



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE  
UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO,  
DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS  
AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A N

JULIÁN BALDERRAMA QUIROZ  
JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN



DIRECTOR: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ

MÉXICO, D. F.

MAYO, 2015



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/UTIT/039/15

Señores  
JULIÁN BALDERRAMA QUIROZ  
JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN  
Presente

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 desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.


**"REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO,  
DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO"**

- RESUMEN
- ABSTRACT
- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES
- II. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO
- III. ESTUDIOS ANALÍTICOS
- IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS
- V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFÍA
- LISTA DE TABLA, IMÁGENES Y FIGURAS

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

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

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 13 de mayo del 2015.  
EL PRESIDENTE

  
M.I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN

GLR/MTH\*gar.

# REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO, DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

## ÍNDICE

### LISTA DE TABLAS, IMÁGENES Y FIGURAS

### RESUMEN

### ABSTRACT

### INTRODUCCIÓN

### I. ANTECEDENTES

I.1	Historia del Inmueble	3
I.2	Recimentación	3
I.3	Condiciones del suelo de la Ciudad de México	7
I.4	Riesgo sísmico en la Ciudad de México	10
I.4.1	Sismo del 28 de Julio de 1957	12
I.4.2	Sismo del 19 de Septiembre de 1985	13

### II. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

II.1	Descripción Arquitectónica	16
II.2	Descripción Estructural	18
II.3	Sistema de Losas nervadas	18
II.4	Tipificación de la Estructura	36

### III. ESTUDIOS ANALÍTICOS

III.1	Propiedades Geométricas de los elementos	42
III.2	Propiedades Mecánicas de los materiales	42
III.3	Análisis de Cargas	43
III.3.1	Cargas Muertas	43
III.3.2	Cargas Vivas	44
III.4	Análisis Dinámico Modal Espectral	45
III.4.1	Espectro de Diseño	45
III.4.2	Modos de Vibrar, Periodos y Frecuencias	47
III.4.3	Factor de Comportamiento Sísmico	47
III.4.4	Condiciones de Regularidad	48
III.4.5	Factor de Reducción de Fuerzas Sísmicas	51
III.4.6	Corrección por Irregularidad	51
III.4.7	Efectos de torsión	51
III.5	Condiciones Básicas de Carga	52
III.6	Combinaciones de Carga	52
III.7	Modelación Analítica	53

#### IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

IV.1	Revisión de los Estados Límite de Servicio	69
IV.2	Revisión de los Estados Límite de Falla	99

#### V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1	Conclusiones	109
	V.1.1 Estados Límite de Servicio	109
	V.1.2 Estados Límite de Falla	109
	V.1.3 Rehabilitación Sísmica	110
V.2	Recomendaciones	111

#### BIBLIOGRAFÍA

## LISTA DE TABLAS, IMÁGENES Y FIGURAS

Página

### I. ANTECEDENTES

Sistema de pilotes de control	Figura 1.1	4
Sistema de pilotes de control instalado en el inmueble	Figura 1.2	5
Sistema de pilotes de control vista longitudinal 1	Figura 1.3	5
Sistema de pilotes de control vista longitudinal 2	Figura 1.4	6
Paquete de cubos de madera	Figura 1.5	6
Evolución del Lago de Texcoco	Imagen 1.1	7
Sección estratigráfica del Valle de México	Imagen 1.2	8
Registros sísmicos en la zona de subducción	Imagen 1.3	11
Daños al Ángel de la Independencia tras el sismo de 1957	Imagen 1.4	12
Derrumbe de inmuebles en la Ciudad de México tras el sismo de 1957	Imagen 1.5	12
Datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos sobre el sismo de 1985	Imagen 1.6	13
Colapso de inmuebles como consecuencia del sismo del 19 de Septiembre de 1985	Imagen 1.7	14
Daños a inmuebles en el área donde se ubica el edificio	Imagen 1.8	14

### II. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Vista desde la esquina Sureste	Imagen 2.1	17
Vista desde la esquina Noreste	Imagen 2.2	17
Sistema de losa nervada	Imagen 2.3	19
Planta Sótano	Figura 2.1	20
Planta Baja	Figura 2.2	21
Planta Nivel Mezzanine	Figura 2.3	22
Planta Nivel 1	Figura 2.4	23
Planta Niveles 2-7	Figura 2.5	24
Planta Nivel 8	Figura 2.6	25
Planta Nivel Azotea	Figura 2.7	26
Cimentación original	Figura 2.8	27
Cimentación original	Figura 2.9	28
Planta de ubicación del sistema de pilotes de control	Figura 2.10	29
Cimentación modificada con sistema de pilotes	Figura 2.11	30
Cimentación modificada con sistema de pilotes	Figura 2.12	31
Fachada lateral norte	Figura 2.13	32
Fachada lateral sur	Figura 2.14	33
Fachada lateral este	Figura 2.15	34
Fachada lateral oeste	Figura 2.16	35
Zonificación del D.F. Para fines de diseño por sismo	Figura 2.17	37
Periodos predominantes del suelo $T_s$ (segundos) en el D.F.	Figura 2.18	38
Profundidad de la capa dura $H$ (metros) en el D.F.	Figura 2.19	39

### III. ESTUDIOS ANALÍTICOS

Valores de los parámetros para calcular el espectro de aceleraciones de la Zona IIIb	Tabla 3.1	45
Espectro de diseño para la Zona IIIb	Figura 3.1	46
Modos, periodos y frecuencias de la estructura	Tabla 3.2	47
Áreas huecas en Mezzanine	Tabla 3.3	49
Peso por nivel para condición de regularidad No. 7	Tabla 3.4	49
Justificación de condición de regularidad No. 8	Tabla 3.5	50
Marco eje A	Figura 3.2	54
Marco eje B	Figura 3.3	55
Marco eje C	Figura 3.4	56
Marco eje D	Figura 3.5	57
Marco eje E	Figura 3.6	58
Marco eje F	Figura 3.7	59
Marco eje G	Figura 3.8	60
Marco eje H	Figura 3.9	61
Isométrico 1	Figura 3.10	62
Isométrico 2	Figura 3.11	63
Isométrico 3	Figura 3.12	64
Isométrico 4	Figura 3.13	65
Isométrico 5	Figura 3.14	66
Isométrico 6	Figura 3.15	67

### IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Desplazamientos Marco A	Tabla 4.1	70
Marco eje A, posición de nudos para revisión de desplazamientos	Figura 4.1	72
Desplazamientos Marco B	Tabla 4.2	73
Marco eje B, posición de nudos para revisión de desplazamientos	Figura 4.2	75
Desplazamientos Marco C	Tabla 4.3	76
Marco eje C, posición de nudos para revisión de desplazamientos	Figura 4.3	78
Desplazamientos Marco D	Tabla 4.4	79
Marco eje D, posición de nudos para revisión de desplazamientos	Figura 4.4	81
Desplazamientos Marco E	Tabla 4.5	82
Marco eje E, posición de nudos para revisión de desplazamientos	Figura 4.5	84
Desplazamientos Marco F	Tabla 4.6	85
Marco eje F, posición de nudos para revisión de desplazamientos	Figura 4.6	87
Desplazamientos Marco G	Tabla 4.7	88
Marco eje G, posición de nudos para revisión de desplazamientos	Figura 4.7	90
Desplazamientos Marco H	Tabla 4.8	91
Marco eje H, posición de nudos para revisión de desplazamientos	Figura 4.8	92
Isométrico 1 de desplazamientos Combinación de Carga No. 12	Figura 4.9	93
Isométrico 2 de desplazamientos Combinación de Carga No. 12	Figura 4.10	94
Isométrico 3 de desplazamientos Combinación de Carga No. 12	Figura 4.11	95
Isométrico 4 de desplazamientos Combinación de Carga No. 16	Figura 4.12	96

Isométrico 5 de desplazamientos Combinación de Carga No. 16	Figura 4.13	97
Isométrico 6 de desplazamientos Combinación de Carga No. 16	Figura 4.14	98
Revisión de la cuantía de acero, Trabe Y-4 Nivel 2	Figura 4.15	100
Revisión de la cuantía de acero, Trabe Y-4 Nivel 3	Figura 4.16	101
Revisión de la cuantía de acero, Trabe Y-4 Nivel 4	Figura 4.17	102
Revisión de la cuantía de acero, Trabe Y-4 Nivel 5	Figura 4.18	103
Revisión de la cuantía de acero, Trabe Y-4 Nivel 6	Figura 4.19	104
Revisión de la cuantía de acero, Trabe Y-4 Nivel 7	Figura 4.20	105
Revisión de la cuantía de acero, Trabe Y-4 Nivel 8	Figura 4.21	106
Revisión de la cuantía de acero, Trabe Y-4 Nivel Azotea	Figura 4.22	107

## RESUMEN

Se estima que el edificio fue diseñado con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en su versión posterior a los efectos del sismo del 28 de Julio de 1957, que fue el primer reglamento en considerar explícitamente el tipo de suelo sobre el cual se desplantaban las edificaciones. Fue construido a principios de los años sesenta e inaugurado en 1963, desde entonces su uso ha sido de oficinas.

El inmueble se ubica en la zona centro de la Ciudad de México, la cual se caracteriza por ser una zona de origen lacustre integrada por arcillas altamente compresibles, estas favorecen la amplificación de las ondas sísmicas, ya que son transmitidas a través de la base firme de la cuenca del Valle de México hacia los sedimentos lacustres saturados.

El edificio tiene un ancho de 25 m y largo de 46 m, consta de 12 niveles y tiene una altura total de 42 m sobre el nivel de banqueta. La estructura portante fue resuelta a base de marcos rígidos en las dos direcciones, integrados por columnas y trabes de concreto reforzado, que soportan los sistemas de piso a base de losas nervadas coladas in situ. La cimentación original es a base de celdas cilíndricas tipo bóveda en una dirección, muros de concreto reforzado y de mampostería, complementados por contratrabes, formando un cajón. Como consecuencia del sismo del 19 de septiembre de 1985, el edificio fue recimentado con pilotes de control.

El estudio que se realiza, tiene como objetivo realizar un análisis de la seguridad y estabilidad estructural del edificio, verificando el cumplimiento de las disposiciones actuales (Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en su versión vigente 2004).



## ABSTRACT

It is supposed that the building was designed with the Building Code for the Federal District in its post July 28, 1957 earthquake version, which was the first to explicitly consider the type of soil in which the buildings were constructed. It was built in the early sixties and opened on November 20, 1963, since then, it has been used as offices.

The property is located in the downtown area of Mexico City, which has a lacustrine origin and it is characterized by highly compressible clays, which favor the amplification of seismic waves as they are transmitted through the firm foundation of the Mexico Valley basin towards the saturated lake sediments.

The building is 25 m wide and 46 m long, it has 12 floors and has a total height of 42 m above the sidewalk. The supporting structure is constructed of rigid frames in both directions, consisting of reinforced concrete columns and beams that support the floor systems of ribbed slabs cast in place. The original foundation is a cylindrical vaults in one direction, reinforced concrete and masonry walls, supplemented by ground beams. As a result of the September 19 of 1985 earthquake, the building was equipped with control piles.

The study aims to verify the structural security and stability of the building, which will consider current provisions (Building Code for the Federal District, using its current 2004 version).

# INTRODUCCIÓN

Un concepto común en la filosofía de diseño de edificios es lograr un desempeño sísmico aceptable. El objetivo que subyace al concepto es asegurar que los edificios diseñados con base a las disposiciones de los reglamentos deben ser capaces de resistir sismos menores sin daños, resistir sismos moderados con algunos daños no estructurales, y resistir grandes sismos sin colapso, aun cuando se presenten daños estructurales y no estructurales. En este trabajo se realiza el análisis y revisión estructural de un edificio de oficinas de 12 niveles con estructura de concreto, con el fin de obtener índices que permitan evaluar las condiciones de seguridad de la estructura conforme a las disposiciones aplicables en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en su versión vigente 2004 (RCDF04).

El inmueble en estudio se localiza en la Colonia Buenavista, Ciudad de México. Se estima que fue diseñado bajo las Normas Técnicas de emergencia posteriores al sismo del 28 de Julio de 1957 e inaugurado en 1963.

El presente trabajo está desarrollado de tal forma que su contenido se dividió en cinco capítulos, cada uno engloba aspectos fundamentales para la evaluación estructural del edificio.

En el capítulo I se describe la historia del inmueble, la recimentación a la que fue sometido así como las condiciones del suelo de la Ciudad de México ya que estas influyen en el comportamiento de la estructura.

En el capítulo II se describe brevemente la arquitectura del inmueble así como las generalidades de los sistemas estructurales empleados para su edificación. Estos datos fueron utilizados para realizar un modelo tridimensional que representa el comportamiento del edificio ante diferentes sollicitaciones, como se muestra en el capítulo III.

En el capítulo IV se evalúan los estados límite de servicio y de falla, obteniendo los resultados en forma de desplazamientos y fuerzas internas, presentados en tablas y gráficas. Finalmente, en el capítulo V, se enuncian las conclusiones y recomendaciones resultado del estudio realizado.

## I. ANTECEDENTES

## I.1 Historia del Inmueble

El inmueble se ubica en la zona centro de la Ciudad de México, esta zona se caracteriza por ser de origen lacustre integrada por arcillas altamente compresibles. Estas arcillas favorecen la amplificación de las ondas sísmicas, ya que estas son transmitidas a través de la base firme de la cuenca del Valle de México hacia los sedimentos lacustres saturados.

El diseño se llevó a cabo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en su versión posterior al sismo del 28 de Julio de 1957, dicho reglamento fue el primero en considerar explícitamente el tipo de suelo sobre el cual se desplantaban las edificaciones. El inmueble se construyó a principios de los años sesenta y fue inaugurado en 1963, desde entonces su uso ha sido de oficinas.

