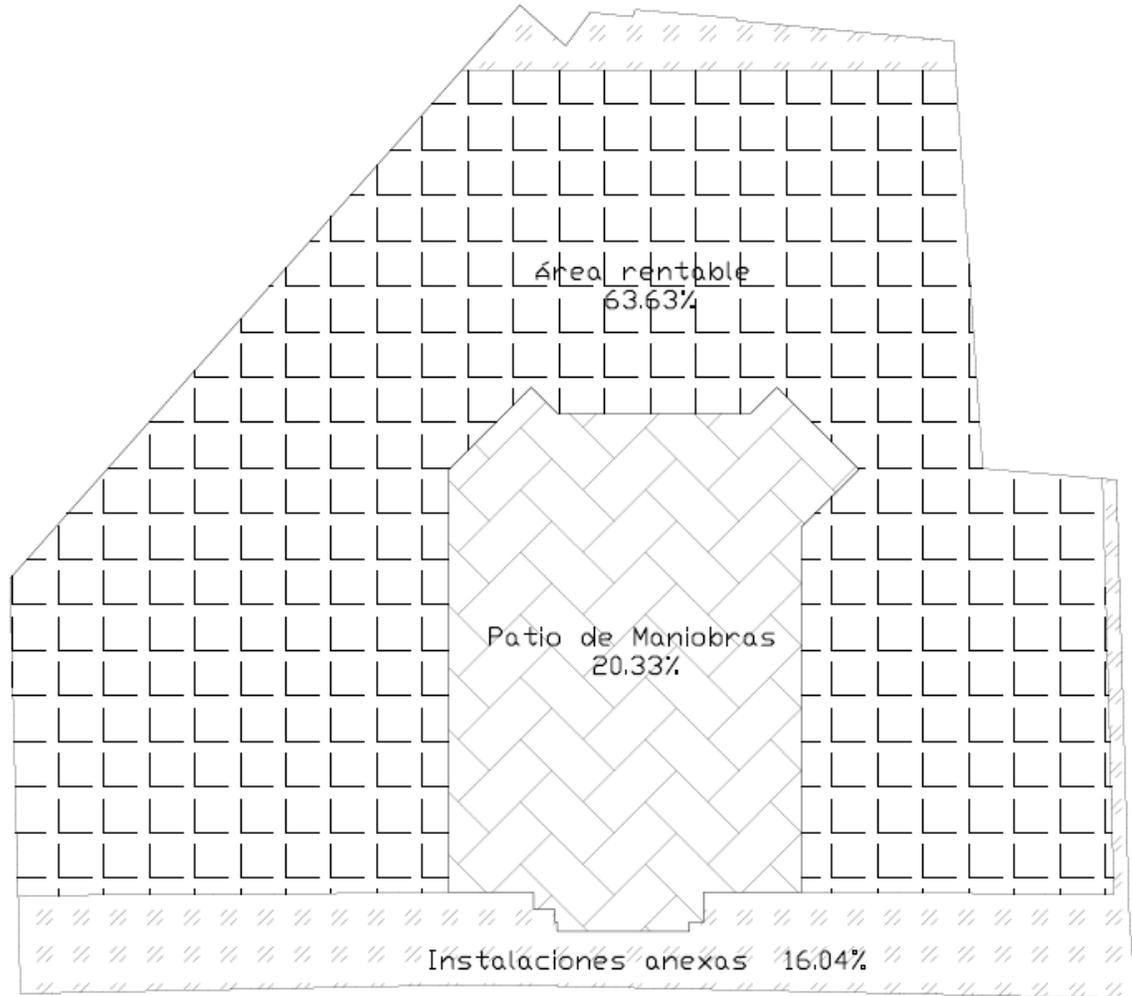


Figura 3.2. Distribución porcentual del predio.

El interior de la nave contará con 2 secciones de oficinas a los costados del patio de maniobras, en un concepto de mezzanine, con una diferencia, uno contempla planta baja y primer nivel, el otro por su lado solo cuenta con primer nivel y estancia en planta baja, el área de oficinas representan un 14.72% (1,077.17 m<sup>2</sup>) del área rentable de la bodega.

Si se observa la nave, del exterior se puede ver que tiene una altura promedio de 12.00 m, ya que esta es la altura promedio de los muros prefabricados, en el interior de la nave se tiene una altura de 10.80 m, esto por una cualidad que presenta la nave, ya que la plataforma no está a nivel del suelo si no que tiene una altura sobre el nivel de piso terminado respecto al patio de maniobras o banqueta,

la altura sobre la cual esta por arriba es de 1.20 m, es por esto que se ve reducida la altura por el interior, con la finalidad de que las cajas de los trailers queden al mismo nivel que el firme de la plataforma, a su vez ayudado por las plataformas mecánicas (dock levelers). Con esto se evitará el realizar rampa por debajo del nivel de piso terminado como en algunas naves es realizado.



**Figura 3.3. Vista del patio de maniobras.**

Dentro del aspecto arquitectónico cabe distinguirse la parte estética de la nave será resaltada por un par de marcos ubicados a los costados del patio de maniobras los cuales marcan los accesos a la nave, y que sobresalen de la fachada, también el acceso principal a la nave industrial pretende ser un tanto novedoso en la zona ya que se trata de un prisma en forma triangular, hecho que la hará llamativa ante los transeúntes y en la zona, los colores utilizados en el exterior serán azul y blanco grisáceo, este último usándolo en todo lo largo y alto de los muros exceptuando una franja en color azul a lo largo del perímetro de esta, de igual forma este mismo azul utilizándolo en los 3 marcos, el de acceso principal y los 2 marcos que sobresalen de la fachada enmarcando las entradas a la nave, en

el interior los muros y estructura serán de color blanco de igual forma las oficinas.



**Figura 3.4. Marco de acceso principal.**

Otras partes aledañas de menor área pero no por eso de menor importancia que forman parte de la nave son: el cuarto de máquinas, la subestación, costados de rampas y barda que delimita el predio de la construcción, serán fabricadas con block cara de piedra, esto con la finalidad de tener el acabado ya incluido, contribuyendo en la parte arquitectónica de forma que tuviese algo distinto y no tener la apariencia de un solo material.

Al entrar a la construcción de la nave, teniendo como primera vista el patio de maniobras al fondo del lado izquierdo se contemplan dos rampas, así mismo del lado derecho se construirá otra rampa esta última ubicada a la mitad del patio, con longitudes de 14.00 y 14.80 m respectivamente, serán formadas a base de

material de banco (tepetate compactado al 90 % P.V.M.S. (Peso Volumétrico Seco Máximo), delimitándolas por muros formados de block cara de piedra y castillos ahogados con varilla del No. 3 (3/8”), concreto de resistencia  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ , los laterales superiores formados por una cadena con el mismo tipo de acero y concreto de los castillos ahogados, la parte superior de la rampa formada por un firme de concreto con un espesor de 0.12 m y una resistencia  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ , con un armado de varilla del No. 3 (3/8”) y un espaciamiento de 0.15 m entre cada varilla, la pendiente de las rampas es del 10%.



**Figura 3.5. Rampas de concreto.**

Para el ingreso a la plataforma de la nave industrial se realizarán escaleras de concreto, con un procedimiento similar al de las rampas de concreto, primero se forma la base con tepetate, para después formar los escalones de concreto con una resistencia de  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ , antes se colocará malla electrosoldada para evitar grietas en los escalones y descansos, junto a estas contempla la construcción de rampas para discapacitados con los mismos materiales a los de las escaleras.

Para el estacionamiento vehicular y conforme al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en la parte de Transitorios en el artículo noveno inciso A, sub inciso III.2 Industria mediana, marca la siguiente regla: 1 cajón de estacionamiento por cada 200 m<sup>2</sup> construidos, de acuerdo a lo anterior y con el área construida mencionada anteriormente se deberá tener un mínimo de 36.5 cajones, cuando en realidad la nave industrial tiene pensados 51 cajones de estacionamiento, de los cuales 34 estarán a un costado de la fachada en el frente de la nave, y el resto distribuidos en el interior del patio de maniobras, con este número se satisface lo requerido por reglamento.



Figura 3.6. Estacionamiento a un costado de la fachada.

En el aspecto de jardinería o áreas verdes, estas se localizarán en diversas partes de la nave, tanto en el frente en forma de franjas junto a la fachada donde se piensa colocar arbustos, así como a un costado de las escaleras para el acceso a la nave, donde serán plantados arboles y/o palmeras, la parte trasera de la nave será destinada una área en forma de patio para el personal de la nave, a un costado de esta sobre la calle cerrada de naranjos se respetarán árboles, que al final también formarán parte de la jardinería siendo atendidos de igual forma.

#### *b. Cimentaciones*

Una de las ventajas importantes en el método de construcción de muros prefabricados es que requiere una cimentación superficial, un tanto sencilla por así decirlo, ya que no requiere una gran profundidad, el desplante será desde 0.80 a 1.20 m en promedio, la cimentación considerada son: una zapata corrida perimetral que es lo que soportará los muros prefabricados, y zapatas aisladas para la columnas metálicas centrales distribuidas en el área de la plataforma para la cubierta.

El laboratorio apoyado en la mecánica de suelos, realizará una propuesta de cimentación, en cuanto a las profundidades y dimensiones de las zapatas corridas y aisladas, las cuales serán tomadas en cuenta por parte de la constructora para ser ejecutadas.

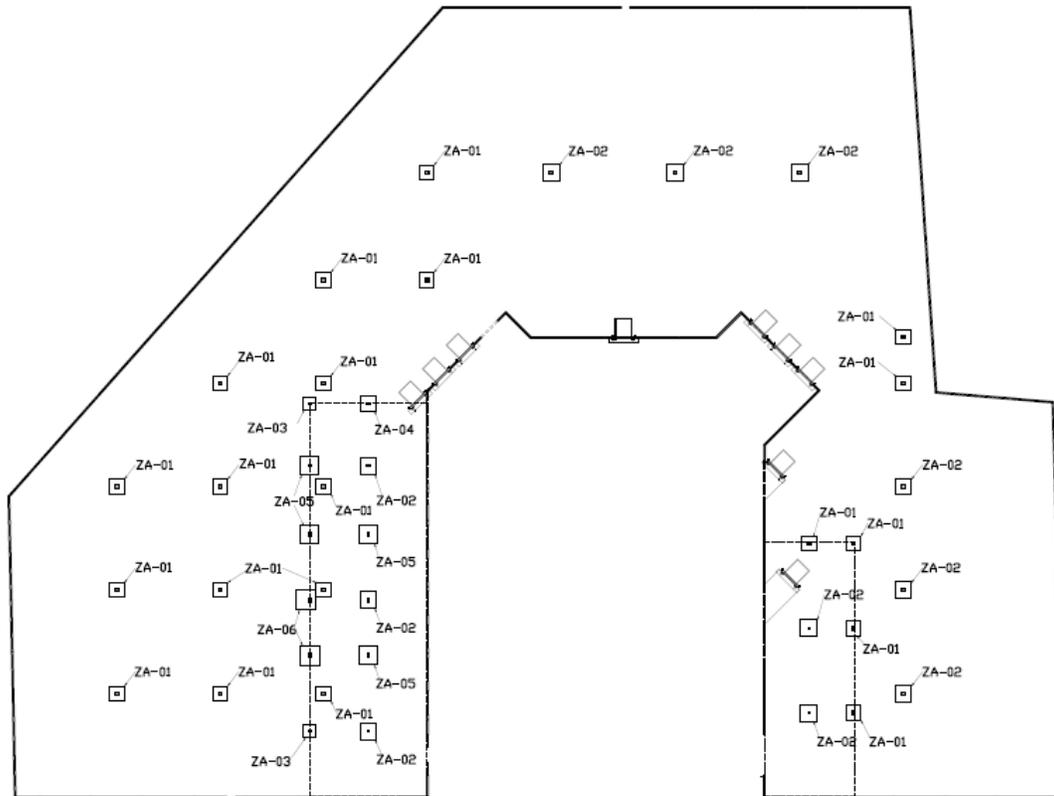


Figura 3.7. Localización de zapatas aisladas.

Las zapatas corridas serán hechas de concreto de una resistencia de  $f'c=250$  kg/cm<sup>2</sup>, antes de colocarlas se pondrá una plantilla de concreto pobre de 5.0 cm de espesor, sirviendo esta como base para evitar el contacto directo con el

terreno, un aspecto que es importante de remarcar es que se deberán tener bien terminados y cortados los taludes de la excavación, ya que servirán como cimbra además de colocar una membrana pudiendo ser sustituida por un plástico, el acero de refuerzo consta de una cama de varilla corrugada del No. 5 (5/8”), con una separación de 20 cm entre cada varilla en ambas direcciones, en la parte superior de la parrilla se colocará un bastón de acero igualmente del No. 5 (5/8”), este tiene el propósito de dar forma a la cimentación pero principalmente servirá como soporte de las placas que van embebidas dentro de la cimentación, que posteriormente se utilizarán para sujeción de los muros una vez que sean izados para su montaje y ubicación final de estos.

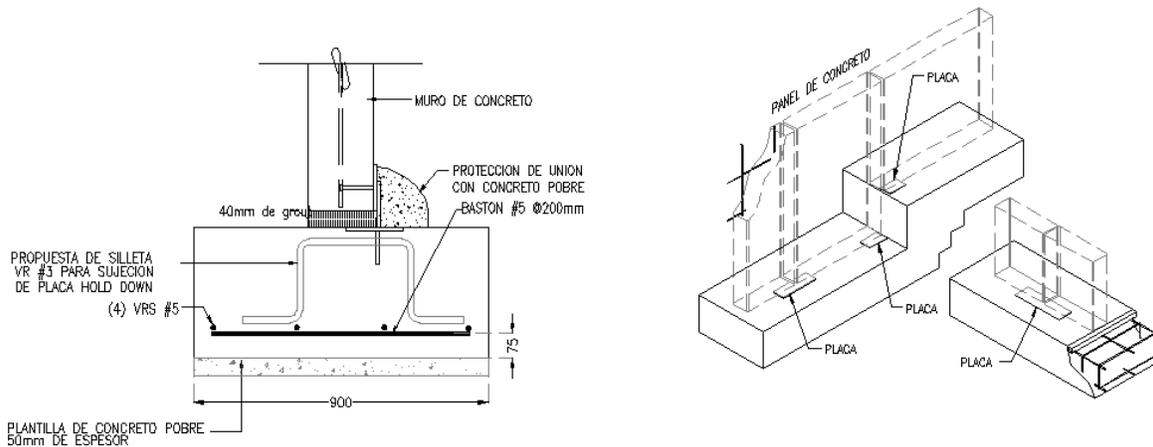


Figura 3.8. Corte de zapatas corridas.

Las zapatas aisladas no son todas serán iguales respecto a las dimensiones ya que cada una tiene diferente carga que soportar, como puede ser solo la carga de la cubierta o la carga de la cubierta más la del mezzanine, además varía el claro entre cada columna es por eso la razón de que difieran, la estructura de armado son muy semejantes, están constituidas por acero de refuerzo, concreto y una plantilla de concreto pobre, al igual que las zapatas corridas, es necesario tener bien definidos los cortes de taludes ya que servirán como cimbra, más sin embargo los taludes de estas son recubiertos por plástico sirviendo como barrera para separar el concreto del terreno natural y evitar que el concreto se contamine del suelo cortado, el acero que se utiliza es del No.5 (5/8”) y No.3 (3/8”), en la parte inferior y superior respectivamente con una separación de 25.00 cm, el peralte se mantiene constante en todas y tiene un valor de 40.00 cm, dentro de las

zapatas deberán estar ahogadas las anclas de acero con una longitud de 45.70 cm, y que tanto en el parte inferior como en la superior debe llevar rondanas de presión y tuercas, estas servirán para soportar las columnas metálicas, las cuales tienen que ser ubicadas topográficamente ya que es de suma importancia que queden en el lugar exacto, por ser estructura de acero y al ubicarlos debe auxiliarse de escantillones inamovibles, de madera o metal para cerciorarse de una perfecta localización de cada una de las anclas.

