



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

“PROYECTO Y CONSTRUCCION DE LA TORRE ALTA EN SANTA FE,  
DISTRITO FEDEREAL.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O   C I V I L

PRESENTA:

CHRISTIAN ROBERTO MORALES MALAGÓN.

DIRECTOR DE TESIS:

ING. CARLOS MANUEL CÁVARRI MALDONADO.



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2008



## "Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal"



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/111/07

Señor  
CHRISTIAN ROBERTO MORALES MALAGÓN  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING. CARLOS MANUEL CHÁVARRI MALDONADO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

### "PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE ALTA EN SANTA FE, DISTRITO FEDERAL"

- INTRODUCCIÓN
- I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
- II. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN
- III. CONCLUSIONES

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

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

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 3 de Octubre 2007.  
EL DIRECTOR

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA  
GGZ/RSU\*crc





“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



## **Agradecimientos.**

A Dios por darme la vida y colocarme en donde estoy.

A la U.N.A.M. por brindarme mi educación profesional.

Al Ing. Carlos Manuel Chávarri Maldonado, por brindarme su amistad.

## **Dedicatoria.**

Este trabajo es para mis padres y hermanos porque todo lo que soy es gracias a ellos, a su amor, cariño y al cuidado que siempre me brindaron. Espero nunca defraudarlos. Recuerden que los amo y que siempre que me necesiten ahí estaré.



## Índice

### I Introducción 7

### II Descripción del proyecto 9

#### II.1. Proyecto Arquitectónico 9

II.1.1. Generalidades 9

II.1.2. Del Proyecto Arquitectónico 12

#### II.2. Estudio de Mecánica de Suelos 23

II.2.1. Antecedentes 23

II.2.2. Introducción 24

II.2.3. Condiciones geotécnicas del sitio 26

II.2.3.1. Información geotécnica disponible 26

II.2.3.2. Trabajos de campo 27

II.2.4. Análisis geotécnico 34

II.2.4.1. Datos generales 34

II.2.4.2. Solución de cimentación 34

II.2.4.3. Análisis de estabilidad 34

II.2.4.4. Análisis de asentamientos 36

II.2.4.5. Estabilidad de taludes 38

II.2.4.6. Recomendaciones para diseño 41

#### II.3. Proyecto Estructural 42

II.3.1. Alcance 42

II.3.2. Descripción de la estructura 42

II.3.3. Reglamento y normas de diseño 42

II.3.4. Estructuración 43

II.3.5. Cimentación 43

II.3.6. Materiales 44

II.3.6.1. Concreto 44

II.3.6.2. Acero de refuerzo 44

II.3.6.3. Acero de preesfuerzo 44

II.3.7. Cargas 45

II.3.7.1. Cargas muertas 45

II.3.7.2. Cargas vivas 46

II.3.7.3. Cargas accidentales 47

II.3.8. Análisis estructural 49

II.3.9. Combinaciones de cargas 49



## **II.4. Proyecto hidráulico, sanitario y de gas 52**

### **II.4.1. Normas y reglamentos 52**

### **II.4.2. Red de alimentación del sistema 52**

- II.4.2.1. Red de alimentación de agua potable 52
- II.4.2.2. Sistema de protección contra incendio 53
- II.4.2.3. Drenaje sanitario 53
- II.4.2.4. Drenaje pluvial 53

### **II.4.3. Alimentaciones 55**

- II.4.3.1. Calculo de consumos 55
- II.4.3.2. Toma de agua potable 55
- II.4.3.3. Volumen de almacenamiento de agua potable 56
- II.4.3.4. Redes de alimentación de agua potable 57

### **II.4.4. Equipos de bombeo 58**

- II.4.4.1. Equipo de bombeo torre 1 58
- II.4.4.2. Equipo de bombeo torre 2 59
- II.4.4.3. Equipos Hidroneumáticos en azotea 61

### **II.4.5. Sistema de drenaje 62**

- II.4.5.1. Drenaje sanitario 62
- II.4.5.2. Drenaje pluvial 63

### **II.4.6. Sistema de protección contra incendio 65**

- II.4.6.1. Descripción del Sistema 65
- II.4.6.2. Selección del equipo de bombeo 65

### **II.4.7. Red de riego 67**

- II.4.7.1. Calculo de consumos 67
- II.4.7.2. Línea de llenado a la cisterna 68
- II.4.7.3. Volumen de almacenamiento de agua 68

### **II.4.8. Redes de distribución 69**

### **II.4.9. Equipo de bombeo 69**



"Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal"



### **III Procedimientos de Construcción 76**

III.1. Cimentación 76

III.2. Estructura 78

III.3. Acabados 81

III.3.1. Acabados del departamento tipo 81

III.3.2. Acabados exteriores de conjunto 87

III.4. Memoria Fotográfica 89

### **Conclusiones 102**



## I Introducción

Santa Fe, una zona paradigmática en el desarrollo actual de la Ciudad de México responde a un amplio abanico de factores que pueden ser comprendidos dentro de un análisis internacional y nacional. En este sentido esta zona, producto del reciclaje de espacios anteriormente destinados a minas de arena y tiraderos de basura, comparte características con otros desarrollos a nivel internacional que también han partido del cambio de uso y reutilización de terrenos previamente dedicados a otras actividades para destinarlos a grandes proyectos de planificación urbana a gran escala que generalmente son ocupados por las grandes firmas y capitales del mundo globalizado de la actualidad, como ha sucedido en el caso de Canary Wharf en Londres en que se reciclaron los antiguos muelles abandonados del este de Londres para dedicarlos a la construcción de un gran complejo de oficinas corporativas y servicios que convirtió una de las zonas más pobres de Londres en uno de las que posee mayor plusvalía. Otro ejemplo es La Defense, al poniente de París, que como parte de un gran proyecto urbanístico para conmemorar el bicentenario de la Revolución Francesa incluyendo también amplios espacios destinados a la construcción de altas densidades de oficinas y vivienda.

Ambos desarrollos comparten con Santa Fe, de manera adicional otra motivación, la de aprovechar grandes espacios fuera de las zonas centrales de la ciudad que permitieran una planificación integral desde el origen del proyecto y de esa manera evitar la saturación urbana y de servicios que caracteriza generalmente las zonas más céntricas y antiguas de la ciudad, así como las limitaciones que tienen en cuanto a imagen urbana y alturas permitidas.

Desde el establecimiento de la Zona Especial de Desarrollo Controlado de Santa Fe (ZEDEC Santa Fe) a finales de los años ochentas, la zona ha experimentado un importante crecimiento que la ha consolidado como el área con mayor número de edificios nuevos y en construcción de nuestro país. Crecimiento que se ha visto favorecido por la presencia de importantes equipamientos comerciales y educativos, que sumados a la presencia de edificios de corporaciones internacionales resultan en un gran atractivo para el desarrollo de grandes proyectos de vivienda de alto nivel.

Desde la creación de la ZEDEC, los precios por metro cuadrado en Santa Fe han tenido un extraordinario repunte que ha motivado a su vez una gran presión sobre las áreas boscosas que la circundan y falta de servicios básicos ante la especulación inmobiliaria.



“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



La mayoría de los proyectos de vivienda que se realizan en la zona cuentan con un gran número de amenidades y espacios complementarios a la vivienda que representan uno de los mayores atractivos en el mercadeo de los mismos.

En este contexto se desarrolla el complejo Torre Alta, mismo que responde a la gran demanda de espacios residenciales en la zona, con un público que exige altos estándares de calidad y servicio, en un proyecto que por su escala requiere el trabajo coordinado de varias empresas que prestan servicios especializados en el desarrollo de la obra.



## II Descripción de proyecto

### II.1 Proyecto Arquitectónico

#### II.1.1. Generalidades.

A continuación se describirán las condiciones del proyecto para el edificio de 34 Departamentos, denominado Torre Alta que forma parte del desarrollo Bosques de Santa Fe, ubicado al poniente de la Ciudad de México, en la Delegación Cuajimalpa.

El terreno donde se asienta el proyecto mencionado cuenta con una superficie total de Terreno de 12000m<sup>2</sup>. y según el plan parcial para la delegación de Cuajimalpa, expedido por la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda del D.F., cuenta con autorización para vivienda plurifamiliar en una superficie máxima de 40,000m<sup>2</sup>.

Se trata de un desarrollo inmobiliario para departamentos. Completo el proyecto suma 32,423.96m<sup>2</sup>. De los cuales 21,080m<sup>2</sup>. corresponden a departamentos, 7,669.65m<sup>2</sup>. a estacionamientos y 3,674.31m<sup>2</sup>. a las áreas comunes.

Así mismo, el predio se localiza según el citado certificado en zonificación HO 25/40/500 (habitacional, 25 niveles máximos de construcción, 40% mínimo de área libre y 500m<sup>2</sup>. mínimo por vivienda), por lo que el proyecto cumple en todos los puntos de acuerdo al siguiente análisis:

- **Altura máxima permitida: 22 niveles:** el proyecto arquitectónico contempla dos torres de departamentos idénticas de 22 niveles totales, las cuales son a su vez formadas cada una por dos volúmenes prismáticos.

La altura máxima del proyecto es de 93.60m. ( del nivel N-14.60m. al nivel 79.00m.). Las torres sobresalen de un basamento común equivalente a 4 niveles que son utilizados como estacionamiento, bodegas y servicios comunes (del nivel N-14.60m. al nivel N-0.80m.). A partir del nivel N+0.00m. existen diecisiete niveles de departamentos con altura de 4.20m. de piso a piso. En el nivel N+70.60m. se encuentra el área recreativa del proyecto conformada por un gimnasio-spa y una terraza. (Figura I.1).





# “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”

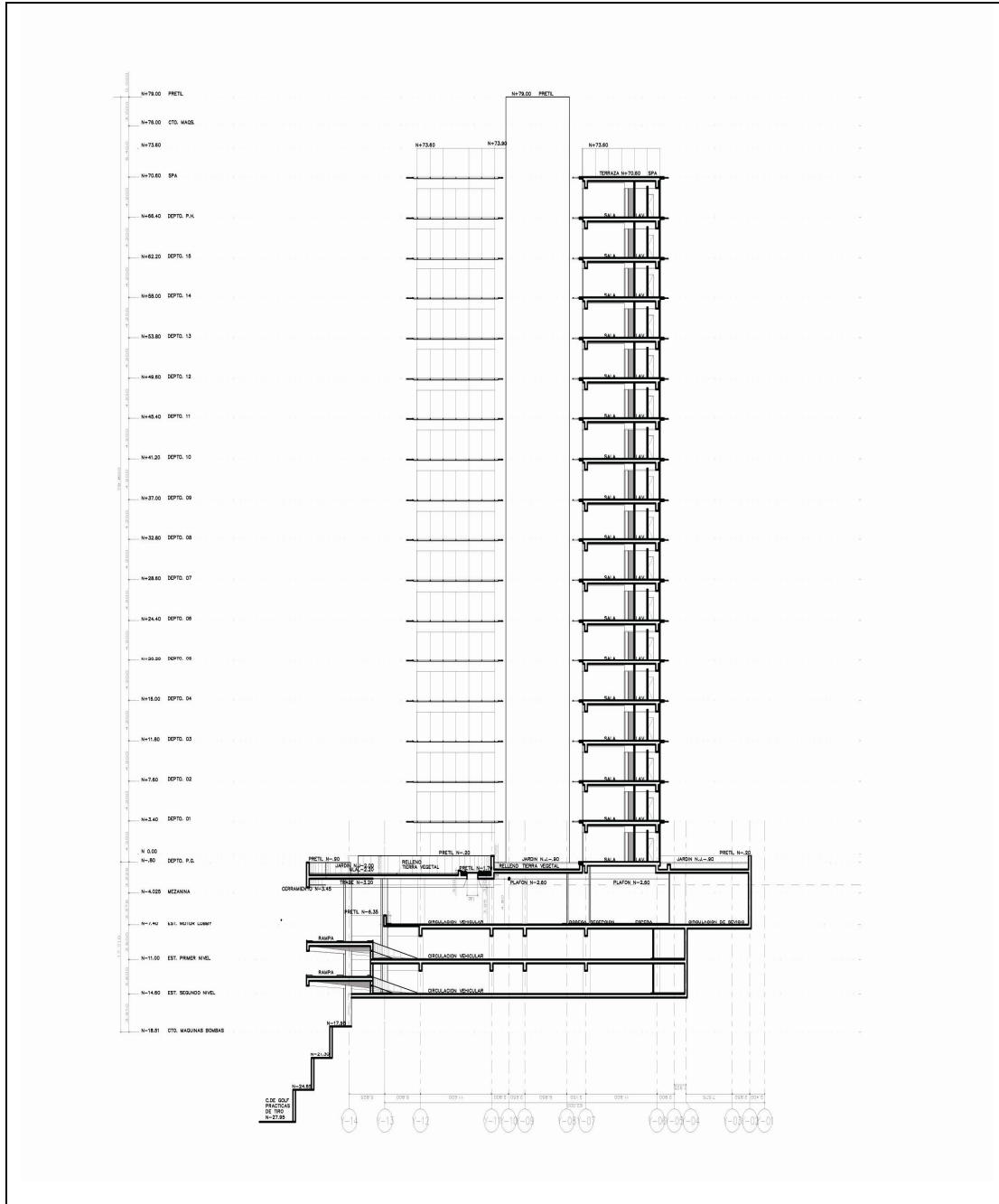


Figura I.1



- **Área libre 40% del área total de terreno:** si tomamos en cuenta que el área total del predio es de 12000m<sup>2</sup>. obtenemos un total de 4800m<sup>2</sup>. requeridos como área libre y el proyecto tal como se encuentra brinda un total de 3674.31m<sup>2</sup>, es decir, el 30.61% del área total del terreno. (Figura 1.2).

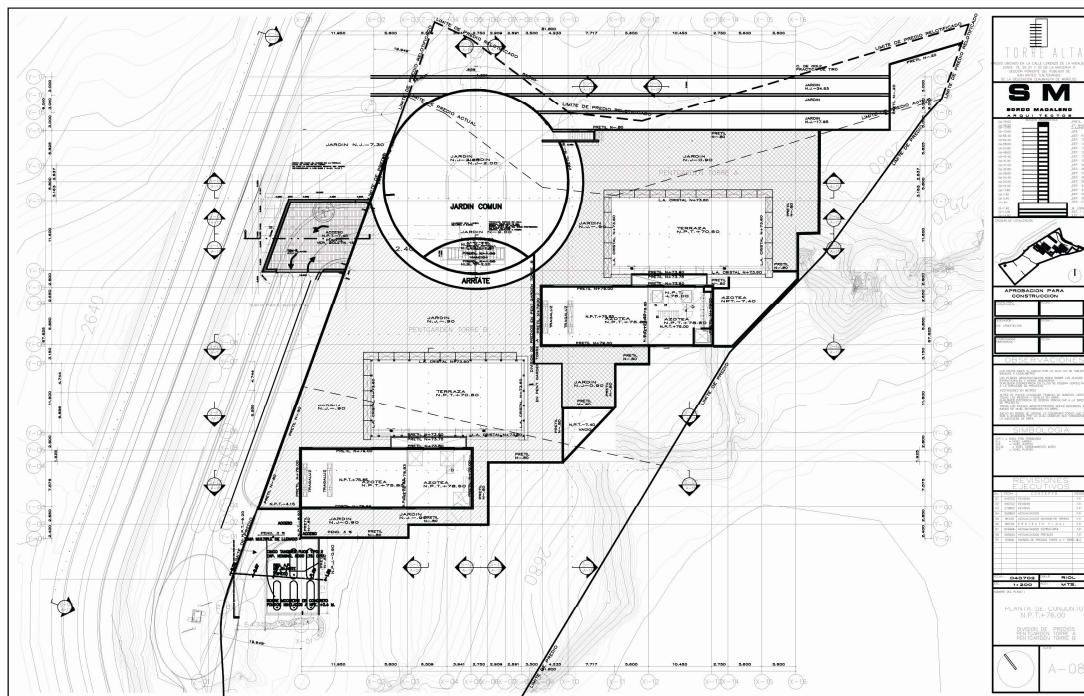


Figura 1.2

- **Área mínima de construcción por vivienda de 500m<sup>2</sup>:** los 32,423.96m<sup>2</sup> construibles permitidos se utilizaron de la siguiente forma:
  - 1.-Area total de construcción permitida: 32,423.96m<sup>2</sup>.
  - 2.-Numero de viviendas permitidas:  $32,423.96\text{m}^2 / 500\text{m}^2 = 64.84$
  - 3.- El proyecto brinda 34 viviendas, lo que queda por debajo de lo permitido.



### II.1.2. Del proyecto arquitectónico

A continuación se analizará el proyecto de acuerdo con lo establecido por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en su apartado Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico y transitorios aplicables:

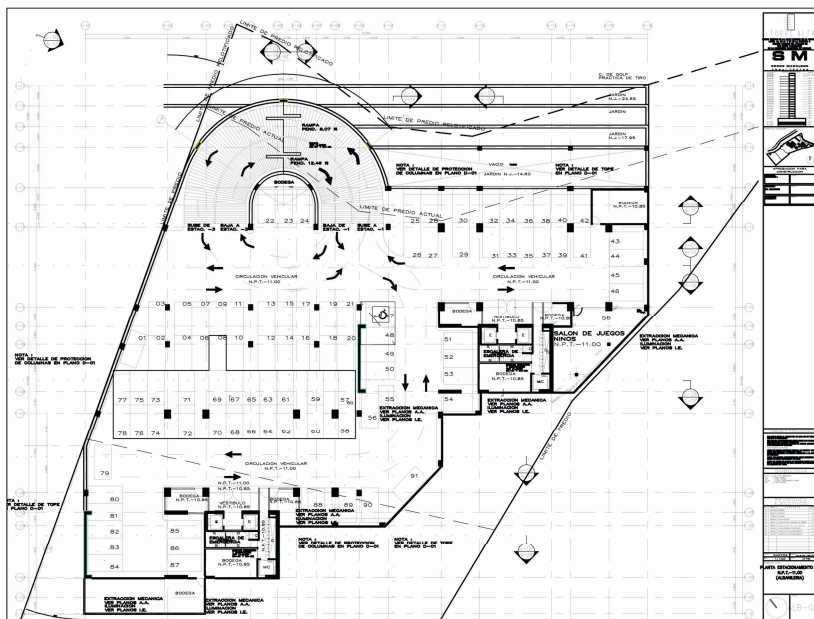
- Con respecto al análisis del capítulo 1.2. Estacionamientos, artículo 1.2.1. Cajones de estacionamientos del reglamento de Construcciones del Distrito Federal, el número de cajones de estacionamiento que demanda el conjunto es el siguiente:

El número de viviendas del conjunto es de 34 que al ser multiplicadas por 3.5 cajones por vivienda, obtenemos una demanda total de 119 cajones. Agregando el 20% de demanda adicional para visitas nos arroja la cantidad  $142.8=143$  cajones, los cuales quedan cubiertos por el número que brinda el proyecto, el cual es de 240 cajones de estacionamiento. Estos 240 cajones quedan distribuidos de la siguiente forma: 8 son para minusválidos y el resto son cajones grandes 2.40m.x5.00m.

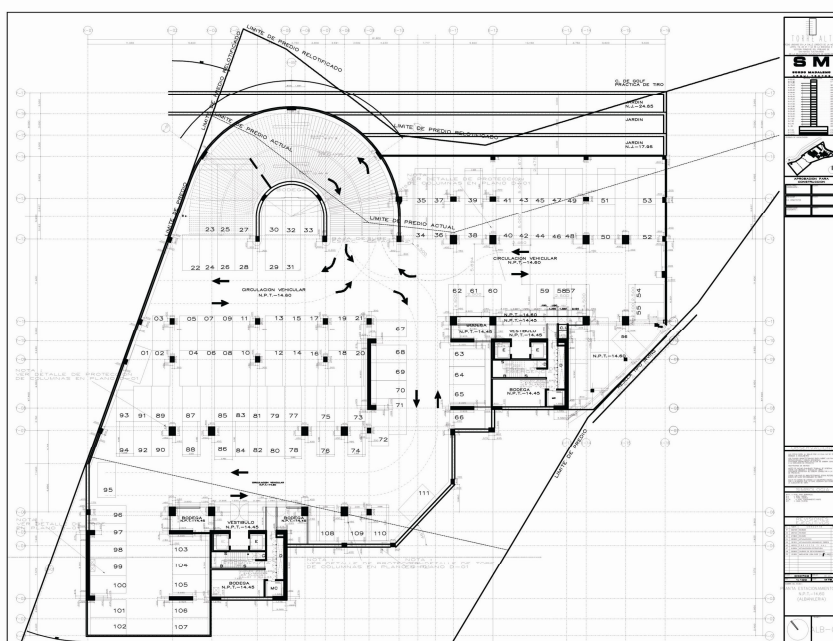
- Todas las dimensiones de los locales habitables cumplen con el mínimo especificado por el Reglamento en su capítulo 2 inciso 2.1: La altura máxima de entrepiso en las edificaciones será de 3.60m.



