



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA



*“ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO
DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ
NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL
DE LA CIUDAD DE MÉXICO”*

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA

DIRECTOR DE TESIS: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ

MÉXICO, D. F., MAYO 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO
Señor

MIGUEL ANGEL GONZÁLEZ BARRIGA

Presente

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA
COMITÉ DE TITULACIÓN
FING/DICyG/SEAC/UTIT/172/2012

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

"ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO."

INTRODUCCIÓN

- I. ANTECEDENTES**
- II. DESCRIPCIÓN DEL CUBO DE ELEVADORES**
- III. ESTUDIOS ANALÍTICOS**
- IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS CONFORME DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS**
- V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

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

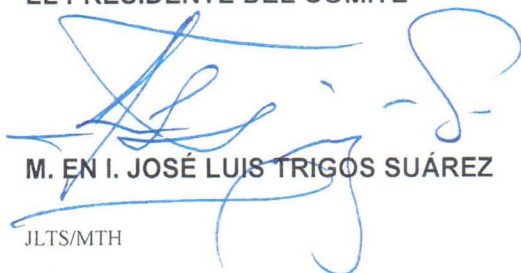
Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 27 de Septiembre de 2012

EL PRESIDENTE DEL COMITÉ



M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JLTS/MTH

AGRADECIMIENTOS

A San Miguel Arcángel

*Por darme la oportunidad de vivir; por escucharme y
por las fuerzas que me das para seguir adelante.*

A mi madre

*Por estar ahí sin importar las veces que me porté mal;
por tus regaños, por tu cariño; por tu insistencia
para que terminara mis estudios.*

A mi hermana Elisa

*Por habernos cuidado cuando niños; por apoyarme
para continuar en la escuela; por tus ganas de vivir.*

A mi hermana Gabriela

*Por tu buen corazón; por enseñarme que no hay obstáculos
cuando se quieren de verdad las cosas, porque todo
implica un sacrificio.*

A mi hermana Lucía

*Por llegar y alegrarnos nuestras vidas;
por los buenos y malos momentos.*

A mi padre

*Por haberme enseñado a valorar la escuela;
por tu cariño y comprensión.*

Al Ing. Josué

*Por tus buenos consejos y tu enorme paciencia;
por ayudar a la gente sin esperar nada a cambio;
gracias por creer y motivarme a seguir estudiando.*

A mis amigos

*Por su incomparable amistad, por saber escuchar,
por estar en el momento adecuado y, sobre todo,
por hacer del tiempo en la facultad un momento agradable.*

A mis profesores

*Gracias por sus enseñanzas, en especial a aquellos
que me corrigieron más de una vez.*

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Por darme la oportunidad de continuar mis estudios.

A la Facultad de Ingeniería

*Por poner a mi disposición las herramientas necesarias
para poder concluir la carrera de Ingeniero Civil.*

*Finalmente, a todos aquellos que me apoyaron de forma directa o indirecta
a lo largo de todos estos años.*

**ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR
DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO.**

ÍNDICE

	Página
INTRODUCCIÓN	2
I. ANTECEDENTES	3
I.1. Historia.	3
I.2. Caso de estudio.	10
II. DESCRIPCIÓN DEL CUBO DE ELEVADORES	15
II.1. Descripción de la estructura y su entorno.	15
II.2. Características arquitectónicas.	15
II.3. Características de la estructura y su cimentación.	15
II.4. Tipificación de la construcción.	16
III. ESTUDIOS ANALÍTICOS	21
III.1. Bases y especificaciones de análisis y revisión estructural.	21
III.2. Modelación analítica.	21
III.3. Modelación de la estructura.	22
III.4. Propiedades geométricas de los elementos.	22
III.5. Propiedades mecánicas de los materiales.	22
III.6. Cargas actuantes de la estructura.	23
III.7. Efectos de cargas permanentes.	24
III.8. Efectos de cargas accidentales: sismo y viento	24
IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS CONFORME DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS	56
IV.1. Revisión de estados límite de servicio.	56
IV.2. Revisión de estados límite de falla.	59
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.	78
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.	79

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo refleja parte del conocimiento que he adquirido a lo largo de mi formación académica, poniendo especial énfasis en mi paso por esta máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, y más aún, mi paso por la Facultad de Ingeniería; desde lo académico, social y cultural.

Después de cursar la Licenciatura en Ingeniería Civil, se propone revisar, como estructura independiente, la estructura metálica del cubo de elevadores de un edificio escolar; con esto se pretende llevar a la práctica el conocimiento teórico adquirido.

Antes que nada, se hace una breve descripción sobre los primeros prototipos de elevadores y cómo han ido mejorando con el paso del tiempo, atendiendo a diferentes necesidades. Posteriormente comienzo con la descripción de la estructura en estudio: geometría, características arquitectónicas, características estructurales, tipificación.

Para la elaboración del trabajo se contó con planos estructurales y arquitectónicos, con lo cual se modeló la estructura utilizando el software STAAD Pro V8i, simulando el comportamiento del cubo de elevadores ante las acciones o solicitaciones a las cuales estará sometido durante su vida útil.

La revisión se hizo conforme al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 2004 (RCDF04), y el reglamento del American Institute for Steel Construction, Allowable Stress Design, AISC-ASD89.

Los resultados del análisis se presentan en tablas y dibujos, evaluando los estados límites de servicio y estados límite de falla. Con base en esto se concluye y se hacen recomendaciones que se consideran importantes, esto con el fin de salvaguardar la integridad de las personas.

I. ANTECEDENTES

I.1 Historia

Desde épocas remotas, el hombre se ha caracterizado por su habilidad para pensar y poder afrontar las situaciones adversas que van suscitándose a diario, además, la búsqueda para facilitarse las cosas le van generando un avance tecnológico.

Cierto día se vio ante la necesidad de trasladar personas, material, herramienta, etc. Todo desde un nivel a otro y es así como se empiezan a generar los primeros prototipos de elevadores, conocidos hasta entonces como montacargas.

La primera referencia de un elevador se encuentra en las obras del arquitecto romano Vitruvio, donde dice que Arquímedes había construido un primer elevador probablemente en 236 a. C. En algunas fuentes literarias de épocas posteriores, los ascensores se mencionaron como cabinas sostenidas con cuerda de cáñamo y accionadas a mano o por animales. Se supone que ascensores de ese tipo se instalaron en el monasterio de Sinaí, en Egipto.

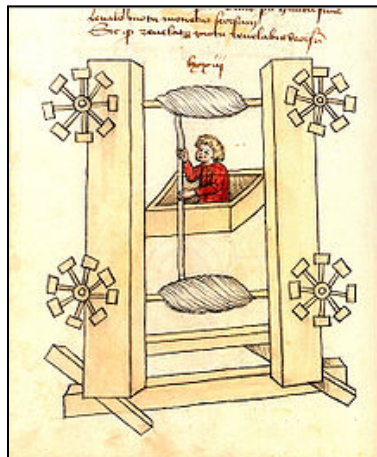


Imagen 1. Diseño de elevador.

En el año 1000, en el “Libro de los Secretos” por Ibn Khalaf al-Muradi, de la España islámica, describe el uso de un elevador como dispositivo de elevación, a fin de subir un gran peso para golpear y destruir una fortaleza. En el siglo XVII, algunos prototipos de ascensores se encontraban en los edificios de palacios de Inglaterra y de Francia.

Los ascensores antiguos y medievales utilizaban sistemas de tracción sobre la base del mecanismo de la grúa. La invención de otro sistema basado en la transmisión a tornillo, fue tal vez el paso más importante en la tecnología del ascensor desde la antigüedad, lo que finalmente condujo a la creación de los ascensores de pasajeros modernos. El primer modelo fue construido por Ivan Kulibin e instalado en el Palacio de Invierno en 1793. En 1823, se inaugura una "cabina de ascenso" en Londres.

En 1851, Waterman inventó el primer prototipo de montacargas. Se trataba de una simple plataforma unida a un cable, para subir y bajar mercancías y personas.

El montacargas inspiró a un estadounidense de Vermont, Elisha G. Otis, para inventar un elevador con un sistema dentado, que permitía amortiguar la caída del mismo en caso de que se cortara el cable de sustento. Fue la primera demostración de un sistema de seguridad para elevadores de pasajeros. En la actualidad, se sigue usando estos dispositivos de seguridad pero más complejos, ahora los ascensores utilizan una serie de rodillo lo cual permite que el ascensor se bloquee automáticamente y se pare cuando éste tome una velocidad demasiado acelerada.

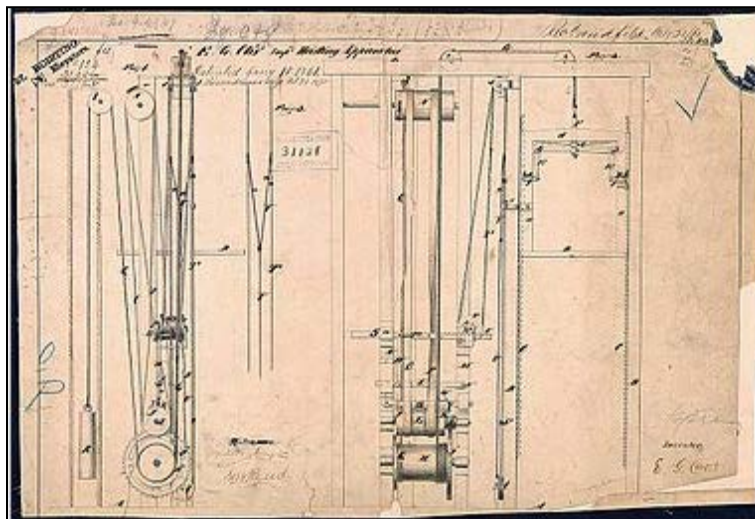


Imagen 2. Ascensor de Elisha Otis, patente.

El primer ascensor o elevador de pasajeros se instaló en Estados Unidos, en un comercio de Nueva York.

En la década de 1870, se introdujo el ascensor hidráulico (consume mucha energía, está limitado el número de alturas y funciona a través de una bomba en la cual se introduce aceite a presión, pero es más seguro y más confortable que el eléctrico) de engranajes de cable.

En 1880 el inventor alemán Werner Von Siemens introdujo el motor eléctrico en la construcción de elevadores. En su invento, la cabina que sostenía el motor debajo, subía por el hueco mediante engranajes de piñones giratorios que accionaban los soportes en los lados del hueco. En 1887 se construyó un ascensor eléctrico, que funcionaba con un motor eléctrico que hacía girar un tambor giratorio en el que se enrollaba la cuerda de izado. En los siguientes doce años empezaron a ser de uso general los elevadores eléctricos con engranaje de tornillo sin fin, que conectaba el motor con el tambor, excepto en el caso de edificios altos.

Durante del siglo XIX la gran parte de los elevadores eran accionados por una máquina de vapor. El ascensor moderno se define como un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes niveles. Está compuesto por una cabina sustentada por cables, que se desplaza dentro de un hueco con guías verticales de acero, con mecanismos de subida y bajada y con una fuente de energía.

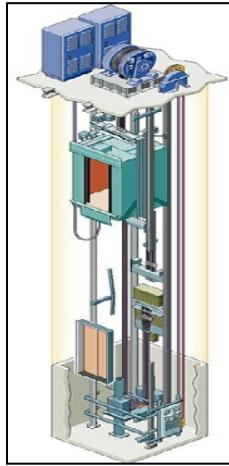


Imagen 3. Esquema de Ascensor Moderno.

Alrededor del año de 1949 se eliminó el trabajo del ascensorista y se relevó por un mando automático integral, también se le introdujo un detector electrónico que le daba protección a las puertas, un pesacargas y un sistema de protección. La función del pesacargas es contar las personas que están en el ascensor para que no se vaya a exceder de peso y, con el sistema de protección, se utilizan mecanismos que permite que el ascensor se bloquee y se pare cuando haya exceso de velocidad.

I.1.1 Tipos de ascensores

Según su sistema de tracción, hoy en día existen tres tipos principales de ascensores:

1. Ascensores Electromecánicos.- la tracción se realiza por medio de grupos formados por un motor eléctrico, máquina reductora y polea, de la que cuelga el cable de tracción, que es arrastrado, por fricción en el giro de la polea. La cabina es guiada en su trayecto por rieles. El contrapeso podrá estar situado al fondo de la cabina o en uno de sus laterales dependiendo siempre del tamaño del hueco, la planta de la cabina y la situación de la sala de máquinas.

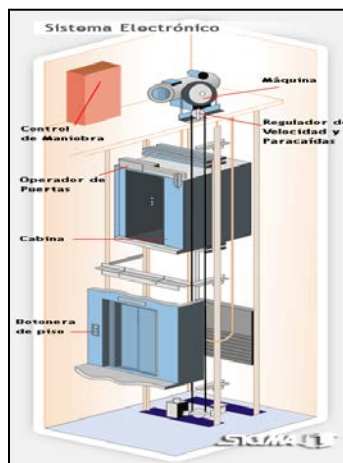


Imagen 4. Esquema de Ascensor Electromecánico.

2. Ascensores hidráulicos.- este sistema es el ideal para edificios que no cuentan con posibilidades de modificar las estructuras interiores. Elimina la necesidad de una sala de máquinas superior y la instalación de la misma puede estar hasta 15 metros de distancia de la vertical del hueco. El esfuerzo del transporte no carga sobre la estructura de la construcción y el desgaste de la maquinaria es menor dado que todo el sistema funciona mediante aceite que es inyectado por una bomba a presión. No se recomienda su implementación en alturas superiores a los 21 metros.

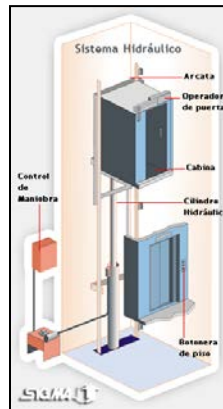


Imagen 5. Esquema de Ascensor Hidráulico.

3. Ascensores Autoportantes.- son los ascensores más modernos y su principal característica es que ubican a la máquina de tracción dentro del propio hueco del ascensor, en general en la parte superior. Los controles son instalados junto a la puerta del último nivel. La principal ventaja reside en la significativa reducción de espacio requerido y la confiabilidad de los equipos.

El lugar que tradicionalmente se contemplaba para la sala de máquinas ahora puede ser utilizado para otros fines, ya que este tipo de ascensores requieren únicamente el espacio del hueco propiamente dicho según las medidas convencionales.

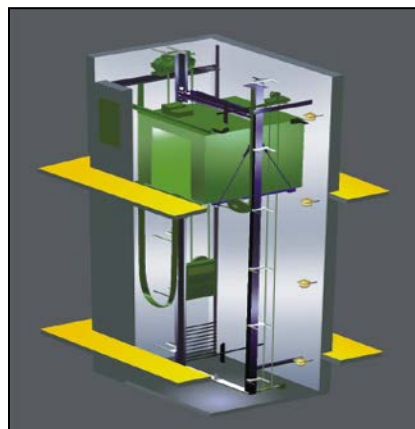


Imagen 6. Esquema de Ascensor Autoportante.

Hoy en día existe una gran variedad de ascensores y depende de las necesidades que van surgiendo. A continuación se enumeran algunos ejemplos de ellos.

- a. Ascensor a pistón.- su funcionamiento es similar al de un ascensor hidráulico. Cuenta con un pistón que lleva por dentro aceite, lo que propulsa al ascensor a poder subir. Se trata de una novedad en el mercado, sin embargo, conlleva una mayor inversión económica, por lo que está siendo instalado en las zonas de mayor poder adquisitivo. No obstante, la instalación es más fácil y se requiere menor tiempo. Trae menores problemas de mantenimiento.



Imagen 7. Esquema de Ascensor a Pistón.

- b. Ascensores de foso reducido.- Estos ascensores pueden ser eléctricos o hidráulicos. Son actualmente muy utilizados para ahorrar espacio y proveer un excelente servicio de elevación.



Imagen 8. Esquema de Ascensor de Foso Reducido.

- c. Ascensores para hospitales.- puede ser hidráulico o eléctrico, esto dependerá de la altura del edificio. Están específicamente concebidos para el transporte confortable y seguro de pacientes. Algunas de sus características son la ausencia de movimientos bruscos, un arranque y parada suaves, y el tráfico preferencial.



Imagen 9. Ascensor para Hospitales, Transporte de Camilla.

- d. Montacargas.- diseñado específicamente para el transporte vertical de cargas, empleando para ello componentes debidamente calculados y reforzados con el fin de que el gran esfuerzo al que se verá sometido a lo largo de su vida útil no sea ningún inconveniente. Los montacargas de accionamiento eléctrico así como los de accionamiento hidráulico (plataformas) facilitan el transporte de cargas variadas desde platos, instrumentos o documentos hasta vehículos o cargas mayores en almacenes, plantas industriales, construcciones, etc. Por su tamaño o constitución no está preparado para el transporte de personas.



Imagen 10. Montacargas.

- e. Ascensor residencial.- en su mayoría se trata de elevadores autoportantes. Priorizan la comodidad y facilidad de movilidad de los habitantes de la vivienda, permitiéndoles ascender y descender de piso sin necesidad de mayores esfuerzos. Se monta en casa del cliente, siempre se fabrican a medida.



Imagen 11. Ascensor Residencial.

- f. Ascensores para discapacitados.- generalmente son de tipo autoportante. Están diseñados para personas en sillas de ruedas, personas con movilidad reducida pero ágiles, etc. Se pueden instalar en todo tipo de inmuebles, ya sean públicos o privados, viviendas unifamiliares, etc. Están preparados para soportar más peso, en el caso que la persona tenga que subir en sillas de ruedas.



Imagen 12. Ascensor para Discapacitados.

I.2 Caso de estudio

Cumpliendo con lo dispuesto en la Norma Oficial Mexicana NOM-053-SCFI “Elevadores eléctricos de tracción para pasajeros y carga, especificaciones de seguridad y métodos de prueba”, así como también con lo estipulado en las Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico, capítulo 4.1.5 Elevadores, se decidió instalar un cubo de dos elevadores electromecánicos, que permiten desalojar 10% de la población total del edificio en 5 minutos y cuentan con un intervalo máximo de espera de 35 segundos.

El elevador opera en 9 niveles: Planta Baja, Nivel de Acceso, Nivel 1 a Nivel 6 y Azotea. Cuenta con una fosa, cuarto de máquinas y una losa tapa del cuarto de máquinas. Su capacidad de carga máxima es de 700 Kg.

En las figuras 1.3 y 1.4 se muestran imágenes que se tomaron durante el montaje de la estructura metálica; durante la construcción del armado de losas y parte de las fachadas. En las imágenes se observa cómo la estructura está alojada en la parte Este del edificio de forma aislada.

De acuerdo a la zonificación sísmica, este lugar se encuentra en la zona escolar del pedregal que corresponde a la zona I.

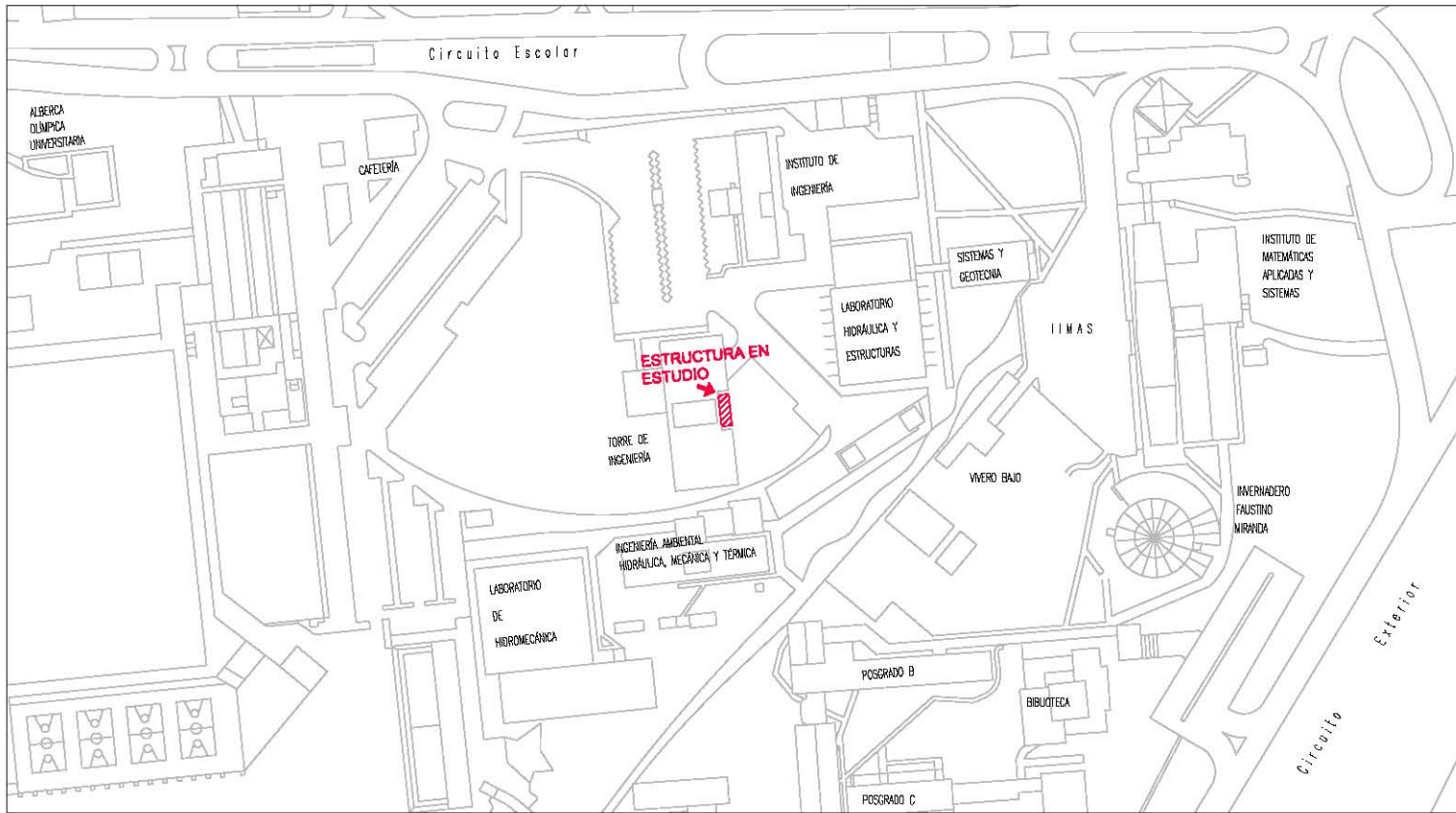


FIG. 1.1 LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA

		tema: promotoriales ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO	
Presenta: MIGUEL ANGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepto: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Aprobado: JSGH/MAOB	Aprobado: Lucénel	Aprobado: S/E
Elaboró: LOCALIZACIÓN: UBICACIÓN GENERAL		Fecha: Marzo 2014	Hoja: 1.1

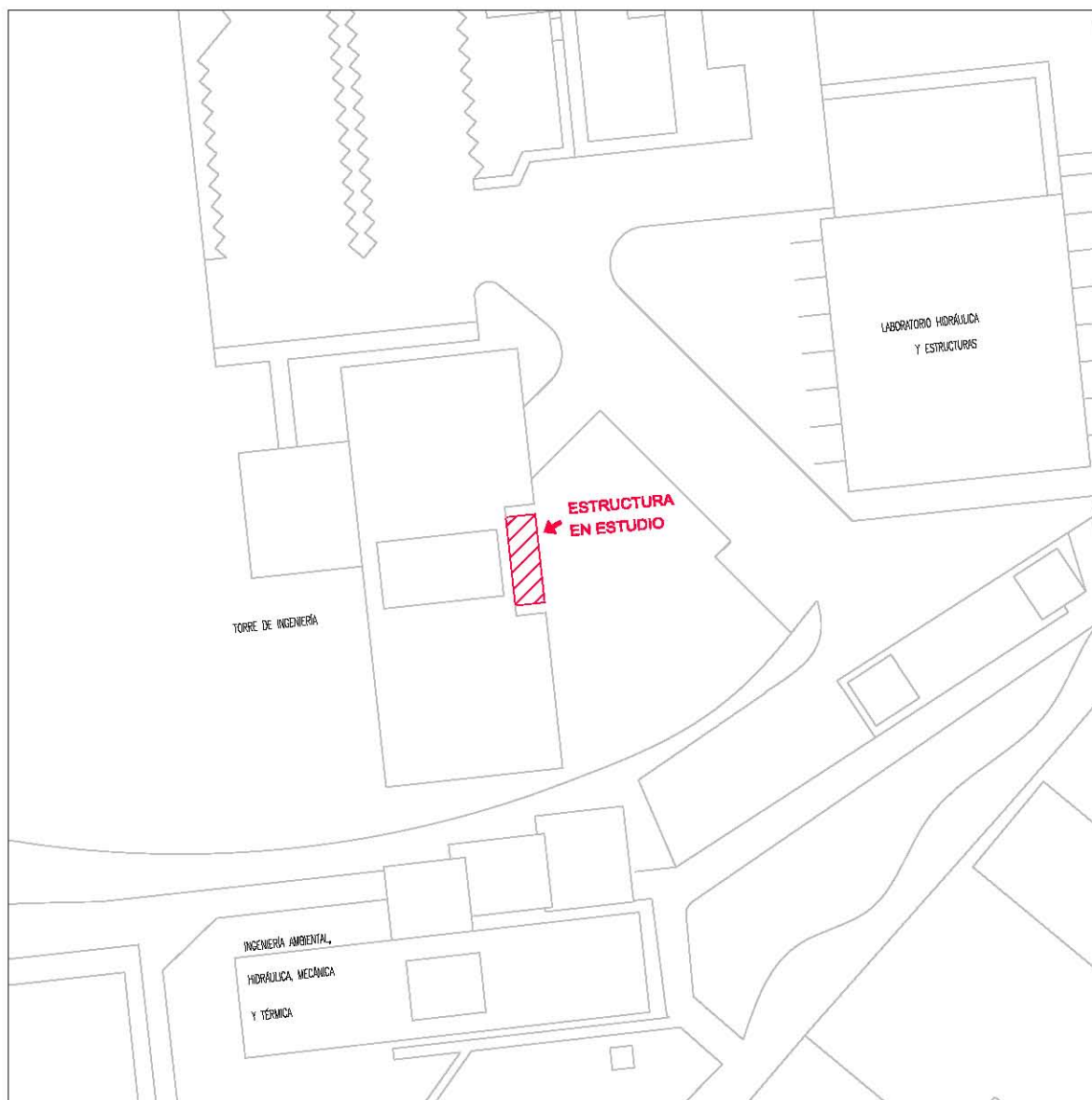


FIG. 1.2 LOCALIZACIÓN PARTICULAR DE LA ESTRUCTURA

 Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Correspondencia: PREVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSC/MAGB	Revisado: LAC/Port	Revisión: S/E
Dibujos: LOCALIZACIÓN UBICACIÓN PARTICULAR		Fecha: Marzo 2014	Figura: 1.2



Imagen 13. Montaje de Estructura Metálica.



