



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

ANÁLISIS Y REVISIÓN DEL REFORZAMIENTO DE  
COLUMNAS EN UN EDIFICIO DE ESTRUCTURA  
METÁLICA DEBIDO A LA MODIFICACIÓN DEL  
PROYECTO ORIGINAL

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERA CIVIL

P R E S E N T A:

LUCÍA GUILLERMINA GÓMEZ ROJAS

DIRECTOR: ING. MARCOS TREJO HERNANDEZ

2015



---

## Índice

|   |     |
|---|-----|
| Introducción.....   | 3   |
| 1. Estudios.....  | 4   |
| 1.1. Estudio de Mecánica de Suelos .....                  | 4   |
| Reporte del 06 de Enero de 2006.....                      | 4   |
| 1.2. Estudio de Impacto vial y urbano.....                | 21  |
| Agua.....   | 21  |
| Vialidad.....   | 37  |
| Residuos Sólidos.....                                     | 52  |
| Medidas a Considerar para Evitar y Mitigar Impactos. .... | 55  |
| 1.3. Espectro de sitio.....                               | 59  |
| 2. Proyecto Ejecutivo .....                               | 60  |
| 2.1. Memoria Técnico Descriptiva. ....                    | 60  |
| 2.2. Planos arquitectónicos. ....                         | 64  |
| 3. Proyecto Estructural Original .....                    | 71  |
| 3.1. Estructuración .....                                 | 71  |
| 3.2. Modelo.....  | 93  |
| Análisis de cargas .....                                  | 93  |
| Materiales.....   | 94  |
| Secciones de elementos estructurales.....                 | 94  |
| 3.3. Revisión de los elementos estructurales .....        | 99  |
| – CM-1 (rectangular soldada).....                         | 99  |
| 4. Modificación, análisis y Revisión al proyecto .....    | 105 |
| 4.1. Detalle de la modificación .....                     | 105 |
| 4.2. Nuevas solicitaciones.....                           | 109 |
| 4.3. Modelo .....   | 110 |
| 4.4. Reforzamiento.....                                   | 110 |
| 4.5. Memoria de cálculo. ....                             | 114 |
| – CM-1 (rectangular soldada).....                         | 114 |
| – CM-1 modificada (rectangular soldada).....              | 118 |
| 5. Conclusiones.....                                      | 123 |

---

## Introducción

En este documento se presenta un resumen de las características del proyecto original y los estudios preliminares e información generada para un edificio de estructura metálica conformada por marcos rígidos de acero y un sistema de piso de losacero, planeado con ocho niveles y dos sótanos originalmente y modificado durante la etapa de construcción para tener un nivel más. Este edificio es utilizado para consulta externa en un hospital de alta especialidad en el sur de la Ciudad de México, además de los consultorios, da cabida a dos laboratorios de bioseguridad nivel 2 y 3.

Los estudios incluidos son: el reporte de mecánica de suelos, estudios de impacto vial y urbano, y la información disponible del proyecto arquitectónico y estructural

Durante la gestión del proyecto la información fue cambiando y no se guardó el correcto control de esta, lo que provocó diversas versiones, por lo que para el análisis de la estructura no se tiene el soporte documental completo del diseño estructural del proyecto original ni de la modificación por lo que se parte de la normatividad y criterios vigentes en la fecha en que se inició el proyecto para la generación de los modelos tridimensionales de ambos casos (edificio original y ampliación) en SAP2000 y así poder determinar si el reforzamiento de las columnas cumple con las solicitudes del edificio.

Se realizó el modelo matemático tridimensional idealizando las columnas y traveses mediante elementos barra, los muros y losacero de entrepisos mediante el elemento placa. Las cargas gravitacionales se consideraron como cargas uniformemente repartidas en las traveses y en los muros de cada nivel y el peso propio de la estructura es calculado directamente por el programa de análisis, al definir en este el peso volumétrico de los materiales y las secciones transversales de cada elemento.

El análisis de cargas contempla los criterios del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal 2004 (RCDF2004) y sus Normas Técnicas Complementarias (NTCRCDF).

Para el análisis sísmico, los sistemas de piso (losacero) se consideran placas rígidas sin peso propio, ya que la carga se repartió en las vigas de acuerdo a las de líneas de fluencia para losas que trabaja en un sentido y se realizó un análisis dinámico modal-espectral tomando en cuenta las recomendaciones establecidas en las NTCRCDF

---

# 1. Estudios

*Objetivo: Exponer los estudios preliminares para el diseño y construcción del edificio.*

A continuación se presenta un resumen de cada uno de los estudios realizados previamente para la elaboración del proyecto Unidad del Paciente Ambulatorio, dado que este proyecto se comenzó aproximadamente en el año 2005, los estudios aquí expuestos corresponden al periodo comprendido entre 2005 y 2008.

## 1.1. Estudio de Mecánica de Suelos

El Estudio de Mecánica de Suelos, es el estudio que permite conocer las características del suelo en el cual se apoyara la obra, este es importante para cualquier tipo de construcción, pues con base en él se elige la cimentación adecuada a la resistencia del suelo. Si no se conoce la capacidad del suelo y esta es rebasada se pueden presentar deformaciones considerables que causan esfuerzos adicionales en miembros estructurales, fisuras, grietas, desplomes y en casos extremos, derrumbes.

### Reporte del 06 de Enero de 2006.

El estudio de Mecánica de Suelos para este proyecto consistió en trabajos de campo relativos a la exploración geotécnica del predio por medio de dos sondeos mixtos profundos; pruebas de laboratorio llevadas a cabo para conocer las propiedades índice y mecánicas de los materiales del subsuelo del sitio. Se describen la estratigrafía del predio y los criterios empleados en el diseño geotécnico para determinar la solución de cimentación más adecuada.

#### Descripción del predio.

Localizado al sur de la Ciudad de México, antes de dar lugar a este edificio, el predio servía como estacionamiento. Las colindancias principales corresponden a edificios propios del Instituto, de los cuales destacan:

- Al noreste, Estacionamiento #2, que consta de tres niveles y un sótano a -2.00 [m], con respecto al nivel de piso actual de la plaza,
- Al suroeste el Edificio Administrativo de dos niveles,
- Al oeste el edificio de Bioterio con tres niveles, y
- Al norte el edificio de Toma de Muestras de un nivel y un sótano con un nivel de -2.50 [m], con respecto al nivel de la plaza.

#### Zonificación y Coeficiente Sísmico.

De acuerdo con lo indicado en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (NTCRCDF) se determinó que el predio se ubica en la

---

denominada Zona II o Zona de Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 [m] de profundidad o más y que está constituida predominantemente por estratos de arenosos y limo arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre.

Para esta zona y de acuerdo con las NTC RCDF el coeficiente sísmico para estructuras del grupo B es  $CS=0.32$ , el cual se deberá incrementarse en un 50% para estructuras del grupo A como es el caso de este edificio.

### Muestreo

Como ya se mencionó anteriormente, como trabajo de campo se realizaron dos sondeos mixtos profundos.

Tabla 1: Sondeos.

| Trabajo de Exploración | Profundidad Explorada [m] |
|------------------------|---------------------------|
| Sondeo Mixto SM-1      | 28.15                     |
| Sondeo Mixto SM-2      | 28.20                     |

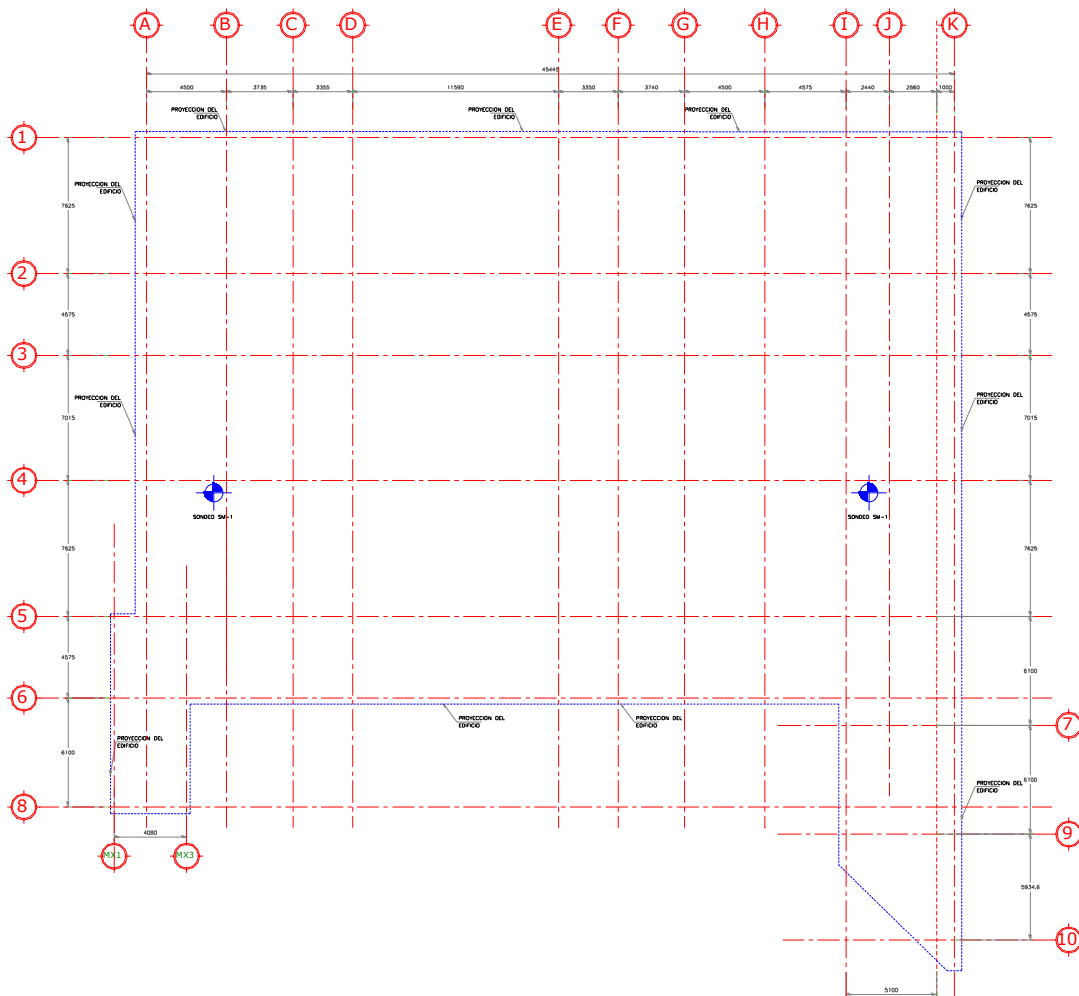


Figura 1: Ubicación de los sondeos

Adicionalmente con el objeto de revisar el nivel de agua freática se realizó un pozo de observación (P0-1), mediante un sondeo de avance con herramienta helicoidal en seco hasta una profundidad máxima de 12.00 [m], respecto al nivel de piso.

Los sondeos mixtos se realizaron de forma continua, recuperando muestras alteradas de los estratos de suelo atravesados. El muestreo alterado se realizó hincando en el terreno el penetrómetro de acuerdo con la norma ASTM-D1586, registrando el número de golpes necesarios para el hincado para saber la consistencia y compacidad de los materiales. El muestreo inalterado se realizó empleando el tubo de pared delgada Shelby de 4" de diámetro hincado a presión, de acuerdo con la norma ASTM-D1587.

Simultáneamente a los trabajos de perforación se levantó un registro el cual contiene la identificación del sondeo, el número de muestras alteradas e inalteradas, la profundidad a la que fueron extraídas, el tipo de herramienta y la clasificación geotécnica de campo.

---

Todas las muestras recuperadas, fueron debidamente identificadas y protegidas para su traslado, en el laboratorio les fueron practicadas pruebas de tipo índice para poder clasificar los materiales, así como pruebas de tipo mecánico para determinar sus parámetros de resistencia y deformación que serán útiles para el diseño de la cimentación.

- a) Pruebas Índice. En las muestras recuperadas de los sondeos se determinó su clasificación y contenido de agua natural, además se obtuvieron los límites líquido y plástico, porcentaje de finos, granulometría y densidad de sólidos. Con toda esta información se clasificaron los estratos de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- b) Pruebas Mecánicas. Con las muestras inalteradas recuperadas mediante tubo Shelby, se efectuaron pruebas orientadas a determinar los parámetros que definen la resistencia al esfuerzo cortante y la compresibilidad de los materiales, dichos ensayos corresponden a las pruebas de compresión simple, de compresión triaxial no consolidada-no drenada, tipo UU y de consolidación unidimensional.

#### Condiciones Estratigráficas

Con base en los resultados de campo y laboratorio efectuados, se determinó la siguiente secuencia estratigráfica:

ESTRATO I. Superficialmente y hasta una profundidad variable entre 6.10 [m] y 7.40 [m], en los sondeos SM-1 y SM-2 respectivamente, se presenta un estrato de arena limosa de color gris claro con tonalidades café oscuro, que en términos de resistencia a la penetración estándar (SPT), se registró un número de golpes entre  $5 < N < 19$  correspondientes a una compacidad de suelta a media. De las pruebas índice se obtuvo el contenido de agua natural ( $w$ ) variable entre 10.70% y 55.30%; una distribución granulométrica con un porcentaje de arenas entre 54.20 y 86.30 y una porción fina entre 45.0% y 13.20%, presentando índices plásticos (IP) variables entre 5.40% y 32.50%. Finalmente de las pruebas de resistencia se obtuvo una cohesión ( $c$ ) entre 0.5 ton/m<sup>2</sup> y 5.20 ton/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) de 23° a 27°, clasificándose por todo lo anterior de acuerdo al sistema SUCS como SM.

ESTRATO II. Subyaciendo al estrato anterior y hasta una profundidad de 8.20 [m] para la zona del sondeo SM-1 y de 9.10 [m] para la zona del sondeo SM-2, se presenta un estrato de limo arenoso de color gris claro que en términos de resistencia a la penetración estándar (SPT), registro un número de golpes entre  $24 < N < 50$ , correspondiente a una consistencia muy rígida a firme. De las pruebas índice se obtuvo un contenido de agua natural promedio de 34.00%, una distribución granulométrica con un porcentaje de arenas entre 17.10% y 31.30%, y una porción fina entre 82.90% y 68.70%, con un índice plástico (IP) de 5.40%. Finalmente de las pruebas de resistencia se obtuvo una cohesión ( $c$ ) entre 4.50 [ton/m<sup>2</sup>] y 10.00 [ton/m<sup>2</sup>] y un ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) de 25° a 29°, clasificándose de acuerdo al sistema (SUCS) como ML.

---

ESTRATO III. Bajo el estrato anterior y hasta una profundidad de 9.40 [m], solo para la zona del sondeo SM-1, se presenta un estrato de arena limosa de color café grisáceo que en términos de resistencia a la penetración estándar (SPT), registro un número de golpes entre  $5 < N < 17$ , correspondiente a una compacidad suelta a media. De las pruebas índice se obtuvo un contenido de agua natural ( $w$ ) de 40%, una distribución granulométrica con un porcentaje de arenas de 68.60% y una porción fina de 31.40%, clasificándose por todo ello de acuerdo al Sistema (SUCS) como SM.

ESTRATO IV. Subyaciendo al estrato anterior hasta una profundidad de 11.10 [m], se presenta un estrato de limo arenoso de color café grisáceo y gris oscuro, que en términos de resistencia a la penetración estándar (SPT), registro un numero de golpes entre  $2 < N < 6$ , correspondiente a una consistencia blanda a media. De las pruebas índice se obtuvo un contenido de agua natural variable entre 71.70% y 155.40%, una distribución granulométrica con un porcentaje de arenas entre 13.60% y 29.20% y una porción fina entre 86.40% y 70.80%, con un índice plástico (IP) entre 14.70% y 90.30%. Finalmente de las pruebas de resistencia se obtuvo una cohesión aparente ( $c$ ) de 1.40 [ton/m<sup>2</sup>] y un ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) de 12° a 14°, clasificándose por todo ello de acuerdo al Sistema (SUCS) como HM.

Estrato V. Posteriormente y hasta una profundidad variable de 16.00 [m] y 15.00 [m], en los sondeos SM-1 y SM-2 respectivamente, se presenta un estrato de arena limosa de color gris oscuro, que en términos de resistencia a la penetración estándar (SPT) registró un número de golpes entre  $32 < N < 50$ , correspondiente a una compacidad densa a muy densa. De las pruebas índice se obtuvo un contenido natural de agua promedio ( $w$ ) de 28%, una distribución granulométrica don un porcentaje de arenas entre 57.10% y 69.20%; y una porción fina entre 33.70% y 30.80% con un índice plástico (IP) de 6.00%. Clasificándose por todo lo anterior, de acuerdo al Sistema (SUCS) como SM.

Estrato VI. Subyaciendo al estrato anterior y hasta una profundidad de 18.80 [m] para la zona del sondeo SM-1 y de 22.20 [m] para el sondeo SM-2, se presenta un estrato de limo con arena de color gris oscuro que en términos de resistencia a la penetración estándar (SPT), registro un número de golpes entre  $10 < N < 29$ , correspondiente a una consistencia rígida a muy rígida, de las pruebas de contenido natural de agua ( $w$ ) variable entre 15.50% y 94.30%; una distribución granulométrica con un porcentaje de arenas entre 2.60% y 30.80%; y una porción fina entre 97.40% y 69.20%, con un índice plástico (IP) entre 21.60% y 32.30%. Finalmente de las pruebas de resistencia se obtuvo una cohesión aparente ( $c$ ), de 1.20 ton/m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) de 7° a 20°, clasificándose por todo ello de acuerdo al Sistema (SUCS) como ML.

ESTRATO VII. Debajo del estrato anterior y hasta una profundidad variable de 26.50 [m] para la zona del sondeo SM-1 y hasta la máxima explorada del SM-2 de 28.20 [m], se presenta un estrato de arena limosa color café claro que en términos de resistencia a la penetración estándar (SPT), registro un número de golpes entre  $30 < N < 50$ , correspondiente a una compacidad densa a muy densa. De las pruebas índice se obtuvo



un contenido natural de agua promedio ( $w$ ) de 34%; una distribución granulométrica con un porcentaje de arenas entre 50.20% y 69.50%; y una porción fina entre 49.80% y 30.50%, con un índice plástico (IP) entre 9.60% y 21.60%. Clasificándose de acuerdo al Sistema (SUCS) como SM.

ESTRATO VIII. Finalmente y hasta la máxima profundidad explorada de 28.15 [m] en la zona del sondeo SM-1, se presenta un estrato de limo arenoso de color café claro que en términos de resistencia a la penetración estándar (SPT) registro un número de golpes entre  $30 < N < 36$  correspondiente a una consistencia firme. De las pruebas índice se obtuvo un contenido natural de agua promedio ( $w$ ) de 26%, una distribución granulométrica con un porcentaje de arenas de 29.70% y una porción fina de 70.30%. Clasificándose de acuerdo al Sistema (SUCS) como ML.

En lo referente a las condiciones hidráulicas del sitio, el nivel de aguas freáticas se estableció a una profundidad promedio de 9.40 [m] durante los trabajos de exploración.

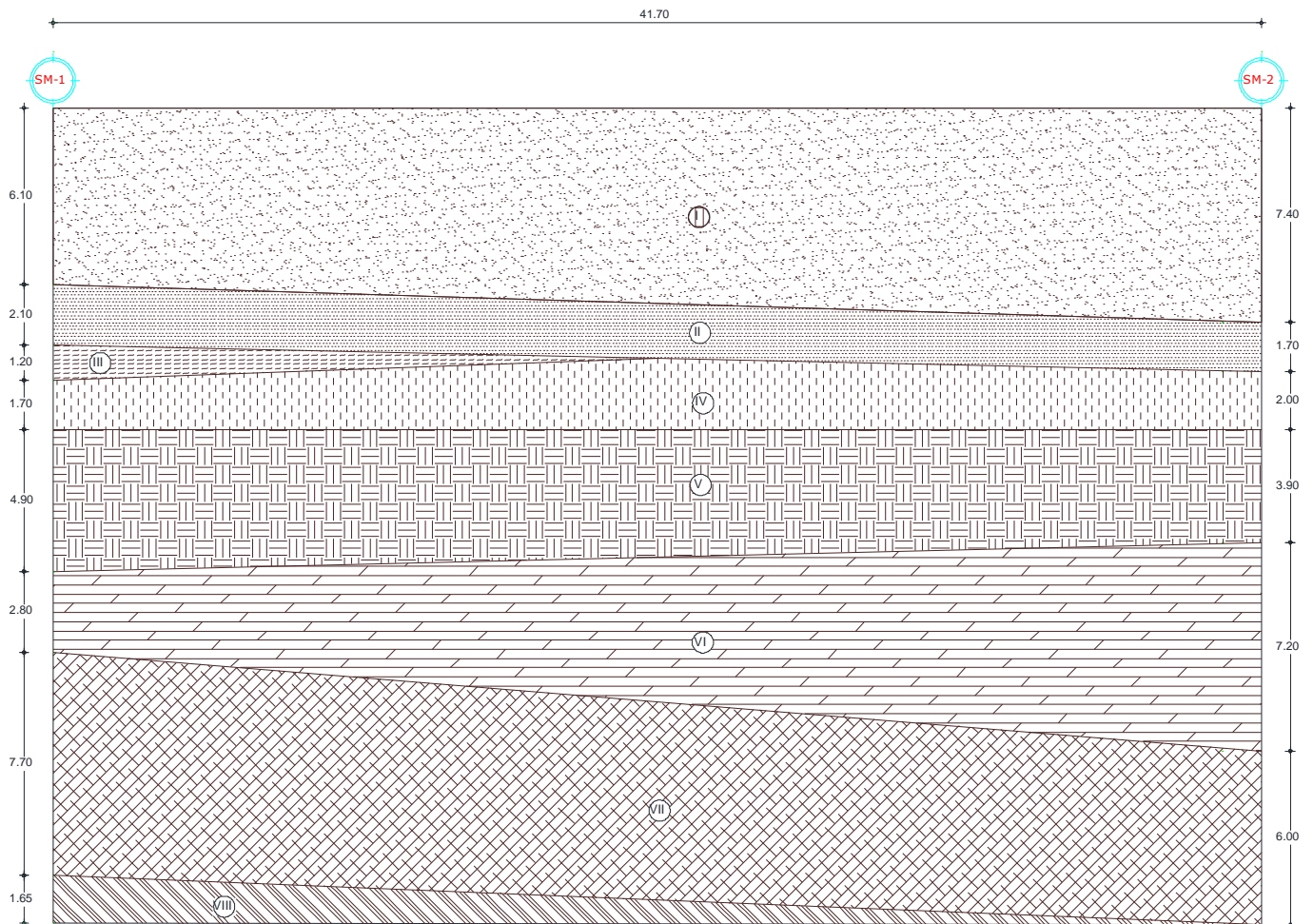


Figura 2: Perfil estratigráfico.

---

### Ingeniería de Cimentaciones.

Para la selección del tipo de cimentación más adecuada para el buen comportamiento de la estructura se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en sus Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones
- Análisis estructural elaborado por la empresa estructurista

Se decidió que la mejor alternativa es una cimentación profunda formada por pilas de sección circular de concreto reforzado coladas en situ, con diámetros variables entre 0.60 [m] hasta 1.80 [m] a continuación se presentan los análisis para las condiciones de estado límite de falla y de servicio:

#### *Estado límite de falla.*

La revisión se llevó a cabo de acuerdo con los lineamientos establecidos en las Normas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal, considerando un comportamiento “puramente friccionante” dadas las características del material. Entonces se debe cumplir la siguiente desigualdad para las distintas combinaciones de carga:

$$\Sigma QF_c < C_p \quad (1)$$

En la que:

$\Sigma QF_c$  es la suma de los incrementos netos de carga debidos a las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación de cargas factorizada. Las acciones deberán incluir el peso propio de las pilas.

$C_p$  es la suma de las capacidades de carga individuales, de grupos o la global del conjunto de pilas cual sea menor. En este caso, por la ubicación irregular de los apoyos se consideró la capacidad de carga individual.

Para el primer término de la desigualdad se calcula con los valores de carga de la Tabla 2, más el peso propio de las pilas.

Tabla 2: Valores de carga considerados.

| COMBINACIÓN  | CARGA TOTAL [ton] | CARGA FACTORIZADA [ton] |
|--|-------------------|-------------------------|
| Cargas permanentes + cargas variables con intensidad máxima (CM + CVmax) | 70.00 a 1110.74   | 105 a 1666.11           |
| Cargas permanentes + cargas variables con intensidad media (CM + CVmed)  | 20.00 a 927.61    | 20.00 a 927.61          |

---

El segundo término corresponde a la expresión que permite determinar la capacidad del terreno, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Cp = [\overline{Pv}N'_q FR + Pv] \times Ap$$

Dónde:

$Cp$  es la capacidad de carga de la pila por punta, en ton.

$\overline{Pv}$  Es la presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, en ton/m<sup>2</sup>, función del peso volumétrico del suelo igual a 1.75 [ton/m<sup>3</sup>]

$N'_q$  Es el coeficiente de capacidad de carga definido por:

$$N'_q = N_{\min} + L_e(N_{\max} - N_{\min}) / \left[ 4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \right]$$

En este caso considero  $\phi=40^\circ$ , longitud de empotramiento  $L_e$  de 4.0 m,  $N_{\max}= 350$ ;  $N_{\min}= 78$  y  $B$  (diámetro de la pila) variable entre 0.60 y 1.80 m. Siempre y cuando:

$$L_e / B \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

O bien

$$N'_q = N_{\max}$$

$FR$  Es el factor de resistencia igual a 0.35.

$Pv$  Es la presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas en [ton/m<sup>2</sup>]

$Ap$  Es el área transversal de la punta de la pila, en [m<sup>2</sup>]

La capacidad de carga obtenida con la formula anterior se multiplica por un factor de escala  $Fr$ , debido a que el diámetro de las pilas es mayor a 0.50 [m], entonces la capacidad de carga admisible se obtiene como:

$$Cp \times Fr = Ca$$

Donde:

---

$$Fr = \left[ \frac{B+0.5}{2B} \right]^n ; B, \text{ es el diámetro de la pila y } n=1 \text{ para suelo medianamente denso.}$$

De esta forma la capacidad de carga máxima admisible para las pilas con una longitud variable entre 24 [m] y 28 [m] y un diámetro entre 0.60 [m] y 1.80 [m] queda comprendida entre 461 [ton] y 1768 [ton].

Con los datos anteriores el ingeniero estructurista definirá el arreglo de la cimentación de manera que se cumpla con la desigualdad (1). Se recomienda que las pilas tengan una separación mínima de dos a tres veces su diámetro (centro a centro).

Los materiales de apoyo debieron presentar una resistencia a la penetración estándar mayor a 50 golpes y las pilas debieron empotrarse en estos a una profundidad mínima de 4.00 [m].

*Estado límite de servicio.*

Para determinar la magnitud de los asentamientos, se consideró que estos serían del tipo elástico, por lo tanto se calcularon como:

$$\lambda_{elast} = \frac{qB(1-\mu^2)}{E} I_w$$

En la que

$\lambda_{elast}$  Es la deformación elástica esperada en cm.

$q$  Es la carga actuante considerando los valores iguales a la capacidad de carga admisible de las pilas en [kg/cm<sup>2</sup>]

$B$  es el ancho de la cimentación, en este caso variable entre 60 [cm] y 180 [cm].

$\mu$  es la relación de Poisson del suelo, adimensional, igual a 0.40

$E$  es el módulo de elasticidad del suelo, igual a 2000 [kg/cm<sup>2</sup>], supuesto a partir de la compacidad de los materiales de apoyo.

$I_w$  es el factor de forma, adimensional e igual a 0.85

En la figura 2 se presentan los resultados donde se aprecia que el asentamiento es del orden de 4.0 [cm] y 5.0 [cm] para las pilas de 0.60 [m] y 1.80 [m], respectivamente.

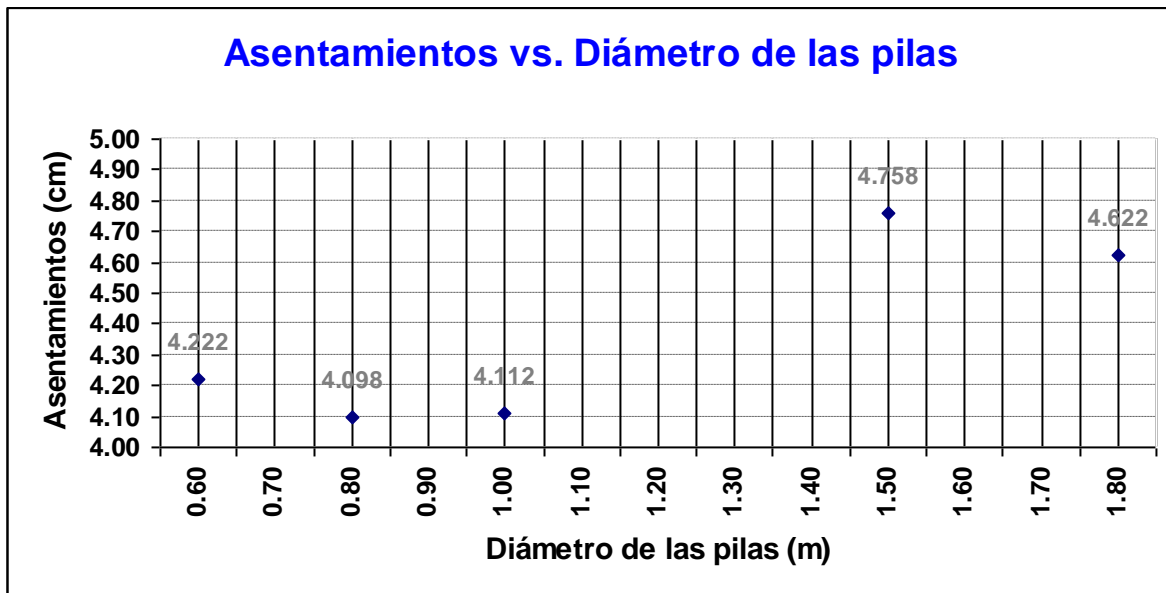


Figura 3: Grafica de asentamientos con respecto a la variación del diámetro de las pilas.

Además de los asentamientos antes mencionados se calculó el acortamiento de los elementos de cimentación debido a la carga actuante, suponiendo un comportamiento elástico, se utilizó la siguiente formula:

$$\delta = PL / AE$$

Dónde:

$\delta$  es la magnitud del acortamiento sufrido por el material del elemento de cimentación debido a las cargas aplicadas.

$P$  es la carga actuante en la cabeza de la pila, en [kg].

$L$  es la longitud total de la pila en [cm].

$A$  es el área transversal de la pila en [cm].

$E$  es el módulo elástico del material del que se encuentra fabricada la pila, en este caso es igual a 227684 [kg/cm<sup>2</sup>].

Del cálculo de la expresión anterior se llegó a la conclusión de considerar dicha deformación como nula.

Por tanto las pilas cumplen con la normatividad.

---

### Estabilidad de excavaciones.

Como parte del proyecto se realizaron una serie de excavaciones entre taludes temporales, con el objeto de alcanzar el nivel de desplante del cajón de estacionamiento (proyecto original) a una profundidad máxima de -8.10 [m] con respecto al nivel de piso actual en ese momento. Para la evaluación se consideraron los siguientes aspectos:

- - Las excavaciones se realizaron empleando una estructura de contención perimetral apuntalada, con la finalidad de evitar problemas de inestabilidad en las construcciones vecinas.
- - Tomando en consideración las construcciones vecinas, que cuenta con un nivel de desplante a -2.00 [m] respecto al nivel de piso actual, se plantea una primera etapa de excavación a una profundidad de -2.00 [m] para aprovechar el nivel de desplante antes mencionado.
- - La segunda etapa consistirá en la excavación de la parte central del estacionamiento, este proceso se realizó entre taludes perimetrales ampliando el área de la excavación abierta en la primera etapa.
- - La tercera etapa será a la excavación perimetral y la construcción del resto del cajón, apuntalando simultáneamente el muro de contención sobre la estructura previamente construida en la segunda etapa.

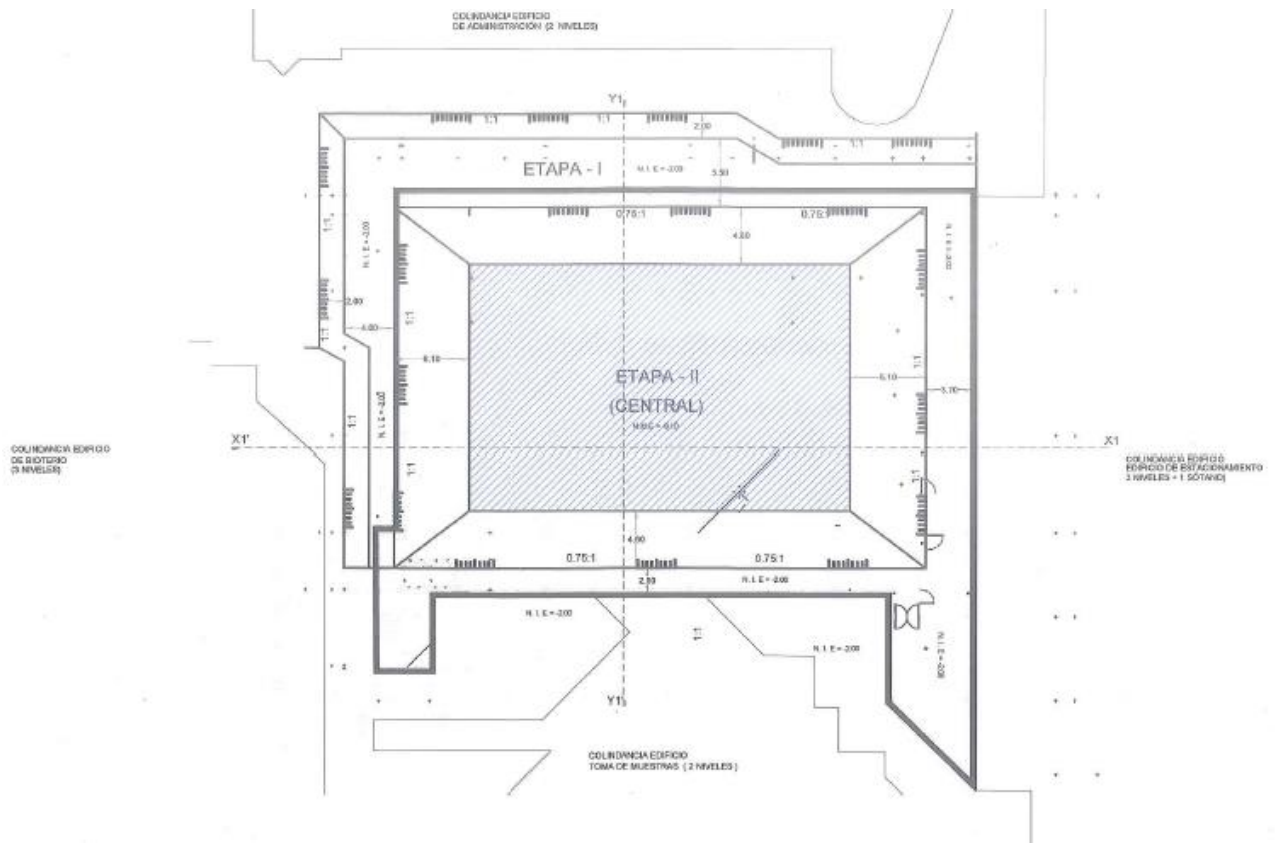


Figura 4: Croquis de la Primera y Segunda etapa de excavación.

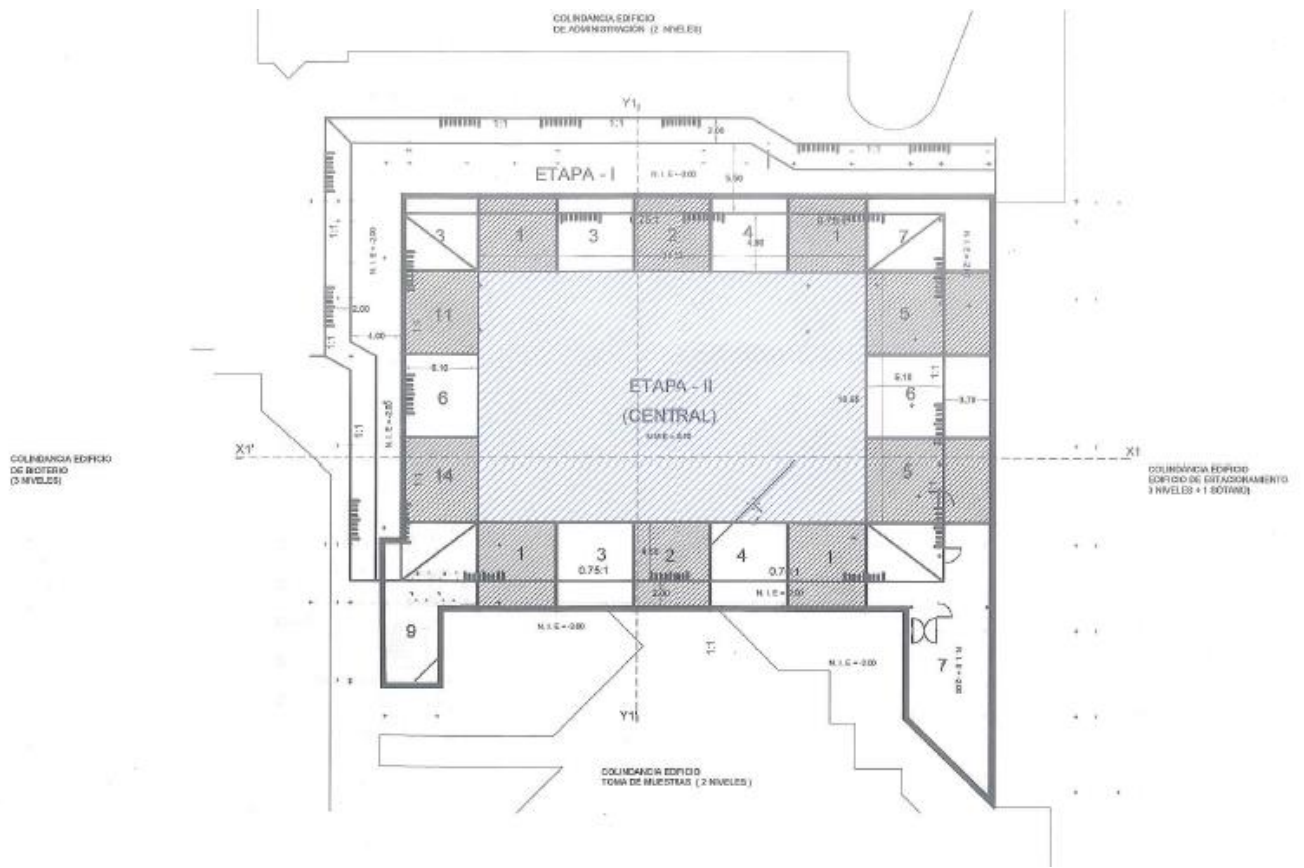


Figura 5: Tercera Etapa de Excavación. (Excavación Perimetral)



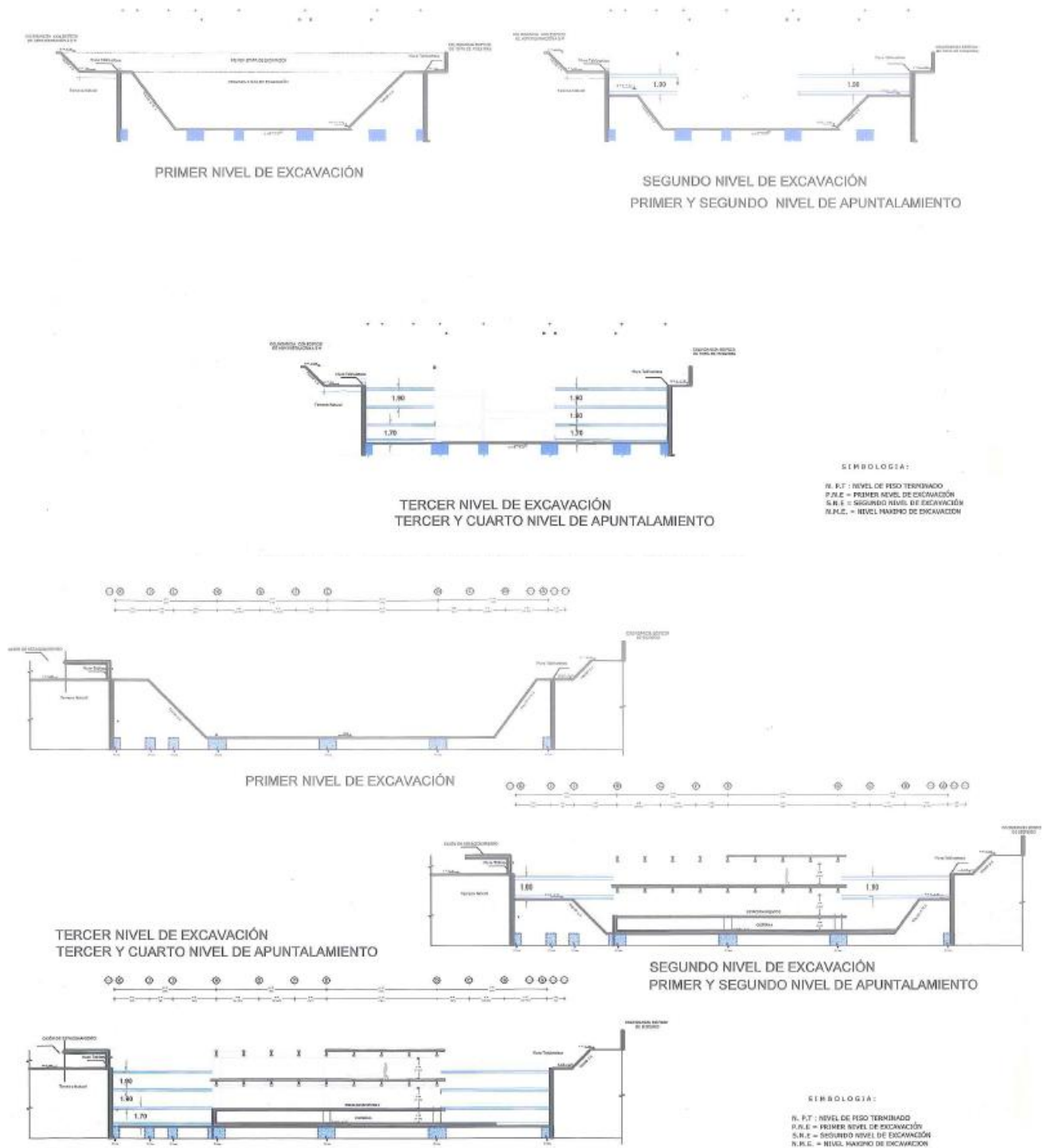


Figura 6: Cortes de la excavación

### Estabilidad de Taludes

Para la revisión de los taludes perimetrales se empleó un programa denominado “Estalud”, este programa utiliza el método Sueco, por medio de dovelas, el cual considera valida la ley de

---

resistencia de Mohr-Coulomb a lo largo de la superficie circular de falla. Este programa analiza todas las posibles fallas: local, en el cuerpo del talud y en general ya sea por la base o por el pie; además considera el incremento del momento motor debido a las sobrecargas en la corona del talud, correspondiente al peso del edificio.