# “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Estacionamiento N-1



Estacionamiento N-2



“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



| Planta            | Local              | Área (m²) | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) |
|-------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Departamento Tipo | Recamara principal | 27.94     | 5.5       | 5.08      | 3.6        |
|                   | Baño principal     | 20.394    | 5.5       | 3.708     | 2.95       |
|                   | Vestidor           | 17.615    | 5.5       | 3.513     | 2.95       |
| Departamento Tipo | Recamara 1         | 20.076    | 4.78      | 4.2       | 2.95       |
|                   | Baño               | 7.1675    | 3.05      | 2.35      | 2.95       |
|                   | Vestidor           | 8.784     | 3.05      | 2.88      | 2.95       |
| Departamento Tipo | Recamara 2         | 20.076    | 4.78      | 4.2       | 2.95       |
|                   | Baño               | 4.351     | 3.175     | 1.05      | 2.95       |
|                   | Vestidor           | 9.959     | 3.175     | 3.05      | 2.95       |
| Planta            | Local              | Área (m²) | Largo (m) | Ancho (m) | Altura (m) |
| Departamento Tipo | Family Room        | 75.18     | 8.95      | 8.4       | 2.95       |
|                   | Estancia - Comedor | 106.498   | x         | x         | 3.6        |
|                   | Biblioteca         | 37.106    | x         | x         | 3.6        |
|                   | Cocina             | 26.717    | x         | x         | 2.95       |
|                   | Pantry             | 5.145     | x         | x         | 2.95       |
|                   | Cava               | 4.353     | x         | x         | 2.3        |
|                   | Lavado             | 3.6573    | x         | x         | 2.3        |
|                   | Toilet             | 5.04      | x         | x         | 2.95       |
|                   | Despensa           | 0.682     | x         | x         | 2.3        |



“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



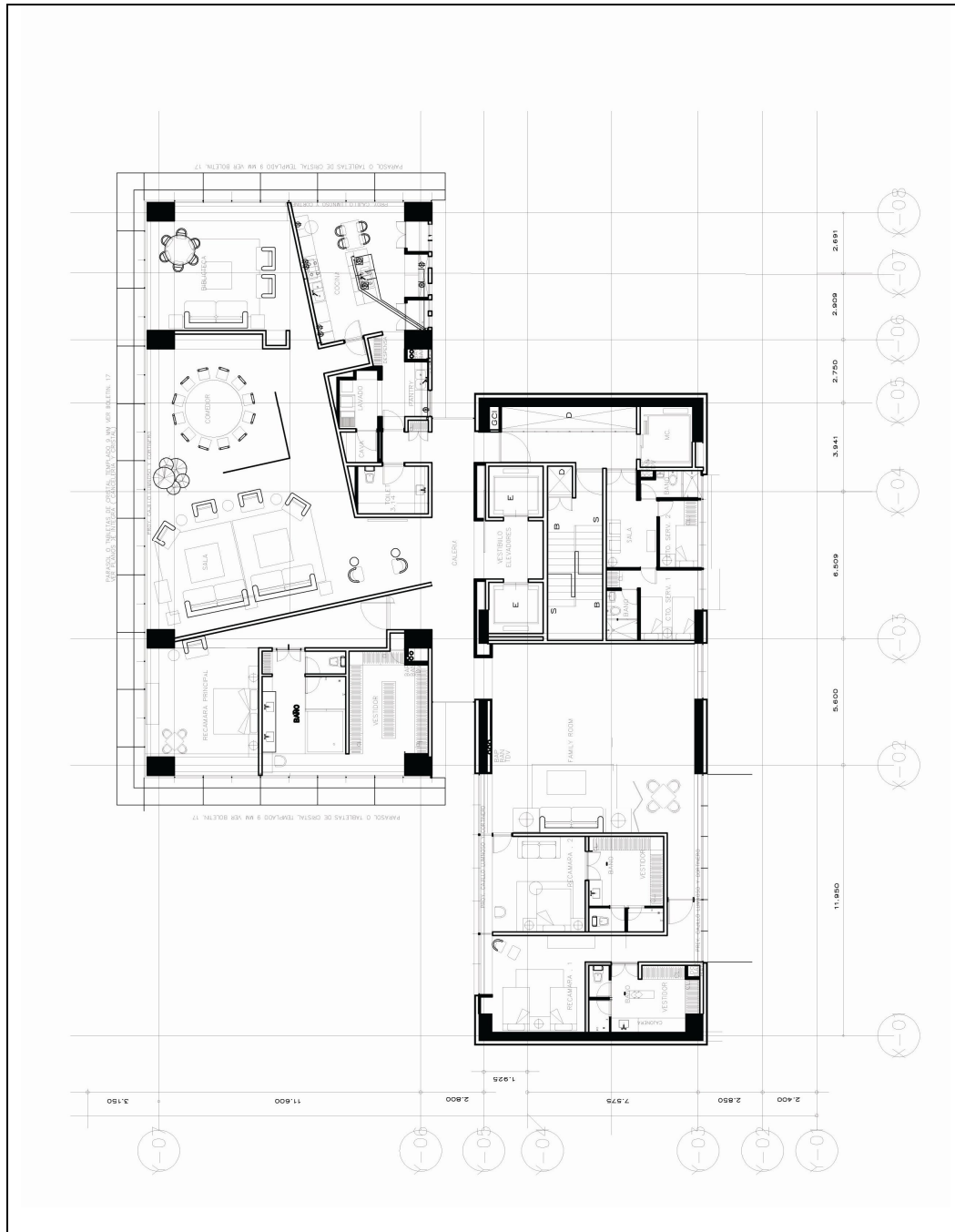
| Planta       | Local                | Área ( m²) | Largo m | Ancho m | Altura m |
|--------------|----------------------|------------|---------|---------|----------|
| Habitacional | Cuarto de Servicio 1 | 8.06       | 3.0917  | 2.5502  | 2.95     |
|              | Baño                 | 3.22       | 2.3     | 1.6498  | 2.95     |
|              | Cuarto de Servicio 2 | 8.525      | 3.3002  | 3.1     | 2.95     |
|              | Baño                 | 3.84       | 2.1127  | 1.3     | 2.95     |

| Planta     | Local              | Área (m²) | Largo m | Ancho m | Altura m |
|------------|--------------------|-----------|---------|---------|----------|
| Vestíbulos | Recamara Principal | 16.08     | x       | x       | 2.95     |
|            | Recamará 1         | 4.35      | 3.625   | 1.2     | 2.95     |
|            | Family Room        | 8.322     | 5.55    | 1.5     | 2.95     |
|            | Cuarto de Servicio | 4.68      | 5.2     | 0.9     | 2.4      |
|            | Cuarto de Maquinas | 9.72      | 7.1999  | 1.35    | 2.4      |
|            | Elevadores         | 7.93      | 3.0499  | 2.6     | 2.95     |
|            | Galería            | 23.441    | 12.5    | 1.8753  | 2.95     |

| Planta    | Local       | Área (m²) | Largo m | Ancho m | Altura m |
|-----------|-------------|-----------|---------|---------|----------|
| Servicios | Maquinas    | 6.3       | X       | X       | 2.6      |
|           | Elevadores  | 12.24     | X       | X       | 2.95     |
|           | Escaleras   | 18.742    | X       | X       | 3.4      |
|           | Montacargas | 6.003     | X       | X       | 3.4      |



# “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Planta Departamento TI





"Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal"



- Según lo estipulado en el Reglamento en el Capítulo 3 Higiene, Servicios y Acondicionamiento Ambiental Provisión mínima de agua potable, se considera una dotación de 150 litros por persona por día, por lo que se arroja el siguiente análisis:

|                     |                          |                  |
|---------------------|--------------------------|------------------|
| Departamento tipo:  |                          |                  |
|                     | Número de personas:      | 8 personas       |
|                     | Gasto por persona:       | 150 lt./día      |
|                     | Gasto por día:           | 1200 lt.         |
|                     | Numero de departamentos: | 34 departamentos |
|                     | Gasto por departamento   | 40800 lt.        |
| <b>Gasto total:</b> |                          | 40800 lt.        |

### Torre 1

| Concepto       |             | No. Unidad  | Dotación<br>(L/per/día) | Consumo |
|----------------|-------------|-------------|-------------------------|---------|
| Edificio 1     | 17 Deptos.  | 136 per     | 250                     | 34.0    |
| Acceso         | 5 empleados | 5 empleados | 75                      | 0.4     |
| Usos múltiples | 34 usuarios | 34 usuarios | 150                     | 5.1     |

### Torre 2

| Concepto       |             | No. Unidad  | Dotación<br>(L/per/día) | Consumo |
|----------------|-------------|-------------|-------------------------|---------|
| Edificio 2     | 17 Deptos.  | 136 per     | 250                     | 34.0    |
| Acceso         | 5 empleados | 5 empleados | 75                      | 0.4     |
| Usos múltiples | 34 usuarios | 34 usuarios | 150                     | 5.1     |

Consumo diario    79m<sup>3</sup>/día





Previendo una reserva de agua, el proyecto incluye 8 tinacos con capacidad de 2,500 lt. cada uno, es decir, 20,000 lt. en total, más una cisterna para agua potable con dos cámaras, para facilitar la limpieza de las mismas y una más para agua tratada, cuyo volumen tendrá la capacidad para almacenar 2 días de consumo de la torre mas la reserva contra incendio donde:

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Gasto total por día        | 79,000 lt. |
| Reserva del 100%           | 79,000 lt. |
| Total de agua de servicios | 158000 lt. |
| Total en cisterna          | 158000 lt. |

Por lo que se construirá una cisterna de agua potable de 260m<sup>3</sup>. y otra cisterna para agua tratada de 54m<sup>3</sup>. completando así el volumen de agua necesario.

- En lo referente al número de muebles sanitarios exigidos en el mismo artículo 3.2. Servicios Sanitarios en su apartado 3.2.1. Muebles Sanitarios: el proyecto cuenta con 7 excusados, 7 lavabos, 6 regaderas, también existe un lavadero, una lavadora, un fregadero, una lava loza y una tina por departamento. También se cuenta con 4 excusados, 6 lavabos, 6 regaderas, un fregadero y un mingitorio para el SPA, así como, 6 lavabos, 5 excusados y 2 mingitorios para el SUM, además de 4 excusados, 4 lavabos y 2 mingitorios para cuarto de choferes, por último se cuenta con 4 lavabos, 5 excusados y 2 mingitorios para servicio por lo que se cumple de sobra con lo establecido en el reglamento. De la misma forma, las dimensiones mínimas expresadas de los espacios para muebles sanitarios quedan de sobra cumplidas al tener el baño un ancho mínimo de 1.20m (servicios-mantenimiento).



- Depósito y manejo de residuos

Residuos sólidos. Las edificaciones contarán con uno o varios locales ventilados y a prueba de roedores para almacenar temporalmente bolsas o recipientes para basura, de acuerdo a los indicadores mínimos únicamente en los siguientes casos.

Vivienda plurifamiliar con más de 50 unidades a razón de 40l/habitantes.

Para el caso de Torre Alta se cuenta con 2 Shooters (sistemas neumáticos de envíos) y con una zona denominada Patio de Maniobras de 53m<sup>2</sup>. que satisface las condiciones anteriormente mencionadas.

- Iluminación y ventilación.

El capítulo 3.4.2.1. referente a los requisitos mínimos de ventilación e iluminación señalan un mínimo de 5% del área del local que se trate para ventilación y de un 17.5% del área del local en todas las edificaciones a excepción de los locales complementarios donde este porcentaje no será inferior al 15% para iluminación. Todos los locales cuentan con iluminación artificial nocturna de 100 luxes, por lo que supera lo especificado en el reglamento.

La ventilación e iluminación de los locales se indican en la siguiente tabla:



"Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal"



| Planta      | Local                | Área (m2) | Área Vent. | %    | Área Ilum. | %     |
|-------------|----------------------|-----------|------------|------|------------|-------|
| Depto. Tipo | Recamara principal   | 27.94     | 1.14       | 4.08 | 27.36      | 97.92 |
|             | Baño principal       | 20.39     | 0.29       | 1.40 | 10.26      | 50.31 |
|             | Vestidor             | 17.62     | 0.29       | 1.62 | 6.84       | 38.83 |
| Depto. Tipo | Recamara 1           | 20.08     | 0.41       | 2.04 | 5.54       | 27.57 |
|             | Baño                 | 7.17      | **         | **   | ***        | ***   |
|             | Vestidor             | 8.78      | **         | **   | ***        | ***   |
| Depto. Tipo | Recamara 2           | 20.08     | 0.41       | 2.04 | 8.61       | 42.89 |
|             | Baño                 | 4.35      | **         | **   | ***        | ***   |
|             | Vestidor             | 9.96      | **         | **   | ***        | ***   |
| Planta      | Local                | Área (m2) | Área Vent. | %    | Área Ilum. | %     |
| Depto. Tipo | Family Room          | 75.18     | 0.65       | 0.86 | 10.71      | 14.25 |
|             | Estancia - Comedor   | 106.50    | 1.14       | 1.07 | 34.20      | 32.11 |
|             | Biblioteca           | 37.11     | 1.14       | 3.07 | 13.68      | 36.87 |
|             | Cocina               | 26.72     | 0.57       | 2.13 | 13.68      | 51.20 |
|             | Pantry               | 5.15      | 0.11       | 2.14 | ***        | ***   |
|             | Cava                 | 4.35      | **         | **   | ***        | ***   |
|             | Lavado               | 3.66      | **         | **   | ***        | ***   |
|             | Toilet               | 5.04      | **         | **   | ***        | ***   |
|             | Despensa             | 0.68      | **         | **   | ***        | ***   |
| Planta      | Local                | Área (m2) | Área Vent. | %    | Área Ilum. | %     |
| Depto. Tipo | Cuarto de Servicio 1 | 8.06      | 0.15       | 1.86 | 3.59       | 44.51 |
|             | Baño                 | 3.22      | **         | **   | ***        | ***   |
|             | Cuarto de Servicio 2 | 8.53      | 0.23       | 2.64 | 6.15       | 72.14 |
|             | Baño                 | 3.84      | 0.15       | 3.91 | 2.05       | 53.39 |

\*\* Ventilación complementada con extracción mecánica. \*\*\* Iluminación complementaria con medios artificiales.



- Elementos de Comunicación y Circulaciones

Los requisitos mínimos de circulaciones horizontales establecen que los corredores comunes tendrán un ancho mínimo de .90m.

En este proyecto los pasillos en la parte de las escaleras y en la zona donde desemboca el elevador es de 2.50m. Los pasillos interiores de los departamentos en el proyecto varían, pero siempre por encima del mínimo especificado y su altura no es ningún caso menor de 2.10m.

- Puertas

Las puertas de acceso, intercomunicación y salida deben tener una altura mínima de 2.10m. y una anchura libre que cumpla con la medida de 0.60m por cada 100 usuarios o fracción pero sin reducir las dimensiones mínimas de 0.90m. que corresponden al tipo de edificación Habitacional plurifamiliar.

- Pasillos

Las dimensiones mínimas de las circulaciones horizontales de las edificaciones de tipo habitacional no serán inferiores de 0.90m de ancho y 2.30m de alto, para vivienda plurifamiliar.

- Escaleras

Las dimensiones mínimas de las escaleras para el tipo de edificación habitacional plurifamiliar serán de 0.90m.

- Elevadores

En el diseño y construcción de elevadores se debe cumplir con lo dispuesto en la NOM-053-SCFI “Elevadores eléctricos de tracción para pasajeros y carga, especificaciones de seguridad y métodos de prueba” y con lo establecido en el Artículo 620 “ascensores, montacargas” de la NOM-001-SEDE Instalaciones eléctricas (utilización).



- Elevadores para pasajeros

Las edificaciones deberán contar con elevador o sistema de elevadores para pasajeros que tengan una altura o profundidad vertical mayor a 13.00m desde el nivel de acceso de la edificación, o más de cuatro niveles, además de la planta baja.

- Elevadores para carga

Los elevadores de carga en edificaciones de comercio deben calcularse considerando una capacidad mínima de carga útil de 250.00kg. por cada metro cuadrado de área neta de la plataforma de carga.

- Rutas de evacuación

Todas las edificaciones clasificadas como de riesgo medio o alto deben garantizar que el tiempo total del desalojo de todos sus ocupantes no exceda de 10 minutos, desde el inicio de una emergencia por fuego, sismo o pánico y hasta que el último ocupante del local ubicado en la situación más desfavorable abandone el edificio en emergencia.

La velocidad, para fines de diseño para un desalojo en condiciones de emergencia, se considera de 2.5m/seg. considerando como máximo, el paso de una persona por segundo por cada 0.60m. de ancho de la puerta mas angosta, circulación horizontal o circulación vertical.

- Dispositivos para prevenir y combatir incendios

Las edificaciones en función al grado de riesgo, contarán como mínimo de los dispositivos para prevenir y combatir incendios que se establecen en la siguiente tabla:

- Pararrayos

Las edificaciones deben de estar equipadas con sistemas de protección a las descargas eléctricas atmosféricas que las protejan eficientemente contra este tipo de eventualidad.



## **II.2. Estudio de Mecánica de Suelos**

### **II.2.1. Antecedentes**

Se proyecta la construcción de dos edificios de 22 niveles dentro del fraccionamiento Bosques de Santa Fe, en el predio conocido como Prados de las Montaña, localizado al pie de un corte de 42.0m. en la zona de SW de dicho fraccionamiento.

El sitio en estudio se localiza en la zona de lomas de la zonificación geotécnica de la ciudad de México, sin embargo, los edificios proyectados se ubicarán sobre "una plataforma conformada con materiales producto del desperdicio de una antigua mina que explotaba arenas en la zona, así como materiales producto del corte del talud.

Dadas las características del subsuelo locales, se recomienda cimentar los edificios mediante pilas coladas in situ desplantadas a 27.0m. de profundidad con respecto al nivel de la plataforma existente (Elev.2662m.) desplantadas en el lahar de arenas azules y unidas en su parte superior con contratraveses de liga.

Dada la geometría del talud del lindero sur, así como la posibilidad de saturación de los materiales de la corona, se puede tener el caso de que los factores de seguridad en la zona superior sean menores que los mínimos adecuados de  $FS_E = 1.7$  en condiciones estáticas y  $FS_S = 1.3$  en condiciones dinámicas, por lo que se recomienda anclar con una fuerza de 20.0 tn/m dicha zona.



## II.2.2. Introducción

**Objetivo.** Cañada de Santa Fe encomendó a TGC Geotecnia el estudio de mecánica de suelos para los edificios que se proyectan construir dentro del fraccionamiento Bosques de Santa Fe, en el predio conocido como Prados de las Montaña (Fig. 1), con la finalidad de determinar el tipo y características de cimentación requeridas para las estructuras proyectadas, así como proporcionar recomendaciones para su construcción.

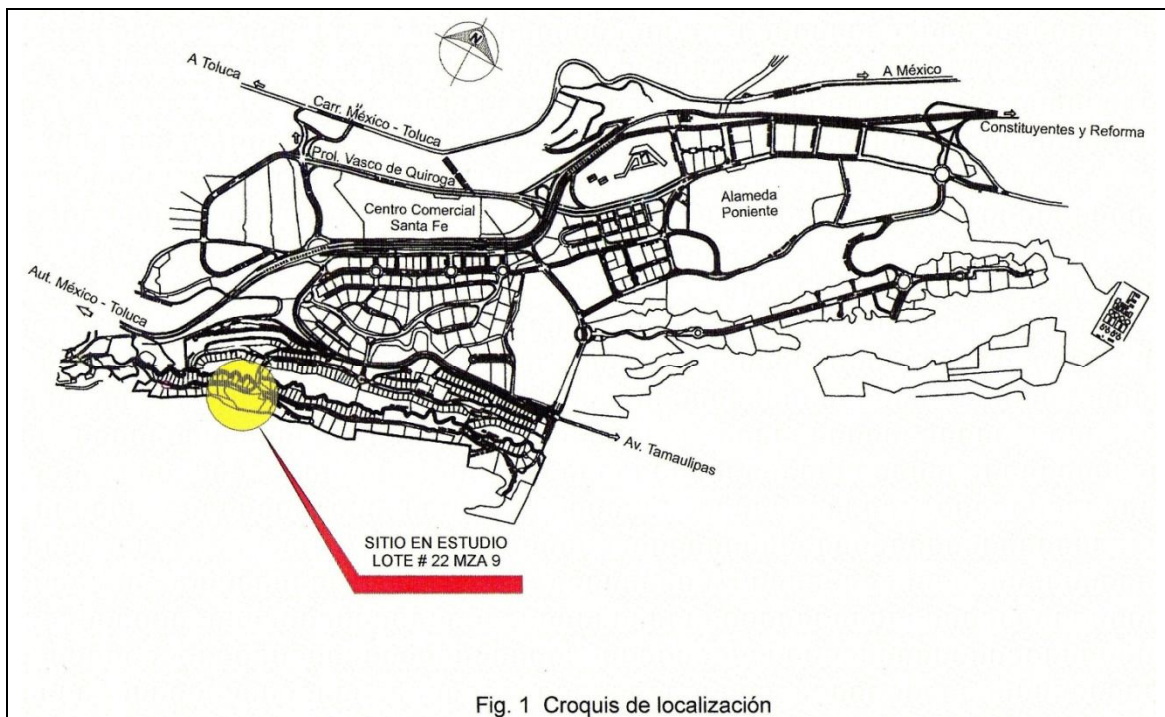
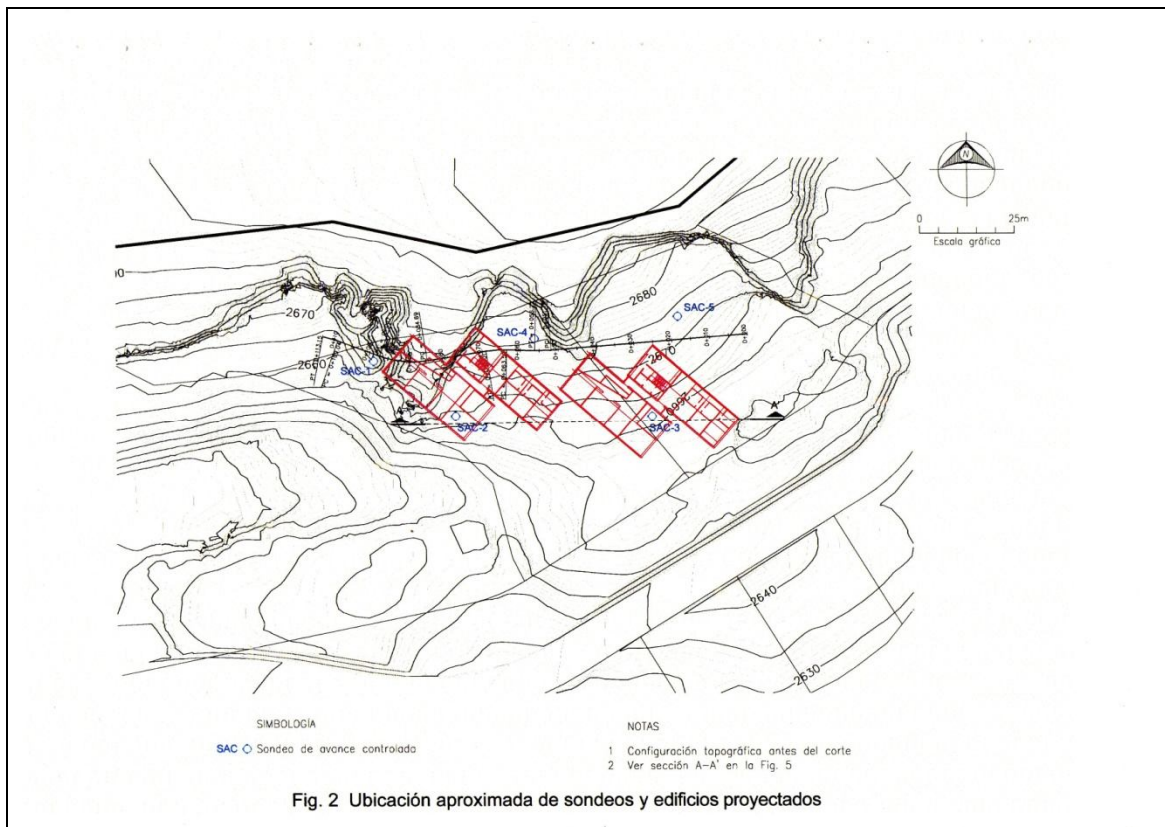


Fig. 1 Croquis de localización





**Ubicación y colindancias.** En la Fig. 2. se muestra un croquis de ubicación de los edificios dentro del predio, localizado en el lote 22, Manzana 9P del fraccionamiento Bosques de Santa Fe; colinda al norte con la vialidad XXI, al oriente con el lote 23, al poniente con un área de protección ecológica y al sur con un corte efectuado sobre la antigua cañada de 42.0m. de altura.