Zapata	Dimensiones AxB (m)	Peralte (m)	Armado inferior	Armado superior
ZA-01	1.75 x 1.75	0.40	VR No. 5 @ 0.25m	VR No. 3 @ 0.25m
ZA-02	2.00 x 2.00	0.40	VR No. 5 @ 0.25m	VR No. 3 @ 0.25m
ZA-03	1.50 x 1.50	0.40	VR No. 5 @ 0.25m	VR No. 3 @ 0.25m
ZA-04	1.80 x 1.80	0.40	VR No. 5 @ 0.25m	VR No. 3 @ 0.25m
ZA-05	2.20 x 2.20	0.40	VR No. 5 @ 0.25m	VR No. 3 @ 0.25m
ZA-06	2.40 x 2.40	0.40	VR No. 5 @ 0.25m	VR No. 3 @ 0.25m

Tabla 3.1. Dimensiones de zapatas aisladas.

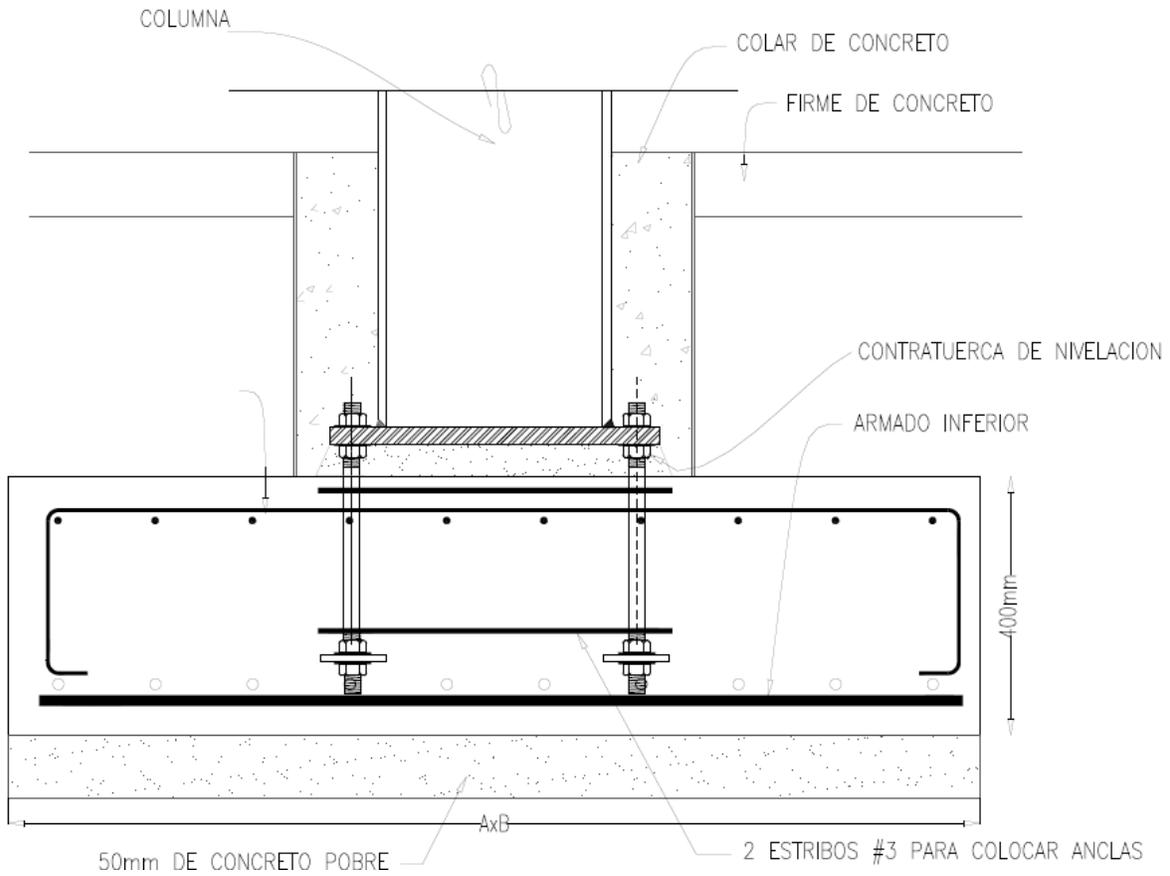


Figura 3.9. Corte de zapata aislada.



Figura 3.10. Armado de zapata aislada.



Figura 3.11. Colado de zapata aislada.

Para el relleno de la cimentación en ambos casos tanto las zapatas corridas como las zapatas aisladas deberán ser rellanadas con el mismo producto de excavación, hasta llegar al nivel del desplante de la losa y ser compactado al 95% proctor,

posterior a esto, colocar el acero correspondiente para finalmente ser colocado el firme de concreto.

*c. Estructura y cubierta*

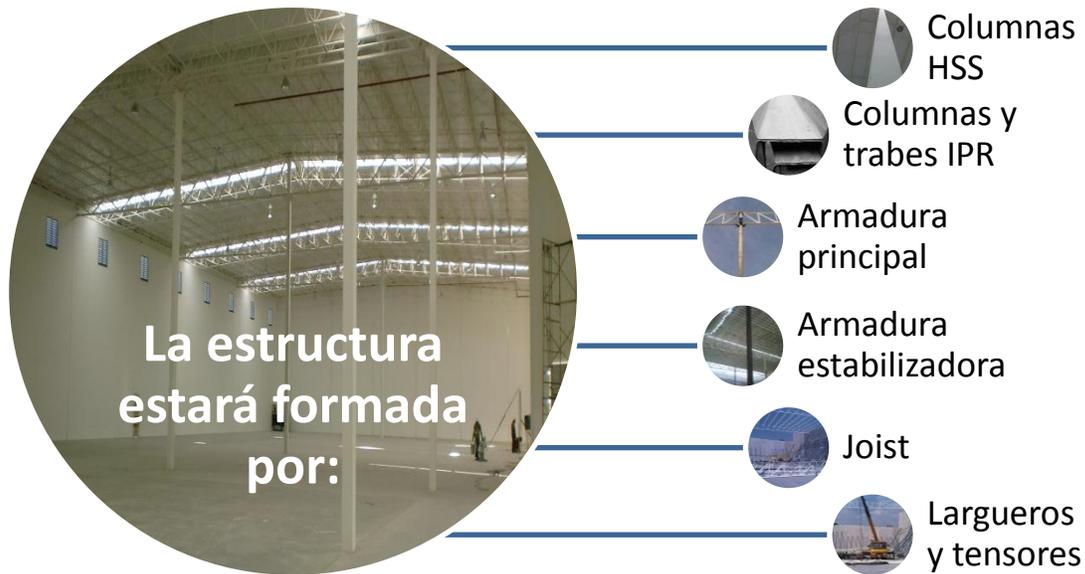
La estructura de techo que la mayoría de las naves industriales presenta es de acero, dado que en la mayoría de este tipo de edificaciones son de baja altura e inclusive de un solo nivel, es esta la razón de utilizar armaduras de acero y una cubierta de lámina, y que des luego la presente construcción entra dentro de esta estadística.

La estructura consiste en una armadura de techo y columnas de apoyo, formando marcos entre columna y columna o columna y muro que sean necesarios, ya que en ocasiones se requieren más de estas, debido al tamaño de la nave en cuestión, a estas separaciones se les denominan claros o crujías (nombre dado al espacio entre muro y columna o columna y columna), esto ayuda también a dividir a su vez la cubierta en claros o crujías.

Al diseñar la estructura se debe estar pensando en la forma en que quedará la cubierta, para dicha nave se optó por una cubierta a dos aguas, esto con la finalidad de que al momento de que se presente una precipitación no haya estancamiento de agua y el flujo del agua se constante en dirección y sentido, misma que será utilizada en la cubierta de la nave, este aspecto es tratado a detalle en lo posterior.

La formación de la estructura estará constituida en forma de celosías (es una estructura reticular de barras rectas interconectadas en nudos formando triángulos planos), estas celosías son lo que se denominaron con nombres como armaduras y viguetas, esto referente a la cubierta ya que para las columnas serán utilizadas columnas HSS, y columnas en forma de I para soportar el mezanine, las primeras mencionadas son destinadas para soportar la cubierta, toda la estructura cabe mencionar es una pieza importante del tema ya que también forma parte de lo prefabricado, con la finalidad de llegar a obra solo para montar.

Los elementos que formarán la estructura son: columnas HSS, columnas y traves IPR, armaduras principales, armaduras estabilizadoras, joist (viguetas), largueros, tensores.



Columnas HSS, es un elemento estructural de acero con un perfil cerrado utilizado como columna para sostener la cubierta de la nave, teniendo una apariencia de caras lisas en el exterior, una de sus cualidades es que no tiene uniones a lo largo de la columna, el interior de la columna puede ser rellanado de concreto si es necesario para obtener una mayor resistencia, pero que en este caso no se requiere, en obra se adecuarán para recibir la armadura colocando cartabones (arreglo estructural a base de placas de acero formando una especie de cajas soldadas a los costados de la columna), mismos que servirán para recibir la estructura, en la parte superior y en el inferior se colocará una placa para cerrar la columna, servirán para fijar las columnas en el inferior a la cimentación y en la parte superior a la cubierta.



Figura 3.12. Columnas HSS en obra.

Columnas y traveses de sección IPR, estos elementos estructurales formarán el armado del mezzanine tanto en columnas como en vigas, se considera esta tipo de sección debido a que es una de las secciones que mejor soporta cargas de elementos planos como losas, teniendo como ventaja la forma que presentan, se aprovecha ya que es por ahí por donde se pueden colocar las instalaciones necesarias tanto en traveses como en columnas.



**Figura 3.13. Estructura de mezzanine.**

La armadura principal será formada a base de celosías geoméricamente indeformables, con ángulos de diversos calibres, la separación entre armaduras principales es de 12.40m entre cada uno, estas tendrán la capacidad de absorber las todas las fuerzas gravitacionales que le corresponden según sea el área tributaria correspondiente.



**Figura 3.14. Montaje de armadura principal.**

Trabes estabilizadoras, las cuales proporcionan apoyo longitudinal en la parte superior. Se diseñan trabes estabilizadoras para darle sujeción en la parte superior alta a los muros prefabricados, estas trabes se conectarán a las armaduras de los marcos principales.

Los joist, serán formados de igual forma por medio de celosías, dando la idea de que son elementos ligeros, en aspecto y peso, de gran rigidez en su plano pero poco resistentes fuera de él, por lo que, en general, es necesario recurrir a los procedimientos de arriostramiento transversal. Estos elementos también deben resistir el peso de las instalaciones ya que gran parte de ellas, son sostenidas por estos, la separación entre cada elemento es de 1.524 m.

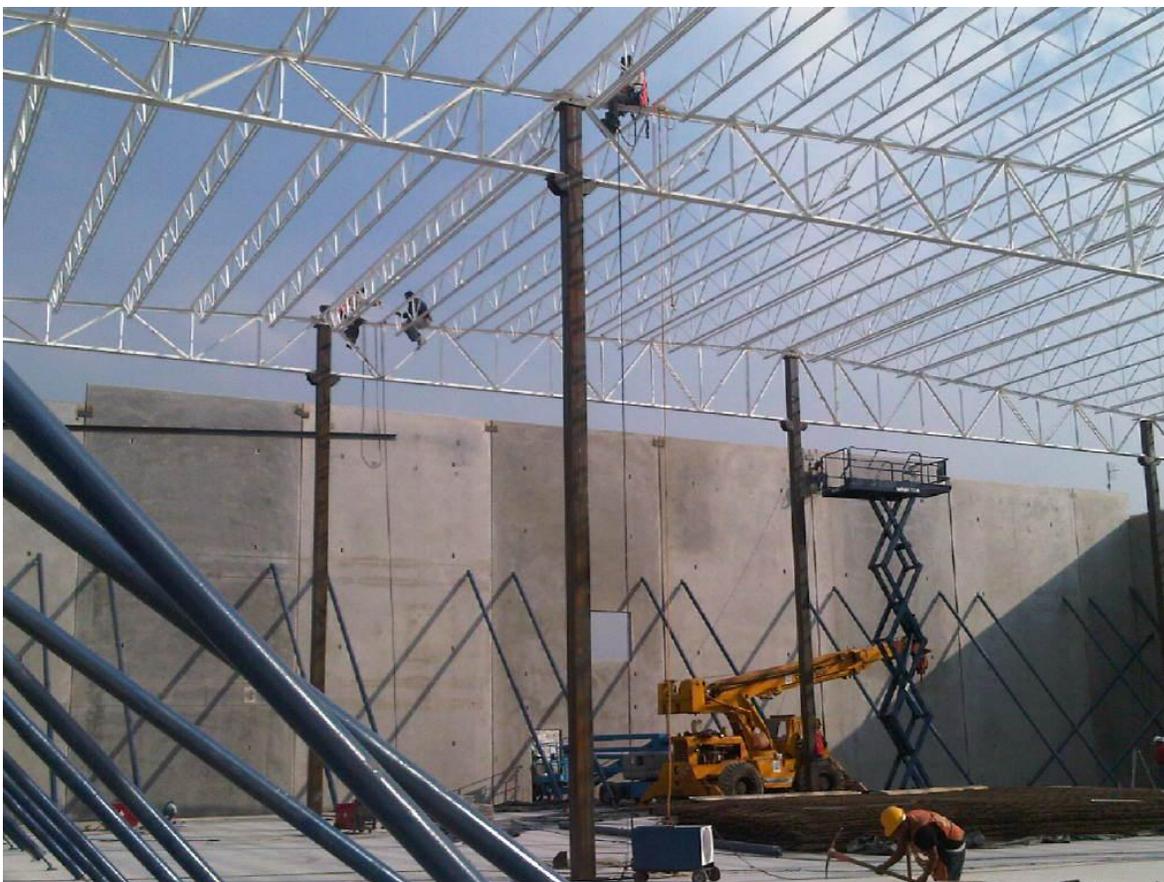


Figura 3.15. Colocación de joist.

Los tensores de techo o arriostramiento tendrán la función de reducir la longitud de pandeo, acortar el claro y reducir el momento flexionante, también transferirán las cargas producidas por el viento a la estructura. Por lo regular son varillas de acero liso de 3/4 a 1 pulgada de diámetro con los extremos roscados para su ajuste con las columnas.

Los largueros son miembros a flexión que se encargaran de soportan la cubierta del techo del edificio industrial y su principal objetivo es darle rigidez vertical al techo. Las cargas provenientes del techo son transmitidas por los largueros a las armaduras.

El perímetro de la nave estará formado por muros prefabricados de concreto y acero de refuerzo, de 7" (178mm) de espesor, el concreto que se utilizará tendrá un resistencia de  $f'c=250 \text{ Kg/cm}^2$ , los muros tienen por objeto la delimitación de la nave con las colindancias y la calle, así mismo estos tendrán que absorber las

descargas de los marcos y las fuerzas accidentales, este tema es detallado en el Capítulo 5 de este trabajo.

La cubierta de la nave será compuesta de tres componentes básicos: lámina estructural, aislamiento térmico y una membrana. La lámina estructural transmite las cargas de gravedad, del viento y de los sismos a la estructura del techo. El aislamiento térmico reduce los costos de calentamiento y enfriamiento, y aumenta el confort. La membrana en algunas ocasiones está adherida al aislamiento como en este caso.

Las láminas de acero tienen como ventaja que pueden ser colocadas en la mayoría de las condiciones climáticas, lo que elimina los costos en retrasos que pudiesen ocurrir con otros sistemas de techos. Otra ventaja es que la lámina puede ser colocada tan pronto como se haya terminado de colocar las vigas y trabes que constituyen la estructura.