Imagen 14. Cubo de Elevadores. Estructura independiente al edificio.

FIG. 1.3 IMÁGENES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBO DE ELEVADORES

 Asesor profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Consultor: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JGCH/MAGB	Archivo: Ing_01	Revisión: S/E
Objeto: IMÁGENES CONSTRUCCIÓN DEL CUBO DE ELEVADORES		Fecha: Marzo 2014	Figura: 1.3



Imagen 15. Armado de losa en Cuarto de Máquinas.



Imagen 16. Colado de losa en Azotea.

FIG. 1.4 IMÁGENES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CUBO DE ELEVADORES

Leído profesionalista ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentado: MIGUEL ANGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUE GARDUÑO CHÁVEZ			
concepcionista: REVISION ESTRUCTURAL	concepcionista: JOCHY/INAB	fecha: 02/02	proyecto: S/E
objetivo: INGENIERIA CONSTRUCCION DEL CUBO DE ELEVADORES		fecha: Marzo 2014	proyecto: 1.4

II. DESCRIPCIÓN DEL CUBO DE ELEVADORES

II.1. Descripción de la estructura y su entorno

La estructura en estudio tiene geométricamente en planta forma rectangular, está ubicada en el lado este de una torre escolar de diez niveles y se distingue porque se encuentra de manera aislada a la torre (Fig. 2.1).

En lo que respecta a la operación del elevador (Fig. 2.2), la planta baja, PB, comunica con el auditorio principal de la torre; el nivel de acceso, NA, comunica con la entrada principal, por lo que se encuentra altamente restringida debido a las políticas del lugar; los niveles 1 a 6, N1, N2, N3, N4, N5, N6, comunican con plantas tipo; y finalmente la azotea, AZ, comunica con una de las cafeterías del lugar.

Posteriormente encontramos, en la parte superior de la estructura, el cuarto de máquinas, CMAQ, al cual se tiene acceso mediante una escalera que se ubica en el nivel 6, pasa por la cafetería y finalmente hasta llegar a dicho espacio. Tal escalera se encuentra en la parte intermedia del cubo, es decir, entre ambos elevadores.

II.2. Características arquitectónicas

La construcción del cubo de elevadores inició en 1998, junto con la construcción de la torre escolar, por lo que, al tratarse de un edificio inteligente, se le dio mayor prioridad a una estructura de acero que reflejara los avances tecnológicos propios de la época, además de proporcionar mayor ligereza a la estructura.

En la fachadas (Fig. 2.3) norte y sur se puede observar que la superestructura está cubierta con lámina acanalada, al igual que la fachada este, pero con la excepción de que la parte intermedia que separa ambos elevadores está cubierta con cristal, lo que permite observar el detalle de la estructura metálica y sus conexiones, además de que mejora la iluminación del inmueble. Respecto a la fachada oeste, sólo se observa el acabado de acero y las puertas de acceso al elevador.

En la dirección longitudinal (Fig. 2.4), paralela a la dirección norte-sur, está delimitada por los ejes D1, D2, D3 y D4, con distancias entre ejes de acuerdo a lo siguiente: 2.05 m, 2.90 m y 2.05 m respectivamente, para una longitud total de 7.00 m entre ejes. En la dirección transversal paralela al sentido este-oeste tiene como límites los ejes 1 y 1', con una distancia total entre ejes de 2.65 m. Teniendo una superficie cubierta aproximada de 20.52 m².

II.3. Características de la estructura y su cimentación

La superestructura está formada a base de marcos rígidos, integrada con columnas y vigas formadas por cuatro placas de acero estructural, de forma cuadrangular y rectangular. Los marcos tienen contravientos en forma de "X" en tres de sus caras que forman el cubo, éstos son a base de tubos de sección circular hueca.

La estructura en análisis se apoya en una cimentación resuelta con dados y muros de concreto reforzado con una profundidad de desplante de 3.60 m, los cuales soportan las cargas transmitidas por las columnas.

II.4. Tipificación de la construcción

De acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en su versión 2004 (RCDF04) y sus Normas Técnicas Complementarias (NTC's), la estructura en análisis se clasifica dentro del grupo B1, ya que es una edificación de más de 30 m de altura que se encuentra en la Zona I.

Conforme al RCDF04, Capítulo VIII, en su artículo 170, la clasificación del tipo de suelo corresponde a la zona I, ya que consiste en rocas volcánicas que provienen de la erupción del volcán Xitle, se extiende hasta las actuales colonias de Santo Domingo, Santa Ursula Coapa, Copilco y Ciudad Universitaria.



FIG. 2.1 FOTOGRAFÍA DE FACHADA ACTUAL

 Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepto: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSGH/MAGB	Revisado: Imagen	Revisión: S/E
Dibujos: IMAGEN DEL CUBO DE ELEVADOR	Fecha: Marzo 2014	Figura: 2.1	

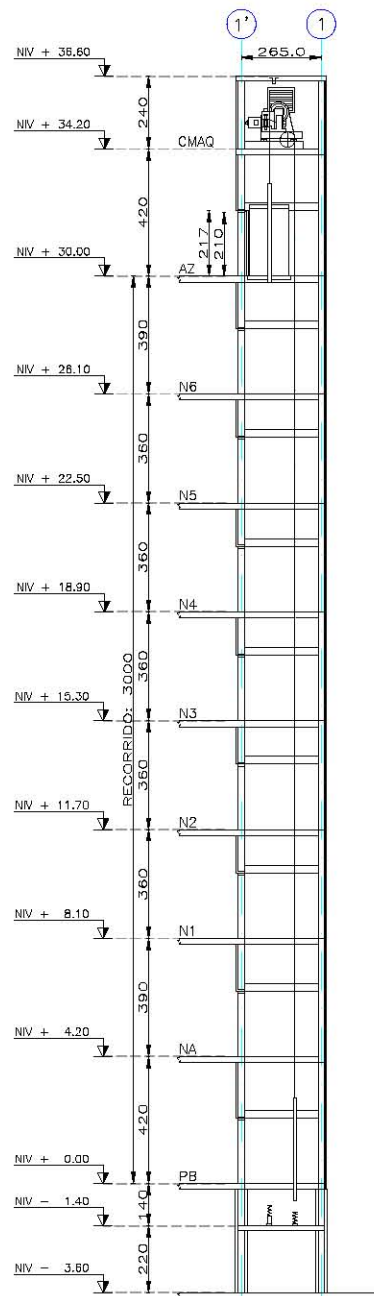


FIG. 2.2 ESQUEMA GENERAL DE RECORRIDO

NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

			
Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepto: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MGB	Revisado: Esq._Reg	Escalado: 1:250
Dibujo: ESQUEMA RECORRIDO DE ELEVADOR	Fecha: MARZO 2014	Folios: 2.2	

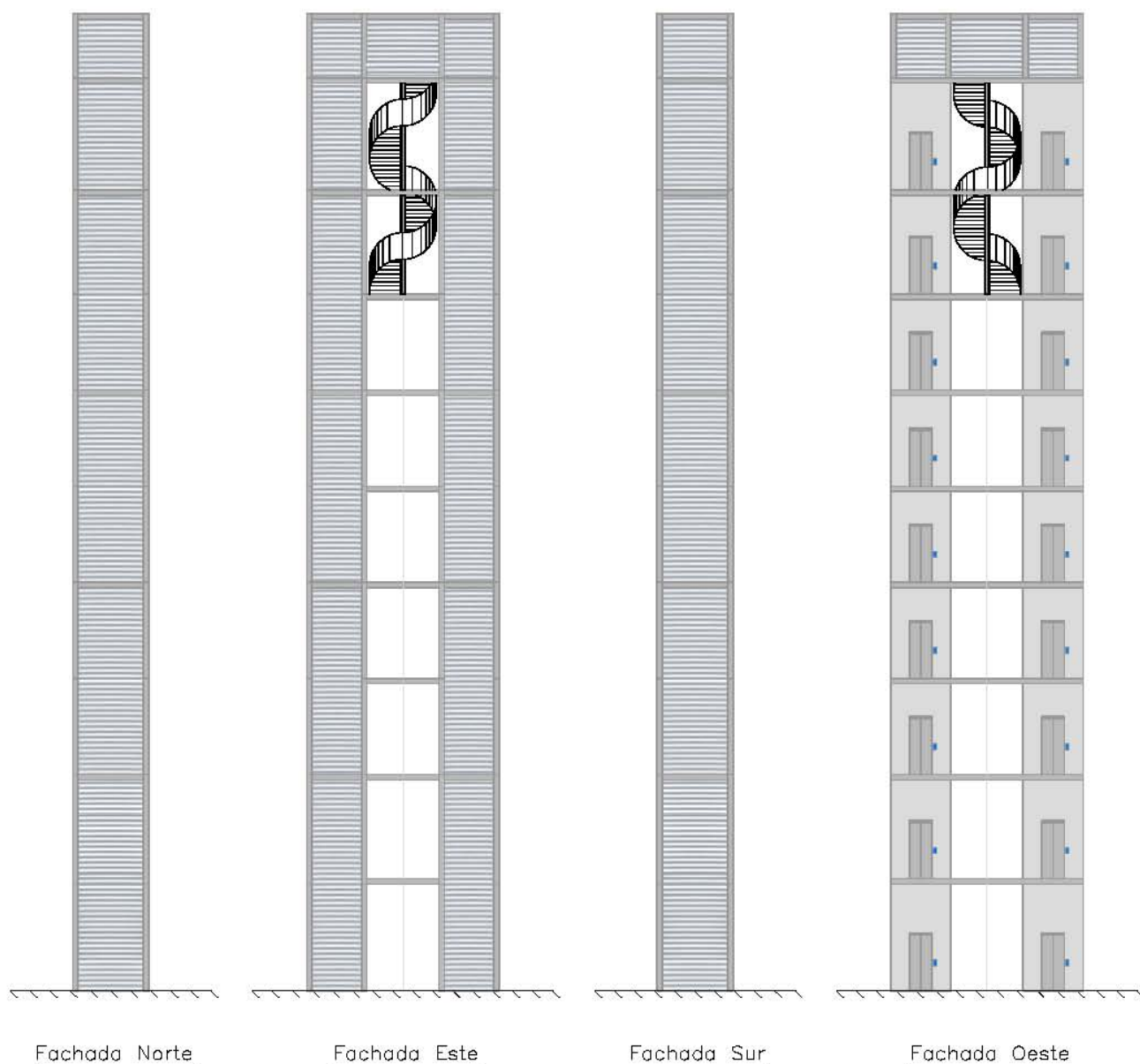


FIG. 2.3 FACHADAS DEL CUBO DE ELEVADORES

 Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Diseño: ING. JOSUÉ GARCÍA CHÁVEZ			
Consejo: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Revisión: ZON/MGB	Corrección: Fachadas	Escala: 1:250
Dibujo: FACHADAS DE LA ESTRUCTURA	Fecha: MARZO 2014	Folios: 2.3	

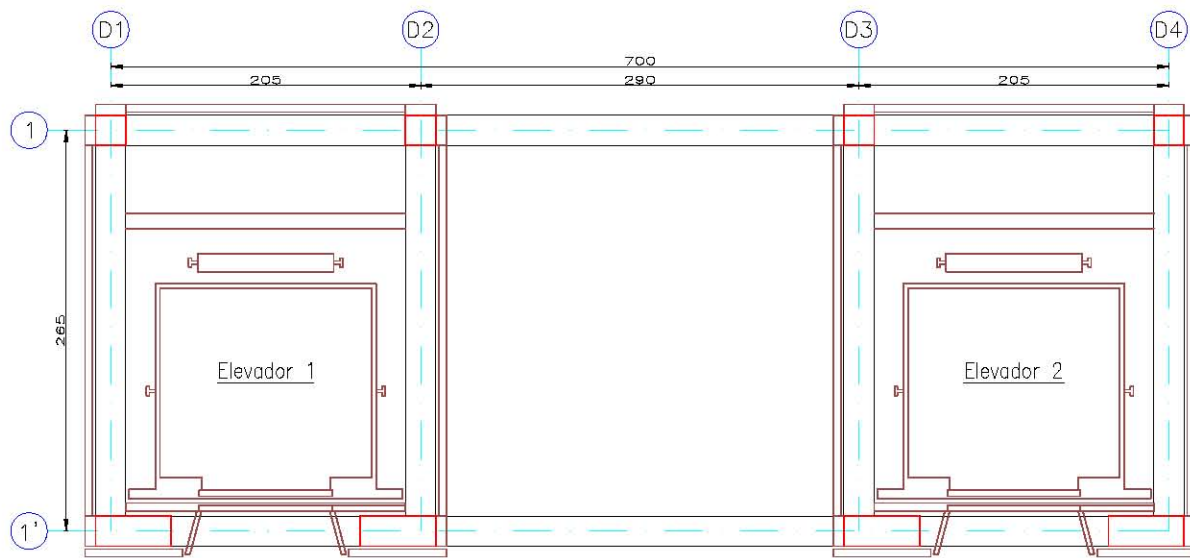


FIG. 2.4 PLANTA TIPO

NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

 Sello profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSÉ GABRIEL CHÁVEZ			
Revisión Estructural	Elaboró: JSC/MAGB	Revisó: JSC/MAGB	Escalado: 1:100
Dibujo: GEOMETRÍA PLANTA		Fecha: MARZO 2014	Figura: 2.4

III. ESTUDIOS ANALÍTICOS

En muchas ocasiones, la disposición de información para elaborar proyectos relacionados con estudios de estabilidad estructural es poco factible, ya sea porque no existe o es ésta incompleta; para el presente trabajo escrito se contó con planos estructurales y arquitectónicos, el modelo elaborado trató de simular la construcción existente, tomando en cuenta las características geométricas de los elementos, el lugar donde se ubica, el uso para el cual fue diseñado, los materiales que se usaron y las acciones a las que está expuesta la estructura.

El cubo de elevadores se analizó como una estructura independiente del edificio (Torre de Ingeniería), por lo que se plantearon diferentes modelos para su análisis y revisión.

En el primer modelo se establecieron condiciones de cargas vivas móviles, simulando las posiciones que ocupan los elevadores en los diferentes niveles del edificio.

En un segundo modelo se realizó un análisis dinámico modal espectral considerando los primeros tres modos fundamentales de vibrar de la estructura, y se observó que, dado que la estructura en estudio es muy dúctil, su periodo fundamental de vibración es mayor a un segundo, con lo cual se deben contemplar factores de amplificación dinámicos en el estudio de viento.

El tercer modelo tomó en cuenta los factores de amplificación dinámicos de viento, tal como se marca en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento. Con este modelo se calculó el cortante basal, que al compararlo con el obtenido en el análisis dinámico modal espectral, se determinó que las acciones sísmicas eran inferiores a los efectos del viento, y es por esto que, no se incluyen los efectos sísmicos.

III.1. Bases y especificaciones de análisis y revisión estructural

El presente análisis y revisión es un estudio del comportamiento del cubo de elevadores, tomando como referencia el reglamento del American Institute for Steel Construction, Allowable Stress Design, AISC-ASD89; el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal 2004 (RCDF04) y sus Normas Técnicas Complementarias (NTC's).

III.2. Modelación analítica

El modelo se realizó con ayuda del software STAAD.Pro V8i, considerando todos los miembros principales y secundarios, tales como columnas, vigas, contravientos y losas. Cuenta con un sistema de referencia tridimensional de coordenadas X, Z, Y; teniendo como ejes horizontales el plano X, Z y vertical el eje Y. Los elementos cuentan con su propio sistema local de coordenadas x, z, y; estos ejes representan su longitud, ancho y peralte, respectivamente.

La hipótesis que se siguió para el análisis y revisión de la estructura, es suponer un comportamiento elástico-lineal. La estructura en estudio se modeló como si fuera una estructura independiente al edificio, tal y como se muestra en los planos.

En las figura 3.8 y 3.9 se observa la distribución de las fuerzas generadas por viento y sismo, respectivamente; en la tabla 3.1 se observan los resultados obtenidos y la comparación entre cortantes basales.

Tabla 3.1 Comparación de Cortantes Basales (Viento vs Sismo).

Nivel	Altura	Dirección Norte-Sur		Dirección Oriente-Poniente	
		F _{viento} (tonf)	F _{sismo} (tonf)	F _{viento} (tonf)	F _{sismo} (tonf)
Azotea	36.60	0.47	1.25	1.23	1.05
Cto. Maq.	34.20	1.28	5.46	3.31	5.62
Cafetería	30.00	1.50	0.44	3.90	0.33
Nivel 6	26.10	1.33	0.22	3.46	0.09
Nivel 5	22.50	1.22	0.34	3.17	0.30
Nivel 4	18.90	1.16	0.28	3.00	0.24
Nivel 3	15.30	1.08	0.22	2.81	0.17
Nivel 2	11.70	0.97	0.16	2.51	0.12
Nivel 1	8.10	1.01	0.42	2.63	0.47
Acceso	4.20	1.07	0.38	2.77	0.44
	Cortante Basal	11.09	9.18	28.81	8.82

III.3. Modelación de la estructura

La estructuración del cubo se presenta de manera gráfica en las figuras 3.10 a 3.15, donde se observan las plantas y marcos estructurales.

La estructura en estudio se modeló, analítica y matemáticamente, mediante un conjunto tridimensional de 147 nudos, 416 elementos barra y 6 elementos placa que se muestran en las figuras 3.17 a 3.22. En las figuras 3.23 y 3.24, se presentan los isométricos del modelo tridimensional.

III.4. Propiedades geométricas de los elementos

Las propiedades geométricas de los principales elementos que conforman la estructura se tomaron de los planos estructurales del Cubo de Elevadores.

Las geometrías básicas están formadas por elementos placas que forman secciones compuestas, además de tubos de sección circular hueca. Figura 3.16.

III.5. Propiedades mecánicas de los materiales

La estructura en análisis, posiblemente se diseñó conforme al Reglamento de Construcción para el Distrito Federal 1993 (RCDF93), el cual era el vigente en aquella época. En base a especificaciones, los valores representativos de las propiedades mecánicas de los elementos se mencionan en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Propiedades Mecánicas de los Materiales .

Material	Fy (Kgf / cm ²)	f' c (Kgf / cm ²)	Densidad (Ton/m ³)	Módulo de Poisson	Módulo de Elasticidad (Kgf/cm ²)
Acero estructural – A36	2530	-	7.86	0.3	2040000
Acero de refuerzo	4200	-	7.86	0.3	2040000
Concreto clase 1	-	250	2.40	0.17	221359.4

III.6. Cargas actuantes de la estructura

Las acciones que pueden presentarse en la estructura se clasifican en permanentes (cargas muertas), variables (cargas vivas) e instantáneas (cargas de viento y sismo). Para la estructura en estudio se identifican siete condiciones básicas de carga (C01 a C07), las cuales se combinan para revisar los estados límite de servicio (CC08 a CC12) y los estados límite de falla (CC13 a CC17).

a. Condiciones básicas de carga.

C01 = Carga Muerta (CM)

C02 = Carga Viva Máxima (CVmáx)

C03 = Carga Viva Instantánea (CVa)

C04 = Viento en Dirección Norte-Sur (VX)

C05 = Viento en Dirección Sur-Norte (-VX)

C06 = Viento en Dirección Oriente-Poniente (VZ)

C07 = Viento en Dirección Poniente-Oriente (-VZ)

b. Combinaciones de carga para la revisión de Estados Límite de Servicio.

CC08 = 1.00 [CM + CVmáx]

CC09 = 1.00 [CM + CVa + VX]

CC10 = 1.00 [CM + CVa – VX]

CC11 = 1.00 [CM + CVa + VZ]

CC12 = 1.00 [CM + CVa – VZ]

c. Combinaciones de carga para la revisión de Estados Límite de Falla.

CC13 = 1.00 [CM + CVmáx]

CC14 = 0.75 [CM + CVa + VX]

CC15 = 0.75 [CM + CVa – VX]

CC16 = 0.75 [CM + CVa + VZ]

CC17 = 0.75 [CM + CVa – VZ]

III.7. Efectos de cargas permanentes

De acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 2004 (RCDF04), en el capítulo IV, artículo 160, "...Se consideran como cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo..."

Para el modelo, se consideró como Carga Muerta (CM)

- a. Peso propio de la estructura.
- b. Peso de acabados (fachadas de lámina y de cristal).
- c. Peso de maquinaria.
- d. Peso de elevadores y contrapesos.

El RCDF04, Capítulo IV, artículo 161, establece que "...Se consideran cargas vivas las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter permanente. A menos que se justifiquen racionalmente otros valores, estas cargas se tomarán iguales a las especificadas en las Normas..."

Los siguientes valores se obtuvieron con ayuda de las Normas Técnicas Complementarias sobre criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones.

- a. Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público).

$$CV_{\text{máx}} = 350 \text{ Kg/m}^2$$

$$CV_a = 150 \text{ Kg/m}^2$$

- b. Comercios, fábricas y bodegas.

$$CV_{\text{máx}} = 350 \text{ Kg/m}^2$$

$$CV_a = 315 \text{ Kg/m}^2$$

- c. Azoteas con pendiente no mayor al cinco por ciento.

$$CV_{\text{máx}} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

$$CV_a = 70 \text{ Kg/m}^2$$

III.8. Efectos de cargas accidentales: Viento y Sismo

Se entiende por carga accidental a aquellas fuerzas que pueden alcanzar intensidades significativas solo durante lapsos breves. Para la estructura en estudio se contemplaron los efectos producidos por viento y sismo; dado que las acciones sísmicas son inferiores a los efectos del viento, en el modelo sólo se tomará en cuenta el efecto del viento. No obstante, se muestra el cálculo de los efectos del sismo mediante un análisis dinámico.

III.8.1 Efectos de Viento

Se debe revisar la estructura ante el efecto de las fuerzas que se generan por las presiones (empujes o succiones) producidas por el viento sobre las superficies de la construcción expuestas al mismo y que son transmitidas al sistema estructural.

La geometría de la estructura del cubo de elevadores le aporta gran relación de esbeltez (13.81), lo que la hace especialmente sensible a las ráfagas de corta duración. Además, el periodo fundamental de vibración ($T=1.12$ seg) es mayor a un segundo, lo que favorece la ocurrencia de oscilaciones importantes. Es por esto que la revisión considerará la acción estática y dinámica del viento.

De acuerdo a su importancia, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 2004 (RCDF04), en su artículo 139, clasifica a la estructura dentro del grupo B1.

De acuerdo con su respuesta ante la acción del viento, las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento, la clasifican dentro del Tipo 2, que comprende las estructuras cuya esbeltez o dimensiones reducidas de su sección transversal las hace especialmente sensibles a las ráfagas de corta duración, y cuyos periodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes.

III.8.1.1 Método estático

III.8.1.1.1 Velocidad de diseño

Los efectos estáticos del viento sobre una estructura o componente de la misma se determinan con base en la velocidad de diseño. Dicha velocidad de diseño se obtendrá de acuerdo con la ecuación 3.1.

$$V_D = F_{TR} F_\alpha V_R \quad (3.1)$$

Donde:

F_{TR} Factor correctivo que toma en cuenta las condiciones locales relativas a la topografía y a la rugosidad del terreno en los alrededores del sitio de desplante.

F_α Factor que toma en cuenta la variación de la velocidad con la altura.

V_R Velocidad regional según la zona que le corresponde al sitio en donde se construirá la estructura.

III.8.1.1.2 Velocidad Regional

La velocidad regional es la velocidad máxima del viento que se presenta a una altura de 10 m sobre el lugar de desplante de la estructura, estos valores incluyen el efecto de ráfaga que corresponde a tomar el valor máximo de la velocidad media durante un intervalo de tres segundos. Dicha velocidad se tomará de acuerdo a la localización del edificio según la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Velocidades Regionales, V_R , según la importancia de la construcción y zonificación eólica.