**Proyecto arquitectónico.** El proyecto contempla la construcción de 2 edificios de 22 niveles estructurados mediante marcos y losas de concreto reforzado, que se desplantarán sobre una plataforma conformada con materiales producto del desperdicio de una antigua mina que explotaba arenas en la zona, así como de materiales sueltos producto del corte del talud.





### II.2.3. Condiciones geotécnicas del sitio. II.2.3.1. Información geotécnica disponible

**Zonificación.** El sitio en estudio se localiza en la zona 1 (Ref. 1) denominada Lomas de acuerdo con la zonificación geotécnica de la ciudad de México (Fig. 3), caracterizada por depósitos clásticos, pumíticos y tobas de la Formación Tarango, originados por erupciones volcánicas de diferentes clases e intensidades (Ref. 2). En algunos lomeríos propios de esta zona se encuentran barrancas rellenas con rellenos heterogéneos, como en el caso del sitio en estudio.

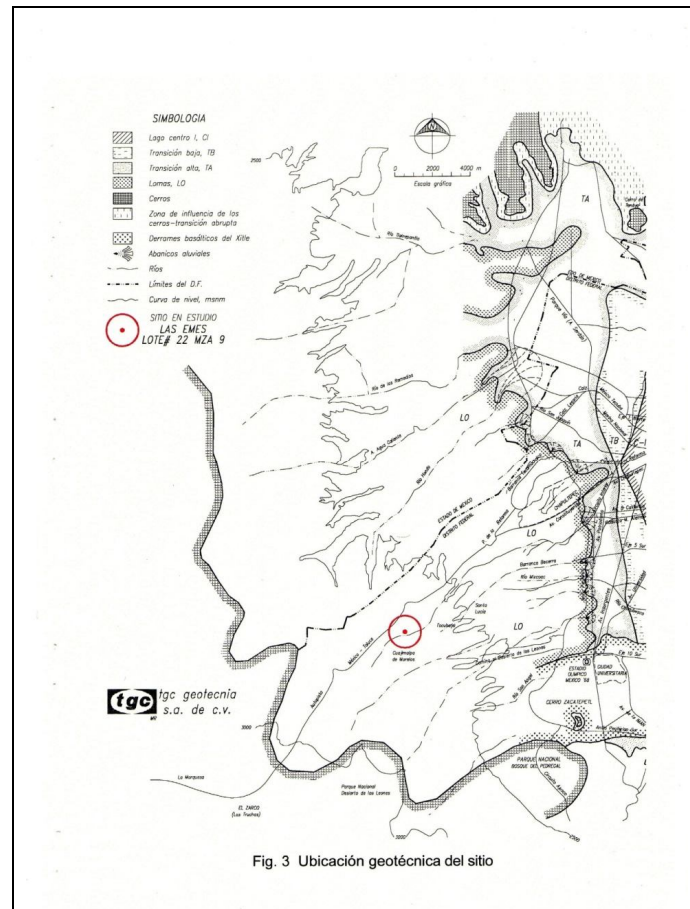


Fig. 3 Ubicación geotécnica del sitio

1. Departamento del Distrito Federal (1993), Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. Diario Oficial de la Federación, Agosto.
2. Tamez, E., et al (1987), Manual de Diseño Geotécnico, Vol. 1, México, Ed. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del DDF.



**Geología local.** La zona en estudio se localiza a los pies de la sierra de San Miguel, en la denominada barranca de Tlayapaca, que corresponde a una zona de lomeríos que drenan hacia el Valle de México en profundas barrancas con paredes escarpadas en las que se aprecian los depósitos clásticos, que antiguamente se explotaban en minas a cielo abierto.

**Experiencia local.** Los análisis efectuados se complementaron con información estratigráfica y propiedades mecánicas de estudios previos efectuados cerca del sitio (Ref. 3), así como los estudios previos efectuados para el análisis de los taludes en el sitio (Ref. 4 y 5).

**Morfología del predio.** El talud sur del lote 22 tiene una altura de 42.0m. y se ubica sobre una ladera con una pendiente media natural (antes del corte) del orden de 70°, exceptuando en la parte alta donde tiene una pendiente comprendida entre 20° y 30° aproximadamente. Para conformar la plataforma, se cortó uniformemente el talud con un ángulo entre 60° y 65° dejando dos bermas intermedias con anchos variables entre 2.0 y 5.0 m.

#### II.2.3.2. Trabajos de campo

**Visita de inspección.** Se realizaron varios recorridos de inspección por la zona por ingenieros especialistas en suelos de TGC Geotecnia, observándose la topografía y morfología, tipo de suelos prevalecientes y problemática local, así como para ubicar los sondeos exploratorios con objeto de obtener la mayor información geotécnica de acuerdo con las condiciones topográficas y morfológicas prevalecientes.

**Exploración.** Con el propósito de definir la secuencia estratigráfica del sitio y determinar los parámetros de resistencia del suelo, se efectuaron cinco sondeos de avance controlado, combinando con el muestreo representativo con la técnica de penetración estándar en dos de ellos, y dos pruebas de corte directo efectuadas sobre los materiales naturales el talud. En la Fig. 2. y en la Foto 1 se muestra la ubicación aproximada de los trabajos de campo efectuados.

- 
3. TGC Geotecnia, Estudios geotécnicos realizados par zona poniente de la cuida, México.
  4. TGC Geotecnia (1998), Revisión Geotécnica de la Estabilidad de los Taludes de la colindancia Sur de la Barranca de Tlayacapa, Delegación Cuajimalpa. México.
  5. TGC Geotecnia (2002), Análisis de la Estabilidad de los Taludes del Lindero Sur del Lote 22 Mza. 9P de Bosques de Santa Fe. México.



Foto 1 Panorámica del sitio y ubicación de los sondeos

**Avance controlado.** Los sondeos de avance controlado se denominaron SAC- 1, 2, 3, 4 y 5 y se llevaron a profundidades comprendidas entre 31.0m. y 43.0m., perforando con broca tricónica de 3 pulgadas de diámetro, proceso durante el cual se fue registrando: el tiempo necesario para avanzar 10cm; el sonido emitido durante la perforación y el detritus recuperado, permiten identificar indirectamente el tipo de material perforado.

**Penetración estándar.** Para la identificación visual y determinación de la compacidad de los materiales se tomaron muestras representativas en los sondeos SAC-2 y 5, hincando un tubo de media caña de dimensiones normalizadas y energía de hincado estandarizada (ASTM 1556), lo que permite la obtención de muestras representativas del subsuelo para su identificación visual; la de terminación de su resistencia y compacidad se hace mediante correlaciones con el número de golpes necesario para hincar 30cm. la herramienta (Ref.6).

---

6. Bowles, J.E., (1988), Foundation Analysis and Design, 3º edition, Tokyo. McGraw Hill.



**Tabla 1. Secuencia estratigráfica local**

|                              | SAC<br>- 1                   | SAC<br>- 2                   | SAC<br>- 3                   | SAC<br>- 4                   | SAC<br>- 5                   |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Rellenos<br>suelos           | De<br>0.0<br>a<br>9.0<br>m   | De<br>0.5<br>a<br>9.5<br>m   | ---                          | De<br>0.0<br>a<br>8.5<br>m   | ---                          |
| Rellenos<br>compactos        | De<br>9.0<br>a<br>26.6<br>m  | De<br>9.5<br>a<br>40.0<br>m  | De<br>0.0<br>a<br>26.3<br>m  | De<br>8.5<br>a<br>24.0<br>m  | De<br>0.0<br>a<br>27.0<br>m  |
| Lahar de<br>Arenas<br>azules | De<br>26.6<br>a<br>31.0<br>m | De<br>26.5<br>a<br>40.0<br>m | De<br>26.3<br>a<br>40.0<br>m | De<br>24.0<br>a<br>43.0<br>m | De<br>27.0<br>a<br>40.0<br>m |

**Prueba de corte directo.** Para determinar la resistencia al corte de los materiales locales, se efectuaron dos pruebas de corte directo en la cara exterior del talud, labrándose muestras cúbicas con cincel y martillo, que inmediatamente se protegieron contra la pérdida de humedad, y se ensayaron siguiendo los lineamientos indicados en la (Ref. 7.).

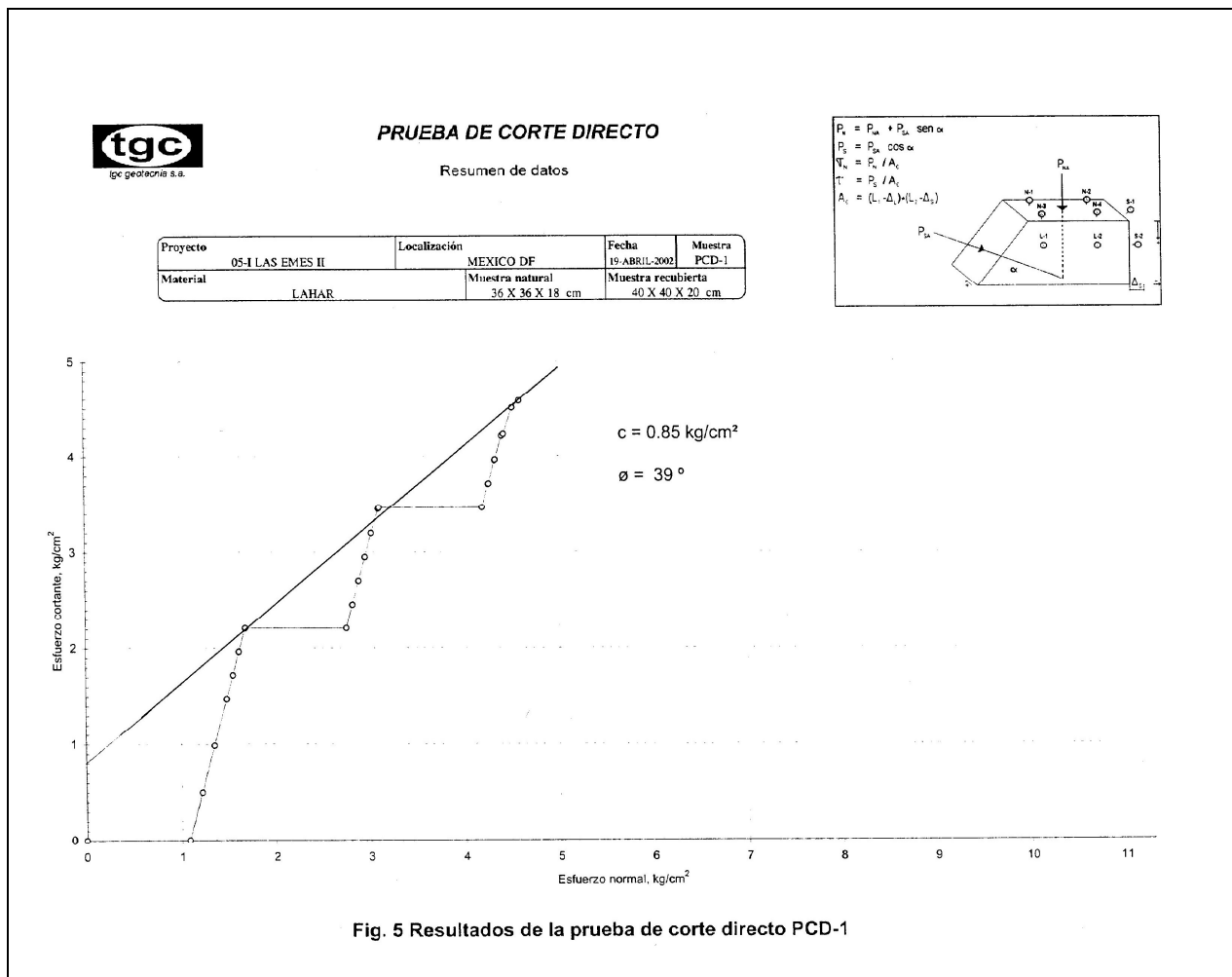
La prueba se efectúa sobre una muestra con dimensiones normalizadas, a la que se somete a una carga vertical equivalente al esfuerzo del sitio de la muestra y, posteriormente, se le aplica incrementalmente una carga lateral hasta inducir la falla por cortante en su base; subsecuentemente, se incrementa la carga vertical para determinar un nuevo valor de resistencia al corte para el nuevo esfuerzo vertical, con lo que se pueden estimar los parámetros de cohesión y fricción interna del suelo ensayado.

---

7. Comisión Federal de Electricidad (1981), "Manual de Diseño de obras civiles"; Tomo B.3.1, Mecánica de Rocas, Estabilidad de Taludes.

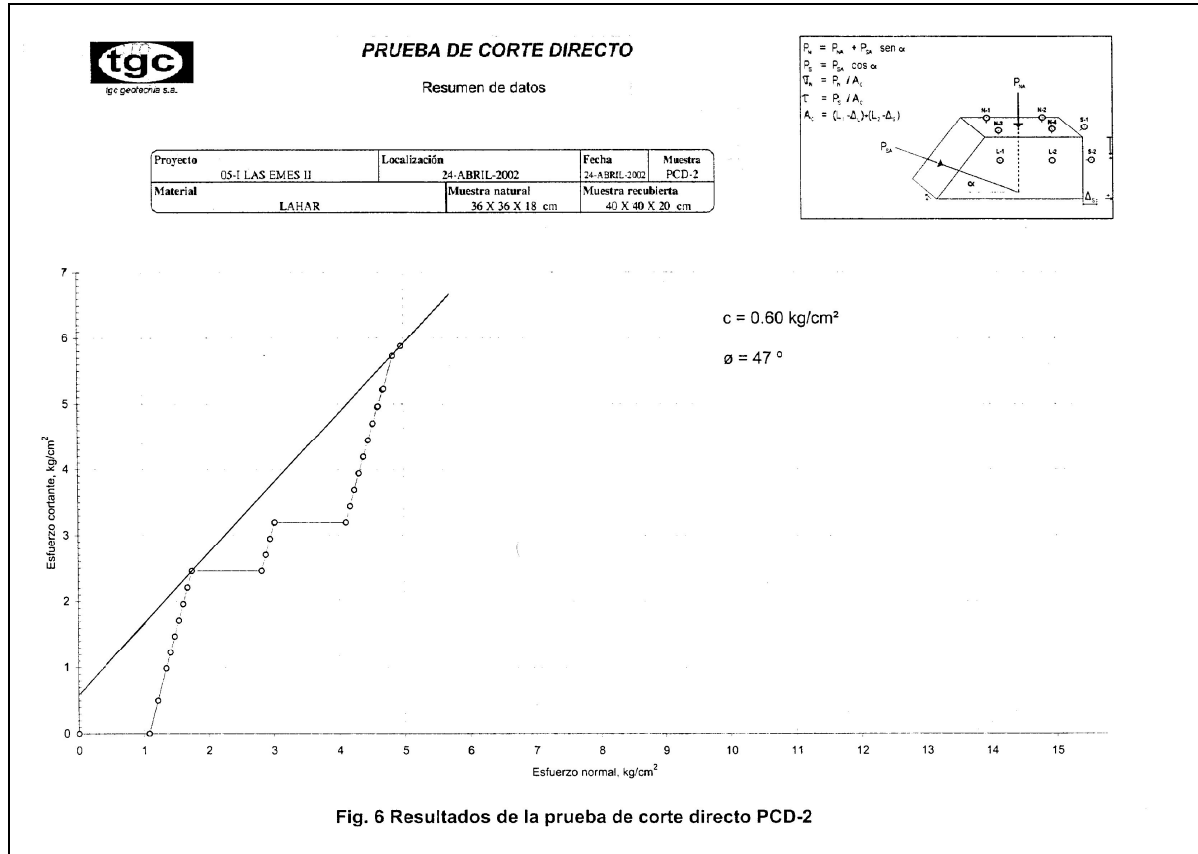


A continuación se presentan los resultados y gráficos esfuerzo vs. Deformación lateral y esfuerzo vs. Deformación vertical obtenida en la prueba efectuada, mostrándose en la Fig. 5 y 6 los parámetros de resistencia obtenidos en las pruebas PC – 1 y PC – 2, respectivamente, mismos que se resumen en la Tabla 2.





# “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



**Tabla 2. Propiedades mecánicas determinadas en los lahares**

| Material                           | c<br>(t/m <sup>2</sup> ) | φ<br>(°) |
|------------------------------------|--------------------------|----------|
| Prueba de corte directo<br>PCD – 1 | 8.5                      | 39       |
| Prueba de corte directo<br>PCD - 2 | 6.0                      | 47       |

c cohesión aparente

φ ángulo de fricción interna





## Ensayes de laboratorio

**Pruebas índice.** Las muestras representativas obtenidas en los sondeos de penetración estándar se trasladaron a nuestro laboratorio, donde se les determinaron las siguientes propiedades índices:

- Clasificación visual y al contacto según el Sistema Unificado de Clasificación de suelos.
- Determinación del contenido natural de agua.

## Interpretación estratigrafía y propiedades mecánicas

**Secuencia estratigrafía.** Con los resultados de los sondeos efectuados en la campaña de exploración, se define la siguiente secuencia estratigrafía (Fig. 4):

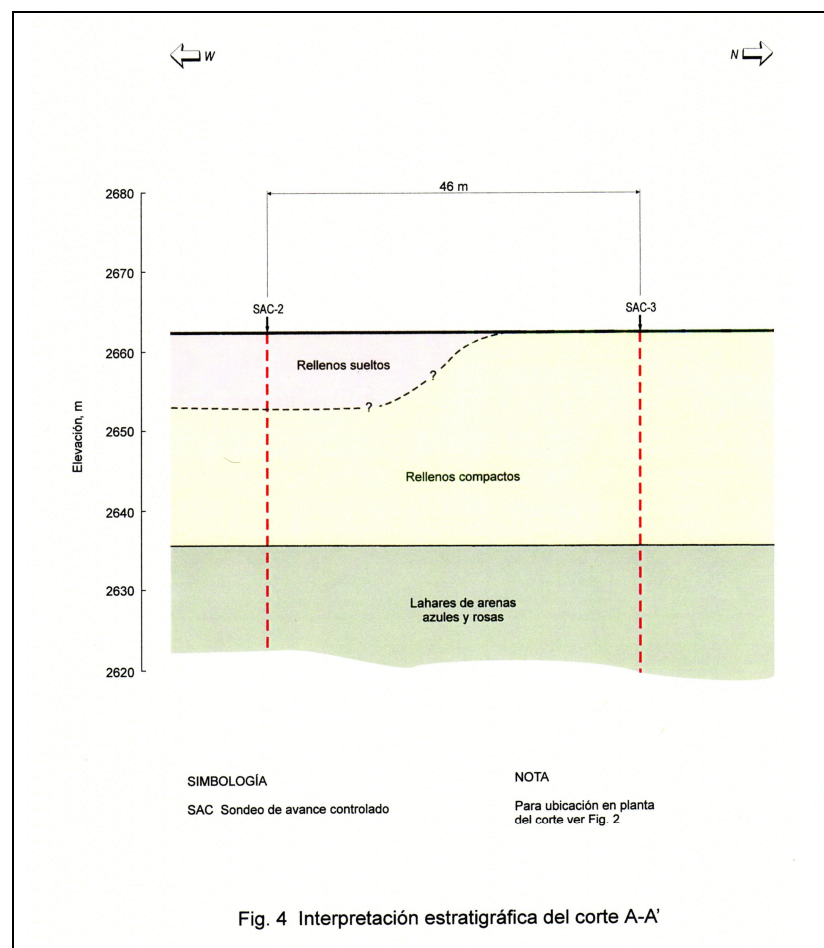


Fig. 4 Interpretación estratigráfica del corte A-A'



**Rellenos heterogéneos sueltos.** Detectado únicamente en los sondeos SAC – 1, 2 y 4, de 0.0m. a una profundidad comprendida entre 8.5m. y 9.5m. Constituido por una arena limosa gris claro con poca arena pómez y arcilla café de compacidad suelta producto, del corte del talud efectuada para ampliar la plataforma; la resistencia registrada con la técnica de penetración estándar N tiene un valor medio de golpes.