Para la cubierta se utilizará lámina de techo engargolable de metal KR-18 calibre 24, con un peso de 5.85 kg/m y un esfuerzo máximo de trabajo de 1,560 kg/cm<sup>2</sup>, acanaladas roladas en sitio, por lo que es una de ventaja ya que no tiene límite en su longitud, de esta forma se fabrica en una sola pieza, evitando los traslapes que en algún momento podrían generar filtraciones, aunado a esto el sistema de fijación con que se realiza es un sistema de fijación oculto mediante clips por el interior de la nave, de esta forma se evita la perforación de la lámina, este sistema permite la colocación de la cubierta en pendientes bajas de hasta 2.00%, para tal caso es superior teniendo la pendiente del 5.00%, y será apoyada en la estructura a través de los joist.

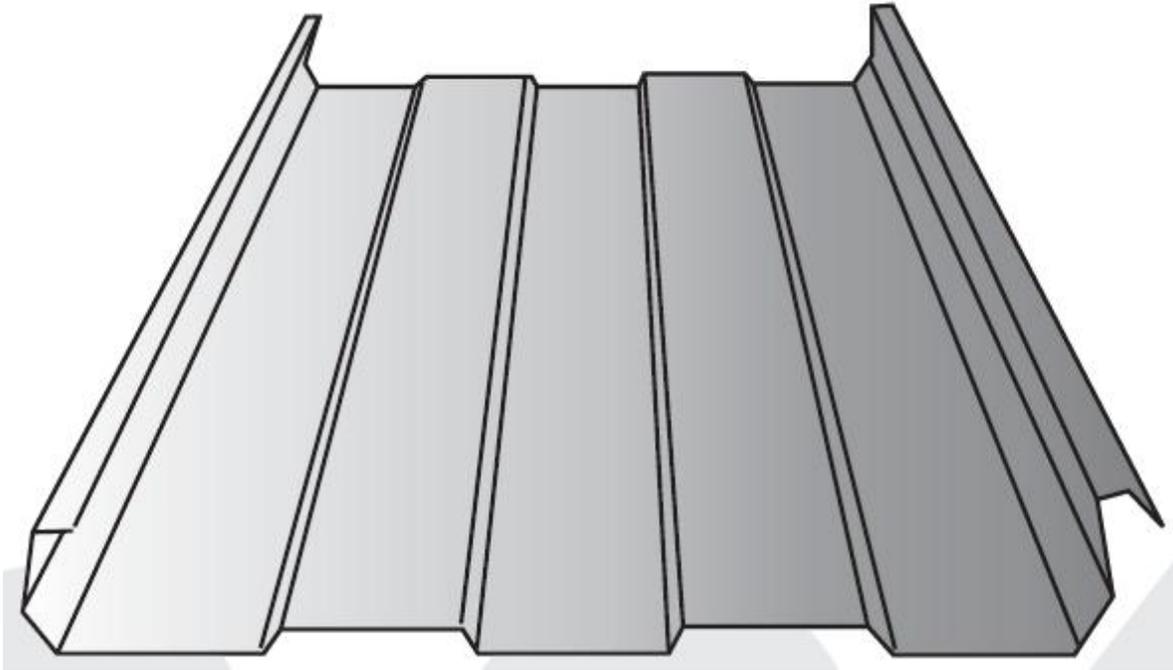


Figura 3.16. Lamina KR- 18.

Se denomina engargolable ya que la unión de láminas se presenta de la siguiente forma:



Figura 3.17. Forma de engargolamiento.

Esta misma lámina se utilizará como forma de piso en el área del mezzanine, la cual será fijada a la estructura de acero, sobre la cual se colocará concreto para la formación del firme de oficinas, con este método pretende la eliminación de cimbras temporales y solo será necesario el apuntalamiento por debajo de la lámina y apoyada sobre la estructura.

En lo que respecta a la iluminación de la nave, se podrá aprovechar una cierta cantidad de iluminación natural mediante la colocación de lámina traslúcida para permitir la entrada de luz natural, ya que es un factor básico para este tipo de edificación, el aprovechamiento de la luz solar, aunque es bien sabido por todos que tampoco se puede tomar al 100% la luz de esta forma, ni en las condiciones más favorables como podría ser en los veranos.

Existen diversas formas en las que se puede obtener la luz natural como puede ser colocación de cristales con un cierto grado de inclinación, ubicar claraboyas teniendo la oportunidad de ser usadas como ventilación ya que se pueden abrir en casos determinados, cubierta en diente de sierra, ventanales ubicados en la fachada de la nave y la colocación de cumbreras (lámina traslúcida).

Esta última opción mencionada, será la elegida para la nave, teniendo de un 5 a 7 % del total de la cubierta para la entrada de luz natural, teniendo como ventaja que sigue teniendo la misma forma y secuencia de toda la cubierta.



Figura 3.18. Entrada de luz natural a través de la cubierta.

El aislamiento y membrana serán colocados al mismo tiempo, ya que se piensa colocar un aislamiento que deberá tener incluida la membrana, misma que a su vez ayuda a darle mayor tiempo de vida útil al aislamiento, se colocará por debajo de la lámina de acero sujeta con cinta adherente doble cara.

El aislamiento que se pretende colocar tiene una presentación en rollo, fabricado con fibras de vidrio aglutinadas y resinas, con un espesor de 2" (5.08 cm) recomendado para la región del centro del país por el clima templado húmedo que presenta.

Los canalones al igual que las bajadas, también forman parte de la cubierta, y de la misma forma que la cubierta serán formados por lamina de calibre 24, mismos que son ubicados por debajo de la cubierta, las bajadas son expuestas junto a los muros, teniendo una sección de forma cuadrada de 6"x6" (0.1524 x 0.1524 m) a lo largo de toda su longitud, estas dimensiones aplican para canalones y bajadas.



Figura 3.19. Canalones y bajadas pegadas a los muros.

*d. Instalaciones*

*i. Hidráulica*

La tubería de agua potable que sale del tanque de almacenamiento (tanque Columbian), y que se conectará a la red será de tubo de cobre de 2", y que el diámetro se irá reduciendo según sea el cálculo de presiones a lo largo de la red, la distribución de la red se hizo colgándola de la estructura dejando la salida necesaria en forma de TEE para cada parte necesaria y requerida.

La nave es abastecida por una red la cual proporciona agua a todas las áreas como oficinas, baños en oficinas y los que están dentro de la nave, tomas dentro y fuera de la nave.

*ii. Instalación contra incendio*

El edificio contará con un sistema de extinción de incendios, a base de gabinetes con mangueras contra incendio, con gabinetes necesarios para cubrir el 100% del área de la nave industrial. El sistema esta compuesto por una red hidráulica la cual suministra agua a los gabinetes antes mencionados, este sistema será de tipo húmedo, denominado de esta forma ya que la red mencionada se encontrará permanentemente cargada de agua a presión, se dimensionará de tal forma que pueda proporcionar agua a presión al gabinete más lejano de manera eficiente, garantizando de esta forma que la presión sea la adecuada en todo los demás gabinetes.

Los gabinetes tendrán una ubicación estratégica en el interior de la nave, así como en cada nivel de oficinas, estos contarán con mangueras de 30.00 m de longitud, suficientes para cubrir la superficie de la nave, alimentados por tubería con un diámetro mínimo de 2" (51 mm).

Aunado a esto también se colocarán un par de tomas siamesa para el exterior de la nave, conectadas a un cabezal de distribución general de agua contra incendio, las cuales están ubicadas una junto al cuarto de máquinas, la otra a un costado del patio de maniobras.

*iii. Instalación de agua Pluvial*

Se piensa en la separación del agua de lluvia puesto que es un problema ambiental en la actualidad, y viendo el beneficio que puede traer la reutilización de esta, se realizara la captación de este líquido.

Además de que existe en la zona una restricción por parte del municipio, la cual es que no se puede aportar el 100% del agua de lluvia directamente al drenaje, pues actualmente están saturadas las redes de drenaje.

Por lo que se realizará un tanque de tormentas (cisterna), con una capacidad de 189 m<sup>3</sup>, ubicado del lado derecho de la nave, frente a la fachada y por debajo de un aparte del estacionamiento, es aquí donde llegará toda el agua pluvial recolectada, y dado que existe la probabilidad de que no se pueda almacenar toda el agua en determinado momento, se colocará una salida en forma de derrame, semejante a un vertedor de una presa, la cual de la misma función que en la presa, el desalojar los excedentes, y con esto se almacenará el agua que soporta la cisterna y los excedentes descargarán directamente a la red de drenaje. El agua almacenada en primera instancia pretende ser utilizada para el riego de áreas verdes, también se piensa en la utilización de esta agua en muebles de baños como mingitorios y escusados sin embargo, este e un trabajo que se llevara a cabo en los siguientes años, pero que se dejara la instalación necesaria para que se conecte en el momento oportuno.

La cisterna será construida de muros de concreto y acero de refuerzo, el concreto tendrá una resistencia de  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  con un revenimiento de 14, esto por ser bombeable y con un aditivo para impermeabilizar el concreto por tratarse de una estructura que estará en contacto directo y permanente con el agua.

*iv. Instalación sanitaria*

La red de drenaje sanitario estará formada por tubería de PVC cedula 40, la cual es resistente a altas temperaturas de hasta 60°C (140°F), además de que en uno de los extremos del tubo tiene una campana, la cual sirve para poder conectar este extremo con el siguiente tubo evitando los comunes coples entre las uniones de la tubería.

La red de drenaje descargará al pozo de visita más cercano del predio, no sin antes pasar por una serie de registros contruidos a base de tabique y junteado con mortero, en el fondo de los registro se tendrá un firme de concreto, para finalmente ser tapado con un brocal ciego de polipropileno con diámetro mínimo de 0.80 m.

Para la colocación de la tubería será necesaria la distribución de una cama de arena, así como rodera por completo la tubería por la parte superior y rellenar la cepa con material producto de la excavación. La presentación de los tubos es en un color blanco en tramos de 6.00 m.

*v. Eléctrico*

Teniendo en consideración que el conjunto proyectado es totalmente nuevo, es de suma importancia contar con una nueva acometida eléctrica en media tensión (3 fases 3 hilos 23 KV), desde el punto más cercano de la línea eléctrica hasta la subestación que funcionara como receptora, y de esta forma proporcionar la capacidad necesaria para suministrar la energía al edificio que está compuesto principalmente por:

- Una plataforma que servirá como bodega.
- Dos bloques de oficinas.
- Un cuarto de máquinas para el equipo de agua potable y contra incendio.

El sistema eléctrico de servicios generales dará servicio a todos los motores, lámparas y en general a cualquier equipo que sea de uso común al edificio.

Los transformadores empleados serán de la marca AMBAR, tipo pedestales con voltaje de 23,000 volts primario / 480-277 volts secundario y gabinete de medición de CFE.

Los tableros generales serán autosoportados con un interruptor general de 400 amperes, con espacios libres para conectar o derivar 6-8 interruptores, barras de cobre con capacidad para 1,000 Amperes, gabinete en lámina 14. Los tableros secundarios serán del tipo de sobreponer en muros, con interruptores

atornillables, estos se adecuarán de acuerdo a la cantidad de circuitos con un 20% de espacio para un crecimiento a futuro.

La tubería empleada que servirá como conducción para el cableado, es tubería conduit galvanizado instalada sobre la estructura metálica.

*vi. Equipamiento*

➤ Tanque Columbian

El tanque Columbian Tec Tank's consiste en un tanque cilíndrico prefabricado, que es transportado por piezas para llegado al sitio y armarlo, su formación es a base de placas, tiene una capacidad de 73.4649m<sup>3</sup>.

El tanque cuenta con una puerta en uno de sus costados para su fácil acceso al interior y brindarle el mantenimiento adecuado.

Para fijarlo a la cimentación será necesaria la colocación de anclas con tuercas que van ahogadas en la cimentación, requiere de 10 de estas en acero galvanizado.

En las uniones o juntas de las partes que conforman el tanque requerirá la colocación de sellos para evitar filtraciones

Aunado a este tanque se debe colocar un equipo hidroneumático con dos bombas que trabajen alternadas.



Figura 3.20. Tanque de agua.

➤ Docks Levelers

También llamadas rampas niveladoras, el nombre se les da ya que son rampas que se adaptan a la plataforma de la nave y a su vez con la del camión o transporte en cuestión, haciendo de esta forma un piso continuo para facilitar el intercambio entre la nave y el transporte o viceversa.

Mientras esté el proceso constructivo de la nave industrial se deberá dejar hecha la preparación necesaria para la colocación de los docks levelers, ya que desde el planteamiento arquitectónico se contempló que la nave contara con este tipo de equipamiento.

La capacidad de las rampas niveladoras será 25,000 libras en carga dinámica y de 35,000 libras en carga estática, serán de la marca Blue Giant, las dimensiones de las rampas son de 6' (1.83 m) de ancho, por 8' (2.44 m) de largo estas se instalarán a nivel de piso terminado, la preparación necesaria consta de un cajón

armado con acero de refuerzo del #3 (3/8"), con bordes de ángulo de 3"x1/4 de espesor, dándole un terminado en color amarillo tránsito.

Cuenta con un labio bisagra ubicado en el frente de la estructura del dock el cual permite una extensión de la rampa para una conexión del transporte con la rampa, este es activado al momento de accionar la rampa, por medio de jalar una cadena lo cual facilita su puesta en operación.

Como parte y estructura de este equipo también se cuenta con la protección de bumpers (parachoques), estos tiene por objetivo evitar el impacto de vehículos contra la estructura y que pudieran ocasionar algún daño estructural en la nave, están formados por una serie de plástico, que son colocadas y soldadas en los costados y frente de las rampas.



Figura 3.21. Instalación de docks levelers.

- Cortinas y Sellos para los docks levelers

Para cerrar el área superior de los doks levelers en forma de puerta, se hace por medio de cortinas corredizas hacia la parte superior, destinadas para uso comercial o industrial, el material del cual están hechas es de acero galvanizado terminadas en color blanco, de operación manual.

Por la parte de exterior de los muros y a un costado de la cortina se colocan cojines en forma de marco, en color negro y una franja central en color amarillo, con esto se logra una mayor hermeticidad entre la nave y el remolque del vehículo.



Figura 3.22. Cortinas.



Figura 3.23. Sellos.

➤ Extractores

Los extractores que se instalarán serán de la marca S&P (Soler & Palau), montados en los muros en los cuales ya se dejó la preparación del hueco correspondiente al momento de la prefabricación de estos, los cuales provocaran el intercambio de aire en el interior de la nave.

Para evitar la entrada de objetos o animales voladores se instalaron rejillas tipo louvers de lámina galvanizada calibre 26 montados por el exterior de la nave industrial.

➤ Rampas de Concreto

Las rampas de concreto tienen la característica de que comienzan en el patio de maniobras y culminan a nivel de piso terminado de la nave, se formarán con tepetate como base principal debidamente compactado al 95% proctor, los

costados estarán delimitados por muros de block con terminado cara de piedra a una cara, y con castillos ahogados dentro del muro con acero, sobre el tepetate se colocará una parilla de acero del No. 3 (3/8”), y sobre los muros de block colocada una cadena de acero de refuerzo, todo esto posteriormente colado de concreto de resistencia  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ .

El objetivo de estas rampas es la comunicación directa de la nave con el patio de maniobras.



Figura 3.24. Rampas de concreto, que comunican el patio con la plataforma directamente.

➤ Puertas de andén

Las puertas de andén será en color gris, de metal calibre 26, de tipo seccional, soportadas por un marco metálico del mismo material y color, su operación es mecánico manual.

➤ Puertas de salida de emergencia

Las puertas de emergencia son de metal, teniendo una barra de pánico por el lado interior, bisagras de acero inoxidable, las puertas son terminadas en color gris. El marco para soportarlas será del mismo material y color de la puerta.