El programa utiliza la siguiente expresión general:

$$FS = \frac{Mr}{Mm}$$

Dónde:

*FS* es el factor de seguridad del talud

*Mr* Momento resistente

*Mm* Momento actuante o motor

El momento resistente está dado por la siguiente expresión:

$$Mr = (c_i L_i + W_i \cos \alpha_i \tan \phi) R$$

El momento motor por la expresión:

$$Mm = R(W \sin \alpha_i)$$

Dónde:

$c_i$  es la cohesión del material de la dovela *i*

$L_i$  es la longitud de la superficie de falla de la dovela *i*

$W_i$  es el peso de la dovela *i*

$\phi_i$  es el ángulo de fricción interna

$\alpha_i$  es el ángulo de inclinación de la dovela *i*

*R* es el radio del círculo de falla

Dado lo anterior se realizaron diferentes corridas, para los cuatro casos de colindancia que se presentan en el perímetro del cajón, estimándose para ello presiones unitarias del orden de 3.0 [ton/m<sup>2</sup>] a 4.50 [ton/m<sup>2</sup>] y diferentes configuraciones de anchos de bermas con las cuales se obtuvieron taludes con una inclinación con respecto a la vertical de 0.75:1 y 1:1, presentando factores de seguridad mínimos iguales a 1.65, los cuales se consideran adecuados, siendo el valor mínimo aceptado de 1.50 para taludes temporales.

### Muros de retención (Muro tablestaca)

Para la construcción de los muros perimetrales del cajón se deberá colocar una estructura de contención de acompañamiento en todo el perímetro a base de muro tablestaca, prefabricada de 0.30 [m] de espesor como máximo y desplantada a una profundidad mínima de -9.00 [m], al término de la primera etapa de excavación (es decir partiendo de un desnivel de piso de -2.00 [m]), y en la cual se considera una longitud mínima de pata de 2.90 [m], con la finalidad de brindar una mayor seguridad a los edificios colindantes y una estabilidad en los cortes realizados durante el proceso constructivo.

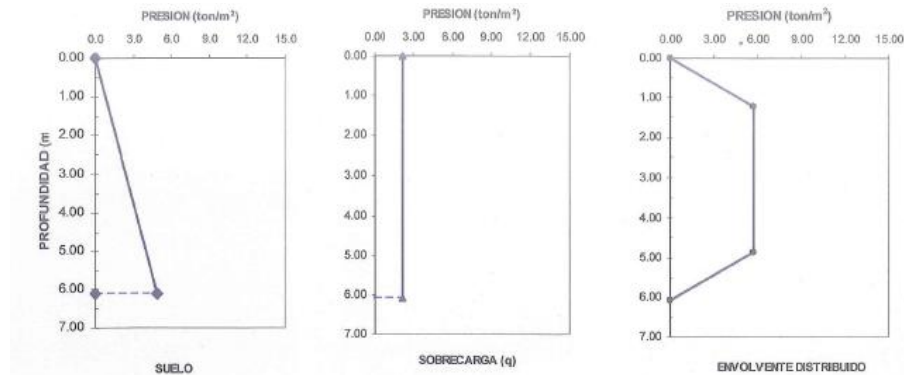


Figura 7: Diagrama de presión activa redistribuida para el diseño del sistema de apuntalamiento del muro de tablestaca

En la Figura 6 se presenta el diagrama de presión activa con una sobre carga de 4.50 [ton/m<sup>2</sup>], considerándose para el caso más desfavorable correspondiente a la colindancia con el edificio de Estacionamiento.

### Empuje de tierras en reposo

Para el caso de los muros perimetrales del cajón de estacionamiento los cuales funcionaran como muros de contención para las paredes de la excavación realizada. Se revisaron las condiciones reales a las que estará sometido en función del proceso constructivo propuesto, considerando para ello la condición más crítica y definitiva para su diseño, un empuje de tierras en reposo, presentando éste el equilibrio final que deberá presentarse en la estructura durante su vida útil. El empuje de tierras en reposo se calculó mediante la expresión propuesta por Rankine, expresada como sigue:

$$P_0 = (\Sigma \gamma' h + q) \times K_0$$

Dónde:

$\Sigma \gamma' h$  Es la sumatoria de la presión efectiva del suelo, obtenida a partir del producto de los pesos volumétricos por su espesor efectivo, en [ton/m<sup>2</sup>]

$q$  Es la sobrecarga en la superficie, en [ton/m<sup>2</sup>]

$K_0$  Es el coeficiente de tierras en reposo, adimensional igual a  $(1 - \text{sen} \phi)$

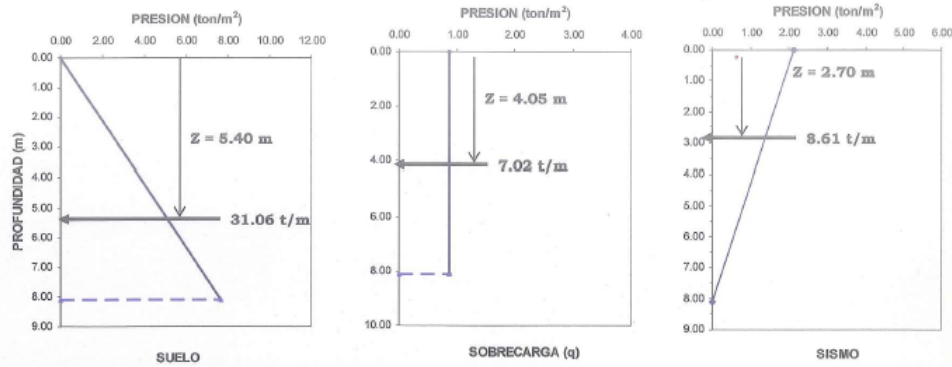


Figura 8: Diagramas de empuje en reposo sobre muros perimetrales del cajón.

La Figura 7 muestra el diagrama de empuje de tierras en reposo considerando una altura total de 8.10 [m], cabe mencionar que para que esta profundidad no se exceda será necesario que las contratraves, en el caso de los muros perimetrales, se construyan en forma invertida, es decir sobre el lecho superior de la losa de fondo.

#### Expansiones debidas a las excavaciones

Durante la excavación que se realizará para la construcción del cajón del estacionamiento se presentarán presiones en el fondo de tipo elástico. Para la evaluación de las expresiones se utilizó el criterio propuesto por Zeevaert, siendo la ecuación que determina el fenómeno la siguiente:

$$\lambda = \Sigma Me \times \Delta q \times Hi$$

Donde

$\lambda$  Es la deformación esperada, en [cm]

$Me$  Es el modulo elástico, en [cm<sup>2</sup>/kg]

$\Delta q$  Es el incremento medio del valor de la descarga producto de la excavación, en [kg/cm<sup>2</sup>]

$Hi$  Es el espesor del estrato considerado, en [cm]

La presión de alivio para alojar el estacionamiento a 8.10 [m] de profundidad se calculó en 13.28 [ton/m<sup>2</sup>], y se revisaron expansiones máximas en el fondo de la excavación, obteniendo un valor de expansión elástica del orden de 7.50 [cm], al centro de la excavación, de acuerdo con el resultado anterior, se considera un valor aceptable, quedando dentro de los límites establecidos.

#### Módulo de Reacción Vertical del Suelo.

Para el diseño de la losa de fondo del cajón de estacionamiento se podrá utilizar un módulo de reacción vertical de  $k=1.0$  [kg/cm<sup>3</sup>]

Este reporte fue generado por la empresa Ingenieros Especialistas en Cimentaciones S.C., por los Ingenieros Pedro Soto Hernandez y Hector Valverde Landeros.

---

## 1.2. Estudio de Impacto vial y urbano.

Se presentan los datos contenidos en el Estudio de Impacto Urbano y Ambiental, entregado por los proyectistas, en la primera entrega del proyecto en 2006.

### Agua

Para llevar a cabo los trabajos de gabinete en primera instancia se acudió a la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, solicitando información impresa hidráulica y sanitaria de la zona que comprende el estado actual del servicio de agua potable y alcantarillado del sitio en estudio, asimismo los planos de agua potable, drenaje de la zona en estudio, la cual se realizó para la red primaria en un radio de 500m y de red secundaria en un radio de 1,000 [m]. Para la red primaria y las fuentes de abastecimiento, almacenamiento y distribución, como se muestra en el plano zona de estudio, donde se marcó con diámetros de 500 [m] y 1,000 [m]. los límites de las zonas de estudio.

Se acudió también a la biblioteca de la DGCOH a consultar el programa hidráulico Delegacional que para este caso fue el de la delegación Tlalpan, así como también los lineamientos y recomendaciones para la revisión y supervisión de obra de proyectos para abastecimiento de agua potable y drenaje en edificaciones del Distrito Federal, el cual permitió definir las demandas de agua potable y descargas del proyecto.

#### Infraestructura actual de agua potable.

La zona de Tlalpan se ubica a 19° 09'57'' de latitud norte y 99° 09'57'' de longitud oeste. La máxima altitud es de 3,930 [m] en la cumbre del cerro Cruz del Marqués, la mínima de 2,260 [m] y se ubica en los alrededores del cruce de las avenidas Anillo Periférico y Viaducto Tlalpan.

La Delegación Tlalpan colinda al norte con las delegaciones de Álvaro Obregón y Coyoacán, al oriente con las delegaciones de Xochimilco y Milpa Alta, al poniente con la Delegación Magdalena Contreras y hacia el sur con los límites de los estados de Morelos y México, con los municipios de Huitzilac y Santiago Tianguistenco, respectivamente.

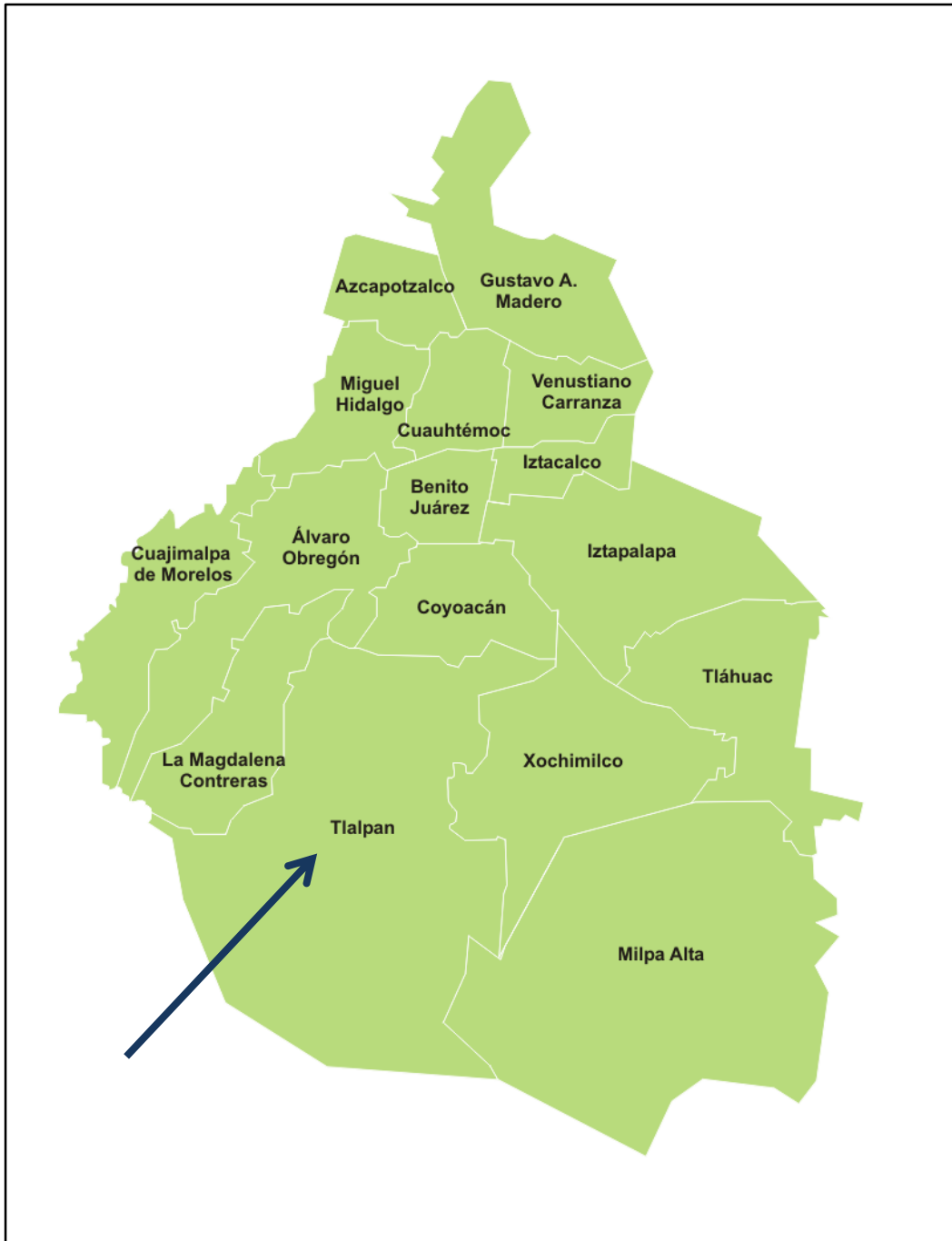


Figura 9: Mapa del Distrito Federal. Localización de la Delegación Tlalpan.

Los límites contenidos en el Diario Oficial del viernes 30 de Diciembre de 1994, consideran los Decretos del 15 y 17 de Diciembre de 1898, así como el 27 de Julio de 1994 expedidos por el H. Congreso de la Unión, en los que se ratifican los Convenios celebrados con los Estados de Morelos y México respectivamente, en los que se delimita a la Delegación.

Con respecto a las características del clima las temperaturas medias anuales en las partes más bajas de la Tlalpan oscilan entre 10° C y 12° C, mientras que en las regiones con mayor altitud

son inferiores a los 8° C. La precipitación total anual varía de 1000 a 1500 milímetros, registrándose en la región sur la mayor cantidad de humedad. Los meses de más elevada temperatura son abril y mayo; los de mayor precipitación de julio a septiembre. En relación a los parámetros de temperatura y precipitación, el clima varía de templado subhúmedo en la porción norte, a semifrío subhúmedo conforme aumenta la altitud, hasta tornarse semifrío húmedo en las partes más altas.

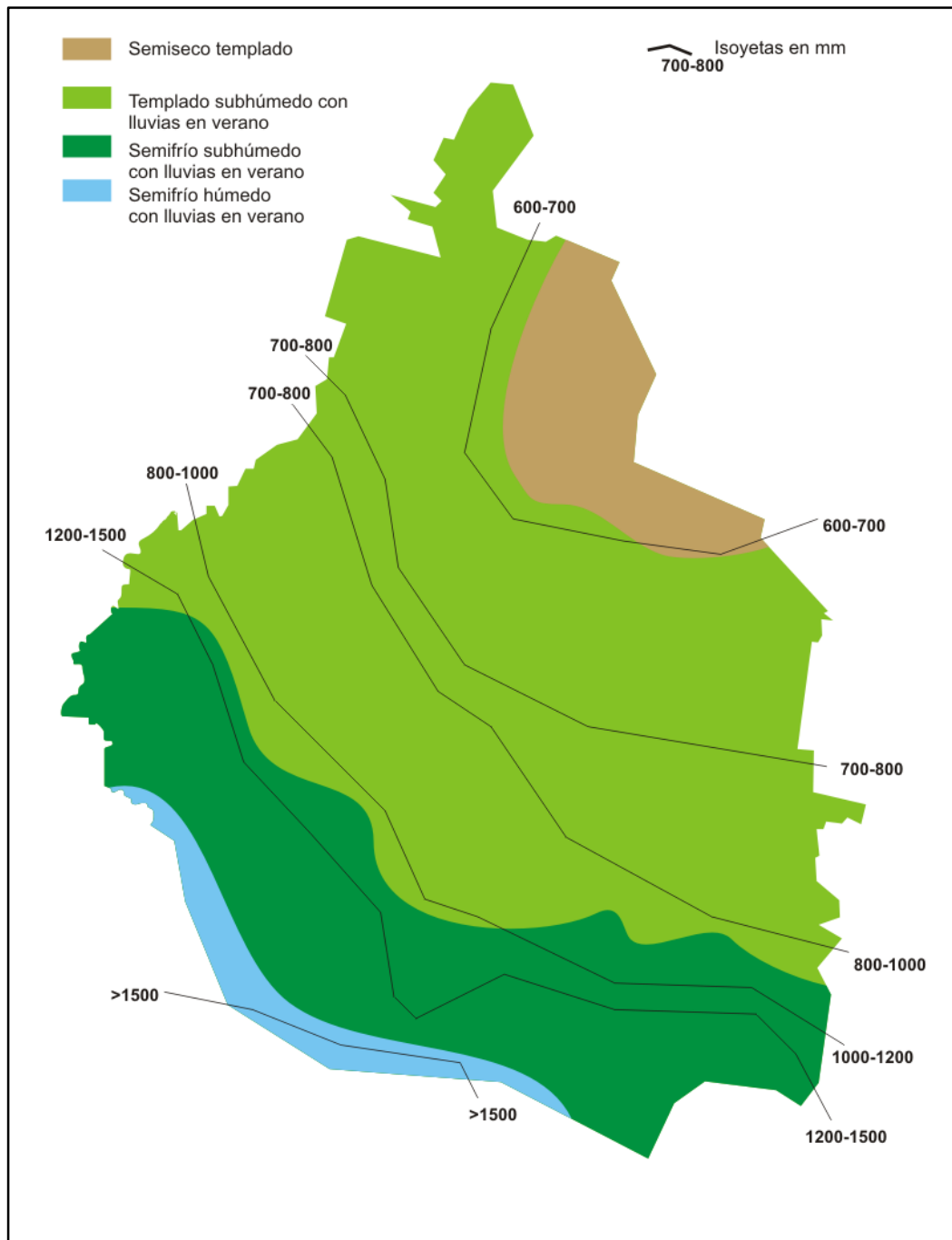


Figura 10: Climas del Distrito Federal

---

La red hidrográfica de este lugar la forman arroyos de carácter intermitente que por lo general recorren cortos trayectos para perderse en las áreas de mayor permeabilidad.

Hoy sólo existen los cauces de los que fueron ríos de caudal importante: San Buenaventura y San Juan de Dios. La fuente nutriente del San Buenaventura, fue el pedregal del Xitle, al sur del mismo cerro. Dichos ríos sólo vuelven a formar su caudal en la temporada de lluvias, por las corrientes de agua que bajan de los cerros y fertilizan los llanos de Tlalpan, el San Buenaventura corre de oeste a este y el San Juan de Dios, de sur a norte. El primero de dichos ríos se junta con el lago de Xochimilco, en cambio, el río San Juan de Dios se dirige hacia el canal que sale del lago de Xochimilco, por Tomatlán y enfila a la ciudad de México con el nombre de canal de la Viga. Al río San Juan de Dios, se le une un río afluente que desciende del Pedregal del Xitle. Cerca del pueblo de Parres, pasa el río del mismo nombre, el cual tiene su nacimiento en la estribación del cerro El Guarda, al cual se le unen las corrientes de lluvia del cerro Oyameyo, desembocando finalmente, en la Presa de San Lucas, Xochimilco.

Cabe subrayar, que el Río Eslava es intermitente e importante con cauce fijo y sirve de límite natural para las delegaciones Tlalpan y Magdalena Contreras.





Figura 11: Hidrología del Distrito Federal.

Con el fin de realizar de manera precisa la incidencia de este proyecto sobre la infraestructura hidráulica Delegacional es necesario conocerla, por lo cual apoyados en el Programa Hidráulico Delegacional, conoceremos la infraestructura actual con que cuenta la delegación Tlalpan y el funcionamiento de la misma.

*Operación de la Infraestructura.*

Debido a la gran magnitud y complejidad del sistema de abastecimiento de agua potable del Distrito Federal, la operación de su infraestructura se dividió en cinco sistemas: norte, centro - poniente, oriente, sur - centro y sur.

Para nuestro caso es operado por el sistema Sur - Centro el cual opera para las delegaciones: Coyoacán, Magdalena Contreras y Tlalpan La delegación Tlalpan tiene un nivel de cobertura del servicio de agua potable del 100%, 96% a través de tomas domiciliarias y el 4% restante por medio de carros tanque, considerando únicamente el área urbana y los pueblos localizados dentro de la zona de reserva ecológica.

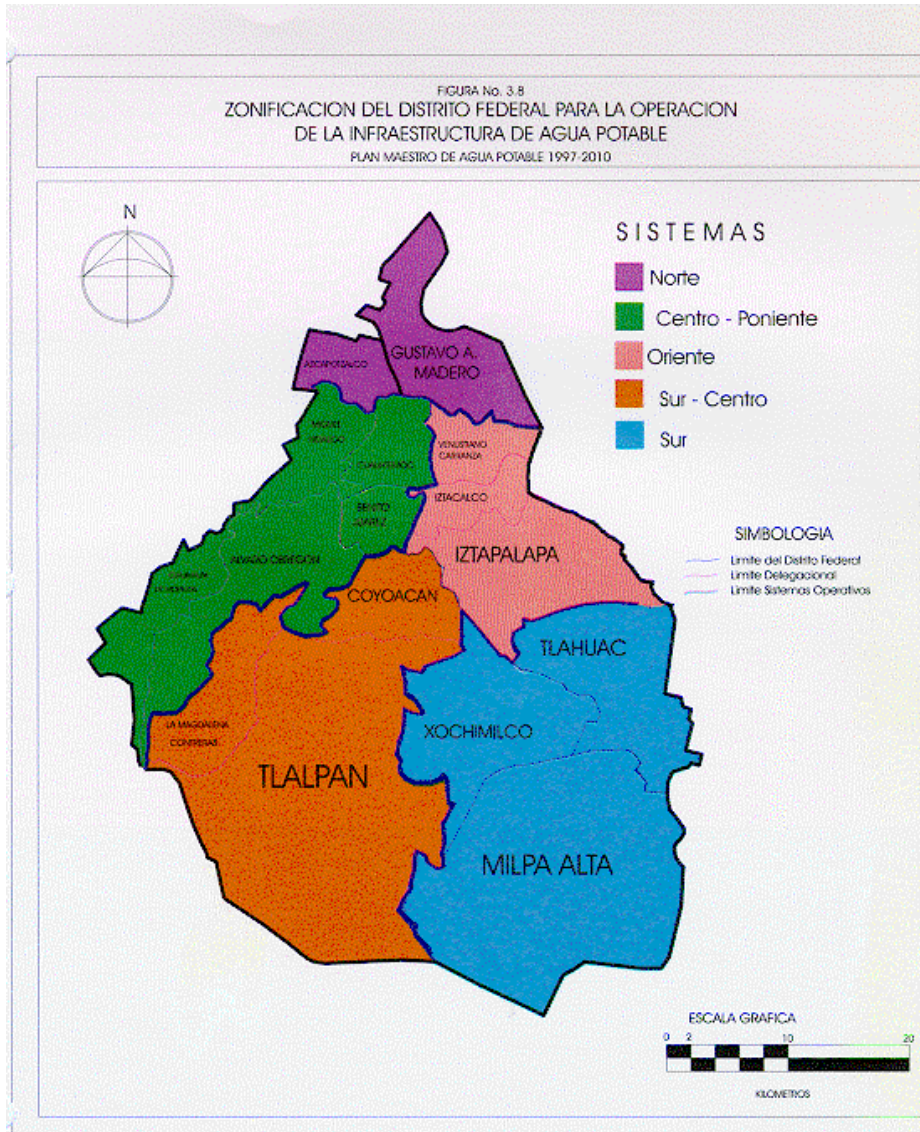


Figura 12: Zonificación de la Operación de Infraestructura de agua potable del Distrito Federal.

---

### *Fuentes De Abastecimiento*

El agua potable que se consume en la delegación se obtiene principalmente de los manantiales ubicados en el cerro del Ajusco y de los pozos profundos ubicados al norte de su territorio, en el centro y cabecera de Tlalpan (Coapa), de estos la mayoría alimentan directamente a la red de distribución, además, cuenta con pozos para uso particular.

En la zona conocida como Padierna ubicada al noroeste de la delegación, inicia la distribución del agua proveniente del sistema Lerma y Cutzamala por medio de una línea que sale de la trifurcación Providencia y otra del tanque San Francisco ubicado en Magdalena Contreras, el cual alimenta al tanque fuentes del Pedregal y LC-4 respectivamente.

Debido a que esta delegación presenta una topografía muy accidentada por estar asentada en su mayor parte sobre la Sierra del Ajusco, la distribución del agua se realiza a base de tanques de regulación, que abastecen por gravedad a las zonas bajas y a través de rebombos escalonados que alimentan a las partes altas. Estas estructuras se localizan en las zonas de Padierna, Miguel Hidalgo, Vértebra de Tlalpan y en los pueblos ubicados dentro del área de reserva ecológica. Las zonas que no cuentan con infraestructura son abastecidas a través de carros tanque que son llenados con ocho garzas existentes en la delegación.

El conjunto de instalaciones que conforman la infraestructura para el abastecimiento y distribución del agua potable en la delegación Tlalpan, se divide en ocho sistemas ubicados de la siguiente manera:

Tabla 3: Sistemas de Distribución para la Delegación Tlalpan.

| <b>SISTEMA</b>      | <b>UBICACIÓN</b> |
|---------------------|------------------|
| Padierna            | Norponiente      |
| Miguel Hidalgo      | Norte-Centro     |
| Centro de Tlalpan   | Centro           |
| Cabecera de Tlalpan | Nororiente       |
| Vértebra de Tlalpan | Centro           |
| Volcanes            | Centro           |
| Pueblos             | Sur              |
| Parres              | Sur              |

### *Acuíferos y Pozos*

En la delegación Tlalpan se distinguen dos zonas geohidrológicas, la zona IV que abarca la parte norte de la delegación y la zona V que la cubre casi en su totalidad. La zona IV se presenta como una franja angosta que cubre en su totalidad la parte norte de la delegación, los acuíferos de esta zona están alojados en rocas de la formación Tarango y el denominado aluvión antiguo que



---

presentan permeabilidad que varían entre bajas y medias; los pozos tienen profundidades de 200 [m] a 350 [m] y sus caudales de extracción varían de 20 [l/s] a 60 [l/s].

La zona V se localiza desde el centro hasta el sur de la delegación y abarca casi el 70% del territorio de ésta, debido a que las rocas andesíticas que se localizan en esta zona, presentan baja permeabilidad a pesar de su fracturamiento, la perforación de pozos en la zona casi es nula, ya que el nivel estático está por debajo de los 150 [m] de profundidad y el gasto promedio varía entre 15 [l/s] y 30 [l/s]. Sin embargo estas características originan la formación de manantiales al interceptarse los niveles piezométricos con la fracturas. La Sierra del Ajusco que está constituida por rocas andesíticas pertenecientes al grupo Chichinautzin conforma el sitio de recarga más importante de la zona

*Características de la red.*

La red primaria de agua potable es aquella que comprende tuberías iguales o mayores de 51 [cm] de diámetro y tiene la función de captar el agua que les suministran los sistemas de abastecimiento para hacerla llegar a la red primaria.

Tabla 4: Diámetros de la Red Primaria de Agua Potable en la Delegación Tlalpan

| RED PRIMARIA DE LA DELEGACIÓN TLALPAN |               |
|---------------------------------------|---------------|
| Diámetro (cm)                         | Longitud (Km) |
| 50                                    | 41.8          |
| 91                                    | 1.0           |
| 122                                   | 6.4           |
| 183                                   | 2.1           |
| Mayor a 183                           | 3.4           |
| <b>Total</b>                          | <b>54.7</b>   |

En lo que se refiere a la presión hidrostática existente en la zona, se obtuvo una presión promedio de 1.500 [kg/cm<sup>2</sup>], suficiente para abastecer cualquier cisterna en la zona o bien alimentar correctamente cualquier edificación de dos niveles.

La dotación para este tipo de desarrollos se establece en el artículo 82 del reglamento de construcciones para el distrito federal, el cual especifica que las edificaciones deberán estar provistas de servicios de agua potable, capaz de cubrir las demandas mínimas como se indica a continuación.

Tabla 5: Dotaciones mínimas de acuerdo al RCDF

| TIPOLOGÍA Y SUBGÉNERO  | DOTACIÓN MÍNIMA             | OPERACIÓN  | [LT]       |
|--|-----------------------------|------------|------------|
| Área de consulta   | 6 [lt/m <sup>2</sup> ] (a)  | 4517.27x6  | 27,103.62  |
| Área de ambulatorio  | 20 [lt/m <sup>2</sup> /día] | 358.55x20  | 7,171.00   |
| Mantenimiento  | 12 [lt/comida]              | 646x12     | 7,752.00   |
| Área de servicios y circulaciones cubiertas                      | 6 [lt/m <sup>2</sup> ]      | 1929.78x6  | 11,578.68  |
| Área de estacionamiento techado                                  | 2 [lt/m <sup>2</sup> /día]  | 3800x2     | 7,600.00   |
| Estacionamiento exterior, patio de maniobras y plaza descubierta | 2 [lt/m <sup>2</sup> /día]  | 5309.01x2  | 10,618.02  |
| Áreas verdes   | 5 [lt/m <sup>2</sup> /día]  | 683.40x5   | 3,417.00   |
| Aire lavado  | 28000 [lt/día]              | 28000.00x1 | 28,000.00  |
| Total:   |                             |            | 103,240.32 |

*Determinación de las Demandas del Desarrollo.*

Los requerimientos de agua se refieren al volumen de agua necesaria durante la operación del inmueble estudiado para desarrollarse adecuadamente. Su valor depende de la relación que existe entre el clima, la ubicación, el uso de la obra y en el tamaño del área de proyecto, la eficiencia en la aplicación y las pérdidas en las conducciones por la otra.

*Cálculo del gasto.*

El cálculo de gasto está en base a la dotación antes establecida, por tanto se tiene lo siguiente:

$$Demanda\ diaria = 103,240.32\ lts$$

$$Gasto\ medio\ diario = Demanda\ diaria / 24\ horas = 103,240.32\ lts / 86400s = 1.1920\ lts/seg$$

$$Gasto\ máximo\ diario = q_{max.diario} \times coef.\ de\ var.\ diaria = 1.1929\ lts/seg \times 1.20 = 1.4315\ lts/seg$$

*Diámetro De La Toma a la Red Municipal.*

El cálculo del diámetro de la toma municipal a la red es de acuerdo a la ecuación de continuidad, la cual se desarrolla despejando el área y por consiguiente el diámetro, como se especifica en el libro de diseño de redes de distribución para aprovechamiento de agua (dgcoh ap-100-85) inciso 3.2.3

$$Q = V \times A$$

$$A = \pi D^2 / 4$$

$$D = \sqrt[2]{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Dónde:

D Diámetro del conducto en metros

Q Gasto en el tramo en  $m^3/s$

V Velocidad media en  $m/s$

Si consideramos  $v = 1.0$  [m/s] Que es una velocidad equilibrante, además el gasto máximo es considerado directo al almacenamiento.

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 \times 0.0014315 m^3/s}{\pi \times 1 m/s}} = 0.04269m$$

Por lo que se considerará un diámetro comercial de 51 [mm] (2")

Si tomamos en consideración que existen tres líneas una de 4" otra de 12" y una más de 20" alrededor de nuestro predio podemos tomar para este cálculo la de 4" que es la más pequeña para ver el Impacto que se pudiese causar:

Para  $d = 4"$  y  $v = 1 m/s$

$$Q = V \times A$$

$$\text{Donde } A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Sustituyendo los valores tendremos

$$Q = 7.85 \text{ lts}/s$$

Para  $V = 1.7 m/s$

$$Q = 13.35 \text{ lts}/s$$

#### *Determinación del Volumen de Almacenamiento*

La reserva de agua del proyecto se tendrá en una cisterna principal con una capacidad real de almacenamiento para dos días considerando la dotación máxima diaria.

$$\text{Por consumo} = 103,240.32 \text{ lts}/\text{día} \times 2 \text{ días} = 206,480.63 \text{ lts} = 206.49 m^3$$

*Contra incendio* =  $11,351.77 \times 5 = 56,758 \text{ lts}$  o por hidrantes  $67,200 \text{ lts}$ .

$$\text{TOTAL DE RESERVA} = 206.49 m^3 + 67.20 m^3$$

---

En una cisterna con tres celdas 2 de 100 m<sup>3</sup> y una de 73.69 m<sup>3</sup>

#### *Capacidad de Dotación de la Red de Distribución de Agua Potable al Desarrollo*

Para conocer la población que abastece esta línea considerando una dotación de acuerdo al artículo 82 del reglamento de construcciones para el distrito federal y el 9° transitorio, inciso c, tenemos:

Para  $v = 1 \text{ m/s}$

$$\text{Poblacion} = \frac{\text{gasto} \times 24\text{horas}}{\text{dotacion}} = \frac{7.85 \times 86,400}{150}$$

$$\text{Poblacion} = 4,521\text{hab}$$

Para  $v = 1.70 \text{ m/s}$

$$\text{Poblacion} = \frac{\text{gasto} \times 24\text{horas}}{\text{dotacion}} = \frac{13.35 \times 86,400}{150}$$

$$\text{Poblacion} = 7,690\text{hab}$$

#### *Impacto de Demandas del Desarrollo en la Infraestructura de Agua Potable Existente*

El Impacto que presenta en la línea de agua potable de 0.10 [m] (4") de diámetro, por las demandas que requiere el desarrollo no son considerables.

Si consideramos el gasto mínimo transportado en la línea de agua potable, entonces se tiene:

Gasto transportado en la red 13.35 [l/s]

Gasto máximo diario requerido en el desarrollo 1.4315 [l/s]

Lo que representa el 10.72% del gasto que transporta la red y si consideramos que esta línea secundaria no es la principal línea de distribución, que abastecen a esta zona, entonces inferimos que no se tendrán problemas.

Esto nos permite por tanto verificar que la línea municipal no se ve afectada en mayor medida, puesto que las demandas con respecto al agua transportada no son representativas en el funcionamiento hidráulico existente.

No obstante se pretende tener la cisterna con la capacidad que establece el cálculo anteriormente determinado. Aunado a ello los equipos indispensables para dar la presión adecuada para el buen funcionamiento en el interior del proyecto así como los dispositivos de bajo consumo de agua potable en los sanitarios.

#### *Medidas de Mitigación de Agua Potable*

Para el caso en particular no se requiere de medidas de mitigación, sin embargo se instalaran los dispositivos necesarios para el bajo consumo de agua potable.

---

### *Determinación del Impacto a la Red Hidráulica*

Para el caso en particular se prevé usar como máximo el 10.72% de la capacidad instalada en la línea de menor diámetro que pasa junto a nuestro predio y de la cual consumiremos menor cantidad al instalarse dispositivos de control de gasto.

### *Infraestructura Actual de los Servicios de Drenaje.*

La delegación Tlalpan tiene un nivel de cobertura de infraestructura de drenaje del 77%, considerando únicamente el área urbana y pueblos ubicados dentro de la zona de reserva ecológica. De esta manera el 52% del nivel de cobertura de la población, cuenta con descarga domiciliaria a la red, el 48% restante, realiza sus descargas a fosas sépticas y resumideros.

El sistema de drenaje es de tipo combinado ya que capta y conduce en forma conjunta aguas residuales y pluviales, las cuales son recolectadas mediante la red de atarjeas que las conduce hacia una serie de colectores y ramales ubicados al noreste de la delegación en las zonas conocidas como centro y cabecera de Tlalpan.

El conjunto de colectores y ramales se enlazan al colector Miramontes, que es la estructura encargada de conducirlos aguas negras generadas en esta delegación hasta el Río Churrusco, integrándose así al sistema general de desagüe.

Los pueblos existentes en la delegación, los cuales se localizan en la sierra del Ajusco, desalojan una parte de sus aguas negras a través de corrientes superficiales que alimentan al río san buenaventura, el cual a su vez descarga en el canal nacional.

### *Red Primaria de Drenaje*

Se considera red primaria el conjunto de tuberías cuyo diámetro es mayor que 60 [cm]. La longitud total es de 104.1 [km] en la delegación Tlalpan.

### *Red Secundaria de Drenaje*

Se considera red secundaria al conjunto de tuberías cuyo diámetro es menor o igual a 60 [cm]. Formando una longitud total de 555.9 [km] en la Delegación Tlalpan.

### *Plantas de Bombeo*

Es importante mencionar que el funcionamiento hidráulico de los colectores fue diseñado para trabajar por gravedad.

### *Descripción Del Funcionamiento Del Drenaje En La Zona De Estudio*

La línea de drenaje más cercana al predio son por Calzada de Tlalpan una línea de 61 [cm] de diámetro, por la Calle de Juan de Dios una línea de 45 [cm] de diámetro y otra de 152 [cm] de diámetro, por la calle de Tepepa una línea de 30 [cm] de diámetro y por la calle de Sillón de Mendoza una línea de 152 [cm] de diámetro lo que representa una excelente red de drenaje en nuestra periferia del estudio

Tabla 6: Características de la descarga.



| Parámetros                           | Unidades       | Valor máximo |
|--------------------------------------|----------------|--------------|
| pH                                   | unidades       | 9            |
| Conductividad eléctrica              | US/cm          | 10,000       |
| Fosfatos totales                     | p.p.m.         | 5.0          |
| Color                                | Unidades Pt-Co | 100          |
| Grasas y aceites                     | p.p.m.         | 70           |
| Turbidez                             | NTU            | 100          |
| Sólidos suspendidos                  | p.p.m.         | 200          |
| Sustancias activas al azul de metilo | p.p.m.         | 100          |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno        | p.p.m.         | 60           |
| Coliformes totales                   | NMP/100ml      | 1,500,000    |

Para este caso en particular no se requiere de un tratamiento previo de las aguas servidas solo se dispondrá en la salida del restaurante trampas de grasa antes de verterla al colector municipal.