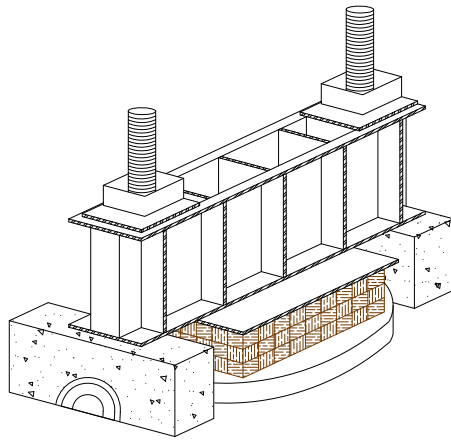
## I.2 Recimentación

A partir del sismo del 19 de septiembre de 1985, con magnitud 8.2 en la escala de Richter, se realizó una recimentación mediante pilotes de punta con sistema de control a base de cubos de madera (Figuras 1.1 a 1.5) con la finalidad de controlar los desplomes que el edificio presentó. Este sistema de cimentación permite controlar el asentamiento de los edificios de manera que sigan el hundimiento regional de la zona.

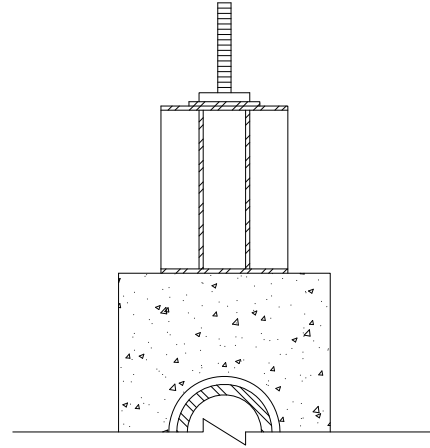
Las tres partes del sistema de pilotes de control son: el pilote mismo, el marco o puente de carga que, articulado a la losa de cimentación, se encarga de transmitir una parte del peso del edificio a ese pilote; y el paquete deformable de 15 cm de altura, integrado por un arreglo de cubos de madera. El aplastamiento que sufren estos cubos por la carga aplicada permite que el edificio descienda milímetros para conseguir que la losa permanezca apoyada en el suelo; una vez que los cubos se han deformado, se sustituyen por otros nuevos y se ajusta la posición del marco para mantener la funcionalidad del pilote y reanudar la deformación de los nuevos cubos de madera.

La eficacia de estos pilotes se basa en que gracias a su operación y mantenimiento deben lograr que la cimentación de un edificio sea capaz de uniformizar los asentamientos diferenciales en congruencia con el mayor asentamiento del suelo bajo la losa de cimentación y evitar su inclinación.

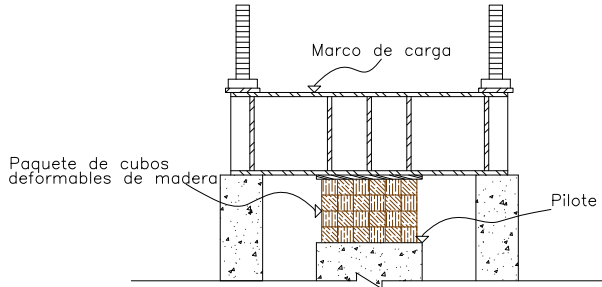
Los pilotes de control serán incapaces de uniformizar los asentamientos diferenciales en estructuras con cimentaciones flexibles, ya que cada pilote funcionará de manera independiente, por ello no deberían usarse para estas estructuras.



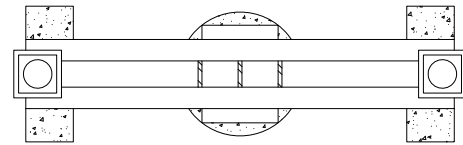
ISOMÉTRICO



CORTE TRANSVERSAL



CORTE LONGITUDINAL



VISTA EN PLANTA

FIG. 1.1 SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL


			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	aprobó:	archivo:	revisó:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	Dimensionación	S/E
dibujó:	fecha:	figura:	
SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL	27 FEBRERO 2014	1.1	



FIG. 1.2 SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL  
INSTALADO EN EL INMUEBLE



FIG. 1.3 SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL  
VISTA LONGITUDINAL 1

	tesis profesional:						
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO						
presenta:		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN					
director de tesis:		ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ					
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh	archivo:	Pilotes	registro:	S/E
dibujó:	SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL	fecha:	27 FEBRERO 2014	figura:	1.2		



FIG. 1.4 SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL  
VISTA LONGITUDINAL 2



FIG. 1.5 PAQUETE DE CUBOS DE MADERA

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	aprobó:	archivo:	registro:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	Pilotes	S/E
dibujó:	fecha:	figura:	
SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL 2	27 FEBRERO 2014	1.4	

### I.3 Condiciones del suelo de la Ciudad de México

El suelo del Valle de México está formado principalmente por materiales volcánicos y piroclásticos intercalados con depósitos aluviales cubiertos, en el centro del valle, por arcillas lacustres. Hasta finales del siglo XVIII, el Valle de México mantuvo una cuenca cerrada con una serie de lagos poco profundos. La Ciudad de México, entonces Tenochtitlán, fue fundada en una pequeña isla del lago de Texcoco.

El valle se convirtió en una cuenca abierta cuando se completó el corte de Nochistongo en 1789. Durante el siglo XX, los lagos fueron drenados a través del túnel de Tequixquiac, terminado en 1900, y el túnel de Drenaje Profundo (Emisor Central), construido en 1967. En la mayor parte de las zonas que antiguamente estaban ocupadas por lagos, las principales formaciones de suelo están ordenadas en una secuencia de estratos de arcilla blanda intercalados con lentes y capas de limos arcillosos duros con arenas (Imagen 1.1).

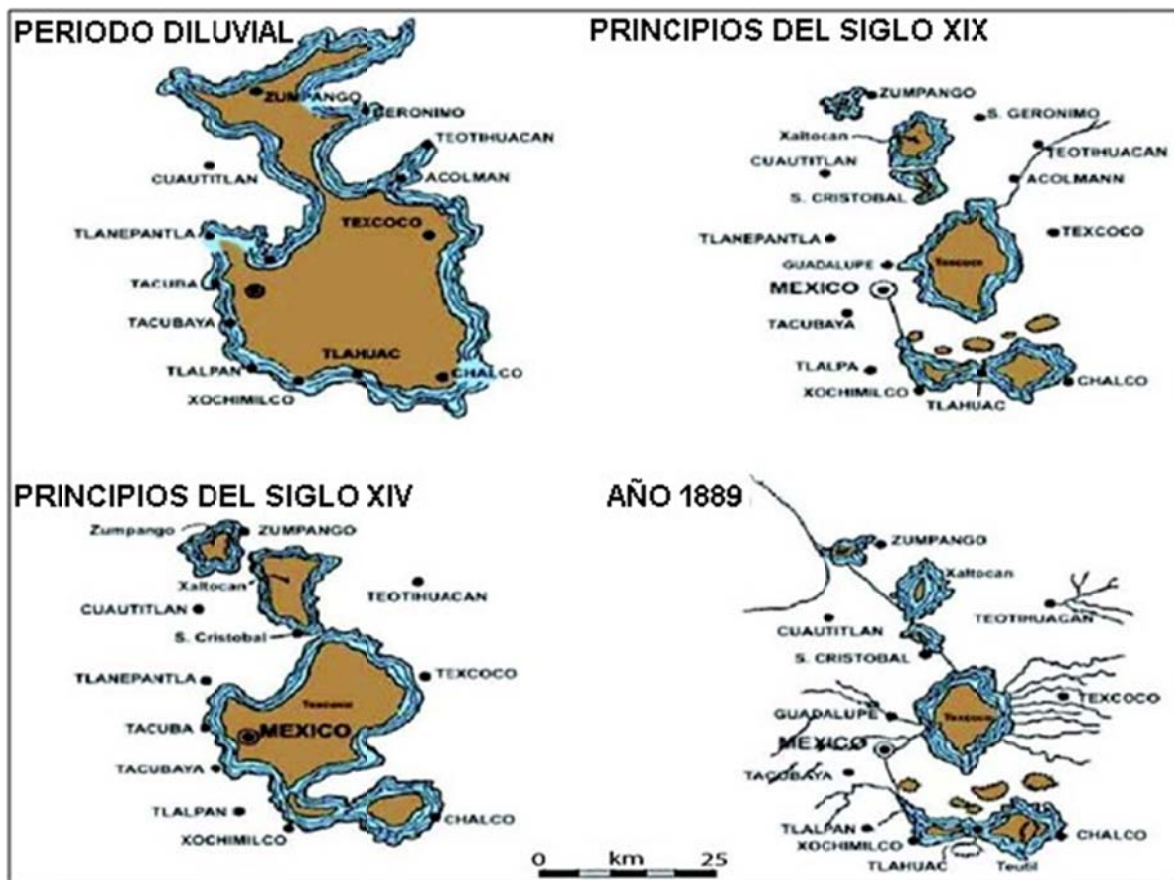


Imagen 1.1. Evolución del Lago de Texcoco



En la imagen 1.2, se muestra una sección transversal Norte-Sur de la estratigrafía general de la Cuenca del Valle de México, en ella se muestra que la configuración principal de los estratos de suelo es:

- a) Rellenos artificiales, principalmente restos arqueológicos.
- b) La corteza de la superficie original, conformada por arcillas limosas secas de baja plasticidad.
- c) La formación arcillosa superior que tiene los suelos más compresibles y se entremezcla con seis capas de arena fina.
- d) La primer capa dura que aparece a una profundidad media de aproximadamente 40 m, formada por arenas, gravas de baja granulometría y lentes delgadas de arcillas limosas más suaves.
- e) Segunda formación de arcilla, de unos 10 m de espesor.
- f) Los llamados depósitos profundos: limos consistentes y limos arenosos intercalados con arcillas duras que aparecen en la base de la columna estratigráfica (50 m de profundidad).

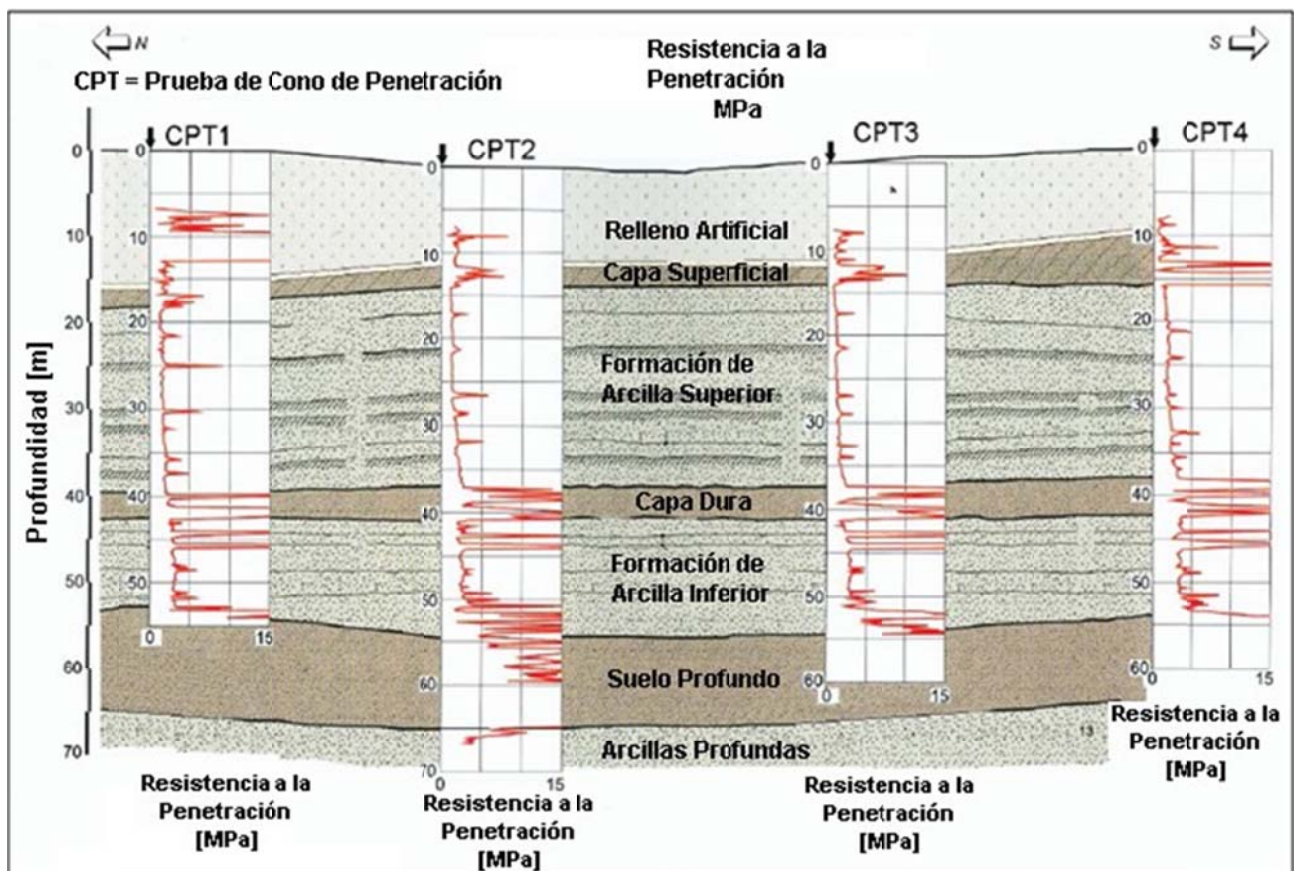


Imagen 1.2. Sección estratigráfica del Valle de México

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, parte del abastecimiento de agua para la población fue resuelto por medio de pozos artesianos, lo cual provocó los primeros impactos del hundimiento de la ciudad. En el periodo comprendido entre los años 1861 y 1895 se registraron hundimientos de hasta 5 centímetros por año.

Los suelos compresibles probablemente han afectado a la ciudad de México por más de 150 años. Los resultados de nivelaciones llevadas a cabo en la ciudad en 1860, 1870 y 1888, llevaron al reconocimiento temprano de que la ciudad presentaba hundimientos, pero los ingenieros y científicos de la época eran incapaces de relacionar este hundimiento regional con la extracción de agua del subsuelo.

En 1947, el doctor Nabor Carrillo demostró que la Ciudad de México se hundía por la extracción de agua del acuífero, calculada en 7.2 metros cúbicos por segundo. Sus investigaciones fueron determinantes para imponer la veda sobre la explotación de los acuíferos en el centro.