*vii. Acabados*

➤ Puertas de acceso a la nave y ventanas

Las puertas de acceso a oficinas de la nave, serán fabricadas de cristal templado de 6 mm sin película, con un marco de aluminio en color natural de línea de 3" para uso pesado, equipadas con sus debidos accesorios, como jaladeras y bisagras de piso. Las ventanas de oficinas de igual forma serán de aluminio y cristal.

➤ Divisiones de Oficinas

Todas las divisiones de la sección de oficinas serán a base de muros de tablaroca (paneles de yeso tipo estándar de 13 mm de espesor), los muros tendrán 8.9 cm de espesor a dos caras pintadas en color blanco, los baños de igual forma los muros serán muros de tablaroca contra humedad del mismo espesor y revestidas con un lambrin a una altura de 1.20 con azulejo tipo astrato en color blanco.

➤ Puertas de Oficinas

Las puertas destinadas para todas las oficinas exceptuando la de acceso principal serán de madera y triplay, con dimensiones 0.95 x 2.20 m medida del tambor y formado con triplay de pino, acabado en color natural, con su respectiva cerradura, 3 bisagras de acero en color amarillo para soportar la puerta, el marco sobre el cual estarán montadas será del mismo material y color de la puerta.

➤ Piso

El piso en el área de oficinas, es un piso porcelánico de sección cuadrada de dimensiones 0.60 x 0.60 m, en color crema, el zoclo será del mismo material y tendrá un ancho de 10 cm.

➤ Canalización para voz y Datos

Esta canalización tendrá dos formas de llegar, una es junto a los muros por medio tubos de pared delgada y accesorios galvanizados, la otra forma será dejar una preparación dentro del firme de concreto para el primer piso, por lo cual estas conexiones serán a nivel de piso, de esta forma se ayuda a la estética del lugar al ocultar las conexiones en el suelo.

➤ Baños

El baños estarán formados por un inodoros de la marca Standart, en color blanco, lavabos en forma de ovalo del mismo color que los inodoros, una llave economizadora automática para el lavabo sobre una cubierta de resina de mármol, en color café claro, la cubierta del lavabo tendrá un faldón de 5 cm, por ultimo en cada baño se colocará un espejo, por encima de la cubierta.

➤ Plafones y Alumbrado

El plafón a colocar es de sección modular rectangular de dimensiones 61 x 122 cm, modelo radar con suspensión visible de la marca USG. Se optará por este sistema de plafón ya que permite la revisión rápida de instalaciones si fuera necesario ya que todas las instalaciones serán colocadas por encima del plafón.

La iluminación será a base de lámparas flouresentes lineales de techo con dimensiones 60 x 121 cm, encajando perfectamente como si se tratara de una sección del plafón. En los pasillos se colocarán lámparas circulares.



Figura 3.25. Acabados en oficinas.

## IV. PLANEACIÓN

---

En este capítulo se dan los argumentos necesarios para demostrar la factibilidad económica de este proceso constructivo, lo cual se puede presentar mediante una comparación de presupuestos, por un lado el presupuesto de los muros prefabricados y por el otro un presupuesto de muros convencionales, esto en cuanto al costo, pero como siempre va ligado el costo y el tiempo es ahí donde hay otro factor importante para su consideración el cual se ve reflejado en los programas de trabajo.

La planificación de un método constructivo será referido a prever todas aquellas actividades necesarias para la realización de un proyecto, en forma ordenada y secuencial, con lo cual se llegará a una determinada meta de la mejor manera posible.

Igualmente con el presupuesto y particularmente un precio unitario, actividad que deberá ser realizada antes de la ejecución del proyecto es otra forma de planificación, ya que compete a la parte económica, obteniendo un estimado muy cercano al costo real del concepto en cuestión.

Como complemento a lo anterior al final de este son mencionadas algunas cualidades y ventajas de construir con este método.

### *a. Costo directo*

En la parte referida al costo está enfocada a la representación del monto que cuesta monetariamente realizar una determinada actividad, expresada por medio de un precio unitario.

El precio unitario es una predicción monetaria que representa el costo final de realizar una actividad o tarea determinada y que el conjunto de varias tareas harán un presupuesto de proyecto.

Para poder formar un costo directo se deberá realizar un trabajo previo, el cual consiste en determinar cualitativa y cuantitativamente los requisitos para tal

costo directo. Cualitativamente se refiere a las cualidades así como marcas de algunos productos y materiales que se utilizarán para la elaboración del concepto en cuestión, por la parte cuantitativa está basada en el tamaño o dimensión del trabajo a ejecutar, cuantificando los materiales para este, teniendo el resultado de estas dos características será posible establecer costos integrados los cuales nos llevarán al objetivo buscado.

Todo costo directo tiene cuatro características:

- Aproximado
- Singular
- Temporal
- Una herramienta de control

Al decir que es aproximado, me refiero a que el costo final obtenido debe ser muy similar al costo real, esto dependerá de la habilidad, criterio y experiencia de cada presupuestador.

Singular, por que como cada obra las condiciones varían de acuerdo a la ubicación, clima y medio ambiente en el cual es desarrollada la obra.

Los precios establecidos en el costo directo son variables a través del tiempo, es por eso que se menciona que es temporal sin embargo este será válido mientras los precios no varíen.

Por último es una herramienta de control ya que permite correlacionar este documento con el avance físico de la obra, su comparación con los precios, y ver las variaciones para tomarlas en cuenta para proyectos posteriores.

La siguiente tabla muestra el precio unitario de muros prefabricados de concreto.

<b>Análisis de precio unitario de muros prefabricados</b>					
<b>No.</b>	<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>Importe</b>
<b>Material</b>				<b>\$ 2,700,037.70</b>	
Muros				\$ 2,441,440.74	
1	Acero	Kg	84,156.57	\$ 12.50	\$ 1,051,957.06
2	Alambre recocido	Kg	7,574.09	\$ 16.59	\$ 125,654.17
3	Concreto	m3	1,063.00	\$ 950.00	\$ 1,009,850.00
4	Desmoldante	Lt	690.49	\$ 15.00	\$ 10,357.35
5	Curacreto	Lt	690.49	\$ 18.00	\$ 12,428.82
6	Silleta H-4 (5.4 pza/m2)	pza	26,411.24	\$ 2.14	\$ 56,520.05
7	Insertos	pza	1,237.00	\$ 74.04	\$ 91,587.48
8	Placas de Acero	Kg	3,535.57	\$ 23.50	\$ 83,085.82
Cimbra				\$ 258,596.96	
9	Moldura	ml	521.00	\$ 8.10	\$ 4,220.10
10	Cimbra (madera)	ml	3,750.47	\$ 26.41	\$ 99,049.91
11	Clavos	Kg	452.86	\$ 15.60	\$ 7,064.62
12	Chaflan	ml	1,875.24	\$ 6.13	\$ 11,495.19
13	Tilt-Bracket	pza	5,000.63	\$ 27.35	\$ 136,767.14
<b>Equipo</b>				<b>\$ 745,769.96</b>	
1	Renta de grua	m2	5,869.16	\$ 61.34	\$ 360,014.50
2	Renta de grillete p/izaje (Pericos)	pza	8.00	\$ 800.00	\$ 6,400.00
3	Renta de Brace	pza	269.00	\$ 490.00	\$ 131,810.00
4	Renta de tornillos (piso, plomeo y rondanas)	pza	538.00	\$ 20.67	\$ 11,120.46
5	Renta de Genie	mes	2.00	\$ 25,200.00	\$ 50,400.00
6	Bombeo de concreto	m3	1,063.00	\$ 175.00	\$ 186,025.00
<b>Mano de obra</b>				<b>\$ 1,035,085.70</b>	
1	M.O. para muros	m2	5,869.16	\$ 148.50	\$ 871,570.80
2	M.O. para izaje	m2	5,869.16	\$ 27.86	\$ 163,514.90
<b>Monto total de costo directo</b>				<b>\$ 4,480,893.36</b>	
Área de muros prefabricados		m2	5,869.16		
Costo directo por m2 de muro prefabricado				<b>\$ 763.46</b>	

Tabla 4.1. Análisis de muros prefabricados.

La siguiente tabla muestra el presupuesto de muros convencionales de block.

Análisis de precio unitario de muros de block					
No.	Concepto	Unidad	Cantidad	Costo (\$)	Importe
<b>Material</b>					<b>\$ 4,100,542.88</b>
Muros					\$ 811,629.24
1	Block	pza	70,751.50	\$ 9.55	\$ 675,676.83
2	Mortero-Cemento	m3	93.32	\$ 972.36	\$ 90,740.14
3	Escalerilla para refuerzo de muro	tmo/3m	5,311.59	\$ 8.51	\$ 45,212.28
Columnas y trabes					\$ 2,521,024.77
6	Acero	kg	44,987.12	\$ 12.50	\$ 562,339.02
7	Alambre recocido	kg	15,745.49	\$ 16.59	\$ 261,217.72
8	Concreto de f'c=250 kg/cm2 hecho en obra	m3	1,571.80	\$ 1,079.95	\$ 1,697,468.03
Cimbra					\$ 767,888.87
9	Madera Rustica para columnas	m2	2,851.20	\$ 187.00	\$ 533,168.89
10	Madera Rustica para trabes	m2	1,255.20	\$ 187.00	\$ 234,719.97
<b>Equipo</b>					<b>\$ 45,600.00</b>
1	Andamios	mes	32.00	\$800.00	\$ 25,600.00
2	Cortadora de block	pza	1	\$20,000.00	\$ 20,000.00
<b>Mano de obra</b>					<b>\$ 1,056,254.32</b>
1	M.O. para muros	m2	5,869.16	\$ 75.58	\$ 443,591.39
2	M.O. para concreto	m3	1,571.80	\$ 218.14	\$ 342,872.45
3	M.O. para carpinteria	m2	4,106.40	\$ 65.70	\$ 269,790.48
<b>Monto total de costo directo</b>					<b>\$ 5,202,397.20</b>
Área de muros prefabricados		m2	5,869.16		
Costo directo por m2 de muro de block					<b>\$ 886.39</b>

Tabla 4.2. Análisis de muros convencionales.

*b. Tiempo*

El tiempo al igual que el costo directo juega un rol de igual importancia para la planeación de toda obra, por lo que es transcendental la determinación del tiempo que se llevará realizar cada una de las tareas que componen un proyecto, ya que al unir todos estos se obtiene el tiempo total de ejecución y de esta forma definir un calendario de ejecución de actividades, con esto pretender darle un mejor seguimiento a cada tarea de manera eficiente y eficaz.

Para la programación del tiempo existe un método denominado con el nombre de ruta crítica, desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica en el año de 1957. La ruta crítica es una secuencia de las tareas terminales de una red de

proyecto con la mayor duración entre ellas, determinando el tiempo más corto en que es posible completar un proyecto. La duración de la ruta crítica determina la duración del proyecto, es por esto que cualquier retraso en una tarea que está involucrada en la ruta crítica afectara la fecha de término del mismo.

Un proyecto puede tener varias rutas pero a estas se les puede denominar paralelas, ya que solo existirá una ruta crítica. Aunado a esto se puede generar un diagrama gráfico denominado como diagrama de Gantt.

El Diagrama de Gantt, es una herramienta muy recurrida por el sector de la construcción por su eficaz y fácil interpretación, el objetivo de esta es mostrar el tiempo requerido para las diferentes tareas o actividades a lo largo de un plazo, otra cualidad de este grafica es que nos muestra la relación existente entre actividades, la posición de cada tarea representada en forma de barras hace que se puedan identificar la relación entre ellas e identificar los traslapes entre ellas.

A continuación se presentan ambos diagramas, el que refleja el tiempo de ejecución con el proceso constructivo de muros prefabricados, así como el de muros convencionales de block.















Comparación de tiempo



Comienzo de la obra

02/08/2010	01/09/2010	01/10/2010	01/11/2010	01/12/2010	01/01/2011
------------	------------	------------	------------	------------	------------

Termino de la obra

21/01/2011

Figura 4.1. Construcción de nave industrial con muros prefabricados de concreto.



Comienzo

02/08/2010	01/09/2010	01/10/2010	01/11/2010	01/12/2010	01/01/2011	01/02/2011	01/03/2011
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Termino de la obra

21/03/2011

Figura 4.2. Construcción de nave industrial con muros convencionales de block.

### Ventajas del proceso constructivo de muros prefabricados

Las ventajas que ofrece el sistema de muros prefabricados a base de concreto reforzado abarca varios aspectos como se enlistan a continuación:

- La reducción del tiempo de ejecución permite una pronta recuperación de la inversión.



Figura 4.3. Nave industrial en construcción.



Figura 4.4. Nave industrial terminada.

- Utilizar menos mano de obra.
- Permiten una cimentación superficial, esto directamente impacta en el costo de la misma al evitar grandes excavaciones y menor material empleado.



Figura 4.5. Cimentación robusta para nave convencional.



Figura 4.6. Cimentación de muros prefabricados.

- El sistema de prefabricación permite la incorporar tecnología en el diseño y construcción de muros.

- Al realizarse la construcción en serie, el proceso es más rápido, beneficiándose ya que varios muros son idénticos o muy similares y esto permite la fabricación de los muros en sándwich (encimados).
- Los muros prefabricados de concreto tienen las mismas propiedades térmicas, acústicas y de resistencia al fuego que cualquier edificación de concreto reforzado.



Figura 4.7. Fabricación de muros convencionales.



Figura 4.8. Elaboración de muros prefabricados.

- Tiene una mayor hermeticidad en cuanto al manejo de productos de la nave, como obstáculo sólido para actos de vandalismo y entrada ilegal.
- Amplia gama en acabados superficiales aunque por lo regular es acabado pulido.
- Libertad de diseño, en apariencia y función, cada proyecto es diseñado para satisfacer especificaciones, necesidades y gusto por la apariencia.
- Los edificios de concreto mantienen la apariencia, la integridad estructural y el valor, ya que la vida útil del concreto es mayor a la de muros de mampostería (tabique y/o block), con esto mantiene un valor económico alto.
- Los muros prefabricados son impermeables al aire, reduciendo las oscilaciones de calor y frío.
- Reducción de ruido, las propiedades del concreto y también el espesor de estos hacen de la nave un “buen vecino” ya que no permiten la salida ni entrada del ruido.



Figura 4.9. Nave de block.



Figura 4.10. Nave de muros prefabricados.

- Este método en particular elimina la necesidad de transporte de los paneles, por ser construidos en obra.
- Limpieza en el proceso de construcción.
- Al no haber columnas perimetrales se permite la libre ubicación de puertas y ventanas.
- EL no tener columnas perimetrales permite un mejor aprovechamiento en el área rentable.



Figura 4.11. Interior de nave con columnas perimetrales.



Figura 4.12. Interior de nave sin columnas perimetrales.

- El mantenimiento para el concreto es muy bajo o inclusive nulo.
- El concreto es un material moldeable en una gran cantidad de formas colores y texturas.
- Reducción de mantenimiento: la durabilidad del concreto y el detalle en la construcción, reducen los costos de mantenimiento.

- Se tiene un alto control de calidad en su principal material de fabricación, que es el concreto.



Figura 4.13. Realizado de concreto en obra.



Figura 4.14. Concreto de planta.

Apoyándonos en el costo, tiempo, calidad de la obra y complementado con estas ventajas se apoya enormemente la implementación de este método constructivo.

## V. PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo de una edificación, en este caso el de una nave industrial lo podemos puntualizar como, el proceso mediante el que a partir de la ejecución de una serie de actividades se hace una obra material de desarrollo progresivo. En el ámbito laboral a estos paneles se les conoce como muros prefabricados, que para dar una idea de entrada lo podríamos describir como un proceso de construcción de muros de concreto reforzado, elaborados en el sitio de la obra, para posteriormente ser izados y ubicados en la posición final que ocuparán en la edificación.