**Rellenos heterogéneos compactos.** De una profundidad comprendida entre 0.0m. y 9.5m. hasta una profundidad variable entre 24.0m. y 27.0m. Constituido por una arena limosa gris claro con poca arena pómez y arcilla café de compacidad media; la resistencia registrada con la técnica de penetración estándar N tiene un valor medio de 30 golpes.

**Lahares de arenas azules.** De una profundidad comprendida entre 24.4m. y 29.7 m. hasta la máxima profundidad explorada de 43.0m. Se trata de una arena limosa gris claro con poca arena pómez con gravas andesíticas en estado compacto y ligeramente cementadas propias de los flujos piroclásticos de la zona de lomas; la resistencia registrada con la técnica de penetración estándar N está comprendida entre 40 y más de 50 golpes.

**Propiedades mecánicas.** A partir de los resultados de las pruebas de corte directo y de los resultados de penetración estándar correlacionados con pruebas mecánicas en el mismo tipo de materiales, los estratos locales se caracterizaron con los parámetros indicados en la Tabla 3.

**Tabla 3. Parámetros para análisis y diseño geotécnico**

| Material               | N       | $\phi$<br>(°) | $\gamma$<br>(t/m <sup>3</sup> ) |
|------------------------|---------|---------------|---------------------------------|
| Rellenos sueltos       | 8       | 25            | 1.5                             |
| Rellenos compactos     | 25 a 30 | 30 - 35       | 1.7                             |
| Lahar de arenas azules | 30 a 50 | 35 - 40       | 1.9                             |

N número de golpes SPT

$\gamma$  peso volumétrico del material

$\phi$  ángulo de fricción interna





**Nivel freático.** No se detectó el nivel freático en la máxima profundidad explorada de 43.0m. conociéndose que se encuentra a una profundidad mucho mayor en la zona.

#### II.2.4. Análisis Geotécnico

##### II.2.4.1. Datos generales

**Proyecto arquitectónico.** El proyecto contempla la construcción de dos edificios de 22 niveles estructurado mediante marcos y losas de concreto reforzado que se desplantarán sobre una plataforma efectuada con material heterogéneo y suelto en algunas zonas de la parte superior.

**Solicitaciones de diseño.** Durante la elaboración del presente informe no se contaron con las cargas de diseño; por lo que la capacidad de carga se da en forma gráfica en función del ancho del cimiento.

##### II.2.4.2. Solución de cimentación

**Tipo de cimentación.** Dadas las características estratigráficas locales se recomienda cimentar los edificios en las arenas compactas mediante pilas coladas in situ apoyadas en el lahar de arenas azules y unidas en su parte superior con contratraveses de liga en ambos sentidos.

**Profundidad de desplante.** Las pilas se deberán desplantar a 27.0m. de profundidad con respecto a la plataforma existente (localizada en la elevación 2662m.) para garantizar su apoyo en los materiales compactos.

##### II.2.4.3. Análisis de estabilidad

**Capacidad de carga a compresión.** El diámetro de las pilas necesarias para soportar la carga transmitida por la estructura se obtiene en función de la capacidad de carga admisible  $Q_a$  con la siguiente expresión:

$$Q_a = \frac{Q_{pu}}{F_{Dp}} + \frac{Q_{fu}}{F_{Df}}$$

Donde:

|          |                                                           |
|----------|-----------------------------------------------------------|
| $Q_{pu}$ | capacidad de carga última por punta                       |
| $Q_{fu}$ | fricción del fuste del pilote                             |
| $F_{Dp}$ | factor de dimensionamiento de capacidad de carga por base |
| $F_{Df}$ | factor de dimensionamiento por fricción                   |



Las capacidades de carga última se determinaron con las expresiones propuestas por Reese & O'Neill en 1988 (Ref. 8); para la capacidad por punta se aplica:

$$Q_{pu} = 6 N A_p$$

- $N$       número de golpes promedio a la elevación de la punta del pilote,  $N^\circ$   
de golpes / 30 cm,  $N = 40$   
 $A_p$       área de la punta de la pila,  $m^2$

Por su parte, la capacidad por fricción de la pila se determinó con la siguiente expresión:

$$Q_{fu} = C \int \beta \sigma_v dz$$

- Donde:       $C$       perímetro de la pila  
  
               $B$       factor que toma en cuenta la distribución de la transferencia de carga ( $\beta = 1.5 - 0.246z^{0.5}$ )  
  
               $\int \sigma_v dz$       área del diagrama de esfuerzos efectivos verticales iniciales en la longitud de la pila

Con las expresiones anteriores y aplicando un factor de dimensionamiento  $F_D = 1.5$ , se obtienen las capacidades de carga indicadas en la Tabla 4 para diferentes diámetros de pila trabajando a compresión y en condiciones estáticas.

**Tabla 4. Capacidad de carga en pilas**

| Diámetro<br>(m) | $Q_{pu}$<br>(ton) | $Q_{fu}$<br>(ton) | $Q_a$<br>(ton) | $Q_{fa}$<br>(ton) |
|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 0.8             | 120               | 536               | 437            | 357               |
| 1.0             | 190               | 670               | 573            | 447               |
| 1.2             | 271               | 804               | 717            | 536               |
| 1.4             | 370               | 939               | 872            | 626               |

---

8. Terzaghi, K., Peck, R.B., & Mesri, G., (1996), Soil Mechanics in Engineering Practice, 3ª edición, Nueva York, Ed. John Wiley & Sons, Inc.



**Capacidad de carga última del suelo para pilas.** La capacidad de carga admisible  $Q_a$  indicada en la Tabla 4 sin afectar por ningún factor es la que se debe comparar contra las descargas últimas.

**Capacidad de carga de tensión.** La carga admisible a tensión de las pilas  $Q_{fa}$  se evaluó dividiendo la carga última que puede tomar fricción del fuste  $Q_{fu}$  entre un factor de dimensionamiento  $F_D = 1.5$ :

$$Q_{fa} = \frac{Q_{fu}}{F_{Df}}$$

En la Tabla 4 también se presenta la capacidad de carga para diferentes diámetros de pilas.

#### II.2.4.4. Análisis de asentamientos

**Asentamientos en pilas.** Los hundimientos bajo carga estática de las pilas trabajando por punta y fricción, se evaluó siguiendo el método propuesto por Tamez (Ref. 9), calculando los asentamientos por fricción  $\delta_a$  mediante la siguiente expresión:

$$\delta_a = 1 + (0.75Q_{fu} + Q_{pf}) \frac{L}{E_c A}$$

Donde:

|          |                                                            |
|----------|------------------------------------------------------------|
| $Q_{pf}$ | carga que produce un asentamiento de 1 cm en la punta, ton |
| $L$      | longitud de la pila, 27.0 m                                |
| $E_s$    | módulo de Young del concreto; $10,000 f_c^{0.5}$           |
| $A_p$    | área de la punta de la pila, $m^2$                         |

En tanto que, el asentamiento máximo en la punta de la pila  $\delta_b$  para la carga  $Q_u$  se valoró como la suma de la contracción elástica de la columna de concreto  $\delta_c$  y el asentamiento elástico del material de apoyo  $\delta_c$  (Ref. 10), valor a partir del que se determinó la carga que produce un asentamiento de 1.0cm. empleada en la Ec:

---

9. Tamez E., (2000), Ingeniería de Cimentaciones, México, TGC Geotecnia S.A. de C.V.

10. Holguín, E., et al (1992), Diseño Geotécnico de Cimentaciones, México, TGC Geotécnica S.A. de C.V.



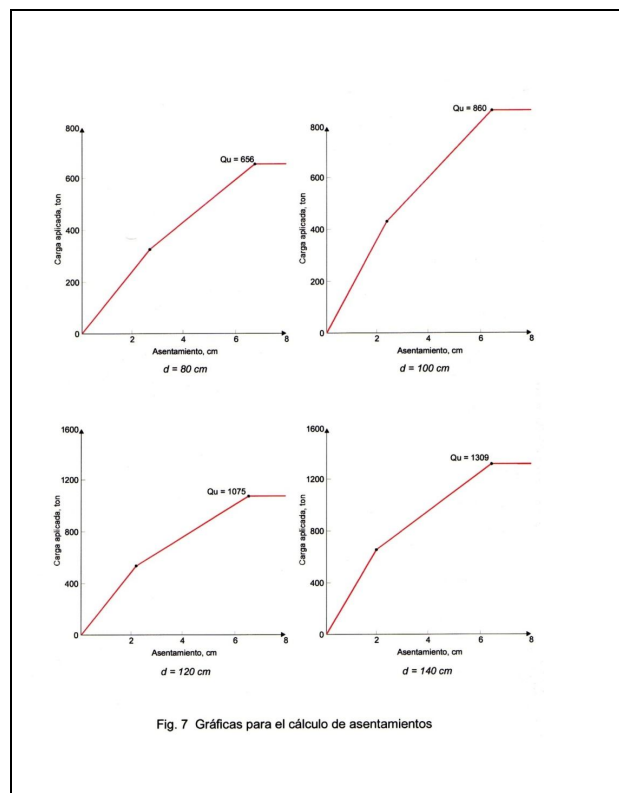
$$\delta_b = \delta_c + \delta_e$$

con

$$\delta_c = \frac{Q L}{A_p E_c} \quad y \quad \delta_c = \frac{(3 - 4\nu)(1 + \nu) Q}{2\pi E_s d}$$

Donde: Q carga de trabajo transmitida a las pilas, ton  
 v relación de Poisson, 0.25  
 E<sub>s</sub> módulo de Young del suelo de apoyo, 750 kg/cm<sup>2</sup>  
 d diámetro de la pila, m

En la Fig. 7 se muestran los asentamientos calculados para las condiciones locales para el caso en estudio, considerando diferentes diámetros y cargas de trabajo en cada caso y f<sub>c</sub> = 250 kg/cm<sup>2</sup>; los asentamientos se presentarán en su mayor parte durante el proceso de construcción.





**Módulo de reacción.** Los módulos de reacción de la cimentación se obtendrán dividiendo el esfuerzo que transmite el cimiento entre el asentamiento del mismo, calculado con ayuda de las gráficas mostradas en la Fig.7.

#### II.2.4.5. Estabilidad de taludes

**Datos generales.** El talud del lindero sur tiene una altura de 42.0m. y se ubica sobre una ladera con una pendiente media natural (antes del corte) del orden de 70° exceptuando en su parte alta, en donde el talud tiene una pendiente entre 20° Y 30°, aproximadamente (Ref. 7). En la parte alta se tiene una toba arcillosa café amarillento con un espesor medio de 7.0m. subyacente por arenas azules y rosas muy cementadas e intemperizadas superficialmente.

**Metodología empleada.** El análisis se efectuó con el método de revisión descrito en el Manual de Obras civiles de la CFE (Ref. 7), que supone un prisma de falla con base lineal; es un método de análisis bidimensional que considera que la resistencia al corte del suelo puede expresarse mediante la ecuación Mohr-Coulomb:

$$S = c + \tan \varphi$$

El método permite calcular el factor seguridad de un bloque cuando desliza sobre una superficie de falla que se supone infinita. El factor de seguridad se calcula con la siguiente expresión.

$$F S = \frac{c A + (W \cos \Psi_p + F \cos \theta - k W \sin \Psi_p) \tan \varphi_h}{W \sin \Psi_p + k W \cos \Psi_p - F \sin \theta}$$

|        |           |                                                                   |
|--------|-----------|-------------------------------------------------------------------|
| donde: | A         | longitud de superficie de deslizamiento                           |
|        | c         | cohesión en la superficie de falla                                |
|        | $\varphi$ | ángulo de fricción en la superficie de deslizamiento              |
|        | W         | peso del bloque deslizante                                        |
|        | $\Psi_p$  | ángulo que forma la superficie de deslizamiento con la horizontal |
|        | F         | fuerza de anclaje (F = 0)                                         |
|        | k         | coeficiente sísmico (k = 0.16 )                                   |
|        | $\varphi$ | ángulo que forma F con la normal a la superficie de deslizamiento |

---

7. Comisión Federal de Electricidad (1981), "Manual de Diseño de obras civiles"; Tomo B.3.1, Mecánica de Rocas, Estabilidad de Taludes.



Resultados obtenidos. En la (Ref.5.) se presentan los resultados obtenidos del análisis de estabilidad, que se resumen en la Tabla 5.

**Tabla 5. Factores de seguridad de seguridad de las condiciones analizadas**

| Condición                    | Toba arcillosa | Toba arcillosa saturada | Toba arcillosa saturada y anclas (F = 20 t/m) | Arenas azules y rosas |
|------------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|
| Altura (m)                   | 6.0            | 6.0                     | 6.0                                           | 30.0                  |
| Inclinación Del Talud        | 70°            | 70°                     | 70°                                           | 70°                   |
| Cohesión (t/m <sup>2</sup> ) | 3.0            | 0.75                    | 0.75                                          | 12                    |
| F S <sub>E</sub>             | 1.84           | 0.84                    | 1.82                                          | 1.81                  |
| F S <sub>S</sub>             | 1.51           | 0.66                    | 1.34                                          | 1.44                  |

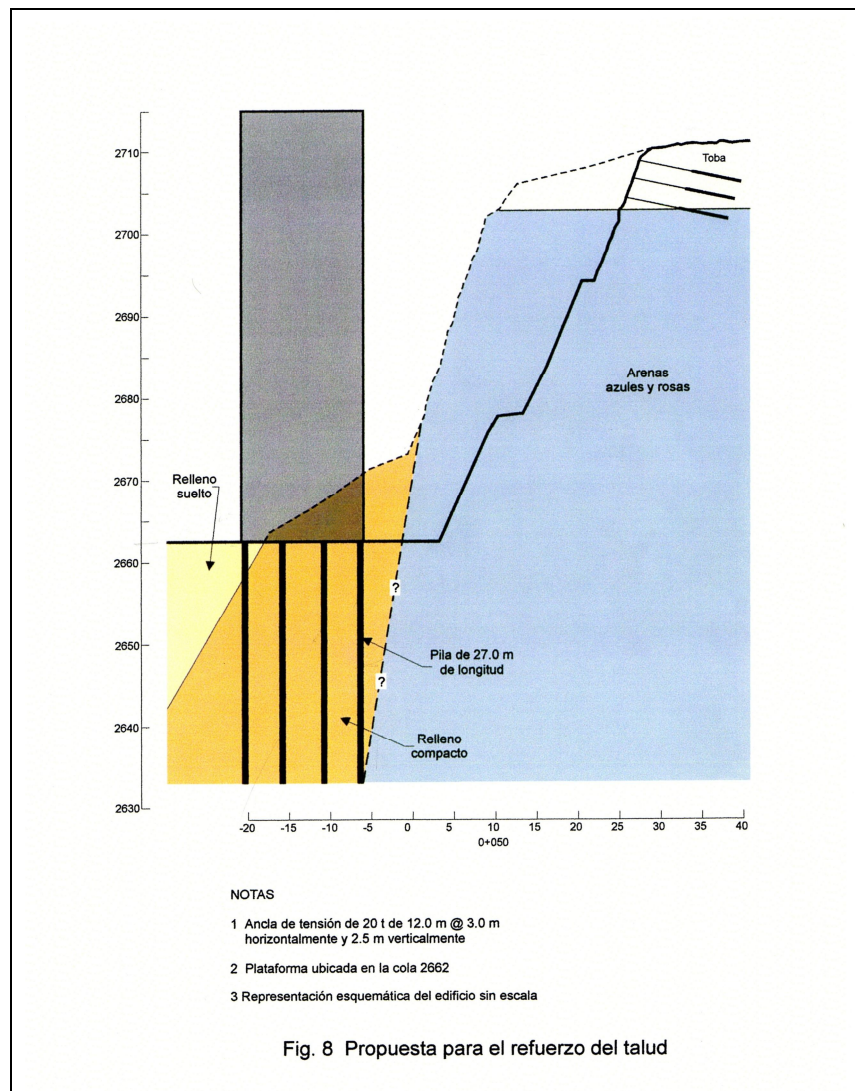
Se observa que los factores de seguridad en las tobas son mayores que los considerados como mínimos adecuados de  $FS_E = 1.7$  en condiciones estáticas y de  $FS_S = 1.3$  en condiciones dinámicas, si y solo si la cohesión no cambia (parámetro que está en función del contenido natural de agua del material); considerando una eventual disminución de la cohesión hasta un 25% de su valor por efecto de saturación, se requiere de una fuerza de anclaje de 20tn/m para alcanzar los factores mínimos adecuados.

Por su parte, en las arenas azules se tienen valores mayores a los factores de seguridad mínimos adecuados, teniendo únicamente el problema de graneos local causado por la pérdida de humedad en la cara exterior del talud debido al intemperismo y consecuente reducción en el parámetro de cohesión.

---

5. TGC Geotecnia (2002), Análisis de la Estabilidad de los Taludes del Lindero Sur del Lote 22 Mza. 9P de Bosques de Santa Fe. México.

**Anclaje de refuerzo.** Para estabilizar los rellenos superficiales, se recomienda anclar localmente con 3 líneas de anclas de tensión de 18.5tn. colocadas a cada 3.0m. horizontalmente y a cada 2.5m. verticalmente, colocando la primer línea 1.0m. por debajo de la corona del talud (a 1.0m. 3.5m y 6.0m. por debajo de la corona, respectivamente). Las anclas estarán constituidas por varillas de 1 1/2" de diámetro y 12.0m. de longitud con bulbo de 6.0m. (Fig. 8), colocadas en barrenos de 4" de diámetro e inyectando el bulbo con una presión de 3.0kg/cm<sup>2</sup>.







**Protección contra el intemperismo.** La cara exterior del talud deberá protegerse contra el intemperismo mediante una capa de concreto lanzado de 10cm. de espesor, reforzado con dos lechos de malla electrosoldada 6x6-10/10, que se fijarán a la cara del talud mediante escarpas de 1.0m. de longitud formadas por varillas del No. 8 colocadas con perforación previa rellena con mortero a cada 2.0 m. en ambos sentidos.

#### II.2.4.6.Recomendaciones para diseño

**Empujes horizontales.** Los muros de sótanos y los muros de contención de rellenos para plataformas deberán diseñarse para resistir la acción de los empujes de tierra en reposo y activos, respectivamente, cuya valoración se efectuará con la siguiente expresión:

$$P_a = (\gamma_m Z + q) k$$

donde:

|            |                                                                                 |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| $p_a$      | presión activa al nivel $z(m)$ , a partir del terreno natural, $\text{ton/m}^2$ |
| $\gamma_m$ | peso volumétrico del relleno controlado, $1.8 \text{ ton/m}^2$                  |
| $q$        | sobrecarga inducida en la corona, $1.5 \text{ ton/m}^2$                         |
| $k$        | coeficiente de empuje de tierras, en reposo $k_o = 0.5$ ; activos $k_a = 0.3$   |

Sustituyendo los valores y simplificando, se obtiene para muros en sótanos:

$$P_a = 0.9 z + 0.75$$

Para muros de contención en plataformas:

$$P_a = 0.6 z + 0.5$$

Expresiones con las que se puede calcular las presiones sobre los muros en función de la profundidad del mismo.

**Drenaje.** Las expresiones anteriores no consideran el empuje de agua, por lo que en ambos casos deberá preverse la colocación de material filtro tras el muro y drenes en la parte inferior de su respaldo.



## **II.3. Proyecto Estructural**

### **II.3.1. Alcance**

Se describen las bases y criterios de análisis y diseño que ha seguido POSTENSA en el desarrollo del proyecto estructural del Edificio Residencial Torre Alta, ubicado en la calle Lorenzo de la Hidalga, Lotes 19, 20, 21 y 22, Manzana 9, en san Mateo Tlaltenango en la Delegación Cuajimalpa, México. D.F.

### **II.3.2. Descripción de la Estructura.**

El proyecto arquitectónico contempla dos torres de departamentos idénticas de 22 niveles totales, las cuales son a su vez formadas cada una por dos volúmenes prismáticos. Las dimensiones máximas en planta de cada torre son de 37m. por 24m. La altura máxima del proyecto es de 93.60m. ( del nivel N-14.60m. al nivel 79.00m.). Las torres sobresalen de un basamento común equivalente a 4 niveles que son utilizados como estacionamiento, bodegas y servicios comunes (del nivel N-14.60m. al nivel N-0.80m.). A partir del nivel N+0.00m. existen diecisiete niveles de departamentos con altura de 4.20m. de piso a piso. En el nivel N+70.60m. se encuentra el área recreativa del proyecto conformada por un gimnasio – spa y una terraza.