#### *Determinación de Descargas del Desarrollo*

Con la finalidad de desarrollar este inciso, es necesario calcular la descarga de aguas residuales y pluviales del proyecto motivo de este estudio.

#### *Cálculo del Gasto Pluvial*

De acuerdo a las recomendaciones y lineamientos para el diseño de alcantarillado que indica la SACM, se determina la obtención del gasto pluvial mediante la aplicación del método Racional Americano, el cual es empleado en áreas relativamente pequeñas, los parámetros para su obtención son los siguientes.

#### *Cálculo del Coeficiente de Escurrimiento.*

De acuerdo a los valores típicos de escurrimiento recomendados en la gráfica 1 del manual de hidráulica urbana de la SACM en la cual se dan ciertos valores de acuerdo a las características de escurrimiento y filtración que tienen algunos materiales del suelo, Para nuestro caso deberemos de tomar Zonas comerciales y equipamientos y nuestro coeficiente ponderado será:

Máximo  $C_{max.} = 0.95$

Mínimo  $C_{min.} = 0.75$

Coeficiente  $C = 0.90$

---

### *Cálculo de la Intensidad de Lluvia*

La duración de la precipitación de diseño debe ser de 60 minutos.

El periodo de retorno seleccionado debe de ser TR = 10 años de acuerdo a la tabla 18 usos del suelo y periodos de retorno.

De la Figura 12 de isoyetas para el D.F. Según sitio de ubicación del predio, (Tlalpan) se obtuvo la precipitación base asociada a una duración de 30 minutos y un periodo de retorno de 10 años, se obtiene de 107.62 mm

Para la intensidad de lluvia y de acuerdo a la altura de precipitación y tomando un tiempo de concentración igual a la duración.

$$I = 107.62 \text{ mm}$$

Aplicando la fórmula del Método Racional Americano se tiene:

$$Q = C \times I \times A$$

De donde:

Q gasto pluvial máximo en  $l/s$

C coeficiente de escurrimiento adimensional

I intensidad de lluvia en  $mm/hr$

A área de aportación en  $m^2$

1/3600 Coeficiente de conversión de unidades

- Tienda de autoservicio = 4200 [ $m^2$ ]

$$Q = 0.9 \times 107.62 \times 0.42 = 113 \text{ } l/s$$

- Equipamiento = 1900  $m^2$

$$Q = 0.9 \times 107.62 \times 0.19 = 51 \text{ } l/s$$

- Cafetería restaurante. = 746  $m^2$

$$Q = 0.9 \times 107.62 \times 0.0746 = 20 \text{ } l/s$$

- Áreas descubiertas. = 5992.41  $m^2$

$$Q = 0.9 \times 107.62 \times 0.599 = 161 \text{ } l/s$$

$$Q_{total} = 345.07 \text{ } l/s$$

Capacidad de evacuación a tubo lleno: por la fórmula de Manning  $Q=(A/n) (D/4)^{2/3} (s)^{1/2}$  y al considerar tuberías de albañal de concreto

Para 8" de diámetro= 38.73 l/s

Para 10" de diámetro= 70.28 l/s

Para 12" de diámetro= 114.28 l/s

Para 15" de diámetro= 216.18 l/s

Para 18" de diámetro= 351.11 l/s

Si descargáramos con un solo colector sería de 61 [cm] de diámetro pero se realizaran pozos de absorción que permitan la recarga de mantos acuíferos aun cuando nos encontramos en la zona sur del D.F. ya que el estudio de mecánica de suelos indica que esto es factible.

#### *Cálculo del gasto sanitario*

Tabla 7: Gasto sanitario.

| Mueble                     | Unidad Mueble | Numero de Muebles | Total UM |
|----------------------------|---------------|-------------------|----------|
| Inodoros                   | 6             | 5                 | 50       |
| Mingitorios con fluxómetro | 5             | 2                 | 10       |
| Lavabos                    | 2             | 4                 | 8        |
| Tarjas de aseo             | 3             | 1                 | 3        |
| Fregadero                  | 2             | 1                 | 2        |
|                            |               |                   | 73       |

#### *Cálculo del Diámetro de Descarga a la Red Municipal (gasto sanitario)*

Si consideramos que el gasto pluvial es separado del gasto sanitario cada uno tendría su tubería de descarga una a los pozos de absorción y otra a la red municipal, a la red municipal enviaremos el gasto sanitario sin tener tratamiento previo ya que solo en el caso del restaurante se pondrán trampas de grasas y los demás usos se toman como si fuesen domésticos:

$$Gasto\ sanitario = 9.56\ l/s$$

Si consideramos un tubo de 8" se tendría un gasto de 38.73 [l/s] que absorbe perfectamente nuestra descarga sin ocupar las tres cuartas partes del tubo. Si comparamos el gasto sanitario y pluvial con el gasto a tubo lleno, este es menor.

Apreciándose que es menor el gasto de diseño y ocupa un tirante en el tubo de 20 [cm] de diámetro menor a  $\frac{3}{4}$  de tubo.

Tabla 8: Usos de suelo y periodos de retorno.

| Tipo de uso.   | T <sub>R</sub> , en años |
|--|--------------------------|
| a) zonas de baja actividad comercial.                                    | 5                        |
| b) zonas de actividad industrial.  | 5                        |
| c) zonas de edificios públicos.  | 5                        |
| d) zonas residenciales unifamiliares de alta densidad                    | 3                        |
| e) zonas residenciales unifamiliares y multifamiliares de baja densidad. | 1.5                      |
| f) zonas recreativas de alto valor e intenso uso por el público.         | 1.5                      |
| g) otras áreas recreativas.  | 1                        |

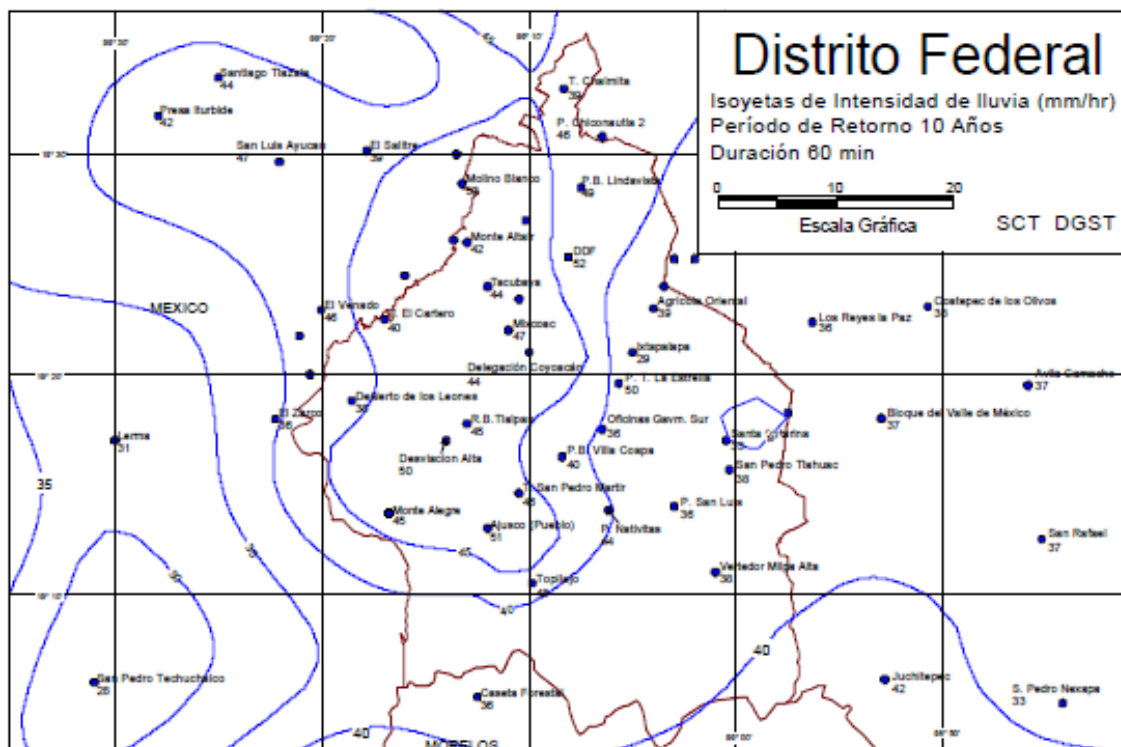


Figura 13: Plano de isoyetas del Distrito Federal

---

### *Capacidad de los Conductos para Recibir Las Aportaciones Del Desarrollo*

El colector más cercano y pequeño al predio es de diámetro de 30 [cm] cuya capacidad es de 68.30 [l/s], por lo que la capacidad del colector para absorber el gasto sanitario sería suficiente, sin embargo existen colectores mayores frente al predio en otras calles.

### *Impacto del Gasto de Descarga del Desarrollo en la Red Municipal*

El Impacto que se origina por la aportación del gasto de descarga del proyecto a la red municipal esto con base a lo siguiente:

Gasto de descarga del proyecto sanitario 9.56 l/s

Gasto máximo que transporta la red 68.38 l/s

El gasto de descarga del proyecto representa el 13.98% con respecto a la capacidad del tubo existente de 30 [cm]. Menor de las calles que rodean al predio.

### *Medidas de Mitigación a la Red de Drenaje.*

Para este caso no se requieren medidas de mitigación ya que en las calles que rodean al predio existe capacidad sobrada de la red municipal.

### *Determinación del Impacto del Proyecto en la Red de Drenaje.*

Dado que la capacidad instalada de la red municipal es suficiente para absorber el gasto sanitario, no tendríamos un impacto considerable y se implementan pozos de absorción dentro del predio como se mencionó en el cálculo pluvial.

## **Vialidad.**

Para determinar la zona de influencia del edificio, se delimito con un polígono, cuyo perímetro es de 1000 [m], esta poligonal la forman las siguientes vialidades:

- Al norte: Av. Ferrocarril y Arenal.
- Al poniente: Congreso.
- Al sur: H. Galeana, Tezoquipa, Club de Golf México.
- Al oriente: Unidad.



Figura 14: Zona de Estudio

La información recabada para la determinación del impacto vial de esta obra fueron: planos digitalizados de la delegación Tlalpan, planos del INEGI, ortofotos digitales, información estadística de INEGI (datos de población, parque vehicular, tasas de crecimiento), e información de campo.

### Estructura Vial.

Para poder entender mejor el impacto de la obra en la vialidad, es importante la jerarquización de las vialidades que la rodean, de acuerdo a sus características se clasifican en:

- Vialidades de Acceso Controlado, que tienen como función principal articular los movimientos interregionales, por los que por ellas circulan volúmenes de tránsito importantes, conectan a los principales centros generadores y atractores de viajes y distribuyen el tránsito a las vialidades regionales. En esta clasificación se pueden ubicar dos de las vialidades que nos ocupan, Viaducto Tlalpan y Anillo Periférico.
- Vialidades primarias, estas se caracterizan por tener continuidad suficiente para comunicar zonas distantes, así como contar con un ancho constante y suficiente para soportar volúmenes considerables. En esta categoría podemos considerar a Calzada de Tlalpan, San Fernando, Renato Leduc y Arenal.
- Vialidades Secundarias, estas sirven para alimentar a la red principal, por lo que presentan una menor longitud y soportan volúmenes de tránsito más pequeños. Las vialidades consideradas como secundarias más destacadas en la zona de estudio son H. Galeana, Martín de la Cruz, Tezoquipa, Morelos, Vasco de Quiroga, Dr. E. Cansino.
- Vialidad Local, el resto de la red constituye la vialidad local, cuya única función es dar acceso a las colonias y barrios.



---

Las vialidades locales que dan acceso al predio son Vasco de Quiroga y Martín de la Cruz, que cuentan carriles de 3.00 [m] en dos y tres carriles por cuerpo, sin embargo la presencia de estacionamiento en la vía pública reduce la sección utilizable de las vialidades, convirtiéndose en la mayor problemática. En cuanto a las vialidades primarias y de acceso controlado, estas cuentan con un ancho de entre 3.30 [m] y 3.60 [m], por donde circulan transporte público y privado.

#### Características Físicas de la Vialidad.

Los factores relativos a la vialidad son todos aquellos elementos físicos, propios del diseño geométrico, que tienen influencia directa o indirecta en la capacidad y niveles de servicio. Estos elementos pueden ser: ancho de carriles, obstáculos laterales, ancho de banquetas, carriles auxiliares, las condiciones del pavimento y el mismo trazo de la vialidad.

#### Secciones Transversales y Sentidos de Circulación.

La sección transversal es el ancho con que cuenta una vialidad dentro de la vía pública; es decir, de paramento a paramento o de límite de predio a límite de predio. Esta sección comprende banquetas, arroyos y en algunos casos faja separadora central o camellón. A continuación se presentan las secciones transversales promedio de las vialidades de influencia y que a continuación se describen:

La vialidad primaria y de acceso controlado que dará acceso al proyecto, cuentan carriles de un ancho promedio de 3.3 [m] ya que por ellos circula el transporte público, sobre Tlalpan y San Fernando lo que aunado a los camellones da una sección vial promedio de 24 [m], el Viaducto Tlalpan y el Anillo Periférico, por ser vías rápidas, presentan carriles de 3.6 [m] y camellones de separación de los carriles centrales contra los carriles laterales por donde circula el transporte público o porque su sección es variable siendo de 38 [m] a 45 [m].

Las vialidades locales que dan acceso al predio son Vasco de Quiroga y Martín de la Cruz, estas arterias cuentan con carriles de 3.00 [m] en dos y tres carriles por cuerpo, sin embargo la presencia de estacionamiento en la vía pública reduce la sección utilizable de las vialidades.

#### Inventario de Semáforos, Ciclos y Fases.

Los semáforos dentro de la zona de estudio se encuentran instalados en las intersecciones más importantes, que son:

- Calzada de Tlalpan.
- San Fernando.
- Pasos a desnivel de Viaducto Tlalpan.
- Pasos a Desnivel de Periférico.
- Renato Leduc.

En las intersecciones de la zona podemos encontrar dos tipos de programación:

- 
- Operación pre-programada, estos tienen uno o más planes de programación en periodos del día preestablecidos en función de la estimación del tránsito.
  - Programación parcialmente accionada, que esta empleada en intersecciones aisladas en las que el tránsito varía mucho y es de poca magnitud, el ciclo depende del aforo en la vialidad.

#### Señalamiento Horizontal y Vertical.

En la zona de influencia del proyecto se aprecia que el señalamiento en sus tres modalidades, informativo, preventivo y restrictivo, se encuentra principalmente sobre las avenidas primarias, como son, la Calzada de Tlalpan, Viaducto-Tlalpan, Anillo Periférico y San Fernando.

San Fernando: El tipo de señalamiento predominante en esta vialidad son los que permiten ubicar las rampas para los discapacitados sobre las banquetas, de hecho existen un anuncio prácticamente en cada esquina, seguido de los anuncios de hospitales, los cuales denotan la presencia de estos equipamientos uno de ellos ubicado sobre esta avenida. En la parte norponiente de San Fernando se ubica algunas escuelas las cuales pueden ubicarse por el señalamiento correspondiente a este equipamiento, mediante el cual se hace una advertencia a reducir la velocidad de los conductores.

Anillo Periférico: Sobre esta vialidad está prohibido el estacionarse sobre sus costados, según se pudo apreciar por todos los señalamientos ubicados en esta arteria, el segundo rubro de anuncios más apreciados en el trabajo de campo, fueron los anuncios informativos, los cuales permiten conocer al automovilista de que dirección deben tomar para arribar a Cuernavaca, el Centro, la Zona Rosa y Ciudad Universitaria principalmente, además de informar al conductor de la presencia de curvas peligrosas y de pasos peatonales.

Calzada de Tlalpan: en esta vialidad al igual que San Fernando se observa que los señalamientos de rampas para discapacitados y de zona de hospitales son los más destacados, principalmente en las proximidades de la intersección con San Fernando. En el extremo opuesto los señalamientos informativos permiten al conductor conocer que desviación tomar para llegar a Cuernavaca.

En general se aprecia una buena cobertura de señalamiento en toda las principales vialidades ya que se encontraron los suficientes anuncios cercanos a los principales equipamientos, al interior de la zona de estudio, sin embargo el número de señales se reduce substancialmente ya que solo existen algunas señales cercanas a escuelas y de no estacionarse en la periferia de la delegación, no existe una cantidad de señales suficientes que prevengan al conductor del cruce peatonal compensándose esto con la presencia de topes, obligando de esta forma a reducir de forma directa la velocidad de los conductores, en detrimento del nivel de servicio de las calles.

#### Datos Operacionales del Flujo Vehicular.

Para la planeación, proyecto y operación de una vialidad, la demanda del tránsito, bien sea presente o futura, es considerada como una cantidad conocida. Para medir la eficiencia de una calle y conocer el servicio que presta se tiene la capacidad; y para determinarla se requiere de



un conocimiento general de las características de la corriente del tránsito. Además de los volúmenes bajo una variedad de condiciones físicas y de operación. La capacidad de una calle está en función de sus características físicas y operacionales, siendo importante conocer las condiciones del tránsito dentro de las cuales se presentan los volúmenes vehiculares y peatonales.

Origen-Destino.

La forma más usual de cuantificar demanda de tránsito y estacionamiento, es mediante las Matrices Origen-Destino, las cuales miden la cantidad de vehículos entre dos puntos en un cierto intervalo de tiempo. La estimación de estas matrices se hace, por lo general, utilizando únicamente los resultados de estudios Origen-Destino. Otra manera que ha sido propuesta para realizar esta estimación, es combinando tanto los resultados de estudios Origen-Destino, como aforos de tránsito. La ventaja de esto último radica en que los aforos de tránsito son más sencillos de realizar. Ahora bien, a partir de métodos estadísticos se obtuvieron los siguientes datos de volúmenes diarios por destino y por intervalo de tiempo (Tabla 9):

Tabla 9: Volúmenes diarios por destino y por intervalos de tiempo

|                           | 7:00-10:00 | 10:00-13:00 | 13:00-16:00 | 16:00-19:00 |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>HOSPITALES</b>         | 389        | 435         | 196         | 394         |
| <b>CENTRO DE TLALPAN</b>  | 425        | 367         | 195         | 351         |
| <b>CALZADA DE TLALPAN</b> | 813        | 451         | 224         | 404         |
| <b>TORIELLO GUERRA</b>    | 74         | 169         | 98          | 76          |
| <b>PERIFÉRICO</b>         | 263        | 226         | 130         | 188         |
| <b>LA JOYA</b>            | 228        | 69          | 51          | 53          |
| <b>SAN FERNANDO</b>       | 279        | 65          | 50          | 53          |
| <b>INSURGENTES</b>        | 77         | 28          | 22          | 28          |
| <b>CANTERA</b>            | 61         | 50          | 31          | 91          |
| <b>OTROS</b>              | 51         | 61          | 37          | 61          |
| <b>TOTALES</b>            | 2,660      | 1,921       | 1,034       | 1,699       |

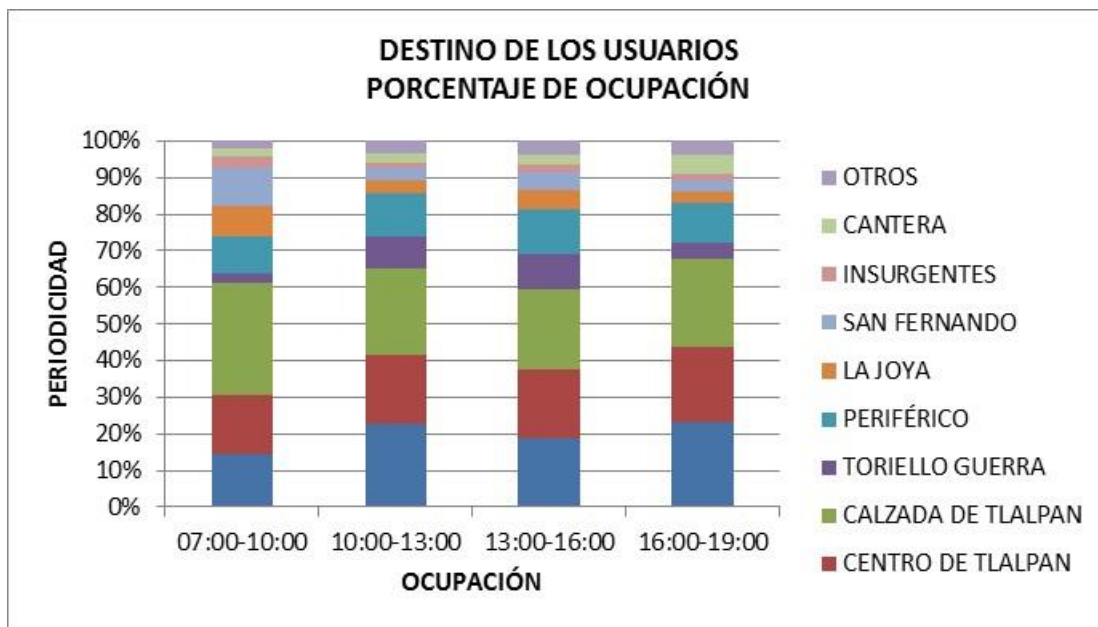


Figura 15: Destino de los usuarios, porcentaje de ocupación.

#### Rutas de Transporte Público.

Otro punto importante a considerar para poder determinar el impacto vial que tendrá el nuevo edificio es la cantidad de rutas de transporte público que se presentan en la zona de influencia. El que prevalece es el transporte público denominado microbus, seguido de taxis y autobuses; existen tres rutas con diferentes ramales que circulan en la zona que son la ruta 66, 41 y 111. La ruta 66 es la más extensa y circula por toda el área de influencia del estudio.

El horario de mayor ocupación del transporte público es de las 7:30 hrs. a las 9:30 hrs. con un porcentaje de ocupación de hasta el 80%, y nuevamente se incrementa hacia las 18:00 hrs.

El segundo medio de transporte más es el servicio de taxis, con varios sitios distribuidos a lo largo de la zona de impacto.

#### Volúmenes de Transito.

Así mismo se realizaron aforos durante 13 horas continuas, en las principales intersecciones de la zona de estudio, por ser cercanas al predio. Las intersecciones fueron las siguientes:

- Calzada de Tlalpan y Anillo Periférico.
- Anillo Periférico y Avenida Central.
- Dr. Cansino y Corzo.
- Vasco de Quiroga y Corzo.
- Tlalpan y San Fernando.
- San Fernando y Dr. Cansino.
- Vasco de Quiroga y San Fernando.

---

La clasificación fue de acuerdo al tipo de vehículo:

A = Automóviles.

B = Autobuses.

C = Camiones.

D = Microbuses.

Composición Vehicular.

De las tablas anteriores, se definieron los periodos de máxima demanda (HDM) de donde se concluyó que los horarios de mayor demanda son de 8:00 a 10:00 hrs y de 18:00 a 19:00 hrs. Cabe señalar que en estos horarios debido a los grandes volúmenes de autos, la movilidad de los peatones se ve afectada de manera muy importante, impidiendo su libre tránsito.

Una vez identificadas estas horas de máxima demanda, no significa que sean las horas exactas de ocurrencia, pueden haber fluctuaciones, a lo largo del tiempo, incluso existir variaciones sumamente significativas durante la misma hora. Para corregir esta última situación probable, se calculan los factores de hora pico.

Por último se revisó la capacidad vial y el nivel de servicio. La capacidad vial se define como la tasa máxima de flujo que puede soportar una carretera dentro de un intervalo de tiempo determinado, esta a su vez depende de ciertos factores, tales como las condiciones de la infraestructura vial, condiciones de tránsito y condiciones de control, que hasta el momento ya han sido definidas para la zona de interés. En cuanto el nivel de servicio es una medida cualitativa que denota las condiciones de operación de la vialidad la cual depende de factores de entre los cuales se pueden citar velocidad, tiempo de recorrido, demoras, etc., los niveles de servicio van de la A a la F, siendo la el nivel A el que posee las mejores condiciones, el estado ideal, y el nivel F el nivel de condiciones más desfavorables.

Para calcular la capacidad y niveles de servicio en las intersecciones cercanas, se utilizó el *Highway Capacity Manual* reporte especial No. 209 para lo cual se utilizó el método de intersecciones semaforizadas o intersecciones simples, según el caso. En las siguientes tablas se muestra el resultado del análisis hecho.

Tabla 10: Nivel de Servicio. Calzada de Tlalpan-Anillo Periférico

| 1. Calzada de Talpan - Anillo Periferico. |       |            |        |                  |                   |
|---|-------|------------|--------|------------------|-------------------|
| 1   |       | MOVIMIENTO |        | TOTAL DE ENTRADA | NIVEL DE SERVICIO |
|   |       | ENTRADA    | SALIDA |                  |                   |
|   |       | 1A         |        |                  |                   |
| 06:00                                     | 07:00 | 2022       | 2022   | 2022             | C                 |
| 07:00                                     | 08:00 | 2633       | 2633   | 2633             | C                 |
| 08:00                                     | 09:00 | 3103       | 3103   | 3103             | D                 |
| 09:00                                     | 10:00 | 3166       | 3166   | 3166             | D                 |
| 10:00                                     | 11:00 | 3172       | 3172   | 3172             | D                 |
| 11:00                                     | 12:00 | 2372       | 2372   | 2372             | C                 |
| 12:00                                     | 13:00 | 2435       | 2435   | 2435             | C                 |
| 13:00                                     | 14:00 | 2993       | 2993   | 2993             | D                 |
| 14:00                                     | 15:00 | 3054       | 3054   | 3054             | D                 |
| 15:00                                     | 16:00 | 2703       | 2703   | 2703             | C                 |
| 16:00                                     | 17:00 | 2512       | 2512   | 2512             | C                 |
| 17:00                                     | 18:00 | 2384       | 2384   | 2384             | C                 |
| 18:00                                     | 19:00 | 2406       | 2406   | 2406             | C                 |
| 19:00                                     | 20:00 | 2104       | 2104   | 2104             | C                 |
| 20:00                                     | 21:00 | 2220       | 2220   | 2220             | C                 |
| 21:00                                     | 22:00 | 1541       | 1541   | 1541             | B                 |

Tabla 11: Nivel de Servicio. Anillo Periférico-Av. Central

| 1. Anillo Periférico - Avenida Central. |       |            |     |     |        |                  |                            |       |       |                   |     |     |
|---|-------|------------|-----|-----|--------|------------------|----------------------------|-------|-------|-------------------|-----|-----|
| 2                                       |       | MOVIMIENTO |     |     |        |                  |                            |       |       |                   |     |     |
|   |       | ENTRADA    |     |     | SALIDA | TOTAL DE ENTRADA | PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN |       |       | NIVEL DE SERVICIO |     |     |
|   |       | 2A         | 2AE | 2SE | 2T     |                  | 2A                         | 2AE   | 2SE   | 2A                | 2AE | 2SE |
| 06:00                                   | 07:00 | 2071       | 207 | 186 | 2071   | 2464             | 84.1%                      | 8.4%  | 7.5%  | B                 | B   | B   |
| 07:00                                   | 08:00 | 633        | 403 | 263 | 633    | 1299             | 48.7%                      | 31.0% | 20.2% | C                 | B   | B   |
| 08:00                                   | 09:00 | 3081       | 527 | 431 | 3081   | 4039             | 76.3%                      | 13.0% | 10.7% | D                 | B   | B   |
| 09:00                                   | 10:00 | 3166       | 507 | 507 | 3166   | 4180             | 75.7%                      | 12.1% | 12.1% | D                 | B   | B   |
| 10:00                                   | 11:00 | 3172       | 473 | 546 | 3172   | 4191             | 75.7%                      | 11.3% | 13.0% | D                 | B   | B   |
| 11:00                                   | 12:00 | 3372       | 323 | 453 | 3372   | 4148             | 81.3%                      | 7.8%  | 10.9% | D                 | B   | B   |
| 12:00                                   | 13:00 | 2435       | 341 | 453 | 2435   | 3229             | 75.4%                      | 10.6% | 14.0% | C                 | B   | B   |
| 13:00                                   | 14:00 | 2994       | 462 | 626 | 2994   | 4082             | 73.3%                      | 11.3% | 15.3% | C                 | B   | B   |
| 14:00                                   | 15:00 | 3054       | 480 | 440 | 3054   | 3974             | 76.8%                      | 12.1% | 11.1% | D                 | B   | B   |
| 15:00                                   | 16:00 | 2703       | 415 | 414 | 2703   | 3532             | 76.5%                      | 11.7% | 11.7% | D                 | B   | B   |
| 16:00                                   | 17:00 | 2512       | 362 | 402 | 2512   | 3276             | 76.7%                      | 11.1% | 12.3% | C                 | B   | B   |
| 17:00                                   | 18:00 | 2384       | 327 | 498 | 2384   | 3209             | 74.3%                      | 10.2% | 15.5% | C                 | B   | B   |
| 18:00                                   | 19:00 | 2406       | 298 | 469 | 2406   | 3173             | 75.8%                      | 9.4%  | 14.8% | C                 | B   | B   |
| 19:00                                   | 20:00 | 2104       | 229 | 379 | 2104   | 2712             | 77.6%                      | 8.4%  | 14.0% | C                 | B   | B   |
| 20:00                                   | 21:00 | 1948       | 183 | 321 | 1948   | 2452             | 79.4%                      | 7.5%  | 13.1% | B                 | B   | B   |
| 21:00                                   | 22:00 | 1631       | 129 | 245 | 1631   | 2005             | 81.3%                      | 6.4%  | 12.2% | B                 | B   | B   |

Tabla 12: Nivel de Servicio. Anillo Periférico-Viaducto Tlalpan.

| 1. Anillo Periférico - Viaducto Tlalpan |            |      |     |        |                  |                            |       |       |                   |     |     |   |
|---|------------|------|-----|--------|------------------|----------------------------|-------|-------|-------------------|-----|-----|---|
| 3                                       | MOVIMIENTO |      |     |        |                  |                            |       |       |                   |     |     |   |
|   | ENTRADA    |      |     | SALIDA | TOTAL DE ENTRADA | PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN |       |       | NIVEL DE SERVICIO |     |     |   |
|   | 3A         | 3AE  | 3SE | 3T     |                  | 3A                         | 3AE   | 3SE   | 3A                | 3AE | 3SE |   |
| 06:00                                   | 07:00      | 2071 | 207 | 186    | 2071             | 2464                       | 84.1% | 8.4%  | 7.5%              | B   | B   | B |
| 07:00                                   | 08:00      | 633  | 403 | 263    | 633              | 1299                       | 48.7% | 31.0% | 20.2%             | C   | B   | B |
| 08:00                                   | 09:00      | 3081 | 527 | 431    | 3081             | 4039                       | 76.3% | 13.0% | 10.7%             | D   | B   | B |
| 09:00                                   | 10:00      | 3166 | 507 | 507    | 3166             | 4180                       | 75.7% | 12.1% | 12.1%             | D   | B   | B |
| 10:00                                   | 11:00      | 3172 | 473 | 546    | 3172             | 4191                       | 75.7% | 11.3% | 13.0%             | D   | B   | B |
| 11:00                                   | 12:00      | 3372 | 323 | 453    | 3372             | 4148                       | 81.3% | 7.8%  | 10.9%             | D   | B   | B |
| 12:00                                   | 13:00      | 2435 | 341 | 453    | 2435             | 3229                       | 75.4% | 10.6% | 14.0%             | C   | B   | B |
| 13:00                                   | 14:00      | 2994 | 462 | 626    | 2994             | 4082                       | 73.3% | 11.3% | 15.3%             | C   | B   | B |
| 14:00                                   | 15:00      | 3054 | 480 | 440    | 3054             | 3974                       | 76.8% | 12.1% | 11.1%             | D   | B   | B |
| 15:00                                   | 16:00      | 2703 | 415 | 414    | 2703             | 3532                       | 76.5% | 11.7% | 11.7%             | D   | B   | B |
| 16:00                                   | 17:00      | 2512 | 362 | 402    | 2512             | 3276                       | 76.7% | 11.1% | 12.3%             | C   | B   | B |
| 17:00                                   | 18:00      | 2384 | 327 | 498    | 2384             | 3209                       | 74.3% | 10.2% | 15.5%             | C   | B   | B |
| 18:00                                   | 19:00      | 2406 | 298 | 469    | 2406             | 3173                       | 75.8% | 9.4%  | 14.8%             | C   | B   | B |
| 19:00                                   | 20:00      | 2104 | 229 | 379    | 2104             | 2712                       | 77.6% | 8.4%  | 14.0%             | C   | B   | B |
| 20:00                                   | 21:00      | 1948 | 183 | 321    | 1948             | 2452                       | 79.4% | 7.5%  | 13.1%             | B   | B   | B |
| 21:00                                   | 22:00      | 1631 | 129 | 245    | 1631             | 2005                       | 81.3% | 6.4%  | 12.2%             | B   | B   | B |

Tabla 13: Nivel de Servicio. DR. Cansino-Corzo

| 1. Dr. Cansino - Corzo |       |            |        |                  |                   |
|------------------------|-------|------------|--------|------------------|-------------------|
| 4                      |       | MOVIMIENTO |        | TOTAL DE ENTRADA | NIVEL DE SERVICIO |
|                        |       | ENTRADA    | SALIDA |                  |                   |
|                        |       | 4T         |        |                  | 4T                |
| 06:00                  | 07:00 | 1876       | 1876   | 1876             | C                 |
| 07:00                  | 08:00 | 2239       | 2239   | 2239             | C                 |
| 08:00                  | 09:00 | 2769       | 2769   | 2769             | D                 |
| 09:00                  | 10:00 | 3084       | 3084   | 3084             | D                 |
| 10:00                  | 11:00 | 3210       | 3210   | 3210             | D                 |
| 11:00                  | 12:00 | 2656       | 2656   | 2656             | C                 |
| 12:00                  | 13:00 | 2679       | 2679   | 2679             | C                 |
| 13:00                  | 14:00 | 3314       | 3314   | 3314             | D                 |
| 14:00                  | 15:00 | 3034       | 3034   | 3034             | D                 |
| 15:00                  | 16:00 | 2663       | 2663   | 2663             | C                 |
| 16:00                  | 17:00 | 2565       | 2565   | 2565             | C                 |
| 17:00                  | 18:00 | 2726       | 2726   | 2726             | C                 |
| 18:00                  | 19:00 | 2716       | 2716   | 2716             | C                 |
| 19:00                  | 20:00 | 2356       | 2356   | 2356             | C                 |
| 20:00                  | 21:00 | 2153       | 2153   | 2153             | C                 |
| 21:00                  | 22:00 | 1821       | 1821   | 1821             | C                 |

Tabla 14: Nivel de Servicio. Vasco de Quiroga-Corzo.

| 1. Vasco de Quiroga - Corzo |       |            |        |                  |                   |
|-----------------------------|-------|------------|--------|------------------|-------------------|
| 5                           |       | MOVIMIENTO |        | TOTAL DE ENTRADA | NIVEL DE SERVICIO |
|                             |       | ENTRADA    | SALIDA |                  |                   |
|                             |       | 5T         |        |                  | 5T                |
| 06:00                       | 07:00 | 2101       | 2101   | 2101             | C                 |
| 07:00                       | 08:00 | 2882       | 2882   | 2882             | C                 |
| 08:00                       | 09:00 | 3137       | 3137   | 3137             | D                 |
| 09:00                       | 10:00 | 3223       | 3223   | 3223             | D                 |
| 10:00                       | 11:00 | 3190       | 3190   | 3190             | D                 |
| 11:00                       | 12:00 | 2658       | 2658   | 2658             | C                 |
| 12:00                       | 13:00 | 2673       | 2673   | 2673             | C                 |
| 13:00                       | 14:00 | 3231       | 3231   | 3231             | D                 |
| 14:00                       | 15:00 | 3393       | 3393   | 3393             | D                 |
| 15:00                       | 16:00 | 2975       | 2975   | 2975             | C                 |
| 16:00                       | 17:00 | 2646       | 2646   | 2646             | C                 |
| 17:00                       | 18:00 | 2747       | 2747   | 2747             | C                 |
| 18:00                       | 19:00 | 2820       | 2820   | 2820             | C                 |
| 19:00                       | 20:00 | 2456       | 2456   | 2456             | C                 |
| 20:00                       | 21:00 | 2474       | 2474   | 2474             | C                 |
| 21:00                       | 22:00 | 2328       | 2328   | 2328             | C                 |

Tabla 15: Nivel de Servicio. Tlalpan-Anillo San Fernando.

| 1. Tlalpan - San Fernando |            |       |         |     |      |        |                  |                            |       |      |                   |     |     |
|---------------------------|------------|-------|---------|-----|------|--------|------------------|----------------------------|-------|------|-------------------|-----|-----|
| 6                         | MOVIMIENTO |       | ENTRADA |     |      | SALIDA | TOTAL DE ENTRADA | PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN |       |      | NIVEL DE SERVICIO |     |     |
|                           | 6A         | 6AE   | 6SE     | 6T  | 6A   | 6AE    | 6SE              | 6A                         | 6AE   | 6SE  | 6A                | 6AE | 6SE |
|                           | 06:00      | 07:00 | 2101    | 252 | 189  | 2101   | 2542             | 82.7%                      | 9.9%  | 7.4% | B                 | B   | B   |
| 07:00                     | 08:00      | 2756  | 411     | 309 | 2756 | 3476   | 79.3%            | 11.8%                      | 8.9%  | C    | B                 | B   |     |
| 08:00                     | 09:00      | 3069  | 509     | 454 | 3069 | 4032   | 76.1%            | 12.6%                      | 11.3% | C    | B                 | B   |     |
| 09:00                     | 10:00      | 3159  | 489     | 499 | 3159 | 4147   | 76.2%            | 11.8%                      | 12.0% | D    | B                 | B   |     |
| 10:00                     | 11:00      | 3080  | 474     | 480 | 3080 | 4034   | 76.4%            | 11.8%                      | 11.9% | C    | B                 | B   |     |
| 11:00                     | 12:00      | 2475  | 348     | 413 | 2475 | 3236   | 76.5%            | 10.8%                      | 12.8% | C    | B                 | B   |     |
| 12:00                     | 13:00      | 2594  | 363     | 431 | 2594 | 3388   | 76.6%            | 10.7%                      | 12.7% | C    | B                 | B   |     |
| 13:00                     | 14:00      | 3014  | 452     | 500 | 3014 | 3966   | 76.0%            | 11.4%                      | 12.6% | C    | B                 | B   |     |
| 14:00                     | 15:00      | 3134  | 475     | 451 | 3134 | 4060   | 77.2%            | 11.7%                      | 11.1% | C    | B                 | B   |     |
| 15:00                     | 16:00      | 2696  | 399     | 412 | 2696 | 3507   | 76.9%            | 11.4%                      | 11.7% | C    | B                 | B   |     |
| 16:00                     | 17:00      | 2588  | 364     | 414 | 2588 | 3366   | 76.9%            | 10.8%                      | 12.3% | C    | B                 | B   |     |
| 17:00                     | 18:00      | 2571  | 362     | 424 | 2571 | 3357   | 76.6%            | 10.8%                      | 12.6% | C    | B                 | B   |     |
| 18:00                     | 19:00      | 2620  | 335     | 482 | 2620 | 3437   | 76.2%            | 9.7%                       | 14.0% | C    | B                 | B   |     |
| 19:00                     | 20:00      | 2303  | 272     | 415 | 2303 | 2990   | 77.0%            | 9.1%                       | 13.9% | C    | B                 | B   |     |
| 20:00                     | 21:00      | 2316  | 250     | 408 | 2316 | 2974   | 77.9%            | 8.4%                       | 13.7% | B    | B                 | B   |     |
| 21:00                     | 22:00      | 2181  | 214     | 375 | 2181 | 2770   | 78.7%            | 7.7%                       | 13.5% | B    | B                 | B   |     |