Para la realización del proyecto y como es el nombre de esta capítulo, se trata de un proceso, es por eso que se requiere realizar una serie de actividades que van ligadas para alcanzar un propósito, el formar muros prefabricados de concreto y con esto la realización de la nave industrial.

### *a. Losa de piso*

El proceso inicia con la formación de la losa de piso la cual tiene como precedente la formación de la plataforma para el edificio.



Figura 5.1. Formación de la plataforma.



Figura 5.2. Compactación de la plataforma.

A su vez se realizará un mejoramiento de terreno, el cual empieza en la limpieza del terreno y retirar una pequeña capa del terreno (20 cm de espesor

aproximadamente), posterior a esto se procede a la formación de terracerías, para todo esto se utilizará maquinaria pesada, para la remoción, extracción y extendido de material del terreno, la maquinaria a utilizar será: retroexcavadora, motoconformadora, compactador vibrador (tambor vibratorio de acero), pata de cabra, una excavadora 320 y carros de volteo para acarreo del material producto de la excavación, así como para llevar material de banco a la construcción. El principal objetivo de la maquinaria será nivelar el terreno así como formación del terraplén.

Cuando se haya terminado la excavación necesaria, se procederá a la colocación de un relleno pétreo con un espesor de 25 cm funcionando como filtro, en tamaños mínimos de 3", la compactación requerida es de 80% proctor, tanto en esta etapa como en las consecutivas para la formación de terraplenes y patio de maniobras se deben considerar aspectos como: el volumen para relleno considerando el abudamiento, pruebas de laboratorio para controlar la compactación requerida, así como si es necesaria agua para la correcta compactación, o por lo contrario si es demasiado húmedo el material considerar agregar cal para reducir la humedad del material.

En el área de patio de maniobras se realizará una excavación en forma de caja la cual deberá tener una profundidad de 60 cm, la cual deberá ser rellena con el mismo producto con una capa de 20cm y compactada con la pata de cabra y el tambor vibratorio, por encima de este se coloca una capa de 30 de tepetate extendida y compactada lista para recibir el firme de concreto.

La formación de la plataforma se realizará con tres capas de material de banco previamente aprobado por el laboratorio, con un espesor de 30cm cada una y una compactación mínima del 90% Proctor, la primera de estas capas con material de sub base y las dos siguientes con material base (tepetate) extendidos con la motoconformadora para que posteriormente sea compactado con el tambor vibratorio, alcanzando una altura de 1.05 m sobre el nivel de piso terminado, tomando en cuenta que por encima de esta altura se colocará el piso de la plataforma de 15 cm.

Los bancos del cuales se extrajeron los diversos materiales ambos son ubicados en el municipio de Huixquilucan el primero en la zona denominada como El Capulín justo a un costado del comienzo de la carretera libre México Toluca que también sirve como tiradero al cual también se recurrió y el segundo banco ubicado en el Pedregal a un costado de la carretera México Huixquilucan cerca de la zona Residencial Bosque Real, este es el banco más lejano con una distancia aproximada de 12.30 Km de la obra.



Figura 5.3. Ubicación de la nave respecto a los bancos de materiales.

Terminada la formación del terraplén se deberán hacer las excavaciones para realizar la cimentación a base de zapatas aisladas para las columnas ya que lo que sigue es la colocación del firme de concreto, pero antes de esto se tendrán que dejar enterradas las zapatas, dejándolas marcadas en forma de diamante con los cortes para después levantar el firme y descubrir, el dado y las anclas de la cimentación.

Cumplido lo anterior comienza la parte interesante del proyecto, la formación de los paneles prefabricados de concreto sobre la losa de concreto, el tema principal

de este trabajo, este proceso constructivo depende y requiere de que al área en la cual se estará trabajando sea amplia, horizontal y con un acceso amplio para maniobrar, esto debido a que los paneles de concreto reforzado son armados en el suelo y elevados con una enorme grúa, debido a que casi nunca se tiene el espacio suficiente en ocasiones son apilados estos muros, presentándose como una ventaja, puesto que algunos de ellos son iguales en la forma, estructura y tamaño por lo que se podrá construir una cimbra más elevada y apilarlos tomando en cuenta la secuencia de izado y de esta manera optimizar el área de trabajo.

El proceso inicia con la formación de firmes de concreto, llamados también pisos industriales, tomando este nombre puesto que no es piso convencional ya que estará sometido a diversas cargas, como pueden ser cargas móviles (entre estos podemos mencionar vehículos pesados, montacargas, o cualquier vehículo o artefacto que contenga ruedas y tenga contacto directo con la superficie de la losa), otro tipo de carga puede ser una carga puntual como maquinaria, alguna estructura para soportar, anaqueles y de mas, las cargas uniformemente distribuidas es otro tipo de carga posible a presentarse, a todas estas el piso tiene que ser resistente es por esto la importancia de que el terraplén este bien formado y compactado para no sufrir asentamientos y deformaciones.

Primeramente se deberá determinar la ruta secuencial del avance en el proceso de armado y colado, ya que no se va a colocar el firme de concreto en su totalidad, lo anterior es para permitir un camino para el tránsito vehicular como bombas, camiones hormigonera, este mismo camino será utilizado por la grúa al momento del izaje de paneles de concreto.

El primer paso consistirá en colocar la cimbra para delimitar las piedras (módulos de firme de concreto colados en un día,) se tendrán que realizar de esta forma y al mismo tiempo considerar el área adecuada para poderla cubrir en la jornada desde la cimbra hasta darle el terminado adecuado, la cimbra puede ser de madera o metálica como lo es en este caso, la cimbra será fijada al suelo mediante estacas de acero enterradas justo al costado de la cimbra con una separación aproximada de 1.00 metro, esto también impedirá el posible pandeo de la cimbra

y que finalmente quede derecho el corte, al momento de colocar la cimbra se colocan diamont dowel también llamados pasajuntas de rombo por el interior de la cimbra atornillados a esta, para lograr una mayor transferencia de carga entre los firmes, con esto se proporciona mayor transferencia de carga a las juntas constructivas, esto representa un ahorro en el acero al poder colocar mas espaciado el mismo, se debe tener cuidado en ser precavidos con los limites de la cimbra, ya que esto representaran las juntas de construcción debidamente marcadas en el proyecto, pasado el tiempo necesario para el fraguado del concreto que es de un día al otro se retira la cimbra para seguir con el mismo procedimiento con el resto del firme.



Figura 5.4. Cimbra metálica.

Los pasajuntas quedan dentro del concreto a los cuales se les introducirá posteriormente una placa de acero de un espesor de  $\frac{1}{4}$ ", de sección cuadrada con dimensiones de 5"x5" (12.70 x 12.70 cm) y con una separación de 30 cm entre

cada diamont dowel aproximadamente, la cual hace la función de unión entre el firme ya colado y el firme que está por colocarse, se opta por este tipo de unión ya que es fácil de colocar.

Una vez que se ha terminado de armar la cimbra se procederá al habilitado del acero de refuerzo (varilla) esta tiene diversos diámetros pero una longitud constante de 12.00 metros cada pieza, comenzando con el enderezamiento de varilla con ayuda de herramientas con el nombre de grifa y enderezándola poco a poco, ya que en ocasiones es doblada por la mitad para su mayor facilidad al moverla, y otras veces es entregada de forma recta.

Lo siguiente es el corte del acero a las medidas requeridas, el corte se puede realizar con diversos métodos como pueden ser: con una cortadora de palanca, un equipo de corte o con un simple arco y segueta.

Todo este trabajo deberá ser realizado por el equipo de trabajadores bajo el nombre de fierros, para realizar los dobleces necesarios estos construyen su mesa de trabajo la cual consta de una mesa de madera de 4 patas, a la cual se le introducen trozos de varilla los cuales servirán como apoyo para los dobleces, y es aquí donde se genera todo el habilitado tanto para pisos, cimentaciones, muros y demás habilitado que sea requerido para la obra.

El piso será diseñado de manera que lleve un armado de acero de refuerzo de No. 3 (3/8"), con una separación de 30 cm en ambos sentidos formando una parrilla amarrada con alambre recocado, para que el proceso de armado sea más rápido, el armado es elaborado a la par de cuando se está formando la cimbra para solo ser traspasado al lugar a colar, ya colocado todo el acero de refuerzo, se requiere colocar un artefacto que nos garantice el recubrimiento necesario del acero con el concreto.

Para lo anterior existen silletas plásticas diseñadas para obtener la posición exacta del acero de refuerzo y lograr estructuras de concreto armado con la fuerza, resistencia, durabilidad esperada y el recubrimiento de diseño, químicamente son compatibles con el concreto y no dañan el acero, tiene un bajo costo, son resistentes, ligeros, de fácil y rápida instalación.

Para determinar el tipo de silleta a utilizar se deben determinar 3 puntos básicos: elemento constructivo, tipo y calibre de acero de refuerzo y el recubrimiento de concreto necesario, al determinar lo anterior nos lleva decidir cuál es la silleta que cubre estas necesidades y poder elegir la más adecuada.

La silleta a utilizar será la denominada Silleta Piramidal Utilitaria, es una silleta ligera económica y con una amplia base que proporciona una gran estabilidad, usualmente utilizada en losas de cimentación y firmes de concreto el espesor varía de 10 a 15 cm, tiene una carga máxima de 80 kg, y el calibre de acero que soporta es varilla de  $3/8$ ,  $1/2$  y  $5/8$  de pulgada.

La cantidad de silletas varía de acuerdo a las necesidades de cada proyecto para tal caso se colocaran de 4 a 5 piezas por metro cuadrado.



**Figura 5.5. Armado de firme listo para ser colado.**

Una vez terminado de colocar todos los pasajuntas, acero de refuerzo y silletas se podrá colocar el concreto que tendrá las siguientes características: una resistencia de  $f'c=250\text{kg/m}^2$ , un agregado de  $\frac{3}{4}$ , clase 2, y un espesor de 6" (15.24 cm), se procederá al vaciado, vibrado, extendido y enrasado del concreto con ayuda de la maquinaria denominada regla laser.

Por la cantidad de concreto que llevará esta construcción casi todo el concreto utilizado en la obra será prefabricado de una planta cercana al lugar y transportado por camiones tipo hormigonera, el vaciado en la parte de los pisos será variado ya que si se podía tener acceso al lugar se hacía en forma de tiro

directo, pero habrá ocasiones en las que no se puede hacer de esta forma por lo que se tendrá que hacer por medio una bomba estacionaria, auxiliada por una serie de tubos unidos, formando la tubería para hacer llegar el concreto al elemento a colar.

La máquina laser, denominado con este nombre por el sistema de nivelación con que cuenta este equipo, cuenta con un cabezal de 3.66 m y una pluma telescópica de 6.10 m, esto se traduce a 22.33 m<sup>2</sup> de consolidación. Esta es una herramienta que satisface la necesidad de pisos más planos a gran nivelación, esto es de gran ayuda para los muros que posteriormente se colocaran sobre el piso de concreto, con este tipo de maquinaria se pretende ahorrar tiempo y mano de obra ya que permite realizar más rápido el trabajo.



Figura 5.6. Máquina laser.

Mientras sea suministrado el concreto es importante introducir un vibrador dentro del concreto para sacar el aire que pudiera llegara a integrarse. El extendido del concreto lo realizan personas bajo el nombre de piseros estos son los encargados de toda la ejecución del firme, desde este paso hasta darle el

terminado deseado, la extensión es auxiliada por palas y rastrillos manualmente, el enrasado final es apoyado por una regla metálica y una plancha del mismo material.



Figura 5.7. Máquina laser en operación.

Transcurrido el tiempo necesario para poder pisar el concreto se realizarán las juntas de construcción, que no son si nos mas que cierto tipo de abertura o separación dentro del concreto, creadas con el fin de evitar grietas dentro del mismo, ocasionadas por la contracción del concreto es entonces cuando se presenta el agrietamiento. Su anchura puede ser de  $1/6$  a  $1/4$ " , y la profundidad de  $1/6$ " y  $1/2$ " del espesor del elemento. El corte se realiza con una sierra especial para corte de concreto.

Las juntas se llenarán en su momento con un producto especial, como puede ser el Euco 700 y Sonoflex, el primero es un epóxico semirrígido de dos componentes, la parte A es la resino y tiene un color blanco, la parte B es el endurecedor y es de

color negro, al mezclarse el resultado es un color gris igual al del concreto, en un concreto nuevo, para ser colocado debe tener un mínimo de 90 días después de la fecha de colocado, la junta deberá estar limpia e íntegra, se deberá eliminar cualquier material que impida la correcta adherencia y de ser posible limpiarlas con una aspiradora o lavado a presión, el segundo producto es una espuma de polietileno de celda cerrada, este es colocado antes del Euco 700 y sirve como relleno para llegar hasta el fondo de la junta y posteriormente colocar el epóxico.

Pasado el tiempo de fraguado se deberá colocar el curacreto como puede ser Kurez Seal de la marca Euco, este es un compuesto para el curado del concreto fresco, que forma una película que retiene el agua y restringe al máximo su evaporación, proporcionando así un excelente curado, su apariencia es un líquido transparente, la forma de aplicarlo es mediante un aspersor preferentemente o en todo caso auxiliados de un rodillo.

Ya que el piso servirá como base para los muros prefabricados, y como el acabado lo comparten tanto el piso como los muros, será necesario pulir el firme con allanadoras mecánicas para así darle el acabado a ambos, para los pisos son utilizadas llanas mecánicas dobles, al ser dobles toman la forma de un carro por llamarlo de una forma, en la siguiente imagen se puede observar más claramente la idea antes expuesta, al realizar el acabado de esta forma representa un ahorro de tiempo, este tipo de llanas puede implementarse puesto que el área a pulir es lo suficientemente grande para que se pueda mover.

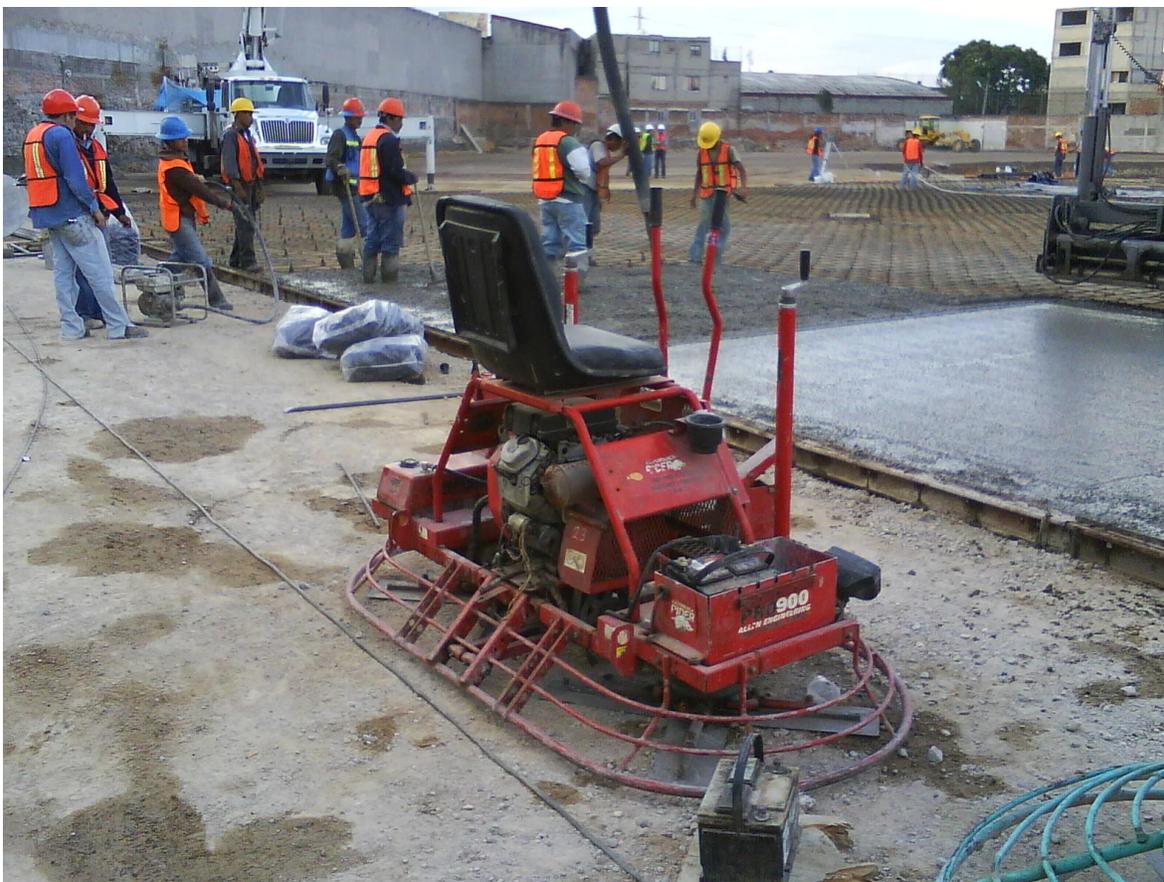


Figura 5.8. Llana mecánica doble.