		Importancia de la construcción		
		A	B	Temporal
		200	50	10
Periodo de retorno, años				
Zona I	Delegaciones de Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuahutémoc, Gustavo A. Madero, Iztacalco, Iztapalapa Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza.	39	36	31
Zona II	Delegaciones de Magcalena Contreras, Cuajimalpa, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco.	35	32	28

Debido a que se trata de una estructura B1 ubicada en la delegación de Coyoacán:

$$V_R = 36 \text{ m/s}$$

III.8.1.1.3 Factor de variación con la altura

Este factor establece la variación de la velocidad del viento con la altura z . Se obtiene con las ecuaciones 3.2, 3.3 y 3.4.

$$F_\alpha = 1.0; \quad SI \quad z \leq 10m \quad (3.2)$$

$$F_\alpha = (z/10)^\alpha; \quad SI \quad 10m < z < \delta \quad (3.3)$$

$$F_\alpha = (\delta/10)^\alpha; \quad SI \quad z \geq \delta \quad (3.4)$$

Donde:

δ Altura gradiente, medida a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad de viento no es importante y se puede suponer constante; δ y z están dadas en metros.

α Exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura.

Los coeficientes α y δ están en función de la rugosidad del terreno. El cubo de elevadores se encuentra en una zona típica urbana y suburbana, a la cual le corresponden los valores de $\alpha = 0.156$ y $\delta = 390$, que se obtuvieron de la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Rugosidad del terreno, α y δ .

Tipos de terreno		α	δ, m
R1	Escasas o nulas obstrucciones al flujo de viento, como en campo abierto	0.099	245
R2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	0.128	315
R3	Zona típica urbana y suburbana. El sitio está rodeado predominantemente por construcciones de mediana y baja altura o por áreas arboladas y no se cumplen las condiciones del Tipo R4	0.156	390
R4	Zona de gran densidad de edificios altos. Por lo menos la mitad de las edificaciones que se encuentran en un radio de 500 m alrededor de la estructura en estudio tiene altura superior a 20 m	0.17	455

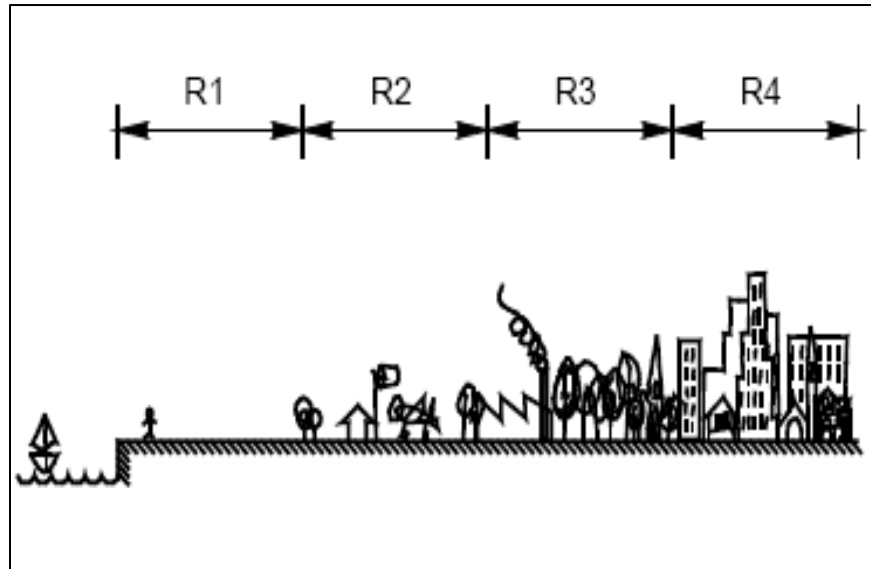


Figura 3.1 Rugosidad del terreno.

Con estos valores, calculamos el factor de variación con la altura, ecuación 3.3.

$$F_{\alpha} = \left(\frac{36.6}{10} \right)^{0.156} = 1.22$$

III.8.1.1.4 Factor Correctivo de Topología y Rugosidad del Terreno

Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplanta la estructura y a su vez la variación de la rugosidad de los alrededores del sitio. Considerando que la estructura en estudio se encuentra en una zona prácticamente plana y sin cambios topográficos importantes, se obtuvo un valor de $F_{TR} = 0.88$, de acuerdo a la tabla 3.5 y a la figura 3.2.

Tabla 3.5 Factor F_{TR} (Topografía y rugosidad del terreno).

Tipos de topografía		Rugosidad de terrenos en alrededores		
		Terreno tipo R2	Terreno tipo R3	Terreno tipo R4
T1	Base protegida de promontorios y faldas de serranías del lado de sotavento	0.80	0.70	0.66
T2	Valles cerrados	0.90	0.79	0.74
T3	Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores de 5% (normal)	1.00	0.88	0.82
T4	Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10%	1.10	0.97	0.90
T5	Cimas de promontorios, colinas o montañas, terrenos con pendientes mayores de 10%, cañadas o valles cerrados	1.20	1.06	0.98

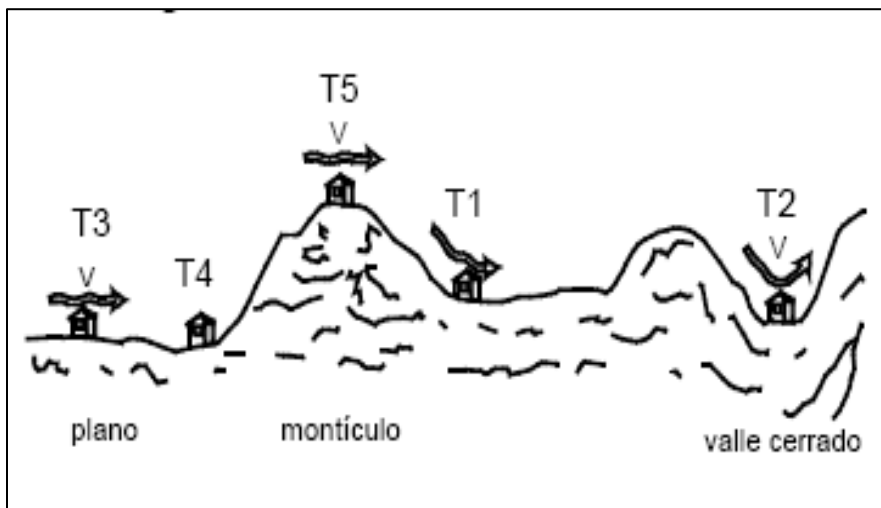


Figura 3.2 Formas topográficas locales.

Una vez obtenidos los valores de la Velocidad Regional, Factor de variación con la altura, el Factor correctivo de topología y rugosidad del terreno, se calculó la velocidad de diseño (ecuación 3.1) que corresponde a la estructura en estudio.

$$V_D = F_{TR} F_{\alpha} V_R$$

$$V_D = 0.88 * 1.22 * 36$$

$$V_D = 38.79 \frac{m}{s}$$

III.8.1.1.5 Presión de diseño

Es la presión que ejerce el flujo del viento sobre una construcción determinada. Se obtiene tomando en cuenta la forma de la estructura y se obtiene con ayuda de la ecuación 3.5.

$$P_Z = 0.048 C_P V_D^2 \quad (3.5)$$

Donde:

C_P Coeficiente local de presión, que depende de la forma de la estructura.

V_D Velocidad de diseño a la altura z .

III.8.1.1.6 Coeficiente local de presión

Se determina según el tipo y la forma de la estructura, para este caso en particular, varía en función de la forma de la sección transversal y de la relación de esbeltez de la estructura. Su valor se obtuvo de la tabla 3.6, valor al que se llegó por medio de una interpolación lineal que corresponde a una relación de esbeltez de 13.81 para una sección cuadrada y con viento normal.

Tabla 3.6 Coeficiente C_P para chimeneas, silos y similares.

Forma de la sección transversal	Relación de esbeltez		
	1	7	25
Cuadrada			
Viento normal	1.3	1.4	2.0
Ángulo de incidencia 45°	0.9	1.2	1.6
Hexagonal u octagonal	1.0	1.2	1.4
Circular (superficie rugosa)	0.7	0.8	0.9
Circular (superficie lisa)	0.5	0.6	0.7

El coeficiente de arrastre será entonces:

$$C_p = 1.59$$

De esta manera, la presión de diseño (ecuación 3.6) queda como:

$$P_z = 0.048 C_p V_D^2$$

$$P_z = 0.048 * 1.59 * 38.79^2$$

$$P_z = 115.16 \frac{Kg_f}{cm^2}$$

III.8.1.2 Empujes dinámicos paralelos al viento

Dado que la estructura en estudio es sensible a las ráfagas de corta duración, y cuyo periodo natural largo favorece la ocurrencia de oscilaciones importantes, los efectos estáticos y dinámicos debidos a la turbulencia se tomarán en cuenta multiplicando la presión de diseño, P_z , por un factor de amplificación dinámica que se obtiene por medio de la ecuación 3.6.

$$G = 0.43 + g \sqrt{\frac{R}{C_e} \left(B + \frac{SF}{\beta} \right)} \geq 1.0 \quad (3.6)$$

Donde:

g Factor de respuesta máxima.

R Factor de rugosidad.

C_e Factor correctivo por exposición.

B Factor por turbulencia de fondo.

S Factor de tamaño.

F Función relacionada con la distribución de la energía del viento.

β Fracción del amortiguamiento crítico; igual a 0.01 en estructuras de acero, y 0.2 en estructuras de concreto.

Cada elemento de la ecuación anterior se puede calcular de manera analítica, también se recomienda el uso de tablas con valores graficados que, para fines de diseño, suelen ser de suficiente aproximación.

III.8.1.2.1 Factor por turbulencia de fondo

$$B = \frac{4}{3} \int_0^{\frac{914}{H}} \left(\frac{1}{1 + \frac{xH}{457}} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{xH}{122}} \right) \left(\frac{x}{(1 + x^2)^{4/3}} \right) dx; \quad (3.7)$$

Donde:

H Altura de la estructura, m

b Ancho mínimo del área expuesta, m

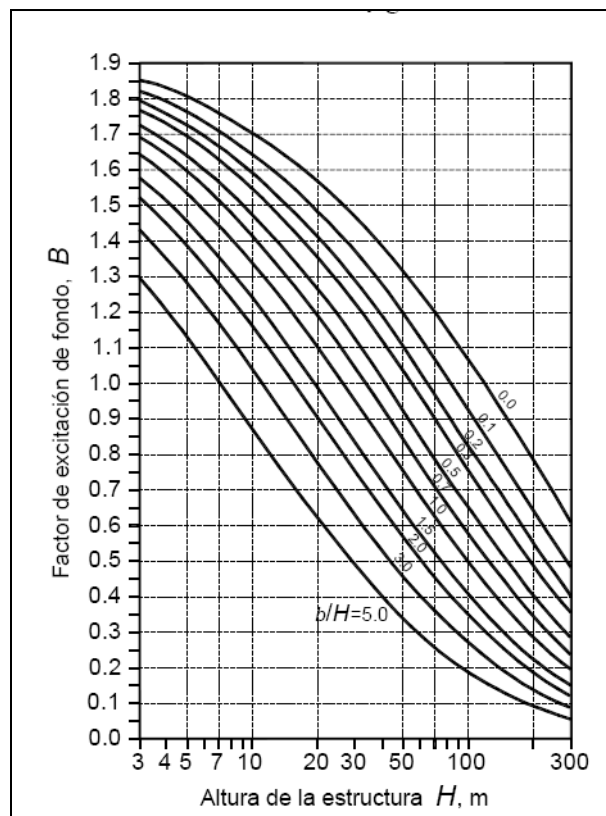


Figura 3.3 Parámetro B para calcular el factor de respuesta dinámica.

Para la estructura en análisis:

$$\frac{b}{H} = \frac{2.65}{36.6} = .07$$

De la gráfica:

$$B = 1.35$$

III.8.1.2.2 Factor de tamaño

$$S = \frac{\pi}{3} \left(\frac{1}{1 + \frac{8n_0 H}{3V_H}} \right) \left(\frac{1}{1 + \frac{10n_0 b}{V_H}} \right) \quad (3.8)$$

Donde:

V_H Velocidad de diseño a la altura H, m

$$V_H = V_R \sqrt{RC_e} \quad (3.9)$$

$$C_e = \left(\frac{z}{a} \right)^n \quad (3.10)$$

Tabla 3.7 Parámetros R, a y n según la condición de exposición.

Exposición	R	a	n
R1	0.04	10	0.18
R2	0.08	10	0.28
R3	0.16	20	0.50
R4	0.34	33	0.72

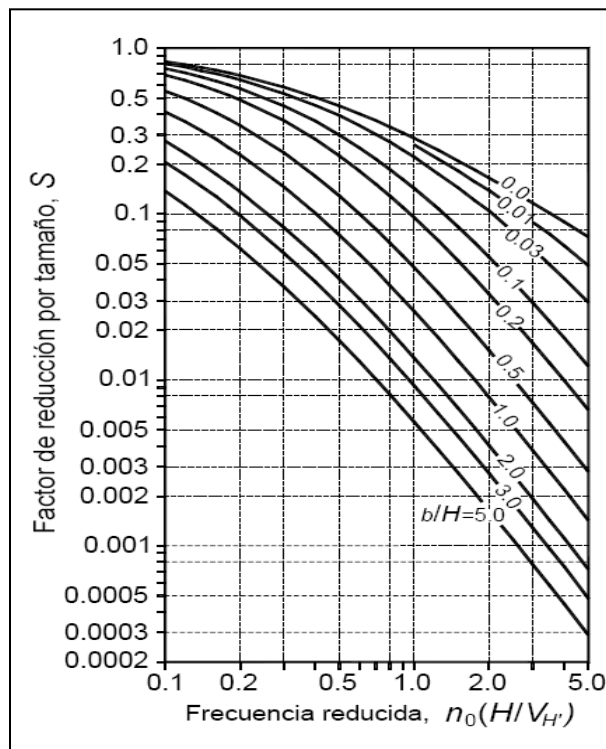


Figura 3.4 Parámetro S para calcular el factor de respuesta dinámica.

Debido a que se trata de una zona típica urbana y suburbana (R3), y según las ecuaciones 3.9 y 3.10 obtenemos los siguientes valores:

$$C_e = \left(\frac{z}{a}\right)^n = \left(\frac{36.6}{20}\right)^{0.5} = 1.35$$

$$V_H = 36 * \sqrt{0.16 * 1.35} = 16.75 \frac{m}{s}$$

$$n_0 \left(\frac{H}{V_H}\right) = 1.77 * 36.6 / 16.75 = 3.87$$

De la gráfica:

$$S = 0.075$$

III.8.1.2.3 Función relacionada con la distribución de la energía del viento

$$F = \frac{x_0^2}{(1 + x_0^2)^{4/3}} \quad (3.11)$$

Donde:

x_0 Inverso de la longitud de onda, m^{-1}

$$x_0 = \frac{1220n_0}{V_H} \quad (3.12)$$

n_0 Frecuencia del modo fundamental, Hz

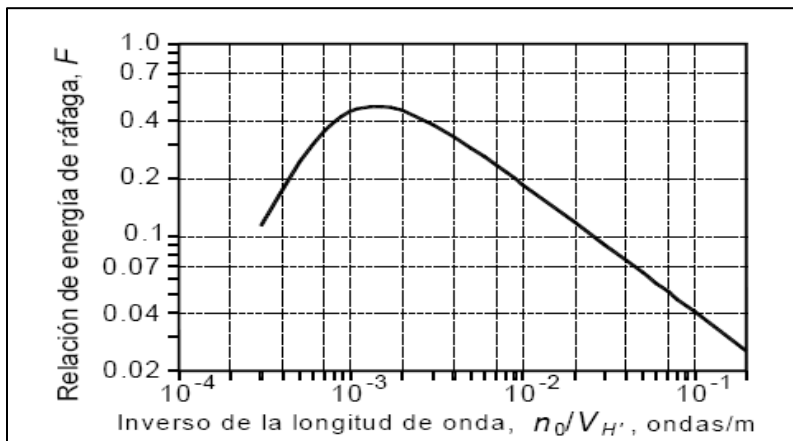


Figura 3.5 Parámetro F para calcular el factor de respuesta dinámica.

Debido a que:

$$\frac{n_0}{V_H} = \frac{1.77}{16.75} = 0.106$$

De la gráfica:

$$F = 0.04$$

III.8.1.2.4 Factor de respuesta máxima

$$g = \left(\sqrt{2Ln(3600v)} + \frac{0.58}{\sqrt{2Ln(3600v)}} \right) \frac{1}{2.3} \geq 1.48 \quad (3.13)$$

Donde:

v Tasa media de fluctuación.

$$v = n_0 \sqrt{\frac{SF}{SF + \beta B}} \quad (3.14)$$

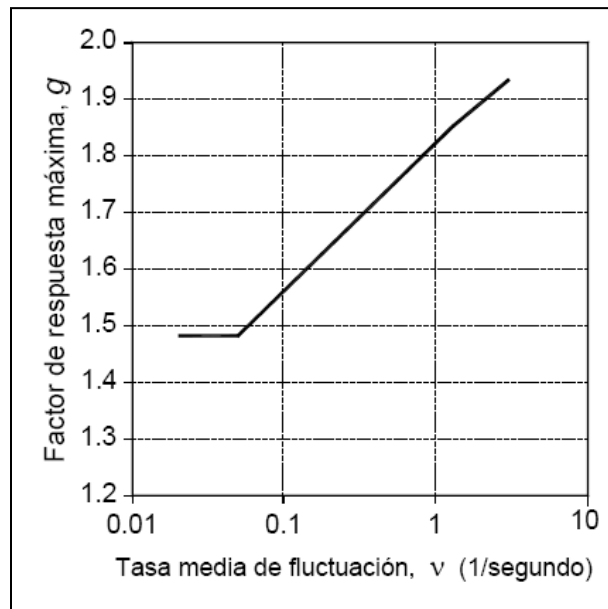


Figura 3.6 Parámetro g para calcular el factor de respuesta dinámica.

Según la ecuación 3.14 obtenemos:

$$v = 1.77 \sqrt{\frac{0.075 * 0.04}{0.075 * 0.04 + 0.01 * 1.35}} = 0.75$$

De la gráfica:

$$g = 1.75$$

Una vez obtenidos el factor de respuesta máxima, el factor de rugosidad, el factor correctivo por exposición, el factor por turbulencia de fondo, el factor de tamaño, la función relacionada con la distribución de la energía del viento y la fracción del amortiguamiento crítico, se procede a calcular el factor de amplificación dinámica, ecuación 3.6.

$$G = 0.43 + 1.75 * \sqrt{\frac{0.16}{1.35} \left(1.35 + \frac{0.08 * 0.04}{0.01} \right)} = 1.2$$

Aplicando este factor de amplificación dinámica a nuestra presión de diseño, P_z , obtenemos una nueva presión de diseño, P_D , ecuación 3.14.

$$P_D = G * P_z \quad (3.15)$$

$$P_D = 1.2 * 115.16$$

$$P_D = 138.54 \frac{Kg_f}{cm^2}$$

Las fuerzas producidas por el efecto del viento se muestran en la figura 3.15.

III.8.2 Efectos de sismo

Los requisitos señalados en el RCDF04 y sus NTCS, para efectos de sismo, tienen como propósito obtener una seguridad adecuada tal que, bajo el sismo máximo probable, no habrá fallas estructurales mayores ni pérdidas de vida. Posiblemente se presenten daños que lleguen a afectar el funcionamiento de la estructura y requerir reparaciones importantes, para lo cual se solicitará un dictamen de seguridad estructural para garantizar la correcta funcionalidad de la estructura.

III.8.2.1 Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral

El análisis dinámico de estructuras se refiere al análisis de las pequeñas oscilaciones o vibraciones que puede sufrir una estructura alrededor de su posición de equilibrio. Algunas de las consideraciones para un análisis dinámico espectral, es que se considere que la estructura en estudio se comporte elásticamente y eso conlleva a que sus periodos y modos de vibrar se puedan obtener de una manera muy simplificada.

Se desprecia el efecto dinámico torsional de excentricidades estáticas, por lo que al realizar el modelo tridimensional, consideramos como grados de libertad a dos desplazamientos y un giro alrededor de un eje vertical por cada nivel; esto triplica el tamaño de las matrices de masa y rigideces y estos a su vez contienen términos adicionales, como los momentos de inercia, que están relacionados con los desplazamientos de torsión.

La ecuación fundamental de movimiento de un sistema de múltiples grados de libertad, de masas concentradas, puede ser expresada como una función del tiempo de la forma:

$$F(t)_I + F(t)_D + F(t)_S = F(t)_1 \quad (3.16)$$

Donde los vectores de fuerza, variables en el tiempo t , son:

$F(t)_I$ vector de acciones de inercia en las masas concentradas.

$F(t)_D$ vector de fuerzas por amortiguamiento, supuesto como de tipo viscoso.

$F(t)_S$ vector de fuerzas por deformación de la estructura.

$F(t)_1$ vector de cargas aplicadas externamente.

La ecuación 3.1 es válida tanto para sistemas lineales como no lineales, si el equilibrio dinámico se plantea con respecto a la geometría deformada de la estructura.

En caso de un análisis lineal la ecuación se puede escribir, en términos de los desplazamientos (nodales o de piso), de la siguiente forma, ecuación 3.17.

$$M\ddot{u}(t)_a + C\dot{u}(t)_a + Ku(t)_a = F(t) \quad (3.17)$$

Donde K es la matriz de rigidez, C es la matriz de amortiguamiento y M es la matriz de masas (concentradas). Los vectores dependientes del tiempo $\ddot{u}(t)_a$, $\dot{u}(t)_a$ y $u(t)_a$ son las aceleraciones, velocidades y desplazamientos absolutos (nodales o de piso), respectivamente.

En el caso de una acción sísmica, las cargas externas $F(t)$ se consideran iguales a cero. Los movimientos sísmicos básicos son las tres componentes de desplazamiento de la base $u(t)_{ig}$, que son conocidos en los puntos que se encuentran al nivel de la cimentación.

Podemos plantear la ecuación 3.1 en términos relativos a los desplazamientos de la base, es decir, los desplazamientos relativos $u(t)$, las velocidades relativas $\dot{u}(t)$ y las aceleraciones relativas $\ddot{u}(t)$.

En consecuencia, los desplazamientos, velocidades y aceleraciones absolutas se pueden eliminar de la ecuación 3.16 mediante el sistema lineal de ecuaciones 3.17a, 3.17b y 3.17c.

$$u(t)_a = u(t) + 1_x u(t)_{xg} + 1_y u(t)_{yg} + 1_z u(t)_{zg} \quad (3.17a)$$

$$\dot{u}(t)_a = \dot{u}(t) + 1_x \dot{u}(t)_{xg} + 1_y \dot{u}(t)_{yg} + 1_z \dot{u}(t)_{zg} \quad (3.17b)$$

$$\ddot{u}(t)_a = \ddot{u}(t) + 1_x \ddot{u}(t)_{xg} + 1_y \ddot{u}(t)_{yg} + 1_z \ddot{u}(t)_{zg} \quad (3.17c)$$

Donde 1_i es un vector con unos en las posiciones correspondientes a los grados de libertad en la dirección i y ceros en las otras posiciones.

Sustituyendo las ecuaciones 3.17a, 3.17b y 3.17c en la ecuación 3.16, quedando las ecuaciones dinámicas de equilibrio que se asocian a la respuesta de la estructura al movimiento del suelo, se obtiene la ecuación 3.18.

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + ku(t) = m_x u_{gx}(t) + m_y u_{gy}(t) + m_z u_{gz}(t) \quad (3.18)$$

El análisis sísmico espectro-respuesta, busca estimar la respuesta máxima posible a estas ecuaciones, o más bien, que en todo el intervalo o transcurso de historia dé respuesta. La aceleración sísmica del suelo en cada dirección es dada como un espectro de respuesta digital, que es una función de la respuesta de aceleración espectral contra el período de la estructura.

Los espectros de los sismos, tienen una forma irregular y presentan variaciones rebuscadas en la respuesta máxima en función del período natural. La influencia del amortiguamiento disminuye las variaciones de los espectros.

Así una vez que se determina la participación de cada modo natural en las fuerzas laterales que actúan sobre la estructura, usando las aceleraciones espectrales, los desplazamientos calculados deberán de multiplicarse por Q para el cálculo de los efectos de segundo orden y además verificando que no se alcanza algún estado límite de servicio.

De acuerdo al RCDF04, el espectro de diseño que le corresponde a la estructura en estudio, según su ubicación, es el que se muestra en la figura 3.7. Las fuerzas generadas en el análisis se observan en la figura 3.9.

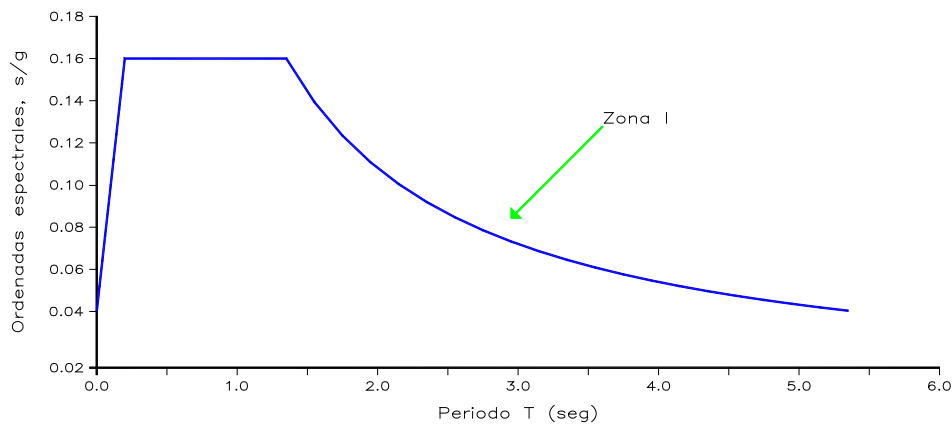


Fig. 3.7 Espectro de Diseño.