El período más crítico de hundimientos de la ciudad se tuvo a mediados del presente siglo. Entre 1950 y 1980 la zona central se hundió 5 metros. En la zona lacustre del sur y en el ejido de San Gregorio, ubicado entre el canal de Chalco y Xochimilco, hubo, en el mismo período, hundimientos de hasta 4 metros.

Los hundimientos diferenciales en el Centro Histórico han provocado fracturas en las estructuras del Palacio Nacional, la Catedral Metropolitana, el Arzobispado, el antiguo Ayuntamiento y las oficinas del Gobierno del Distrito Federal, entre otros. Los últimos sistemas utilizados para aminorar los daños solo buscan nivelar el hundimiento, sin disminuir su ritmo.

## I.4 Riesgo sísmico en la Ciudad de México

La Ciudad de México está amenazada por terremotos desde varias direcciones. Sismos locales dentro de la cuenca pueden alcanzar magnitudes de alrededor de 4 grados en la escala de Richter. La principal fuente de amenaza sísmica a la Ciudad de México es la zona de subducción en el océano Pacífico, donde la placa de Cocos subduce la placa de América del Norte; a la interacción de las placas Rivera, Cocos y del Caribe, así como a la actividad cortical superficial en el continente. La zona de subducción también cuenta con terremotos de profundidad intermedia (hasta 120 km), con epicentros que se extienden en tierra hasta Veracruz.

Los estudios de la respuesta sísmica de la Cuenca de México comenzaron alrededor de 1950. Las grandes amplificaciones sísmicas observadas durante los terremotos anteriores llevaron a Emilio Rosenblueth a la conclusión de que la mayor parte del peligro se debe a la presencia del lecho de origen lacustre. Debido a la configuración geotécnica establecida, se determinó que esta favorece la amplificación de las ondas sísmicas ya que son transmitidas a través de la base firme de la cuenca del Valle de México hacia los sedimentos lacustres saturados.

En la imagen 1.3, se muestran algunos registros sísmicos de la zona de subducción. Históricamente han habido terremotos con magnitudes tan grandes como 8.2 en dicha zona, algunos de ellos han causado severos daños en la Ciudad de México a pesar de que la distancia epicentral es mayor a 250 kilómetros. Aunado a esto, una combinación de características geológicas y estructurales regionales puede producir enormes amplificaciones y largas duraciones de los movimientos en el centro de la Ciudad de México.

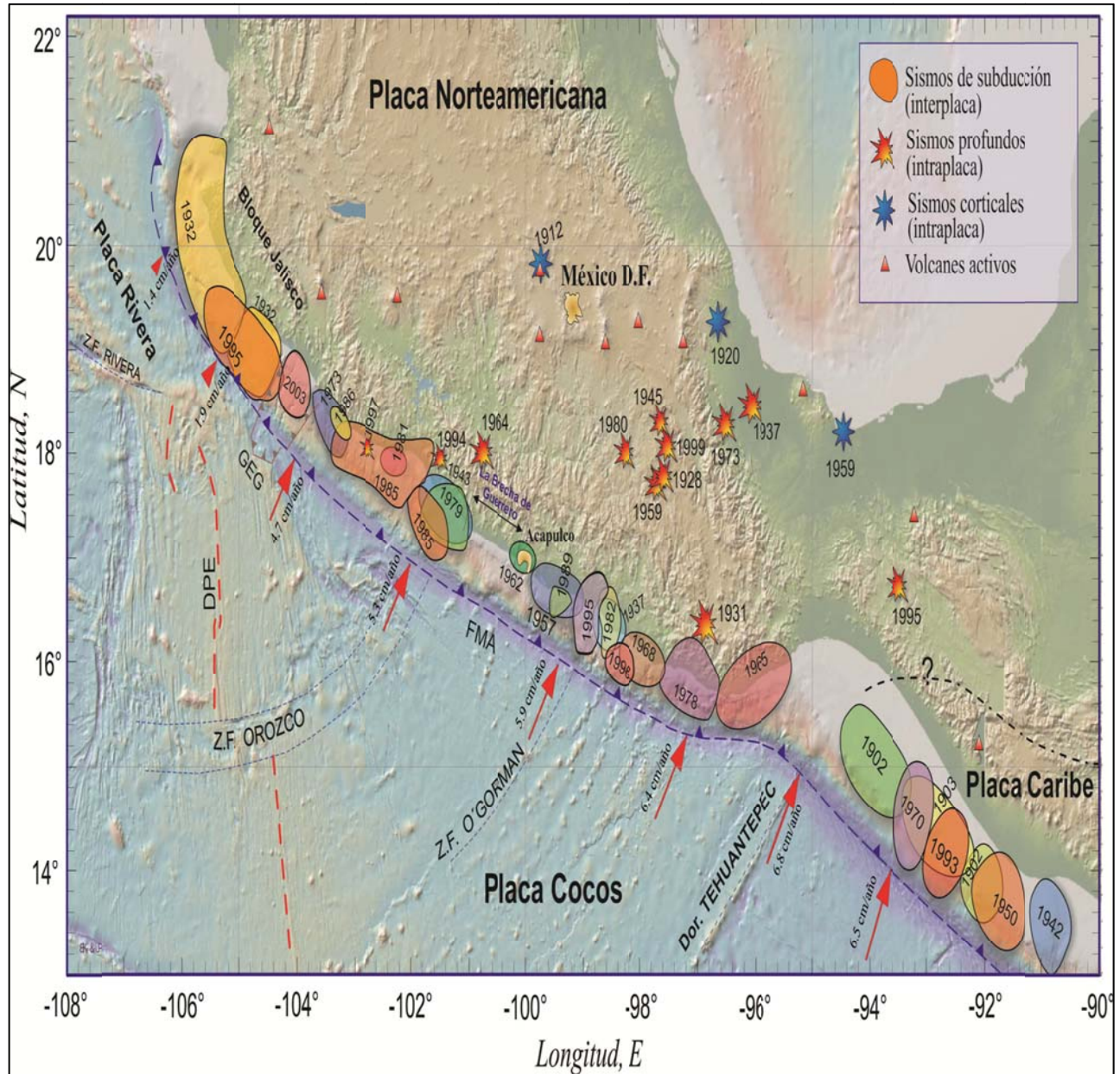


Imagen 1.3. Registros sísmicos en la zona de subducción.

### I.4.1. Sismo del 28 de Julio de 1957

También conocido como el Terremoto del Ángel, fue un sismo ocurrido a las 02:44 hora local del domingo 28 de julio de 1957. Su epicentro se ubicó cerca del puerto de Acapulco en la costa del estado de Guerrero y registró una magnitud de 7.7 aunque el Servicio Geológico de los Estados Unidos lo registró con 7.9 grados en la escala de Richter. La zona centro de la República Mexicana fue la más afectada, en especial la Ciudad de México dejando un saldo de 700 muertos y 2500 heridos. En las imágenes 1.4 y 1.5, se muestran los estragos producidos por este evento sísmico.



*Imagen 1.4. Daños al Ángel de la Independencia tras el sismo de 1957.*



*Imagen 1.5. Derrumbe de inmuebles en la Ciudad de México tras el sismo de 1957.*

### 1.4.2. Sismo del 19 de Septiembre de 1985

Fue un sismo ocurrido a las 07:17:47 hora local del jueves 19 de septiembre de 1985, que alcanzó una magnitud de 8.2 en la escala de Richter. El epicentro se localizó en el pacífico mexicano cercano a la desembocadura del río Balsas en la costa del estado de Michoacán y a 15 kilómetros de profundidad bajo la corteza terrestre. El epicentro, así como la magnitud del sismo, fueron registrados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos. Esta información se muestra en la imagen 1.6.

El sismo tuvo una duración aproximada de 80 segundos y afectó en la zona centro, sur y occidente de México, en particular el Distrito Federal en donde se percibió a las 07:19 hora local. Ha sido el evento sísmico más significativo y mortífero de la historia escrita de nuestro país y su capital, superando en intensidad y daños al registrado en 1957 (imágenes 1.7 y 1.8), que hasta entonces había sido el más notable en la Ciudad de México.

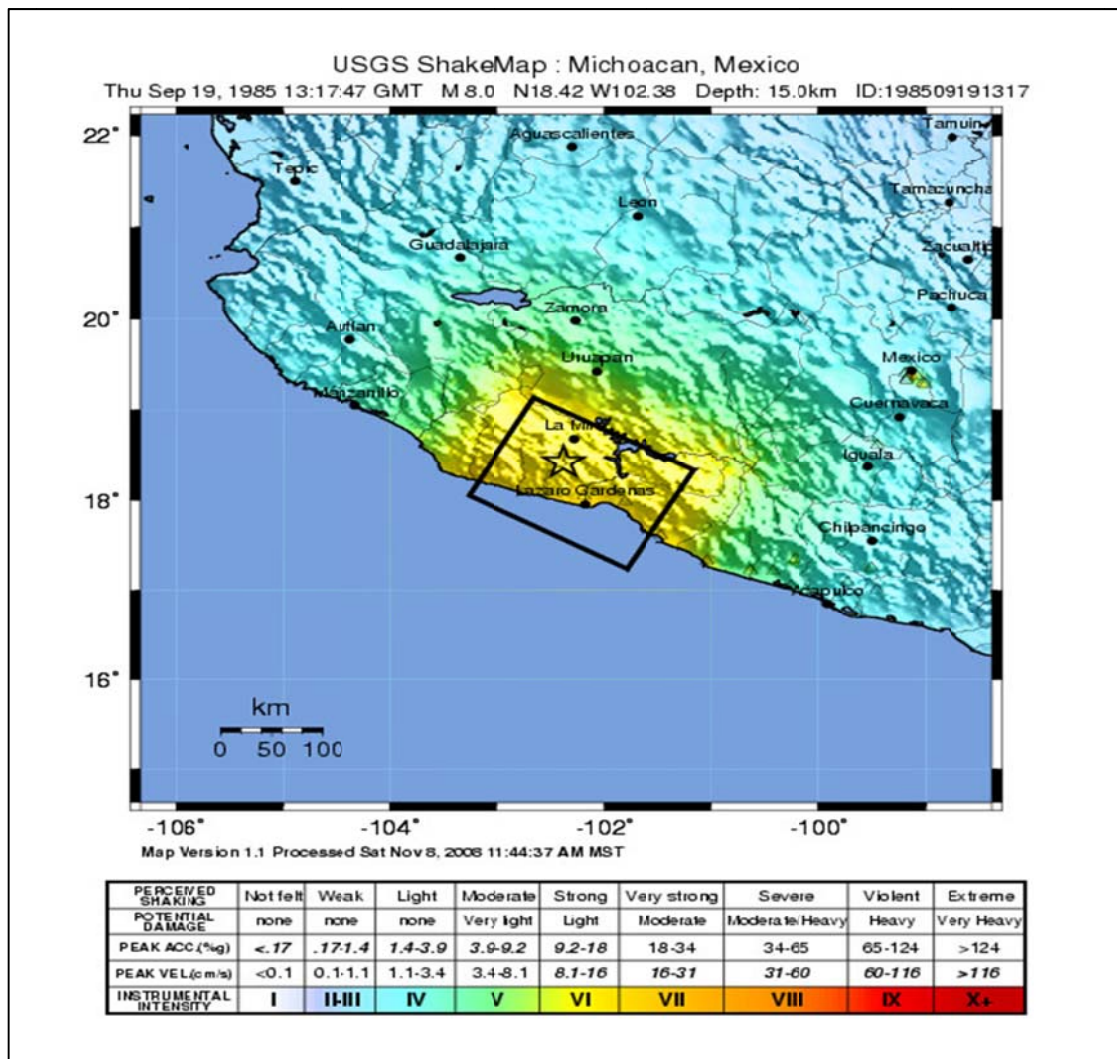


Imagen 1.6. Datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos sobre el Sismo de 1985.



*Imagen 1.7. Colapso de inmuebles como consecuencia del sismo del 19 de Septiembre de 1985.*



*Imagen 1.8. Daños a inmuebles en el área donde se ubica el edificio.*

*"...la mañana del 19 de septiembre de 1985, la Ciudad de México fue un lago; las ondas sísmicas se desplazaron como olas." Dr. Cinna Lomnitz Aronsfrau.*

## II. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO



## II.1. Descripción Arquitectónica

El edificio consta de 12 niveles y tiene una altura total de 42 m sobre el nivel de banqueteta, en planta tiene un ancho de 25 m y largo de 46 m aproximadamente.

Está formado por un sótano que es parte del sistema de cimentación compensada, una planta baja que sirve de vestíbulo, un mezzanine donde se encuentra un auditorio, 8 niveles destinados para oficinas y una azotea.

En el sentido vertical tiene los siguientes niveles.

Sótano	NTC	-2.28 m
Planta Baja	NTC	+2.00 m
Mezzanine	NTC	+4.80 m
Nivel 1	NTC	+9.90 m
Nivel 2	NTC	+13.90 m
Nivel 3	NTC	+17.90 m
Nivel 4	NTC	+21.90 m
Nivel 5	NTC	+25.90 m
Nivel 6	NTC	+29.90 m
Nivel 7	NTC	+33.90 m
Nivel 8	NTC	+37.90 m
Azotea	NTC	+42.05 m

El inmueble está orientado en su lado largo en la dirección Sur-Norte, tiene una longitud total de 45.5 m y un ancho de 23.5 m. La estructura principal está formada por 28 columnas de concreto reforzado cuadradas cuya sección varía con la altura; su acabado es de concreto aparente. Tiene dos cubos de elevador y escaleras desde el Nivel de Planta Baja hasta el Nivel 8.

La fachada de la entrada principal es de cristalería con ventanales de doble altura. A nivel de Planta Baja se cuenta con un vestíbulo de doble altura con columnas centrales robustas. A nivel Mezzanine se encuentra el auditorio, el cual en su fachada tiene un mural. El primer nivel cuenta con una terraza ubicada sobre el auditorio. Los niveles 2 a 8 son espacios de oficinas con un área de 20 x 36 metros.