Tabla 16: Nivel de Servicio. San Fernando-Dr. Cansino

| 1. San Fernando - Dr. Cansino |            |      |     |        |                  |                            |       |       |                   |     |     |   |
|-------------------------------|------------|------|-----|--------|------------------|----------------------------|-------|-------|-------------------|-----|-----|---|
| 7                             | MOVIMIENTO |      |     |        |                  |                            |       |       |                   |     |     |   |
|                               | ENTRADA    |      |     | SALIDA | TOTAL DE ENTRADA | PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN |       |       | NIVEL DE SERVICIO |     |     |   |
|                               | 7A         | 7AE  | 7SE | 7T     |                  | 7A                         | 7AE   | 7SE   | 7A                | 7AE | 7SE |   |
| 06:00                         | 07:00      | 1036 | 252 | 155    | 1036             | 1443                       | 71.8% | 17.5% | 10.7%             | B   | B   | B |
| 07:00                         | 08:00      | 2647 | 466 | 304    | 2647             | 3417                       | 77.5% | 13.6% | 8.9%              | C   | B   | B |
| 08:00                         | 09:00      | 3012 | 587 | 422    | 3012             | 4021                       | 74.9% | 14.6% | 10.5%             | D   | B   | B |
| 09:00                         | 10:00      | 3157 | 581 | 505    | 3157             | 4243                       | 74.4% | 13.7% | 11.9%             | D   | B   | B |
| 10:00                         | 11:00      | 3069 | 553 | 528    | 3069             | 4150                       | 74.0% | 13.3% | 12.7%             | C   | B   | B |
| 11:00                         | 12:00      | 2549 | 588 | 474    | 2549             | 3611                       | 70.6% | 16.3% | 13.1%             | C   | B   | B |
| 12:00                         | 13:00      | 2534 | 429 | 491    | 2534             | 3454                       | 73.4% | 12.4% | 14.2%             | C   | B   | B |
| 13:00                         | 14:00      | 3071 | 553 | 610    | 3071             | 4234                       | 72.5% | 13.1% | 14.4%             | C   | B   | B |
| 14:00                         | 15:00      | 3110 | 538 | 448    | 3110             | 4096                       | 75.9% | 13.1% | 10.9%             | C   | B   | B |
| 15:00                         | 16:00      | 2720 | 481 | 418    | 2720             | 3619                       | 75.2% | 13.3% | 11.6%             | C   | B   | B |
| 16:00                         | 17:00      | 2646 | 442 | 423    | 2646             | 3511                       | 75.4% | 12.6% | 12.0%             | C   | B   | B |
| 17:00                         | 18:00      | 2619 | 401 | 521    | 2619             | 3541                       | 74.0% | 11.3% | 14.7%             | C   | B   | B |
| 18:00                         | 19:00      | 2762 | 389 | 547    | 2762             | 3698                       | 74.7% | 10.5% | 14.8%             | C   | B   | B |
| 19:00                         | 20:00      | 2452 | 343 | 441    | 2452             | 3236                       | 75.8% | 10.6% | 13.6%             | C   | B   | B |
| 20:00                         | 21:00      | 2469 | 343 | 400    | 2469             | 3212                       | 76.9% | 10.7% | 12.5%             | C   | B   | B |
| 21:00                         | 22:00      | 2349 | 324 | 338    | 2349             | 3011                       | 78.0% | 10.8% | 11.2%             | C   | B   | B |

Tabla 17: Nivel de Servicio. Vasco de Quiroga-San Fernando. (1).

| 1. Vasco de Quiroga - San Fernando |            |       |         |     |      |        |                  |                            |       |      |                   |     |     |
|------------------------------------|------------|-------|---------|-----|------|--------|------------------|----------------------------|-------|------|-------------------|-----|-----|
| 8                                  | MOVIMIENTO |       | ENTRADA |     |      | SALIDA | TOTAL DE ENTRADA | PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN |       |      | NIVEL DE SERVICIO |     |     |
|                                    | 8A         | 8AE   | 8SE     | 8T  | 8A   | 8AE    | 8SE              | 8A                         | 8AE   | 8SE  | 8A                | 8AE | 8SE |
|                                    | 06:00      | 07:00 | 1729    | 173 | 158  | 1729   | 2060             | 83.9%                      | 8.4%  | 7.7% | B                 | B   | B   |
| 07:00                              | 08:00      | 2495  | 439     | 287 | 2495 | 3221   | 77.5%            | 13.6%                      | 8.9%  | C    | B                 | B   |     |
| 08:00                              | 09:00      | 2934  | 572     | 411 | 2934 | 3917   | 74.9%            | 14.6%                      | 10.5% | C    | B                 | B   |     |
| 09:00                              | 10:00      | 3117  | 574     | 499 | 3117 | 4190   | 74.4%            | 13.7%                      | 11.9% | D    | B                 | B   |     |
| 10:00                              | 11:00      | 3088  | 656     | 531 | 3088 | 4275   | 72.2%            | 15.3%                      | 12.4% | D    | B                 | B   |     |
| 11:00                              | 12:00      | 2646  | 402     | 482 | 2646 | 3530   | 75.0%            | 11.4%                      | 13.7% | C    | B                 | B   |     |
| 12:00                              | 13:00      | 2792  | 447     | 611 | 2792 | 3850   | 72.5%            | 11.6%                      | 15.9% | C    | B                 | B   |     |
| 13:00                              | 14:00      | 3161  | 569     | 629 | 3161 | 4359   | 72.5%            | 13.1%                      | 14.4% | C    | B                 | B   |     |
| 14:00                              | 15:00      | 3020  | 523     | 435 | 3020 | 3978   | 75.9%            | 13.1%                      | 10.9% | C    | B                 | B   |     |
| 15:00                              | 16:00      | 2664  | 472     | 408 | 2664 | 3544   | 75.2%            | 13.3%                      | 11.5% | C    | B                 | B   |     |
| 16:00                              | 17:00      | 2657  | 444     | 425 | 2657 | 3526   | 75.4%            | 12.6%                      | 12.1% | C    | B                 | B   |     |
| 17:00                              | 18:00      | 2741  | 419     | 545 | 2741 | 3705   | 74.0%            | 11.3%                      | 14.7% | C    | B                 | B   |     |
| 18:00                              | 19:00      | 2914  | 411     | 577 | 2914 | 3902   | 74.7%            | 10.5%                      | 14.8% | C    | B                 | B   |     |
| 19:00                              | 20:00      | 2557  | 358     | 480 | 2557 | 3395   | 75.3%            | 10.5%                      | 14.1% | C    | B                 | B   |     |
| 20:00                              | 21:00      | 2521  | 332     | 437 | 2521 | 3290   | 76.6%            | 10.1%                      | 13.3% | C    | B                 | B   |     |
| 21:00                              | 22:00      | 2369  | 297     | 388 | 2369 | 3054   | 77.6%            | 9.7%                       | 12.7% | C    | B                 | B   |     |

Tabla 18: Nivel de Servicio. Vasco de Quiroga-San Fernando. (2).

| 1. Vasco de Quiroga - San Fernando |       |            |        |                  |                   |
|------------------------------------|-------|------------|--------|------------------|-------------------|
| 9                                  |       | MOVIMIENTO |        | TOTAL DE ENTRADA | NIVEL DE SERVICIO |
|                                    |       | ENTRADA    | SALIDA |                  |                   |
|                                    |       | 9T         |        |                  | 9T                |
| 06:00                              | 07:00 | 1540       | 1540   | 1540             | B                 |
| 07:00                              | 08:00 | 2284       | 2284   | 2284             | C                 |
| 08:00                              | 09:00 | 2730       | 2730   | 2730             | D                 |
| 09:00                              | 10:00 | 3026       | 3026   | 3026             | D                 |
| 10:00                              | 11:00 | 3047       | 3047   | 3047             | D                 |
| 11:00                              | 12:00 | 2783       | 2783   | 2783             | D                 |
| 12:00                              | 13:00 | 2914       | 2914   | 2914             | D                 |
| 13:00                              | 14:00 | 3325       | 3325   | 3325             | E                 |
| 14:00                              | 15:00 | 3038       | 3038   | 3038             | D                 |
| 15:00                              | 16:00 | 2647       | 2647   | 2647             | D                 |
| 16:00                              | 17:00 | 2674       | 2674   | 2674             | D                 |
| 17:00                              | 18:00 | 2908       | 2908   | 2908             | D                 |
| 18:00                              | 19:00 | 3086       | 3086   | 3086             | D                 |
| 19:00                              | 20:00 | 2667       | 2667   | 2667             | D                 |
| 20:00                              | 21:00 | 2631       | 2631   | 2631             | D                 |
| 21:00                              | 22:00 | 2467       | 2467   | 2467             | C                 |

#### Estacionamiento.

En cuanto al estacionamiento, en la delegación existe un programa para evitar el estacionamiento de vehículos en la vía pública y existe señalamiento. Sin embargo se puede observar que no se cumple, las vialidades secundarias se encuentran saturadas por el estacionamiento de vehículos y algunas de las vialidades principales se encuentran ocupadas por periodos breves.

#### Determinación del Impacto Vial.

Es importante mencionar que para el cálculo del volumen de proyecto, se consideró un periodo a corto plazo de cinco años, tomando en cuenta un incremento del 5% que corresponde a la tasa de crecimiento promedio anual del tránsito vehicular en el Distrito Federal.

Conclusiones del estudio: Se estima que existirá un impacto vial menor del proyecto a las vialidades aledañas ya que este añadirá alrededor de 420 vehículos a los volúmenes totales de las vialidades aledañas, con un flujo escalonado a lo largo del día.

#### Medidas de Mitigación.

Se proponen medidas de mitigación muy sencillas, sin embargo estas deberán realizarse en conjunto con la Secretaria de Transporte y Vialidad y la Delegación Tlalpan:

1. Instalar el señalamiento adecuado en las intersecciones analizadas.
2. Modificar el ciclo y programas de las intersecciones semaforizadas sobre San Fernando-Periférico así como la instalación de semáforos peatonales.

- 
3. Que se realicen operativos más frecuentes y rigurosos para retirar vehículos estacionados en lugares prohibidos, así como reforzar el señalamiento que prohíbe el estacionamiento.

### **Residuos Sólidos.**

#### Datos Básicos y Condicionantes Generales de los Residuos Sólidos

De acuerdo a datos proporcionados por la Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del Distrito Federal, el volumen de desechos sólidos que se generan diariamente en el territorio de éste es del orden de las 11,650 toneladas, las que al no existir un Programa de manejo, reciclamiento y disposición integral, representan un problema enorme en términos ambientales. En este sentido se tiene que solamente el 5% de los desechos reciben un tratamiento mientras que el restante 95% es llevado a rellenos sanitarios para su disposición final.

#### Clasificación Y Distribución De Los Residuos Sólidos

De acuerdo al Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para Tlalpan, el servicio se encuentra cubierto al 95% en la totalidad del territorio de la demarcación. Los residuos recolectados por el sistema son trasladados al relleno sanitario denominado Bordo Poniente.

De acuerdo al INEGI la Delegación cuenta con 230 vehículos recolectores que prestan el servicio, los cuales son apoyados por el personal a pie que realiza el barrido y recolección manual en banquetas, calles y plazas.

#### Etapas de construcción

Se calcula que el número de trabajadores durante el proceso de construcción de la etapa "A" de la Unidad del Paciente Ambulatorio es de 250 trabajadores en promedio (aproximado). Se tiene que cada trabajador generará 0.50 [kg/día] de desechos.

Entonces se tiene que:

$$\text{Generación diaria} = 250 \times 0.50 \text{ [kg/día]}$$

$$\text{Generación diaria de desechos sólidos} = 125 \text{ [kg/día]}$$

El volumen de basura generado se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = (GD * FS) (PV * F)$$

Dónde:

V = Volumen

GD = Generación diaria en [kg/día]

FS = Factor de seguridad (1.5 para trabajadores)

PV = Peso volumétrico de los residuos

F = Frecuencia de recolección de basura (diaria)

---

Sustituyendo en la fórmula se tiene:

$$V = (125 * 1.5) (0.20 \text{ [ton/m}^3\text{]} * 1)$$

$$V = (187.5) (0.20)$$

$$V = 37.5 \text{ [m}^3\text{]}$$

La generación de desechos sólidos por los trabajadores es de 37.5 [m<sup>3</sup>] diariamente. Estos serán recogidos y almacenados en un contenedor localizado en la zona de acceso al inmueble por la calle de Av. Vasco de Quiroga, para posteriormente ser recolectados por el Sistema de Limpia de la Delegación Tlalpan. Es recomendable que la frecuencia de recolección sea por lo menos cada tercer día.

El resto de los residuos son producto de la etapa de preparación del sitio (demolición, excavación, compactación y cimentación). Parte de éstos serán reutilizados en la misma obra y el restante será retirado por medio de transporte, para ser trasladados a algún depósito debidamente autorizado o bien, al Relleno Sanitario de Bordo Poniente, ubicado en la autopista Peñón- Texcoco Kilómetro 2.1, en la Zona Federal del Ex - lago de Texcoco, por lo que no se generarán impactos negativos por la acumulación de residuos sólidos en la zona.

De los volúmenes de tierra removidos, una parte se aprovecharán para relleno y compactación de las mismas obras, y el resto será transportado por camiones de volteo a un relleno sanitario.

La generación de desechos sólidos generados en la etapa de construcción, será de 37.5 [m<sup>3</sup>] por semana. Parte de éstos serán reutilizados en la misma obra y el resto será almacenado en un contenedor de 6 [m<sup>3</sup>] de capacidad aproximadamente, colocado estratégicamente al interior del predio para su acopio temporal y posteriormente ser recolectados por el Sistema de Limpia de la Delegación Tlalpan. Es recomendable que la frecuencia de recolección sea por lo menos cada tercer día; para evitar que se generen impactos por acumulación de residuos sólidos en la zona. El resto de los residuos son materiales producto de la demolición, excavación y construcción por lo que estos desechos serán retirados y posteriormente ser retirados por medio de camiones de volteo y ser depositados en el relleno sanitario autorizado, Bordo Poniente, ubicado en la autopista Peñón- Texcoco Kilómetro 2.1 en la Zona Federal del Ex-lago de Texcoco, el resto de los residuos son de tipo doméstico, generados por los trabajadores de la construcción. Serán recogidos y almacenados en un contenedor localizado en la zona de acceso al inmueble, para posteriormente ser recolectados por el Sistema de Limpia de la Delegación Tlalpan.

#### Etapa de Operación

En la operación del proyecto denominado etapa "A" del edificio, los materiales de desperdicio o residuos generados se clasifican como no peligrosos, por la naturaleza de los mismos, será necesario disponer de zonas de almacenamiento temporal perfectamente identificadas, para posteriormente ser desalojados por el servicio de limpia el cual es proporcionado por la Delegación. Existe dado el uso que tendrá el proyecto una consideración que se debe tomar en cuenta; el número total de usuarios varía; por lo que habrá de llevarse a cabo una serie de

cálculos que permitan conocer el total de residuos sólidos así como las medidas a tomar para su recolección y disposición final. El procedimiento es el siguiente:

Métodos De Evacuación De Los Residuos Sólidos Urbanos

De acuerdo a los cálculos hechos, se determinó que el volumen de residuos generados cada tercer día por los usuarios del inmueble es de 5,564.56 [m<sup>3</sup>] por lo que será necesario contar con contenedores de ciertas características que permitan su acopio de forma rápida, así como su disposición final por parte del servicio de limpia de la Delegación. Es por ello, que se consideraron los criterios establecidos en la Guía para la elaboración del Programa de Manejo de Residuos Sólidos Municipales, para determinar el No. total de contenedores así como los tipos y la ubicación de estos.

A continuación, se describen las características del contenedor recomendable para el proyecto:

Tabla 19: Contenedores recomendables.

| CONTENEDORES RECOMENDABLES |              |  |             |           |       |
|----------------------------|--------------|--|-------------|-----------|-------|
| TIPO                       | VOLUMEN [m3] | ÁREA REQUERIDA PARA LA ZONA DE ALMACENAMIENTO [m2] |             |           |       |
|                            |              | CONTENEDOR   | CIRCULACIÓN | MANIOBRAS | TOTAL |
| 6                          | 6            | 4.5  | 3.5         | 28        | 36    |

Nota: El material de estos contenedores es metálico, provisto de ruedas y tapa que pueden ser manipulados por vehículos con sistema de elevación

El tipo de contenedor que se recomienda es el No. 6, por lo que será necesario contar con 8 contenedores como mínimo. Estos se ubicaran sobre áreas que no afecten la circulación de empleados y los usuarios.

Este tipo de contenedores cuenta con ruedas, tapas, agarraderas, mientras que el área donde se ubicaran estará condicionada con muros de media altura y protegidos con tapas superiores y puertas o en su caso en cuartos techados con puerta. De igual forma, se aplanara y pintara con base de pintura epóxica, y se contará con una toma de agua para mantener limpia el área. Finalmente, el piso del depósito tendrá una pendiente de 2% para canalizar los líquidos hacia el drenaje, cuidando que las rejillas o coladeras queden fuera del depósito. Es importante aclarar que el área de almacenamiento se ubicará lo más cercano al acceso del vehículo colector, pero sin que este tenga acceso a la calle de manera directa porque se puede provocar que gente externa deposite residuos; y será obligación del instituto el mantener siempre limpios los contenedores y el área que estos ocupan.

En la etapa de operación del edificio, los materiales de desperdicio o residuos generados se clasifican como no peligrosos, por la naturaleza de los mismos, pero será necesario disponer de zonas de almacenamientos temporal perfectamente identificadas, y posteriormente ser

---

desalojados por el servicio de limpia el cual es proporcionado por la Delegación Tlalpan, la cual estará encargada del servicio.

### Riesgos

El predio donde se llevará a cabo la construcción del inmueble no se encuentra dentro de zona patrimonial, histórica, arqueológica ni artística; sin embargo se consultó el Programa Delegacional en el apartado de riesgo y vulnerabilidad, obteniendo la siguiente información:

Basándonos en el Atlas de Riesgos de la ciudad de México, Departamento del Distrito Federal, Secretaría de Obras y Servicios, Subdirección de Riesgos y Vulnerabilidad Urbana, pudimos constatar que dentro del límite del perímetro analizado, que representa 1,000 [m], no se tiene ninguna gasera y en lo que respecta a los riesgos de deslaves derrumbes e inundaciones, son inexistentes.

En lo que respecta a la determinación de riesgo potencial para la población en términos de salud, vida y bienes, se entiende por actividad riesgosa no reservada a la Federación aquella obra o actividad peligrosa no comprendida en el artículo 28 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente o bien considerada altamente riesgosa conforme a los listados expedidos por las autoridades federales competentes en los términos de ésta.

La disposición de cualquier tipo de residuo sólido, producto de la demolición, excavación o alguna etapa del proyecto, de ninguna manera se realizará sobre terrenos baldíos o sobre las banquetas, por lo que se obtendrá autorización emitida por la Delegación correspondiente para la disposición final del producto de la demolición o excavación del predio y los residuos propios de la construcción. Asimismo, los vehículos que se emplearán para el traslado de este material hacia el sitio de disposición final, circularán siempre cubiertos con lonas, incluso vacíos para evitar las fugas de material y la emisión de polvos.

De manera particular, dado que la carga y descarga de materiales sigue haciéndose con métodos rudimentarios, aventando los materiales, se tomarán las medidas necesarias para evitar polvo, y minimizar cualquier tipo de afectación al mobiliario urbano, banquetas, y peatones; así como respetar los horarios en los que no deben producirse ruidos a los vecinos, y tratar de que la carga y descarga no se haga en horas con alto tránsito vehicular.

Conforme a los datos proporcionados tanto por el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano para Tlalpan, como por el Atlas de Riesgos de la ciudad de México, Departamento del Distrito Federal, Secretaría de obras y servicios, Subdirección de Riesgos y vulnerabilidad Urbana, pudimos constatar que dentro del límite del perímetro analizado, que representa 1000 m, la zona en la cual se localiza el proyecto, no representa ningún tipo de riesgo, tanto en la etapa de construcción como para la etapa de operación, por las características propias del proyecto.

### **Medidas a Considerar para Evitar y Mitigar Impactos.**

Para el suministro de energía eléctrica por contratar no se requerirán instalaciones que ocupen la vía pública para satisfacer la demanda de energía eléctrica del Proyecto.

---

Para evitar accidentes en el inmueble, tanto en la etapa de construcción como en la etapa de operación del proyecto, nos comprometemos a establecer las medidas de seguridad preventiva, ajustándonos a los artículos del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal referidos en el capítulo correspondiente.

Se instalará una comisión mixta de seguridad e higiene que supervisará e implementará todo lo necesario para la seguridad del personal durante la obra.

Se tendrán a la vista los teléfonos de emergencia, policía, seguridad social, cruz roja y bomberos, además de contar en la obra con equipo de primeros auxilios, o en su caso, de un módulo de seguridad médica.

Como medida de mitigación para ruido y vibraciones, tenemos que todas las actividades de limpieza, excavación, nivelación, relleno, cimentación, colados, construcción y operación se realizarán sin rebasar los niveles permisibles de 68 [dB] (A) diurnos y 65 [dB] (A) nocturnos, como lo establece el artículo 11 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente contra la Contaminación originada por las Emisión del Ruido y La Norma Oficial Mexicana NOM-081-ECOL-194, para evitar molestias a los vecinos.

Para la disposición final de residuos sólidos, durante la etapa de construcción, se dará cumplimiento a lo establecido en el artículo 254 del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, respecto al número de letrinas que deberán ser una por cada veinticinco trabajadores, con la finalidad de evitar el fecalismo al aire libre.

La disposición de cualquier tipo de residuo sólido, producto de la excavación o alguna etapa del proyecto, de ninguna manera se realizará sobre terrenos baldíos o sobre las banquetas, por lo que se obtendrá autorización emitida por la delegación correspondiente para la disposición final del producto de la excavación del predio y los residuos propios de la construcción. Asimismo, los vehículos que se emplearán para el traslado de este material hacia el sitio de disposición final, circularán siempre cubiertos con lonas, incluso vacíos para evitar las fugas de material y la emisión de polvos.

Con el fin de evitar la proliferación de fauna nociva y que se vea afectada la calidad de vida de los vecinos, todos los residuos sólidos serán colocados en contenedores cerrados ubicados en lugares estratégicos del sitio, para facilitar su disposición a los lugares autorizados por la delegación Tlalpan.

Para fomentar el reciclamiento, se almacenarán los desechos sólidos tales como: papel, cartón, latas y vidrio en forma segura, implementando un programa de reciclamiento y manejo de este tipo de residuos sólidos, generados durante la etapa de operación del proyecto.

En las zonas de trabajo se efectuarán riegos con agua tratada, con el fin de reducir la dispersión de partículas durante los trabajos de demolición y construcción, para evitar molestias a la población aledaña.



---

Para no afectar la calidad del aire, se tomarán las medidas necesarias para que los vehículos que tienen injerencia en la obra no se estacionen en la vía pública, a fin de no entorpecer el flujo vehicular; para lo cual, se colocarán las señalizaciones necesarias. El problema de estacionamiento queda resuelto al interior del predio, dando cumplimiento a lo estipulado por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

La empresa programará y controlará las rutas que serán utilizadas por los camiones transportistas, mismas que serán analizadas procurando que sean las más convenientes, a fin de evitar conflictos viales. Para el retiro de escombros y el traslado de materiales al predio, así como para evitar el derrame de material y prevenir la contaminación atmosférica por la emisión de partículas, los vehículos materialistas circularán con lonas.

Asimismo, con la finalidad de prevenir la emisión de contaminantes por los vehículos utilizados en esta etapa del proyecto, los vehículos utilizados cumplirán con la norma NOM-EM-102/ECOL/1995, que establece los límites máximos permitidos de emisiones a la atmósfera de vehículos automotores en el Valle de México, NOM-044-ECOL-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de Hidrocarburos, Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno, Partículas suspendidas Totales Opacidad de Humo provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible, la NOM-045-ECOL-1993 que establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo, provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan diésel como combustible; la NOM-050-ECOL-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible, así como el artículo 29 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruido, con la finalidad de evitar molestias a los vecinos.

Con la finalidad de mejorar la calidad de las aguas residuales que son vertidas al drenaje, ajustaremos nuestros parámetros de descarga de aguas residuales a los fijados por la Norma Oficial Mexicana NOM-031-ECOL/93, que establece los límites máximos permisibles en la descarga de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales, de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal.

Para evitar contaminación, taponamientos y daños al drenaje, se contará en los registros con un sistema de retención de residuos sólidos en red pluvial a los cuales se les proporcionará mantenimiento periódico.

Para evitar contaminación al drenaje o al subsuelo, se colocarán materiales impermeables en las áreas de almacenamiento de combustible para el equipo a utilizar en sitio.

Con el fin de evitar afectaciones al aspecto visual, la proliferación de fauna nociva y molestias a los vecinos, no se construirán bodegas, campamentos ni se tendrán materiales de ningún tipo fuera del trazo manifestado.

---

Se utilizarán sanitarios, lavabos y accesorios que garanticen un uso eficiente del agua de acuerdo a lo que señala el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal para promover el ahorro del agua.

Se observarán las disposiciones de la Ley de Protección Civil del Distrito Federal, que incluyen entre otros, la realización de simulacros periódicos, realizados por un comité de Protección Civil integrado por los propios ocupantes del proyecto, los cuales contarán con la capacitación necesaria para este fin.

La zona donde se ubicará el proyecto actualmente cuenta con todos los servicios de infraestructura y equipamiento, como son el agua, luz y drenaje, así como de vialidad y transporte.

La zonificación que establece el Programa Parcial en la zona, ha delimitado perfectamente la vocación de los espacios, quedando protegidas las áreas naturales existentes, por lo que éstas no se verán afectadas con el proyecto.

### 1.3. Espectro de sitio

Con base en los estudios geotécnicos y con la información disponible, el espectro de sitio que se utilizó para el modelo es el siguiente:

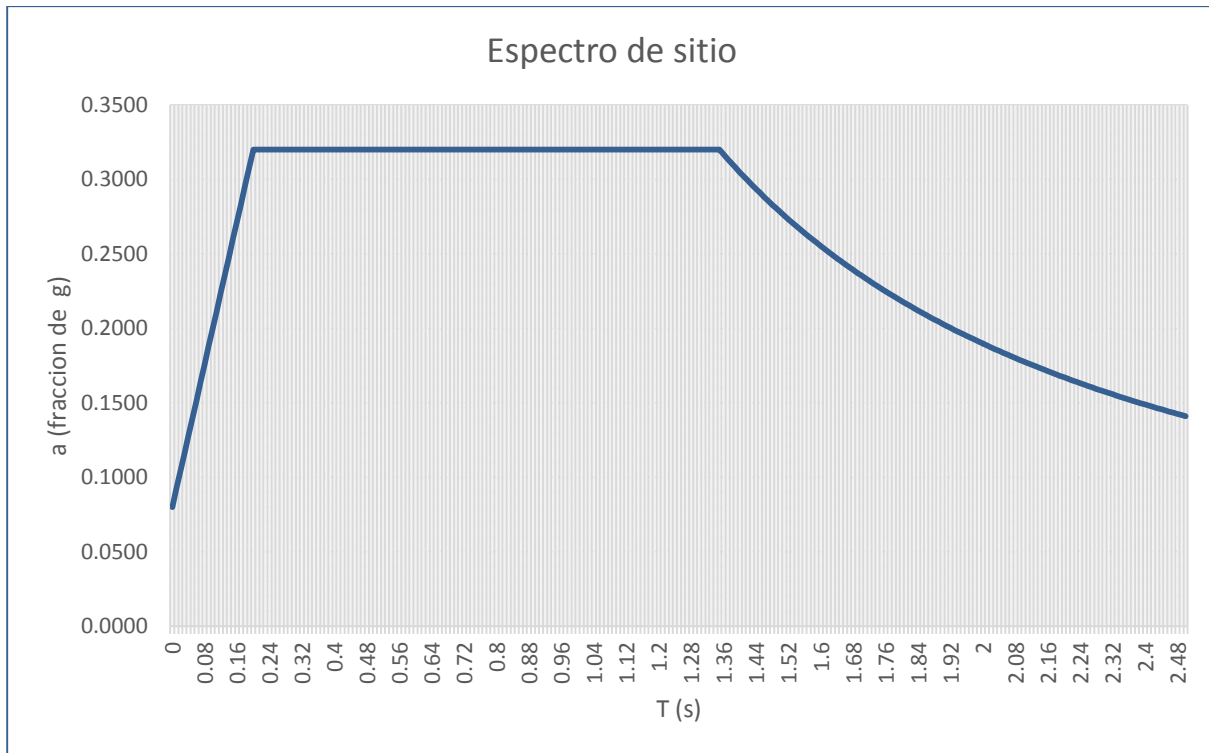


Figura 16: Espectro de Sitio

---

## 2. Proyecto Ejecutivo

*Objetivo: Exponer las características y particularidades del edificio.*

### 2.1. Memoria Técnico Descriptiva.

Ubicado en la Delegación Tlalpan en México D.F., se llevó a cabo el proyecto arquitectónico de este edificio, como ampliación de un inmueble ya establecido.

La ampliación, surge a partir de la necesidad de cubrir la alta demanda que hay dentro de un sector de la población que requiere de un servicio médico especializado y de calidad. Según el Plan Parcial de la Delegación Tlalpan, la zonificación en la que se encuentra el predio es E, o cual indica equipamiento. Es una zona donde se permite todo tipo de instalaciones públicas o privadas con el propósito principal de dar atención a la población mediante los servicios de salud, educación, cultura, recreación, deportes, etc.

Se crea un edificio en una primera etapa, la cual refiere y se centra en la estructura del proyecto, el esqueleto básico del edificio identificándose en forma general con una planta libre y dos módulos de servicios. Todos los trabajos realizados estarán, bajo el lineamiento marcado por los requerimientos establecidos en el plan parcial de desarrollo Delegacional, así como en el Reglamento de Construcciones de Distrito Federal. La Primera Etapa incluye trabajos de: excavación, construcción de estructura básica del edificio: columnas y trabes metálicas, entepiso a base de losacero, montaje de muros de concreto en módulos de servicio, preparación para las instalaciones requeridas y ductos.

El proyecto en su Segunda Etapa se desarrolla a partir de la estructura básica establecida durante la Primera Etapa albergando los distintos espacios que prestaran los servicios médicos requeridos por la población que los demanda.

Se establece la distribución de especialidades y áreas necesarias por niveles, en cada piso se designa una actividad particular con todos los espacios requeridos para la prestación óptima del servicio. Esta distribución se define como a continuación se enlista de forma general.

Tabla 20: Distribución original del edificio.

| Distribución Original |  |
|-----------------------|--|
| Designación           | Descripción  |
| Sótano 2              | Subnivel de Cisterna<br>Sótano 2<br>Estacionamiento.<br>Módulo de Servicio Uno<br>Módulo de Servicio Dos                         |
| Sótano 1              | Estacionamiento.<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos   |
| Planta Baja           | Consulta Externa<br>Damas Voluntarias<br>Acceso Principal/ Acceso Secundario<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos |
| 1° Nivel              | Oftalmología<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos   |
| 2° Nivel              | Odontología<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos  |
| 3° Nivel              | Consulta Externa<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos   |
| 4° Nivel              | Consulta Externa<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos   |
| 5° Nivel              | Obesidad e Infectología<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos  |
| 6° Nivel              | Nefrología<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos   |
| 7° Nivel              | Geriatría<br>Áreas comunes (salas de juntas, auditorios,<br>etc....)<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos         |

| Distribución Original |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| Designación           | Descripción                      |
| 8° Nivel              | Laboratorio BSL2 de Infectología |
| 9° Nivel              | Cuarto de maquinas               |
| 10° Nivel             | Cubierta y azotea                |

Las dimensiones de los almacenamientos de agua potable son:

|             |   |                        |
|-------------|---|------------------------|
| Largo       | = | 34.50 [m]              |
| Ancho       | = | 7.30 [m]               |
| Profundidad | = | 1.40 [m] (altura útil) |

Se considera un almacenamiento de 5 [l] por metro cuadrado construido. El número de hidrantes en uso simultáneo dependerá del área construida que para más de 7500m<sup>2</sup> corresponde a 4 hidrantes en uso simultáneo.

El sistema hidráulico es un equipo de bombeo hidroneumático programado triple con el cual se dará alimentación a la red de distribución general de la unidad. El rack principal de alimentaciones se instala colgada de losa de la planta sótano para subir por un ducto estratégicamente ubicado en las plantas superiores. La trayectoria principal de las tuberías se instalara colgada de la losa del mismo piso al cual dará servicio y se instala por las circulaciones para facilitar su mantenimiento. Así mismo esta red cuenta con válvulas de seccionamiento estratégicamente ubicadas para poder hacer cortes de servicio sin necesidad de suspender el servicio en toda la unidad.

La red de distribución de agua caliente se genera a partir de la caldera y del tanque de agua caliente ubicado en la planta sótano y tendrá un recorrido paralelo a la red de agua fría, esta red contará con una línea de retorno de agua caliente.

La red de distribución de aire comprimido se genera a partir del compresor del aire medicinal en la planta sótano 2. La red principal de distribución se encuentra colgada de losa de planta sótano 2 para subir a los niveles superiores por un ducto estratégicamente ubicado.

La red de distribución de vacío se genera a partir del compresor del aire. La red principal de distribución se encuentra colgada de losa de planta sótano y tendrá un recorrido paralelo a la red de distribución de aire comprimido.

El sistema de abastecimiento y distribución de oxígeno consiste en una central de abastecimiento con un equipo de control de presión y la red de tuberías de distribución destinadas a las salidas murales con el gasto y la presión requeridas.

La red principal de distribución se encuentra colgada de losa de planta sótano y tendrá un recorrido paralelo a la red de distribución de aire comprimido.

---

El suministro de gas natural se toma de la red existente del conjunto.

Se encuentran instalados sistemas de detección de humo y circuito cerrado de televisión con el fin de monitorear el inmueble y sus condiciones de seguridad.

El suministro de energía eléctrica será CFE, ya que se tiene capacidad disponible en la subestación existente, será un solo circuito. Este suministro es con una trayectoria subterránea existente desde la subestación principal del complejo. Hasta la subestación eléctrica en el patio de maniobras junto al edificio de acceso.

Los tableros de distribución principales están localizados dentro de la subestación eléctrica en el sótano 1 del edificio, dejando un 20% de espacio para futura demanda de carga.

Los tableros de distribución subgenerales se localizan en un local para equipos eléctricos en el sótano 1, los tableros secundarios están localizados dentro del cuarto eléctrico en cada nivel del edificio.

## 2.2. Planos arquitectónicos.

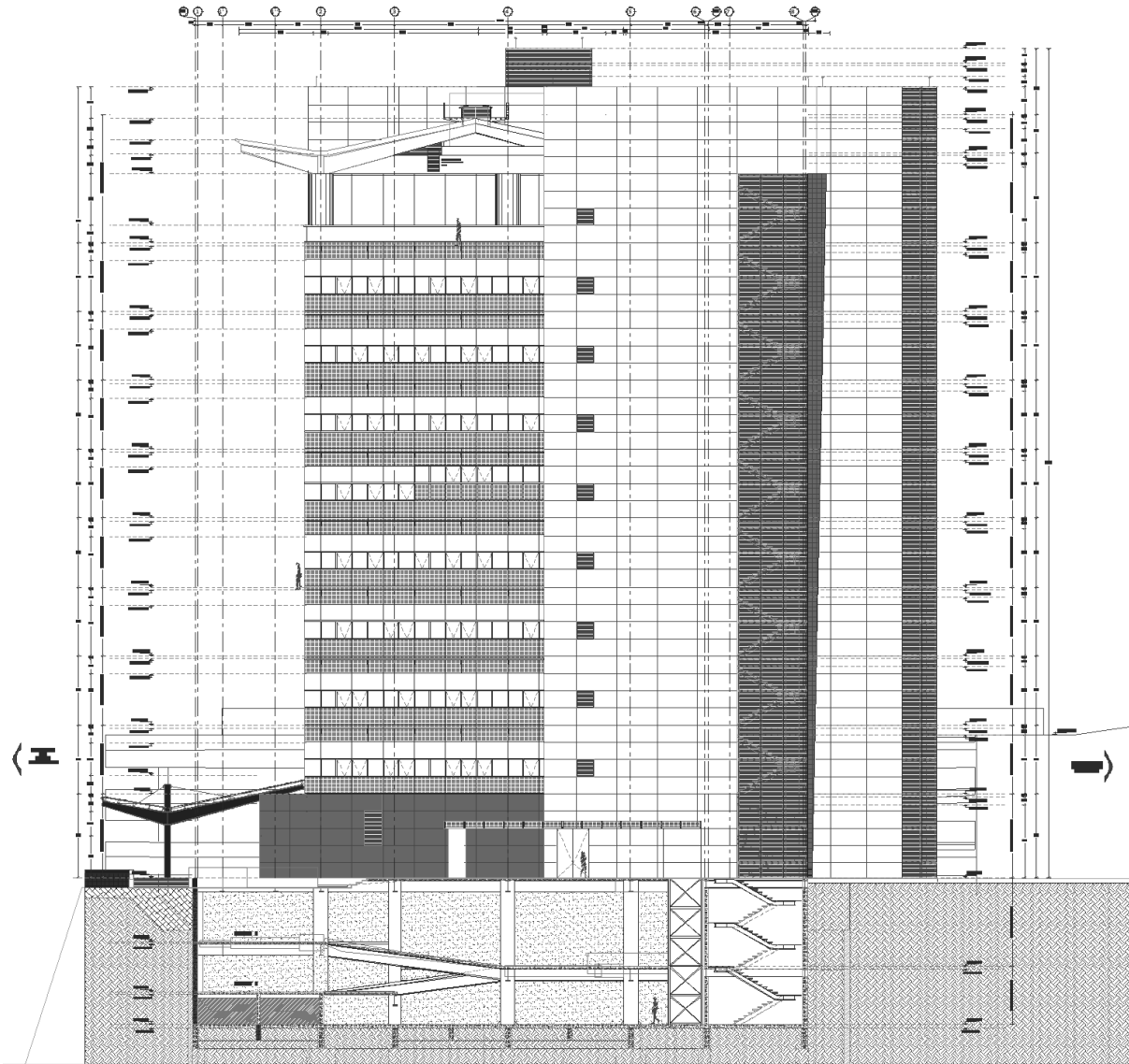


Figura 17: Fachada Este.



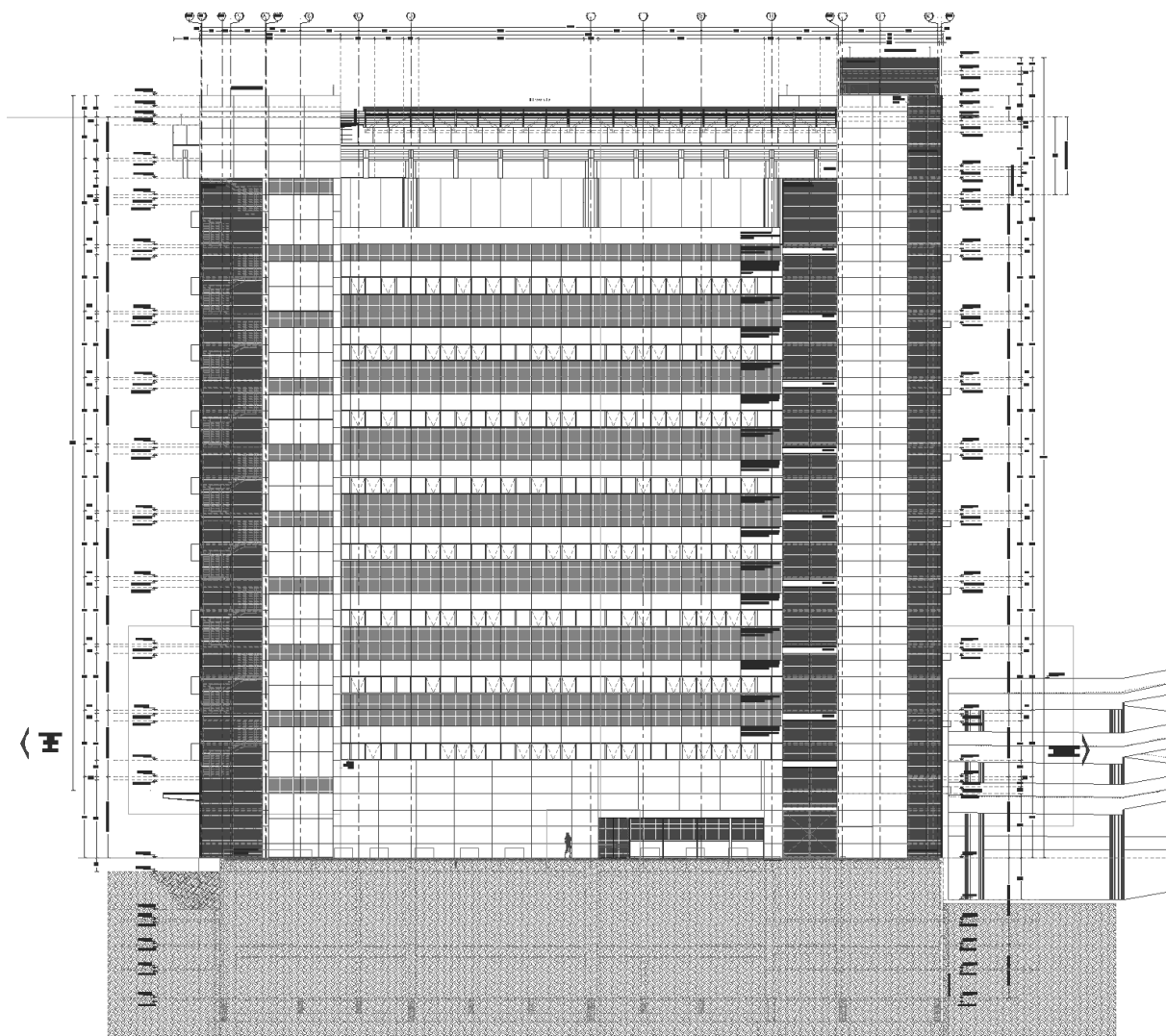


Figura 18: Fachada Norte.