La formación del piso de patio de maniobras es casi idéntico al firme de la plataforma, variando solo el terminado, ya que este tendrá un terminado rayado, con la finalidad de evitar el derrape de los vehículos cosa que pasaría si se le diera el mismo terminado que el de la plataforma, el terminado se le dará pasado el tiempo de fraguado pero antes de que endurezca por completo, teniendo en cuenta la pendiente que requiere para el flujo de agua, el rayado se realiza mediante un rastrillo que se hace pasar a lo largo del firme sujetándolo de ambos lados para evitar que se entierre demasiado y controlar que las rayas queden lo mas rectas posibles.



**Figura 5.9. Colado de la losa de patio de maniobras.**

Cabe señalar que en la parte superior izquierda de este firme visto en planta desde arriba, se colocará una losa de sacrificio al ver que no se tenía toda el área necesaria para la construcción de los paneles, y aprovechar esta área para construir un par de ellos, para lo cual será necesario la construcción de una cama de arena debidamente compactada para posteriormente colocar un firme de concreto sin refuerzo ya que como se mencionó será utilizada como losa de sacrificio y será retirada en su momento, es realizada de la misma forma que el firme de la nave dándole el mismo acabado, para lograr el terminado deseado en todos los muros.

Es de esta forma como concluye la formación del piso industrial para esta nave, y darle paso a la formación de los muros.

*b. Trazado y construcción de paneles*

La planificación de la construcción de los muros debe ser realizada antes de colar el firme de la plataforma, de manera que se tengan las orientaciones de los muros para maximizar el área, aunque en ocasiones no es suficiente como y es necesario disponer de otra área, para esta obra se tiene contemplado la realización de una losa de sacrificio.

El tener bien identificados los muros y saber el proceso de colado así como el de izaje, es de vital importancia lo anterior para tomar en cuenta el tiempo que requiere el concreto para obtener su resistencia adecuada al momento de izarlos.

Para trazar los muros será necesario que las juntas constructivas estén rellenas, pero seguramente aun no habrá pasado el tiempo suficiente para sellarlas con el epóxico, por lo que se deberán llenar con alguna pasta similar como puede ser Redimix, esta es una pasta similar al epóxico solo que su uso específico es en tablaroca para detallar esta, pero que al final llena las juntas que será el objetivo deseado en esos momentos, posteriormente al levantar los paneles se limpiarán las juntas para colocar el relleno adecuado.

El trazado de los paneles deberá ser apoyado por la brigada de topógrafos y el equipo de obra civil, estos deberán realizar los trazos necesarios sobre la losa de piso, con apoyo del tiralíneas herramienta utilizada para el trazo de líneas a base de un hilo que lleva impregnada pintura en polvo, que al ser jalada deja el trazo, hasta formar el perímetro del panel así como ventanas o puertas que estén marcadas en proyecto.

Antes de colocar la cimbra se deberá aplicar un desmoldante, producto líquido de apariencia transparente aplicado con aspersor, el objetivo de este producto es crear una delgada capa entre el suelo y el panel para que sea fácil de levantar el muro al momento del izaje y no dañar el muro y tratar de no dejar rastro en el suelo del muro que fue colocado en el sitio.

Una vez marcado el panel y colocado el desmoldante, se colocará la cimbra de madera realizada por los carpinteros de obra negra, que estará formada por tablas o triplay a lo largo, en el área donde solo se colará un panel solo será

necesario la cimbra dándole la altura o espesor necesaria que lleva el muro que será de 7" (17.18 cm).

Para mantener en pie la cimbra se deben colocar una serie de triángulos de plástico, que son adheridos al suelo por medio de un pegamento transparente y clavados o atornillados en la parte superior con la madera, también pueden ser realizados de madera en forma de una T invertida colocándoles la base que será la adherida al suelo y la contraparte clavada a la cimbra, la separación aproximada es de 35 a 45 cm aproximadamente entre cada uno.



**Figura 5.10.** Cimbra para muros de concreto.

El método tiene la particularidad de paneles similares, por lo que la forma de un panel es idéntica o muy similar a otro, esto nos dará la pauta a poder apilar muros, se ve también como una ventaja ya que no siempre y casi nunca se tiene el área suficiente para colar muros solos, por lo que se coloca una cimbra mas alta a base de tarimas armadas por triplay y barrotes.



Figura 5.11. Cimbra para apilar muros.

Antes de ser colocado el acero se colocarán las entrecalles, que servirán como detalle arquitectónico para apariencia estética de la nave de acuerdo al diseño de proyecto, mismas que son colocadas en todo el perímetro del panel así como en ventanas y puertas y dividiéndolo en secciones horizontales.

Teniendo toda la cimbra y entrecalles colocadas se puede procederá a colocar el acero de refuerzo

*c. Habilidadado de acero de refuerzo, insertos y placas.*

El habilitado de acero de refuerzo para los muros contempla llevar varios calibres como del No. 3 al 5 (3/8 " al 5/8"), los cuales tienen diferente ubicación a lo largo y ancho del muro, estos pueden ser ubicados en la parrilla, o lo pueden ser en las columnas ahogadas así como también las varillas que serán ubicadas en el perímetro del muro.

La parrilla se describe en el sentido en como quedará ubicado el muro verticalmente, el armado será de acero de refuerzo de del No. 4 (1/2") con una

separación de 20 cm entre cada varilla, esta va en sentido vertical, para el armado en sentido horizontal se realizará con varilla del No. 3 (3/8") con una separación de 15 cm entre cada varilla, al igual que los pisos esta sección de acero es formada con anterioridad para acelerar el proceso de armado, y que solo es transportada la malla de acero al lugar indicado cuando la cimbra esta colocada.

Todos los paneles deberán tener un refuerzo en la parte inferior del muro con 2 varillas del No. 5 (5/8") a una distancia suficiente para librar el recubrimiento necesario, en la parte superior tendrán otro refuerzo con el mismo tipo de acero, pero con el doble de cantidad, estas regidas por la ubicación de placas de acero.

Las columnas ahogadas estarán ubicadas a los costados de todos los muros formadas por 4 varillas del No. 4 (1/2"), colocadas 2 en la parte de enfrente y 2 más en la parte posterior, formadas con estribos de acero del No. 3 (3/8") y dimensiones de 10x15 cm, con una separación de 25 cm entre cada estribo.

Otro tipo de columnas ahogadas serán las requeridas en determinados puntos de la nave para recibir la carga de la estructura, ya que en esto puntos se fijarán las armaduras principales, las cuales serán armadas con 10 varillas del No. 6 (3/4"), colocando 5 en la parte de enfrente y 5 más en la parte posterior, formadas con estribos de acero del No. 3 (3/8") y dimensiones de 10x45 cm y una separación de 25 cm entre cada estribo.

A los costados de los docks existirán otro tipo de columnas, con un armado de 12 varillas del No. 6 (3/4"), colocadas 6 en la parte de enfrente y 6 más en la parte posterior, formada con estribos de acero del No. 3 (3/8") y dimensiones de 10x55 cm con una separación de 25 cm entre cada estribo.

También existirán refuerzos necesarios en la zona de los huecos, con huecos nos referimos a puertas, ventanas, puertas de emergencia, rampas, cortinas y extractores, en todos será de forma similar, rodeando el perímetro de la abertura con 2 piezas de varilla del No. 5 (5/8"), la longitud deberá prolongarse hasta la parte final del panel, en las esquinas se colocarán refuerzos de acero de las mismas características en forma diagonal con una longitud de 0.50 a 0.75 de metro.

Todo el acero que embebido en los muros será amarrado con alambre recocido.

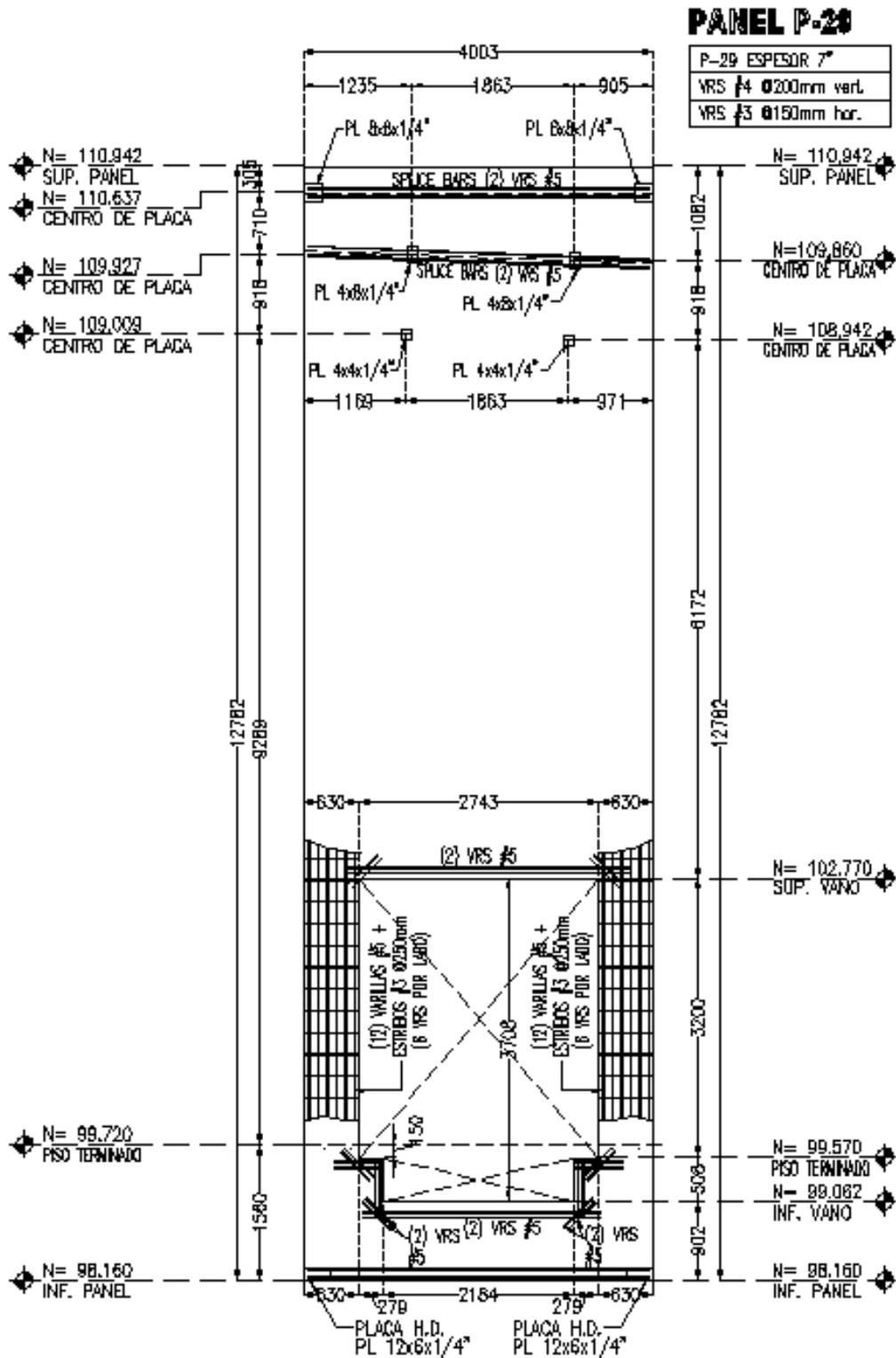


Figura 5.12. Esquema de armado de acero de un panel.

Al igual que en el firme de concreto de la nave, en los muros será necesario colocar silletas plásticas pero no del mismo tipo, en esta sección se deberán colocar silletas con una base diferente a las del piso, ya que en el piso se colocarán con una base redonda, más sin embargo para este tipo de trabajo es necesario que se coloquen silletas como la silleta H-4, ya que esta tiene solo 4 puntos de apoyo, la cual tiene una superficie mínima de contacto ideal para acabados aparentes como lo son estos paneles al momento del izaje de muros, la separación entre silleta es igual que en los pisos de 4 a 5 silletas por m<sup>2</sup>, estas cuentan con una gran estabilidad y tiene un eje el cual cuenta con dos puntos de soporte para el acero.



Figura 5.13. Armado de paneles con acero y silletas.

Una vez que se termina de colocar el acero de refuerzo se procederá a colocar los insertos en los paneles, estos servirán para izar y colocar a plomo los muros y son de 2 tipos:

Los brace anchor (llave de anclaje), también denominados arañas por la forma que presentan, tiene 4 patas de acero inoxidable y un cuerpo de acero y plástico, con un orificio al centro del cuerpo para recibir el tornillo de 1" de diámetro, la altura que presentan debe ser igual a el espesor del panel, la araña serán las que sujetarán al bracers, que servirán como un puntal para mantenerlo en pie, y que también tiene la función de plomear al muro al momento de izarlo que dejarlo en su posición final, deberán colocarse de 2 a 3 por muro dependiendo del ancho que presente el panel.



**Figura 5.14. Arañas o brace anchor.**

Otro inserto es lifting insert (inserto con cara hace la elevación) este inserto será colocado como su nombre lo indica del lado donde va a ser izado, en el interior

tiene un gancho protegido por una cubierta de plástico, que antes de ser izado se romperá para sujetarlo de este, con el gancho o perico, se colocarán por muro 8 piezas ubicados en dos filas de 4 a lo largo del muro.



Figura 5.15. Colocación de lifting insert.

En la parte de arriba deberán ser colocados dos más estos, estos serán para la ubicación final del panel al momento que es colocado casi verticalmente, se desprenden los 8 ganchos con el apoyo de una geny o plataforma articulada, y solo se amarran los de arriba para poder moverlo en total verticalidad.

Los orificios que dejan los insertos serán rellenados con algún epóxico una vez que se hayan retirado los bracers y haya sido colocada la estructura de la cubierta.

Otro elemento importante será la colocación y ubicación de placas de acero en los paneles, estas tendrán la función de recibir en la parte superior a la estructura, y la unión de los paneles en la parte inferior, así como la fijación de los muros con las zapatas corridas, la ubicación exacta deberá estar marcada en los planos correspondientes y es ubicada mediante niveles, mismos que tendrán que ser

respetados con exactitud, marcando la distancia de abajo hacia arriba al centro de la placa, como ya se mencionó cada placa embebida dentro de los muros tiene distinta función, deberán ser colocadas al ras del muro terminado para poder soldar con los elementos a sujetar, es por ello que las dimensiones de estas varían así como el espesor, lo que si es constante son los pernos o tornillos, para este caso se utilizarán tornillos con diámetro de 7/8 de pulgada en acero A-307 y con una longitud de 5 pulgadas.



Figura 5.16. Placa de acero para muro de concreto.



Figura 5.17. Armado final de un panel.