En las imágenes 2.1 y 2.2, se presentan las fachadas del inmueble en fotografías tomadas durante las visitas realizadas al edificio. En dichas visitas el propietario proporcionó copias de los planos elaborados en 1961, a partir de los cuales se realizaron las plantas de los diferentes niveles de la estructura (figuras 2.1 a 2.7), así como las fachadas arquitectónicas (figuras 2.13 a 2.16) en el programa AutoCAD.



*Imagen 2.1. Vista desde la esquina Sureste*



*Imagen 2.2. Vista desde la esquina Noreste*

## II.2. Descripción Estructural

La estructura portante fue resuelta a base de marcos rígidos en dos direcciones ortogonales, integrados por columnas y trabes de concreto reforzado que soportan los sistemas de piso a base de losas nervadas coladas in situ. La distribución de las columnas varía considerablemente de los primeros niveles a los niveles superiores.

Los muros de las fachadas norte y sur cuentan con muros dobles de tabique de piso a techo que están confinados por castillos y dalas. En las fachadas este y oeste se tienen medios muros de 15 cm de espesor, sobre estos se tienen ventanas de 2.5 metros de altura.

La cimentación original es a base de celdas cilíndricas tipo bóveda en una dirección, muros de concreto reforzado y mampostería, complementados por contratrabes formando un cajón, en las figuras 2.8 y 2.9 se muestra la configuración original de la cimentación. Como se mencionó anteriormente, a partir del sismo del 19 de Septiembre de 1985 se realizó una recimentación del inmueble colocando pilotes de control. En la figura 2.10 se puede ver la ubicación de dichos pilotes; en las figuras 2.11 y 2.12 se muestra la configuración actual del sistema de cimentación.

## II.3. Sistema de losas nervadas

Tradicionalmente se ha considerado que las losas apoyadas perimetralmente y las losas planas son distintos tipos de estructura y se han diseñado por métodos también distintos.

La mayoría de los reglamentos de construcción así lo siguen considerando hasta la fecha. Inclusive existen razones históricas para esta diferenciación: las losas planas se empezaron a construir sobre una base empírica antes de que se conocieran métodos de análisis para determinar los momentos flexionantes y fuerzas cortantes, mientras que las losas apoyadas perimetralmente se empezaron a construir cuando ya se disponía de métodos matemáticos de análisis.

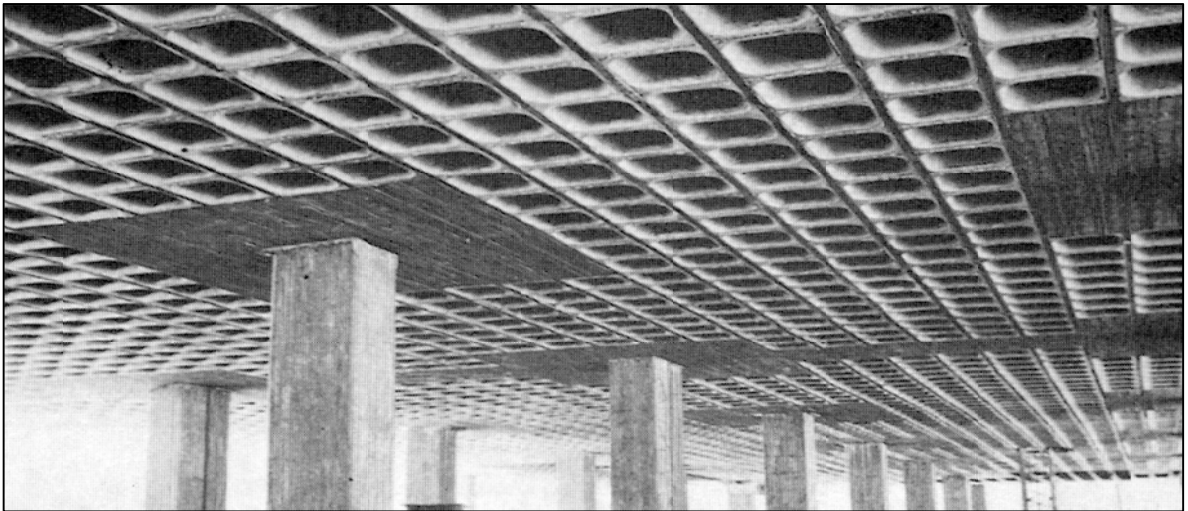
Sin embargo, un programa de investigación experimental y analítica de losas y estructuras de concreto, llevado a cabo en los años sesenta por la Universidad de Illinois, ha llegado a la conclusión de que ambos tipos de estructuras, las losas apoyadas sobre vigas y las losas planas, se comportan de manera similar y pueden diseñarse sobre las mismas bases.

El reglamento del American Concrete Institute incorporó este enfoque por primera vez en un reglamento de construcciones en su edición del año 1971 con el nombre de Sistemas de losa en dos direcciones.

Debido a que el edificio se supone fue proyectado previo al conocimiento de este tipo de comportamiento, se estima que se eligió el uso de sistemas nervados (imagen 2.3) pues el proyecto arquitectónico presentaba la necesidad de salvar claros importantes, por lo que era necesario contar con un sistema de piso capaz de auto sustentarse sin la necesidad de colocar columnas fuera de los ejes principales.

La base sobre la cual se sustenta el sistema de losas nervadas es que los elementos viga, con peralte varias veces superiores al de la losa, podían considerarse como elementos con rigidez a flexión muy grande.

Las losas transmiten las cargas verticales a los elementos de apoyo, los cuales, en el caso de las vigas, a su vez, transmiten las cargas a las columnas, estas a la cimentación y al suelo de apoyo.



*Imagen 2.3 Sistema de losa nervada*

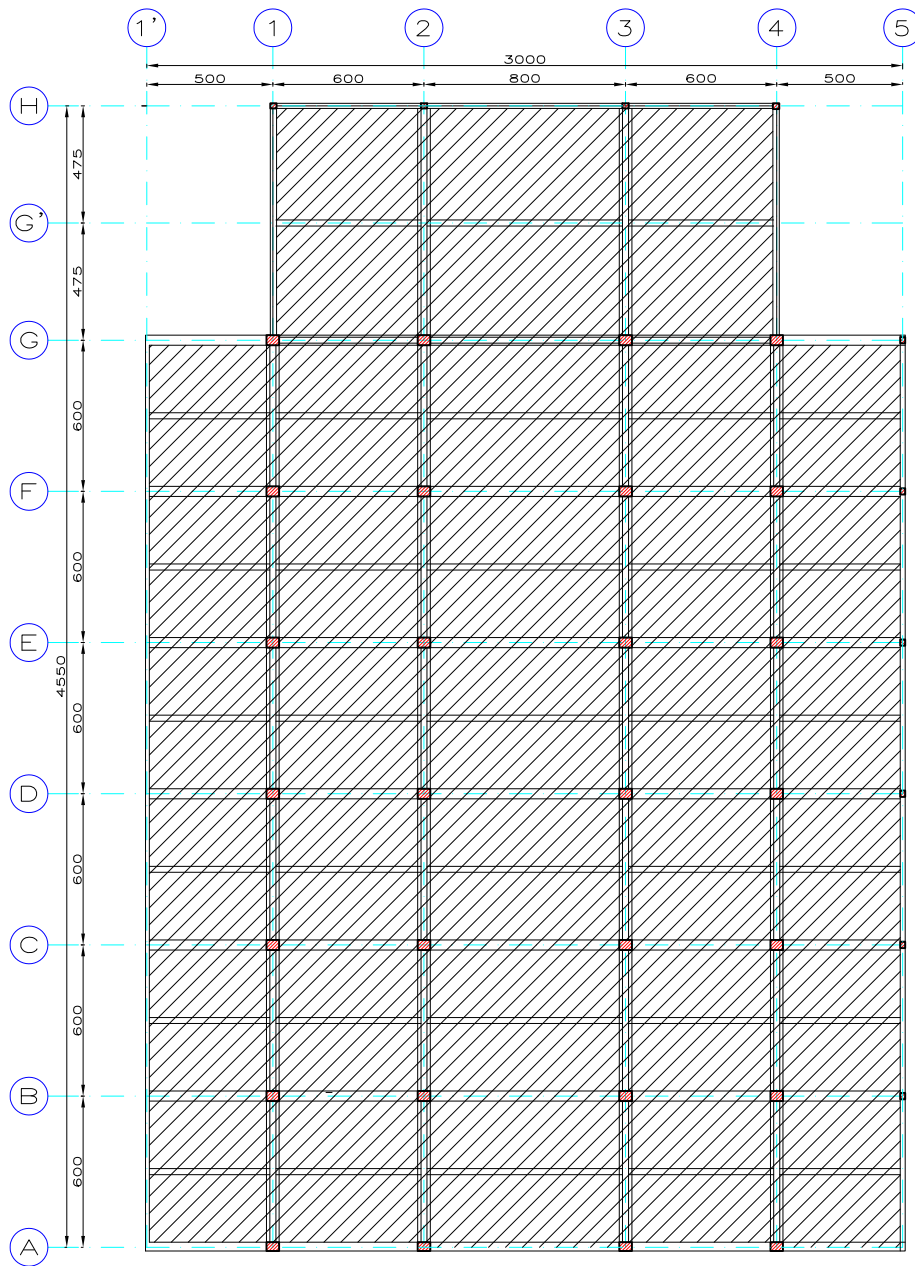
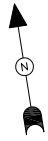


FIG. 2.1 PLANTA SÓTANO (NTC -2.280)

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

<small>tesis profesional:</small> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<small>presenta:</small> <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
<small>director de tesis:</small> <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
<small>concepto:</small>	<small>aprobó:</small>	<small>archivo:</small>	<small>registro:</small>
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	SOT	S/E
<small>dibujó:</small>	<small>fecha:</small>	<small>figura:</small>	
PLANTA SÓTANO	27 FEBRERO 2014	2.1	

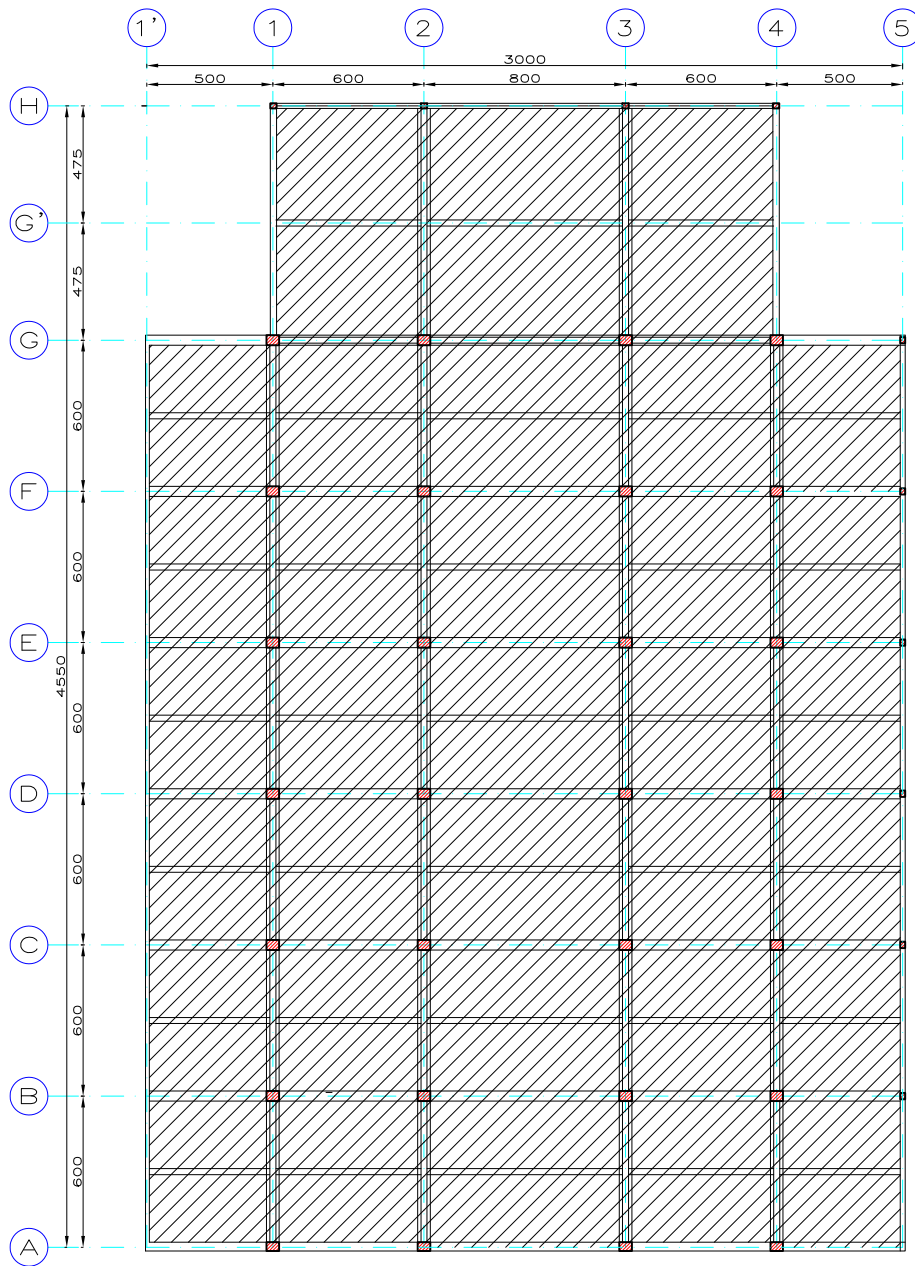
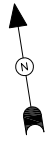



FIG. 2.2 PLANTA BAJA (NTC + 2.000)

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: PB	registro: S/E
dibujó: PLANTA BAJA	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 2.2	