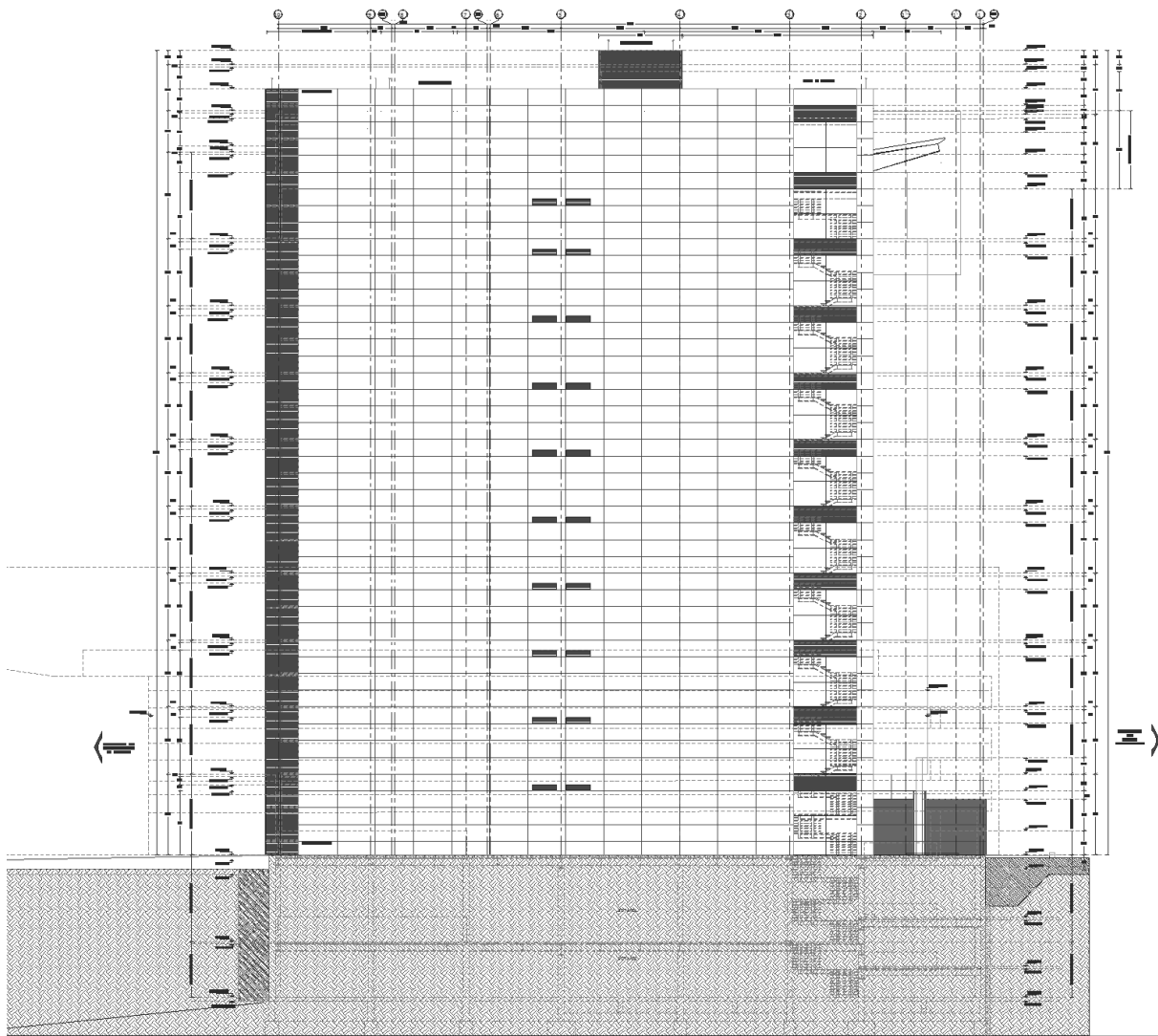


Figura 19: Fachada Oeste.

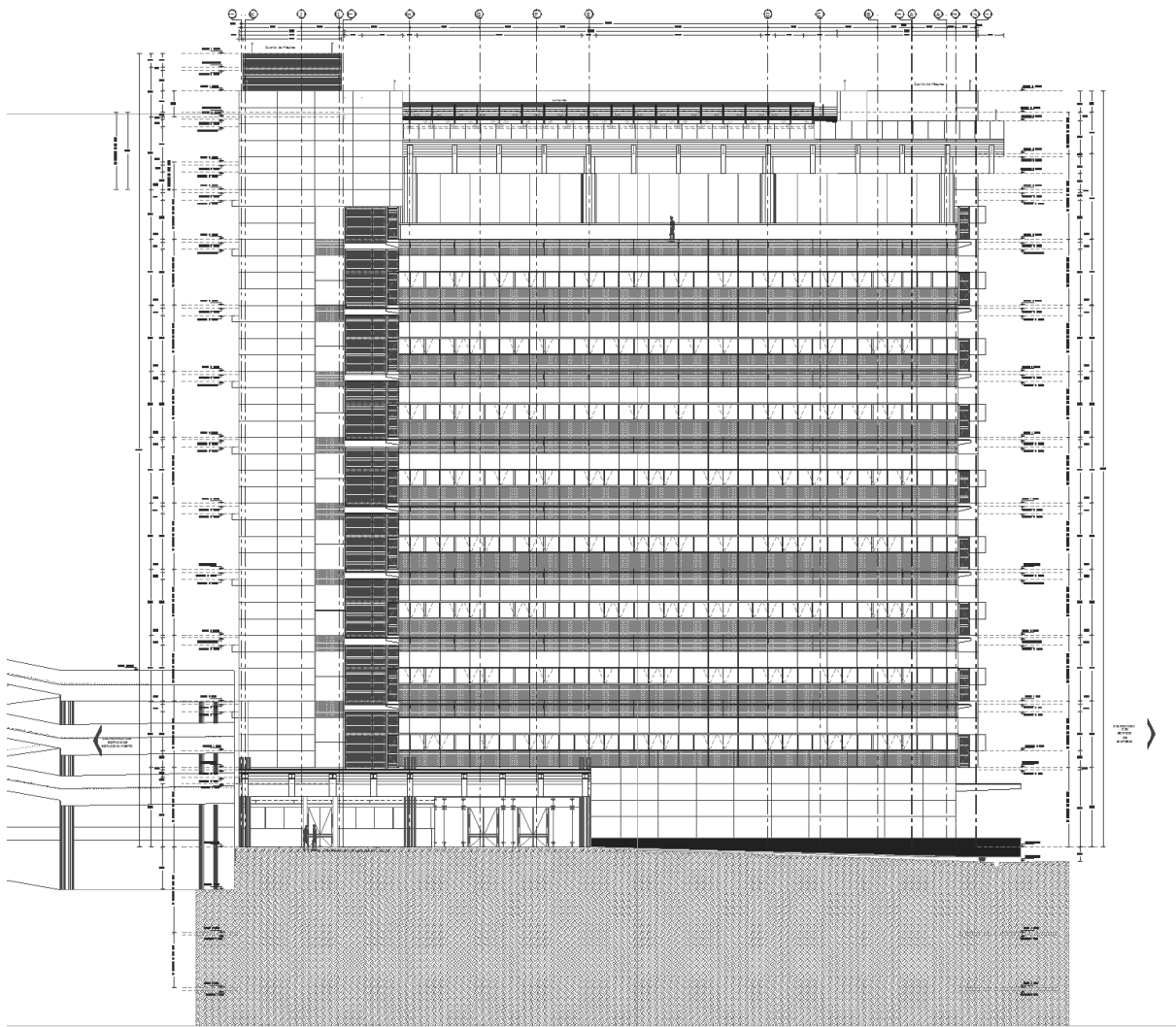


Figura 20: Fachada Sur.

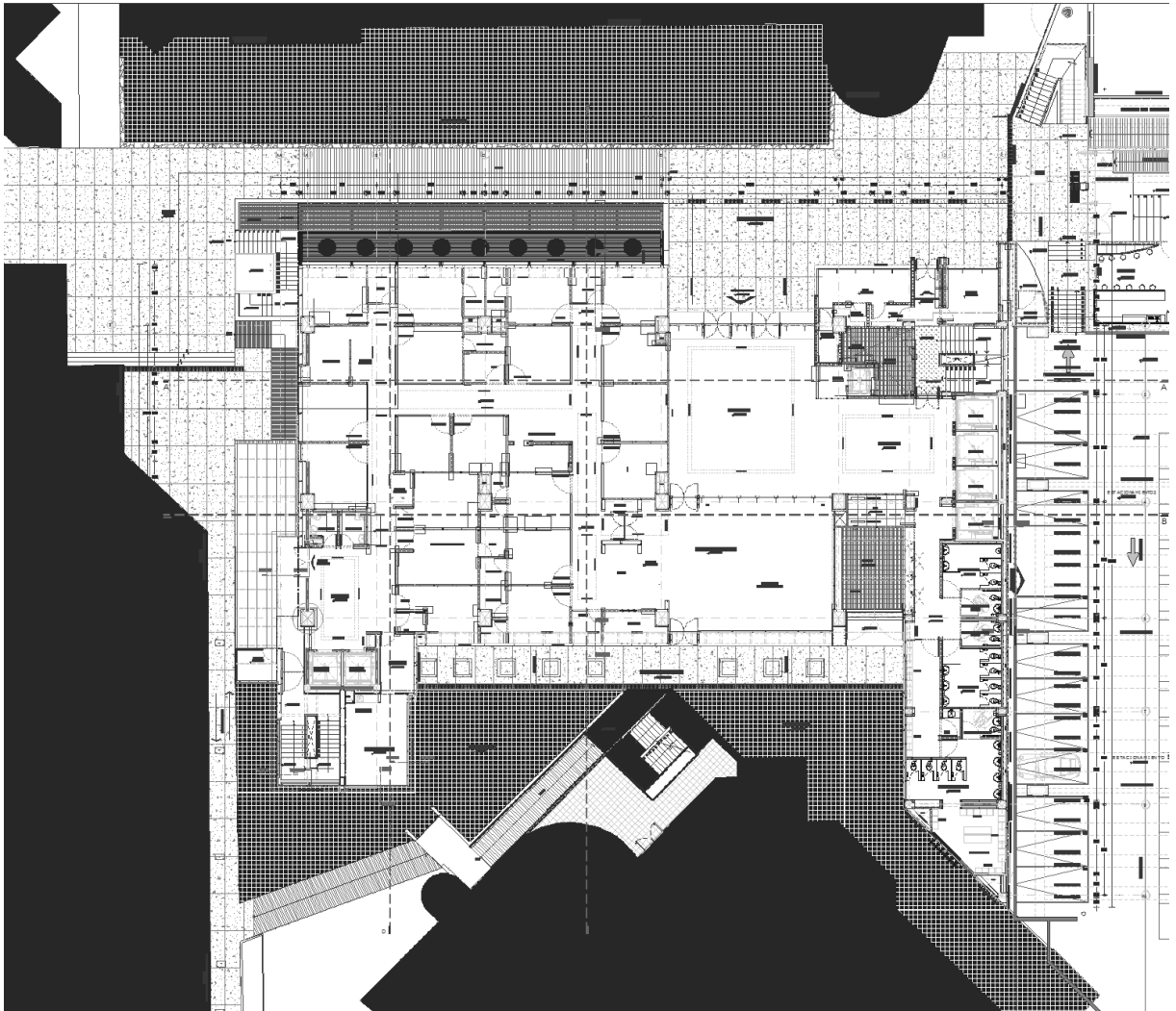


Figura 21: Planta baja.

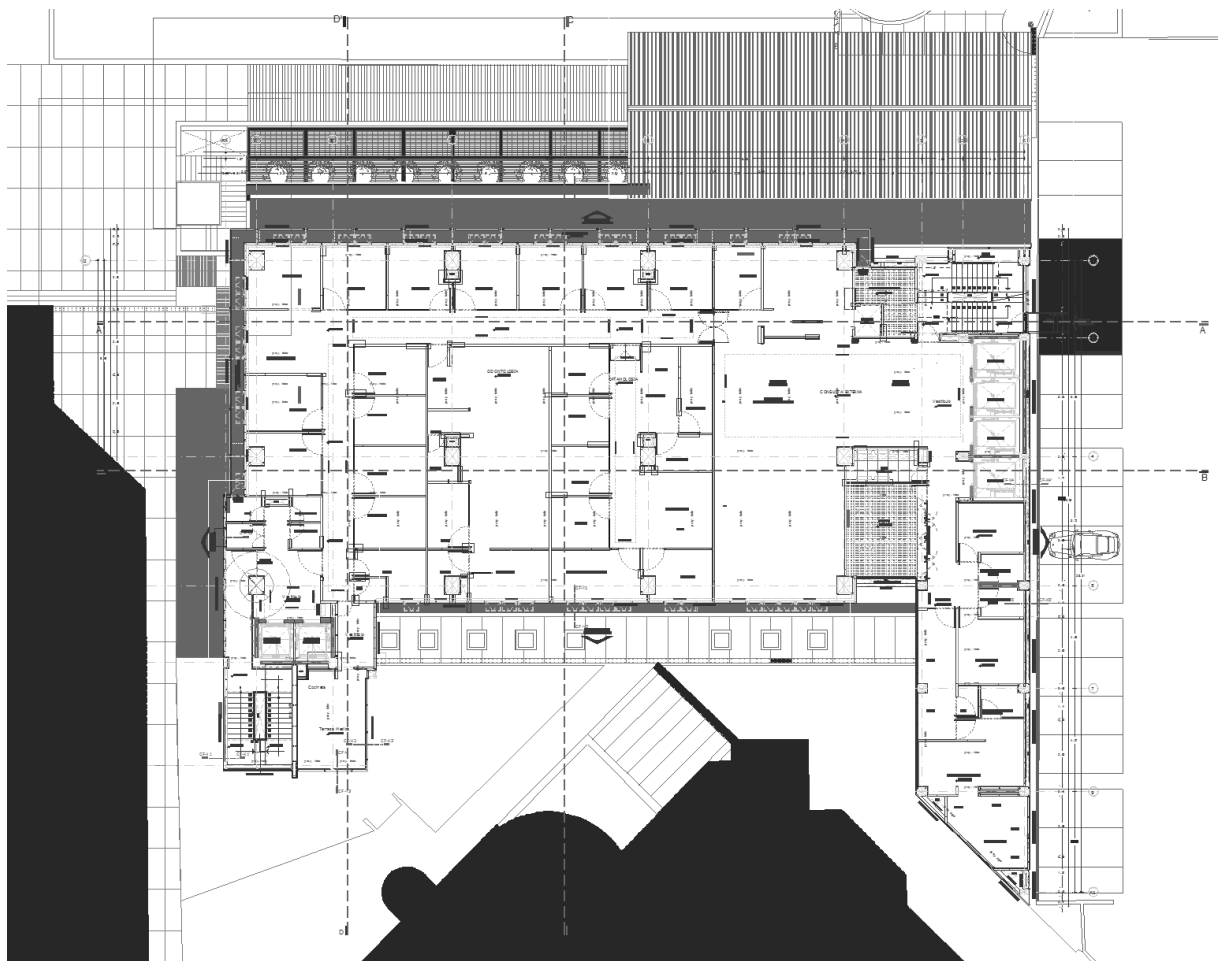


Figura 22: Planta tipo

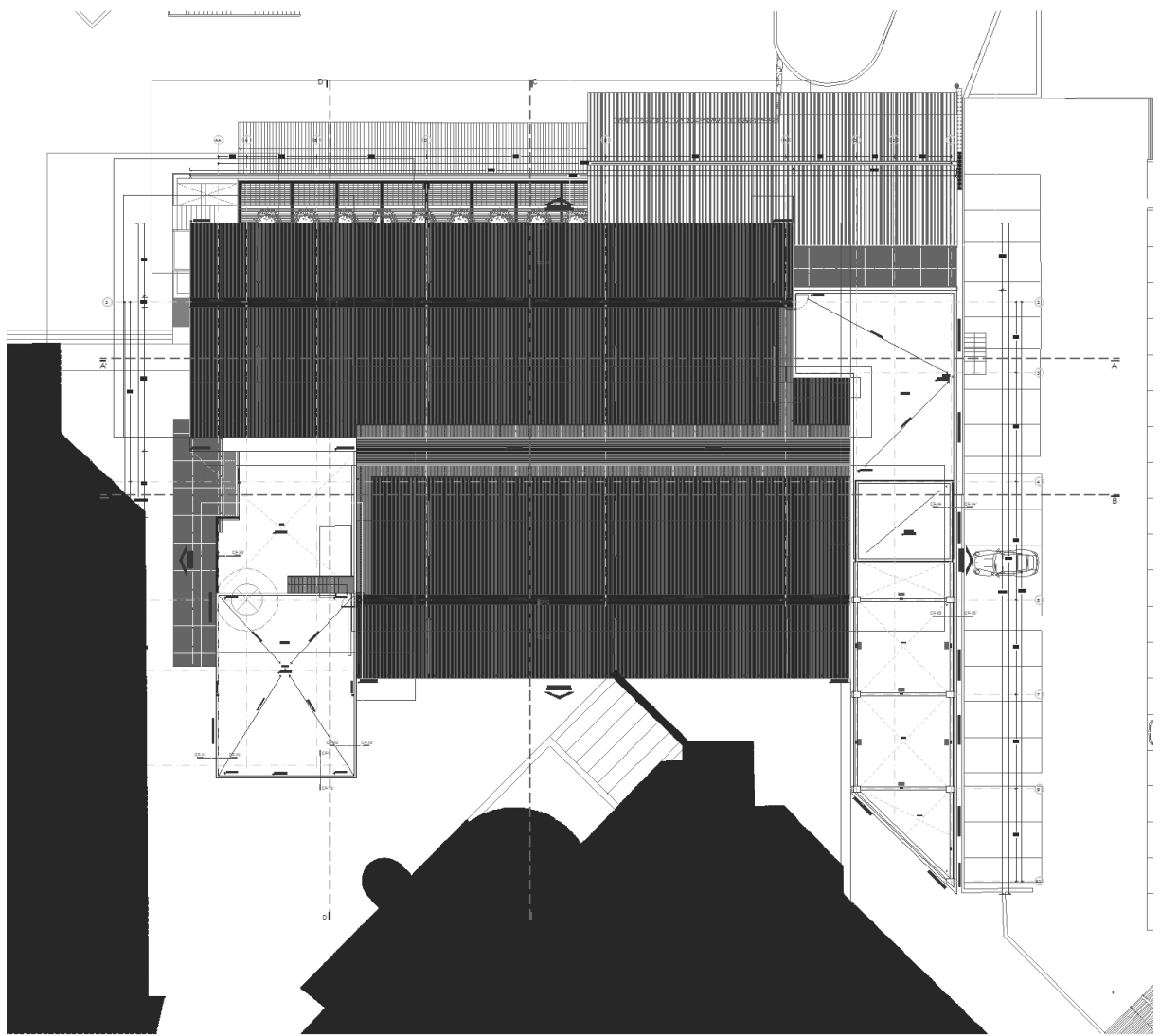


Figura 23: Planta de azotea

---

### **3. Proyecto Estructural Original**

*Objetivo: Describir las características estructurales y el primer diseño del edificio.*

Es importante aclarar que la memoria de cálculo estructural fue entregada en el año 2006, sin embargo esta fue elaborada con base en los criterios que establece el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal del año 1993, por lo que independientemente de la adición de un nivel, dicha memoria no es válida, ya que en ese momento ya se contaba con reformas correspondientes al año 2004.

A continuación se presenta el resumen de dicha memoria de cálculo con los datos que en su momento los proyectistas utilizaron.

#### **3.1. Estructuración**

La estructura del edificio está resuelta a base de marcos rígidos en sentido transversal y longitudinal los cuales están formados por columnas y trabes de acero A-36, las columnas interiores y exteriores están en potradas en su base y su sección transversal está compuesta por columnas laminadas IPR y rectangular fabricada con cuatro placas soldadas en todos los niveles, muros de sección rectangular con elementos extremos, trabes de sección I , columnas IPR o cajón y sistema de piso a base de losacero con un firme de compresión de 6 cm. En el nivel de sótano se ubican muros de contención en la periferia del edificio, así como muros de rigidez entre los ejes Y-10 y Y-11, en la planta baja del primer y segundo nivel de servicios así como primer y segundo balcón, conservan los muros de rigidez.

El arreglo geométrico de las columnas es el siguiente:

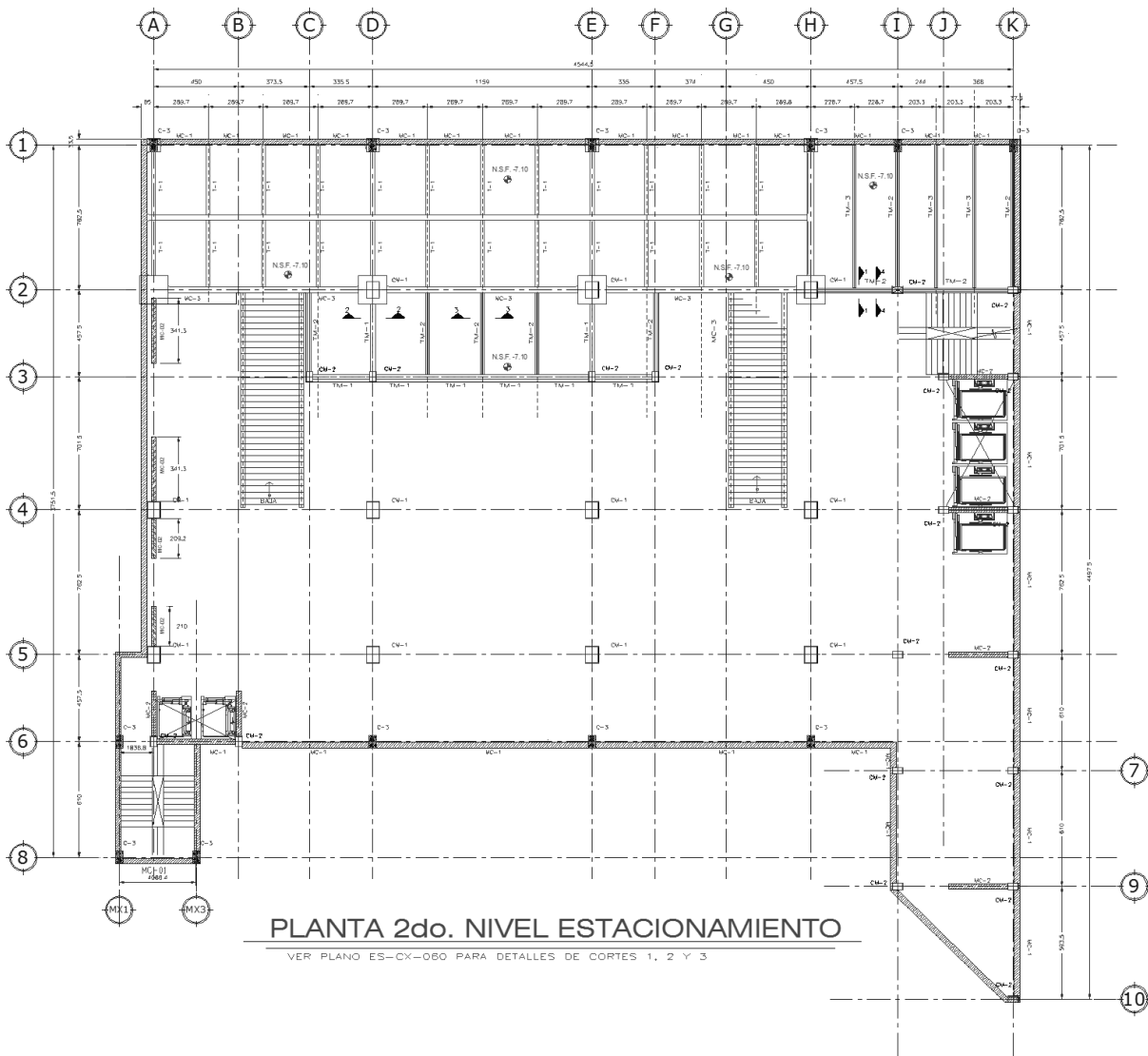


Figura 24: Planta, 2do Nivel de estacionamiento.



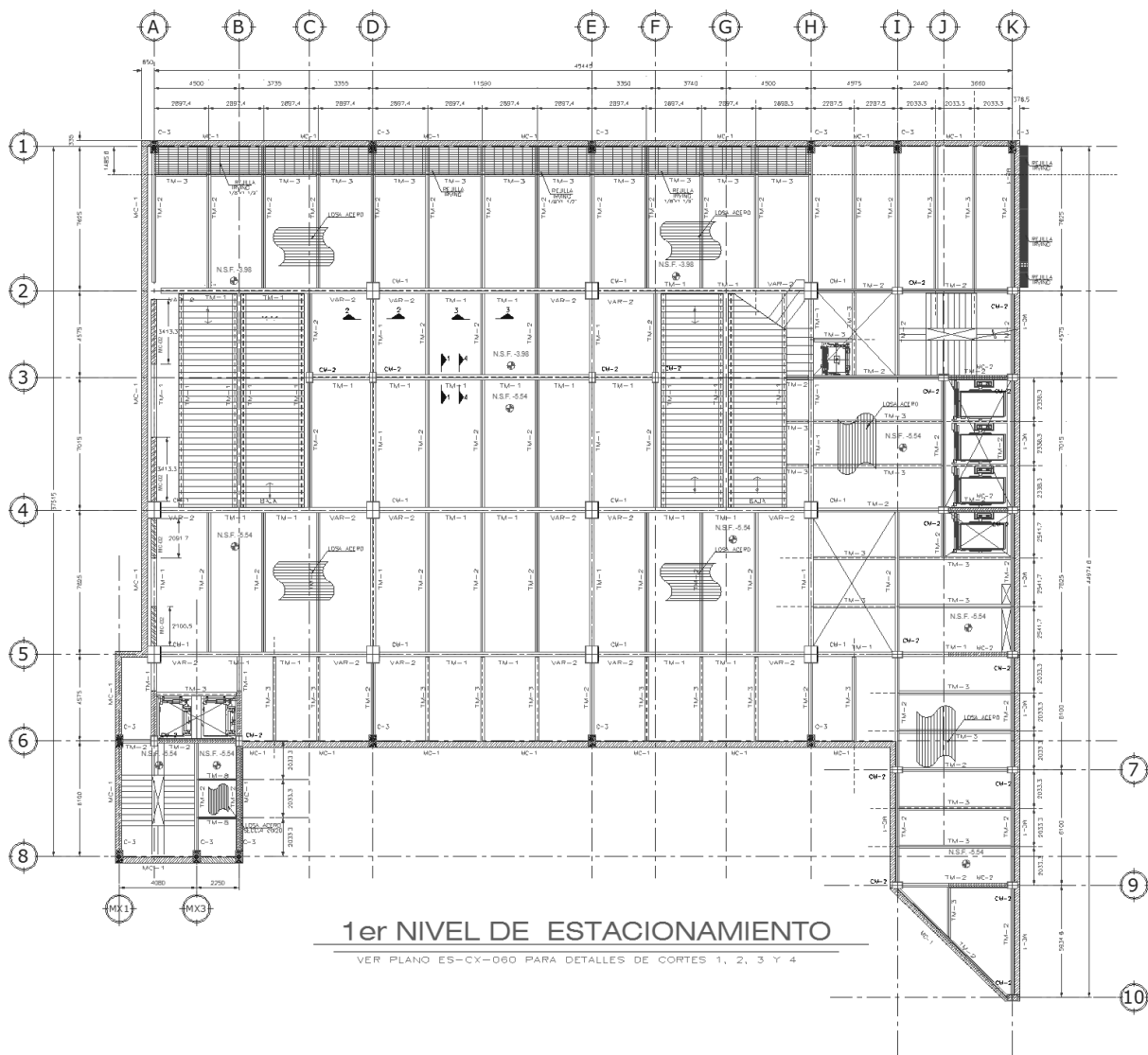


Figura 25: Planta, 1er Nivel de estacionamiento.

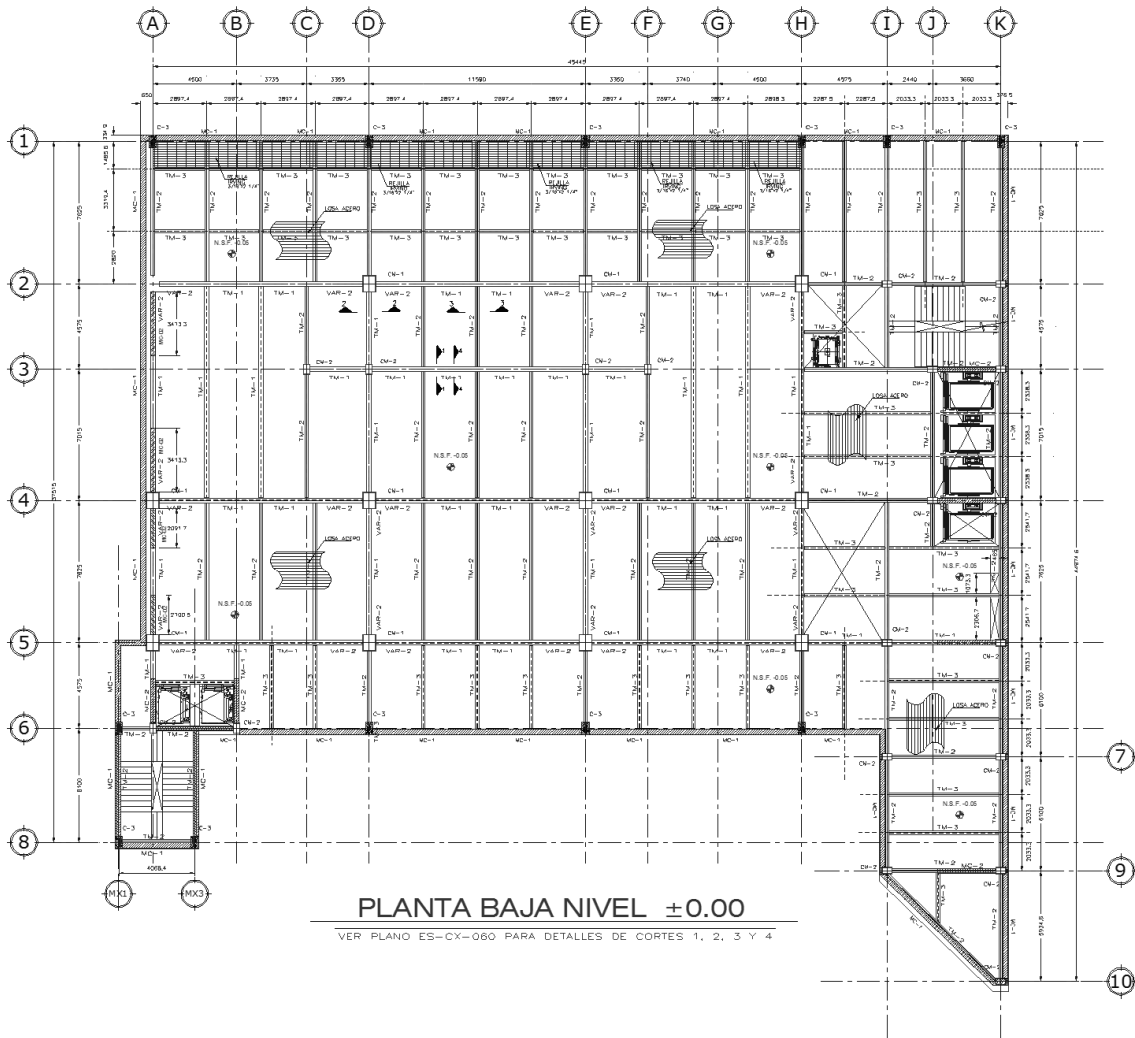


Figura 26: Planta Baja.

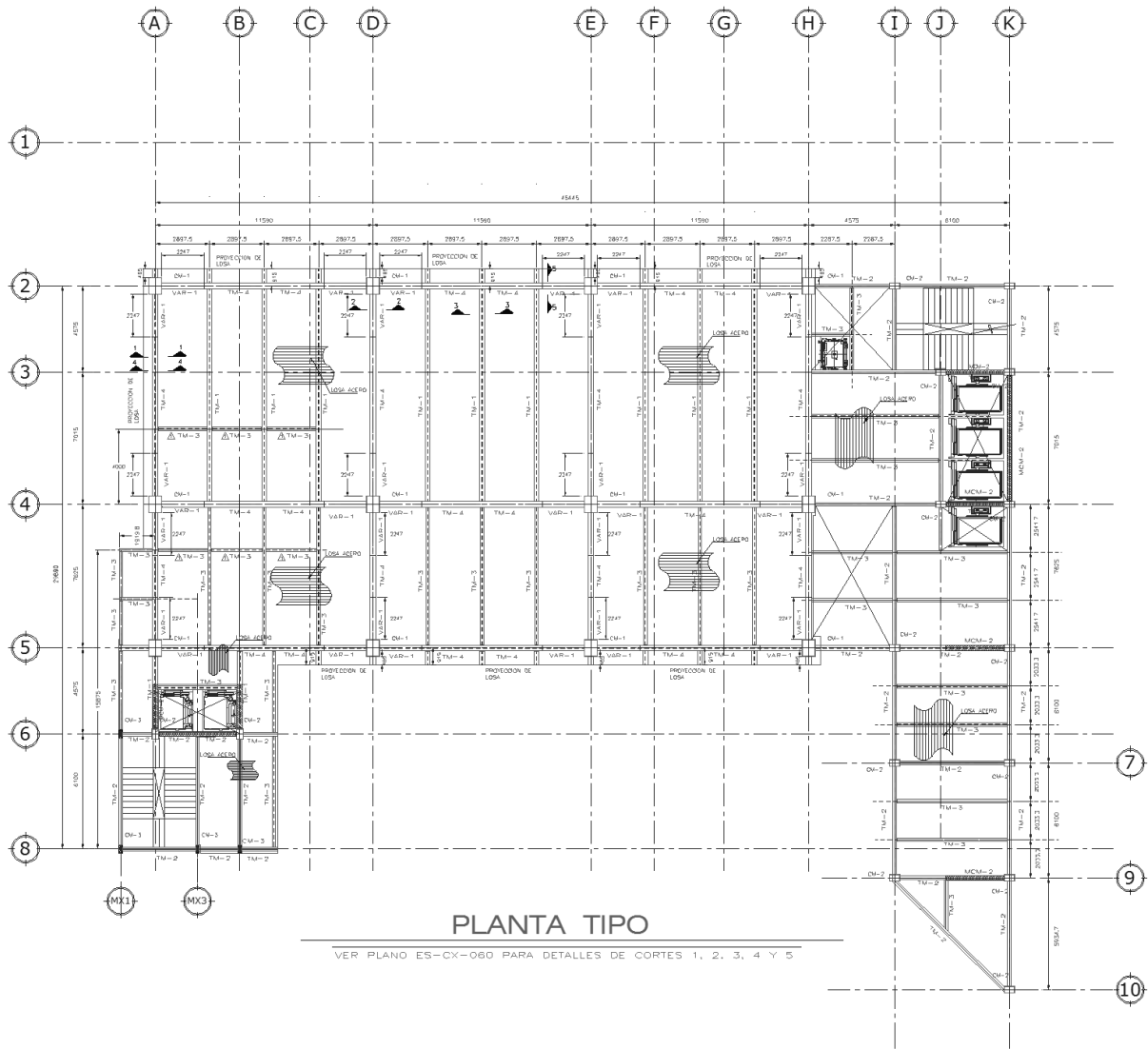


Figura 27: Planta Tipo.

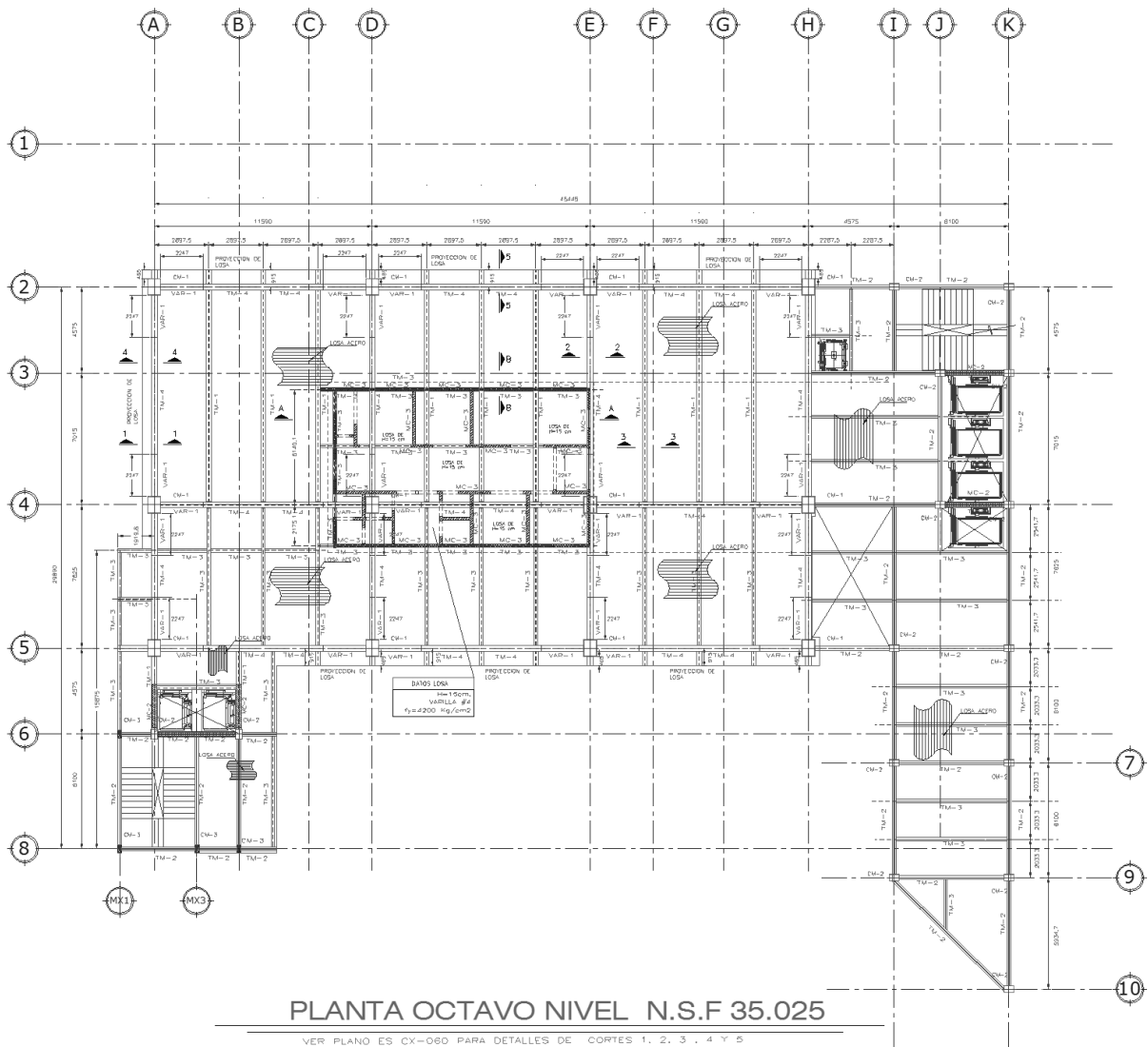


Figura 28: Planta Octavo nivel.