*d. Colado de muros prefabricados*

Dentro de este proceso constructivo es importante remarcar, que por tratarse de concreto prefabricado se deberá tener un acercamiento previo con alguna concretera antes de comenzar la obra, esto con la finalidad de establecer una relación directa con la empresas a través de una asesor de ventas, mismo con el cual se deberá tener una frecuente comunicación, ya que es el intermediario entre la constructora y la concretera, el deberá auxiliar con los pedidos y convenio de precios, así mismo se deberán comparar estos con la competencia en este ramo y a su vez ver cual es la que mejor que se adapta a las condiciones y necesidades de dicha edificación tanto en costos, calidad.

Cumpliendo lo anterior se optará por que la concretera encargada del suministro de concreto será Cruz Azul, ubicada en la calle Ingenieros militares colonia Alce blanco, junto al paradero del metro Cuatro caminos, la trayectoria que recorren los camiones será la siguiente:



Figura 5.18. Trayectoria de la planta a la obra.

Teniendo ya la empresa que se encargara del suministro del concreto, todo pedido deberá de realizarse con anticipación de uno a dos días antes de su ejecución del trabajo, al igual que solicitar la bomba que sea necesaria ya sea estacionario o de pluma, esto por cuestiones de la planta ya que distribuye a diversas obras y es importante que los tenga ya considerados en su lista de cada día.

Para solicitar el concreto deberá ser necesario saber que parte de la obra se va colar para que en función de esta se realice el pedido, una vez ubicada la zona a colar se debe tomar en cuenta, el volumen a colar, la resistencia del concreto, el tamaño máximo de agregado, revenimiento y especificar si lleva algún aditivo, aunado a esto se debe tener el número de cliente, horario en el cual se desea colar, y la dirección de la obra con alguna referencia para su fácil ubicación.

Para el colado de muros se utilizará una bomba tipo pluma ya que de esta forma se obtienen un flujo constante y uniforme que reduce tiempos en el colado y ahorro de mano de obra, el nombre es porque esta bomba tiene la cualidad de tener una serie de tubos unidos formando una tubería continua la cual esta montada sobre un camión, que tiene todo el equipo necesario para su bombeo, la

bomba es manejada mediante un control remoto moviendo la tubería para donde sea requerida sin mover el camión, es por eso la importancia de saber la longitud requerida, existen bombas pluma de 36, 40 y 42 metros de longitud en su tubería, toda bomba de concreto deberá de llegar a obra por lo menos una hora antes de ser vertido el concreto, esto con la finalidad de poder instalarla y realizar su preparación, la instalación varia si es estacionaria o de pluma, si se trata de una estacionaria se coloca la bomba para recibir la olla de concreto y se juntan los tubos hasta el lugar de colado, serán retirados conforme se avance el trabajo, por otro lado si es la de tipo pluma, el camión cuenta con una especie de patas las cuales son el apoyo que tendrá al estar bombeando, la preparación de las bombas consiste en hacer una revoltura de cemento, arena y suficiente agua el cual servirá como medio para evitar que se tape la tubería y el concreto fluya de forma adecuada durante el periodo que dure el bombeo.



Figura 5.19. Bomba tipo pluma en operación.

Se deberá tener en cuenta que para el vertido de concreto, desde el acceso a la obra hasta el punto de descarga deberá estar libre de obstáculo alguno para el libre transito de las ollas, una vez que la olla ha llegado a obra, es responsabilidad

del residente de obra revisar la nota que lleva el conductor de la unidad, en la cual se debe especificar el revenimiento, resistencia, edad, tamaño máximo de agregado, así como que la dirección sea la indicada.

Para el control de calidad del concreto, se deberán de realizar un par de pruebas: prueba de compresión, y la prueba de revenimiento del cono de Abrams al concreto fresco, este último debe ser realizado durante el vertido de concreto y el primero deberá ser realizado pasado un tiempo de 7, 14 y 28 días, esto con la finalidad de verificar que el concreto haya alcanzado la resistencia adecuada, ambas pruebas deberá efectuarlas el laboratorio de obra.

La prueba de revenimiento debe ser realizada al azar con las ollas, en ocasiones antes de ser vertido ya que si no cumple con el revenimiento requerido no se acepta que se tire este, pero esto no es muy recomendable aunque se llega a realizar, la persona encargada del laboratorio es la que indicará si pasa o no y la información se la dará al residente de obra que a su vez tomará la decisión final.

Dicha prueba de revenimiento muestra la trabajabilidad del concreto, esta no es mas que una medición de que tan fácil o no resulta colocar, manejar, manipular y compactar el concreto.

Para comenzar con la prueba se deberán tomar muestras aleatorias de las ollas llegadas a la obra como ya se mencionó, se recomienda que la muestra se tome en tres o mas intervalos (no antes de haber vertido el 15% ni después del 85% del total de la descarga), la muestra es representativa, y deberá ser sustanciosa para realizar todas y cada una de las pruebas.

Para efectuar la prueba se requerirá de un equipo como el siguiente: cono estándar para pruebas de revenimiento (10 cm de diámetro en la parte superior y 20cm de diámetro en la parte inferior, con una altura de 30cm), una varilla con punta redondeada (de una longitud de 60cm de largo y un diámetro de 16 mm), una regla, una llana o en su defecto se usaría la misma varilla, cucharón y por ultimo una placa de acero que es donde se efectuaría la prueba (con una dimensión de 50x50 cm aproximadamente).

Una vez que se cuenta con el equipo necesario se procede a efectuar la prueba, primeramente se deberá tener el material limpio, comenzando con el cono, se debe tener húmedo el cono con agua y colocado sobre la placa que de igual forma debe estar completamente limpia y sobre un área firme y nivelada, teniendo ya la muestra de concreto a la mano, el laboratorista deberá colocarse de pie junto al cono para evitar que este se mueva y se procede al vertido de concreto hasta lograr llenar 1/3 del volumen del cono, se realiza el varillado (con ayuda de la varilla se empuja esta dentro del concreto para compactarlo en toda el área posible esto se realiza en 25 ocasiones), el siguiente paso será llenar hasta 2/3 partes y realizar nuevamente el varillado justo hasta la parte superior de la primera capa, por último se llenará el cono de concreto hasta que derrame varillando nuevamente.

Ahora con ayuda de la llano o como en muchas ocasiones con la misma varilla se enrasa la parte superior del cono quitando el excedente y limpiando el cono y su alrededor, una vez que este limpia el área se procederá a levanta el cono en dirección recta y vertical tratando de no mover la muestra de concreto, ahora bien se coloca el cono al revés cerca del concreto y sobre el cono se coloca la varilla y con la regla se toman varias medidas de la varilla hacia la parte superior de la muestra, haciendo de estas un promedio, la cual debe estar dentro una tolerancia permitida, las cuales se reflejan en la siguiente tabla.

Tolerancias para revenimientos nominales	
Para un revenimiento especificado de:	Tolerancia
<b>2 pulgadas (50mm) y menos</b>	± 1/2 pulgada (15 mm)
<b>Mas de 2 pulgadas y hasta 4 pulgadas (50 a 100 mm)</b>	± 1 pulgada (25 mm)
<b>Mas de 4 pulgadas (100 mm)</b>	± 1 1/2 pulgada (40 mm)

Tabla 5.1. Tolerancias para revenimientos nominales.



**Figura 5.20. Cono de Abrams.**

El vertido del concreto se realizará mediante la bomba tipo pluma, esta recibe el concreto y es bombeado hasta hacerlo llegar al panel en cuestión, al utilizar esta bomba se permite que la tubería se mueva libremente en toda el área de los distintos paneles programados para un día, la bomba es controlada por operadores de la misma mediante un control remoto, el esparcimiento lo realiza personal de la obra con ayuda de rastrillos y palas procurando se llene toda el área del panel uniformemente enseguida de colocar el concreto se introduce el vibrador, el cual permite remover este para su mejor acomodo y expulsión de aire que pudiera quedar atrapado.

Una vez que se ha llenado toda la superficie de concreto se procede al darle el acabado, este consiste en enrasar aplanar y allanar la superficie de concreto, el acabado tiene dos etapas la inicial y la final.



Figura 5.21. Colado de paneles de concreto.

El acabado inicial consistirá en enrasar a nivel de la cimbra con ayuda de una regla de acero o aluminio, para que posteriormente se haga pasar por encima una llana de mango largo, terminado este proceso se espera el sangrado de concreto (este concepto se refiere al agua que aparece sobre el elemento recién colado y que es necesario que se seque) para aplicar el curacreto, pasado un tiempo y una vez que el concreto haya secado y endurecido lo suficiente como para soportar el peso de una persona se podrá comenzar el acabado final.

El acabado final es pulido, este será logrado por medio de llanas mecánicas (o también conocidas como helicópteros), con esta máquina se obtiene directamente el acabado deseado además de que es más rápido el trabajo y de mayor calidad que si se hiciera con una llana manualmente.

Este mismo procedimiento será realizado para todos y cada uno de los paneles, ya sea que sean colados solos o apilados, ahora solo quedará esperar a que pase el tiempo necesario (28 días idealmente) para que el concreto adquiera la resistencia necesaria, y así poder realizar el izaje de los paneles.

*e. Levantamiento, fijación y apuntalamiento de paneles.*

Esta etapa será una de las más importantes y tal vez de mayor relevancia, puesto que es un tanto impresionante la velocidad con que se puede cerrar un edificio de este tamaño tanto de área como de altura, ya que en cuestión de dos semanas aproximadamente se podrán ver levantados los muros en su totalidad.

Como parte del control de calidad del concreto en muros y el resto de la nave, se realizarán pruebas como es la de compresión que se detalla a continuación.

La prueba de compresión de cilindros de concreto consiste en evaluar la mejor resistencia posible que puede alcanzar el concreto en su estado endurecido, como según la marca los Requisitos del Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-5) del IMCYC, (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto) en el capítulo 5 con el nombre Calidad del concreto, mezclado y colocación.

Para dicho ensayo, en obra se deberá tener el equipo necesario para efectuar tales pruebas, dado que se realizarán en sitio, obteniendo los resultados inmediatamente si son necesarios como lo será para el izaje de muros.

Para tal prueba se requiere un equipo el cual consta de: cilindros de acero de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, un cucharón, una varilla con punta redondeada (de una longitud de 60 cm y un diámetro de 16mm), y de ser posible una placa de acero.

Para comenzar la prueba al igual que cualquier método será indispensable que el material este completamente limpio, una vez limpio se procederá a engrasar el molde cilíndrico por la parte interna del molde para facilitar el desprendimiento del mismo, el cual deberá ser colocado en un área firme y nivelada y sobre la placa de acero si se cuenta con ella de preferencia, también deberá ser ubicarlo en un lugar donde no obstruya el paso ya que este no se podrá mover hasta el momento en que sea desmoldado, con la muestra cercana se procede al llenado del cilindro hasta un 1/3 del volumen del cilindro varillando de la misma forma en como se realiza en la prueba de revenimiento, seguido de esto se procede a llenar hasta 2/3 partes del cilindro varillando como se ha hecho anteriormente, ya por último se rellena hasta la parte superior, se engrasa con ayuda de la misma

varilla, por último se recomienda cubrirlo con un plástico etiquetando el cilindro de manera que sea fácilmente identificable, pasando por lo menos 24 horas se removerá el molde y se dejará reposar hasta la fecha de la prueba de compresión ya sean 7, 14 y 28 días que son los días más comunes en que se realizarán las pruebas.

Para efectuar la prueba se deberán limpiar las superficies de las caras de las placas por las cuales será comprimido el cilindro, al igual que las caras del espécimen de prueba, ya limpias todas las caras se colocará el cilindro en la placa inferior de la maquina tratando de que quede lo más centrado posible, posteriormente se baja con sumo cuidado la placa superior hasta hacer un contacto suave y uniforme con la cara superior del espécimen.

Se deberá verificar que la aguja del marcador y/o el marcador este en cero para poder empezar a efectuar la carga, la aplicación de la carga deberá realizarse en forma continua y con precaución, hasta que el espécimen presente la ruptura, ahí será donde se detendrá la carga, y se leerá la carga soportada.

El resultado de la prueba deberá ser realizado por el laboratorio, el cual deberá entregar como reporte final de la pruebas, este reporte deberá que contener la siguiente información: clave de identificación del cilindro, edad nominal, diámetro y altura aproximados de cilindro, el área transversal con aproximación al décimo, peso del espécimen, el resultado de la prueba a compresión aproximada, alguna observación que haga el laboratorista sobre el cilindro y por último la descripción de la falla de ruptura.

Para la elaboración del programa de obra deberán considerarse los factores que pueden retrasar la obra, como puede ser el clima, ya que como se tienen contemplada el inicio de la construcción en el mes de septiembre mismo que según datos meteorológicos tiene una gran tendencia a que se presenten lluvias así como el mes siguiente, otro factor a consideras son los días no hábiles para laborar, días por retrasos de materiales, entre otros.

En dado caso que se pudieran presentar retrasos, se podrá pensar en algunas soluciones para ganar tiempo, y puesto que el principal elemento de la nave son los muros, se piensa en la posibilidad de levantarlos antes de la fecha indicada, por lo cual se recurrirá al laboratorio de campo pidiendo que las pruebas de compresión de cilindros se efectuaran a los 7, 10 y 14 días, y para ganar tiempo otra alternativa seria colar muros con un acelerante para que pronto adquiriera la resistencia necesario para el izaje.

La siguiente tabla muestra los resultados de estas pruebas.

Pruebas de compresión de cilindros de concreto para muros prefabricados					
	Fecha de colado	Resistencia adquirida (kg/cm2)			
Días transcurridos		0	7	10	14
No de ensaye			85	86	87
Paneles 41,57,60,63,66,34	16/10/2010	0	169.76	178.82	217.3
No de ensaye			89	90	91
Paneles 38,33,,32,32,31,28,27,26,23,22,21	18/10/2010	0	156.36	181.08	203.72
No de ensaye			93	94	95
Paneles 40,43,48,50,52,56	19/10/2010	0	164.11	175.42	215.04
No de ensaye			97	98	99
Paneles 59,62,65,69,72,75	19/10/2010	0	164.11	192.4	204.38
No de ensaye			101	102	
Paneles 24,35,44,49,54,55	22/10/2010	0	175.42	183.35	
No de ensaye			105	106	107
Paneles 58,61,64,68,71,74	22/10/2010	0	169.76	179.81	210.5
No de ensaye			109	110	111
Paneles 30,78,81,82,20,16,13,08,29,35	23/10/2010	0	174.29	185.61	209.96
No de ensaye			113	114	115
Paneles 19,25,67,89,73	25/10/2010	0	170.9	184.48	211.075
No de ensaye			117	118	119
Paneles 77,80,83,90,93	25/10/2010	0	168.63	182.04	212.775
No de ensaye			121	122	123
Paneles 70,94,91,88,12,84,79,17	26/10/2010	0	169.76	203.72	212.2
No de ensaye			125	126	
Paneles 6,5,4,3,2	27/10/2010	0	175.42	198.06	
No de ensaye			129	130	
Paneles 95,87,85,14	27/10/2010	0	175.42	196.93	

Tabla 5.2. Resultado de pruebas de compresión de cilindros.