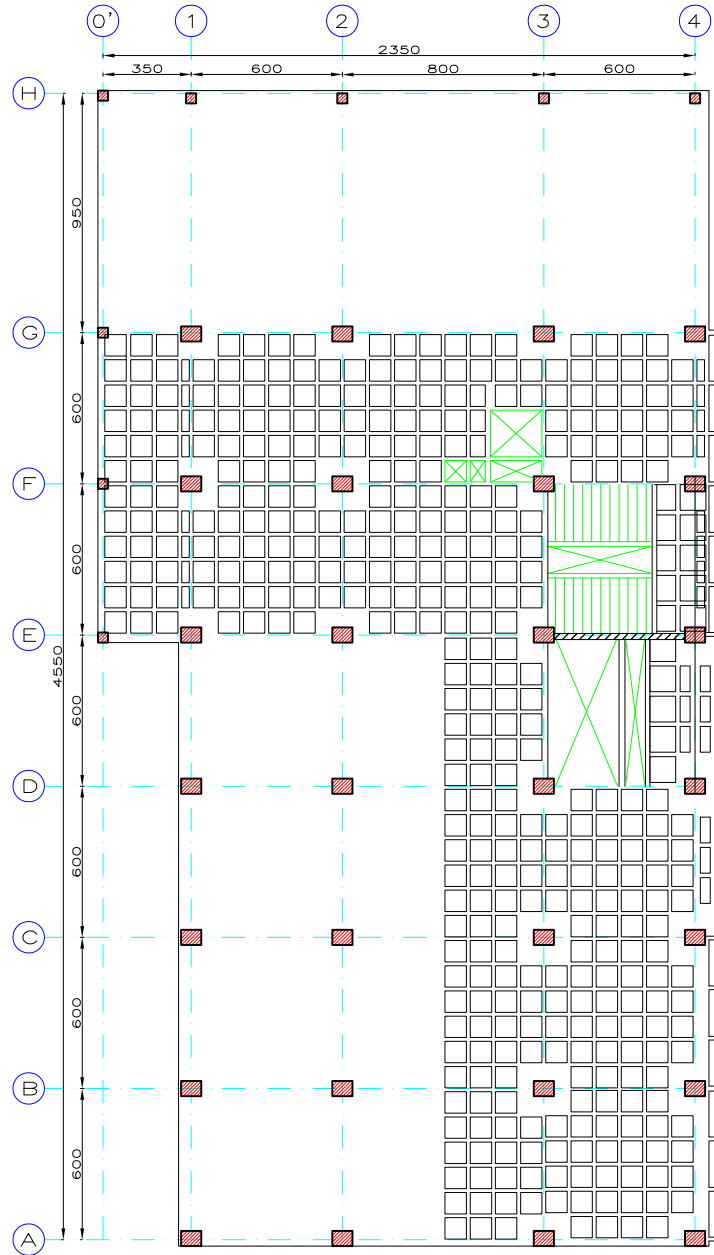
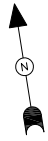



FIG. 2.3 PLANTA NIVEL MEZZANINE (NTC +4.800)

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh
archivo:	MZZ	revisó:	S/E
dibujó:	PLANTA MEZZANINE	fecha:	27 FEBRERO 2014
		figura:	2.3

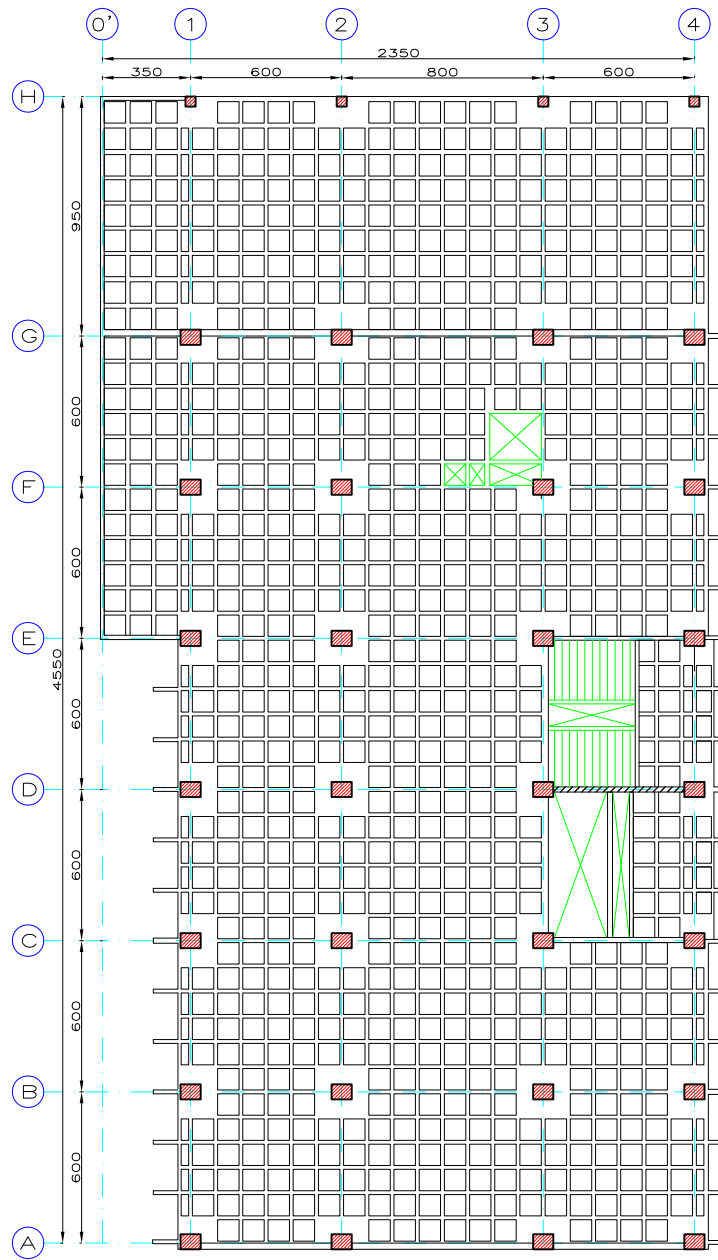
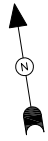


FIG. 2.4 PLANTA NIVEL 1 (NTC +9.900)

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh
archivo:	N-1	revisó:	S/E
fecha:	27 FEBRERO 2014	figura:	2.4
dibujo: PLANTA NIVEL 1			



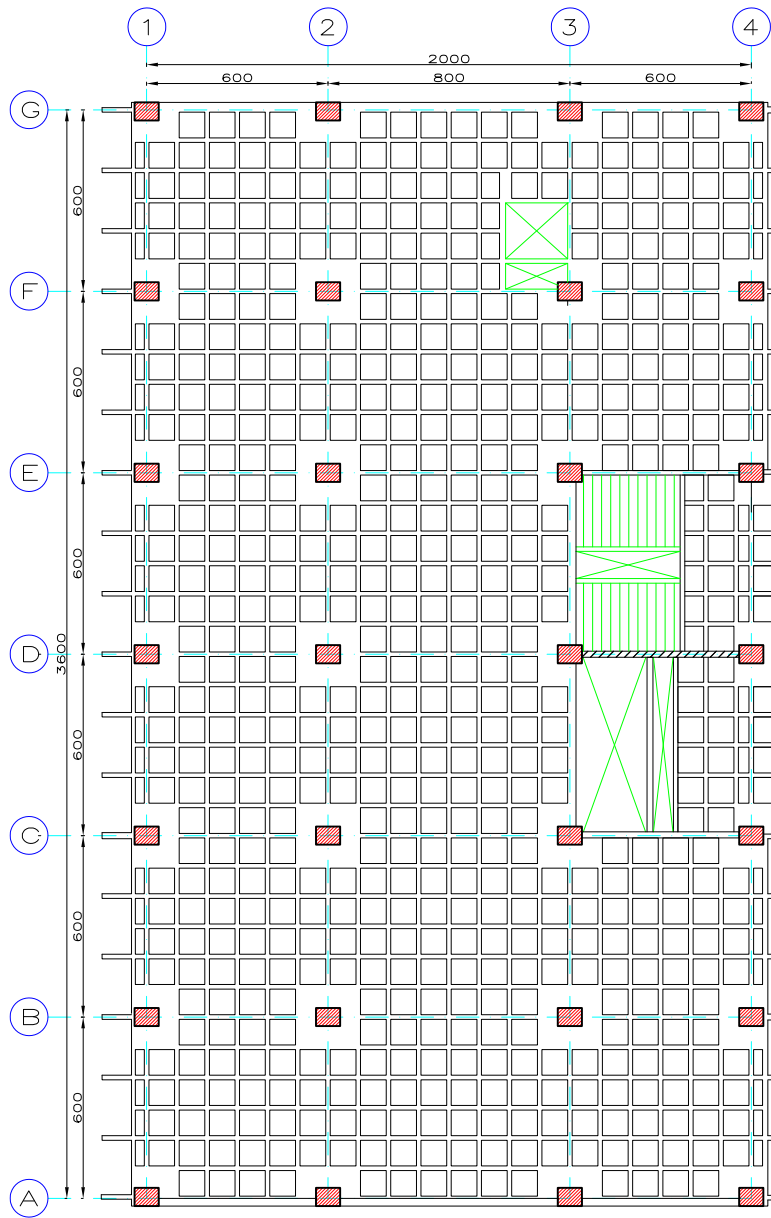
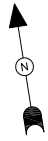


FIG. 2.5 PLANTA NIVELES 2-7

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh
archivo:	Oficinas	revisó:	S/E
dibujó:	PLANTA OFICINAS	fecha:	27 FEBRERO 2014
		figura:	2.5

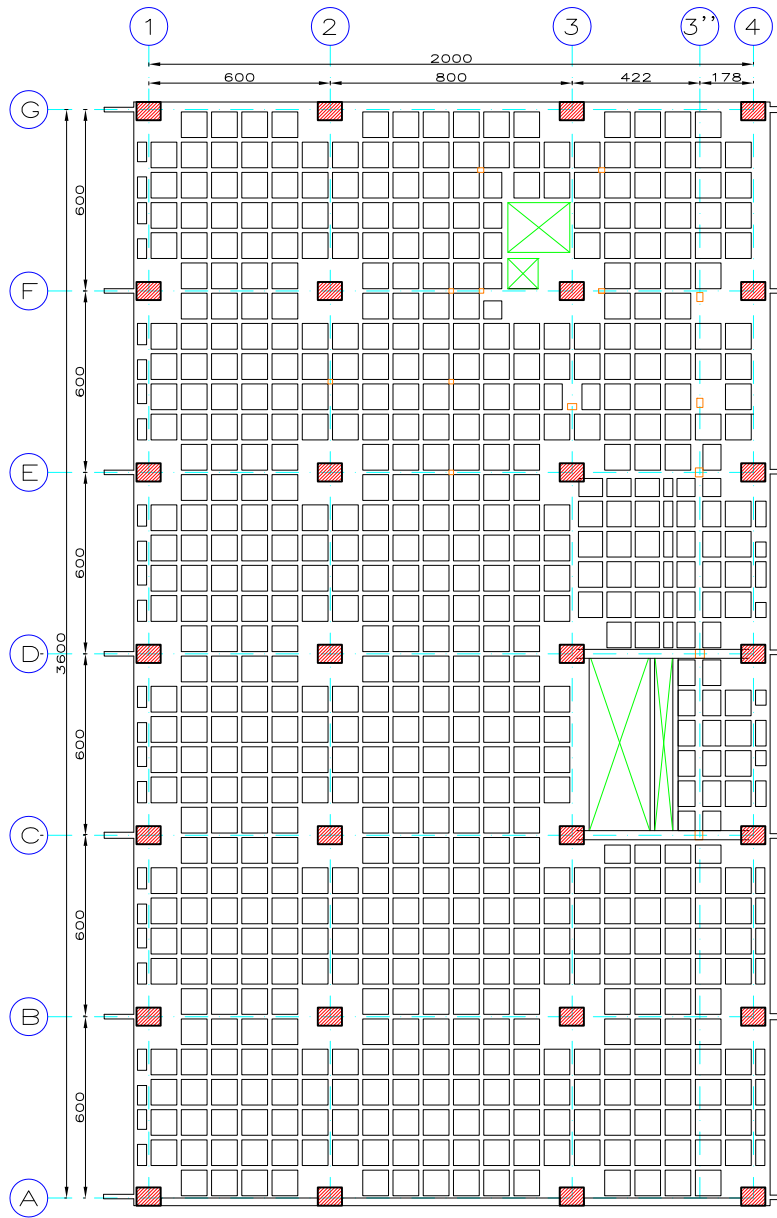
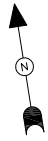


FIG. 2.6 PLANTA NIVEL 8 (NTC +37.900)

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	aprobó:	archivo:	resolución:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	N-8	S/E
dibujo:	fecha:	figura:	
PLANTA NIVEL 8	27 FEBRERO 2014	2.6	

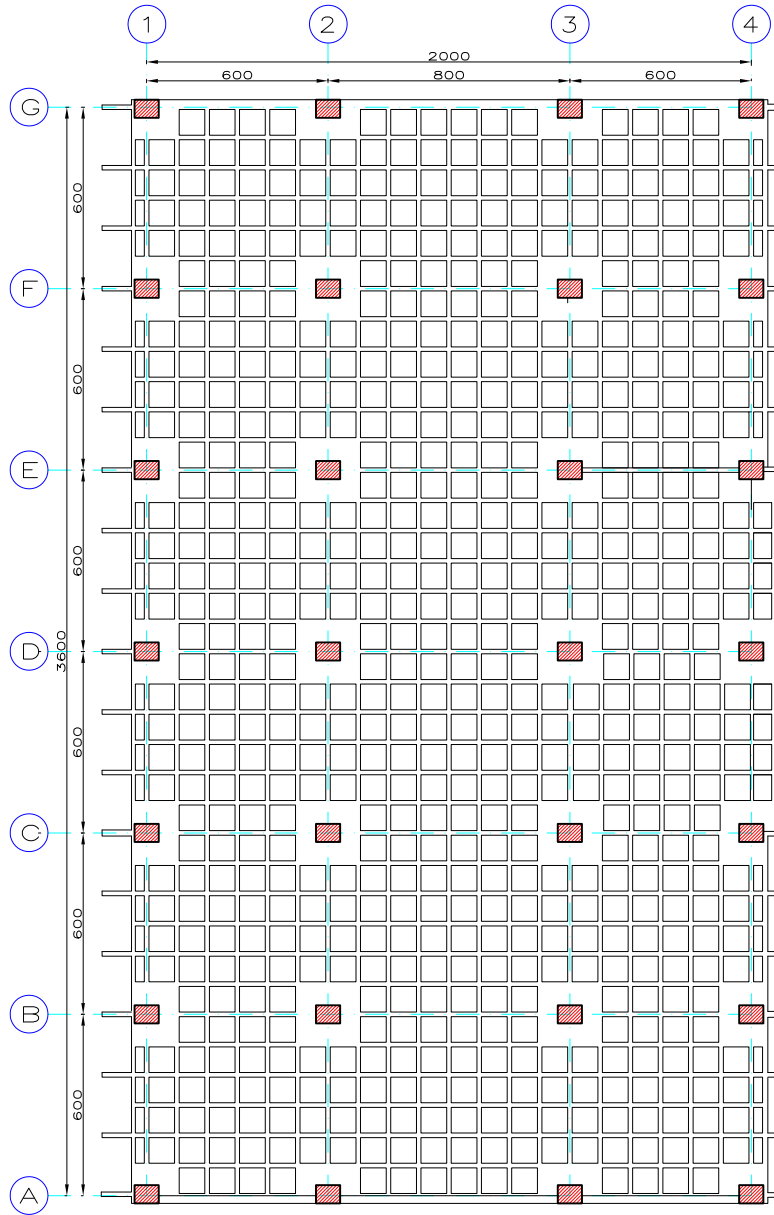
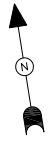