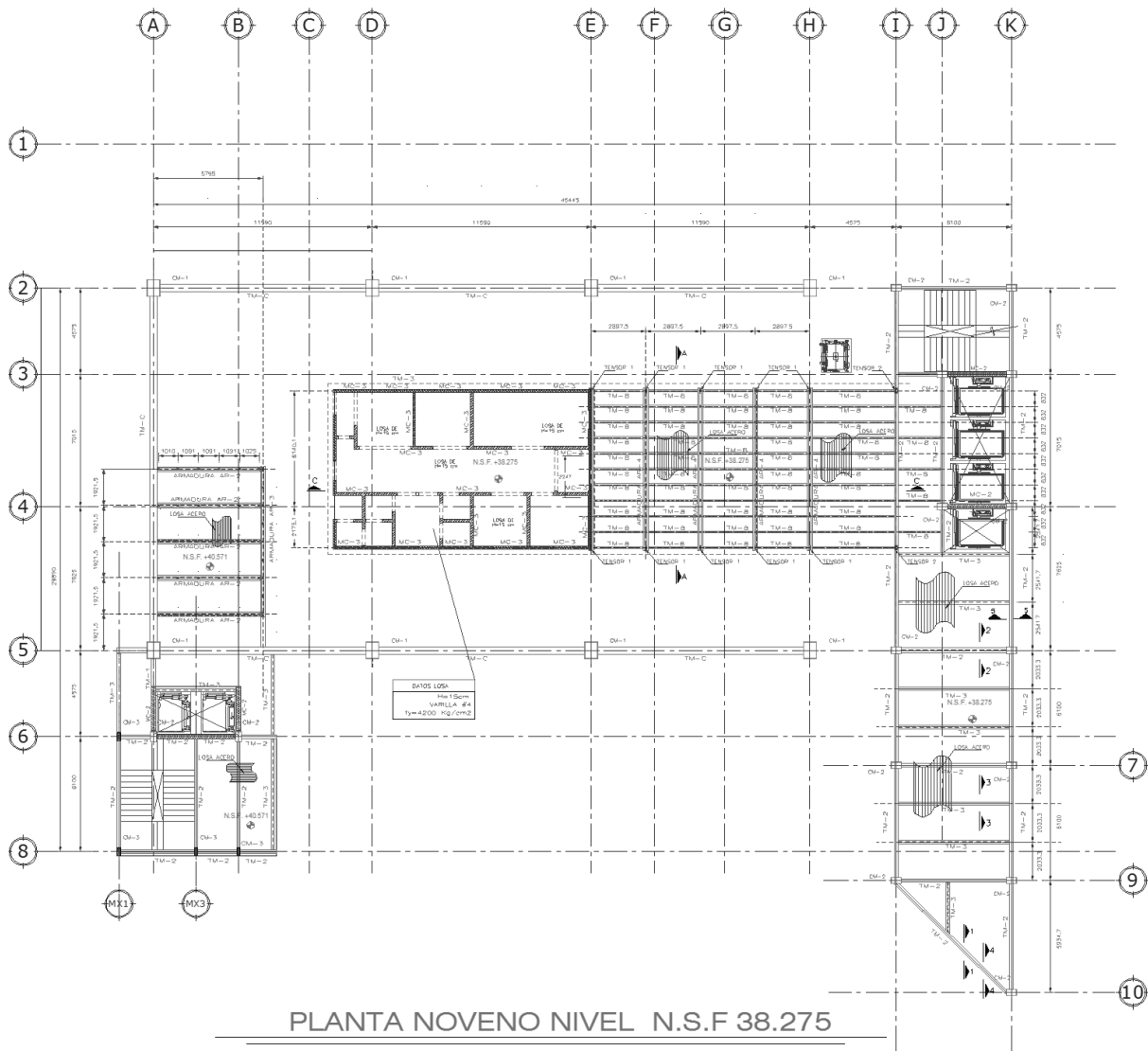


Figura 29: Planta Noveno nivel.

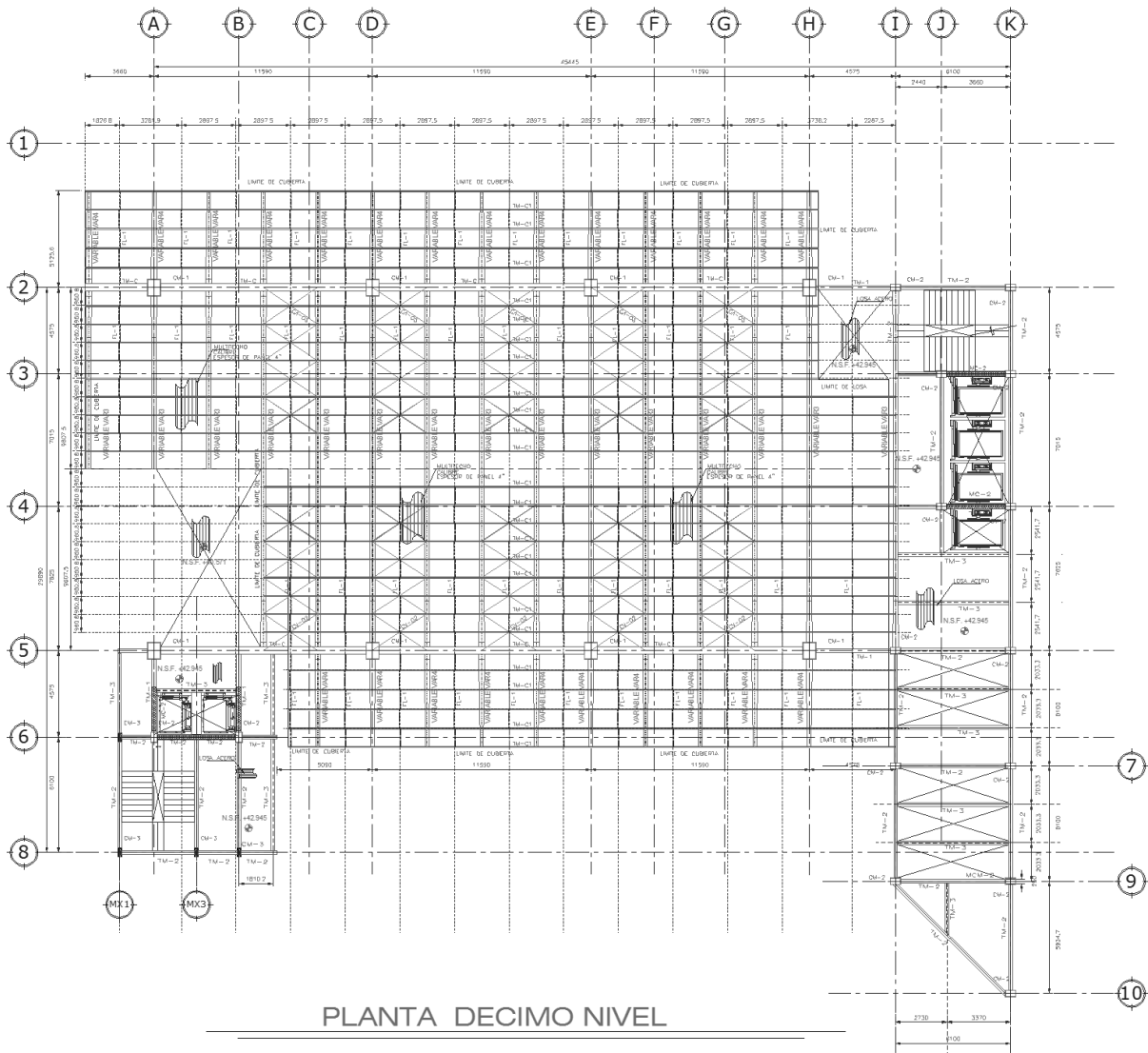


Figura 30: Planta Decimo nivel.

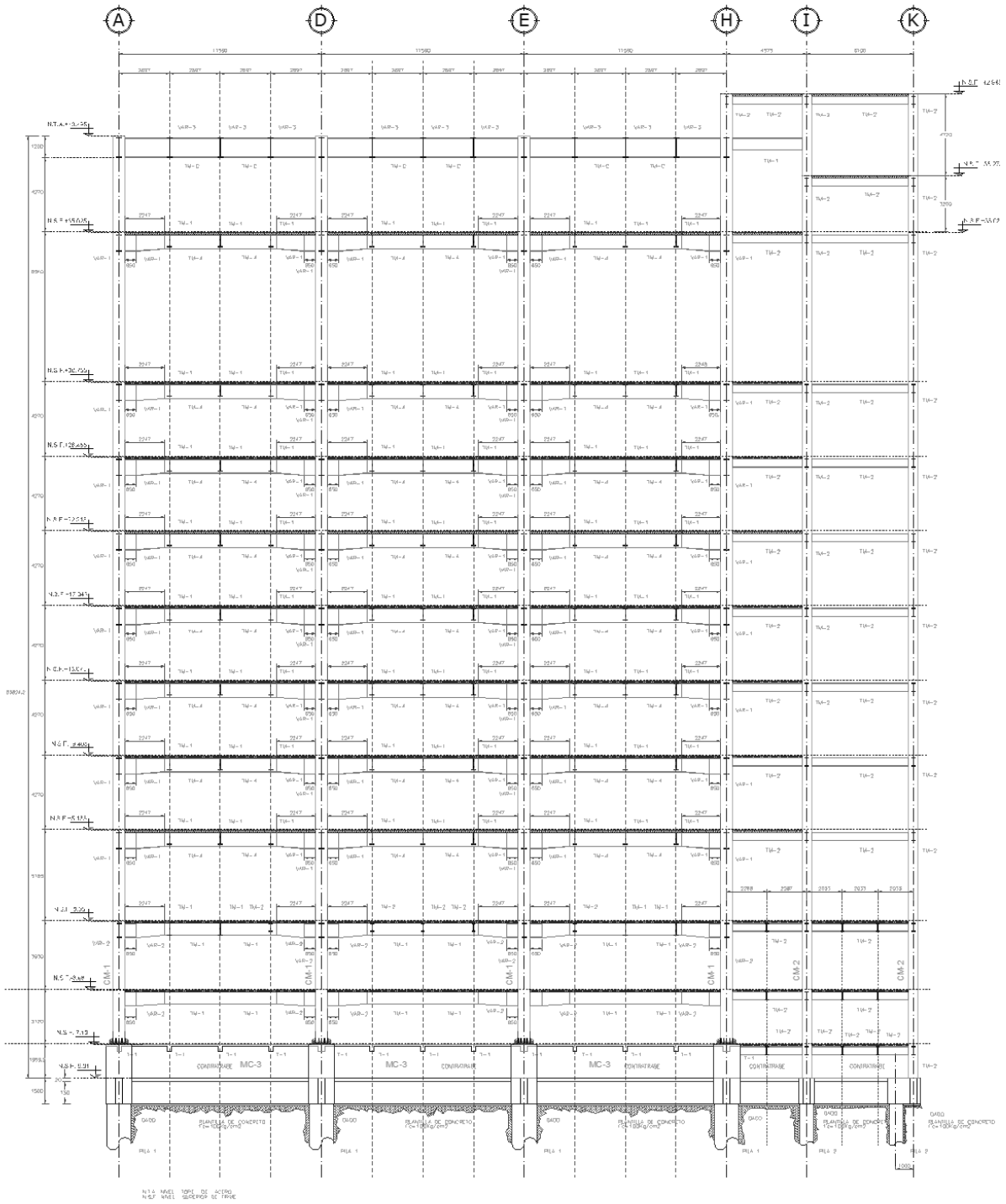
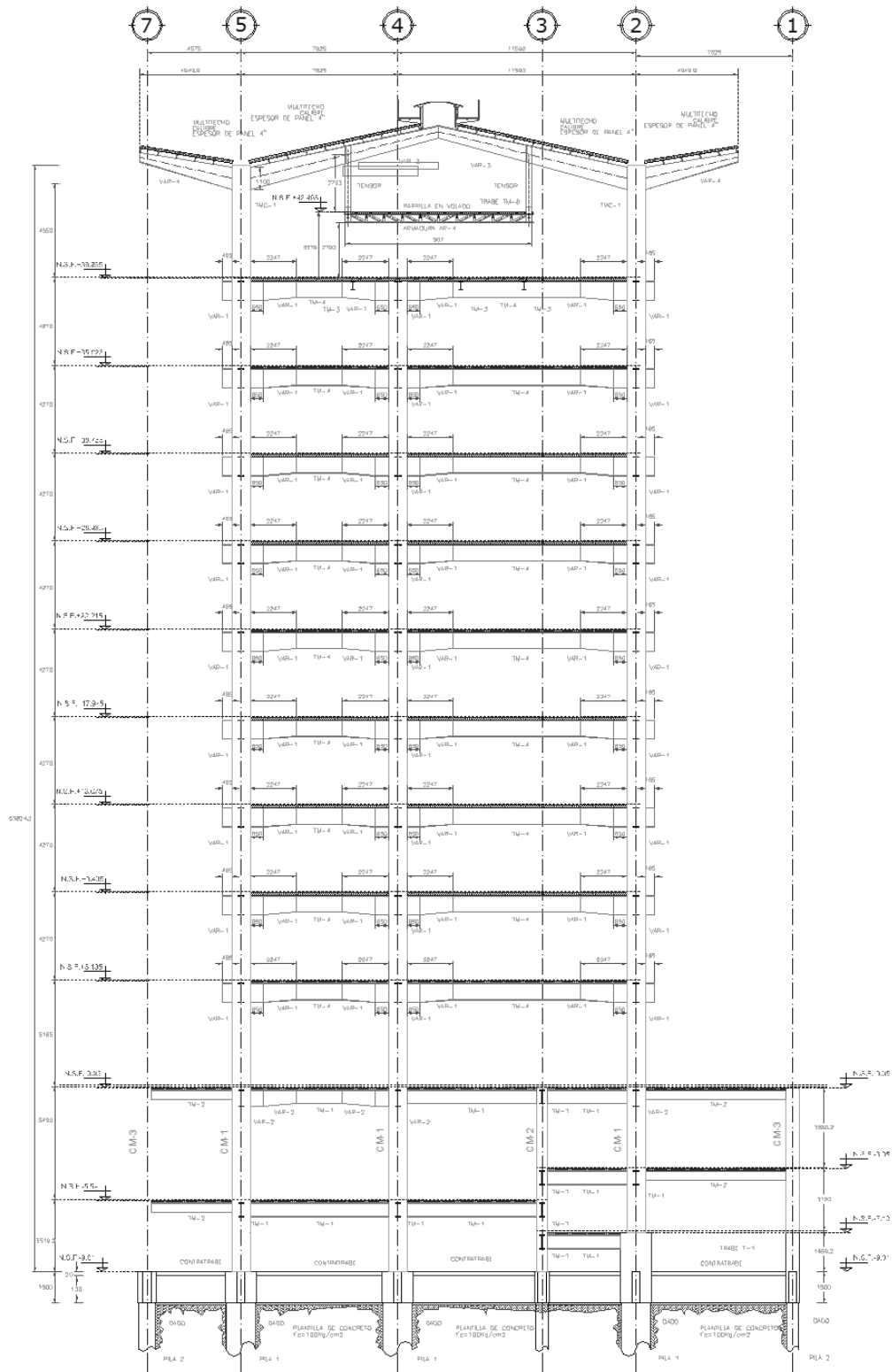


Figura 31: Marco del Eje 2



MARCO DE EJE D

Figura 32: Marco del Eje D





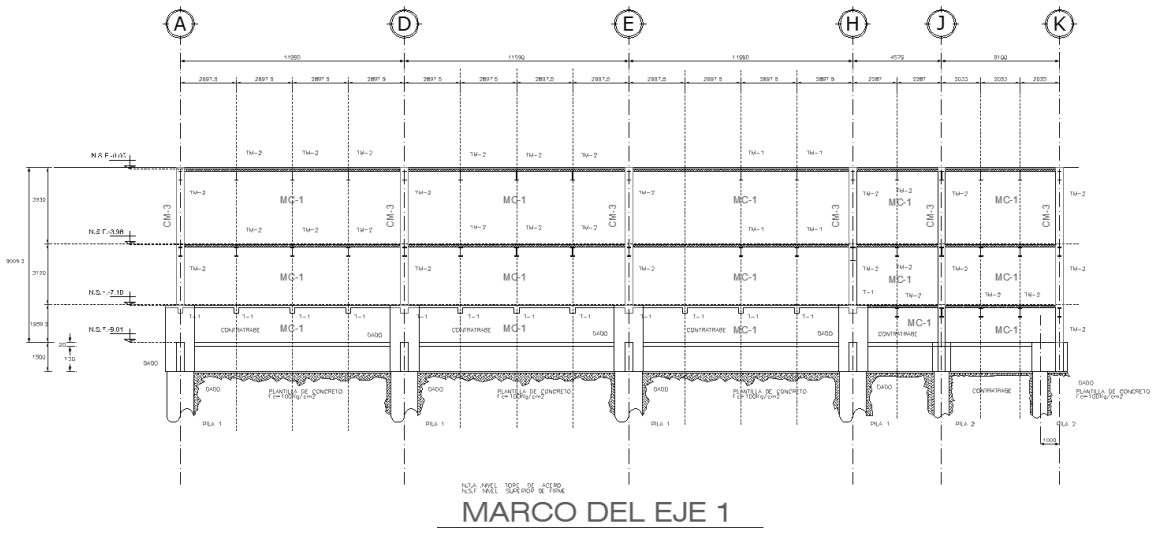


Figura 34: Marco del Eje 1

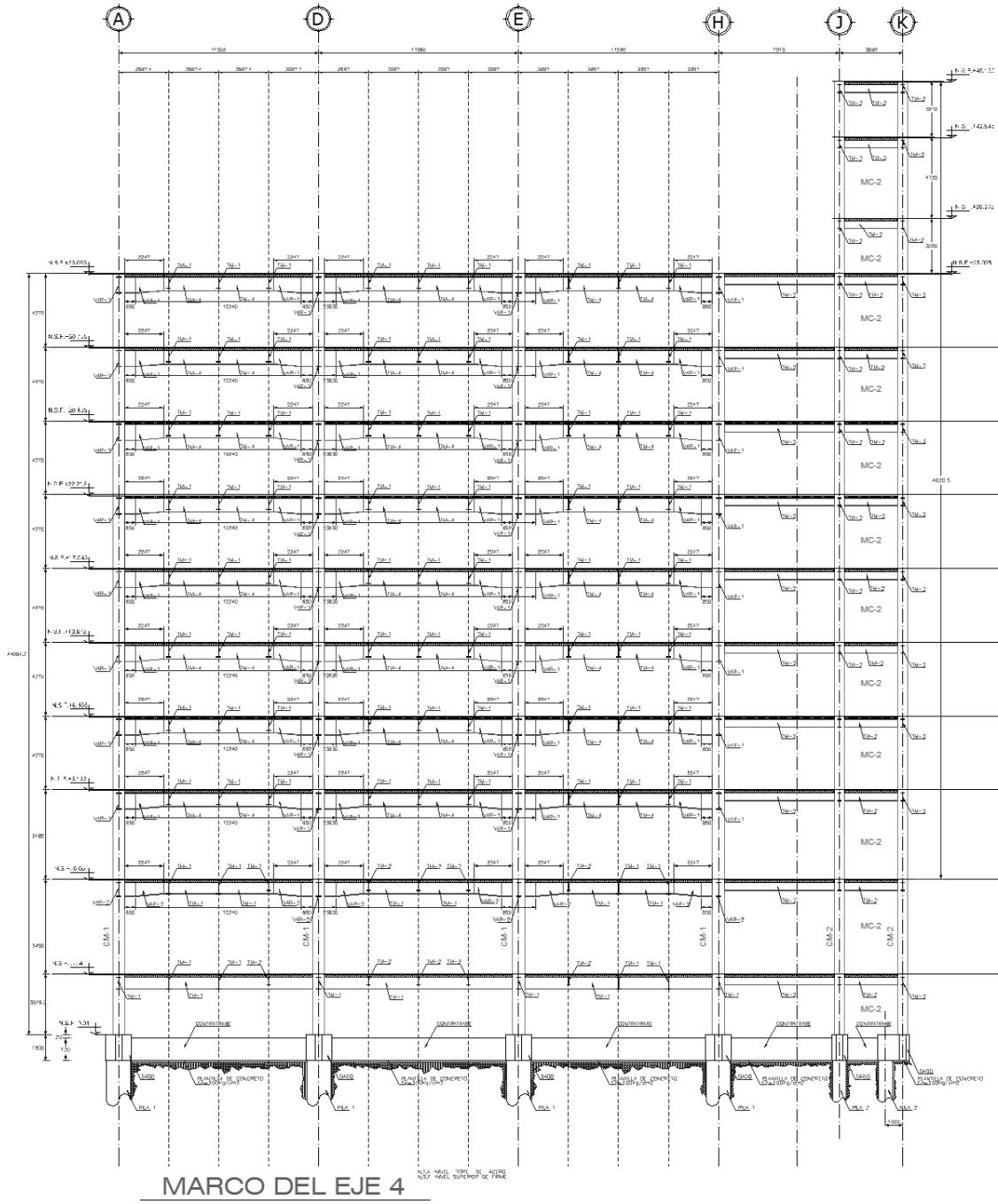


Figura 35: Marco del Eje 4



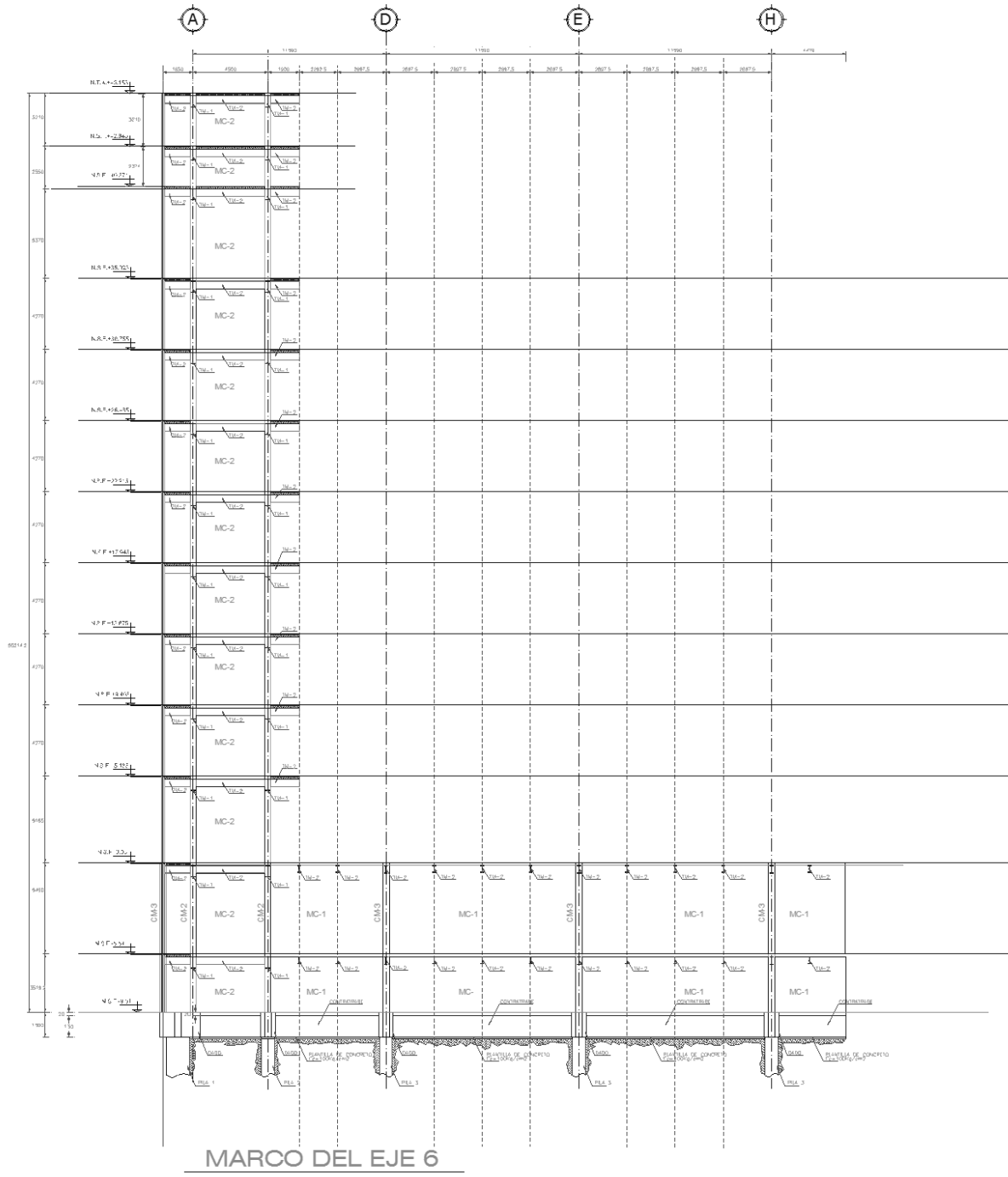


Figura 37: Marco del Eje 6

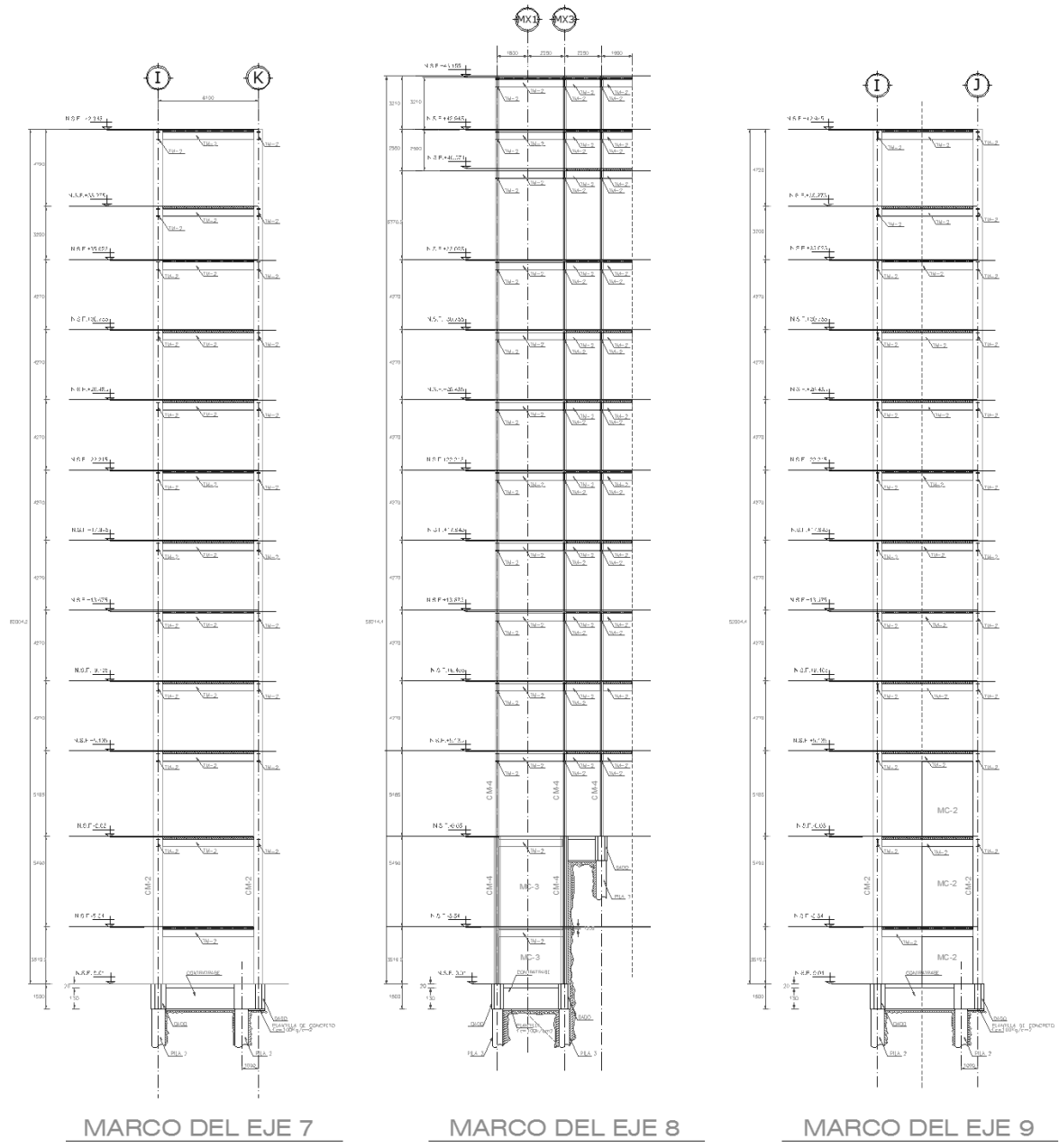
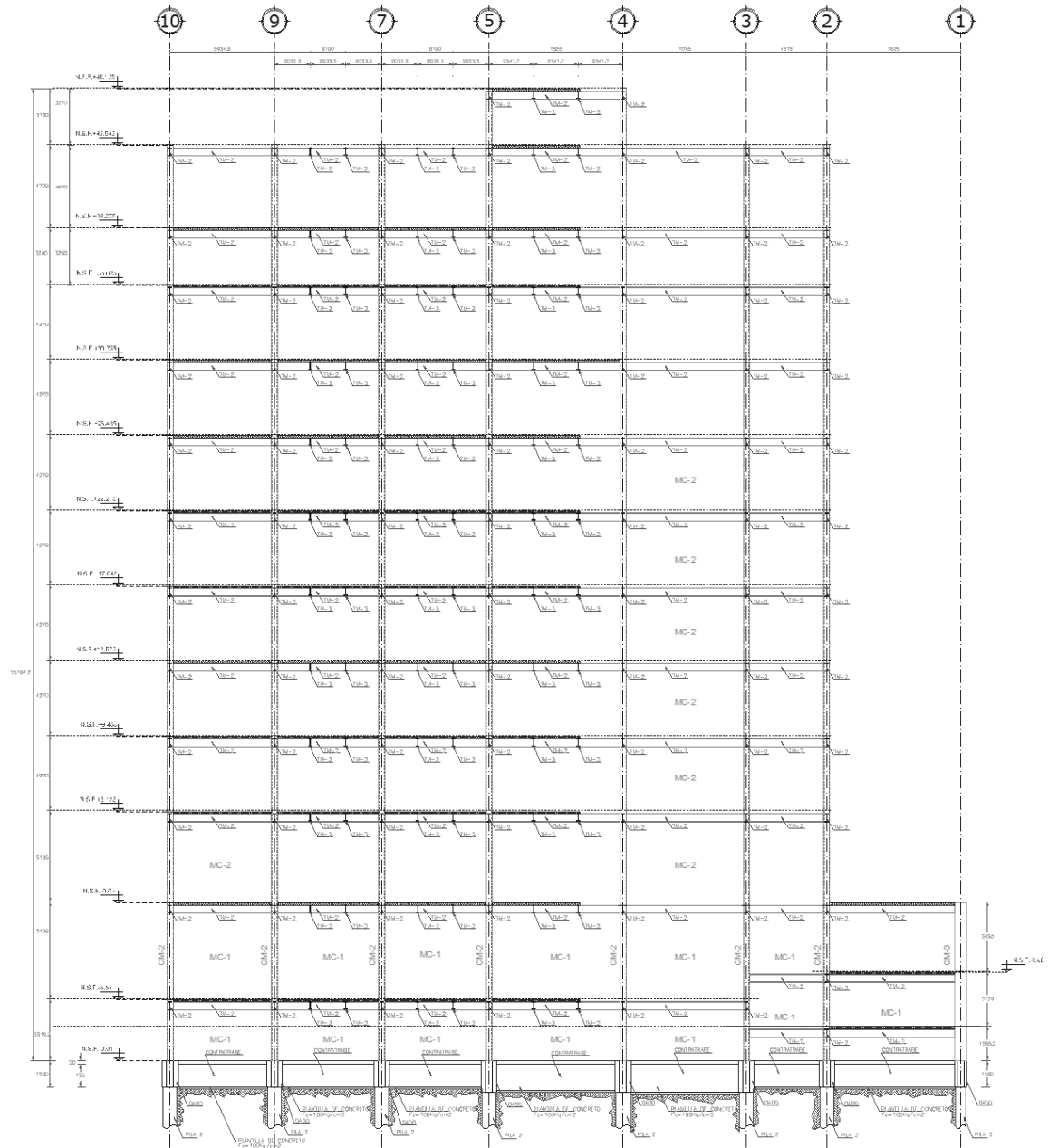
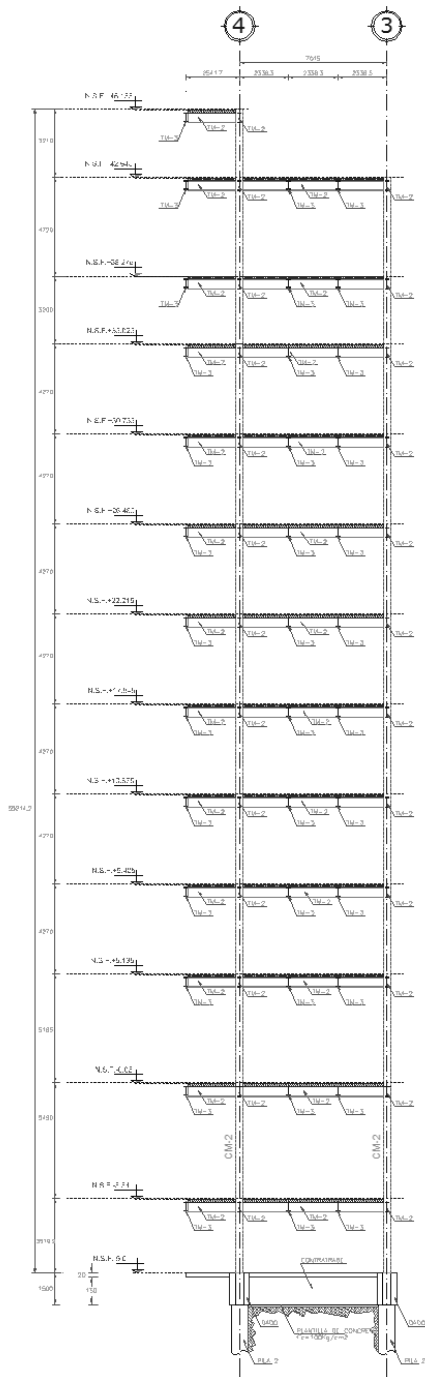


Figura 38: Marco de los Ejes 7, 8 y 9



MARCO DEL EJE K

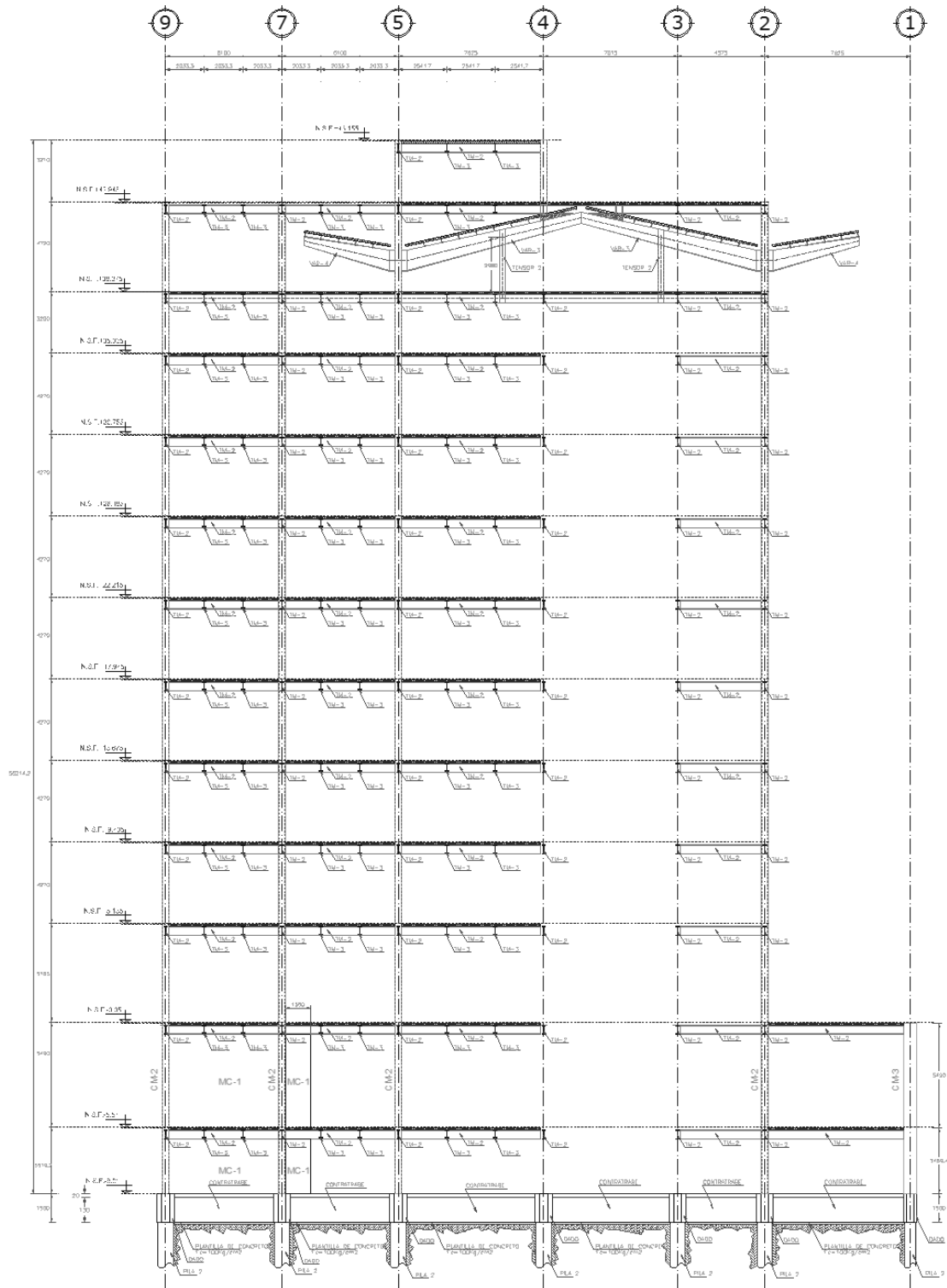
Figura 39: Marco del Eje K



MARCO DEL EJE J

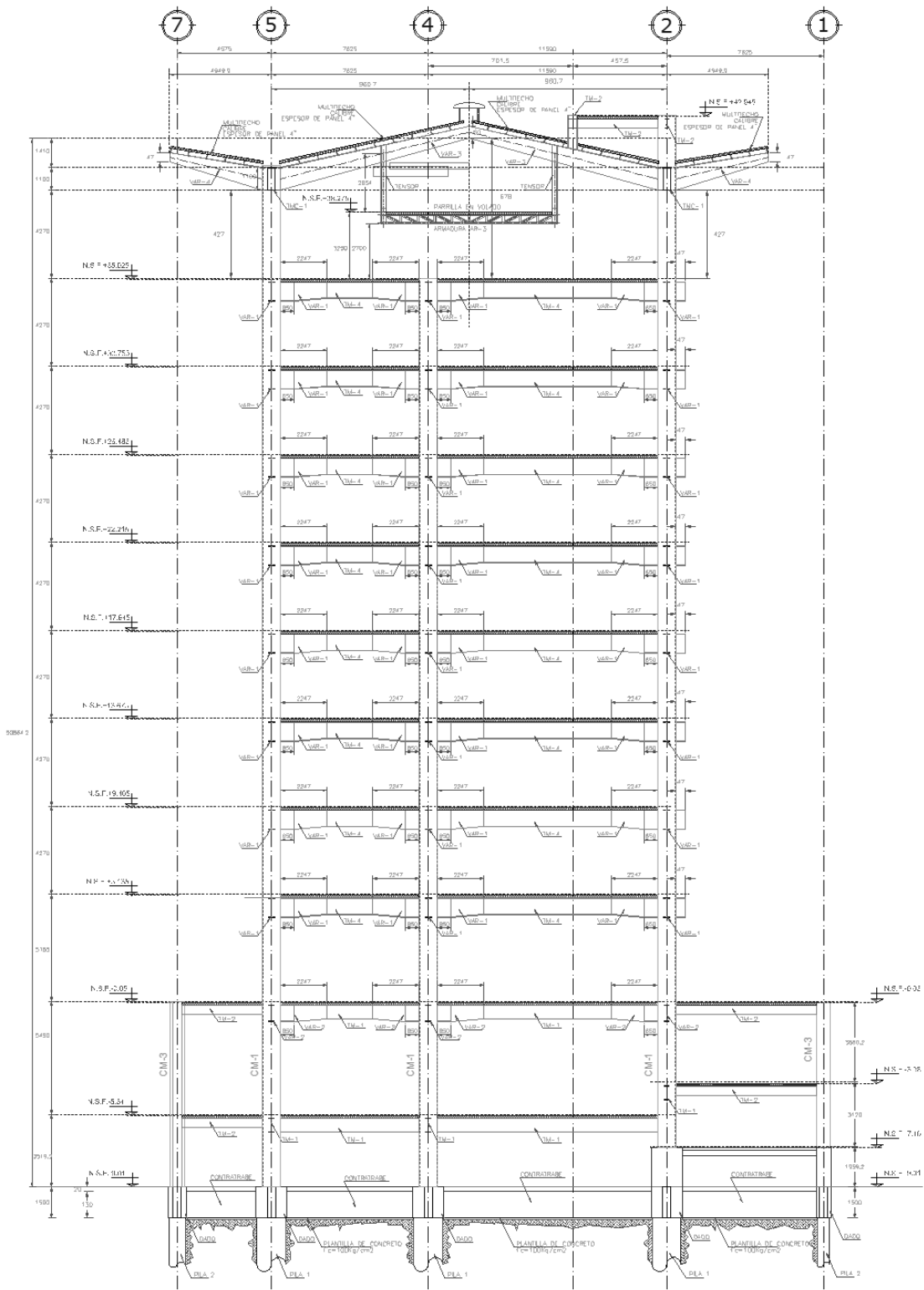
Figura 40: Marco del Eje J





MARCO DEL EJE I

Figura 41: Marco del Eje I



MARCO DEL EJE H

Figura 42: Marco del Eje H





---

### 3.2. Modelo.

Con la finalidad de verificar el comportamiento y la capacidad de la estructura, se realiza el análisis y revisión estructural de la misma considerando el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias vigentes.