### **II.3.3. Reglamento y normas de diseño**

El diseño de la estructura se realizó de acuerdo con los requisitos de los siguientes documentos:

- a) Reglamento de Construcciones para el D.F., 1993 (RCDF-93).
- b) Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, 1987.
- c) Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones, 1987.
- d) Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto, 1996.
- e) Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, 1987.



#### II.3.4. Estructuración

El sistema de piso está constituido por una losa de concreto aligerada de 37cm. y 40cm. de peralte, con nervaduras postensadas en una sola dirección con una separación a ejes de 125cm. entre ellas, apoyadas en traveses de concreto reforzado y/o postensado.

Tanto en las nervaduras como en las traveses la fuerza de post-tensión se logra usando torones de presfuerzo no adherido de media pulgada de diámetro, con trazas parabólicas para controlar las deflexiones de la losa.

El sistema vertical de soporte está formado por columnas y muros de concreto reforzado.

El sistema sismo-resistente está formado por marcos de concreto reforzado y muros de cortante del mismo material. La transmisión de fuerzas a los marcos y muros se realiza por medio de la losa que actúa como un diafragma infinitamente rígido.

#### II.3.5. Cimentación

La cimentación para columnas y muros será por medio de pilas y traveses de liga de concreto reforzado.

Las pilas tendrán la longitud solicitada por el especialista en mecánica de suelos (aproximadamente 27m.). La capacidad de carga del terreno, especificada en el estudio de mecánica de suelos, es comparada contra presiones de contacto afectadas por los factores de carga especificados en el reglamento.



## II.3.6. Materiales

### II.3.6.1. Concreto

|                |                                                                                      |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| En plantillas  | $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$                                                          |
| En columnas    | $f'c = 300 \text{ y } 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (clase 1)}, E_c = 14000 \sqrt{f'c}$ |
| En losas       | $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (clase 1)}, E_c = 14000 \sqrt{f'c}$                |
| En muros       | $f'c = 300 \text{ y } 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (clase 1)}, E_c = 14000 \sqrt{f'c}$ |
| En cimentación | $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ (clase 1)}, E_c = 14000 \sqrt{f'c}$                |

### II.3.6.2. Acero de refuerzo

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

### II.3.6.3. Acero de presfuerzo

Torones de presfuerzo de media pulgada de diámetro, de baja relajación con  $f_{sr} = 19000 \text{ kg/cm}^2$ .



### II.3.7. Cargas

En el análisis estructural del edificio se consideraron las siguientes cargas:

#### II.3.7.1 Cargas muertas

##### Losas de Estacionamientos

Peso propio losa concreto  $2400 \text{ kg/m}^3$  (peso volumétrico concreto acabado integral)

Instalaciones  $10 \text{ kg/m}^2$

Incremento RCDF  $20 \text{ kg/m}^2$

##### Losa Nivel Jardín

Peso propio losa concreto  $2400 \text{ kg/m}^3$  (peso volumétrico concreto acabado integral)

Jardín incluye rellenos  $500 \text{ kg/m}^2$

Instalaciones  $10 \text{ kg/m}^2$

Incremento RCDF  $20 \text{ kg/m}^2$

##### Losas Departamentos y Gimnasio

Peso propio losa concreto  $2400 \text{ kg/m}^3$  (peso volumétrico concreto acabado integral)

Acabado de piso  $100 \text{ kg/m}^2$

Muros Interiores tablaroca  $80 \text{ kg/m}^2$  (de muro)

Plafond de Yeso  $30 \text{ kg/m}^2$

Incremento RCDF  $20 \text{ kg/m}^2$



### Losas Azoteas y Terraza

Peso propio losa concreto  $2400 \text{ kg/m}^3$  (peso volumétrico concreto acabado integral)

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Impermeabilizante        | $5 \text{ kg/m}^2$   |
| Enladrillado y entortado | $90 \text{ kg/m}^2$  |
| Relleno de tezontle      | $180 \text{ kg/m}^2$ |
| Plafond de Yeso          | $30 \text{ kg/m}^2$  |
| Incremento RCDF          | $20 \text{ kg/m}^2$  |

#### II.3.7.2.Carga viva

### Losas de Estacionamiento

|             |                      |
|-------------|----------------------|
| Máxima      | $250 \text{ kg/m}^2$ |
| Instantánea | $100 \text{ kg/m}^2$ |

Mas una carga concentrada de 1.5 ton en el lugar más desfavorable del elemento estructural que se trate.

### Losa Zona Salón de Usos Múltiples

|             |                      |
|-------------|----------------------|
| Máxima      | $350 \text{ kg/m}^2$ |
| Instantánea | $250 \text{ kg/m}^2$ |



### **Losa Zona Jardín y Terraza**

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| Máxima      | 170 kg/m <sup>2</sup> |
| Instantánea | 90 kg/m <sup>2</sup>  |

### **Losa de Departamentos**

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| Máxima      | 170 kg/m <sup>2</sup> |
| Instantánea | 90 kg/m <sup>2</sup>  |

### **Losa Gimnasio y Spa**

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| Máxima      | 350 kg/m <sup>2</sup> |
| Instantánea | 250 kg/m <sup>2</sup> |

### **Losas de Azoteas**

|             |                       |
|-------------|-----------------------|
| Máxima      | 100 kg/m <sup>2</sup> |
| Instantánea | 70 kg/m <sup>2</sup>  |

### **II.3.7.3.Cargas Accidentales**

#### **Análisis Sísmico**

Se considera que la acción accidental más desfavorable a la que estará sometida la estructura durante su vida útil corresponde a la acción sísmica. En esta memoria se utilizó el método dinámico modal-espectral para obtener las fuerzas horizontales producidas por sismo actuando en dos direcciones perpendiculares.

De acuerdo con el tipo de suelo las estructuras se localizarán en la zona I (terreno firme), y por su destino se clasifica dentro del grupo B del RCDF 93.





El espectro de diseño correspondiente se define por las expresiones mostradas a continuación:

$$a = \begin{cases} (1 + 3T/T_a) c/4 & \text{si } T \leq T_a \\ c & \text{si } T_a < T < T_b \\ (T_b/T)^r c & \text{si } T \geq T_b \end{cases}$$

donde:

$a$  = ordenada del espectro, expresada como fracción de la gravedad.

$T$  = periodo natural de vibración del modo considerado.

$T_a = 0.2$  seg.

$T_b = 0.6$  seg.

$c = 0.16$  (coeficiente sísmico).

$r = 0.5$ .

### Factor de comportamiento sísmico $Q$

El factor de comportamiento sísmico para esta estructura se tomó como  $Q = 2$ .

### Condiciones de Regularidad

La estructura no cumple con todas las condiciones de regularidad establecidas en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, por lo tanto, el factor de comportamiento sísmico se redujo 20%.

### Límite de desplazamientos para cargas laterales

Los desplazamientos relativos de entrepiso entre dos niveles consecutivos, debidos a cargas laterales, fueron limitados a  $0.006h$  como máximo, donde  $h$  es la altura de entrepiso. Para el cálculo de dichos desplazamientos no se consideró el factor de reducción  $Q$ .



### II.3.8. Análisis Estructural

Para el análisis del edificio se usó un modelo tridimensional basado en las hipótesis de comportamiento elástico lineal como lo permite el RCDF-93. Para el análisis de las losas postensadas se usó el programa SAFE, que se basa en el método del elemento finito.

### II.3.9. Combinaciones de carga

Cargas Gravitacionales

Carga permanente más carga viva máxima

$$1.4 * (W_{cm} + W_{cv \text{ máx}}) + \text{Presfuerzo}$$

Cargas Accidentales

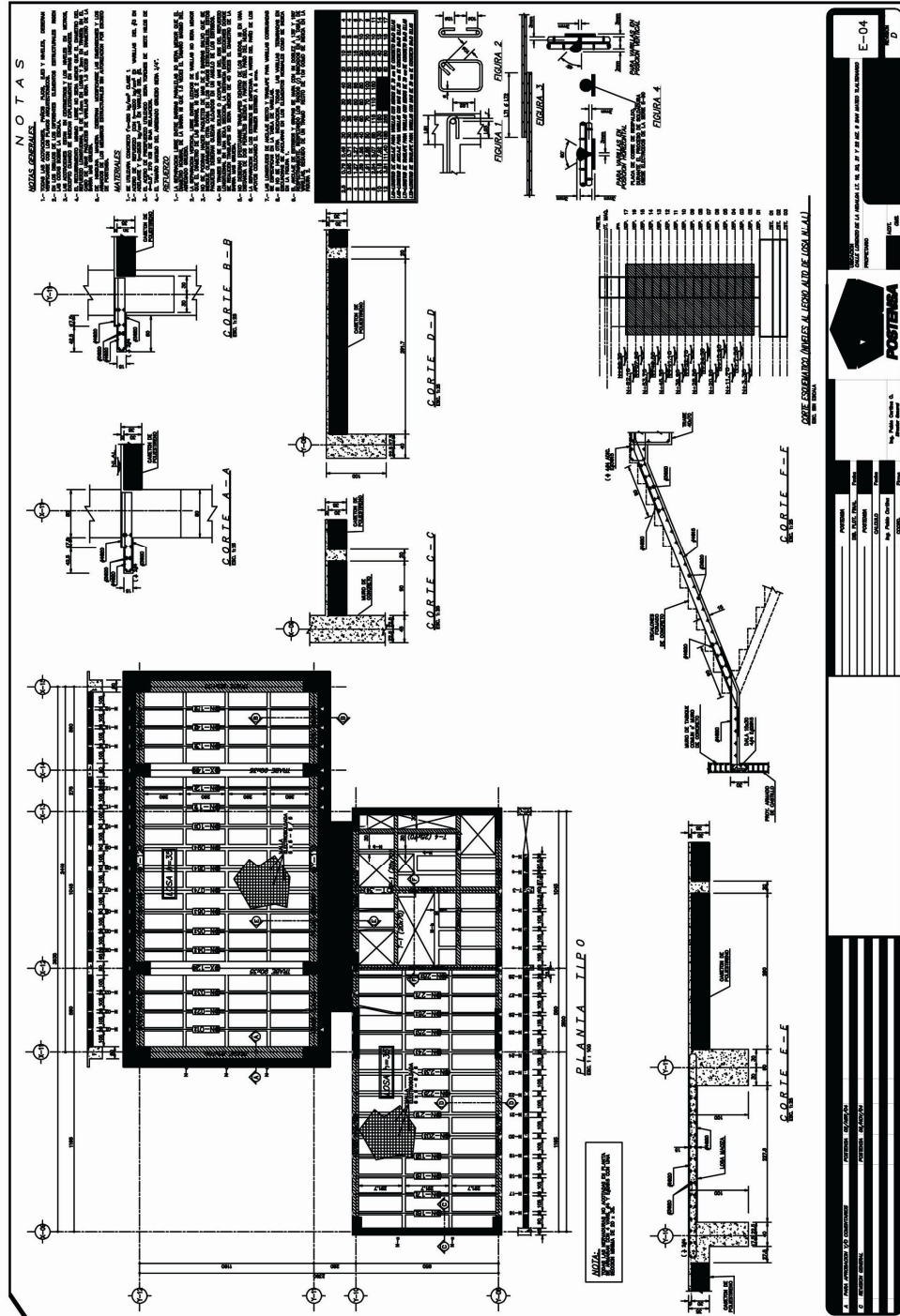
Carga permanente mas carga viva instantánea mas carga accidental

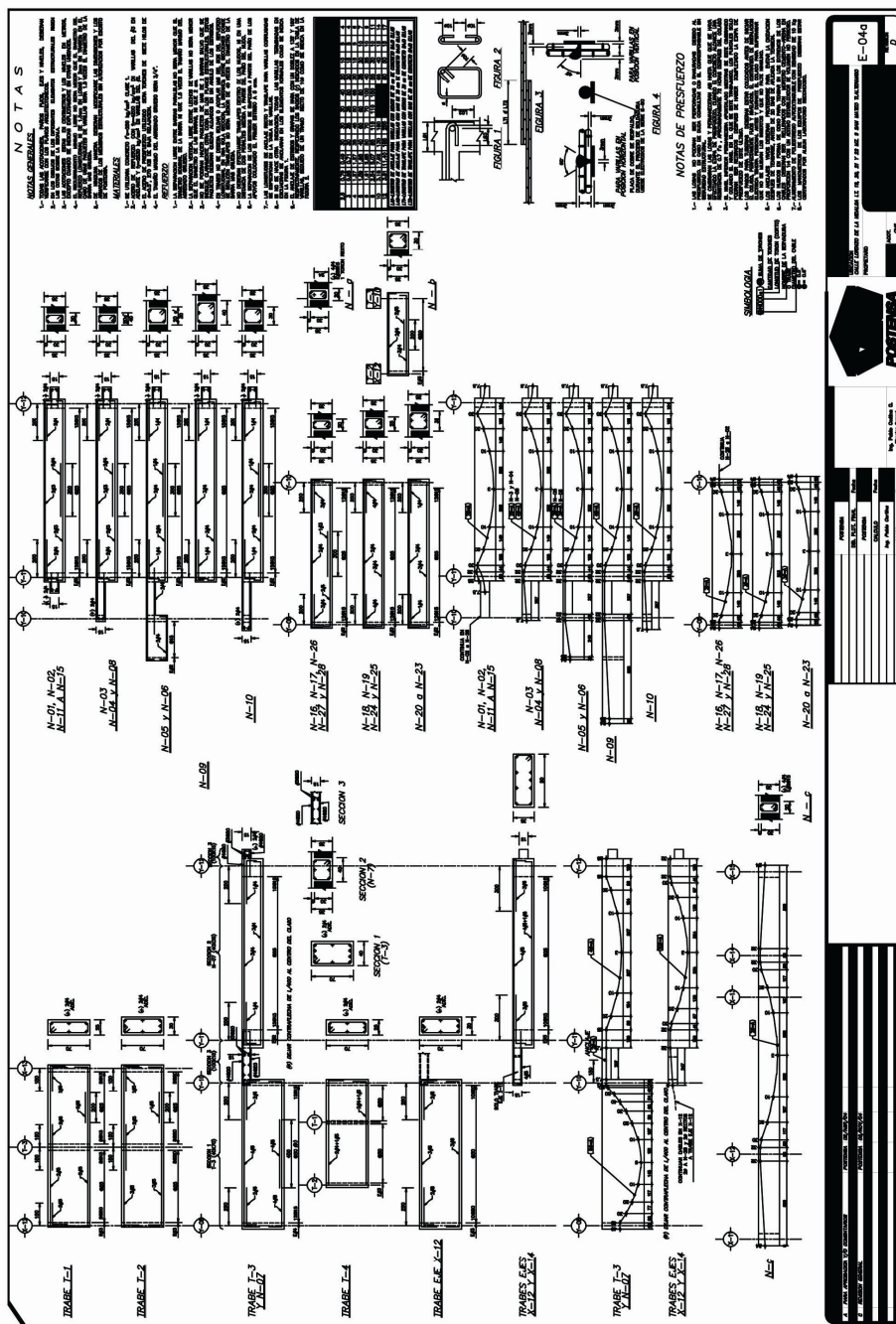
$$\text{Dirección X} = 1.1 (W_{cm} + W_{cv \text{ ins}} + F_{\text{accidental x}} + 0.3 F_{\text{accidental y}})$$

$$\text{Dirección Y} = 1.1 (W_{cm} + W_{cv \text{ ins}} + 0.3 F_{\text{accidental x}} + F_{\text{accidental y}})$$

x, y son subíndices que indican las direcciones, perpendiculares entre sí, de análisis de la estructura.

$$W_{cv \text{ ins}} = \text{carga viva instantánea}$$







## **II.4. Proyecto hidráulico, sanitario y de gas.**

### **II.4.1. Normas y reglamentos.**

Se deberán seguir e incorporar al diseño las siguientes normas y reglamentos:

Reglamentos de construcciones para el Distrito Federal

Normas Técnicas complementarias para instalaciones de agua potable y drenaje

**NPC**

National Plumbing Code

**NFPA**

National Fire Protection Association

**NOM-028-STPS-1993**

Código de colores para la identificación de fluidos en tuberías

**ASME**

American Society of Mechanical Engineers

### **II.4.2. Red de alimentación del sistema.**

#### **II.4.2.1. Red de alimentación de agua potable**

El sistema se abastecerá de la red municipal, con una toma domiciliaria, a partir de la que se alimentará una cisterna que contará con 2 cámaras, para facilitar la limpieza de las mismas.

Cisterna: Se ubicará en la parte central del predio y tendrá capacidad para almacenar 2 días de consumo de la torre más la reserva contra incendio.

Considerando la altura de la construcción, el sistema de la torre tendrá tres zonas de presión.

Para asegurar que la reserva contra incendio sea intocable, se instalará la succión de los equipos de bombeo por encima del volumen destinado para la protección contra incendio.

Todos los excusados y mingitorios deberán ser de bajo consumo y dispositivos economizadores de agua.

Los sistemas de agua potable se diseñarán para una velocidad máxima de 1.8m/s y caída máxima de presión de 5%.



#### II.4.2.2. Sistema de protección contra incendio.

Se proyectará un sistema de protección contra incendio a base de hidrantes, válvulas para toma de manguera de bomberos y extinguidores manuales, de acuerdo con las normas del reglamento de construcción del Distrito Federal.

El sistema contará con los siguientes elementos: toma siamesa, reserva en cisterna, equipo de bombeo eléctrico y de combustión interna (diesel), bomba sostenedora de presión (jockey) y redes de hidrantes con manguera de 30m. de longitud para cubrir la totalidad de área construida.

La reserva contra incendio total del edificio se almacenará en la cisterna central, en cuyo cuarto de maquinas se instalará un equipo de bombeo para abastecer la totalidad del sistema.

#### II.4.2.3. Drenaje sanitario.

Se diseñará un sistema de drenaje con doble ventilación para la totalidad de los muebles sanitarios, con descarga a la red municipal existente.

El diseño de la red de desagüe se llevará a cabo utilizando el método de Hunter para determinación de gastos y la formula de Manning para el cálculo de los conductos.

#### II.4.2.4. Drenaje pluvial

Dado que el proyecto cumple con el área libre permeable para recarga del acuífero solicitada por reglamento, adicionalmente se propone como método alternativo el uso de agua tratada en el riego de jardinería.

Para este efecto se diseña un tanque de almacenamiento para su reutilización.

El sistema se calcula con las recomendaciones de la dirección general de construcción y operación hidráulica del distrito federal.

La red será calculada utilizando el método racional americano para una lluvia de diseño con duración de 20 minutos y periodo de retorno de 10 años.



## MEMORIA DESCRIPTIVA Y DE CÁLCULO

| <b>Alimentación de agua potable</b> | <b>Torre 1</b> | <b>Torre 2</b> | <b>Total</b> |
|-------------------------------------|----------------|----------------|--------------|
| Consumo diario de agua potable      | 39.50          | 39.50          | 79.00        |
| Gasto medio diario, l/s:            | 0.46           | 0.46           | 0.91         |
| Gasto máximo diario, l/s:           | 0.55           | 0.55           | 1.10         |
| Gasto máximo horario l/s:           | 0.83           | 0.83           | 1.64         |

|                                           |       |       |
|-------------------------------------------|-------|-------|
| Número de unidades mueble de agua potable | 1,079 | 1,079 |
| Gasto máximo instantáneo, L/s:            | 10.94 | 10.94 |
| Volumen de cisterna agua potable:         |       | 260   |
| Diámetro de toma domiciliaría, mm:        |       | 38.1  |
| Velocidad en la toma domiciliaría, m/s:   |       | 0.96  |

| <b>Sistema de protección contra incendio</b> | <b>Torre 1</b> | <b>Torre 2</b> | <b>Total</b> |
|----------------------------------------------|----------------|----------------|--------------|
| Reserva contra incendio, m3:                 |                |                | 85.2         |
| Gasto equipos contra incendio, GPM:          |                |                | 250          |
| Carga equipos contra incendio, psi:          |                |                | 191.6        |

| <b>Drenaje sanitario</b>           | <b>Torre 1</b> | <b>Torre 2</b> | <b>Total</b> |
|------------------------------------|----------------|----------------|--------------|
| Gasto medio, L/s                   | 0.37           | 0.37           | 0.73         |
| Coeficiente de Harmon (pob equiv): | 4.15           | 4.39           | 4.06         |
| Gasto mínimo, L/s                  | 0.09           | 0.08           | 0.18         |
| Gasto máximo, L/s:                 | 1.54           | 1.62           | 2.96         |

|                                |       |       |  |
|--------------------------------|-------|-------|--|
| Unidades mueble de drenaje:    | 1,206 | 1,206 |  |
| Gasto máximo instantáneo, L/s: | 14.74 | 14.74 |  |

| <b>Drenaje pluvial</b>          | <b>Torre 1</b> | <b>Torre 2</b> | <b>total</b> |
|---------------------------------|----------------|----------------|--------------|
| Área de aportación pluvial, m2: |                |                | 12,000       |
| Coeficiente de escurrimiento:   |                |                | 0.60         |
| Intensidad de lluvia, mm/h:     |                |                | 90.0         |
| Gasto máximo pluvial, L/s:      |                |                | 180.09       |

| <b>Red de riego</b>                    | <b>Torre 1</b> | <b>Torre 2</b> | <b>Total</b> |
|----------------------------------------|----------------|----------------|--------------|
| Área verde por regar, m2:              |                |                | 3,000.00     |
| Lámina de riego considerada, L/m2/día. |                |                | 3.3          |
| Número de horas de riego, L/s:         |                |                | 8            |
| Gasto máximo de toma agua tratada, mm: |                |                | 2            |
| Diámetro de toma agua tratada, mm:     |                |                | 32.0         |
| Volumen de cisterna agua tratada, m3:  |                |                | 30           |





### II.4.3. Alimentaciones

#### II.4.3.1. Cálculo de consumos

|                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| Consumo diario             | 79.0 m <sup>3</sup> /día |
| Gasto medio diario, L/s:   | 0.91 L/s                 |
| Gasto máximo diario, L/s:  | 1.10 L/s                 |
| Gasto máximo horario, L/s: | 1.64 L/s                 |

#### II.4.3.2. Toma de agua potable

Se calcula con el gasto máximo diario, con una velocidad de 1.00 m/s.