FIG. 2.7 PLANTA NIVEL AZOTEA (NTC +42.050)

N O T A S

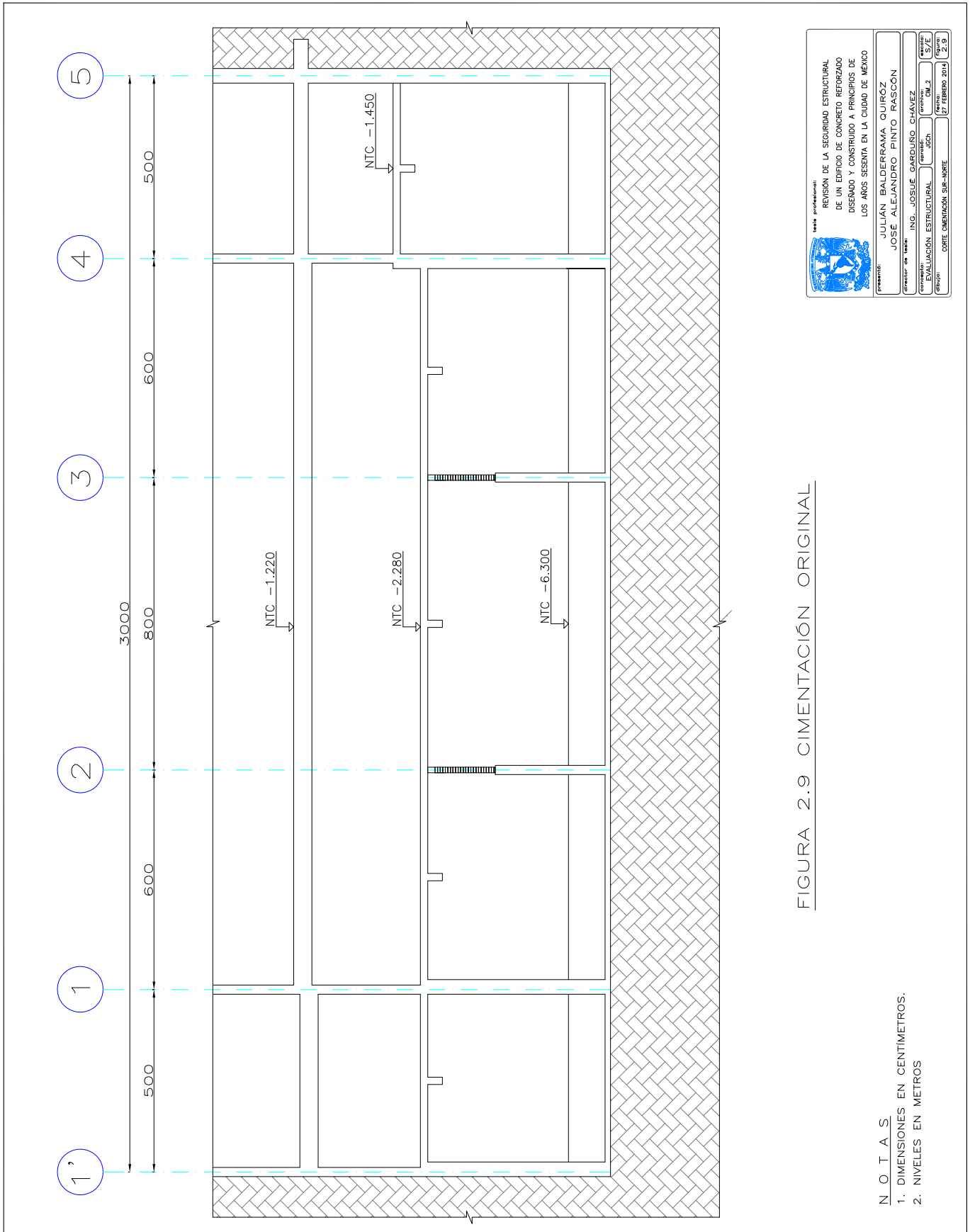
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	aprobó:	archivo:	registro:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	Oficinas	S/E
elaboró:	fecha:	figura:	
PLANTA OFICINAS	27 FEBRERO 2014	2.7	





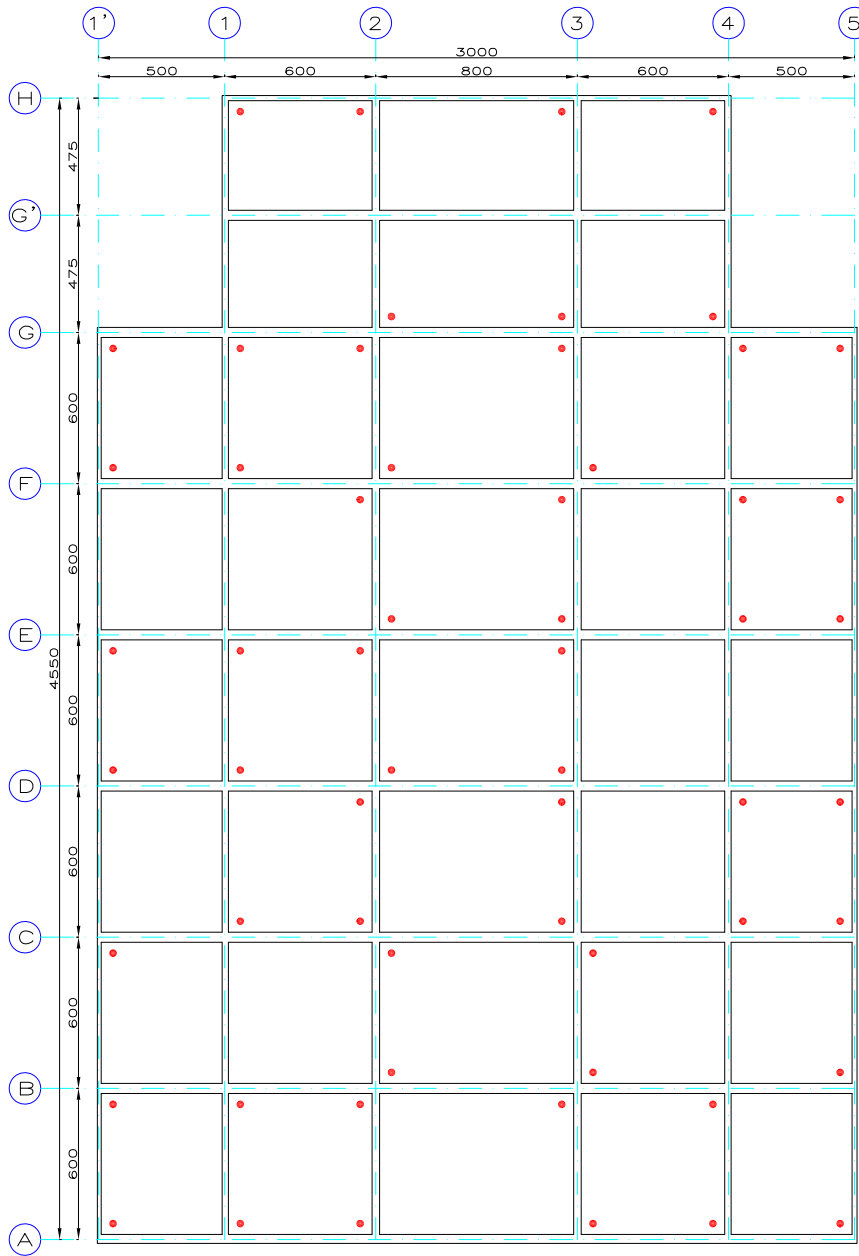
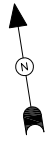


FIG. 2.10 PLANTA DE UBICACIÓN DEL SISTEMA DE PILOTE DE CONTROL

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- PILOTE DE CONTROL

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	aprobó:	archivo:	revisión:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	Dimensionación	S/E
dibujó:	fecha:	figura:	
UBICACIÓN DE PILOTE DE CONTROL	27 FEBRERO 2014	2.10	

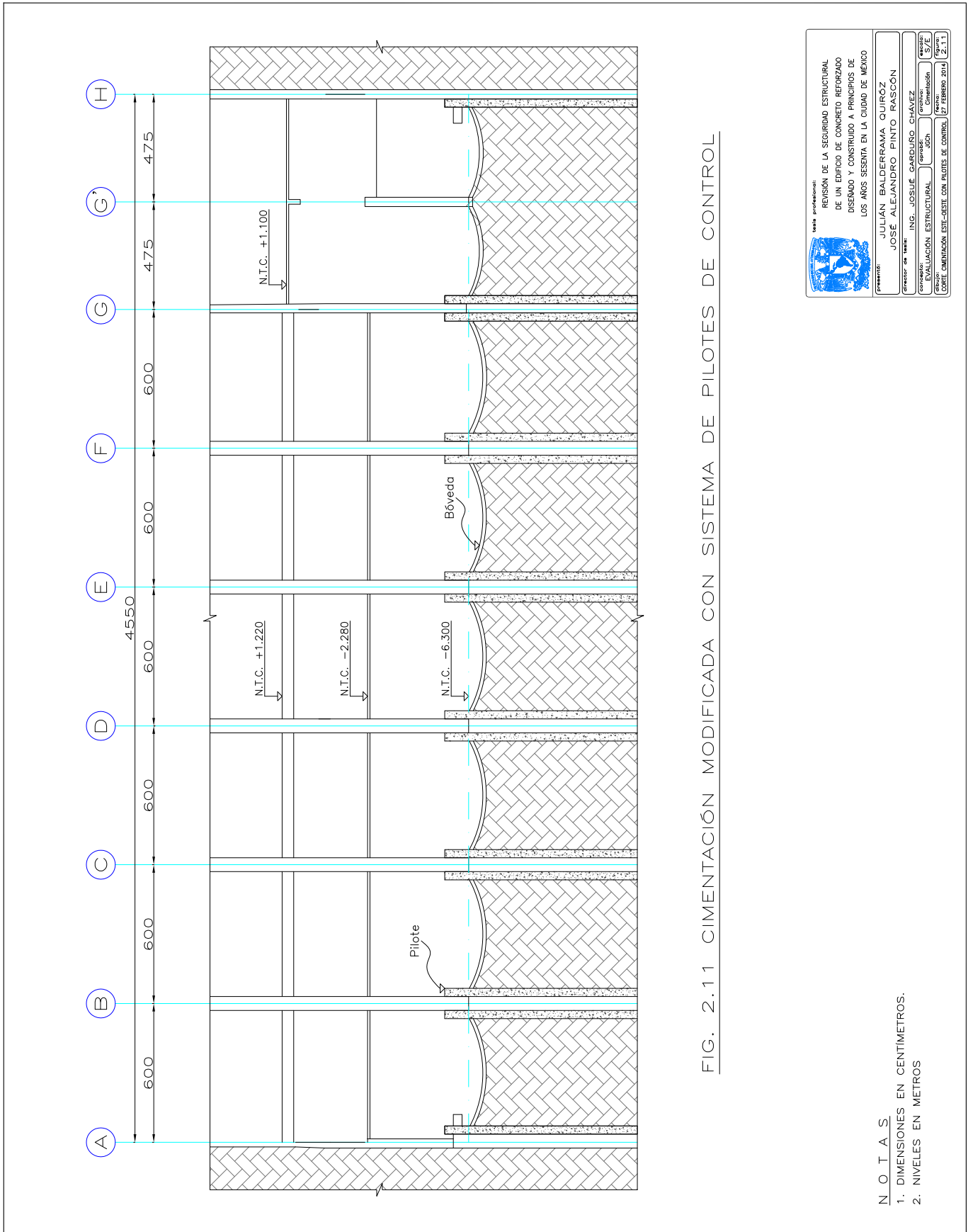



FIG. 2.1.1 CIMENTACIÓN MODIFICADA CON SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL

N O T A S  
 1. DIMENSIONES EN CENTIMETROS.  
 2. NIVELES EN METROS

		<b>VERA PROFESIONES</b> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUÍDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO	
<b>PRESENTA:</b> JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCON		<b>PROYECTA:</b> JULIÁN BALDERRAMA QUIROZ	
<b>COORDINADOR DE OBRAS:</b> JOSÉ BALBUENA		<b>PROYECTA:</b> ING. JOSUE GARDUÑO CHAVEZ	
<b>COMPROBADO:</b> JOSÉ BALBUENA		<b>PROYECTA:</b> JOSÉ BALBUENA	
<b>REVISADO:</b> JOSÉ BALBUENA		<b>PROYECTA:</b> JOSÉ BALBUENA	
<b>APROBADO:</b> JOSÉ BALBUENA		<b>PROYECTA:</b> JOSÉ BALBUENA	
<b>FECHA:</b> 27 FEBRERO 2014		<b>ESCALA:</b> 2:1	