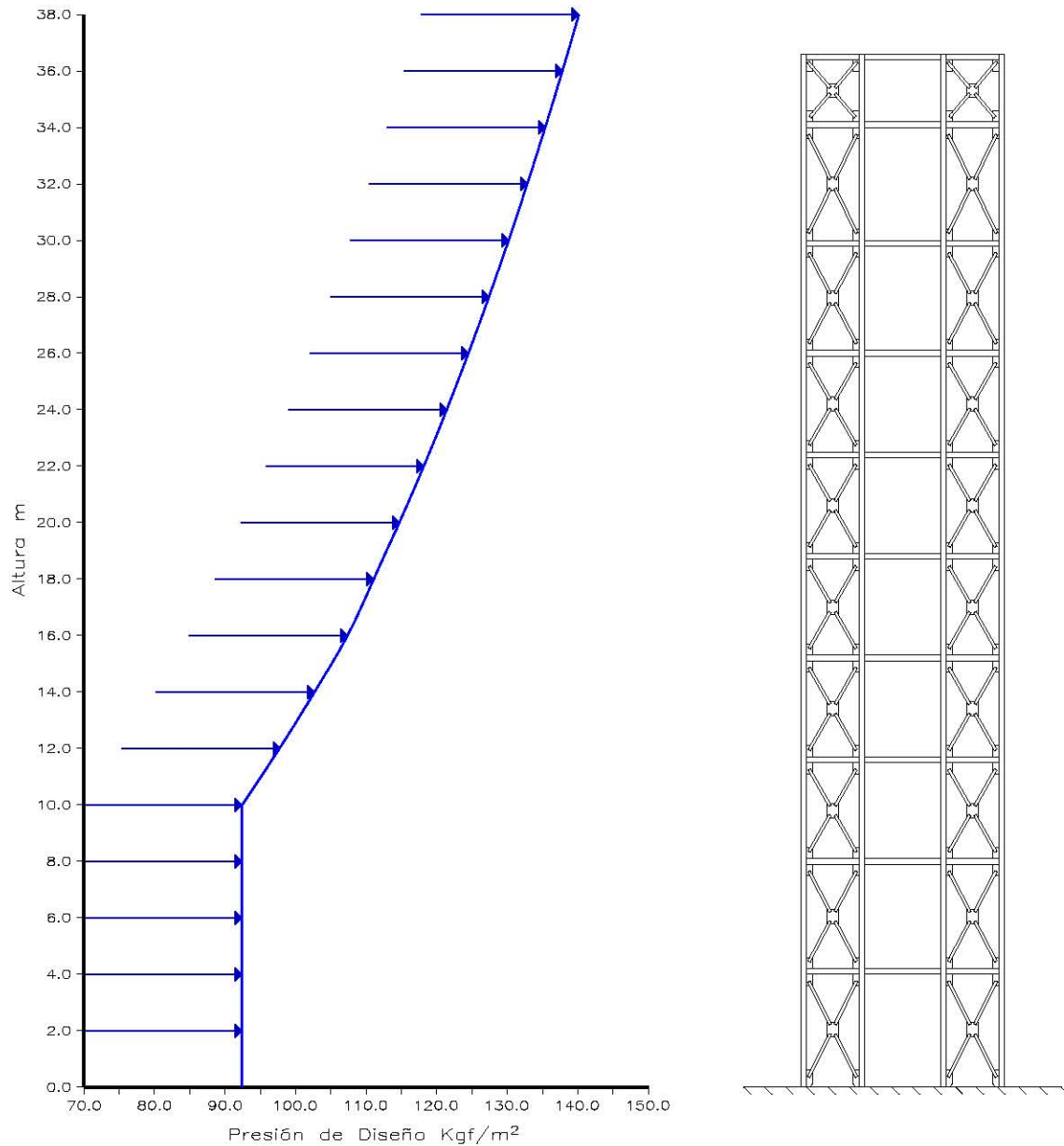
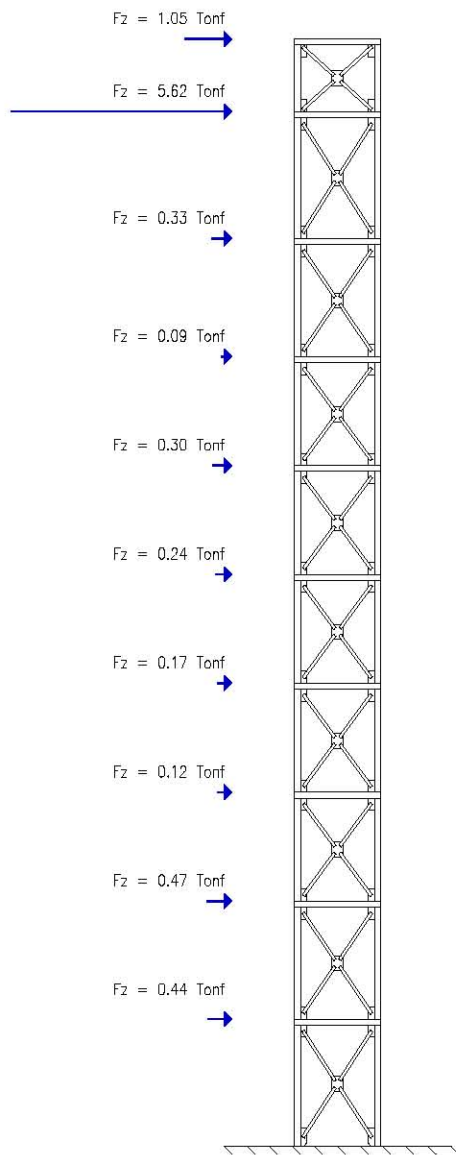
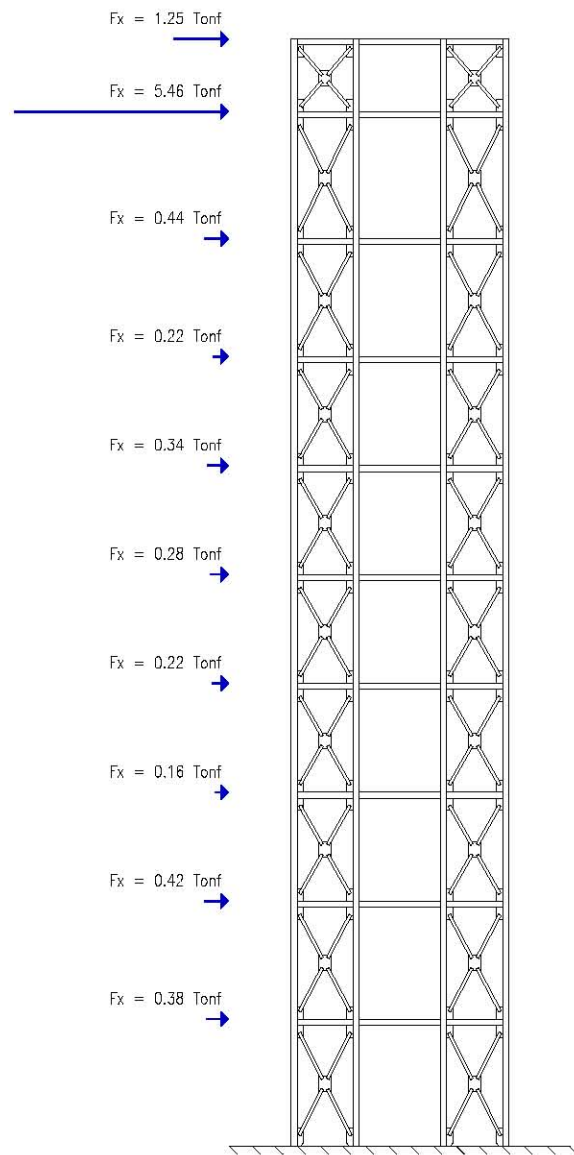


FIG. 3.8 DISTRIBUCIÓN DE PRESIÓN DE DISEÑO DEL VIENTO CON RESPECTO A LA ALTURA

			
Estudio profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Presenta: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSÉ GABRIEL CHÁVEZ			
Concepción: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaboración: JGCH/MGB	Revisión: Diseño, Viento	Escala: 1:250
Dibujo: DISTRIBUCIÓN DE FUERZA EÓLICA		Fecha: Marzo 2014	Folio: 3.8



Sismo Dinámico Espectral en dirección Z



Sismo Dinámico Espectral en dirección X

FIG. 3.9 DISTRIBUCIÓN DE FUERZA CORTANTE EN CADA ENTREPISO DEBIDO A SISMO

			
Estudio profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Presentado: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Corrección: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JGCH/MGB	Revisado: DISTRIB. Sismo	Revisión: 1.2500
Dibujos: DISTRIBUCIÓN DE FUERZA SÍSMICA		Fecha: Marzo 2014	Folios: 3.9

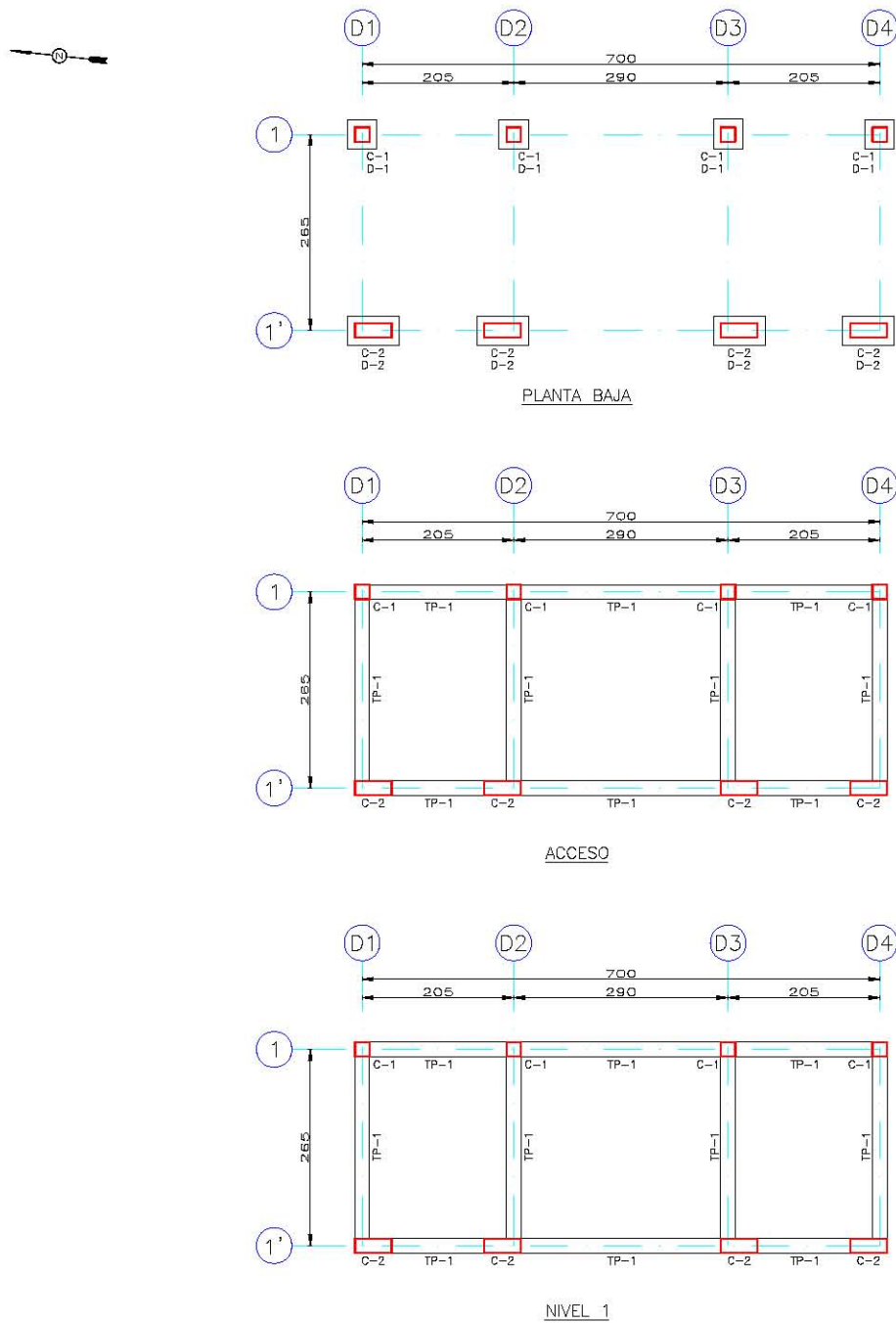
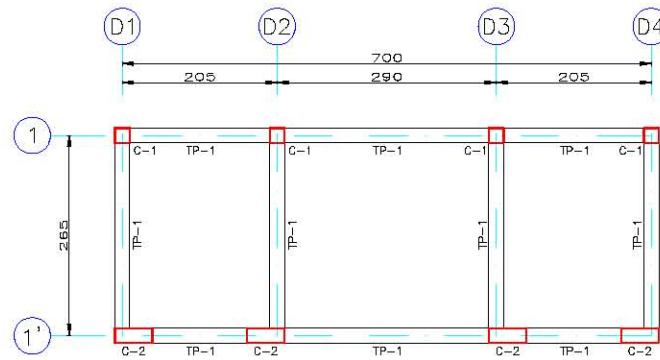
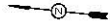


FIG. 3.10 PLANTA BAJA, ACCESO Y NIVEL 1

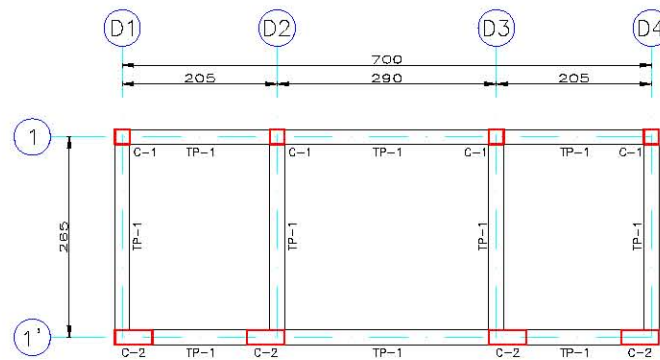
NOTAS
 1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
 2. NIVELES EN METROS.

SIMBOLOGÍA
 — TP TRABE PRINCIPAL
 □ C COLUMNA

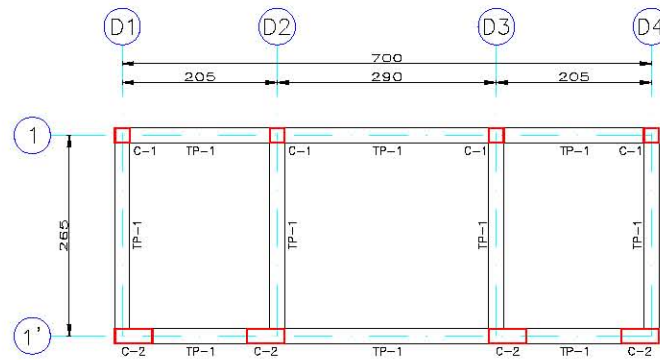
 Institución profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Calificación: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MGB	Revisado: PRL/AC_N1	Escala: 1:100
Dibujos: ESTRUCTURALES: PLANTA BAJA, ACCESO y NIVEL 1		Fecha: Marzo 2014	Figura: 3.10



NIVEL 2



NIVEL 3



NIVEL 4

FIG. 3.11 NIVEL 2, NIVEL 3 Y NIVEL 4

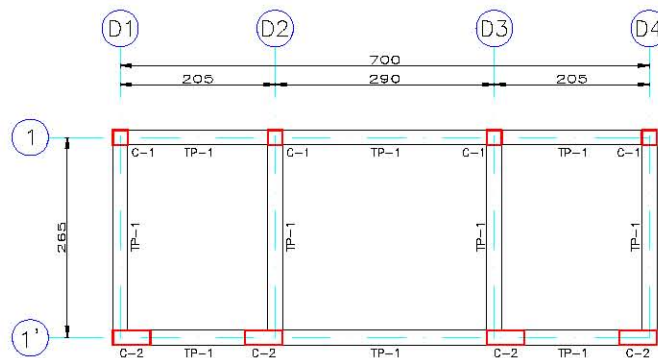
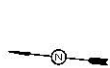
NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

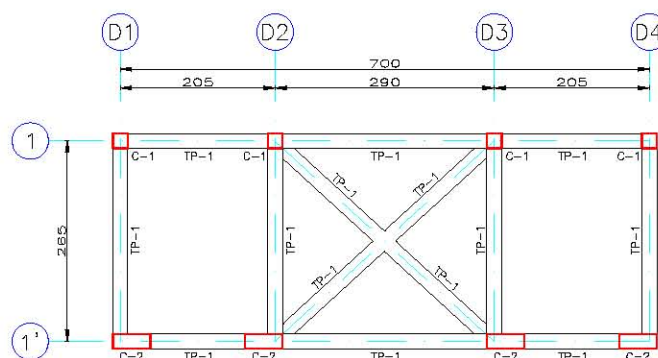
SIMBOLOGÍA

- TP TRABE PRINCIPAL
- C COLUMNA

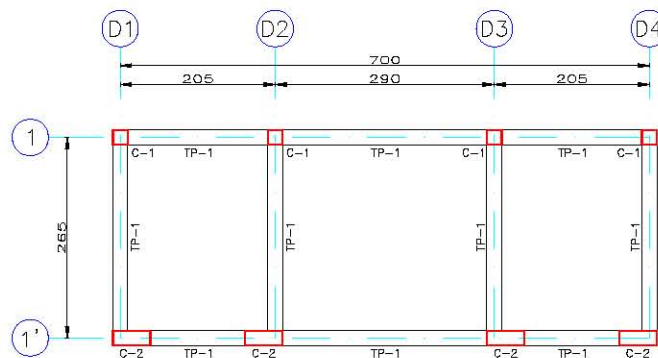
Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepto: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSC/MGB	Revisado: M2/J3_M4	Escalón: 1:100
Dibujos: ESTRUCTURALES: NIVEL 2, NIVEL 3 y NIVEL 4		Fecha: Marzo 2014	Figura: 3.11



NIVEL 5



NIVEL 6



CAFETERÍA

FIG. 3.12 NIVEL 5, NIVEL 6 Y CAFETERÍA

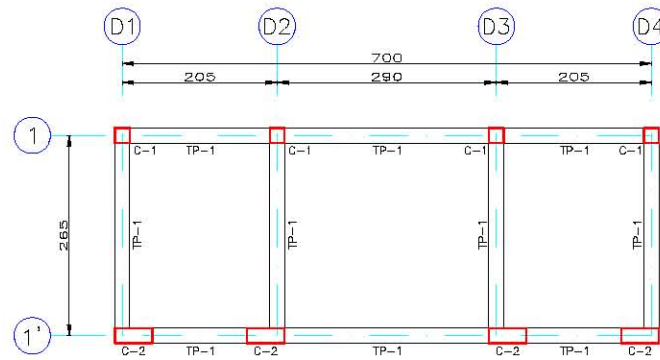
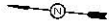
NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

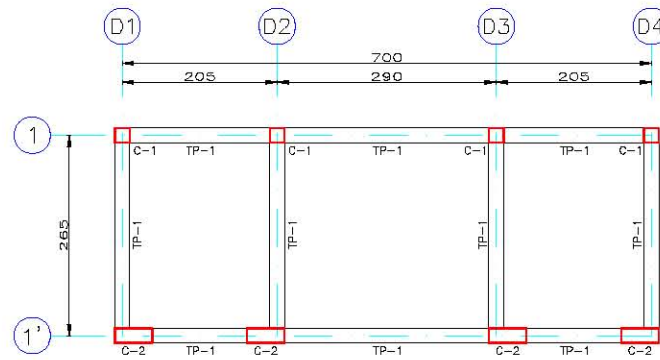
SIMBOLOGÍA

- TP TRABE PRINCIPAL
- C COLUMNA

ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Presentado: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepción: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Autorizado: JSC/MGB	Verificado: NLS/MG_CA	Escala: 1:100
Dibujos: ESTRUCTURALES: NIVEL 5, NIVEL 6 y CAFETERÍA		Fecha: Marzo 2014	Figura: 3.12



CUARTO DE MÁQUINAS



AZOTEA

FIG. 3.13 CUARTO DE MÁQUINAS Y AZOTEA

NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

SIMBOLOGÍA

- TP TRABE PRINCIPAL
- C COLUMNA

Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Corrección: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaboró: JSC/MAGB	Revisó: C10MAQ/AZ	Escalón: 1:100
Dibujó: ESTRUCTURALES: CUARTO DE MÁQUINAS Y AZOTEA		Fecha: Marzo 2014	Figura: 3.13

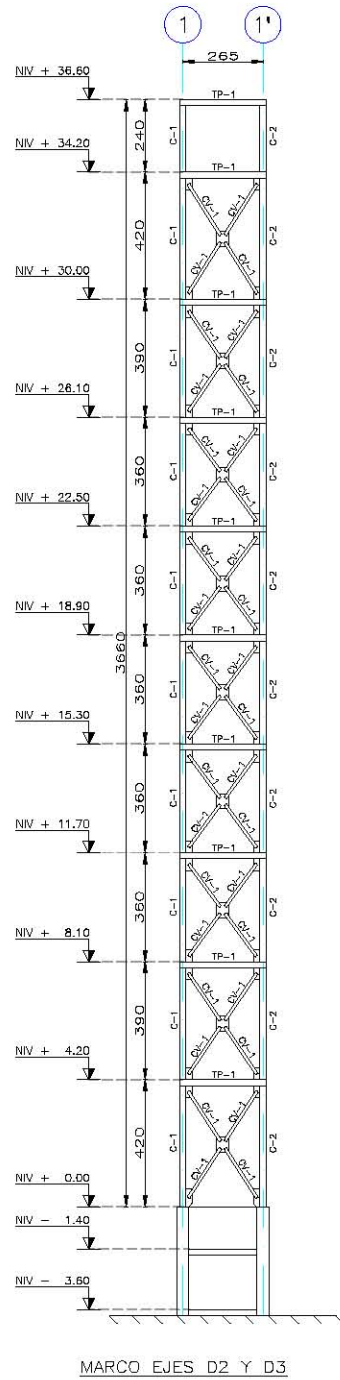
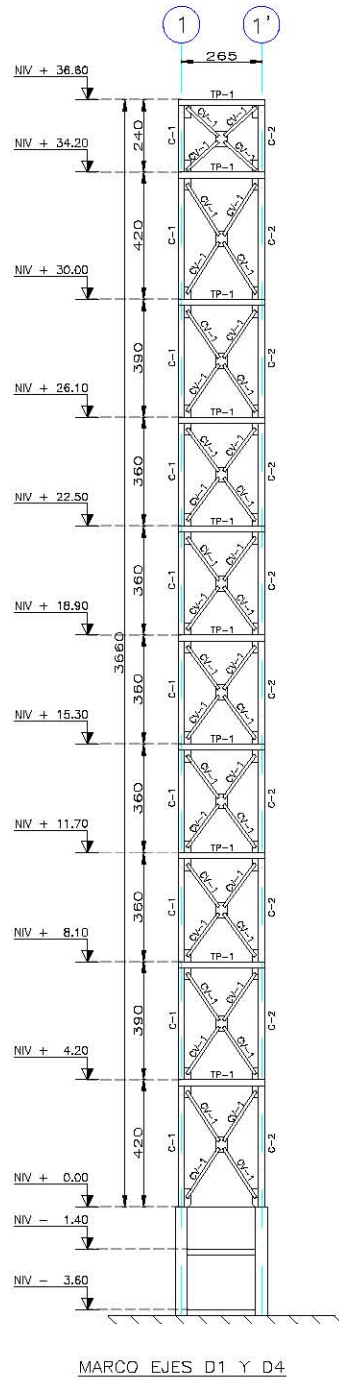


FIG. 3.14 MARCO EJES D1 A D4

NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

SIMBOLOGÍA

- TP TRABE PRINCIPAL
C COLUMNA
CV CONTRAVIENTO

 Estudio profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Presenta: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepción: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSC/MAGB	Revisado: Marcos D1 y D4	Escalado: 1:250
Dibujos: ESTRUCTURALES: MARCO EJES D1, D2, D3 y D4		Fecha: Marzo 2014	Folios: 3.14