De acuerdo con lo especificado en el Título Sexto “Seguridad Estructural de las Construcciones”, el cual contiene los requisitos que deben cumplirse en el proyecto, ejecución y mantenimiento de una edificación para lograr un nivel de seguridad adecuado contra fallas estructurales, así como un comportamiento estructural aceptable en condiciones normales de operación, se tiene lo siguiente:

- Estructura Grupo A, según artículo 174.
- Estructura ubicada en suelo tipo II (transición)

#### Análisis de cargas

Para el modelado y diseño se consideran las siguientes cargas actuantes:

Azotea:

|        |                          |                              |
|--------|--------------------------|------------------------------|
| -      | Peso propio de la losa   | 240 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| -      | Peso adicional           | 20 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| -      | Relleno de tezontle      | 200 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| -      | Impermeabilizante        | 5 [kg/m <sup>2</sup> ]       |
| -      | Plafón e Instalaciones   | <u>20 [kg/m<sup>2</sup>]</u> |
|        | Total:                   | 485 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| CVmax  | 100 [kg/m <sup>2</sup> ] |                              |
| CVinst | 70 [kg/m <sup>2</sup> ]  |                              |
| CVmed  | 15 [kg/m <sup>2</sup> ]  |                              |

Techumbre:

|        |                         |                             |
|--------|-------------------------|-----------------------------|
| -      | Multytecho              | 14 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| -      | Impermeabilizante       | <u>5 [kg/m<sup>2</sup>]</u> |
|        | Total:                  | 19 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| CVmax  | 40 [kg/m <sup>2</sup> ] |                             |
| CVinst | 20 [kg/m <sup>2</sup> ] |                             |
| CVmed  | 5 [kg/m <sup>2</sup> ]  |                             |

Entrepiso:

|   |                        |                          |
|---|------------------------|--------------------------|
| - | Peso propio de la losa | 323 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| - | Peso adicional         | 40 [kg/m <sup>2</sup> ]  |

---

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| - Acabado de piso        | 15 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Muros divisorios       | 70 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Plafón e Instalaciones | <u>30 [kg/m<sup>2</sup>]</u> |
| Total                    | 478 [kg/m <sup>2</sup> ]     |

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| CVmax  | 250 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| CVinst | 180 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| CVmed  | 100 [kg/m <sup>2</sup> ] |

Planta Baja:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| - Peso propio de la losa | 323 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| - Peso adicional         | 40 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Acabado de piso        | 15 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Muros divisorios       | 70 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Plafón e Instalaciones | <u>30 [kg/m<sup>2</sup>]</u> |
| Total                    | 478 [kg/m <sup>2</sup> ]     |

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| CVmax  | 250 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| CVinst | 180 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| CVmed  | 100 [kg/m <sup>2</sup> ] |

### **Materiales.**

Las características de los materiales, consideradas son:

- Concreto reforzado en firmes  $f'c= 250$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Concreto en dados  $f'c= 250$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Concreto en losas  $f'c= 250$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Acero de refuerzo  $f_y=4200$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Placas y perfiles metálicos Acero A-36

### **Secciones de elementos estructurales.**

El sistema de piso estará formado por lámina acanalada calibre 22 permitiendo librar claros de 2.80 [m] entre trabes, con un firme de compresión de 6 [cm], la función de la sección compuesta se logra utilizando conectores de cortante.

Tabla 21: Secciones transversales de columnas

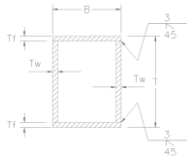
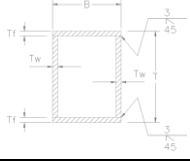
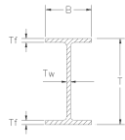
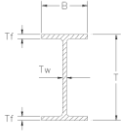
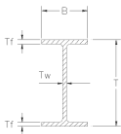
| Secciones transversales de columnas |           |           |                        |                        |           |  |
|-------------------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|-----------|--|
| Sección                             | B<br>[mm] | T<br>[mm] | T <sub>f</sub><br>[mm] | T <sub>w</sub><br>[mm] | e<br>[mm] | Observaciones  |
| CM-1                                | 700       | 900       | 31.8                   | 31.8                   | 16        | A-36<br>              |
| CM-2                                | 400       | 600       | 22.2                   | 12.7                   | 8         | A-36<br>              |
| CM-3                                | 281.9     | 472.4     | 22.098                 | 13.589                 | --        | A-36<br>W 18x97<br> |

Tabla 22: Secciones transversales de trabes

| Secciones transversales de trabes |           |           |                        |                        |           |   |
|-----------------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|-----------|---|
| Sección                           | B<br>[mm] | T<br>[mm] | T <sub>f</sub><br>[mm] | T <sub>w</sub><br>[mm] | e<br>[mm] | Observaciones   |
| TM-1                              | 252.98    | 678.18    | 16.256                 | 11.684                 |           | A-36<br>W27x84<br> |

| Secciones transversales de traves |           |           |                        |                        |           |   |
|-----------------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|-----------|---|
| Sección                           | B<br>[mm] | T<br>[mm] | T <sub>f</sub><br>[mm] | T <sub>w</sub><br>[mm] | e<br>[mm] | Observaciones   |
| TM-2                              | 192.78    | 467.36    | 19.05                  | 11.43                  |           | A-36<br>W18x65<br> |
| TM-3                              | 179.57    | 413.004   | 16.002                 | 9.652                  |           | A-36<br>W16x50<br> |
| TM-4                              | 304.8     | 812.8     | 22.2                   | 9.8                    | 8         | A-36  |
| TM-5                              | 304.8     | 939.8     | 25.4                   | 9.8                    | 8         | A-36  |
| TM-6                              | 300.0     | 1100      | 16.0                   | 12.6                   | 6         | A-36  |
| TM-7                              | 253.0     | 600.0     | 16.0                   | 12.6                   | 6         | A-36  |
| TM-8                              | 194.1     | 469.9     | 16.0                   | 12.6                   | 6         | A-36  |

Para verificar las condiciones de los elementos estructurales, se utilizó el programa de computo SAP200 versión V.15 el cual cuenta con las herramientas necesarias para estos fines. Se realizó el modelo matemático tridimensional idealizando las columnas y traves mediante el elemento barra y a muros mediante el elemento placa. Las cargas gravitacionales se consideraron como cargas uniformemente repartidas en las traves y en los muros de cada nivel y el peso propio de la estructura es calculado directamente por el programa de análisis, al definir en este el peso volumétrico de los materiales y las secciones transversales de cada elemento.

Para el análisis sísmico, los sistemas de piso (losacero) se consideran placas rígidas sin peso propio, ya que la carga se repartió en las vigas de acuerdo a las de líneas de fluencia para losas que trabaja en un sentido y se realizó un análisis dinámico modal-espectral tomando en cuenta las recomendaciones establecidas en la NTCRCDF, que establecen lo siguiente:

Factor de comportamiento sísmico  $Q=2$ , ya que la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas macizas y/o losas planas con columnas y muros.

La estructura es irregular, por no satisfacer la relación de largo a ancho de la base menor a 2.5.

Por lo anterior el factor de comportamiento sísmico será disminuido un 20%, por lo tanto  
 $Q' = 0.8 \times 2 = 1.6$

Los datos del espectro para el diseño sísmico son:



- Primer período característico  $T_a=0.20$  s
- Segundo período característico  $T_b=1.35$  s
- Exponente rama descendente  $r= 1.33$
- Coeficiente sísmico  $c=0.32$
- Aceleración del terreno  $a_0=0.08$

Las expresiones que definen el espectro de diseño y su configuración son:

$$a = a_0 + (c - a_0) \frac{T}{T_a} ; \quad \text{si } T < T_a$$

$$a = c ; \quad \text{si } T_a \leq T \leq T_b$$

$$a = qc ; \quad \text{si } T > T_b$$

donde

$$q = (T_b/T)^r$$

En ellas “a” corresponde a la ordenada espectral expresada como fracción de la gravedad; “a<sub>0</sub>” es la aceleración del terreno correspondiente a la ordenada al origen; “c” es el coeficiente sísmico; T<sub>a</sub> y T<sub>b</sub> los periodos característicos que limitan la meseta de máximas aceleraciones del espectro y T el periodo de la estructura.

La configuración que se obtiene al construir el espectro de diseño, bajo este esquema matemático, es congruente con la forma que adoptan los espectros de diseño reglamentarios.

Se incluyen los efectos de torsión natural más los efectos de la torsión provocada por las excentricidades accidentales y las condiciones de irregularidad.

Se revisará que los desplazamientos laterales cumplan con las limitaciones que marca el RCDF ( $0.006H < 0.012H$ ). Los desplazamientos verticales también deberán cumplir la limitación por reglamento.

Por confidencialidad, no se cuenta con el archivo electrónico del modelo, únicamente con los datos que arroja el programa, sin embargo se propone un modelo nuevo, utilizando las mismas consideraciones que se describieron anteriormente y con base en los datos del programa con los que si se cuenta.

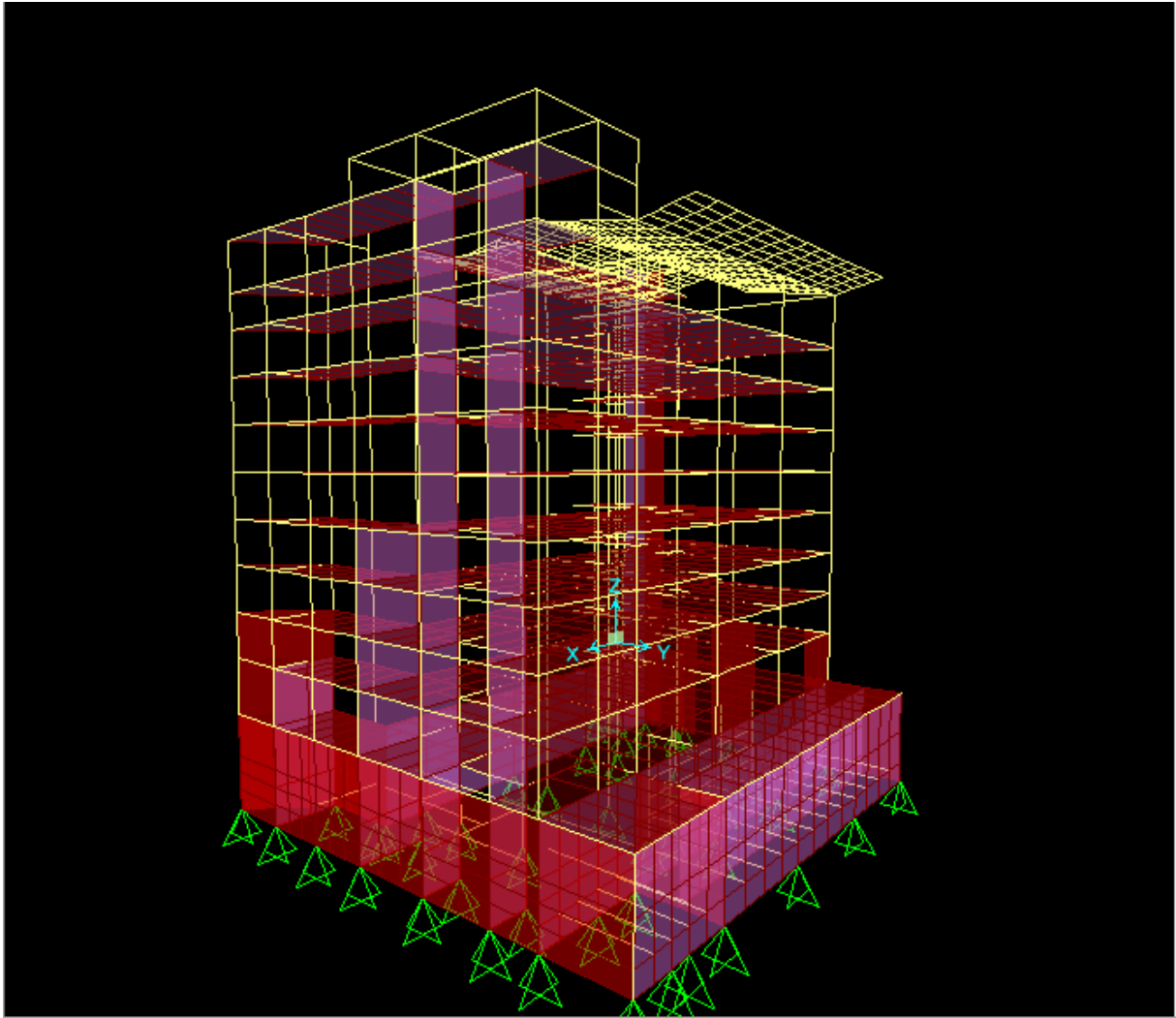


Figura 45: Modelo SAP2000 (1)

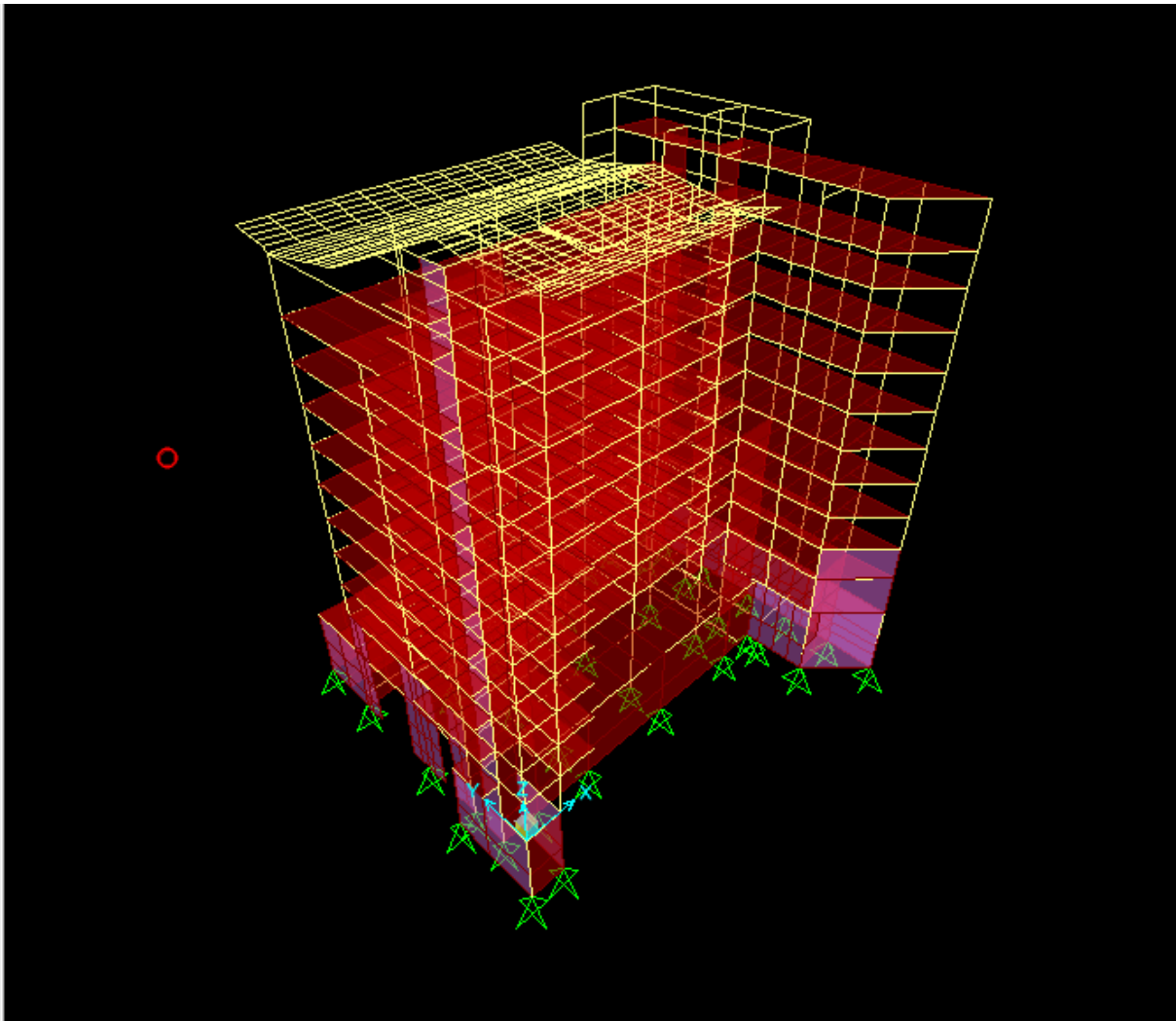


Figura 46: Modelo SAP2000 (2)

### 3.3. Revisión de los elementos estructurales

La condición de carga más desfavorable es la combinación “Cargas Gravitacionales”

Se revisan las columnas de las que son objeto este documento.

#### – **CM-1 (rectangular soldada)**

Propiedades de la sección:

Tabla 23: Propiedades geométricas de la CM-1

| B= 70.00 [cm]                | X-X                                     | Y-Y                                      |
|------------------------------|---|--|
| T= 90.00 [cm]                | $I_x= 906,793.92 \text{ [cm}^4\text{]}$ | $I_y= 578,406.250 \text{ [cm}^4\text{]}$ |
| $t_w= 2.54 \text{ [cm]}$     | $S_x= 20,151.00 \text{ [cm}^3\text{]}$  | $S_y= 16,525.89 \text{ [cm}^3\text{]}$   |
| $t_f= 2.22 \text{ [cm]}$     | $r_x= 35.18 \text{ [cm]}$               | $r_y= 28.10 \text{ [cm]}$                |
| A= 732.64 [cm <sup>2</sup> ] |   |  |

Los elementos mecánicos para las condiciones de carga más desfavorables en el elemento más esforzado tenemos que:

Cargas gravitacionales

Carga axial máxima: 720.87 [ton]

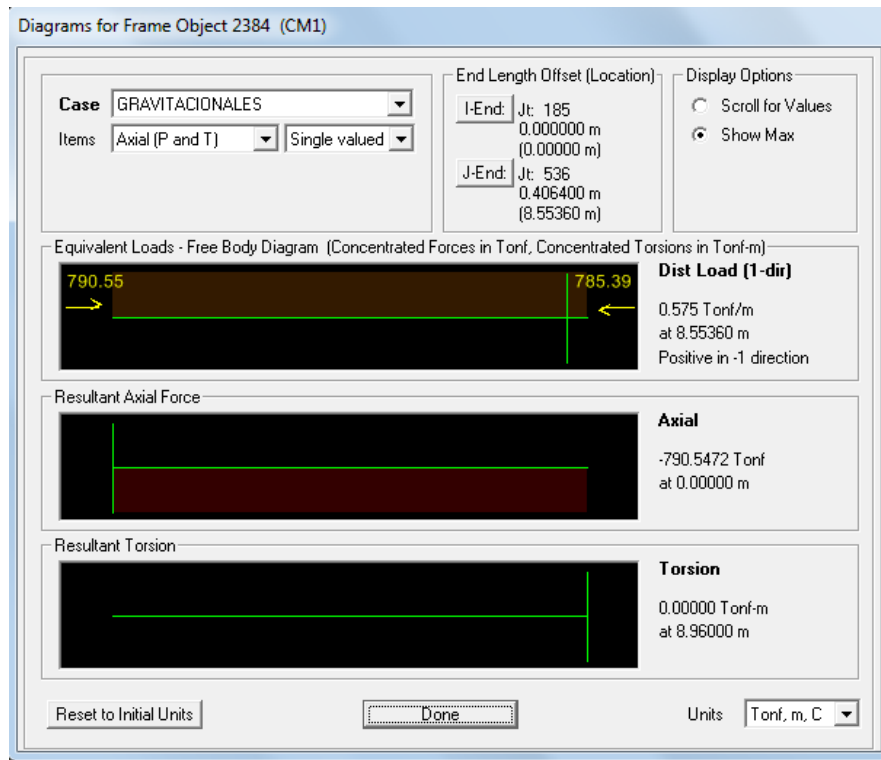


Figura 47: Carga Axial. CM-1

Cargas horizontales SISMO Y POSITIVO + 0.3SISMO X POSITIVO

Carga axial máxima:  $P= 196.890 \text{ [ton]}$

Cortante máximo X-X:  $V_{max}= 3.561 \text{ [ton]}$

Momento máximo X-X:  $M_{max}= 332.931 \text{ [ton*m]}$

Cortante máximo Y-Y:  $V_{max} = 133.85$  [ton]

Momento máximo Y-Y:  $M_{max} = 65.866$  [ton\*m]

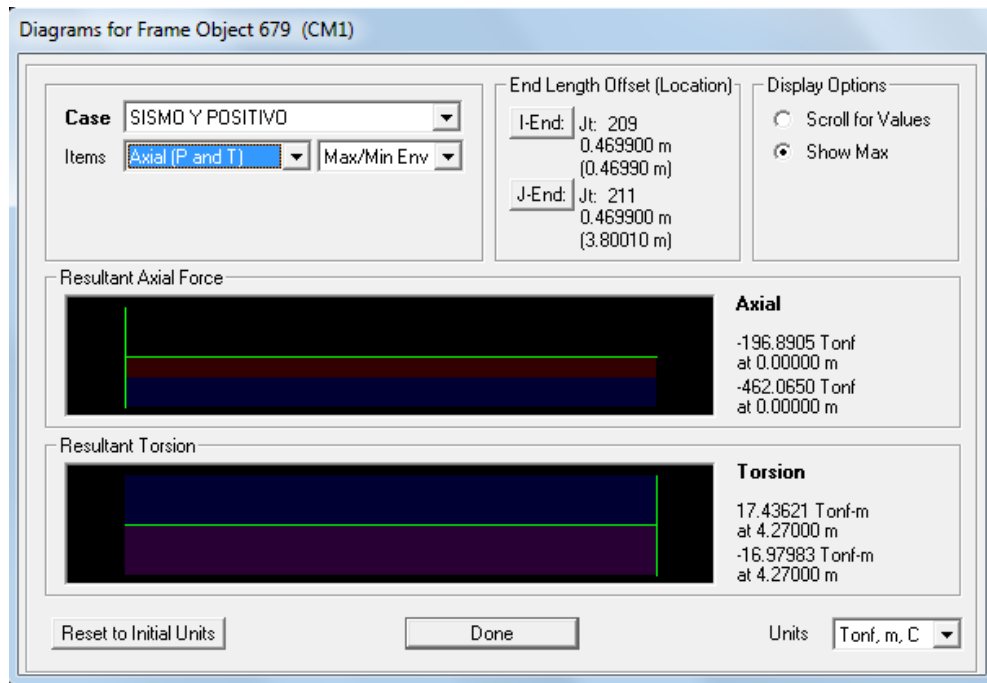


Figura 48: Carga Axial. CM-1

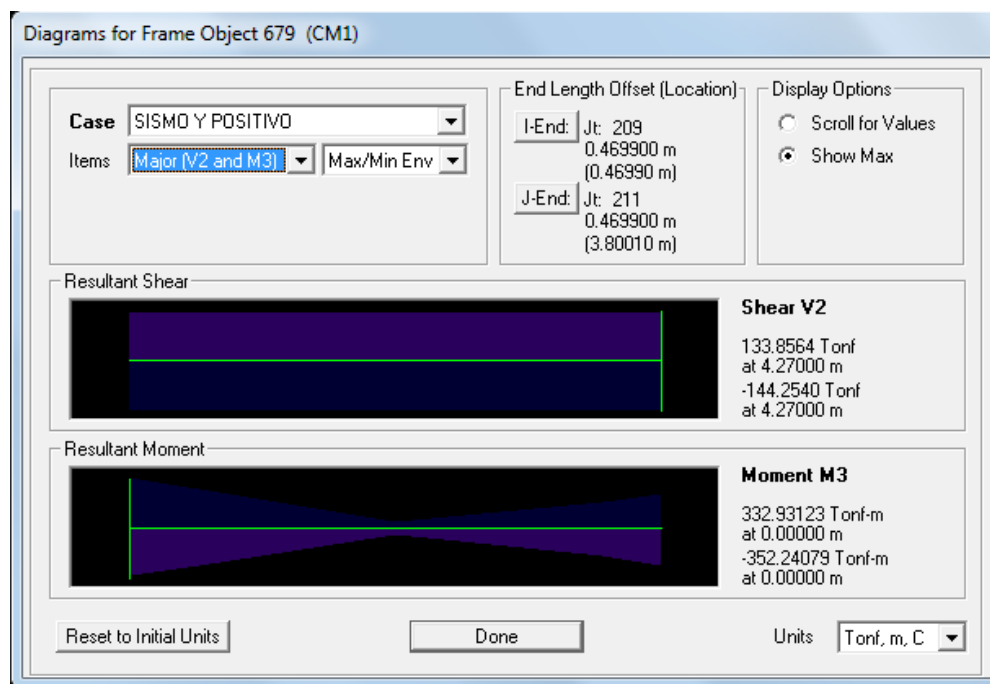


Figura 49: Momento flexionante y esfuerzo cortante, eje X-X. CM-1

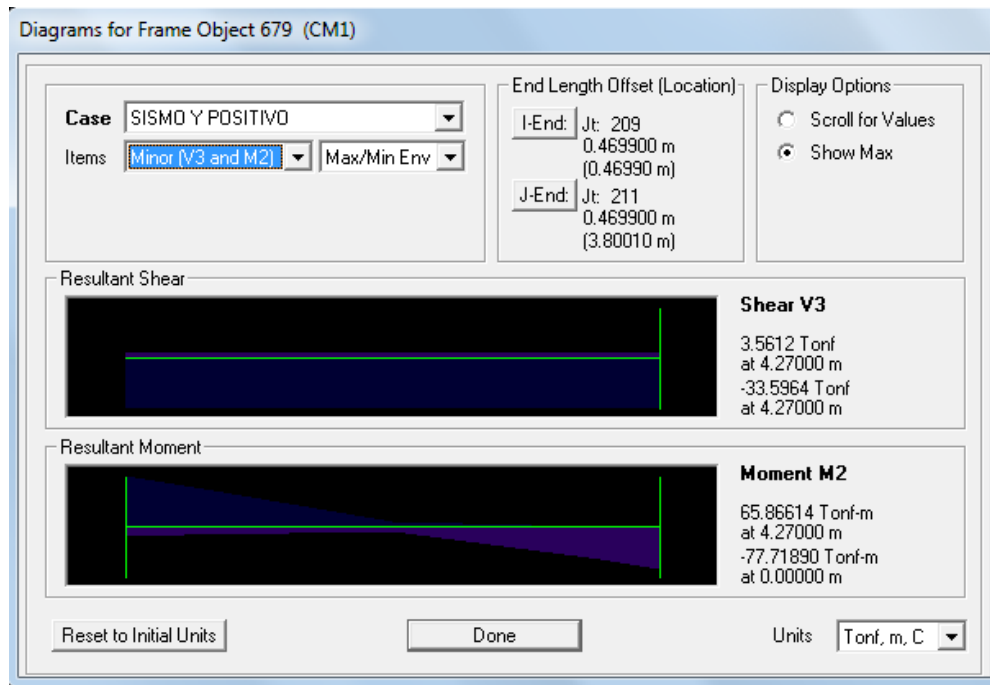


Figura 50: Momento flexionante y esfuerzo cortante, eje Y-Y. CM-1

- Relaciones de esbeltez debido a las cargas verticales:

De acuerdo a los valores teóricos de k se tiene lo siguiente:

$$k_{xCM1} = 0.7$$

$$L_{xCM1} = 4.27m$$

$$\frac{k_{xCM1} \times L_{xCM1}}{r_{xCM1}} = \frac{0.7 \times 427 \text{ cm}}{35.18 \text{ cm}} = 8.49$$

Por lo tanto:  $F_a = 1491 \text{ kg/cm}^2$

- Verificando los esfuerzos a compresión:

$$f_{a_{CM-1}} = \frac{720870 \text{ kg}}{732.64 \text{ cm}^2} = 983.93 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{a_{CM-1}} < F_a \therefore \text{es admisible por compresión}$$

- Verificando por esfuerzos combinados

$$f_a = \frac{196891 \text{ kg}}{732.64 \text{ cm}^2} = 268.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{a_{CM-1}}}{1.33F_a} = \frac{268.74 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1491 \text{ kg/cm}^2} = 0.14 < 0.15$$

Entonces utilizaremos la siguiente formula:

$$\frac{f_a}{1.33F_a} + \frac{f_{bx}}{1.33F_{bx}} + \frac{f_{by}}{1.33F_{by}} \leq 1$$

En el eje X-X, verificando la sección compacta:

1. Los patines están unidos continuamente a la(s) alma(s): *si*
2. La relación ancho/espesor de los elemento no atiesados del patín en compresión no excederá  $\frac{545}{\sqrt{F_y}}$ : *no aplica*
3. La relación ancho/espesor de los elementos atiesados del patín en compresión no excederá:

$$\frac{1590}{\sqrt{F_y}} = \frac{1590}{\sqrt{2530}} = 30.61$$

$$\frac{B}{2t_f} = \frac{90\text{cm}}{2 \times 2.54\text{cm}} = 17.72 < 30.61 \therefore \textit{si cumple}$$

4. La relación peralte/espesor del alma o almas no excederá el valor dado por formulas

$$\frac{d}{t} = \frac{5370}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 3.74 \frac{F_a}{F_y}\right) \quad \text{Cuando } \frac{F_a}{F_y} \leq 0.16$$

$$\frac{d}{t} = \frac{2150}{\sqrt{F_y}} \quad \text{Cuando } \frac{F_a}{F_y} > 0.16$$

$$\frac{F_a}{F_y} = \frac{1491 \text{ kg/cm}^2}{2530 \text{ kg/cm}^2} = 0.58 \text{ entonces}$$

$$\frac{2150}{\sqrt{2530}} = 42.74$$

$$\frac{d}{t} = \frac{70\text{cm}}{2.54\text{cm}} = 27.56 < 42.74 \therefore \textit{si cumple}$$

5. La longitud entre soportes laterales del patín en compresión de miembros que no sean circulares o miembros en cajón, no excederá el valor de  $\frac{637b_f}{\sqrt{F_y}}$  ni de  $\frac{1410000}{(d/A_f)F_y}$ : *no aplica*
6. La longitud entre soportes laterales del patín en compresión de miembros de cajón transversal rectangular, cuyo peralte no es mayor de seis veces el ancho y cuyo espesor de patín no es mayor de dos veces el espesor del alma, no excederá el valor de:

$$\left(137000 + 84400 \frac{M_1}{M_2}\right) \frac{b}{F_y} = \left(137000 + 84400 \frac{-47.41}{78.68}\right) \frac{90}{2530} = 3064.39 \text{ cm} \therefore \text{cumple}$$

7. La relación diámetro/espesor de secciones circulares huecas no excederá de  $\frac{232000}{F_y}$ : *no aplica.*

De lo anterior, el esfuerzo permisible es:

$$F_{bx} = 0.66F_y = 0.66 \times 2530 \text{ kg/cm}^2 = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo actuante es:

$$f_{bx} = \frac{33293123 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{20150.98 \text{ cm}^3} = 1652.18 \text{ kg/cm}^2$$

En el sentido Y-Y de manera similar, tenemos que:  $F_{by-y} = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$

El esfuerzo actuante es:

$$f_{by} = \frac{6586614 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{16525.89 \text{ cm}^3} = 398.56 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces:

$$\frac{264.13 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1451 \text{ kg/cm}^2} + \frac{1625.18 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1669.8 \text{ kg/cm}^2} + \frac{398.56 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1669.8 \text{ kg/cm}^2} = 1.06 > 1$$

*la sección no es admisible por flexocompresion*

La sección tiene un esfuerzo 6% más grande que su capacidad.

Por lo tanto las secciones necesitan ser modificadas aun sin contar con un nivel adicional.



## 4. Modificación, análisis y Revisión al proyecto

*Objetivo: Describir, plantear y analizar las modificaciones al proyecto original. Hallar los elementos estructurales que necesitan adecuaciones de acuerdo a la modificación. Revisión de los refuerzos de acuerdo a las normatividad vigente.*

### 4.1. Detalle de la modificación

Durante el desarrollo del proyecto y de acuerdo a las nuevas necesidades del hospital se decidió modificar el proyecto arquitectónico planteando una nueva distribución de usos.

La distribución final considerada es la siguiente:

Tabla 24: Distribución final

| Distribución final |  |
|--------------------|--|
| Designación        | Descripción  |
| Sótano 2           | Subnivel de Cisterna<br>Archivo Clínico<br>Módulo de Servicio Uno<br>Módulo de Servicio Dos                                      |
| Sótano 1           | Fisioterapia<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos   |
| Planta Baja        | Consulta Externa<br>Damas Voluntarias<br>Acceso Principal/ Acceso Secundario<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos |
| 1° Nivel           | Oftalmología<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos   |
| 2° Nivel           | Odontología<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos  |
| 3° Nivel           | Consulta Externa<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos   |
| 4° Nivel           | Jefatura de Consulta Externa<br>Obesidad<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos                                     |

| Distribución final |   |
|--------------------|---|
| Designación        | Descripción   |
| 5° Nivel           | VIH / SIDA<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos  |
| 6° Nivel           | Nefrología<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos  |
| 7° Nivel           | Geriatría<br>Áreas comunes (salas de juntas, auditorios, etc....)<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos             |
| 8° Nivel           | Laboratorio de Microbiología BSL2<br>Módulo de servicio uno<br>Módulo de servicio dos   |
| 9° Nivel           | Laboratorio de Microbiología BSL3<br>Cuarto de máquinas de Modulo de Servicio Uno<br>Cuarto de máquinas de Modulo de servicio dos |
| 10° Nivel          | (Mezannine) Cuarto de máquinas  |
| 11° Nivel          | Techumbre   |

Esto repercute directamente en los requerimientos del diseño estructural.

La estructuración se conserva, siendo columnas y trabes metálicas, entrepiso de losacero y muros de concreto en los módulos de servicio.

Se cambia de uso ambos estacionamientos y se agrega un nivel que corresponderá a un laboratorio de alta especialidad BSL3.

Derivado de esto se colocaron refuerzos en columnas del edificio.

En las imágenes a continuación se muestra el nivel adicional y los refuerzos colocados:



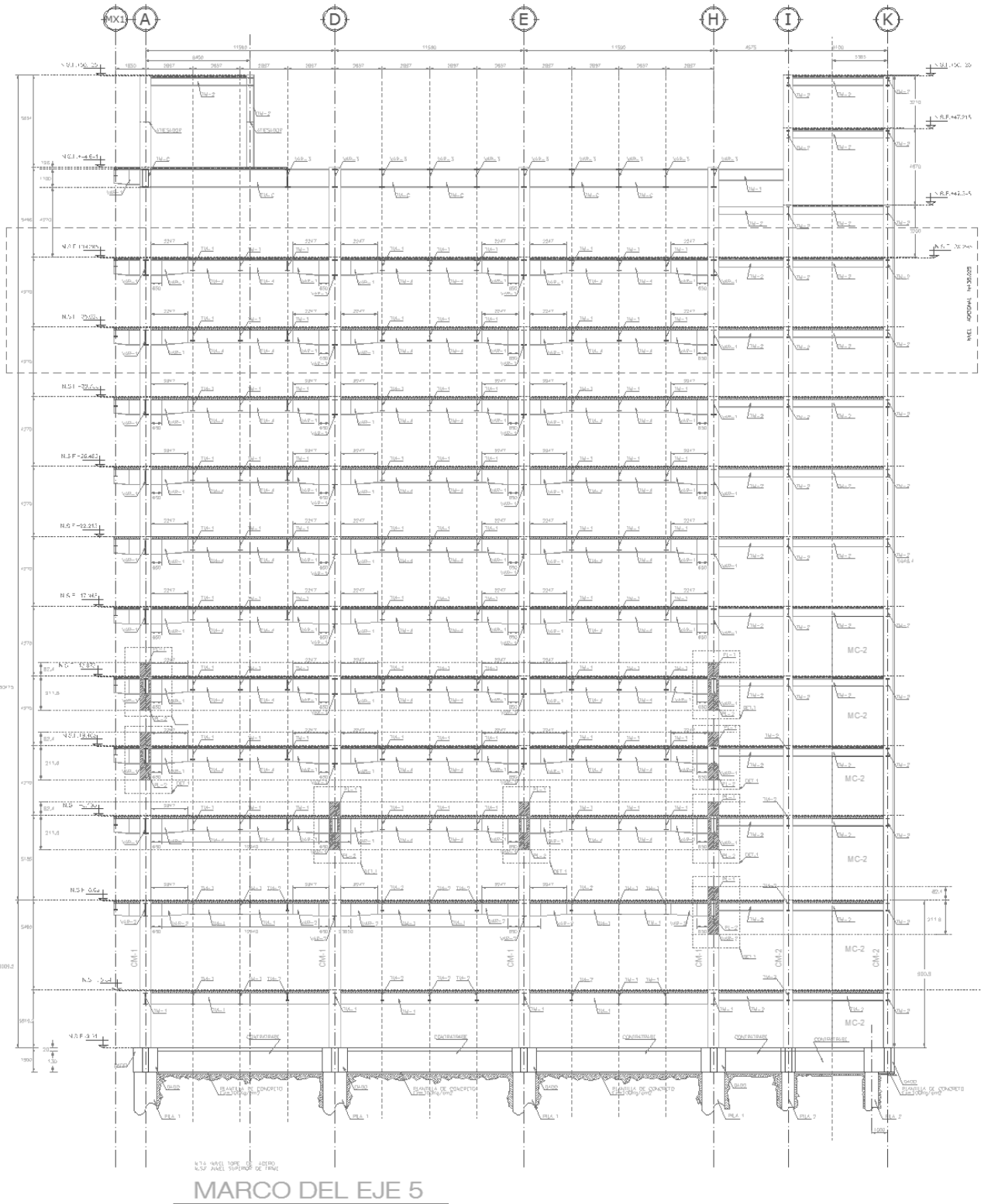


Figura 52: Marco Eje 5, Refuerzos.