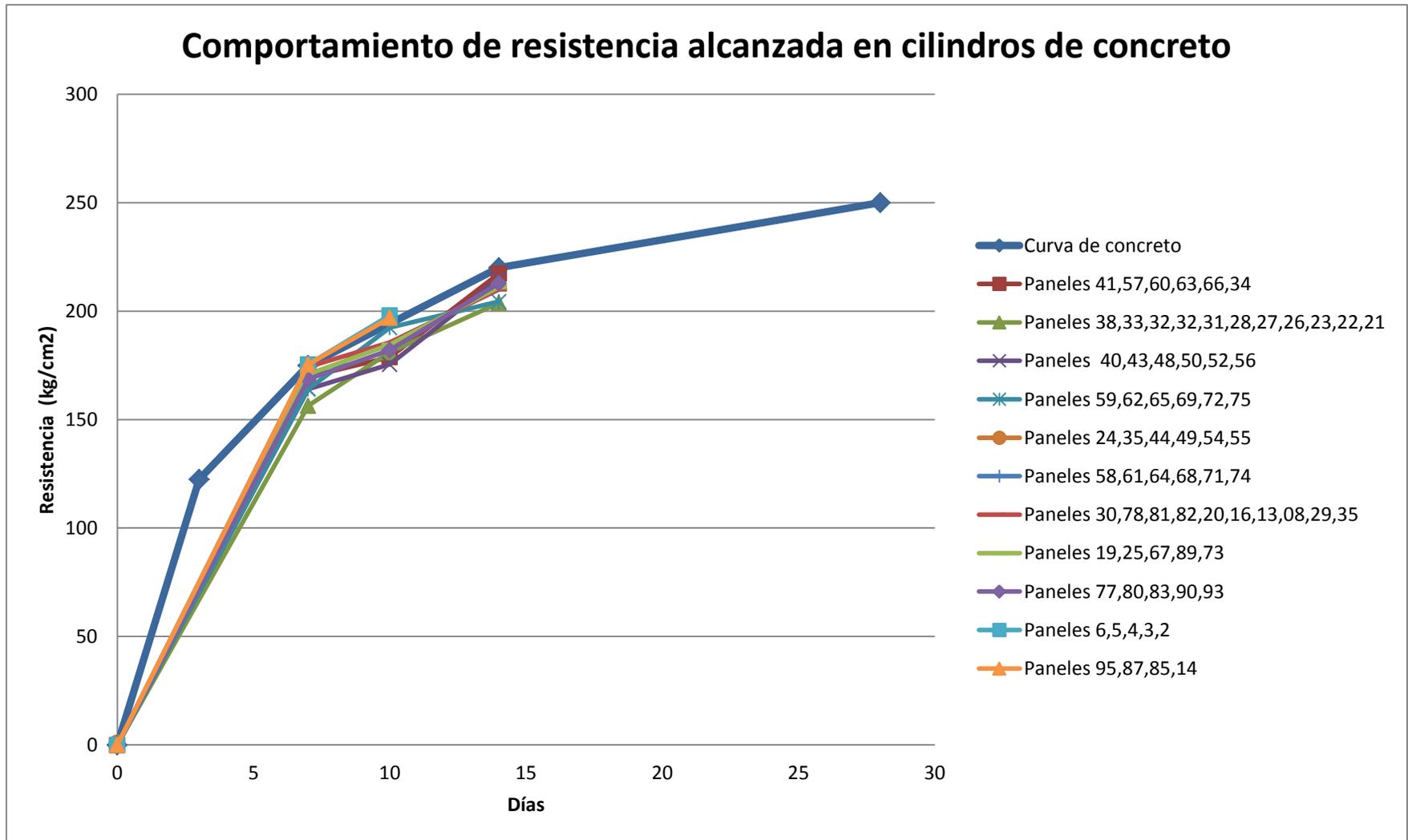


Figura 5.22. Grafica del comportamiento de la resistencia de concretos.

Con los datos proporcionados por el laboratorio e interpretados con la gráfica anterior se tomará el riesgo de comenzar a izar los muros de la nave pertenecientes al denominado cuerpo 1.

Un aspecto importante antes del izaje es saber dónde se va a apoyar los bracers, puesto que no se coló el 100% de firme de concreto, por lo que será necesario la fabricación de unos muertos de concreto (estructura realizada por debajo de la tierra hecha de concreto y un esparrago o varilla roscada sumergida dentro del concreto), la cual servirá como ancla al suelo e impedir que pudiera voltearse el muro o simplemente moverse.

Es así como se procederá a la elevación de muros pero antes de elevarlos, se tendrá que haber considerado la llegada de la grúa, misma llegará desarmada para ser armada por otra grúa en el sitio, tal evento durará alrededor de 2 día, ahora bien se tendrán que descubrir los insertos que servirán como anclas para la elevación de los muros, estos serán descubiertos justo antes de que sea enganchado el muro a las cadenas y estas al balancín que sujeta la enorme grúa, así mismo los bracers serán atornillados antes de ser elevados los muros ya que estos servirán para sostener los muros atornillándolos al suelo ya sea al firme de concreto o a los muertos realizados para esta finalidad.



**Figura 5.23. Bracers fijados a los paneles.**

Ya con los bracers sujetos a los muros y enganchados todos los insertos se comenzará a levantar el primer muro hasta lograr colocarlo en total verticalidad, es aquí donde personal de la obra sujeta y atornilla temporalmente los bracers para que sean desenganchadas la cadenas de los insertos y sean colocados en la parte superior del muro, para así ubicarlo en su posición final, este trabajo deberá ser realizado con la ayuda de una plataforma articulada.

Enganchadas las cadenas en la parte superior del muro se moverá hasta su posición final, con la ayuda del equipo de topógrafos que indicará la posición final del muro, para que sea soldado en la parte inferior y apuntalado con los bracers y evitar movimiento alguno del muro.



Figura 5.24. Elevación de un muro.

De esta forma se hará todo el levantamiento de los muros, que en condiciones óptimas de trabajo y sin ningún contratiempo se llegan a levantar hasta 15 muros promedio por día de estas características y dimensiones,



Figura 5.25. Conjunto de muros izados y colocados.

## VI. CONCLUSIONES.

---

Al iniciar este trabajo escrito de elementos prefabricados, se tomó un proyecto del cual no se conocía mucho sobre el mismo, esta fue una de las principales características por el interés a desarrollarlo, transcurrida la investigación surgen más inquietudes por desarrollarlo ya que interviene una gran cantidad de componentes para llevar a cabo una nave industrial, de todos ámbitos; económicos, materiales, de tiempo y planeación, entre otros.

Una vez que se desarrolla el tema y se le da término, es de suma importancia la parte de las conclusiones ya que de esta forma se finaliza remarcando los aspectos más relevantes, los que son presentados a continuación.

- Debido a que en la actualidad se requiere la implementación de nuevos sistemas constructivos que cubran ciertas expectativas, como lo son construcciones de mayor calidad en menor tiempo y costo, el proceso constructivo de muros prefabricados de concreto, es un excelente método de construcción ya que cubre estos requisitos satisfactoriamente.
- Económicamente hablando, el proceso de construcción a base de muros prefabricados en comparación con otro método de fabricación como lo es el de muros de block, es un costo más bajo.
- En cuanto al tiempo de realización de una obra con muros prefabricados es menor el tiempo empleado con este método, lo cual ayuda a una pronta disposición del inmueble para los fines deseados.
- El control de calidad de obra, es alto ya que se controlan los materiales de los que se realiza la nave industrial, cosa difícil de hacerlo con los muros convencionales.
- Para que exista una nave industrial funcional en esta época es necesario conocer las necesidades básicas que requiere la actual industria, así como una distribución adecuada del área disponible.
- Siempre que se tenga que realizar una construcción de cualquier índole será necesario que se incluya la determinación de sus costos, el entorno en el cual se desarrolla el proyecto, para realizar todos los estudios que sean

necesarios para evitar al máximo posible adecuaciones que se tengan que hacer cuando no se tiene el nivel de estudios previos suficientes y que seguramente incrementarán su costo, no nada más en su construcción sino que incidirá hasta su operación así como su mantenimiento. .

- La finalidad de este trabajo de investigación es mostrar un método alternativo de construcción para edificios como naves industriales.

## LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

---

Figura 2.1 Localización municipal.

Figura 2.2. Localización de nave industrial en un plano de barrio.

Figura 2.3. Zona industrial.

Figura 2.4. Arreglo Wenner.

Figura 2.5. Ubicación de calicatas sobre el terreno.

Figura 2.6. Estudio geoelectrico.

Figura 2.7. Exploración geotécnica.

Figura 2.8. Disposición para la toma de muestras y ejecución del ensayo normal de penetración.

Figura 2.9. Corte esquemático del tomamuestras partido normal

Figura 2.10. Resultado de Sondeo de penetración estándar (SPT).

Figura 2.11. Pozo a cielo abierto PCA-1.

Figura 2.12. Pozo a cielo abierto PCA-2.

Figura 2.13. Pozo a cielo abierto PCA-3.

Figura 2.14. Pozo a cielo abierto PCA-4.

Figura 3.1. Predio considerado para la construcción de la nave.

Figura 3.2. Distribución porcentual del predio.

Figura 3.3. Vista del patio de maniobras.

Figura 3.4. Marco de acceso principal

Figura 3.5. Rampas de concreto.

Figura 3.6. Estacionamiento a un costado de la fachada.

Figura 3.7. Localización de zapatas aisladas.

Figura 3.8. Corte de zapatas corridas.

Figura 3.9. Corte de zapata aislada.

Figura 3.10. Armado de zapata aislada

Figura 3.11. Colado de zapata aislada.

Figura 3.12. Columnas HSS en obra.

Figura 3.13. Estructura de mezzanine.

Figura 3.14. Montaje de armadura principal.

Figura 3.15. Colocación de joist.

Figura 3.16. Lamina KR- 18.

Figura 3.17. Forma de engargolamiento.

Figura 3.18. Entrada de luz natural a través de la cubierta.

Figura 3.19. Canalones y bajadas pegadas a los muros.

Figura 3.20. Tanque de agua.

Figura 3.21. Instalación de docks levelers.

Figura 3.22. Cortinas.

Figura 3.23. Sellos.

Figura 3.24. Rampas de concreto, que comunican el patio con la plataforma directamente.

Figura 3.25. Acabados en oficinas.

Figura 4.1. Construcción de nave industrial con muros prefabricados de concreto.

Figura 4.2. Construcción de nave industrial con muros convencionales de block.

Figura 4.3. Nave industrial en construcción.

Figura 4.4. Nave Industrial terminada.

Figura 4.5. Cimentación robusta para nave convencional.

Figura 4.6. Cimentación de muros prefabricados.

Figura 4.7. Fabricación de muros convencionales.

Figura 4.8. Elaboración de muros prefabricados.

Figura 4.9. Nave de block.

Figura 4.10. Nave de muros prefabricados.

Figura 4.11. Interior de nave con columnas perimetrales.

Figura 4.12. Interior de nave sin columnas perimetrales.

Figura 4.13. Realizado de concreto en obra.

Figura 4.14. Concreto de planta.

- Figura 5.1. Formación de la plataforma.
- Figura 5.2. Compactación de la plataforma.
- Figura 5.3. Ubicación de la nave respecto a los bancos de materiales.
- Figura 5.4. Cimbra metálica.
- Figura 5.5. Armado de firme listo para ser colado.
- Figura 5.6. Máquina laser.
- Figura 5.7. Máquina laser en operación.
- Figura 5.8. Llana mecánica doble.
- Figura 5.9. Colado de la losa de patio de maniobras.
- Figura 5.10. Cimbra para muros de concreto.
- Figura 5.11. Cimbra para apilar muros.
- Figura 5.12. Esquema de armado de acero de un panel.
- Figura 5.13. Armado de paneles con acero y silletas.
- Figura 5.14. Arañas o brace anchor.
- Figura 5.15. Colocación de lifting insert.
- Figura 5.16. Placa de acero para muro de concreto.
- Figura 5.17. Armado final de un panel.
- Figura 5.18, Trayectoria de la planta a la obra.
- Figura 5.19. Bomba tipo pluma en operación.
- Figura 5.20. Cono de Abrams.
- Figura 5.21. Colado de paneles de concreto
- Figura 5.22. Grafica del comportamiento de la resistencia de concretos.
- Figura 5.23. Bracers fijados a los paneles.
- Figura 5.24. Elevación de un muro.
- Figura 5.25. Conjunto de muros izados y colocados.
- Tabla 2.1. Elevaciones más importantes de Naucalpan.
- Tabla 3.1. Dimensiones de zapatas aisladas.
- Tabla 4.1. Análisis de muros prefabricados.

Tabla 4.2. Análisis de muros convencionales.

Tabla 4.3.1 Programa de obra con muros prefabricados de concreto.

Tabla 4.3.2 Programa de obra con muros prefabricados de concreto.

Tabla 4.3.3 Programa de obra con muros prefabricados de concreto.

Tabla 4.4.1 Programa de obra con muros convencionales de block.

Tabla 4.4.2 Programa de obra con muros convencionales de block.

Tabla 4.4.3 Programa de obra con muros convencionales de block.

Tabla 4.4.4 Programa de obra con muros convencionales de block.

Tabla 5.1. Tolerancias para revenimientos nominales.

Tabla 5.2. Resultado de pruebas de compresión de cilindros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gabriel Baca Urbina, *Evolución de Proyectos Análisis y administración de riesgos*, México, Mc Graw Hill, 1990.
- Pedro Jiménez Montoya, Álvaro García Meseguer, Francisco Morán Cabre, Hormigón Armado, Barcelona, Editorial Gustavo Gil, S.A., 2002.
- Eulalio Juárez Badillo, Alfonso Rico Rodríguez, *Mecánica de suelos Tomo 1, Fundamentos de la mecánica de suelos*, México, Limusa Noriega Editores, 1989.
- Virgilio A. Ghio Castillo, *Guía para la innovación tecnológica de la construcción*, Ediciones Universidad católica de Chile, Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería, 1997.
- Paul R. Wolf, Charles D. Ghilani, *Topografía*, México, Editorial Alfaomega, 2008.
- Jack McCormac, *Topografía*, México, Editorial Limusa Wiley, 2006.
- Héctor Ceballos Lascurain, *La prefabricación y vivienda en México*, México, Universidad Nacional Autónoma de México Centro de Investigaciones Arquitectónicas, 1973.
- Robert Von Halász, Gunter Tantow, *La construcción con grandes elementos prefabricados*, Bilbao España, Ediciones URMO, S.A., 1981.
- Manuel Delgado Vargas, *Ingeniería de fundaciones Fundamentos e introducción al análisis geotécnico*, Bogotá Colombia, Editorial Escuela Colombiana de ingeniería, 2005.
- Eliseo Gómez-Senet Martínez, Domingo Gómez-Senet Martínez, Pablo Aragonés Beltrán, Miguel Ángel Sánchez Romers, Domingo López Gómez-Senet, *Cuaderno de ingeniería de proyectos y diseño básico (anteproyecto) de plantas industriales*, Departamento de Ingeniería de la Construcción, Universidad Politécnica de Valencia.
- José María Ledo, *Construcciones de locales industriales*, España, Ediciones CEAC, 1990.
- Sriramulu Vinnakota, *Estructuras de acero: comportamiento y LRFD*, Editorial Mc Graw Hill, 2006.

- José Monfort Leonart, *Estructuras metálicas para edificación según Eurocódigos 3*, Tomo 1, Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Estudios realizados por AB ARKAVI, S.A. DE C.V.
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Naucalpan de Juárez 2006-2009.
- *Reglamento de construcciones para el Distrito Federal*, publicado en el diario oficial en 1993.
- Secretaria de comunicación y transporte, *CMT. Características de los materiales, acero de refuerzo para concreto hidráulico*, 2004
- Folleto de la serie problemas, causa y soluciones, *Pruebas de resistencia a la compresión del concreto*, Editado por IMCYC (Instituto mexicano del cemento y del concreto), 2006.
- Folleto de la serie problemas, causa y soluciones, *Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto - Método de prueba*, Editado por IMCYC (Instituto mexicano del cemento y del concreto), 2008.
- Folleto de la serie problemas, causa y soluciones, *Especificaciones estándar para el concreto premezclado*, Editado por IMCYC (Instituto mexicano del cemento y del concreto), 2008.
- Folleto de la serie conceptos básicos del concreto, *Pruebas de concreto*, Editado por IMCYC (Instituto mexicano del cemento y del concreto), 2004.