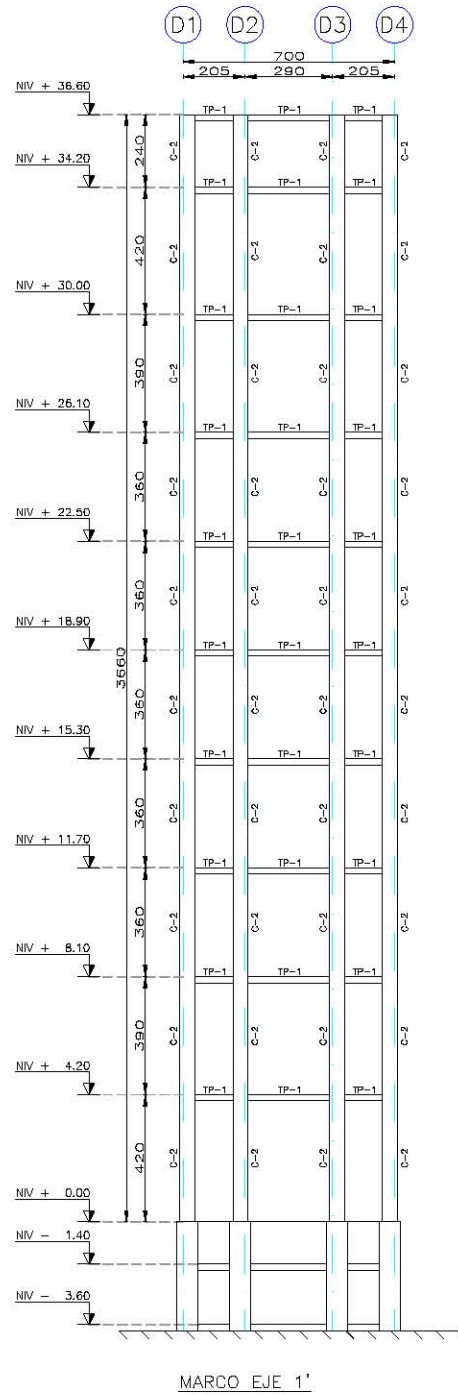
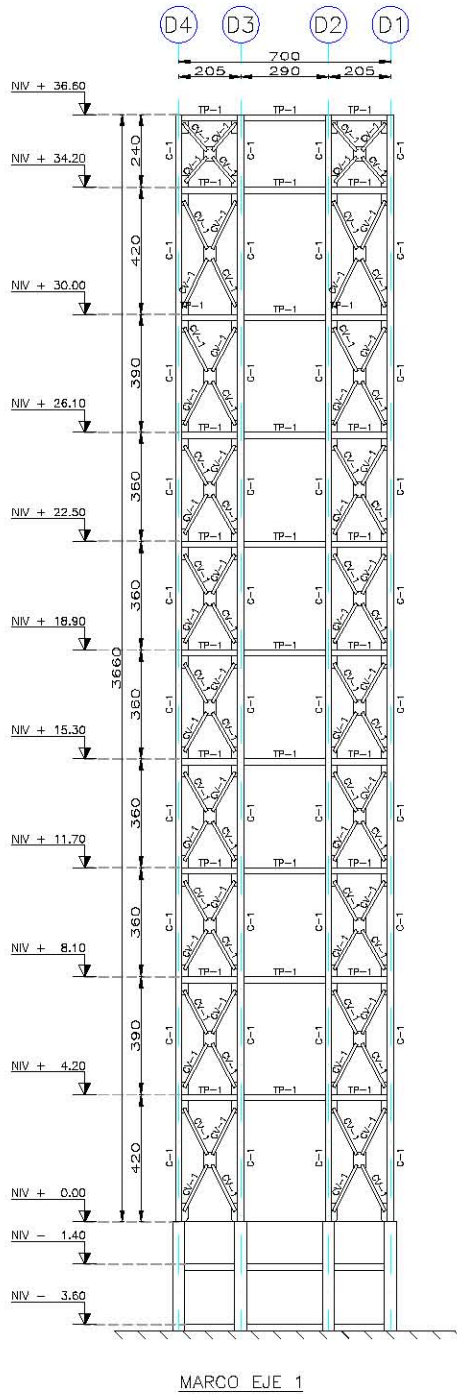


FIG. 3.15 MARCO EJES 1 Y 1'

NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

SIMBOLOGÍA

TP	TRABE PRINCIPAL
C	COLUMNA
CV	CONTRAVIENTO

ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Presenta: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Corrección: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JOSHY/MGB	Revisado: MORALES 1 y 1'	Escalado: 1:250
Dibujos: ESTRUCTURALES: MARCO EJES 1 y 1'	Fecha: Marzo 2014	Folios: 3.15	

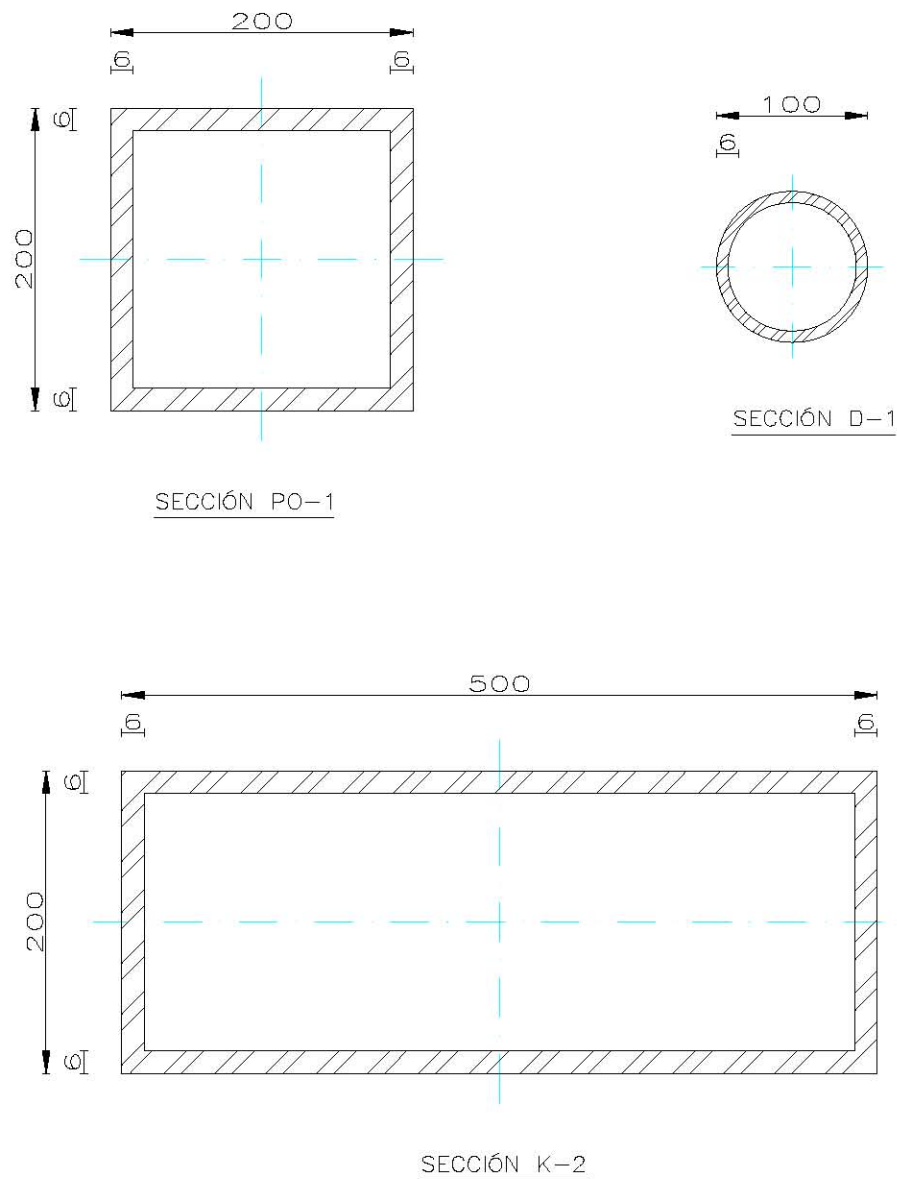
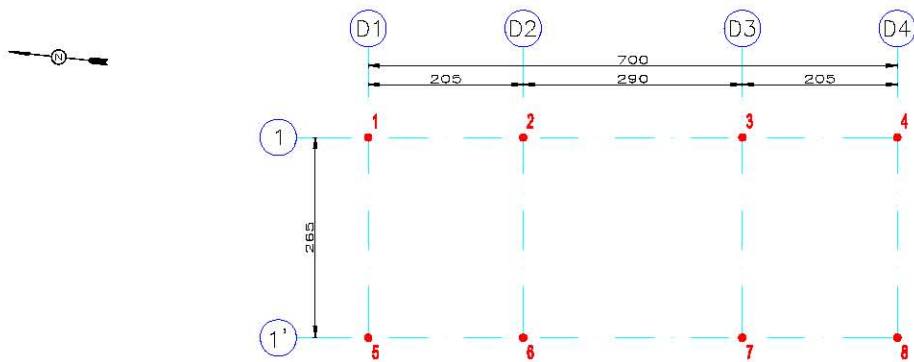


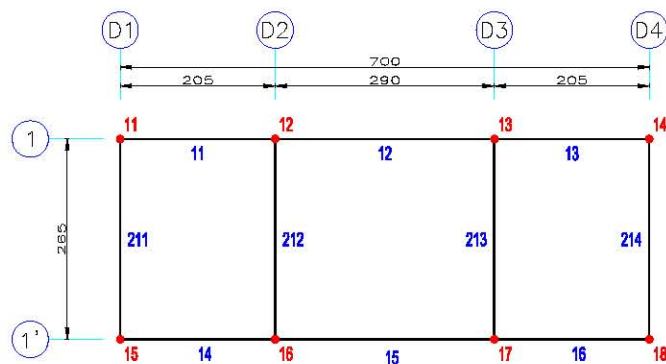
FIG. 3.16 TIPOS DE SECCIONES

NOTAS
1. DIMENSIONES EN MILÍMETROS.

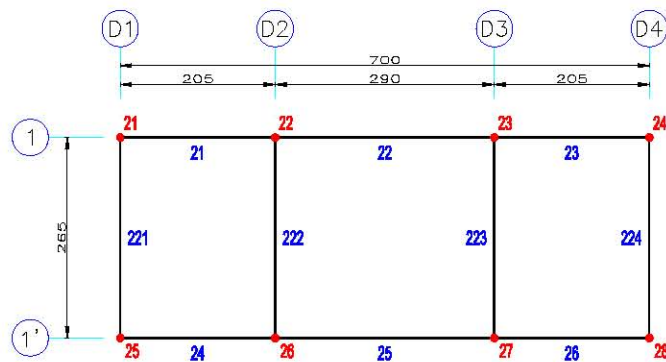
			
Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Calificación: REVISIÓN ESTRUCTURAL		Elaborado: JSDH/MAGB	Revisado: S/E
Dibujó: GEOMETRIA: SECCIONES		Fecha: Marzo 2014	Figura: 3.16



PLANTA BAJA



ACCESO



NIVEL 1

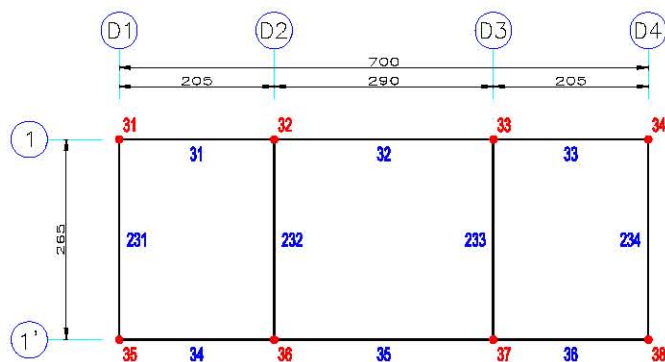
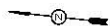
FIG. 3.17 PLANTA BAJA, ACCESO Y NIVEL 1

- NOTAS**
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
 2. NIVELES EN METROS.

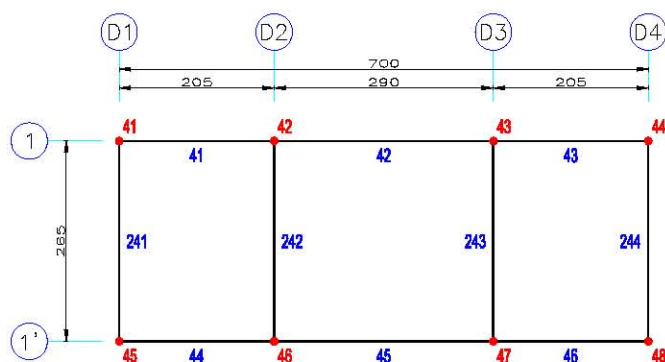
SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABES
- TRABE

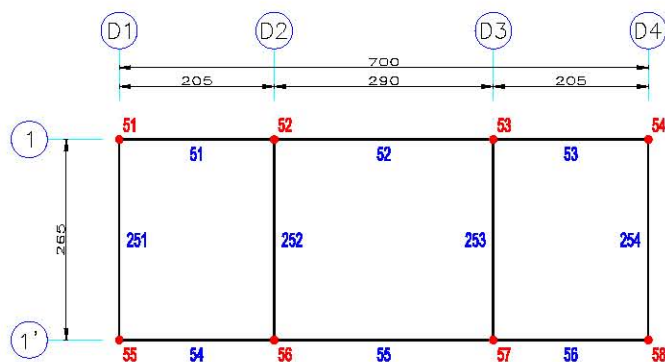
 Issuó profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSÉ GABRIEL CHÁVEZ			
Concepto: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaboró: JSC/MGB	Revisó: JSC/MGB	Escalón: 1:100
Dibujo: TOPOLOGÍA, PLANTA BAJA, ACCESO Y NIVEL 1		Fecha: Marzo 2014	Figura: 3.17



NIVEL 2



NIVEL 3



NIVEL 4

FIG. 3.18 NIVEL 2, NIVEL 3 Y NIVEL 4

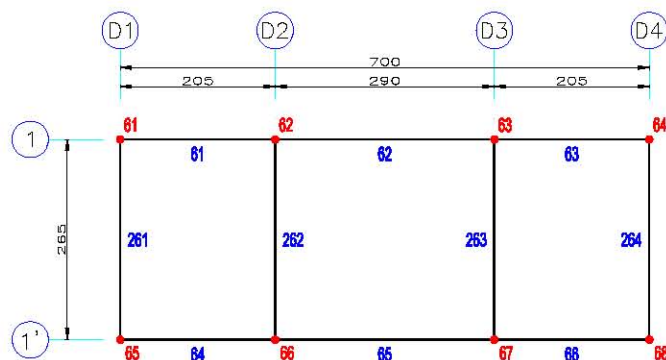
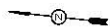
NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

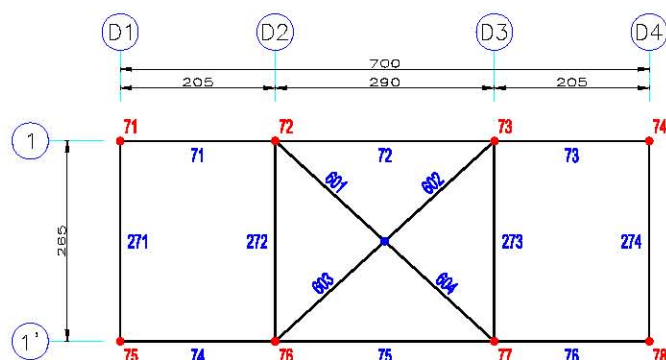
SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABES
- TRABE

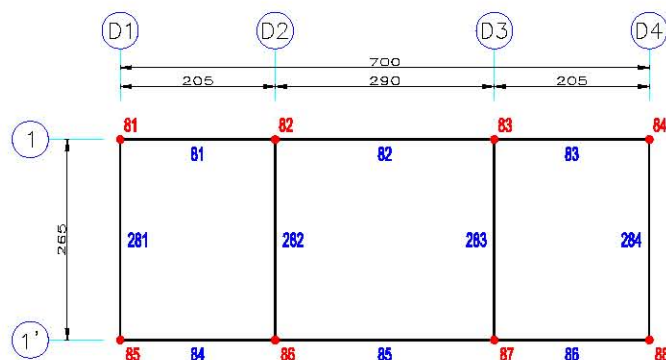
 Issuó profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Presentó: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSÉ GABRIEL CHÁVEZ			
Corrección: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaboró: JSC/MGB	Formato: Tipo_P2	Escala: 1:100
Dibujo: TOPOLOGÍA: NIVEL 2, NIVEL 3 y NIVEL 4		Fecha: Marzo 2014	Firma: 3.18



NIVEL 5



NIVEL 6



CAFETERÍA

FIG. 3.19 NIVEL 5, NIVEL 6 Y CAFETERÍA

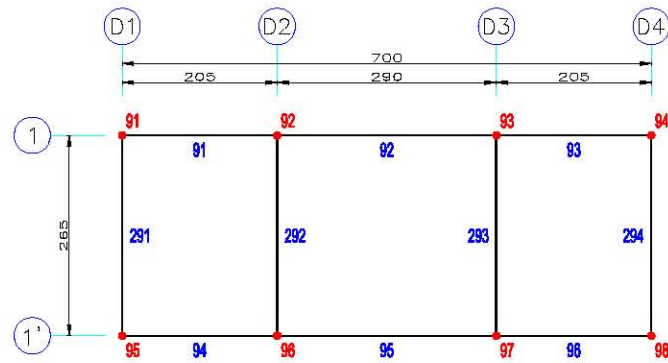
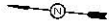
NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

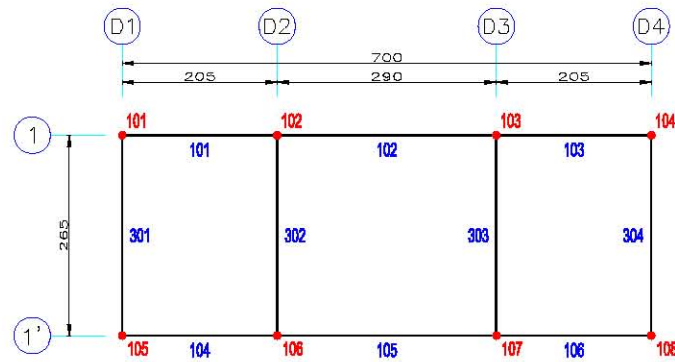
SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABES
- TRABE

 Issuó profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSÉ GABRIEL CHÁVEZ			
Calificación: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSC/MGB	Formato: Tipo_P3	Escala: 1:100
Dibujó: TOPOLOGÍA: NIVEL 5, NIVEL 6 Y CAFETERÍA		Fecha: Marzo 2014	Firma: 3.19



CUARTO DE MÁQUINAS



AZOTEA

FIG. 3.20 CUARTO DE MÁQUINAS Y AZOTEA

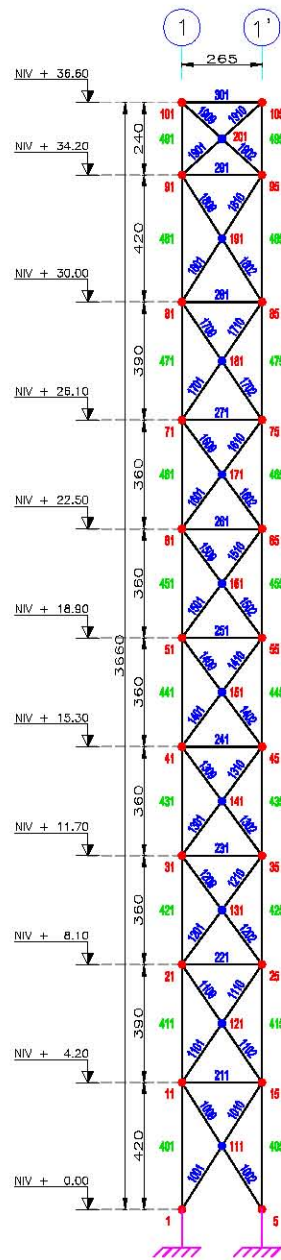
NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

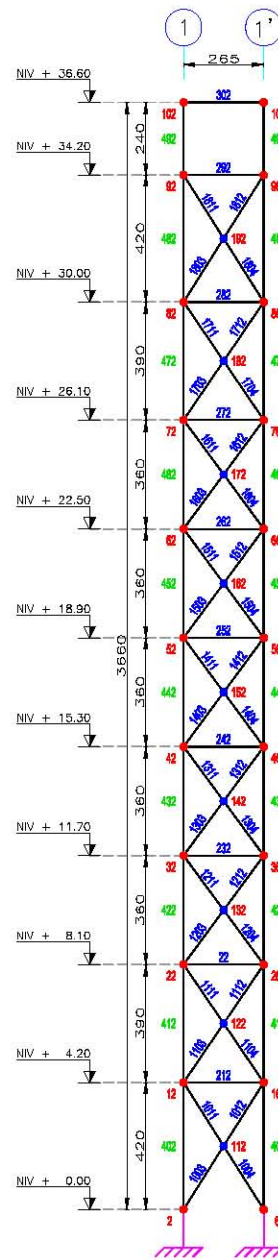
SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABES
- TRABE

Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Corrección: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Archivo: Tapa_P4	Escala: 1:100
Dibujó: TOPOLOGÍA: CUARTO DE MÁQUINAS Y AZOTEA	Fecha: Marzo 2014	Figura: 3.20	



MARCO EJES D1 Y D4



MARCO EJES D2 Y D3

FIG. 3.21 MARCO EJES D1 A D4

NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABES
- TRABE

			
Estudio profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepto: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSC/MGB	Revisado: JSC/M1	Fecha: 1/2014
Dibujos: TOPOLOGÍA: MARCO EJES D1, D2, D3 Y D4		Fecha: Marzo 2014	Figura: 3.21

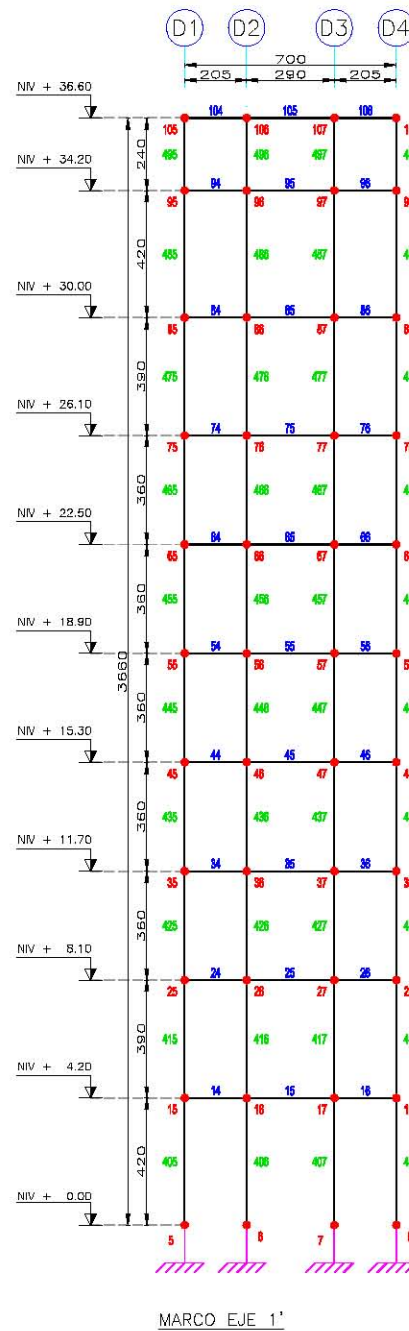
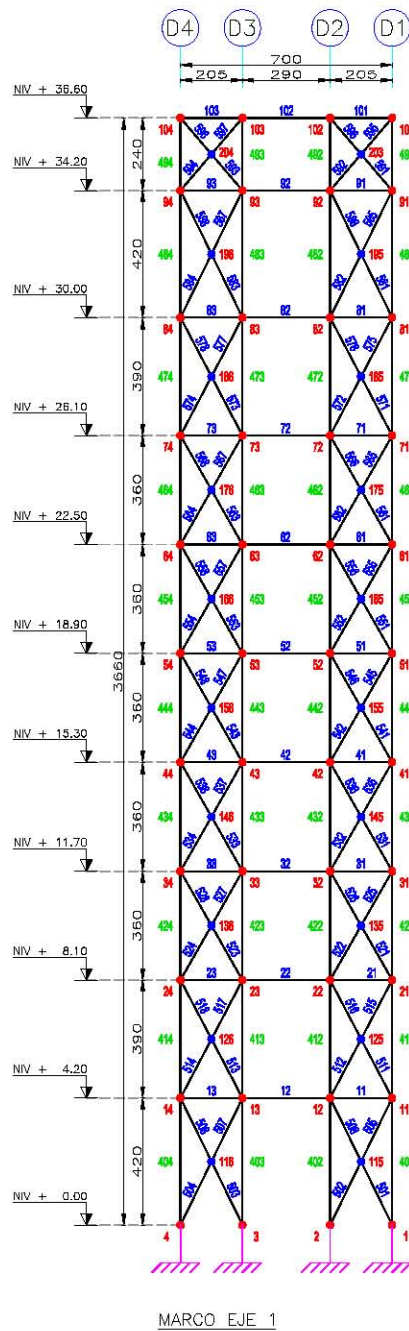


FIG. 3.22 MARCO EJES 1 Y 1'

NOTAS

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABES
- TRABE

 Institución profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSÉ GABRIEL CHÁVEZ			
Calificación: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JGCH/MGB	Revisado: JGCH/MGB	Fecha: 1/2/2014
Dibujos: TOPOLOGÍA MARCO EJES 1 y 1'		Fecha: Marzo 2014	Folio: 3/22