---

## 4.2. Nuevas solicitudes

Las solicitudes son las requeridas por un piso adicional y los equipos que el proyecto del laboratorio contempla. Considerando que en ese nivel se utilizaron muros de 30 [cm] de espesor en el cuarto de contención y mayor cantidad de instalaciones especiales.

El análisis de cargas es el siguiente:

Azotea:

|        |                          |                              |
|--------|--------------------------|------------------------------|
| -      | Peso propio de la losa   | 240 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| -      | Peso adicional           | 20 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| -      | Relleno de tezontle      | 200 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| -      | Impermeabilizante        | 5 [kg/m <sup>2</sup> ]       |
| -      | Plafón e Instalaciones   | <u>20 [kg/m<sup>2</sup>]</u> |
|        | Total:                   | 485 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| CVmax  | 100 [kg/m <sup>2</sup> ] |                              |
| CVinst | 70 [kg/m <sup>2</sup> ]  |                              |
| CVmed  | 15 [kg/m <sup>2</sup> ]  |                              |

Techumbre:

|        |                         |                             |
|--------|-------------------------|-----------------------------|
| -      | Multytecho              | 14 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| -      | Impermeabilizante       | <u>5 [kg/m<sup>2</sup>]</u> |
|        | Total:                  | 19 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| CVmax  | 40 [kg/m <sup>2</sup> ] |                             |
| CVinst | 20 [kg/m <sup>2</sup> ] |                             |
| CVmed  | 5 [kg/m <sup>2</sup> ]  |                             |

9o Piso BSL2:

|        |                          |                              |
|--------|--------------------------|------------------------------|
| -      | Peso propio de la losa   | 323 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| -      | Peso adicional           | 40 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| -      | Acabado de piso          | 15 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| -      | Muros divisorios         | 100 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| -      | Plafón e Instalaciones   | <u>45 [kg/m<sup>2</sup>]</u> |
|        | Total                    | 523 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| CVmax  | 250 [kg/m <sup>2</sup> ] |                              |
| CVinst | 180 [kg/m <sup>2</sup> ] |                              |
| CVmed  | 100 [kg/m <sup>2</sup> ] |                              |

Entrepiso:

|   |                        |                          |
|---|------------------------|--------------------------|
| - | Peso propio de la losa | 323 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| - | Peso adicional         | 40 [kg/m <sup>2</sup> ]  |

---

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| - Acabado de piso        | 15 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Muros divisorios       | 70 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Plafón e Instalaciones | <u>30 [kg/m<sup>2</sup>]</u> |
| Total                    | 528 [kg/m <sup>2</sup> ]     |

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| CVmax  | 250 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| CVinst | 180 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| CVmed  | 100 [kg/m <sup>2</sup> ] |

#### Planta Baja:

|                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| - Peso propio de la losa | 323 [kg/m <sup>2</sup> ]     |
| - Peso adicional         | 40 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Acabado de piso        | 15 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Muros divisorios       | 70 [kg/m <sup>2</sup> ]      |
| - Plafón e Instalaciones | <u>30 [kg/m<sup>2</sup>]</u> |
| Total                    | 528 [kg/m <sup>2</sup> ]     |

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| CVmax  | 250 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| CVinst | 180 [kg/m <sup>2</sup> ] |
| CVmed  | 100 [kg/m <sup>2</sup> ] |

### 4.3. Modelo

Al igual que en el caso de la configuración original y para su revisión, el edificio se modela en el programa SAP2000, considerando el nivel adicional, las condiciones de carga propias de este y la estructuración de marcos metálicos, muros de concreto de rigidez y un entrepiso de losacero.

### 4.4. Reforzamiento

El reforzamiento de la estructura consiste en una placa 5/8" de 2.94 [m] en cada cara de las uniones viga-columna como se muestra en las siguientes figuras:

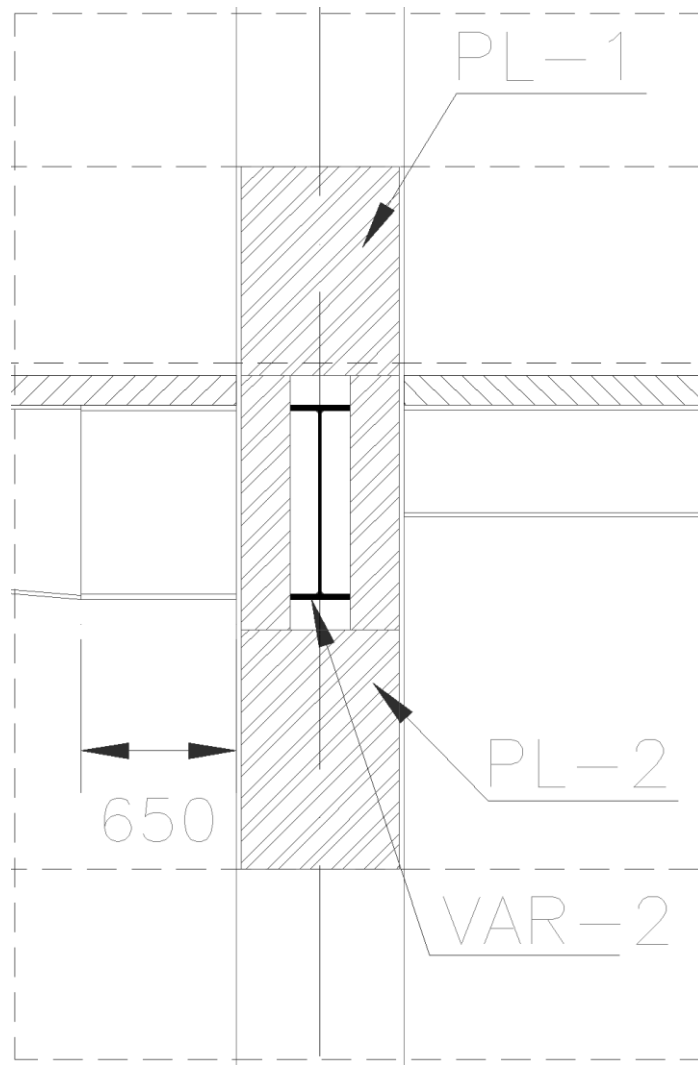
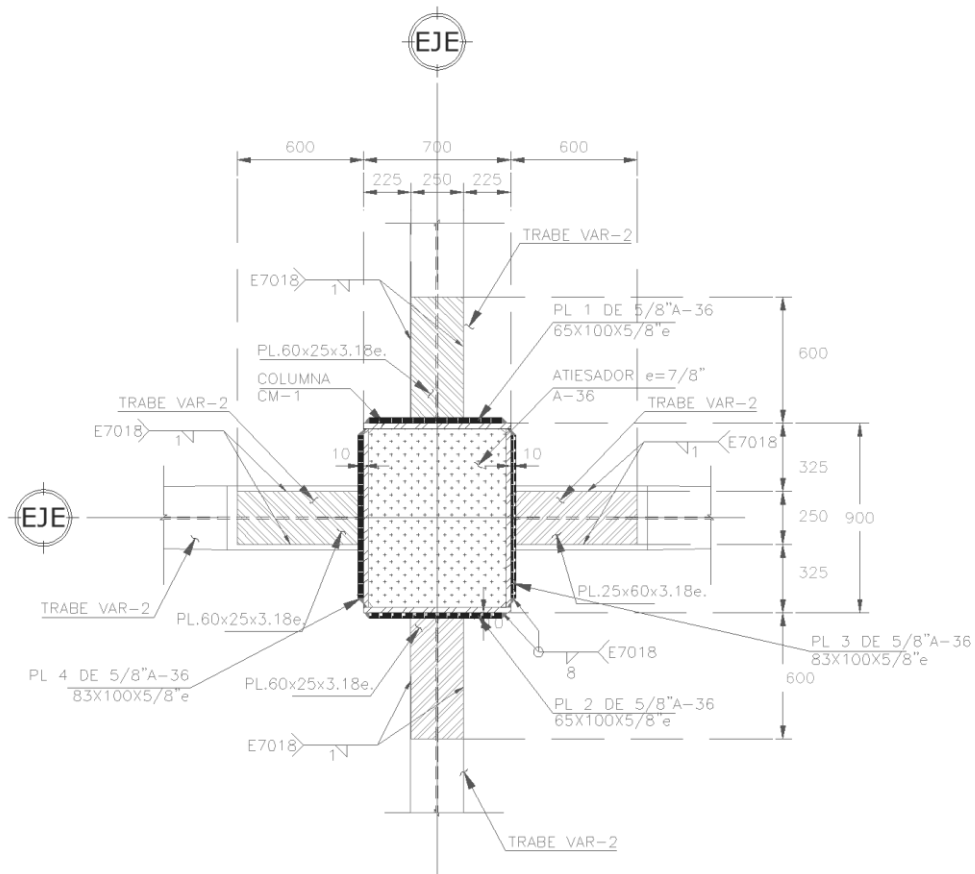


Figura 53: Refuerzo en unión viga – columna, detalle 1



### REFUERZO DE COLUMNA

ESC. 1:25

Figura 54: Refuerzo en unión viga – columna, Detalle 2.

Los refuerzos fueron colocados en el marco del Eje 5, entre ejes A (2do y 3er nivel), D y E (1er nivel) y H (Planta baja a 3er nivel).



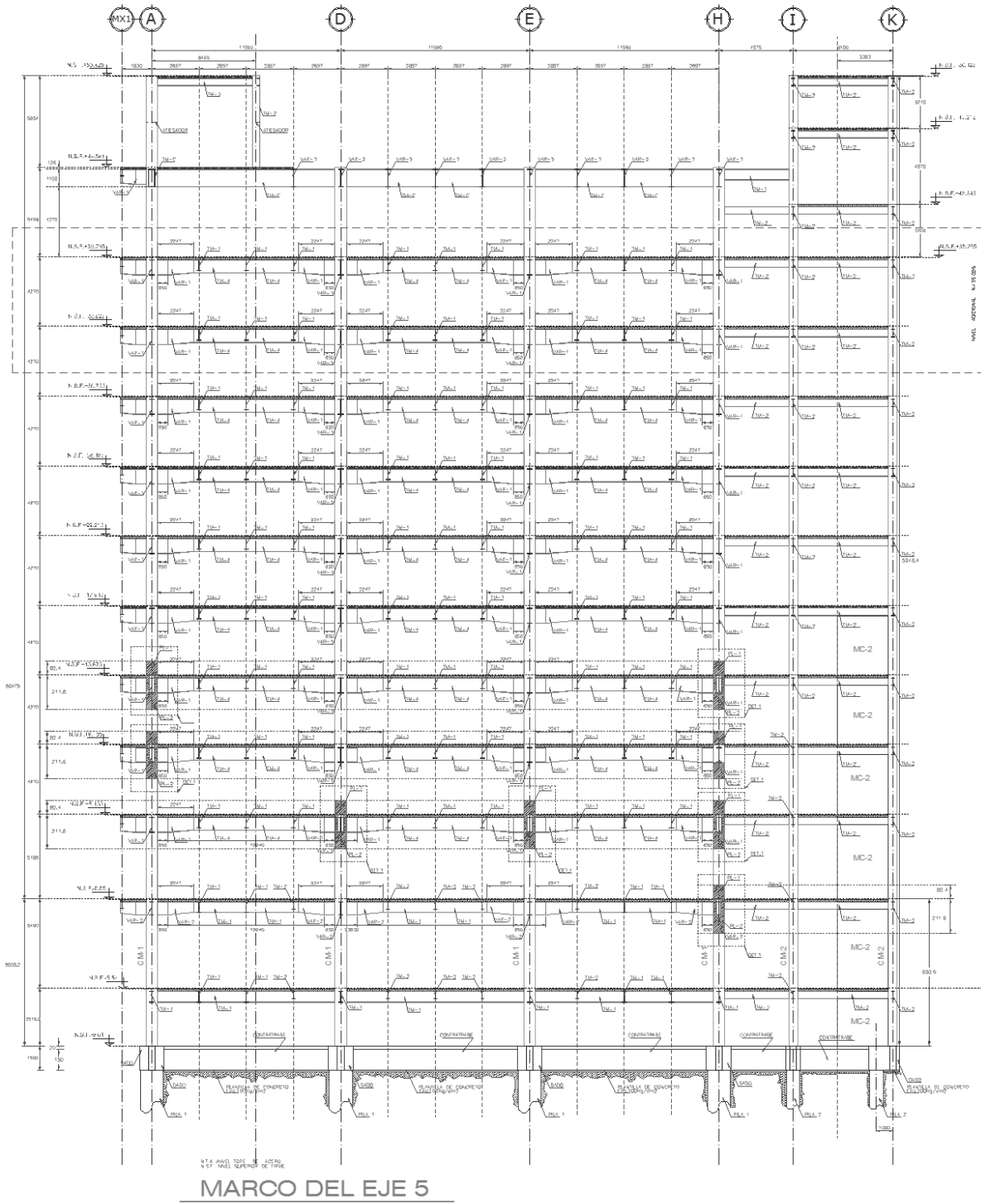


Figura 55: Marco Eje 5.

Es importante señalar que dichos refuerzos no están colocados en el marco donde el resultado del análisis para el modelo de 8 niveles es el más desfavorable.

---

#### 4.5. Memoria de cálculo.

Esta memoria de cálculo fue entregada en el año 2007, sin embargo y al igual que la memoria correspondiente al proyecto original, esta fue elaborada con base en los criterios que establece el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal del año 1993, por lo que independientemente de la adición de un nivel, dicha memoria no es válida, pues en ese momento ya se contaba con reformas correspondientes al año 2004.

Siguiendo las consideraciones descritas anteriormente y con base en el modelo en SAP2000, se tiene el siguiente análisis de las columnas reforzadas.

Se revisa la columna en la condición de esfuerzos más desfavorable indicada como reforzada, con la sección original para determinar si este era realmente necesario.

##### – CM-1 (rectangular soldada)

Eje 5, entre Eje H, Primer Nivel, SIN REFUERZO

Propiedades de la sección:

Tabla 25: Propiedades geométricas de la CM-1

| B= 70.00 [cm]                | X-X                                      | Y-Y                                      |
|------------------------------|--|--|
| T= 90.00 [cm]                | $I_x= 906,793.930 \text{ [cm}^4\text{]}$ | $I_y= 578,406.250 \text{ [cm}^4\text{]}$ |
| $t_w= 2.54 \text{ [cm]}$     | $S_x= 20,150.98 \text{ [cm}^3\text{]}$   | $S_y= 16,525.89 \text{ [cm}^3\text{]}$   |
| $t_f= 2.22 \text{ [cm]}$     | $r_x= 35.18 \text{ [cm]}$                | $r_y= 28.10 \text{ [cm]}$                |
| A= 732.64 [cm <sup>2</sup> ] |  |  |

Los elementos mecánicos para las condiciones de carga más desfavorables en el elemento más esforzado tenemos que:

##### Cargas gravitacionales

Carga axial máxima: 313.67 [ton]

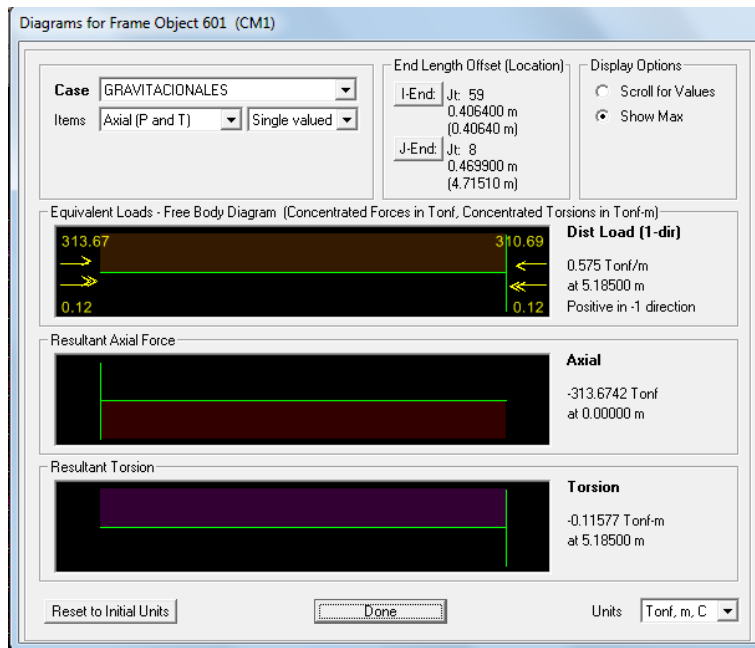


Figura 56: Carga Axial. CM-1

Cargas horizontales SISMO Y POSITIVO + 0.3SISMO X POSITIVO

|                      |            |                |
|----------------------|------------|----------------|
| Carga axial máxima:  | $P=$       | 108.53 [ton]   |
| Cortante máximo X-X: | $V_{max}=$ | 18.99 [ton]    |
| Momento máximo X-X:  | $M_{max}=$ | 230.40 [ton*m] |
| Cortante máximo Y-Y: | $V_{max}=$ | 82.50 [ton]    |
| Momento máximo Y-Y:  | $M_{max}=$ | 64.71 [ton*m]  |

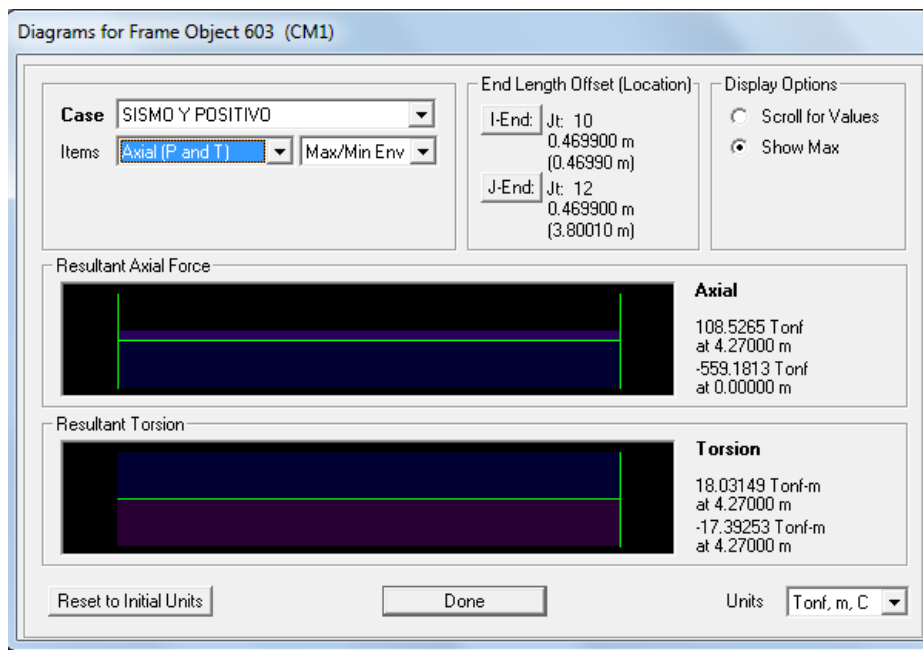


Figura 57: Carga Axial. CM-1

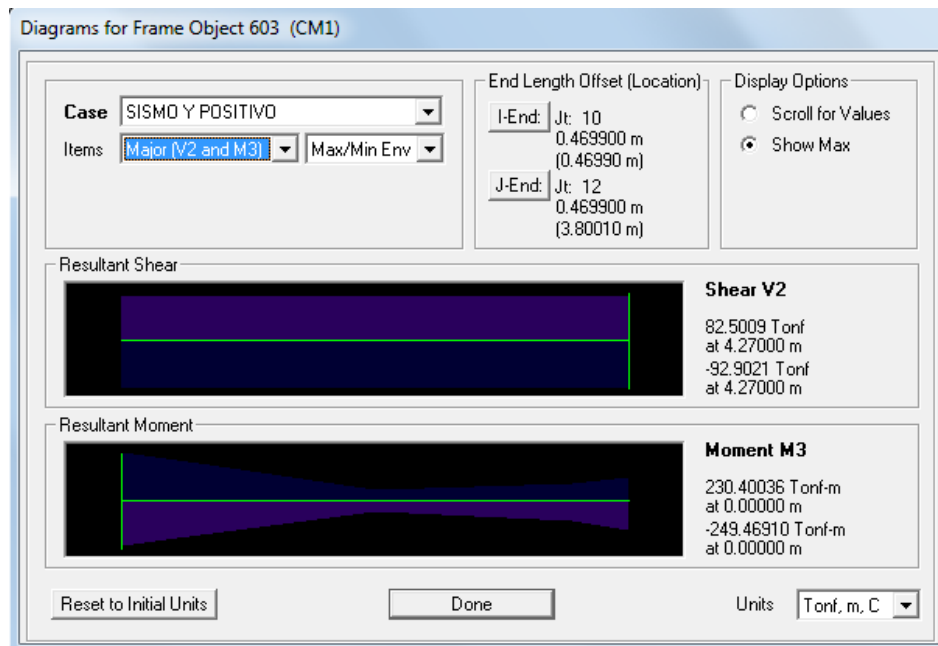


Figura 58: Momento flexionante, eje X-X. CM-1

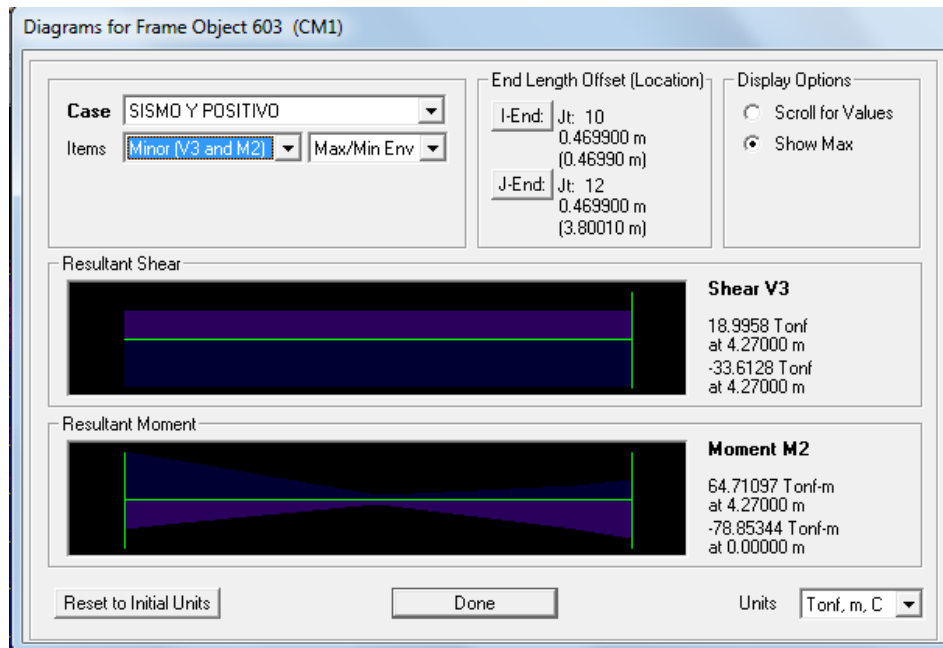


Figura 59: Momento flexionante, eje Y-Y. CM-1

- Relaciones de esbeltez debido a las cargas verticales:

De acuerdo a los valores teóricos de k se tiene lo siguiente:

$$k_{xCM1} = 0.7$$

$$L_{xCM1} = 4.27m$$

$$\frac{k_{xCM1} \times L_{xCM1}}{r_{xCM1}} = \frac{0.7 \times 427 \text{ cm}}{35.18 \text{ cm}} = 8.49$$

Por lo tanto:  $F_a = 1491 \text{ kg/cm}^2$

- Verificando los esfuerzos a compresión:

$$f_{aCM-1} = \frac{313.67 \text{ kg}}{745.44 \text{ cm}^2} = 420.79 \text{ kg/cm}^2$$

$f_{aCM-1} < F_a \therefore$  es admisible por compresión

- Verificando por esfuerzos combinados

$$f_a = \frac{108526 \text{ kg}}{745.44} = 145.59 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_{aCM-1}}{1.33F_a} = \frac{145.59 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1491 \text{ kg/cm}^2} = 0.07 < 0.15$$

---

Entonces deberá cumplirse la siguiente condicione:

$$\frac{f_a}{1.33F_a} + \frac{f_{bx}}{1.33F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1 \dots\dots\dots (2)$$

De los capítulos anteriores tenemos que los esfuerzos permisibles son:

$$F_{bx} = 0.66F_y = 0.66 \times 2530 \text{ kg/cm}^2 = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{by} = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

Los esfuerzos actuantes son:

$$f_{bx} = \frac{23010036 \text{ kg} * \text{cm}}{20150.98 \text{ cm}^3} = 1141.88 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{by} = \frac{6471097 \text{ kg} * \text{cm}}{16525.89 \text{ cm}^3} = 391.57 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces:

$$\frac{145.59 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1491 \text{ kg/cm}^2} + \frac{1141.88 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1669.8 \text{ kg/cm}^2} + \frac{6471097 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1669.8 \text{ kg/cm}^2} = 0.76 < 1$$

***La sección es admisible por flexocompresión***

Por lo tanto, las columnas señaladas no necesitaban refuerzo.

Sin embargo, para la columna señalada en el capítulo anterior como la más esforzada y que no cumple con el diseño adecuado, se propone aumentar el espesor en ¼” en cada lado de la sección.

- **CM-1 modificada (rectangular soldada)**

Eje 4, entre Eje H, Segundo Nivel

Propiedades de la sección:

Tabla 26: Propiedades geométricas de la CM-1

| B= 71.27 [cm]                | X-X                                       | Y-Y                                     |
|------------------------------|---|---|
| T= 91.27 [cm]                | $I_x= 1,169,834.62 \text{ [cm}^4\text{]}$ | $I_y= 759,292.12 \text{ [cm}^4\text{]}$ |
| $t_w= 3.175 \text{ [cm]}$    | $S_x= 25,634 \text{ [cm}^3\text{]}$       | $S_y= 21307.48 \text{ [cm}^3\text{]}$   |
| $t_f= 2.855 \text{ [cm]}$    | $r_x= 35.33 \text{ [cm]}$                 | $r_y= 28.46 \text{ [cm]}$               |
| A= 937.46 [cm <sup>2</sup> ] |   |   |

Los elementos mecánicos para las condiciones de carga más desfavorables en el elemento más esforzado tenemos que:

Cargas gravitacionales

Carga axial máxima: 790.55 [ton]

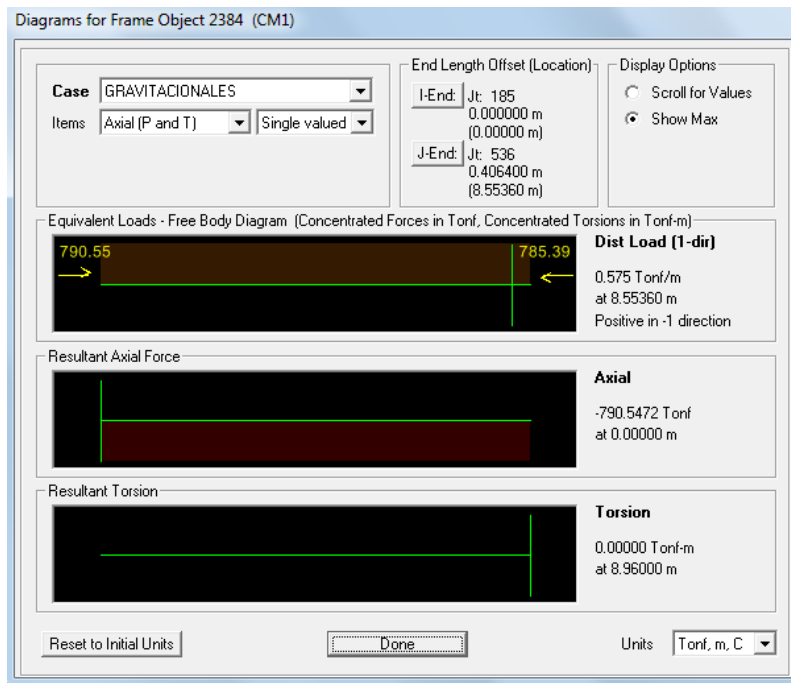


Figura 60: Carga Axial. CM-1

Cargas horizontales SISMO Y POSITIVO + 0.3SISMO X POSITIVO

Carga axial máxima: P= 235.94 [ton]

Cortante máximo X-X:  $V_{max}= 3.593 \text{ [ton]}$

Momento máximo X-X:  $M_{max}= 328.125 \text{ [ton*m]}$

Cortante máximo Y-Y:  $V_{max}= 130.607 \text{ [ton]}$

Momento máximo Y-Y:  $M_{max}= 66.356 \text{ [ton*m]}$

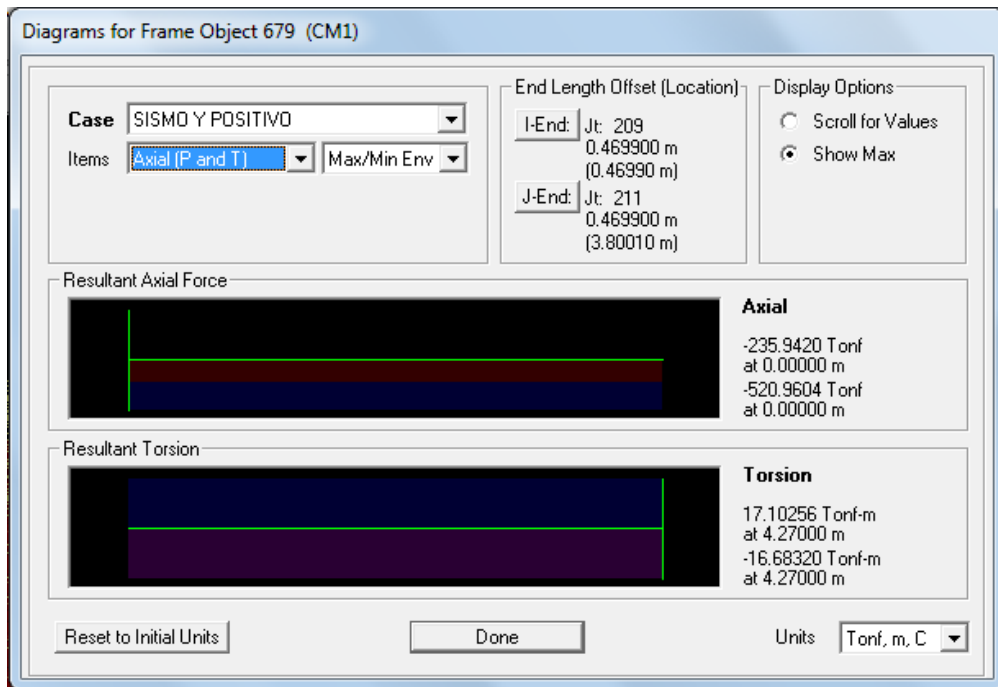


Figura 61: Carga Axial. CM-1

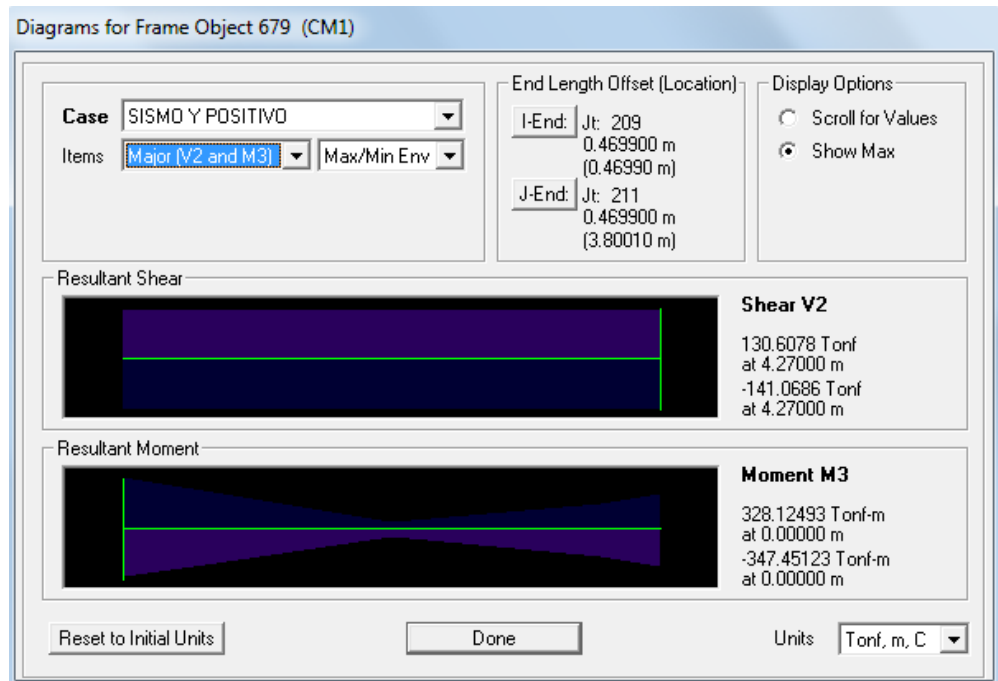


Figura 62: Momento flexionante, eje X-X. CM-1



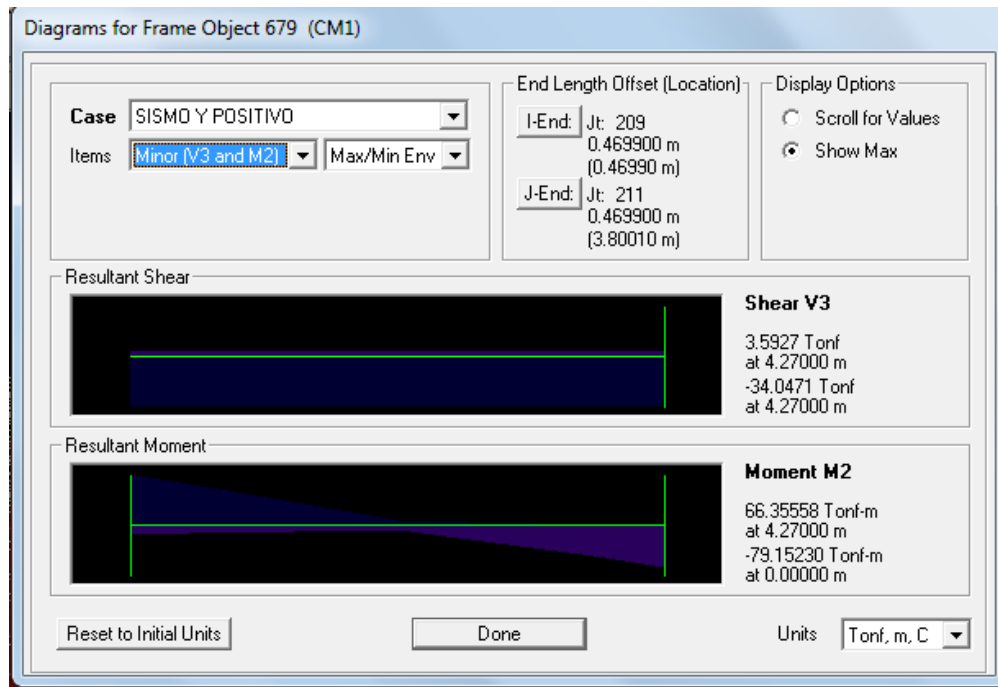


Figura 63: Momento flexionante, eje Y-Y. CM-1

- Relaciones de esbeltez debido a las cargas verticales:

De acuerdo a los valores teóricos de k se tiene lo siguiente:

$$k_{xCM1} = 0.7$$

$$L_{xCM1} = 4.27m$$

$$\frac{k_{xCM1} \times L_{xCM1}}{r_{xCM1}} = \frac{0.7 \times 427 \text{ cm}}{35.33 \text{ cm}} = 8.49$$

Por lo tanto:  $F_a = 1491 \text{ kg/cm}^2$

- Verificando los esfuerzos a compresión:

$$f_{aCM-1} = \frac{790547kg}{937.46 \text{ cm}^2} = 843.29 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{aCM-1} < F_a \therefore \text{es admisible por compresión}$$

- Verificando por esfuerzos combinados

$$f_a = \frac{235942kg}{937.46\text{cm}^2} = 251.68 \text{ kg/cm}^2$$

---

$$\frac{f_{a_{CM-1}}}{1.33F_a} = \frac{251.68 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1491 \text{ kg/cm}^2} = 0.13 < 0.15$$

Entonces deberá cumplirse la siguientes condiciones:

$$\frac{f_a}{0.133F_a} + \frac{f_{bx}}{1.33F_{bx}} + \frac{f_{by}}{1.33F_{by}} \leq 1$$

De los capítulos anteriores tenemos que los esfuerzos permisibles son:

$$F_{bx} = 0.66F_y = 0.66 \times 2530 \text{ kg/cm}^2 = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{by} = 1669.8 \text{ kg/cm}^2$$

Los esfuerzos actuantes son:

$$f_{bx} = \frac{32812493 \text{ kg} * \text{cm}}{25634.59 \text{ cm}^3} = 1280.01 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{by} = \frac{6635558 \text{ kg} * \text{cm}}{21307.48 \text{ cm}^3} = 311.42 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces:

$$\frac{251.68 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1491 \text{ kg/cm}^2} + \frac{1280.01 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1669.8 \text{ kg/cm}^2} + \frac{311.42 \text{ kg/cm}^2}{1.33 \times 1669.8 \text{ kg/cm}^2} = 0.84 < 1$$

Si cumple.

### ***La sección es admisible por flexocompresión***

Como se observa con solo el aumento de ¼" es suficiente para resistir los elementos mecánicos correspondientes a la condición de carga más desfavorable.

---

## 5. Conclusiones.

Debido a la deficiente cantidad de información y la poca calidad de los datos de entrada de diseño es mejor optar por un modelo y un análisis de carga nuevo. Un buen diseño está completamente ligado a los correctos datos de entrada.

La importancia de lo antes mencionado se puede observar en que la sección de las columnas para la configuración original no fue suficiente y el error no se detectó.

En general e independientemente de la asimetría del edificio se esperaba que los esfuerzos más altos se dieran en los niveles más bajos de la estructura, sin embargo, en los niveles de sótano los esfuerzos verticales son soportados por las columnas y los muros tienen una participación importante lo que provoca que las columnas no se sometan a esfuerzos tan altos como los que se encuentran de la planta alta a los niveles superiores.

Asimismo en los niveles desde la planta baja hasta el tercer nivel, se tienen muros considerados de rigidez que afectan la distribución de los esfuerzos, es por eso que las columnas en las condiciones de carga más desfavorables se encuentran en dichos niveles.

Derivado la nueva configuración se tiene que el cambio de sección pudo ser menor con las consideraciones adecuadas y reducir los costos y tiempos de ejecución.

Los muros de carga antes mencionados pudieron haber sido llevados hasta el último nivel con el fin de mantener la distribución de esfuerzos.

Adicionalmente es posible variar la sección de las columnas en función de la altura del edificio con el fin de optimizar materiales y satisfacer las solicitaciones de este.

Como se puede ver en el punto 4.1, el esfuerzo actuante causado por la combinación de cargas más desfavorable *SISMO Y POSITIVO + 0.3SISMO X POSITIVO* en la columna CM-1 más esforzada ubicada en el eje 4 entre eje H en el segundo piso del proyecto original excede en 6% el esfuerzo permisible, de lo que se concluye que el refuerzo resulta necesario aun sin la modificación por un nivel adicional.

De acuerdo con el análisis hecho en el punto 5.5 para la columna CM-1 modificada más esforzada, en la misma condición de carga y con el nivel adicional, la sección trabaja al 84% de su capacidad por lo que satisface los requerimientos del proyecto.

Como ya se mencionó el refuerzo es necesario en el segundo piso, derivado de esto la recomendación es que el refuerzo debió ser colocado desde el nivel de desplante y hasta el segundo piso del eje 4 entre eje H, y en los niveles siguientes conservar la sección original.