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Donde:

d: diámetro en la toma, m.

Q: gasto de proyecto, m<sup>3</sup>/s.

V: velocidad en la toma, m/s,

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Consumo diario:            | 79.0 m <sup>3</sup> |
| Gasto de proyecto:         | 1.10 L/s            |
| Diámetro de Cálculo:       | 37.36 mm.           |
| Diámetro comercial:        | 38.1 mm. (1.1/2")   |
| Velocidad real en la toma: | 0.96 m/s.           |



#### II.4.3.3. Volumen de almacenamiento de agua potable

Se calcula una cisterna para almacenar 2 días de consumo más la reserva contra incendio del Conjunto.

$$\begin{aligned}\text{Consumo diario} &= 79 \text{ m}^3 \\ \times 2 \text{ días} &= 158 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Reserva contra incendio:

De acuerdo con NFPA, el volumen de la reserva se calcula de la siguiente manera:

Volumen de mangueras interiores y exteriores x la duración indicada.

|                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| Gasto mangueras =               | 250 GPM             |
| Duración mínima (tabla 5-2.3) = | 90 minutos          |
| Volumen de reserva =            | 22,500 galones      |
| Reserva =                       | 85.2 m <sup>3</sup> |

$$\text{Suma: } 243.1 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen cisterna agua potable} = 260 \text{ m}^3$$



#### II.4.3.4.Redes de alimentación de agua potable

Las redes se calculan con el gasto máximo instantáneo obtenido con el Método Probabilístico de Hunter, al 80%.

Las pérdidas de carga por fricción se calculan con la fórmula de Hazen-Williams:

$$H = \left[ \frac{Q}{C \times d^{2.63} \times 0.017744} \right]^{1.852} \times L$$

HF = Pérdida de carga por fricción, m

Q = Gasto de proyecto, L/s

C = Coeficiente de rugosidad

d = Diámetro del conducto, pulg.

L = Longitud del tramo, m



#### II.4.4. Equipos de bombeo.

##### II.4.4.1. Equipo de bombeo torre 1

Consiste en un equipo dúplex de bombeo para el 50% del gasto máximo instantáneo, las bombas manejarán el total del gasto cada una.

Número de Unidades Mueble: 1,079  
Gasto máximo instantáneo: 10.94 L/s

Carga manométrica total: Se calcula con la siguiente expresión:

$$HMT = HS + HE + HF + HU$$

Donde:

HMT = Carga manométrica total, m.  
HS = Carga de succión, m  
HE = Carga estática, m  
HF = Pérdida de carga por fricción, m  
HU = Carga útil, m

Carga manométrica total:

|      |         |
|------|---------|
| HS = | 0.00 m. |
| HE = | 90.0 m. |
| HF = | 5.00 m. |
| HU = | 3.00 m. |
| HMT= | 98.0 m. |

$$Potencia = \left[ \frac{Q_{\text{máx}} \cdot H}{75 \eta} \right]$$

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Gasto total =          | 5.47 L/s |
| Carga total =          | 98.00 m. |
| Eficiencia considerada | 60%      |
| Potencia teórica =     | 11.75 HP |



Se selecciona un equipo con las siguientes características:

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Marca:                     | TACO                |
| Número de bombas:          | 2 (dos)             |
| Capacidad de diseño, L/s:  | 5.47                |
| Carga de diseño, m:        | 98.00               |
| Tipo:                      | Vertical multipasos |
| Modelo:                    | VM - 1004 B         |
| Tamaño:                    | 2 1/2 x 2 1/2       |
| Potencia motor bomba, H.P. | 15                  |
| Velocidad:                 | 3,500               |
| Ciclos, fases, volts:      | 60/3/220            |
| Tablero eléctrico:         | Mod T2T 43-0150     |

#### II.4.4.2. Equipo de bombeo torre 2

Consiste en un equipo dúplex de bombeo para el 50% del gasto máximo instantáneo, las bombas manejarán el total del gasto cada una.

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| Número de Unidades Mueble: | 1,079     |
| Gasto máximo instantáneo:  | 10.94 L/s |

Carga manométrica total: Se calcula con la siguiente expresión:

$$HMT = HS + HE + HF + HU$$

Done:

HMT = Carga manométrica total, m.  
HS = Carga de succión, m  
HE = Carga estática, m  
HF = Pérdida de carga por fricción, m  
HU = Carga útil, m



“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Carga manométrica total:

|      |         |
|------|---------|
| HS=  | 0.00 m. |
| HE=  | 90.0 m. |
| HF=  | 5.00 m. |
| HU=  | 3.00 m. |
| HMT= | 98.0 m. |

Potencia Teórica =  $Q \times H / 76 \times e$

|                        |          |
|------------------------|----------|
| Gasto total =          | 5.47 L/s |
| Carga total =          | 98.00 m. |
| Eficiencia considerada | 60%      |
| =                      |          |
| Potencia teórica =     | 11.75 HP |

Se selecciona un equipo con las siguientes características:

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Marca:                     | TACO                |
| Número de bombas:          | 2 (dos)             |
| Capacidad de diseño, L/s:  | 5.47                |
| Carga de diseño, m:        | 98.00               |
| Tipo:                      | Vertical multipasos |
| Modelo:                    | VM - 1004 B         |
| Tamaño:                    | 2 1/2 x 2 1/2       |
| Potencia motor bomba, H.P. | 15                  |
| Velocidad:                 | 3,500               |
| Ciclos, fases, volts:      | 60/3/220            |
| Tablero eléctrico:         | Mod T2T 43-0150     |



#### II.4.4.3 Equipos Hidroneumáticos en azotea

Consiste en dos equipos hidroneumáticos de bombeo para el gasto máximo instantáneo los niveles 16, 17 y SPA, con objeto de abastecer con la presión adecuada esos niveles

Número de Unidades Mueble: 157  
Gasto máximo instantáneo: 3.63 L/s

Carga manométrica total:

|      |         |
|------|---------|
| HS = | 0.00 m. |
| HE=  | 0.00 m. |
| HF = | 7.50 m. |
| HU=  | 15.0 m. |
| HMT= | 22.5 m. |

Potencia Teórica =  $Q \times H / 76 \times e$

|                    |          |
|--------------------|----------|
| Gasto total =      | 3.63 L/s |
| Carga total =      | 22.50 m. |
| Eficiencia         | 60%      |
| considerada =      |          |
| Potencia teórica = | 1.79 HP  |

Se selecciona un equipo con las siguientes características:

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Marca:                      |          |
| Número de bombas:           | 2 (dos)  |
| Capacidad de diseño, Lis:   | 3.63     |
| Carga de diseño, m:         | 22.50    |
| Potencia motor bomba, H.P.: | 3        |
| Velocidad:                  | 3,500    |
| Ciclos, fases, volts:       | 60/3/440 |





#### II.4.5. Sistema de drenaje.

##### II.4.5.1. Drenaje Sanitario

Es de tipo separado, es decir que se conducirán las aguas negras y las pluviales por separado.

Los gastos de aguas negras se calcularán con el Método de Hunter:

Determinación de Unidades Mueble de Aguas Negras

| MUEBLE    | U.M. |
|-----------|------|
| Excusado  | 4    |
| Lavabo    | 2    |
| Regadera  | 2    |
| Lavadero  | 2    |
| Lavadora  | 3    |
| Fregadero | 3    |
| Lava loza | 3    |

La capacidad de las tuberías de drenaje se calcula con la Fórmula de Manning:

$$Q = \frac{A}{42.4} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = Gasto del conducto,  $m^3/s$ .

A = Área hidráulica,  $m^2$ .

R = Radio hidráulico, m.

S = Pendiente hidráulica,  $m/m$



#### II.4.5.2.Drenaje Pluvial

Los gastos pluviales se calculan con el Método Racional Americano:

$$Q = \frac{CiA}{3,600}$$

Donde:

Q = Gasto pluvial, L/s.

C = Coeficiente de escurrimiento

i = Intensidad de lluvia, mm/h.

A = Área de aportación, m<sup>2</sup>.

Intensidad de lluvia:

Para la Estación No. 18 "Monte Altái y Nevada", la altura de lluvia para un periodo de retorno de 5 años y duración de 30 minutos, (Hp base) es la siguiente:

$$Hp \text{ base} = 34.5 \text{ mm}$$

Igualando la duración al tiempo de concentración para un valor de 20 minutos, adecuado para este tipo de azoteas se tiene:

La altura de lluvia Hp de diseño se obtiene con la siguiente expresión:

$$Hp (5,20) = Hp \text{ base} \times F_{rt} \times F_d \times F_a$$

Donde:

Hp (5,20) = Lluvia media asociada a periodo de retorno 5 años y duración 20 minutos.

Hp base = Lluvia media asociada a periodo de retorno 5 años y duración 30 minutos.

F<sub>rt</sub> = Factor de ajuste por periodo de retorno

F<sub>d</sub> = Factor de ajuste por duración F<sub>a</sub> = Factor de ajuste por área

$$Hp (5,20) = 34.5 \times 1.0 \times 0.87 \times 1.0$$

$$Hp (5,20) = 30.02 \text{ mm}$$



“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Intensidad de lluvia:

$$I (tr,d) = 60 H_p (tr,d) / t_c$$

Donde =

$I (tr,d)$  = Intensidad de lluvia asociada a un periodo de retorno y duración.

$H_p (tr,d)$  = Lluvia media asociada a un periodo de retorno y duración.

$t_c$  = Tiempo de concentración (20 minutos)

$$I (5,20) = 60 ( 30.02 ) / 20$$

$$I (5,20) = 90.05 \text{ mm}$$

Coeficiente de escurrimiento:

Se utilizará un valor de 0.60, adecuado para este tipo de construcciones. (El Manual de Hidráulica Urbana del Distrito Federal recomienda valores entre 0.40 y 0.60).

$$\text{Coeficiente de escurrimiento} = 0.60$$

Gasto pluvial:

$$Q = \frac{CIA}{3,600} =$$

$$Q = 0.60 (90.05) 12,000 / 3.600$$

$$Q = 180.09 \text{ L/s}$$



## II.4.6. Sistema de protección contra incendio.

### II.4.6.1. Descripción del Sistema

Se proyectará un sistema de protección contra incendio a base de hidrantes, en 1 zona de presión que contará con los siguientes elementos: toma siamesa, reserva en cisterna, equipos de bombeo con motor eléctrico y de combustión interna, hidrantes con manguera de 30m. de longitud, hidrantes, extinguidores manuales de polvo químico ABC y areneros en la zona de estacionamiento.

El sistema contará con tres bombas: una eléctrica, una acoplada a motor de combustión interna (diesel), y una tercera sostenedora de presión "jockey"

Gasto de proyecto = 250 GPM

### II.4.6.2. Selección del equipo de bombeo

Q. bombas = 250 GPM

Q. bombas = 15.77 l/s

Carga manométrica total:

|              |             |
|--------------|-------------|
| HS=          | 0.00 m.     |
| HE =         | 90.00 m.    |
| HF SUCCIÓN = | 1.75 m.     |
| HF DESCARGA= | 2.50 m.     |
| HF RISERS =  | 5.00 m.     |
| HU=          | 35.47 m.    |
| HMT=         | 134.72 m.   |
| HMT=         | 191.64 psi. |

Potencia Teórica =  $Q \times H / 76 \times e$

Eficiencia = 50%

Potencia teórica = 55.92 HP

Motor comercial = 75 HP



“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



BOMBAS JOCKEY:

Se seleccionan para el 1% del gasto de proyecto y el 110% de la carga.

Se seleccionan bombas con las siguientes características:

Bomba eléctrica:

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| Marca:                | Goulds    |
| Modelo:               | 21/2X3X10 |
| Gasto, L/s:           | 15.77     |
| Carga de diseño, m:   | 134.72    |
| Potencia del motor,   | 75        |
| HP: Velocidad, RPM:   | 3500      |
| Ciclos, Fases, Volts: | 60/3/220  |

Bomba de combustión interna:

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| Marca:              | Goulds      |
| Modelo:             | 2 1/2 X 3 X |
| Gasto, Lis:         | 15.77       |
| Carga de diseño, m: | 134.72      |
| Tipo de             | Diesel      |
| combustible:        |             |
| Velocidad, RPM:     | 3000        |

Bomba sostenedora de presión (jockey):

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Marca:                | Grundfos     |
| Modelo:               |              |
| Gasto, L/s:           | 3.15         |
| Carga de diseño, m:   | 80.47        |
| Potencia del motor,   |              |
| HP:                   |              |
| Velocidad, RPM:       | 3500         |
| Ciclos, Fases, Volts: | 60/3/220-440 |



#### II.4.7. Red de riego.

La red se alimentará de una cisterna de agua tratada con capacidad para 1 día del máximo consumo, utilizando un equipo duplex de bombeo operado con un controlador que operará además las válvulas solenoide de los sets particulares.

Para lograr la mejor distribución de las cargas en la red, se propone un circuito cerrado, a partir del que se alimentarán los sets de riego.

|                                                  |       |
|--------------------------------------------------|-------|
| Área verde, m <sup>2</sup> :                     | 3,000 |
| Lámina de riego de diseño, Um <sup>2</sup> /día: | 3.3   |
| Consumo diario de riego, m <sup>3</sup> :        | 9.90  |
| Gasto por set, L/s:                              | 2.00  |
| Número de sets:                                  | 1     |
| Número de horas de riego por día:                | 8.0   |
| Volumen de cisterna, m <sup>3</sup> :            | 30    |
| Gasto equipo de bombeo, L/s:                     | 2.00  |
| Carga equipo de bombeo, m:                       | 30.0  |
| Caballaje bombeo, HP:                            | 2.0   |

##### II.4.7.1. Calculo de consumos

|            | Dotación                | Total diario<br>(m <sup>3</sup> ) |
|------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Área verde | 8 L/m <sup>2</sup> /día | 24.0                              |

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Consumo diario            | 24.0 m <sup>3</sup> /día |
| Gasto medio diario. L/s:  | 0.28 L/s                 |
| Gasto máximo diario. L/s: | 0.33 L/s                 |

Determinación del número de horas de riego requeridas:

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| Lámina de diseño:        | 5 L/m <sup>2</sup> /día |
| Precipitación de diseño: | 0.005 m/día             |
| Precipitación de diseño: | 0.20 in/día             |



Precipitación aspensor seleccionado: 1.83 in/hora

Tiempo para proporcionar lámina diseño: 0.11 hora  
Tiempo para proporcionar lámina diseño: 6.45 minutos  
Tiempo efectivo de riego (para xx sets): 1.72 horas

#### II.4.7.2.Linea de llenado a la cisterna

Se calcula con el gasto máximo diario, con una velocidad de 1.00 m/s.

Donde:  $d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$

d: diámetro en la toma, m.  
Q: gasto de proyecto, m<sup>3</sup>/s.  
V: velocidad en la toma, m/s.

|                                                 |                     |
|-------------------------------------------------|---------------------|
| Consumo diario:                                 | 24.0 m <sup>3</sup> |
| Gasto de proyecto (para 12 hrs. de suministro): | 0.67 L/s            |
| Diámetro de Cálculo:                            | 29.13 mm.           |
| Diámetro comercial:                             | 1.0 mm. (")         |
| Velocidad real en la toma:                      | 848.83 m/s.         |

#### II.4.7.3.Volumen de almacenamiento de agua

Se calcula una cisterna para almacenar 1 día del consumo máximo

|                       |                     |
|-----------------------|---------------------|
| Consumo diario =      | 24.0 m <sup>3</sup> |
| x 1 día =             | 24.0 m <sup>3</sup> |
| Volumen de cisterna = | 24 m <sup>3</sup>   |



#### II.4.8. Redes de distribución.

Las pérdidas de carga por fricción se calculan con la fórmula de Hazen-Williams, el circuito principal se calcula utilizando el Método de Cross:

$$H = \left[ \frac{Q}{C \times d^{2.63} \times 0.017744} \right]^{1.852} \times L$$

Donde:

HF = Pérdida de carga por fricción, m

Q = Gasto de proyecto, L/s

C = Coeficiente de rugosidad

d = Diámetro del conducto, plug.

L = Longitud del tramo, m

Resultados:

Pérdida de carga en un set típico = 4.58 m

#### II.4.9. Equipo de bombeo.

Consiste en un equipo dúplex de bombeo para operar un set de riego simultáneamente.

Gasto equipo de bombeo: 2.00 l/s

Carga manométrica total: Se calcula con la siguiente expresión:

$$HMT = HS + HE + HF + HU$$

Done:

HMT = Carga manométrica total, m.

HS = Carga de succión, m

HE = Carga estática, m

HF = Pérdida de carga por fricción, m

HU = Carga útil, m





“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Carga manométrica total:

|      |          |
|------|----------|
| HS=  | 0.00 m.  |
| HE=  | 11.00 m. |
| HF = | 4,58 m.  |
| HU=  | 14.00 m. |
| HMT= | 29.58 m. |

$$Potencia = \left[ \frac{Q_{wh}}{76\eta} \right]$$

|                             |          |
|-----------------------------|----------|
| Gasto total =               | 2.00 L/s |
| Carga total =               | 29.58 m. |
| Eficiencia<br>considerada = | 60%      |
| Potencia teórica =          | 1.30 HP  |

Se selecciona un equipo con las siguientes características:

|                           |          |
|---------------------------|----------|
| Marca:                    |          |
| Número de bombas:         | 2 (dos)  |
| Capacidad de diseño, L/s: | 2.01     |
| Carga de diseño, m:       | 29.00    |
| Potencia motor bomba, H.P | 2.0      |
| Velocidad:                | 3500     |
| Ciclos, fases, volts:     | 60/3/440 |



“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Anexo 1. Calculo de consumos de agua potable

Conjunto:

Torre 1

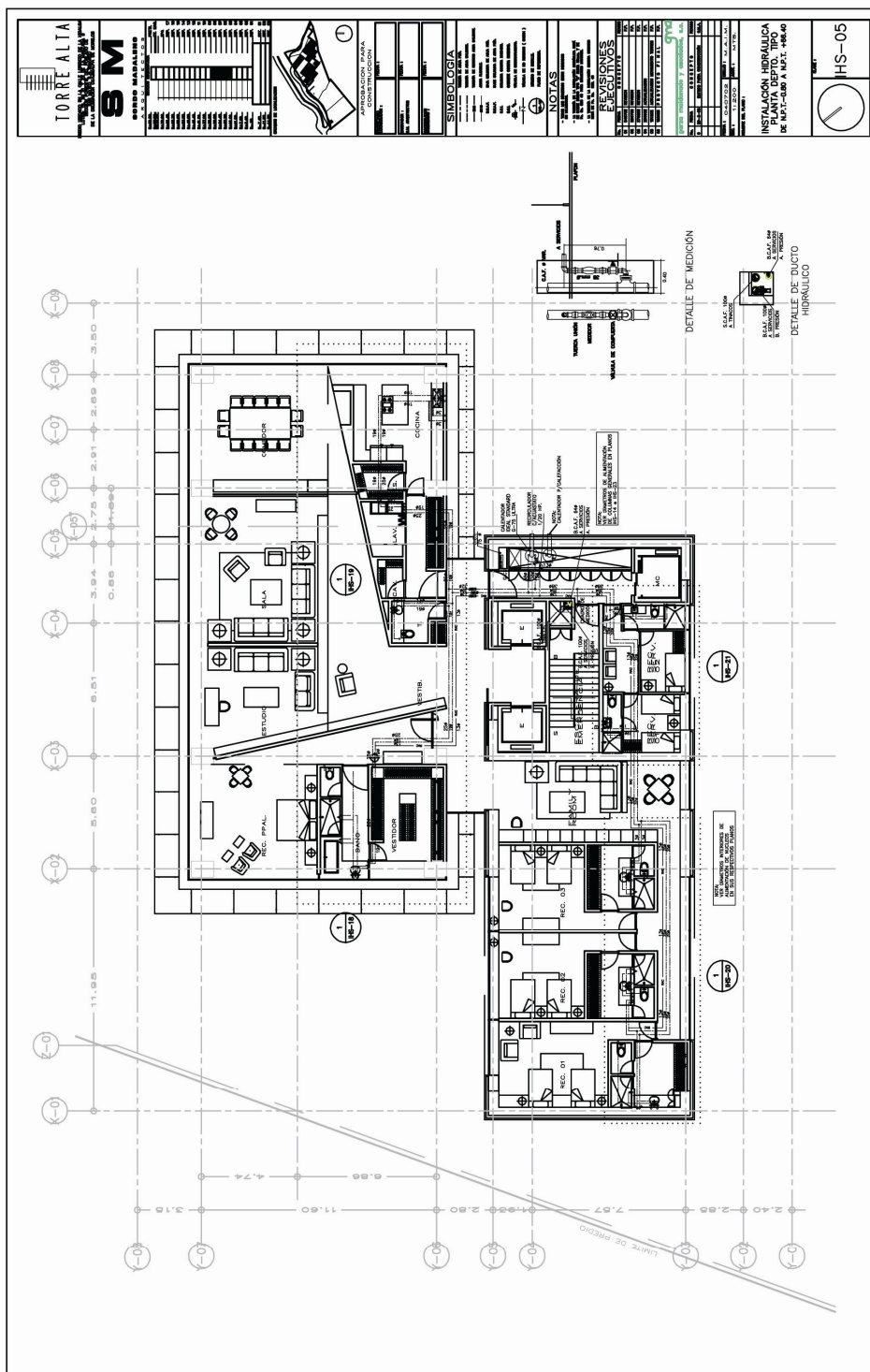
| Concepto       |             | No. Unidad  | Dotación<br>(L/per/día) | Consumo |
|----------------|-------------|-------------|-------------------------|---------|
| Edificio 1     | 17 Deptos.  | 136 per     | 250                     | 34.0    |
| Acceso         | 5 empleados | 5 empleados | 75                      | 0.4     |
| Usos múltiples | 34 usuarios | 34 usuarios | 150                     | 5.1     |