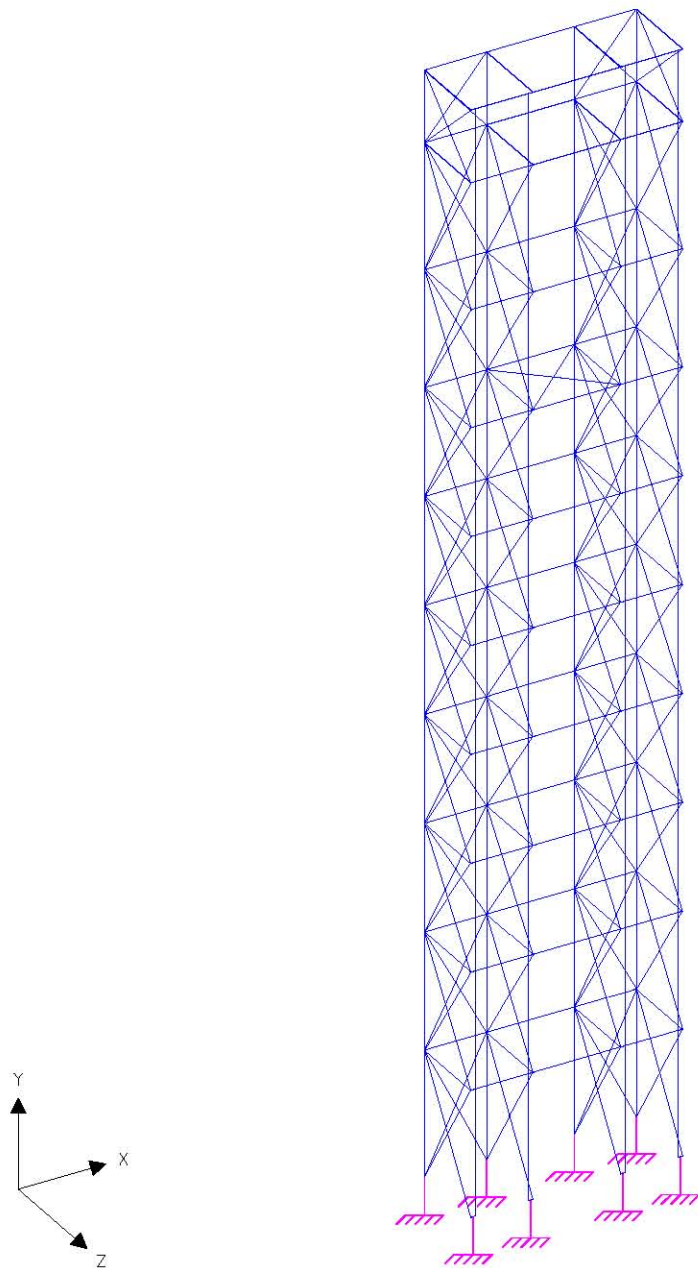


FIG. 3.23 ISOMÉTRICO 1 DE MODELO TRIDIMENSIONAL

	Escuela profesional:		
	ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO		
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Corrección:	REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSC/MAGB	Modificado: Mod_11
Dibujos:		Fecha: MARZO 2014	Hoja: 3.23
Modelado: ISOMÉTRICO 1			

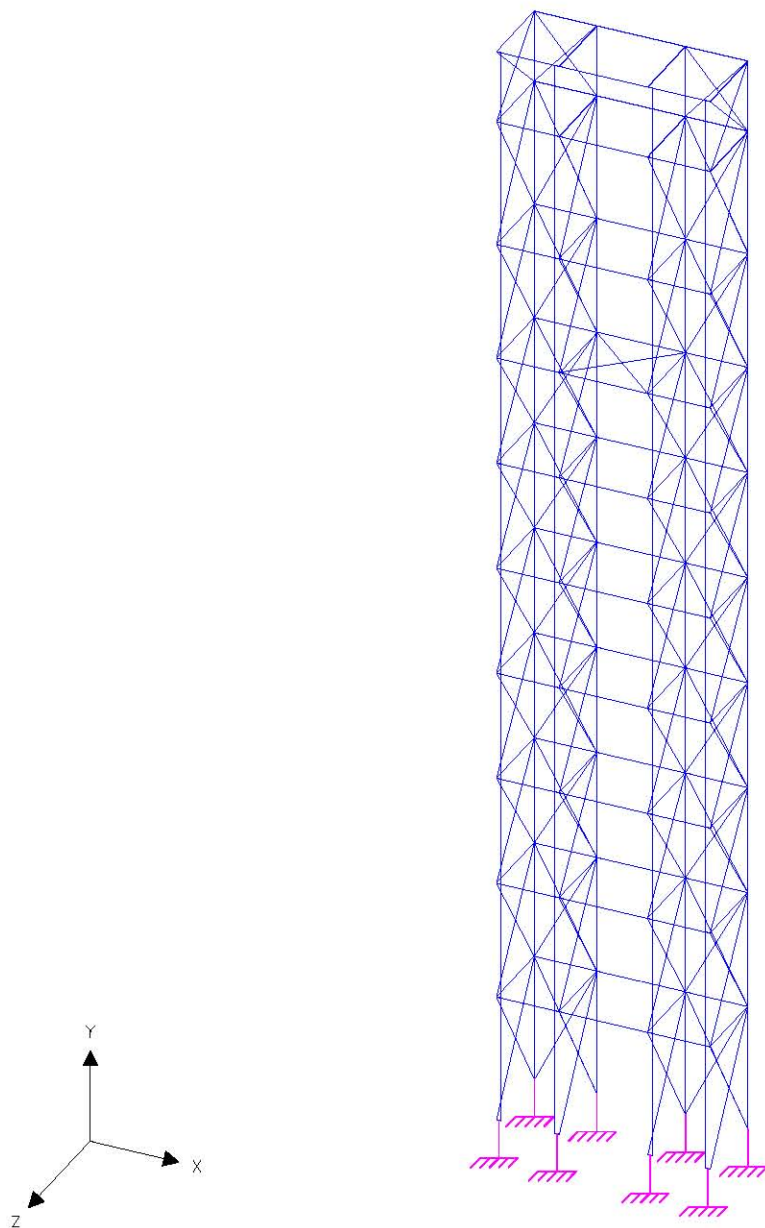


FIG. 3.24 ISOMÉTRICO 2 DE MODELO TRIDIMENSIONAL

 tesis profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
corrección:	revisión:	archivo:	revisión:
REVISIÓN ESTRUCTURAL	JSC/MAGB	Mod_12	8/E
dibuja:	fecha:	figura:	
MODELACIÓN ISOMÉTRICO 2	MARZO 2014	3.24	

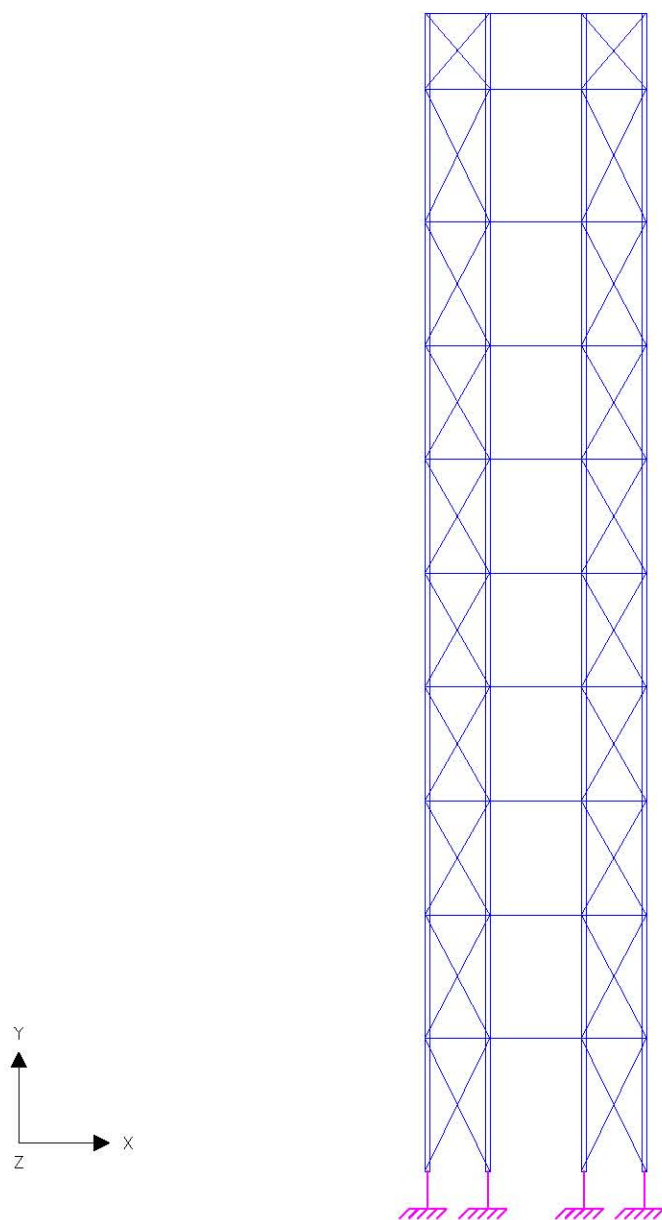


FIG. 3.25 ISOMÉTRICO 3 DE MODELO TRIDIMENSIONAL

	Escuela profesional:		
	ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO		
Presenta: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Corrección:	Revisión:	Modificación:	Revisión:
REVISIÓN ESTRUCTURAL	JOSHY/MGB	Mod_03	8/E
Dibuja:		Fecha:	Figura:
MODELACIÓN ISOMÉTRICO 3		MARZO 2014	3.25

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS CONFORME DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS

El artículo 146 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 2004, establece que toda edificación debe contar con un sistema estructural que permita el flujo adecuado de las fuerzas que generan las distintas acciones de diseño, para que dichas fuerzas puedan ser transmitidas de manera continua y eficiente hasta la cimentación, la cual debe garantizar la correcta transmisión de dichas fuerzas al subsuelo.

El artículo 147 indica que toda estructura y cada una de sus partes deben diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguientes:

- a) Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada.
- b) No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

IV.1. Revisión de estados límite de servicio

Se considera como estado límite de servicio la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas. Conforme lo descrito en el capítulo III, se calcularon las distorsiones a partir de los desplazamientos que se presentan en los diferentes niveles de la estructura, ocasionados por la combinación de carga CC08 hasta la combinación de carga CC12.

Se entiende como distorsión al cociente del desplazamiento relativo entre dos niveles de piso o secciones horizontales, dividido entre la correspondiente diferencia de elevaciones.

$$\Psi = \Delta H \quad (4.1)$$

Donde:

- Ψ Distorsión.
- Δ Desplazamiento relativo entre dos pisos o niveles sucesivos, cm.
- H Altura de entrepiso o entre niveles sucesivos, cm.

Se limitó la distorsión admisible a 0.002 conforme el RCDF04, debido a que existen elementos de relleno que puedan dañarse como consecuencia de las deformaciones angulares. En las figuras 4.1 a 4.5 se presentan los isométricos correspondientes de las configuraciones deformadas para la combinación de carga CC09, donde se resaltan los desplazamientos máximos en la dirección X; en las figuras 4. 6 a 4.10 se presentan los isométricos correspondientes para las configuraciones deformadas en la combinación de carga CC12, en ésta se presentan los desplazamientos máximos en la dirección Z. En ambos casos la configuración deformada se amplificó 50 veces con respecto a la configuración inicial.

En las tablas 4.1.1 y 4.1.2 se presentan los desplazamientos de los marcos eje 1 y 1' respectivamente. Se observa que no se superan los valores permitidos de los límites de servicio.

Tabla 4.1.1 Revisión de desplazamientos en el marco correspondientes al Eje 1.

Marco Eje 1			Viento en dirección X			Viento en dirección Z		
Eje	Nudos	h (m)	Combinación de carga CC09		$\Delta X / h$	Combinación de carga CC12		$\Delta Z / h$
			δx (cm)	ΔX (cm)		δz (cm)	ΔZ (cm)	
D1	101	36.60	3.703	0.154	0.00004	11.618	0.991	0.00027
	91	34.20	3.549	0.343	0.00010	10.627	1.741	0.00051
	81	30.00	3.206	0.378	0.00013	8.886	1.6	0.00053
	71	26.10	2.828	0.403	0.00015	7.286	1.438	0.00055
	61	22.50	2.425	0.439	0.00020	5.848	1.374	0.00061
	51	18.90	1.986	0.459	0.00024	4.474	1.274	0.00067
	41	15.30	1.527	0.46	0.00030	3.2	1.131	0.00074
	31	11.70	1.067	0.43	0.00037	2.069	0.936	0.00080
	21	8.10	0.637	0.39	0.00048	1.133	0.739	0.00091
	11	4.20	0.247	0.247	0.00059	0.394	0.394	0.00094
D2	102	36.60	3.703	0.154	0.00004	11.619	0.992	0.00027
	92	34.20	3.549	0.342	0.00010	10.627	1.714	0.00050
	82	30.00	3.207	0.377	0.00013	8.913	1.588	0.00053
	72	26.10	2.83	0.403	0.00015	7.325	1.433	0.00055
	62	22.50	2.427	0.439	0.00020	5.892	1.374	0.00061
	52	18.90	1.988	0.46	0.00024	4.518	1.277	0.00068
	42	15.30	1.528	0.46	0.00030	3.241	1.136	0.00074
	32	11.70	1.068	0.431	0.00037	2.105	0.943	0.00081
	22	8.10	0.637	0.39	0.00048	1.162	0.751	0.00093
	12	4.20	0.247	0.247	0.00059	0.411	0.411	0.00098
D3	103	36.60	3.702	0.153	0.00004	11.619	0.992	0.00027
	93	34.20	3.549	0.342	0.00010	10.627	1.714	0.00050
	83	30.00	3.207	0.378	0.00013	8.913	1.588	0.00053
	73	26.10	2.829	0.403	0.00015	7.325	1.433	0.00055
	63	22.50	2.426	0.438	0.00019	5.892	1.374	0.00061
	53	18.90	1.988	0.46	0.00024	4.518	1.277	0.00068
	43	15.30	1.528	0.461	0.00030	3.241	1.136	0.00074
	33	11.70	1.067	0.43	0.00037	2.105	0.943	0.00081
	23	8.10	0.637	0.391	0.00048	1.162	0.751	0.00093
	13	4.20	0.246	0.246	0.00059	0.411	0.411	0.00098
D4	104	36.60	3.702	0.153	0.00004	11.618	0.991	0.00027
	94	34.20	3.549	0.339	0.00010	10.627	1.741	0.00051
	84	30.00	3.21	0.378	0.00013	8.886	1.6	0.00053
	74	26.10	2.832	0.402	0.00015	7.286	1.438	0.00055
	64	22.50	2.43	0.438	0.00019	5.848	1.374	0.00061
	54	18.90	1.992	0.459	0.00024	4.474	1.274	0.00067
	44	15.30	1.533	0.46	0.00030	3.2	1.131	0.00074
	34	11.70	1.073	0.429	0.00037	2.069	0.936	0.00080
	24	8.10	0.644	0.39	0.00048	1.133	0.739	0.00091
	14	4.20	0.254	0.254	0.00060	0.394	0.394	0.00094

Tabla 4.1.2 Revisión de desplazamientos en el marco correspondientes al Eje 1'.

Marco Eje 1'			Viento en dirección X			Viento en dirección Z		
Eje	Nudos	h (m)	Combinación de carga CC09		$\Delta X / h$	Combinación de carga CC12		$\Delta Z / h$
			δx (cm)	ΔX (cm)		δz (cm)	ΔZ (cm)	
D1	105	36.60	4.526	0.183	0.00005	11.618	0.992	0.00027
	95	34.20	4.343	0.414	0.00012	10.626	1.742	0.00051
	85	30.00	3.929	0.472	0.00016	8.884	1.601	0.00053
	75	26.10	3.457	0.463	0.00018	7.283	1.438	0.00055
	65	22.50	2.994	0.519	0.00023	5.845	1.375	0.00061
	55	18.90	2.475	0.556	0.00029	4.47	1.275	0.00067
	45	15.30	1.919	0.563	0.00037	3.195	1.131	0.00074
	35	11.70	1.356	0.538	0.00046	2.064	0.937	0.00080
	25	8.10	0.818	0.515	0.00064	1.127	0.723	0.00089
	15	4.20	0.303	0.303	0.00072	0.404	0.404	0.00096
D2	106	36.60	4.526	0.183	0.00005	11.619	0.992	0.00027
	96	34.20	4.343	0.415	0.00012	10.627	1.717	0.00050
	86	30.00	3.928	0.473	0.00016	8.91	1.588	0.00053
	76	26.10	3.455	0.462	0.00018	7.322	1.434	0.00055
	66	22.50	2.993	0.519	0.00023	5.888	1.374	0.00061
	56	18.90	2.474	0.556	0.00029	4.514	1.278	0.00068
	46	15.30	1.918	0.563	0.00037	3.236	1.136	0.00074
	36	11.70	1.355	0.538	0.00046	2.1	0.944	0.00081
	26	8.10	0.817	0.514	0.00063	1.156	0.752	0.00093
	16	4.20	0.303	0.303	0.00072	0.404	0.404	0.00096
D3	107	36.60	4.526	0.183	0.00005	11.619	0.992	0.00027
	97	34.20	4.343	0.416	0.00012	10.627	1.717	0.00050
	87	30.00	3.927	0.473	0.00016	8.91	1.588	0.00053
	77	26.10	3.454	0.462	0.00018	7.322	1.434	0.00055
	67	22.50	2.992	0.519	0.00023	5.888	1.374	0.00061
	57	18.90	2.473	0.556	0.00029	4.514	1.278	0.00068
	47	15.30	1.917	0.562	0.00037	3.236	1.136	0.00074
	37	11.70	1.355	0.538	0.00046	2.1	0.944	0.00081
	27	8.10	0.817	0.515	0.00064	1.156	0.752	0.00093
	17	4.20	0.302	0.302	0.00072	0.404	0.404	0.00096
D4	108	36.60	4.526	0.184	0.00005	11.618	0.992	0.00027
	98	34.20	4.342	0.415	0.00012	10.626	1.742	0.00051
	88	30.00	3.927	0.473	0.00016	8.884	1.601	0.00053
	78	26.10	3.454	0.463	0.00018	7.283	1.438	0.00055
	68	22.50	2.991	0.518	0.00023	5.845	1.375	0.00061
	58	18.90	2.473	0.556	0.00029	4.47	1.275	0.00067
	48	15.30	1.917	0.563	0.00037	3.195	1.131	0.00074
	38	11.70	1.354	0.538	0.00046	2.064	0.937	0.00080
	28	8.10	0.816	0.515	0.00064	1.127	0.741	0.00091
	18	4.20	0.301	0.301	0.00072	0.386	0.386	0.00092

IV.2 Revisión de estados límite de falla

Se considerará como estado límite de falla cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus elementos, o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten su resistencia ante nuevas aplicaciones de carga.

Para la revisión de índices de seguridad estructural de la estructura del cubo de elevadores se utilizó como base el reglamento del American Institute for Steel Construction, Allowable Stress Design, AISC-ASD89. El método se basa en verificar que los esfuerzos inducidos en los elementos estructurales no excedan un esfuerzo admisible, el cual resulta de dividir la resistencia del material entre un coeficiente de seguridad.

El método de revisión consiste en calcular mediante un análisis elástico-lineal, las acciones internas que producen las solicitaciones de servicio en los diversos elementos estructurales, y en comparar los esfuerzos máximos ocasionados por esas acciones, determinados también por métodos elásticos, con los permisibles o de trabajo que se obtienen dividiendo ciertos esfuerzos característicos (de fluencia, de falla por inestabilidad) entre un coeficiente de seguridad.

IV.2.1 Elementos en flexión

Secciones cuadradas, rectangulares y circulares

Esfuerzos admisibles para elementos con secciones compactas:

$$F_b = 0.66F_y \quad (4.2)$$

Donde:

F_b Esfuerzo de flexión permisible en elementos prismáticos, en ausencia de fuerzas axiales.

F_y Esfuerzo de fluencia mínimo especificado del acero utilizado.

Esfuerzos admisibles para elementos con secciones no compactas:

$$F_b = 0.60F_y \quad (4.3)$$

Donde:

F_b Esfuerzo de flexión permisible en elementos prismáticos, en ausencia de fuerzas axiales.

F_y Esfuerzo de fluencia mínimo especificado del acero utilizado.

IV.2.2 Elementos en Compresión

Estos esfuerzos admisibles están referidos al área bruta de la sección transversal del elemento. Además los elementos planos satisfacen las relaciones ancho/espesor.

$$F_a = \frac{12\pi E^2}{23 \left(\frac{kl}{r}\right)^2} \quad si \quad \frac{kl}{r} \geq C_c \quad (4.4)$$

$$F_a = \frac{F_y - \frac{F_y \left(\frac{kl}{r}\right)^2}{2C_c^2}}{\frac{5}{3} + \frac{3 \left(\frac{kl}{r}\right)}{8C_c} - \frac{\left(\frac{kl}{r}\right)^3}{8C_c^3}} \quad si \quad \frac{kl}{r} < C_c \quad (4.5)$$

Interpolando linealmente para cada valor de $\frac{kl}{r}$

Donde:

$\frac{kl}{r}$ Relación de esbeltez efectiva máxima del miembro.

k Factor de longitud efectiva de un miembro prismático.

l Longitud libre del miembro.

r Radio de giro de la sección.

C_c Relación de esbeltez de columnas que separa al pandeo elástico del inelástico.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad (4.6)$$

IV.2.3 Elementos sujetos a flexocompresión

Revisión en secciones extremas:

$$\frac{f_a}{0.6F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (4.7)$$

Donde:

$$f_a = \frac{P}{A} \quad (4.8)$$

$$f_{bx} = \frac{M_x}{S_x} \quad (4.9)$$

$$f_{by} = \frac{M_y}{S_y} \quad (4.10)$$

Revisión de la columna completa:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx}f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ex}}\right)F_{bx}} + \frac{C_{my}f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F'_{ey}}\right)F_{by}} \leq 1.0 \quad (4.11)$$

Si $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$ puede usarse la expresión siguiente, ya que no existe factor de amplificación:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (4.12)$$

Donde:

P	Fuerza axial en condiciones de servicio.
M _x , M _y	Momento flexionante en condiciones de servicio alrededor del eje “x” y “y” respectivamente.
A	Área de la sección transversal.
S _x , S _y	Módulo de sección elástico con respecto a los ejes “x” y “y” respectivamente.
F _a	Esfuerzo de compresión axial permisible en un miembro prismático, cuando hay momento de flexión.

F_{bx}, F_{by} Esfuerzo de flexión permisible en miembros prismáticos, en ausencia de fuerzas axiales, alrededor del eje “x” o solo a flexión alrededor del eje “y”.

$$F'_{ex} = \frac{12\pi^2 E}{23 \left(\frac{kl_x}{r_x} \right)^2} \quad (4.13)$$

$$F'_{ey} = \frac{12\pi^2 E}{23 \left(\frac{kl_y}{r_y} \right)^2} \quad (4.14)$$

F'_{ex}, F'_{ey} Esfuerzo de Euler dividido entre un factor de seguridad, en miembros prismáticos.

kl_x, kl_y Longitudes efectivas de pandeo en el plano del momento M_x y M_y respectivamente.

r_x, r_y Radio de giro de la sección con respecto al eje “x” y “y” respectivamente.

C_{mx}, C_{my} Transformados de elementos mecánicos a un diagrama uniforme equivalente. Considera el efecto “P-Δ”. Coeficientes que dependen de la curvatura de la columna causada por los momentos aplicados en ella, cuyo valor será.

- Para miembros en compresión en marcos sujetos a desplazamiento lateral, $C_m = 0.85$.
- Para miembros en compresión con extremos restringidos, en marcos arriostrados contra desplazamiento lateral y no sujetos a carga transversal entre sus apoyos en el plano de flexión:

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) > 0.4 \quad (4.15)$$

Donde M_1 es el menor y M_2 el mayor de los momentos de flexión en los extremos de la longitud no arriostrada, tomados respecto al eje mayor del miembro. La relación M_1/M_2 es positiva cuando el miembro está flexionado en curvatura doble y negativa cuando está flexionado en curvatura simple.

- Para miembros en compresión en marcos arriostrados contra desplazamiento lateral en el plano de la carga y sujetos a carga transversal entre sus apoyos, el valor de C_m puede determinarse por un análisis racional; sin embargo, en lugar de dicho análisis, pueden emplearse los valores siguientes:

$C_m = 0.85$ para miembros cuyos extremos están restringidos.

$C_m = 1.0$ para miembros cuyos extremos no están restringidos.

En las figuras 4.11 a 4.12 se presentan los resultados de la revisión, de los marcos tipo X para las diferentes combinaciones de carga correspondientes: la relación entre esfuerzos actuantes (σ_{act}) y esfuerzos admisibles (σ_{adm}) es un índice del estado de esfuerzos inducidos en cada elemento como porcentaje de su capacidad, está definido como:

$$\frac{\sigma_{act}}{\sigma_{adm}} = \frac{f_a}{F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (4.16)$$

Donde para cada elemento de la estructura, y para cada combinación de carga, se tiene la siguiente convención de colores y valores:

	$0.00 < \frac{\sigma_{act}}{\sigma_{adm}} \leq 0.50$
	$0.50 < \frac{\sigma_{act}}{\sigma_{adm}} \leq 0.80$
	$0.80 < \frac{\sigma_{act}}{\sigma_{adm}} \leq 1.00$

De los resultados obtenidos, se observa que los elementos 402 y 403 fueron los más esforzados, cuyo valor resultó de 0.615.