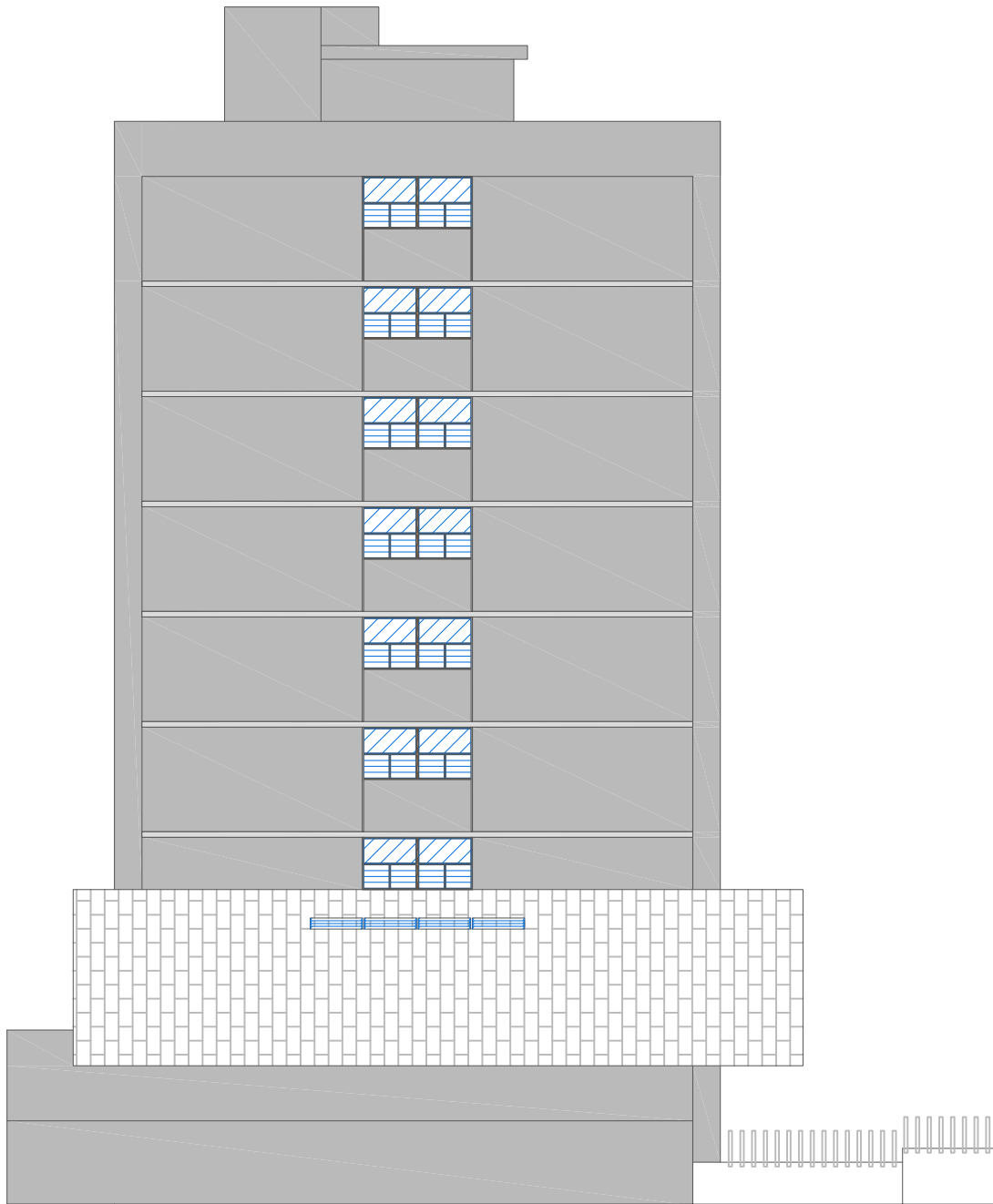



FIG. 2.13 FACHADA LATERAL NORTE

			
<b>tesis profesional:</b> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<b>presentó:</b> JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
<b>director de tesis:</b> ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
<b>concepto:</b> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	<b>aprobó:</b> JGCh	<b>archivo:</b> Fachadas	<b>sección:</b> S/E
<b>dibujo:</b> FACHADA LATERAL NORTE	<b>fecha:</b> 27 FEBRERO 2014	<b>figura:</b> 2.13	

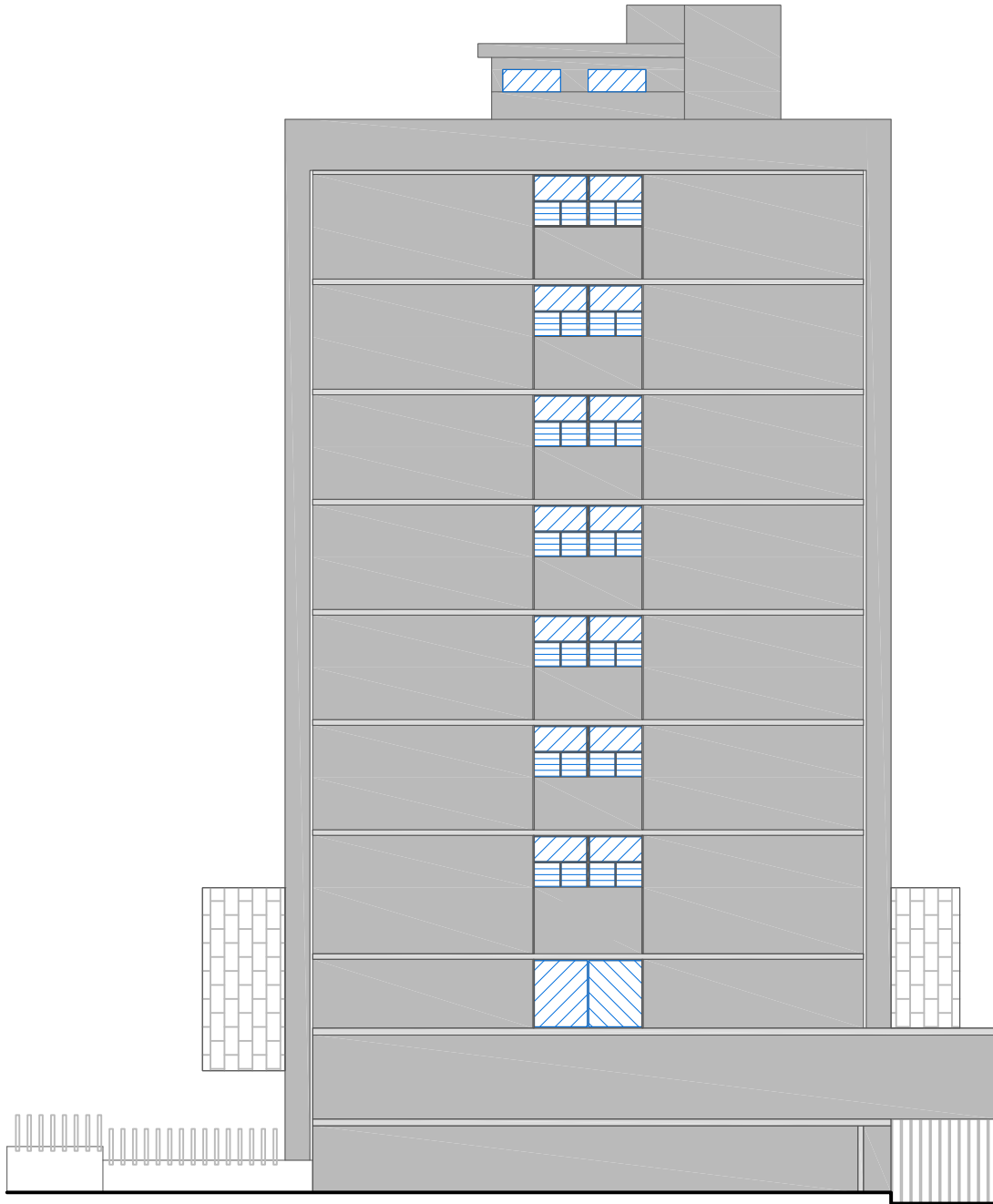


FIG. 2.14 FACHADA LATERAL SUR

	<b>tesis profesional:</b> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
	<b>presenta:</b> JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
<b>director de tesis:</b> ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ				
<b>concepto:</b> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	<b>aprobó:</b> JGCh	<b>archivo:</b> Fachadas	<b>registro:</b> S/E	
<b>dibujo:</b> FACHADA LATERAL SUR	<b>fecha:</b> 27 FEBRERO 2014	<b>figura:</b> 2.14		

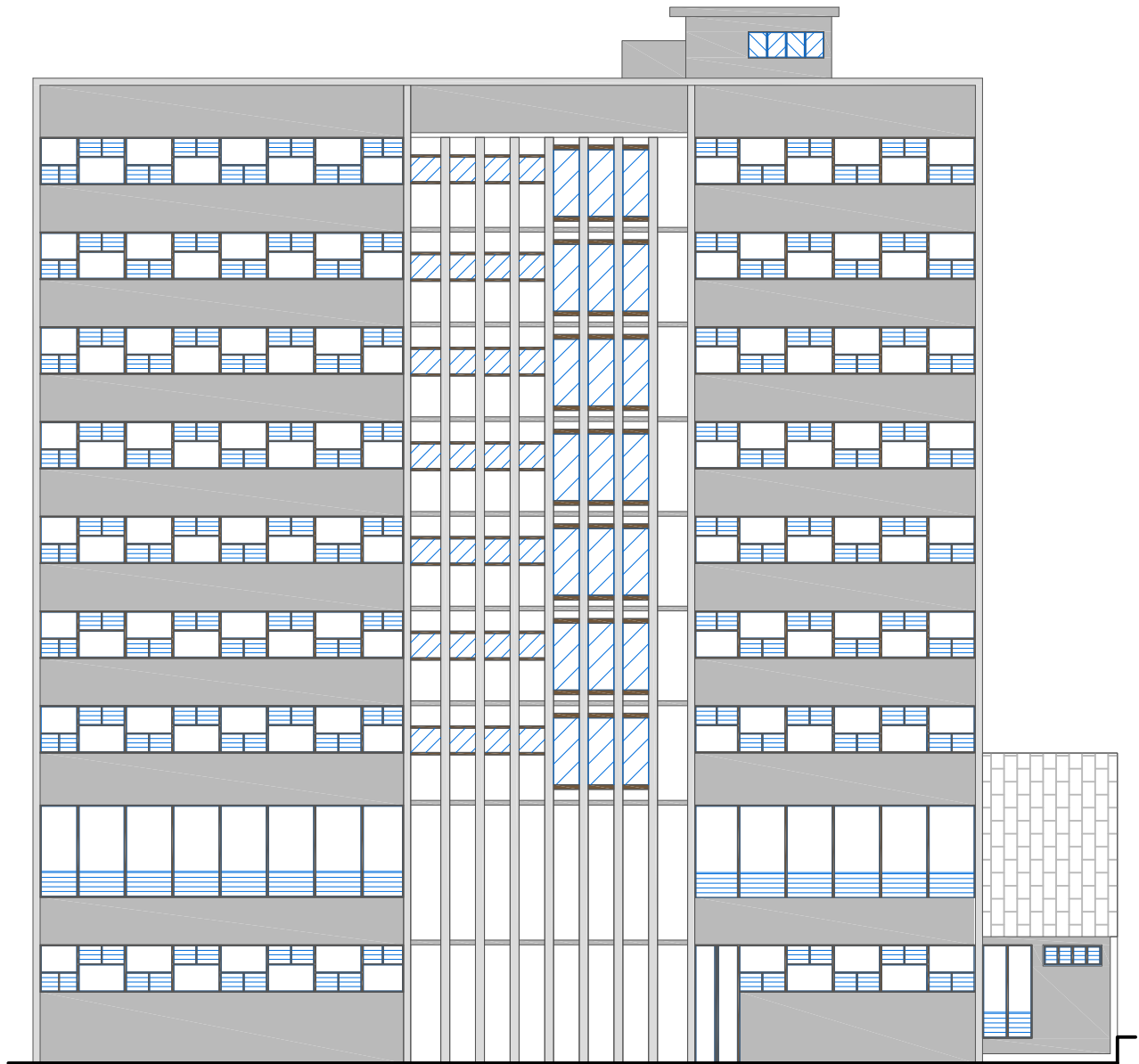



FIG. 2.15 FACHADA LATERAL ESTE

	<b>tesis profesional:</b> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
	<b>presenta:</b> JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
<b>director de tesis:</b> ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ				
<b>concepto:</b> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	<b>aprobó:</b> JGCh	<b>archivo:</b> Fachadas	<b>registro:</b> S/E	
<b>dibujo:</b>	<b>fachada:</b>	<b>fecha:</b> 27 FEBRERO 2014	<b>figura:</b> 2.15	
<b>FACHADA LATERAL ESTE</b>				



FIG. 2.16 FACHADA LATERAL OESTE

			
<b>tesis profesional:</b> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<b>presenta:</b> JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
<b>director de tesis:</b> ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
<b>concepto:</b> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	<b>aprobó:</b> JGCh	<b>archivo:</b> Fachadas	<b>registro:</b> S/E
<b>dibujo:</b>	<b>fecha:</b> 27 FEBRERO 2014		<b>figura:</b> 2.16
<b>FACHADA LATERAL OESTE</b>			

## II.4. Tipificación de la estructura

De acuerdo con la normatividad vigente, el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en su versión 2004 (RCDF04), conforme al artículo 139, clasifica las edificaciones en grupos descritos en el Título Sexto referente a la Seguridad Estructural de las Construcciones.

El edificio está clasificado dentro del grupo B1 por ser un inmueble destinado a oficinas con más de 15 metros de altura ubicado en la zona III.

De acuerdo al artículo 170 del RCDF04, en el cual se presenta la zonificación del Distrito Federal, dividiéndose en tres zonas, el edificio se ubica en la zona III, la cual se denomina “Lacustre” y el reglamento la define como *“Integrada por potentes depósitos de arcilla altamente comprensible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m”.*

Adicionalmente a esta clasificación y para efectos de la zonificación sísmica, las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTC-DS) dividen la zona III en cuatro subzonas (IIIa, IIIb, IIIc y IIId); en las figuras. 2.17 a 2.19., se puede observar que el edificio en estudio se localiza dentro de la zona IIIb con un periodo dominante de 1.5 segundos y una profundidad estimada de la capa dura de 30 m.