Torre 2

| Concepto       |             | No. Unidad  | Dotación<br>(L/per/día) | Consumo |
|----------------|-------------|-------------|-------------------------|---------|
| Edificio 2     | 17 Deptos.  | 136 per     | 250                     | 34.0    |
| Acceso         | 5 empleados | 5 empleados | 75                      | 0.4     |
| Usos múltiples | 34 usuarios | 34 usuarios | 150                     | 5.1     |

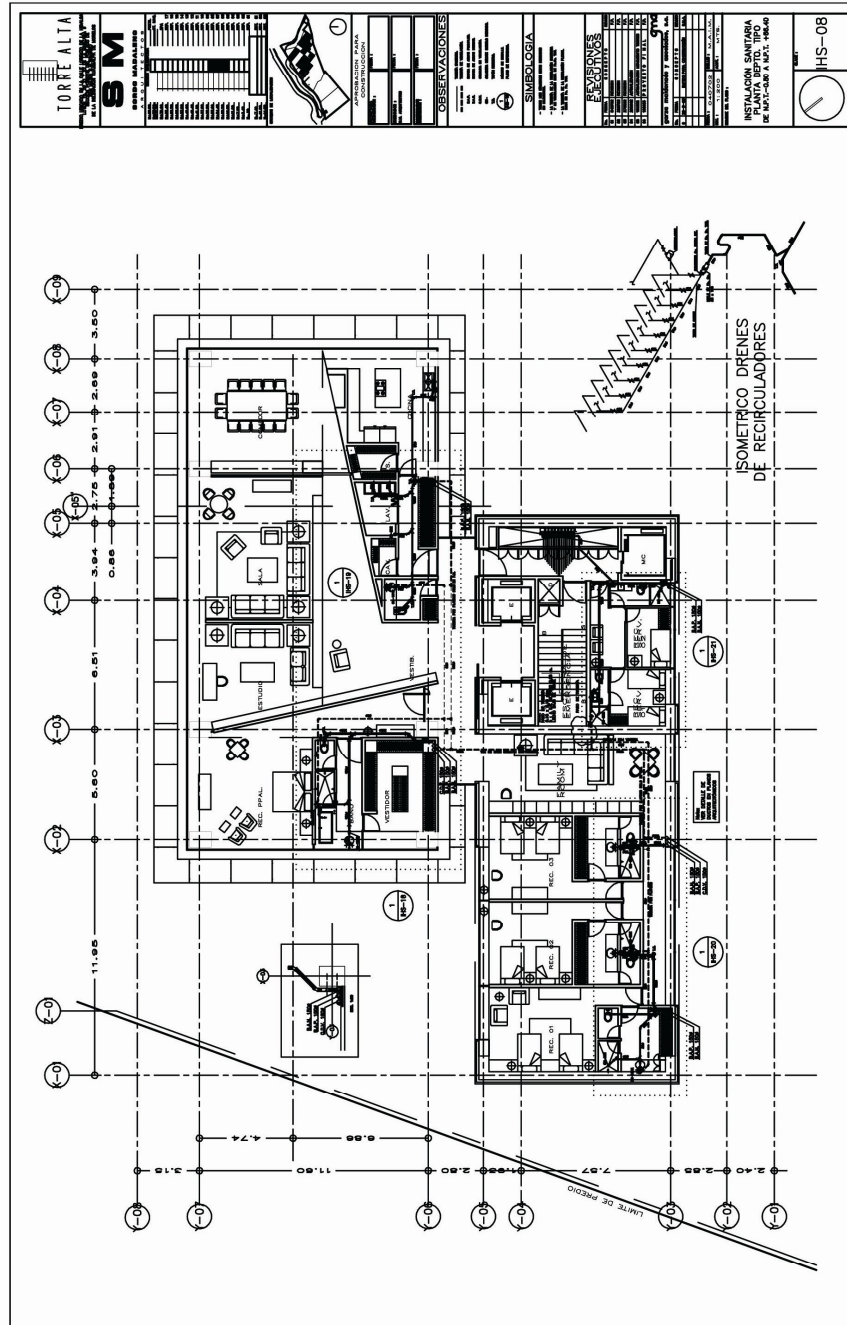
Consumo diario

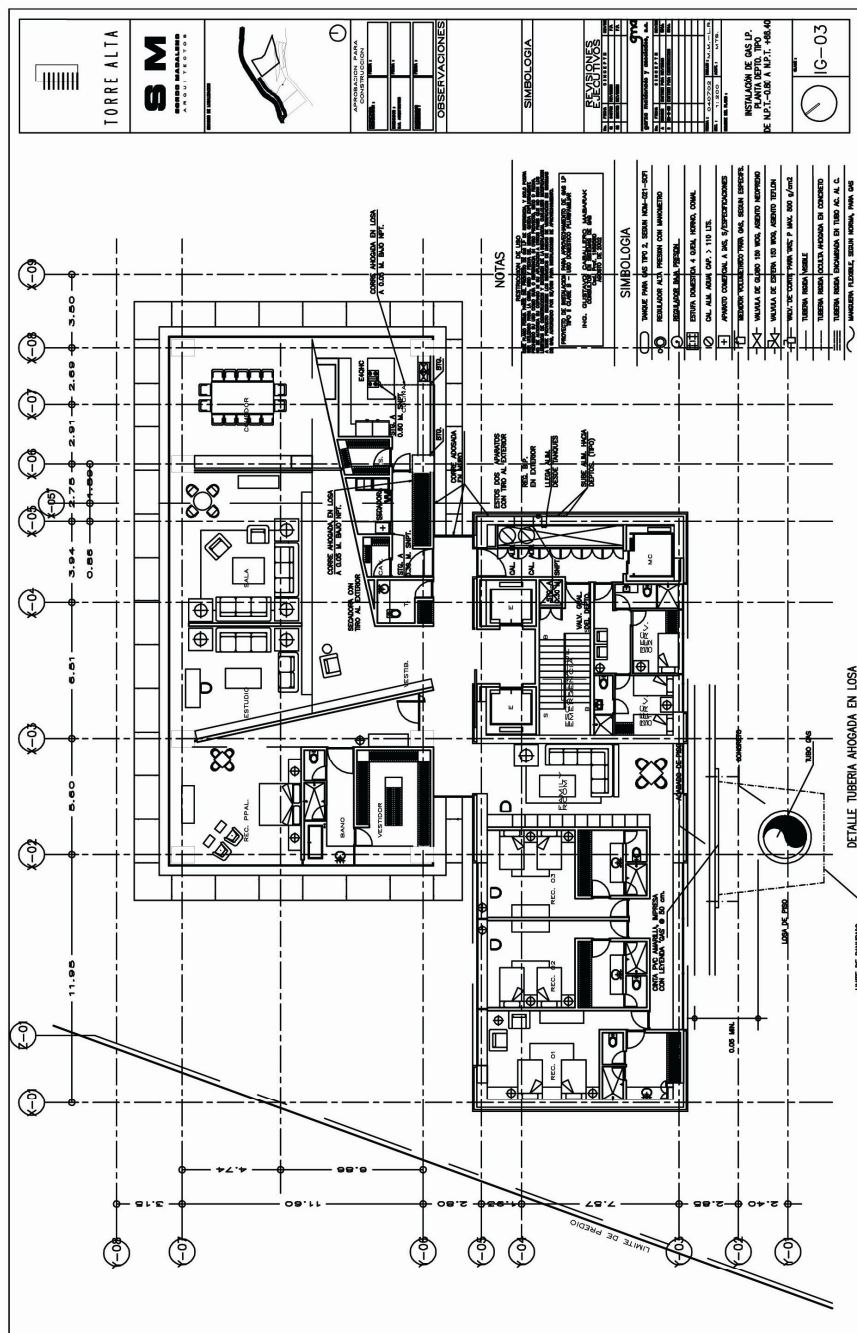
39.5 m3/día





"Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal"







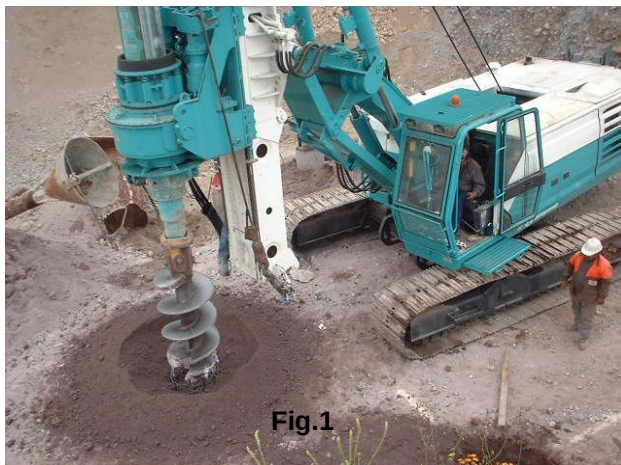


### III Procedimiento de Construcción

#### III.1. Cimentación.

A continuación se presentan las recomendaciones generales para la construcción de pilas coladas en sitio, requeridas en la zona norte:

a) Se efectuará la excavación con equipo mecánico empleando broca helicoidal o bote (Fig.1.) utilizando ademe metálico recuperable en caso de ser inestables (Fig.2.) una vez que se alcance el estrato de apoyo, deberá limpiarse el fondo de la perforación de materiales sueltos con herramientas, de limpieza para garantizar el apoyo adecuado de las pilas.



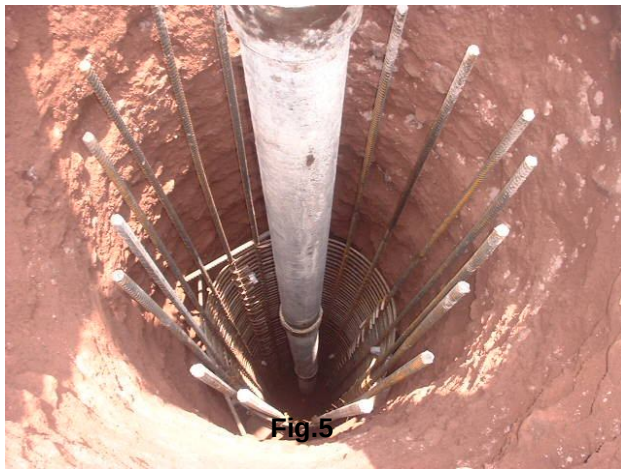
b) Una vez terminada la perforación, se procederá de inmediato a la colocación del acero de refuerzo (Fig.4) previamente habilitado (Fig.3) con separadores para garantizar el recubrimiento libre mínimo de 5 cm entre paños de estribos y perforación.







c) Inmediatamente después de instalar el acero de refuerzo se iniciará la colocación del concreto con el procedimiento del tubo tremie (Fig.5.), *para* evitar la segregación de éste por caída libre, manteniendo el extremo inferior del tambo embebido en el concreto un mínimo del 1.5m. (Fig.6.); el revenimiento será de  $20 \pm 2$  cm; por ningún motivo se deberá suspender colocación del concreto hasta completar la pila en construcción.



d) Se excavará el área de cimentación hasta la profundidad de desplante de las contratraves de liga; en el fondo se colocará una plantilla de concreto pobre de 5 cm. de espesor (Fig.7.); posteriormente demolerá el concreto contaminado de la parte superior de las pilas y se continuará con la construcción de las contratraves, ligando los armados de las pilas (Fig.8.).







### III.2. Estructura.

Los elementos estructurales fueron dimensionados conforme a los criterios de estados límite de falla y de servicio, especificados en el RCDF-93 y sus NTC correspondientes. Para los estados límites de servicio en las losas se utilizó una deformación permisible de  $L/750$ , donde  $L$  es la longitud del claro.

#### Diseño de Columnas

Las columnas fueron diseñadas utilizando el programa RCBuildings cumpliendo con los requisitos establecidos en los capítulos 2, 3, 4.2 y 4.5 de las NTC de concreto.

#### Diseño de Trabes

El diseño de las trabes postensadas fué realizado de acuerdo a lo establecido en los capítulos 2, 3 y 4.1 de las NTC Concreto.

#### Diseño de Losas Postensadas

Las losas postensadas se diseñan de acuerdo al capítulo 7.7 de las mismas normas. El criterio adoptado en el diseño del presfuerzo, considera al mismo como una fuerza reactiva en la estructura que equilibra la acción de las demás fuerzas.

El criterio de diseño de los entrepisos se realiza utilizando el presfuerzo como carga reactiva a las cargas verticales, no se toma en cuenta la compresión debido a que se mantiene en niveles bajos de esfuerzo, de otra manera este esfuerzo produciría acortamientos importantes que no son deseables en una estructura continua.



Adicionalmente al presfuerzo, todas las nervaduras y las trabes postensadas llevarán refuerzo que, además de lo establecido en el capítulo 7.7 de las normas, cumple con las siguientes condiciones:

- a) Refuerzo mínimo por temperatura en cualquier zona de los elementos estructurales postensados.
- b) Refuerzo en cuñas que resulten con tensión; este refuerzo se calcula con un esfuerzo de tensión máximo en el acero de  $1200 \text{ kg/cm}^2$ .
- c) Refuerzo en cantidad de  $0.004A_c$  en zonas de momento máximo, donde  $A_c$  es el área de concreto en tensión a partir del eje neutro.
- d) Refuerzo suficiente para soportar un momento último igual a la suma de la carga muerta y la carga viva, multiplicada por un factor de carga de 1.4 menos el presfuerzo por un factor unitario.
- e) Refuerzo en anclajes monotorón consistente en 2 varillas del # 3 con longitud de 30cm.
- f) Refuerzo en zonas de gran concentración de anclajes cuyo objeto es conducir estos esfuerzos evitando fisuras producidas por esfuerzos cortantes.

Cuando por razones de construcción sea necesario realizar el postensado en un lugar intermedio, se elegirá el corte de colado en el lugar donde la traza de los cables coincida con el centro de gravedad de la sección. Se colocará un anclaje intermedio que permita postensar la fracción colada y después continuar dicho presfuerzo en el resto del elemento por colar.

El diseño contempla poder sobretensar los cables hasta una tensión instantánea del 80% del esfuerzo de fluencia del cable para absorber pérdidas por fricción, acuñamiento, acortamiento diferido del concreto y relajación del acero. El acortamiento elástico se absorbe instantáneamente.



El coeficiente de fricción se determina en la obra al comparar dos cables de la misma longitud, uno de ellos con traza recta y el otro con la traza curva de diseño. Al darles la misma tensión, los alargamientos no son iguales, esto debido a la diferencia de fricción entre ellos. Esta prueba permite afinar y ajustar el diseño en su caso y a su vez determinar los alargamientos probables del resto de los cables en función del esfuerzo de tensado.

Para la aplicación y distribución del presfuerzo se utilizan cables monotorones formados por 7 alambres engrasados dentro de una funda de PVC, la que garantiza el aislamiento del cable contra elementos exteriores y elimina el riesgo de corrosión al evitar el contacto de los alambres con las sales del concreto y con la intemperie.

El diseño de los entrepisos postensados se realizó para una flecha máxima de  $L/800$ , donde  $L$  es el claro libre entre paños de apoyos, para las diferentes combinaciones de carga que se utilizan en los entrepisos en condiciones de servicio. Las combinaciones de carga usadas para el diseño son las siguientes:

- 1.- Peso propio de la estructura más presfuerzo.
- 2.- Carga Muerta mas Carga Viva más presfuerzo.

La flecha máxima en obra no excederá  $L/500$ .



### III.3. Acabados

#### III.3.1. Acabados del departamento tipo.

##### Muros divisores.

- Los muros divisorios serán de durock, tablaroca o similares de 15cm de espesor con aislante acústico.
- Para el cubo del elevador los muros serán de concreto armado.
- No se tienen considerados muros de carga, excepto para el cubo de escaleras y elevadores.

##### Instalación sanitaria.

- Para la instalación sanitaria se contemplan tubos de ventilación de p.v.c. de 32 x 38mm. para aguas negras, tuberías de fierro fundido de 50mm. en adelante; así también las bajadas pluviales, con tuberías y conexiones de fierro fundido, todas las instalaciones irán ocultas en el entrepiso.
- Las marcas que se usaran son:

- |                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| ✓ Fierro fundido | TISA o similar          |
| ✓ P.v.c.         | PLASTICOS REX o similar |
| ✓ Coladeras      | HEIVEX o similar        |

##### Instalación hidráulica.

- Instalación hidráulica de cobre de diámetro variable con conexiones de bronce.
- Válvulas de cierre ubicadas debajo de los muebles de baño en c/u.
- Llave de cierre para cada departamento, toda la tubería ira oculta por plafón. Para el sistema contra incendio se usara tubería de acero galvanizado.
- Cisterna con capacidad para cinco días sin agua, cada departamento contara con su registro y medición de toma de agua.
- Las marcas a usarse son:

- |                                   |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| ✓ Tuberías de acero galvanizado   | Tubería nacional, S.A. o similar |
| ✓ Conexiones de acero galvanizado | Cifusa o similar                 |
| ✓ Tubería de cobre                | Anaconda nacional o similar      |
| ✓ Conexiones de cobre             | Urrea similar                    |
| ✓ Válvulas de bronce              | Urrea similar                    |



#### Instalación eléctrica e iluminación.

- La instalación eléctrica ira oculta en pisos, muros y plafones por tubería de conduit pared delgada.
- Todo el cable será de dos polos más uno desnudo conectado a tierra física (barra coperwell).
- Los conductores serán de tipo THW antifiama.
- Cada departamento contara con medidor de consumo y habrá un medidor para las aéreas de uso común.
- La acometida de la compañía irán a 32cm aproximadamente, sobre el nivel de piso terminado y apagadores se ubicaran a 0.8m sobre el nivel de piso terminado, excepto los indicados en planos.
- Los accesorios y placas decorativos serán del tipo levington blanco o similar.
- Los materiales a instalar serán de las marcas:

- |                                                   |                    |
|---------------------------------------------------|--------------------|
| ✓ Tubería conduit                                 | CATUSA o similar   |
| ✓ Cable                                           | CONDUMEX o similar |
| ✓ Tableros e interruptores                        | SQUARED o similar  |
| ✓ Los servicios de motores trabajan en 440 volts. |                    |

- Estacionamiento. La iluminación será con lámparas de sobreponer marca construlit o similar.
- Vestíbulo principal. La iluminación será la base de salida de contactos para lámparas de mesa apoyadas con lámparas de halógeno de bajo voltaje de 50 watts marca construlita o similar.
- Escalera de servicio. Serán salidas para arbotantes en cada descanso de 75 watts marca construlita o similar.
- Baños vestidores y cocina. Llevaran lámparas de halógeno de bajo voltaje cuatro en cada uno.
- Hall. Contactos, controladores, apoyados con salidas de plafón.
- Biblioteca. Contactos controlados, apoyados con salidas de plafón.
- Cuarto de servicio, lavandería, y baño de servicio. Serán salidas de iluminación incandescente de centro de bote integral, para spot. de 75 watts o similar. Los contactos, apagadores y demás accesorios serán marca levington blanco o similar.
- Caseta y baño de vigilancia. Será la base de iluminación incandescente de centro de bote para spot. de 75 watts o similar (ubicación según diseño).



### Instalación de gas

- Para la instalación de gas se contemplan salidas para estufa, horno, secadora, calentador y equipo de calefacción, este será visible, según las normas de SECOFI a base de tubería de cobre tipo K rígido y flex marca anaconda nacional o similar, con conexiones de bronce marca Urrea, incluyendo línea de llenado, medidor del tanque estacionario para cada departamento: válvulas, registros, ramaleos a muebles pruebas.
- El tanque será estacionario. Marca Tatsa o similar. La línea de llenado será exterior desde el primer nivel, habrá un medidor por cada departamento.
- El calentador será marca Calorex o similar mod.G-60 automático, ubicado en el patio de servicio. Habrá 1 por cada departamento.

### Instalaciones especiales.

- Estas serán de tipo de combustión, con capacidad para poder dar funcionamiento a los elevadores e hidroneumáticos, limitada en caso de falta de suministro momentáneo.
- Para estacionamientos, áreas de circulación del cubo de escaleras y áreas de uso común de cada edificio, se consideraran luces de emergencia provistas de energía por planta de emergencia.
- Se considerara también la conexión de refrigerador, congelador y parte de la circulación de cada departamento.

### Elevadores.

- Se cuenta con dos elevadores de lujo y un montacargas de servicio por torre.
- Se considera por torre un montacargas de servicio con capacidad para 16 personas, que dará servicio a cada departamento desde el estacionamiento.

### Elevador principal.

- Con capacidad para 12 personas, que dará servicio del vestíbulo principal y estacionamiento de cada departamento.
- Cabina con lambrines de acero inoxidable, piedra fluorescente. Piso de piedra caliza o similar.
- Este sistema podrá ser de las marcas OTIS, KONE o similar.