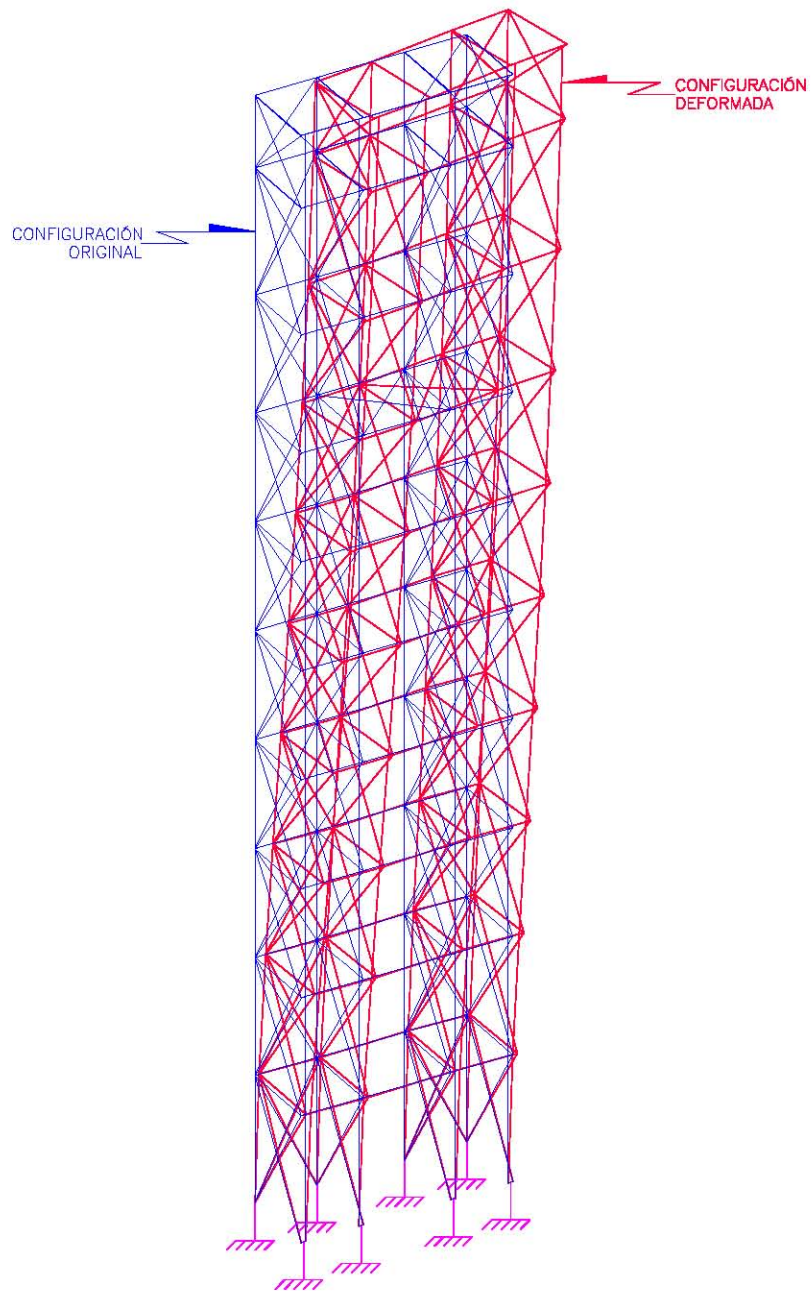


FIG. 4.1 ISOMÉTRICO 4 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 9

			
Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Consultoría: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Revisado: COEF/LA	Revisión: S/E
Dibujó: CONFIGURACIÓN DEFORMADA, ISOMÉTRICO 4	Fecha: MARZO 2014	Figura: 4.1	

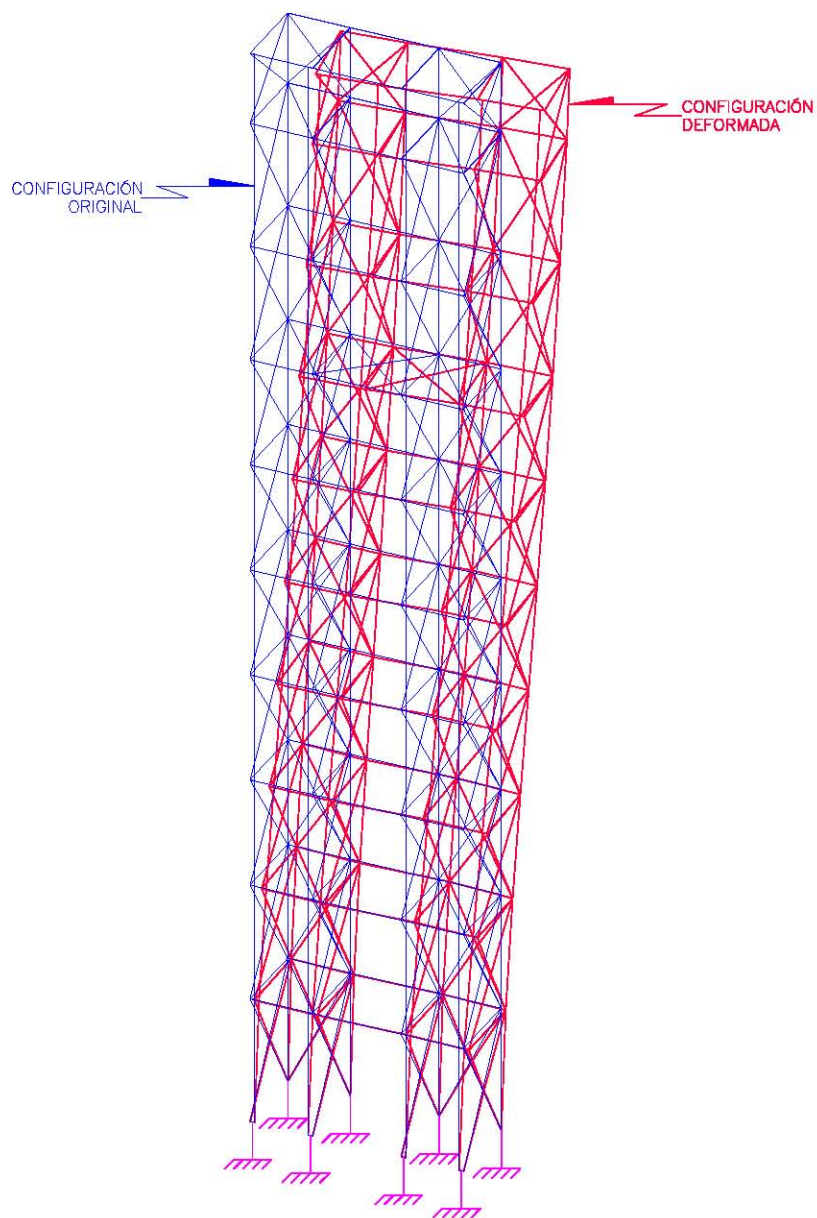


FIG. 4.2 ISOMÉTRICO 5 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 9

 Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Corrección: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaboración: JSC/MAGB	Revisión: CDEF/IB	Revisión: S/E
Dibujos: CONFIGURACIÓN DEFORMADA; ISOMÉTRICO 5	Fecha: MARZO 2014	Figura: 4.2	

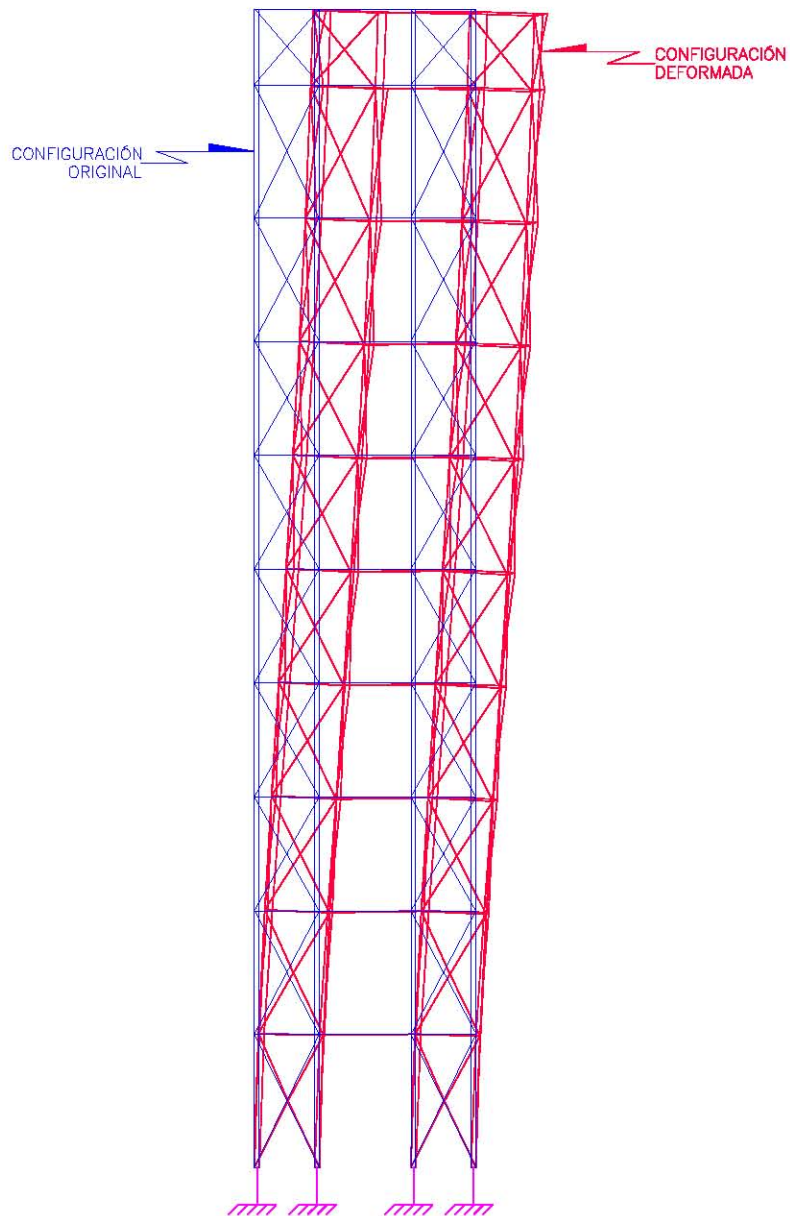


FIG. 4.3 ISOMÉTRICO 6 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 9

 Asocio profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Consultor: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Revisado: CDH/.../B	Revisión: S/E
Dibujó: CONFIGURACIÓN DEFORMADA: ISOMÉTRICO 6	Fecha: MARZO 2014	Figura: 4.3	

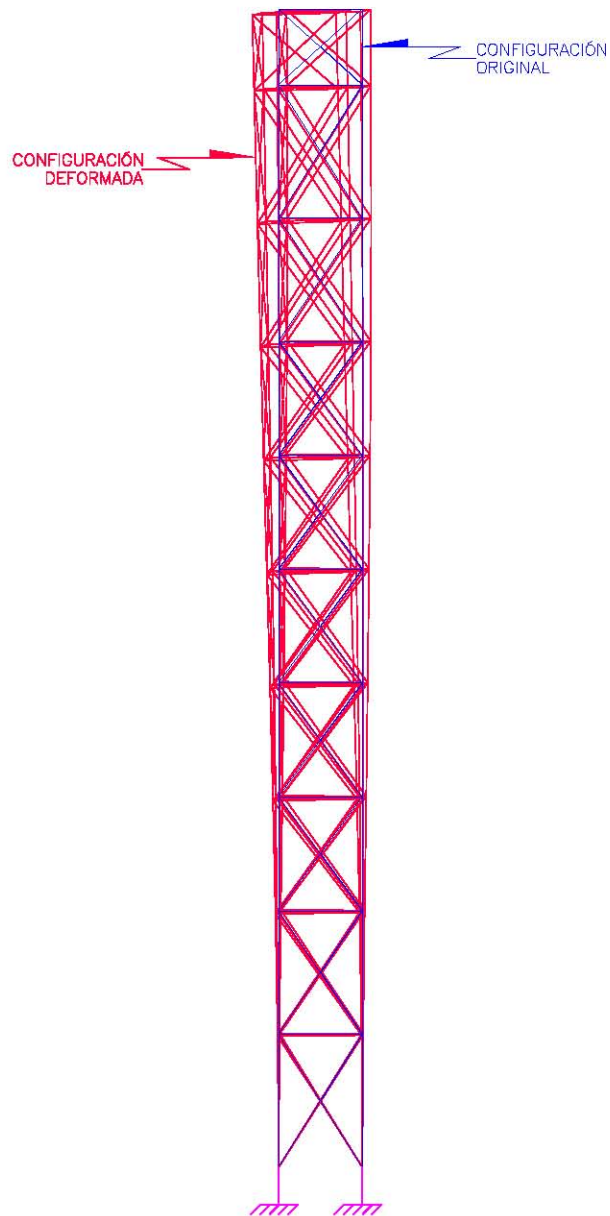


FIG. 4.4 ISOMÉTRICO 7 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 9

			
Asocio profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Consultor: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Revisado: CDH/.../7	Revisión: S/E
Dibujó: CONFIGURACIÓN DEFORMADA, ISOMÉTRICO 7	Fecha: MARZO 2014	Figura: 4.4	

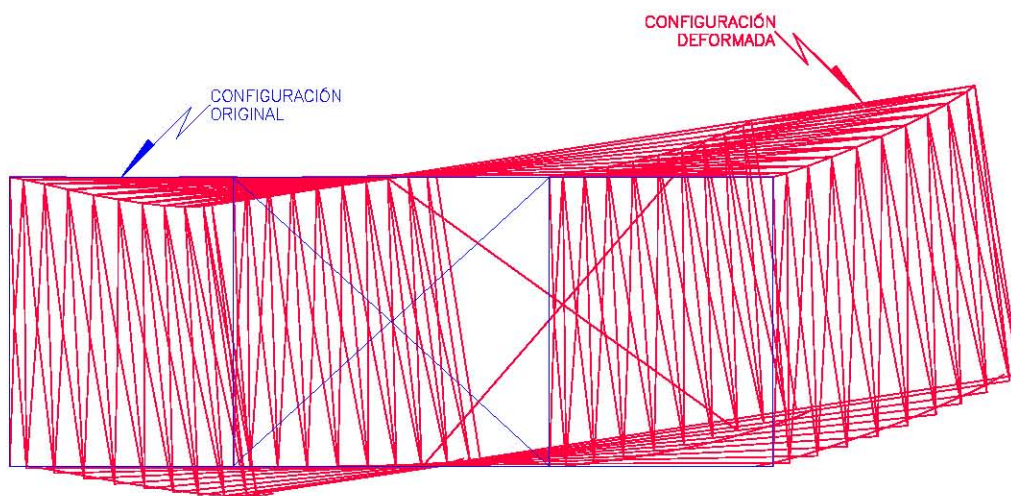


FIG. 4.5 ISOMÉTRICO 8 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 9

			
Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Corrección: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Revisado: COBET/IB	Revisión: S/E
Dibujos: CONFIGURACIÓN DEFORMADA: ISOMÉTRICO 8	Fecha: MARZO 2014	Figura: 4.5	

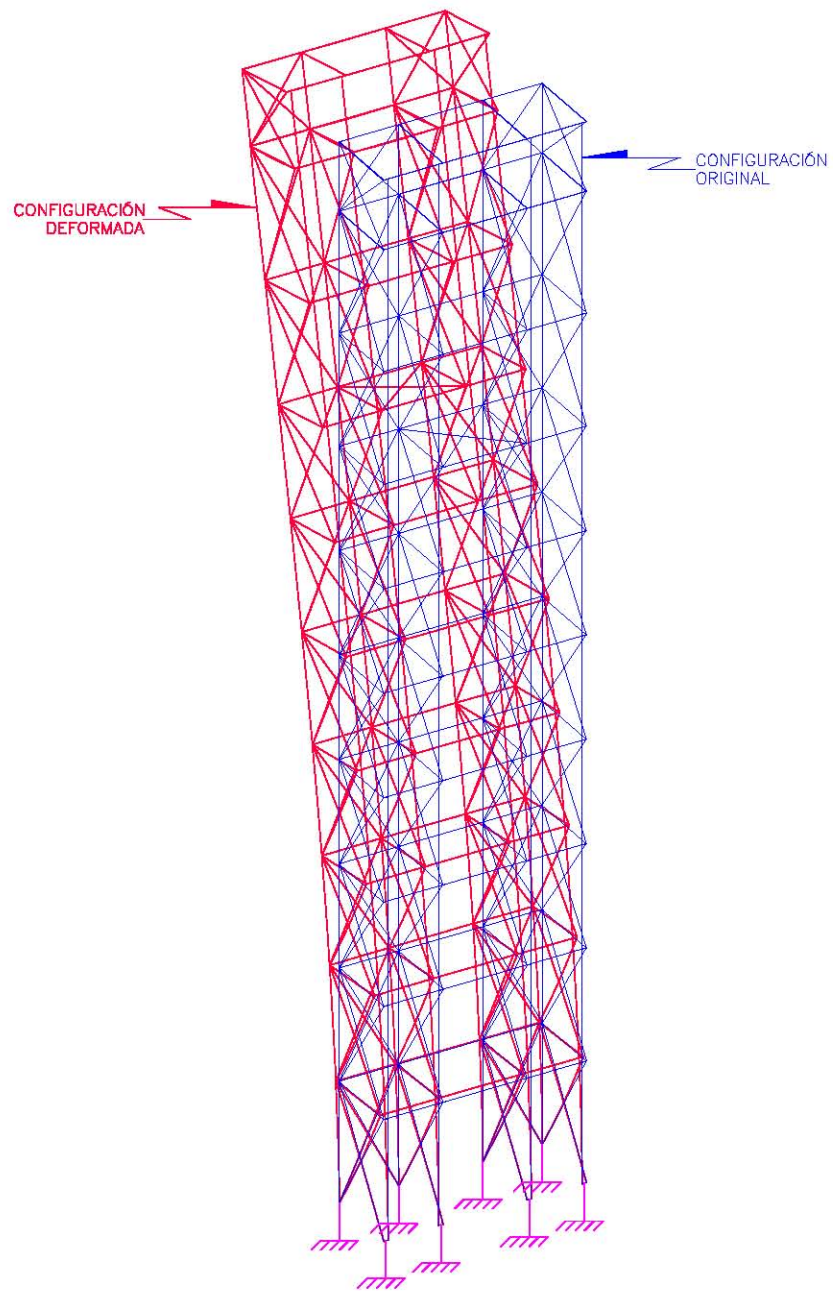


FIG. 4.6 ISOMÉTRICO 9 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12

 Asesor profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Consultor: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Revisado: CDB/..._19	Escala: 1/50
Dibujo: CONFIGURACIÓN DEFORMADA, ISOMÉTRICO 9		Fecha: MARZO 2014	Folio: 4.6

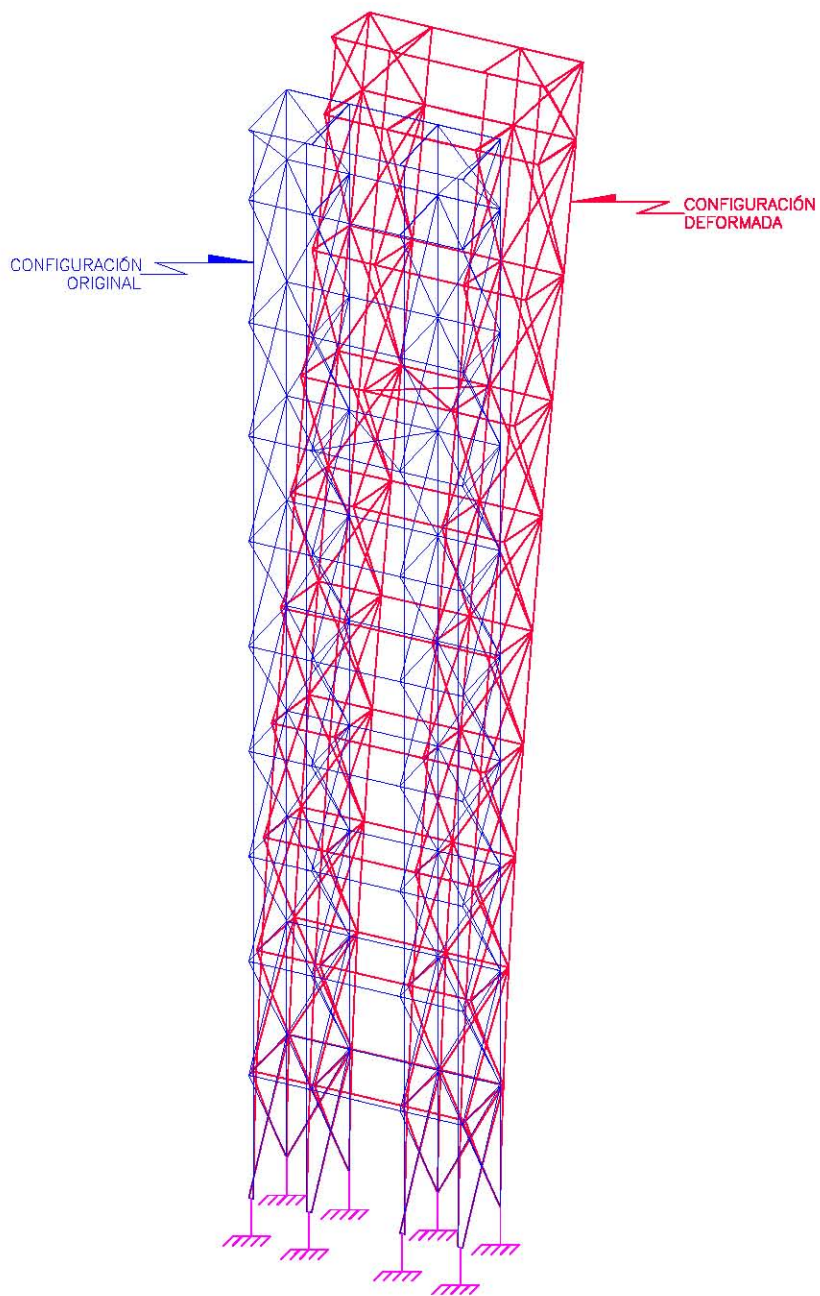


FIG. 4.7 ISOMÉTRICO 10 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12

 Asocio profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSÉ GABRIEL CHÁVEZ			
Consultor: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Revisado: CDef_110	Revisión: S/E
Dibujó: CONFIGURACIÓN DEFORMADA ISOMÉTRICO 10	Fecha: MARZO 2014	Figura: 4.7	

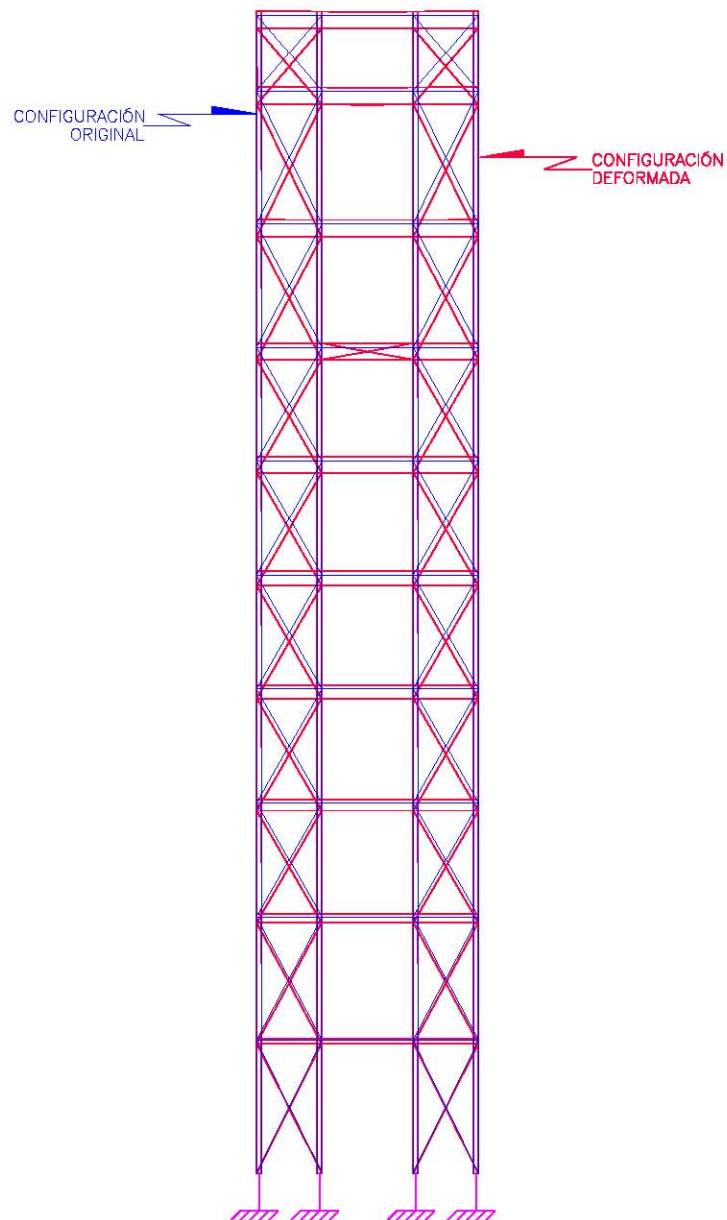


FIG. 4.8 ISOMÉTRICO 11 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12

			
Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Consultor: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Revisado: CDef_111	Revisión: S/E
Dibujó: CONFIGURACIÓN DEFORMADA, ISOMÉTRICO 11	Fecha: MARZO 2014	Figura: 4.8	

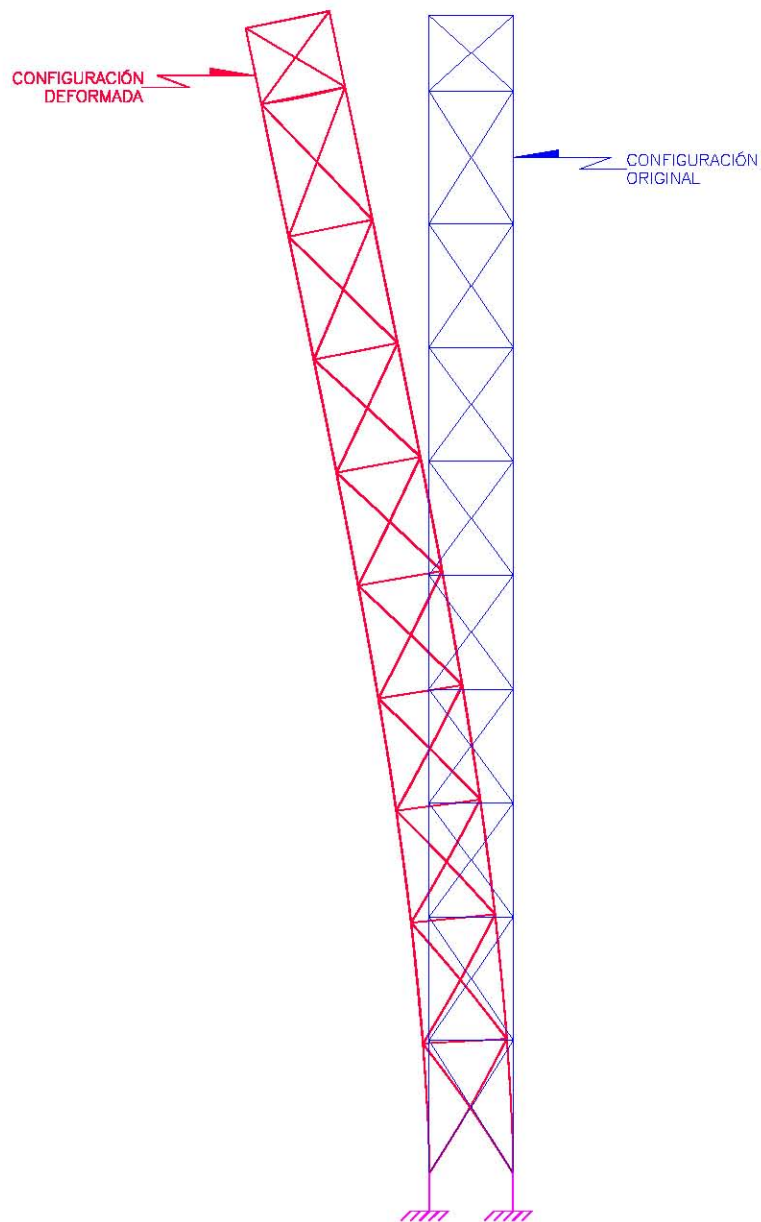


FIG. 4.9 ISOMÉTRICO 12 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12

 Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepto: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Revisado: CDef/_112	Revisión: S/E
Dibujos: CONFIGURACIÓN DEFORMADA ISOMÉTRICO 12		Fecha: MARZO 2014	Folios: 4/9

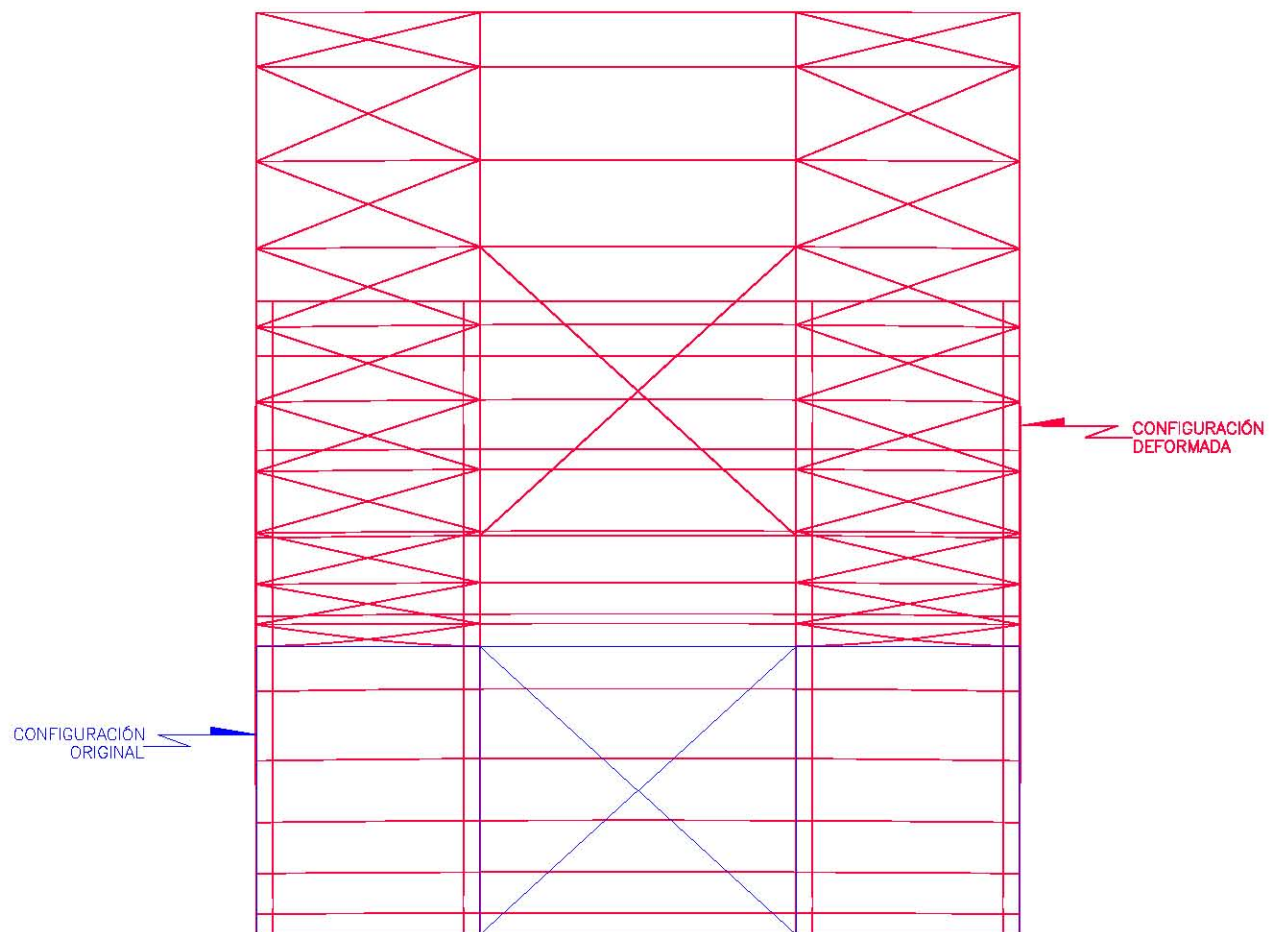


FIG. 4.10 ISOMÉTRICO 13 DE DESPLAZAMIENTOS
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12

 Asista profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Presenta: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Consultor: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JSCH/MAGB	Revisado: CDef/_113	Revisión: S/E
Dibuja: CONFIGURACIÓN DEFORMADA ISOMÉTRICO 13		Fecha: MARZO 2014	Figura: 4.10

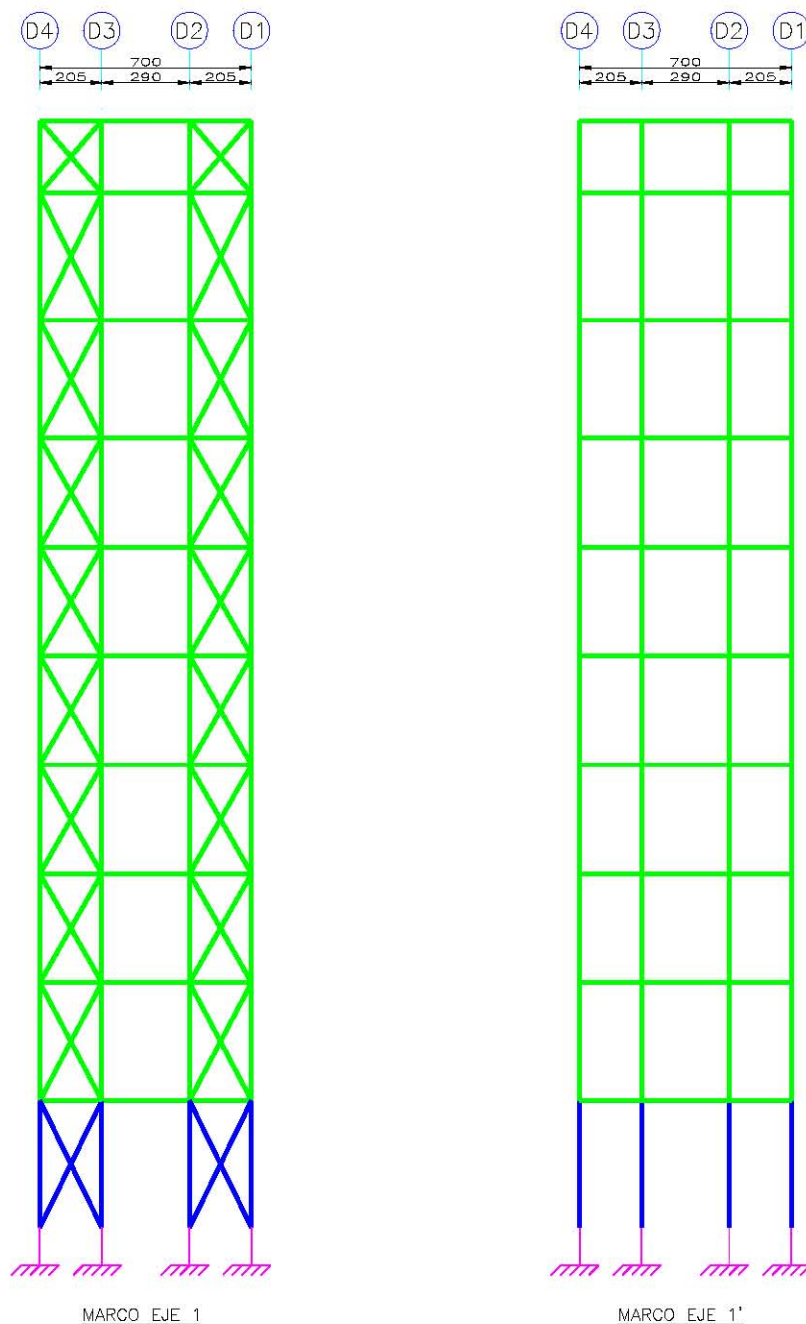


FIG. 4.11 MARCO EJES 1 Y 1'

N O T A S
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.

SIMBOLOGÍA

—	$0.00 < \frac{\sigma_{est}}{\sigma_{adm}} \leq 0.50$
—	$0.50 < \frac{\sigma_{est}}{\sigma_{adm}} \leq 0.80$
—	$0.80 < \frac{\sigma_{est}}{\sigma_{adm}} \leq 1.00$

 Issuó profesionalmente: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Presentado: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepto:	Elaborado:	Revisado:	Revisión:
REVISIÓN ESTRUCTURAL	JSGH/MAGB	RECEP_A	1/2500
Dibujos: RELACIÓN DE ESFUERZOS: MARCO EJES 1 Y 1'		Fecha:	Figura:
		MARZO 2014	4.1.1

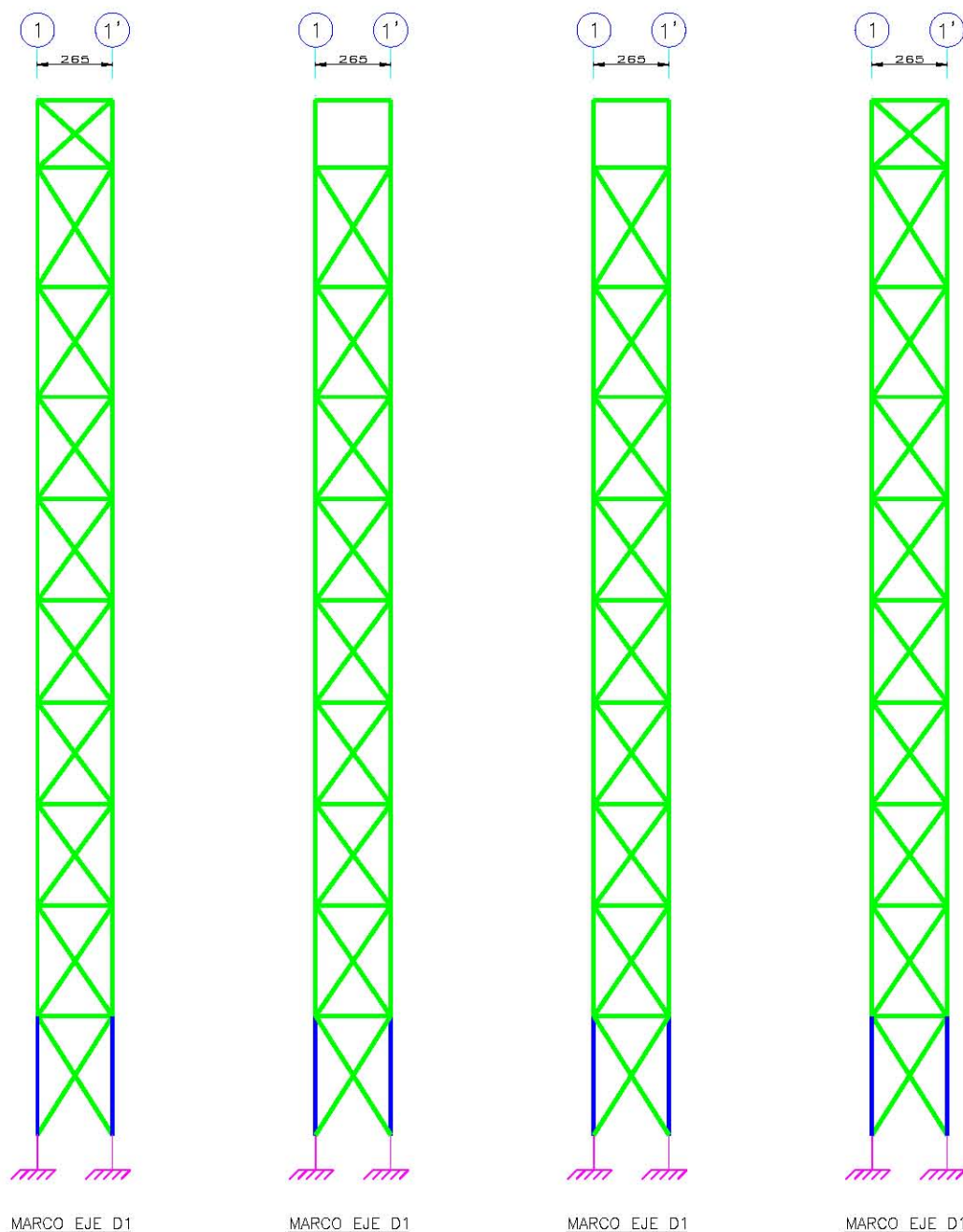


FIG. 4.12 MARCO EJES D1 A D4

N O T A S
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.

SIMBOLOGÍA

—	$0.00 < \frac{\sigma_{act}}{\sigma_{adm}} \leq 0.50$
—	$0.50 < \frac{\sigma_{act}}{\sigma_{adm}} \leq 0.80$
—	$0.80 < \frac{\sigma_{act}}{\sigma_{adm}} \leq 1.00$

 Escuela profesional: ESTUDIOS DE ESTABILIDAD ESTRUCTURAL DEL CUBO DE ELEVADORES, DE UNA TORRE ESCOLAR DE DIEZ NIVELES, UBICADO EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
Proyecto: MIGUEL ÁNGEL GONZÁLEZ BARRIGA			
Director de obra: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
Concepto: REVISIÓN ESTRUCTURAL	Elaborado: JOSÉ/MAGB	Revisado: PEFef_B	Verificado: U/250
Objeto: RELACIÓN DE ESFUERZOS: MARCO EJES D1 a D4	Fecha: MARZO 2014	Firma:	

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo de tesis contó con la información suficiente para su elaboración; tanto planos arquitectónicos como planos estructurales, que como se comentó anteriormente, podrían ser algunos de los inconvenientes para el buen desarrollo de este tipo de trabajos. El marco de referencia de este trabajo tiene al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, RCDF04, Normas Técnicas Complementarias, NTC's y en el Manual of Steel Construction del American Institute of Steel Construction, Allowable Steel Design, AISC-ASD 89.

El cubo de elevadores se analizó como una estructura independiente del edificio (Torre de Ingeniería), por lo que se plantearon diferentes modelos para su análisis y revisión.

En el primer modelo se establecieron condiciones de cargas vivas móviles, simulando las posiciones que ocupan los elevadores en los diferentes niveles del edificio; resultando así 64 combinaciones.

En el segundo, se determinaron las propiedades dinámicas de la estructura, para ello se realizó un análisis dinámico modal espectral, se obtuvo el cortante basal y el periodo fundamental de vibración, el cual resultó ser mayor a un segundo, lo que obligó a considerar los efectos dinámicos del empuje del viento.

El tercero tomó en cuenta los factores de amplificación dinámicos, tal como se marca en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento. Con este modelo se calculó el cortante basal, que al compararlo con el obtenido en el análisis dinámico modal espectral, se determinó que las acciones sísmicas eran inferiores a los efectos del viento.

Con base en lo anterior, se consideraron las siguientes acciones: Carga Muerta, Carga Viva y Fuerza estática del viento (incluye efectos dinámicos); resultando así 7 condiciones básicas de carga (C01 a C07), las cuales se combinan para revisar los estados límite de servicio (C08 a C12) y los estados límite de falla (C13 a C17).

La hipótesis que se siguió para el análisis y revisión de los elementos estructurales, fue considerar un comportamiento elástico-lineal de los materiales, utilizando el software STAAD Pro.V8, obteniendo un modelo tridimensional de 147 nudos, 416 elementos barra y 6 elementos placa; se consideró que todos los elementos que componen la estructura metálica (columnas, vigas, contravientos) son de Acero Estructural, Norma NMX B 254 (ASTM A36).

De acuerdo con el RCDF04, en el Capítulo III, artículo 147. Toda estructura y cada una de sus partes deben diseñarse para cumplir con los requisitos básicos siguientes:

- a) Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada, y;
- b) No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

Desplazamientos

La estructura cuenta con un sistema de contravientos capaces de soportar esfuerzos de tensión y compresión a los que están sometidos, ayudan a mitigar los movimientos laterales de los marcos; el desplazamiento horizontal máximo obtenido en la parte más alta en dirección “x” es de 4.53 cm; el desplazamiento horizontal máximo obtenido en la parte más alta en dirección “z” es de 11.62 cm; que están por debajo del permisible de 21.96 cm y resultan condiciones satisfactorias.

En las tablas 4.1.1 y 4.1.2 se muestran los resultados de los desplazamientos horizontales de la estructura para las combinaciones de carga C09 y C12.

Respecto a los desplazamientos verticales, se obtuvo un máximo de 0.3 cm, que comparado con el admisible de 1.6 cm, resulta satisfactorio.

Esfuerzos

De la revisión de los elementos estructurales metálicos (columnas, vigas y contravientos), mediante los conceptos aplicables del AISC-ASD89, se deduce que en todos los miembros estructurales se tienen resistencias adecuadas, presentándose relaciones de esfuerzos actuantes entre esfuerzos admisibles menores que 0.615.

En las figuras 4.11 y 4.12 se presentan las relaciones de esfuerzo a las cuales está sujeta la estructura.

De acuerdo a lo observado se realizan las siguientes recomendaciones:

1. Se desea que la estructura esté en un constante mantenimiento preventivo como el que hasta ahora se observa y además realizar revisiones periódicas en las conexiones de los elementos.
2. En ningún momento se deberá sobrepasar la capacidad máxima de carga en los elevadores, garantizando así su correcto funcionamiento; además de las zonas del cuarto de máquinas y azotea.
3. Realizar una inspección después de que se presente un evento de magnitud considerable, ya sea la ocurrencia de vientos intensos o un sismo de gran magnitud.

BIBLIOGRAFÍA

Anónimo, "American Institute for Steel Construction, Manual of Steel Construction: Allowable Stress Design 9th Edition", 1989.

Anónimo, "Manual de construcción en Acero: Diseño por Esfuerzos Permisibles", cuarta edición, Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A. C., 2006.

Anónimo, "Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento", Diario Oficial, Octubre 6, 2004.

Anónimo, "Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo", Diario Oficial, Octubre 6, 2004.

Anónimo, "Reglamento de Construcciones para el distrito Federal", Diario Oficial, Enero 29, 2004.

Anónimo, "STAAD Pro Release 2003 (Structural And Analysis Design), Reference Manual", 2003.

REFERENCIAS

<http://www.ascensores.ws>

<http://www.otis.com>

<http://www.ascensoresdomingo.com/historia>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor>

LISTA DE IMÁGENES, TABLAS Y FIGURAS

I. ANTECEDENTES

Página

Diseño de Elevador	Imagen 1	3
Ascensor de Elisha Otis, patente	Imagen 2	4
Esquema de Ascensor Moderno	Imagen 3	5
Esquema de Ascensor Electromecánico	Imagen 4	5
Esquema de Ascensor Hidráulico	Imagen 5	6
Esquema de Ascensor Autoportante	Imagen 6	6
Esquema de Ascensor a Pistón	Imagen 7	7
Esquema de Ascensor de Foso Reducido	Imagen 8	7
Ascensor para Hospitales, Transporte de Camilla	Imagen 9	8
Montacargas	Imagen 10	8
Ascensor Residencial	Imagen 11	9
Ascensor para Discapacitados	Imagen 12	9
Localización General de la Estructura	Figura 1.1	11
Localización Particular de la Estructura	Figura 1.2	12
Imágenes de la Construcción del Cubo de Elevadores	Figura 1.3	13
Imágenes de la Construcción del Cubo de Elevadores	Figura 1.4	14

II. DESCRIPCIÓN DEL CUBO DE ELEVADORES

Fotografía de Fachada Actual	Figura 2.1	17
Esquema General de Recorrido	Figura 2.2	18
Fachadas del Cubo de elevadores	Figura 2.3	19
Planta Tipo	Figura 2.4	20

III. ESTUDIOS ANÁLITICOS

Comparación de Cortantes Basales (Viento vs Sismo)	Tabla 3.1	22
Propiedades Mecánicas de los Materiales	Tabla 3.2	23
Velocidades Regionales, V_R , según la importancia de la construcción y zonificación eólica	Tabla 3.3	26
Rugosidad del terreno, α y δ	Tabla 3.4	27
Rugosidad del terreno	Figura 3.1	27
Factor F_{TR} (Topografía y rugosidad del terreno)	Tabla 3.5	28
Formas topográficas locales	Figura 3.2	28
Coeficiente C_p para chimeneas, silos y similares	Tabla 3.6	29
Parámetro B para calcular el factor de respuesta dinámica	Figura 3.3	31
Parámetros R, a y n según la condición de exposición	Tabla 3.7	32
Parámetro S para calcular el factor de respuesta dinámica	Figura 3.4	32
Parámetro F para calcular el factor de respuesta dinámica	Figura 3.5	33
Parámetro g para calcular el factor de respuesta dinámica	Figura 3.6	34
Espectro de Diseño	Figura 3.7	37
Distribución de presión de diseño del viento con respecto a la altura	Figura 3.8	38
Distribución de fuerza cortante en cada entrepiso debido a sismo	Figura 3.9	39

Estructurales: Planta Baja, Acceso y Nivel 1	Figura 3.10	40
Estructurales: Nivel 2, Nivel 3 y Nivel 4	Figura 3.11	41
Estructurales: Nivel 5, Nivel 6 y Cafetería	Figura 3.12	42
Estructurales: Cuarto de Máquinas y Azotea	Figura 3.13	43
Estructurales: Marcos Ejes D1, D2, D3 y D4	Figura 3.14	44
Estructurales: Marcos Ejes 1 y 1'	Figura 3.15	45
Tipos de secciones	Figura 3.16	46
Topología: Planta Baja, Acceso y Nivel 1	Figura 3.17	47
Topología: Nivel 2, Nivel 3 y Nivel 4	Figura 3.18	48
Topología: Nivel 5, Nivel 6 y Cafetería	Figura 3.18	49
Topología: Cuarto de Máquinas y Azotea	Figura 3.19	50
Topología: Marcos Ejes D1, D2, D3 y D4	Figura 3.20	51
Topología: Marcos Ejes 1 y 1'	Figura 3.21	52
Isométrico 1 de Modelo Tridimensional	Figura 3.22	53
Isométrico 2 de Modelo Tridimensional	Figura 3.23	54
Isométrico 3 de Modelo Tridimensional	Figura 3.24	55

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS CONFORME DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS

Revisión de desplazamientos en el marco correspondientes al Eje 1	Tabla 4.1.1	57
Revisión de desplazamientos en el marco correspondientes al Eje 1'	Tabla 4.1.2	58
Isométrico 4 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 9	Figura 4.1	64
Isométrico 5 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 9	Figura 4.2	65
Isométrico 6 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 9	Figura 4.3	66
Isométrico 7 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 9	Figura 4.4	67
Isométrico 8 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 9	Figura 4.5	68
Isométrico 9 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 12	Figura 4.6	69
Isométrico 10 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 12	Figura 4.7	70
Isométrico 11 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 12	Figura 4.8	71
Isométrico 12 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 12	Figura 4.9	72
Isométrico 13 de Desplazamientos. Combinación de Carga No. 12	Figura 4.10	73
Relación de esfuerzos: Marco Eje 1 y 1'	Figura 4.11	74
Relación de esfuerzos: Marco eje D1 a D4	Figura 4.12	75