#### Teléfonos.

- Sistema por medio de un conmutador que tendrá cada departamento, el aparato telefónico será el mismo que utilice para la intercomunicación desde la caseta de vigilancia y vestíbulo al departamento con salidas en la cocina, estar familiar, y recamaras. Marca Samsung, Panasonic o similar. El conmutador individual de cada departamento no está incluido.
- Habrá salidas de teléfono en las áreas de cocina, vestíbulo principal, estar familiar recamaras y biblioteca. NO INCLUYE LA LINEA esta deberá ser contratada por el cliente y sujeto a disponibilidad.

#### Sistema de TV por cable y parabólica.

- Se prevé salida de antena parabólica maestra en recamara principal y derivación al estar familiar y estancia. Salida de tv. en recamaras, estar familiar, cuarto de servicio y cocina, solo se entregara la ducteria vacía para que el cliente contrate el servicio de antena

#### Acabados del departamento tipo.

- Baño recamara principal. Piso de piedra caliza pulido y brillado en placas de 0.60 x1.2m de espesor o similar.
- Baño recamara 1: piso de piedra caliza capri pulido y brillado en placas de 0.60 x1.2m de espesor o similar.
- Baño recamara 2: piso de piedra caliza capri pulido y brillado en placas de 0.60x 1.2m de espesor o similar.
- Baños de visitas: piso de caliza capri pulido y brillado en placas de 0.60 x1.2m de 0.02m de espesor o similar.
- Cocina: Piso de granito juparaná con placas de 0.60x1.2m por 0.02m de espesor o similar.
- Lavanderia: piso se loseta de cerámica de 30 x 30 marca interceramic o similar color blanca.
- Cuarto de servicio: Piso de loseta cerámica de 30x30 marca interceramic o similar color blanca.
- Baño de servicio: Piso de loseta de cerámica de 30x30 marca interceramic o similar color blanca.
- Recamara principal: firme de concreto pulido listo para recibir alfombra o madera.





- Recamara 1 y vestidor: firme concreto pulido listo para recibir alfombra o madera.
- Recamara 2 y vestidor: firme concreto pulido listo para recibir alfombra o madera.
- Cuarto de TV: firme concreto pulido listo para recibir alfombra o madera.
- Hall principal: firme concreto pulido listo para recibir alfombra o madera.
- Sala: firme concreto pulido listo para recibir alfombra o madera.
- Biblioteca: firme concreto pulido listo para recibir alfombra o madera.
- Comedor: firme concreto pulido listo para recibir alfombra o madera.
- Cuarto de TV: firme concreto pulido listo para recibir alfombra o madera.
- Baño recamara principal: De piedra caliza capri de 2.00x1.20m de 0.02m de espesor o similar, solo en áreas húmedas.
- Baño recamara 1: De piedra caliza capri de 2.00x1.20m de 0.02m de espesor o similar, solo en áreas húmedas.
- Baño recamara 2: De piedra caliza capri de 2.00x1.20m de 0.02m de espesor o similar, solo en áreas húmedas.
- Baño de visitas: Muros aplanados de yeso listos para recibir pintura.
- COCINA: Granito juparaná de 0.60x1.20m por 0.02m de espesor en respaldos de cubiertas.
- Lavandería: cubierto de yeso a plomo, preparado para recibir pintura.
- Cuarto de servicio: cubierto de yeso a plomo, preparado para recibir pintura.
- Baño de servicio: de loseta de cerámica esmaltada de 30x30 marca interceramic o similar color blanco.
- Hall principal: muros de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Sala: muros de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Biblioteca: muros de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Comedor: muros de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Cuarto de TV: muros de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Baños de recamara principal: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Sala: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.



- Baño recamara 1: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Baño recamara 2: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Baño de visitas: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Cocina: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Lavandería: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Cuarto de servicio: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Baño de servicio: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Recamara principal y vestidor: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Recamara 1 y vestidor: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Recamara 2 y vestidor: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Cuarto de TV: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Hall principal: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Sala: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Biblioteca: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Comedor: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.
- Cuarto de TV: techos de duroc, tablaroca o similar, preparados para recibir pintura.



### III.3.2. Acabados en exteriores de conjunto.

- Piso: de loseta de cerámica de 30x30cm marca interceramic o similar
- Techo: serán terminados con aplanado de yeso y pintura vinimex o similar
- Muros: llevan muros de tabique rojo reforzado con castillos, con aplanado de yeso a plano, reventón y regla con terminación de pintura vinimex o similar.

La caseta de vigilancia será con losa cimentación y techo de concreto armado.

Los muros serán de tabique rojo, aplanados con mortero de cemento arena 1 a 5 y acabados con pintura vinilica marca vinimex o similar.

Se contará con una ventana de cristal reforzado con una capa de polietileno para tener Resistencia al impacto, con un buzón de seguridad para la entrega de paquetería.

Tendrá un baño para el servicio de vigilancia.

El pórtico será con muros y losa de concreto armado, para poder soportar la puerta de acceso.

Para estacionamientos, áreas de circulación del cubo de escaleras y áreas de uso común de cada edificio, se consideran luces de emergencia provistas de energía por la planta de emergencia.

Las bardas serán desplantadas sobre una cadena de concreto armado y se harán con tabique rojo, reforzadas con castillos de concreto armado, y rematadas con una cadena de concreto armado.

El concreto será en aplanado de mortero cemento-arena 1 a 5 recubierto con pintura vinilica vinimex o similar.

- Piso: de loseta de cerámica de 30x30cm. Marca interceramic o similar
- Techo: serán terminados con aplanado de yeso y pintura vinimex o similar.
- Muros: Llevan muros de tabique rojo reforzado con castillos, con aplanado de yeso a plano, reventón y regla con terminados de pintura vinimex o similar.
- Vialidades: la calle tiene un ancho de 6.00m y se construirá sobre una plantilla de terracería de tepetate para recibir firme de concreto lavado y piedra labrada. La iluminación será según el diseño.
- Andadores: Los andadores para circular por los jardines serán de concreto lavado o similar. Estarán iluminados según el diseño.



#### Cerrajería.

13 chapas marca Yale mod. A52 TUL o similar.

5 chapas marca Yale mod. A10 TUL o similar.

#### Barniz.

Tanto para el acabado mate como para el brillante, la base será brillante y la terminación será mate o semimate.

El terminado de cada departamento puede ser en barniz natural semimate.

#### Cancelería y aluminio.

El funcionamiento y ventilación varían de acuerdo al área del departamento a ventilar.

El suministro y colocación de cancelería será pintado natral o en blanco con cristal laminado de 6+6mm. El aluminio será de 3 pulgadas o similar.

Los canceles del baño serán del mismo tipo con cristal templado de 9mm.

#### Accesorios y muebles de baño.

##### Baño principal, Baño1,2,3 y medio baño:

6 lavabos ovalin grande blanco ideal standard o similar.

5wc modelo nova color blanco ideal standard o similar.

5 regaderas marca helvex o similar.

6 juegos de mezcladoras para lavabo helvex o similar.

##### Accesorios:

4 toalleros de argolla cromo antigua helvex o similar.

4 toalleros de barra grande supreme cromo natural antigua o similar. 4 porta rollos cromo natural antigua o similar.

4 ganchos supreme cromo natural antigua helvex o similar.

##### Paquete economico:

1WC lavabo Veracruz, juego de accesorios L-500 o similares.

1 mezcladora para lavabo no. 24 rugo o similar. 1

Juego de llaves de empotrar no. 39 rungo o similar.

1 regadera no.48-RC/brazo y chapetón o similar.

1 espejo no.0 de 30.5x30.5 marca gabi o similar.



"Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal"



Impermeabilización.

- Pisos: Los estacionamientos a cubierto en piso llevan un sistema especial para tráfico automotriz, a base de poliuretano o similar combinado con textura y color aparente.
- Muros: será tanto en jardineras y muros de tabique y concreto armado con topes de protección de 15 cm de peralte con acabado en pasta del tipo vinylsa o similar.
- Plafones: será de aplanado de montero con acabado fino y pintados con pintura vinil-acrílica
- Canceleria: serán de aluminio natural de 7.5cm de perfil con cristal claro flotado de 9mm o similar.

Puertas: las puertas serán MDF en chapa y barniz natural para los accesorios a baños y cocineta.





## “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



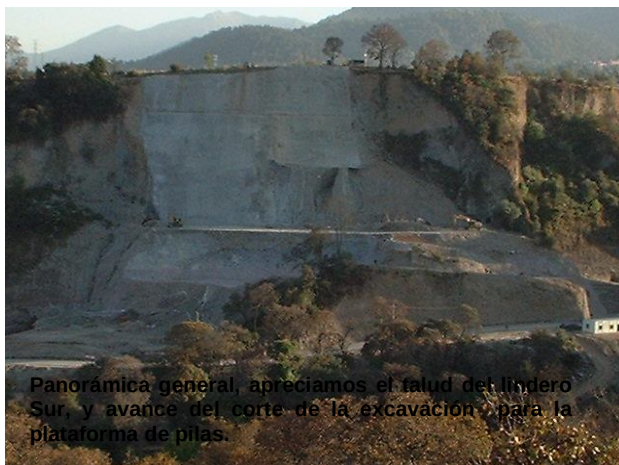
### III.4. Memoria Fotográfica.



Actividades de retiro de material producto de la excavación, para la plataforma de las pilas. Corresponde al primer tramo de 3mts. de altura.



Afine con maquinaria pesada de la Plataforma de desplante de pilas.



Panorámica general, apreciamos el talud del lindero Sur, y avance del corte de la excavación para la plataforma de pilas.



Inicio de la perforación de una pila con broca metálica Casagrande.



Armado de pila de 1.50m. de diámetro.



Colocación de armado con maquinaria en perforación terminada.





**"Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal"**



Se inician los preparativos para el colado de la pila con la colocación del ademe que servirá de guía y apoyo para la colocación del tubo tremie.



Acero colocado y tubo tremie en posición para el colado de pila.



Colado de la pila con tubo tremie y concreto premezclado de 250Kg/cm<sup>2</sup>.



Culminación del proceso con el colado de la pila.



Pila del muro de Práctica recién colada y la cual se está centrando respecto a los ejes constructivos.



Laboratorio de control de calidad para el control del concreto premezclado para las pilas, medición del reventamiento.





# “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Habilitado de Acero en columnas de N-14.60 hacia N-11.00.



Columnas totalmente armadas y listas para cimbrar.



Muro colindante con Prácticas, armado y cimbrado, eje Y-17.



Inicio de la colocación de andamios y cimbra de fondo para la losa del N-11.00.



Colocación de cimbra de fondo, armado de nervaduras y colocación de cables de losa del N-08.0.



Colocación de casetones de poliestireno del N-08.0.

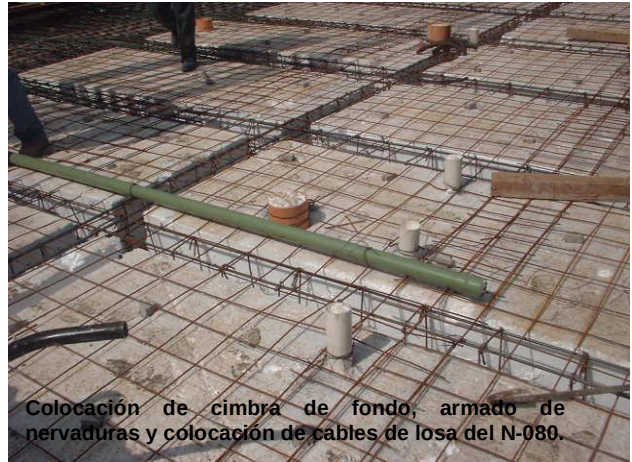




“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Colocación de casetón de poliestireno para el colado de la losa del N-7.40, así como de malla electrosoldada para el firme de compresión.



Colocación de cimbra de fondo, armado de nervaduras y colocación de cables de losa del N-080.



Colado de losa de nivel 2 con bomba.



Colado de losa de estacionamientos del N-7.40. Detalles finales de pulido de losa.



Vista de la losa ya colada, se aprecian los casetones de poliestireno y las nervaduras.



Colocación de dren perforado y malla geotextil para muro de Contención frente a Prácticas del eje Y-17.





## “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Vista general del frente de la torre “A”, en donde apreciamos claramente la estructuración a base de columnas, traves postensadas, y losa postensadas.



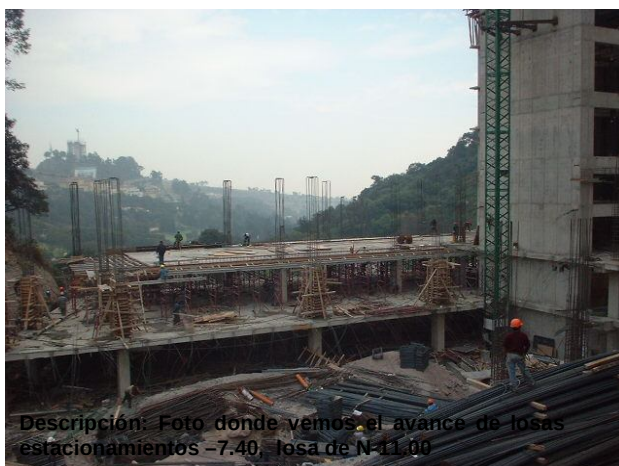
Vista lateral, donde se aprecia la estructuración a base de columnas, muros de concreto lanzado y losas postensadas.



Vista general desde la corona del talud.



Muros de contención en primer plano, estructura de la Torre “A” en proceso, vista desde Prácticas



Descripción: Foto donde vemos el avance de losas estacionamientos -7.40, losa de N-11.00



Vista lateral de la zona de Departamentos, recámara principal y recámara 1.





# “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Vista frontal de la Torre "A", estacionamientos, motor Lobby, Departamento Planta Baja a N-6.



Zona posterior del edificio, en la cual tendremos las recamaras y zona de servicios.



Losas de estacionamientos N-11.00 y N-7.40 (motor Lobby). Habilitado de acero en dados y columnas de estacionamiento de Torre "B".



Losa de N-7.40 (motor Lobby). Zona de habilitado de acero para dados y columnas de estacionamiento de Torre "B", columnas, losa y traveses de Torre "A".



Armado de muros y losa de cisterna.



Armado de losa de rampa de circulación entre los estacionamientos.





**"Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal"**



**Colocación de casetón de poliestireno en losa de Planta Jardín.**



**Cimbrado, armado y colado de muros de la cisterna.**



**Detalle de cimbrado para losa de planta baja, área de jardín.**



**Detalle de cimbrado para losa de planta baja, área de jardín.**



**Cimbrado de traves y losa de rampa de circulación entre los estacionamientos.**



**Cimbrado en muro de contención semicircular del eje Y-15, colindante con Practicas.**





**"Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal"**



**Detalle de rampa de escaleras de servicio.**



**Cimbrado en muros de contención, avance de rellenos.**



**Colado de Losa de nivel de terraza, a un lado del departamento Pent Garden.**



**Colado de Planta de losa N-7.40, correspondiente al estacionamiento de la Torre "B" zona de subestación.**



**Colado de losa de planta jardín, se aprecia el aligeramiento con poliestireno y malla electrosoldada.**

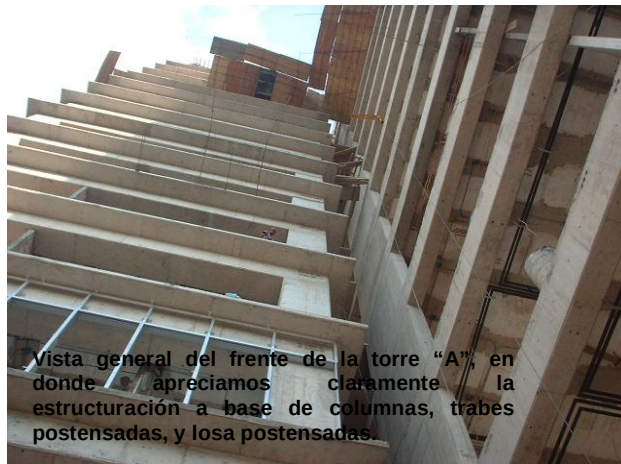


**Colado de losa de Planta Jardín, se observa el hueco que se tuvo que dejar para el elevador de obra.**





## “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Vista general del frente de la torre “A”, en donde apreciamos claramente la estructuración a base de columnas, traveses postensados, y losa postensada.



Vista lateral de la Torre “A”, con sus diversos niveles.



Avance de albañilería en Departamento Muestra. Área de estancia y comedor.



Albañilería de zona de cocina y pantry. En esta fachada se remata con precolados.



Avance de albañilería en Departamento Muestra. Área de estancia y comedor y colindancia con recámara principal.



Avance de albañilería (aplanado con yeso) en Departamento Muestra. Área de estancia y comedor, colindancia con cocina.





“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Muros de yeso con pintura y plafones de Departamento muestra.



Interior del Depto. muestra, se aprecia el plafón, y muros con yeso.



Terraza del Depto. Pent Garden, que lleva un barandal en su perímetro.



Impermeabilización de zona de tina de Departamento muestra. Al fondo se ven los canchales colocados.



Vista del avance de instalaciones, ductos de extracción de aire de cocinas y disparos para baño.

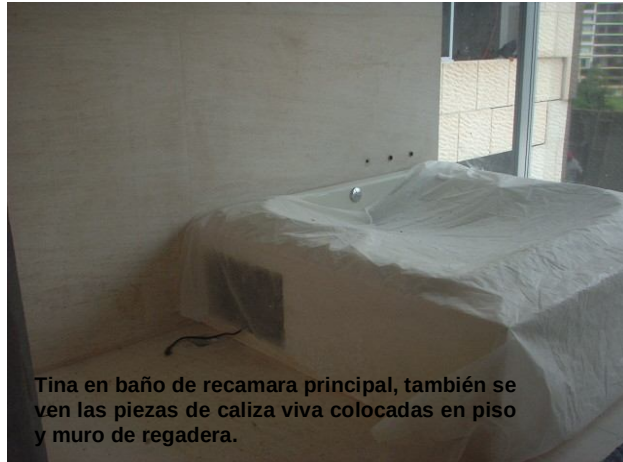


Vista del avance de instalaciones, ductos de agua, de aire de cocinas y disparos para baño.





“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Tina en baño de recámara principal, también se ven las piezas de caliza viva colocadas en piso y muro de regadera.



Piso de mármol y tina del Depto. 12.



Cancelería de Departamento muestra, fachada principal hacia Prácticas.



Vista general desde la calle Lorenzo de la Hidaiga.



Vista general del frente de la torre “A”, en donde apreciamos claramente la estructuración a base de columnas, traveses postensados, y losa postensada.



Montaje de precolado en la fachada posterior (1) de la Torre “A”





# “Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



Vista lateral, avance de precolados en fachada, así como estructura.



Zona posterior del edificio, en la cual tendremos las recamaras y zona de servicios. Además se aprecian precolados ya colocados en los diferentes niveles.



Montaje con equipo propio de Fapresa de precolado en fachada.



Vista lateral, avance de precolados en fachada, así como estructura.



Montaje con equipo propio de Fapresa de precolado en fachada.



Montaje con equipo propio de Fapresa de precolado en fachada.



## CONCLUSIONES

En este proyecto se hace evidente la estrecha vinculación que existe entre distintos factores para determinar la realización y ejecución de un proyecto de esta envergadura. En el podemos ver como esta obra se encuentra respondiendo a la gran demanda de vivienda de alto nivel en la zona poniente de la Ciudad de México, lo cual hace posible el diseño y realización de instalaciones especiales como valor agregado al proyecto, lo que resulta de importancia para la realización adecuada del estudio de mercado que permita identificar las ventajas competitivas para el desarrollo de un proyecto inmobiliario, cuyos espacios deben cumplir además con las características indicadas por los Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

Como parte integral de los estudios previos para el diseño y construcción de un proyecto es de gran importancia tener en cuenta las características propias del terreno donde se ubica ya que esta determinará la presencia de infraestructura urbana y de servicios indispensables para su funcionamiento. De igual manera el adecuado análisis del sitio también impactará en la determinación de las características constructivas del proyecto como el análisis del tipo de cimentación y las características del sistema estructural planteado que a su vez también debe responder a las características propias de los espacios planteados por el diseño arquitectónico para lograr un funcionamiento óptimo. Posteriormente este análisis cobra gran importancia también para determinar la planeación de la logística para la adecuada ejecución de los procesos constructivos de acuerdo a la ruta crítica de la construcción.

En este sentido los diferentes estudios de mecánica de suelos que se realizaron, con el propósito de definir la secuencia estratigráfica del sitio y determinar los parámetros de resistencia del suelo, fueron los siguientes: cinco sondeos de avance controlado, combinado con el muestreo representativo con la técnica de penetración estándar en dos de ellos, y dos pruebas de corte directo efectuadas sobre los materiales naturales del talud. Permitiendo determinar el tipo de cimentación adecuada para este proyecto que constó de una cimentación resuelta mediante pilas coladas In Situ, unidas con contr trabes de liga perimetralmente y hacia columnas interiores, desplantadas a 27.0m. de profundidad con respecto al nivel de plataforma existente (Elev. 2662m.).



“Proyecto y Construcción de la Torre Alta en Santa Fe, Distrito Federal”



En cuanto al sistema estructural este consiste en un sistema de concreto y estructuras postenzadas. El sistema de entre piso es con losa aligerada de 35cm. La altura de entrepiso será de 4mts con una altura de piso a techo hasta de 3.60mts libres.

Respecto al diseño del proyecto hidráulico, sanitario y de gas este tomó como base el cumplimiento de las disposiciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, mismo que definió los criterios y normas con los que debe de cumplir de acuerdo a las características del proyecto.