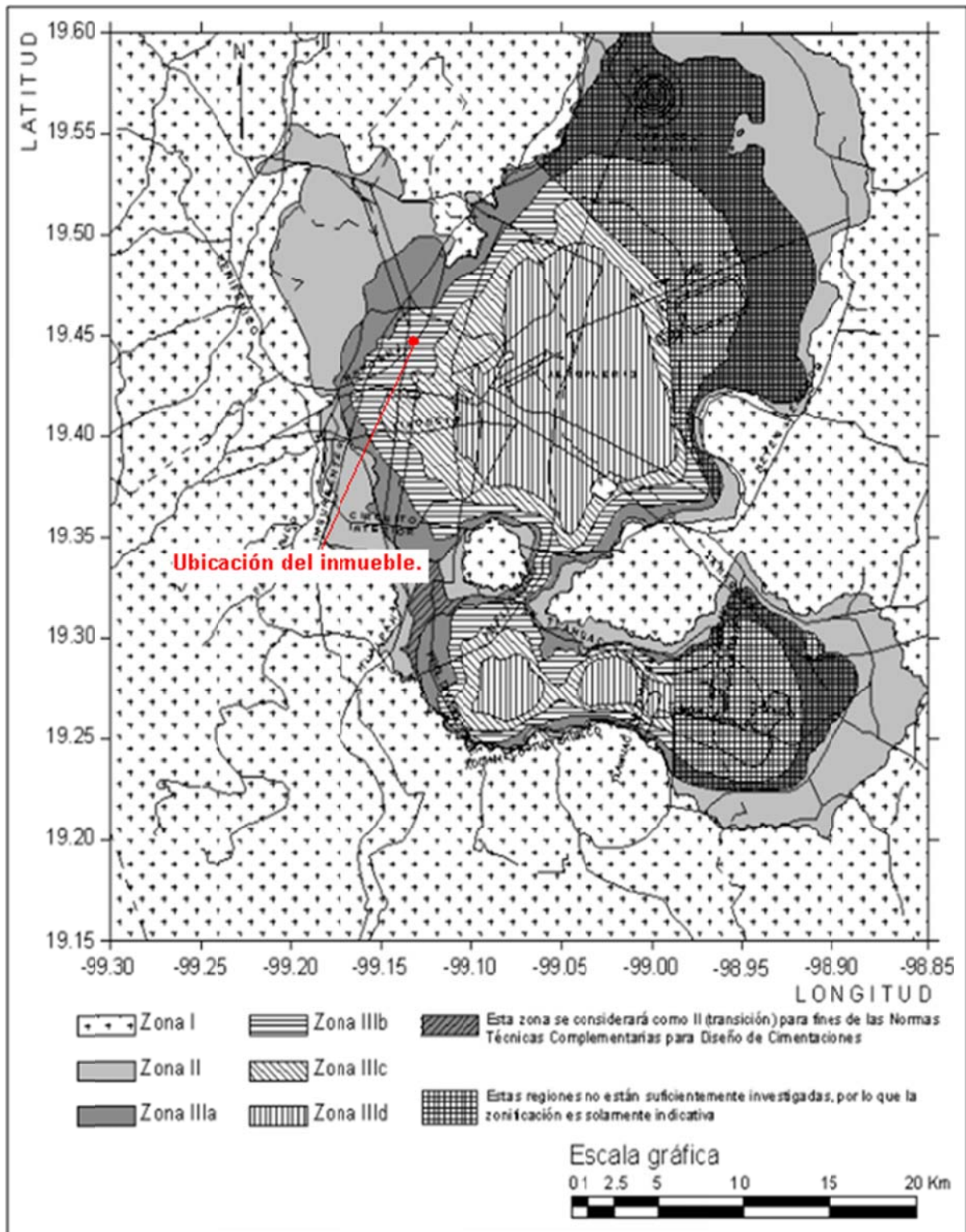


Figura 2.17. Zonificación del D.F. para fines de diseño por sismo

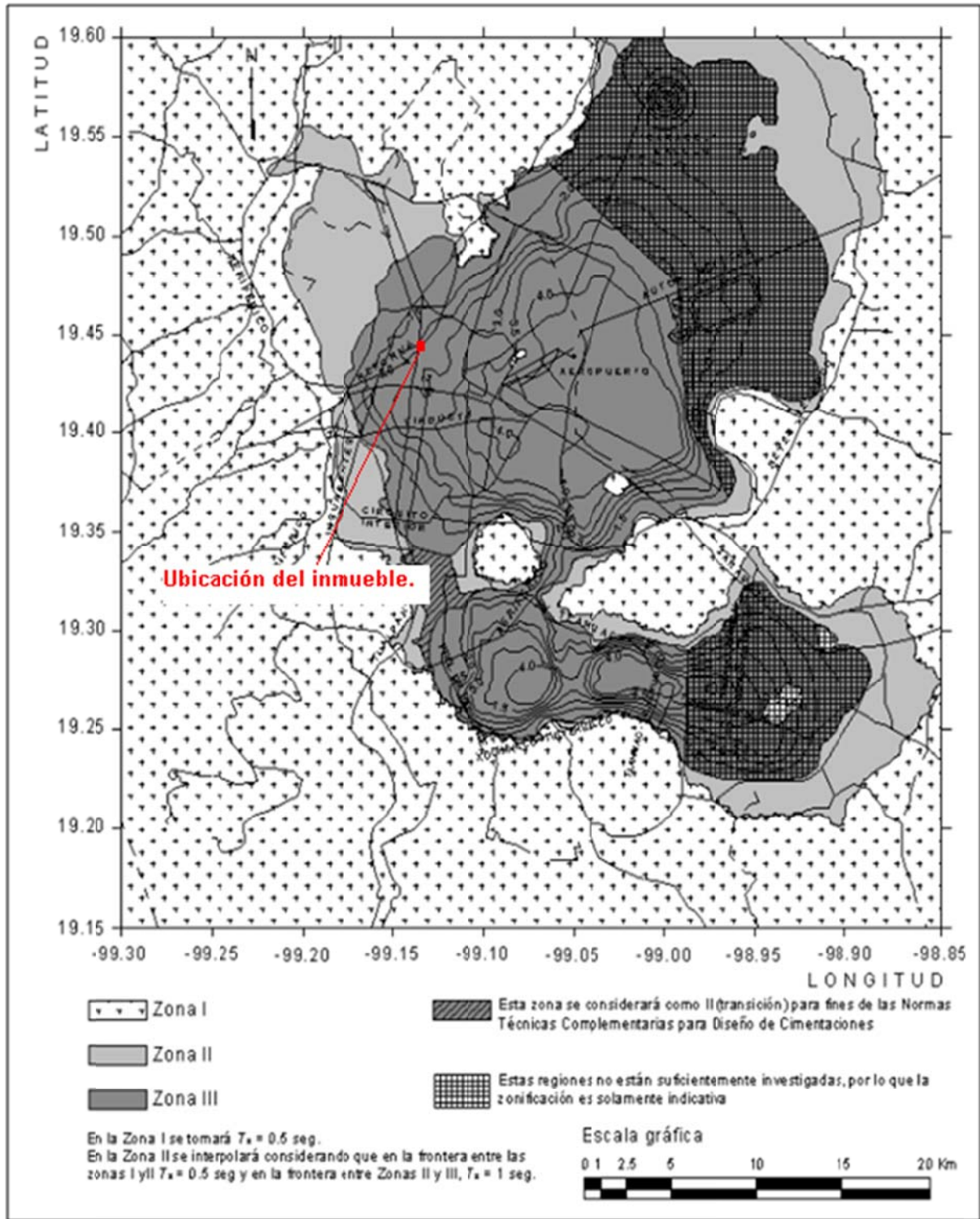


Figura 2.18. Periodos predominantes del suelo  $T_s$  (segundos) en el D.F.

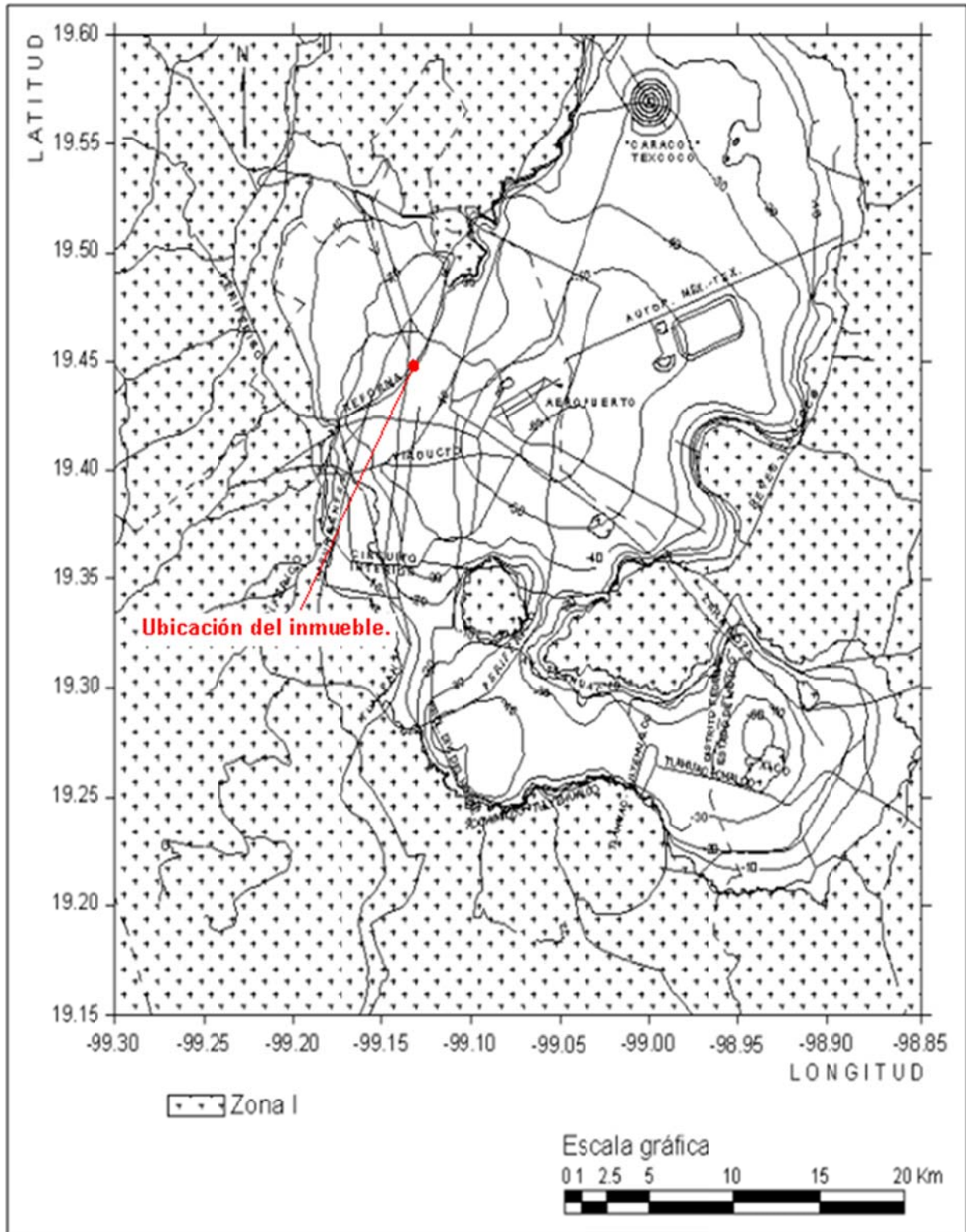


Figura 2.19. Profundidad de la capa dura H (metros) en el D.F.



### III. ESTUDIOS ANALÍTICOS

## Estudios Analíticos

El objeto del análisis y diseño consiste en determinar las dimensiones y características de los elementos de una estructura para que esta cumpla cierta función con un grado de seguridad razonable, comportándose además satisfactoriamente una vez en condiciones de servicio. Debido a estos requisitos es preciso conocer las relaciones que existen entre las características de los elementos, las solicitaciones que deben soportar y los efectos que dichas solicitaciones producen en el sistema estructural. En otras palabras, es necesario conocer las características acción-respuesta de la estructura estudiada.

Las acciones son las solicitaciones a las que dicho sistema puede estar sometido. La respuesta de una estructura o de un elemento, es su comportamiento bajo una acción determinada. Esta respuesta puede expresarse como deformación, agrietamiento o vibración.

El problema de la determinación de las relaciones acción-respuesta para estructuras con cualesquiera características, sometidas a toda la gama posible de acciones y combinaciones de estas, es que puede presentarse un número infinito de combinaciones.

Debido a esta situación, fue necesario desarrollar métodos que permitieran discretizar el estudio del conjunto en una serie de estudios del comportamiento de sus distintas partes o elementos. Estos métodos, llamados de análisis, permiten determinar en cada uno de los miembros las acciones internas resultantes de la aplicación de solicitaciones exteriores a la estructura total. Esta consideración reduce el problema de la determinación de las características acción-respuesta a dimensiones manejables.

Para establecer una base racional de diseño, será necesario obtener las características acción-respuesta correspondientes a las acciones más frecuentes. Con esta información se puede delimitar el rango de las solicitaciones bajo las cuales el sistema se comportará satisfactoriamente una vez en condiciones de servicio.

Al evaluar la respuesta correspondiente a una acción determinada, es necesario tomar en cuenta el modo de aplicación de la misma, ya que este factor ejerce influencia muy importante en dicha respuesta. Es decir, la respuesta de una estructura a una acción determinada dependerá de si esta es instantánea, de corta duración, sostenida, repetida, etc.

### III.1. Propiedades geométricas de los elementos

Las propiedades geométricas de los elementos que componen el sistema de la estructura fueron tomadas de acuerdo a copias de los planos estructurales existentes proporcionadas por los propietarios del inmueble.

Debido a la falta de algunos planos, no se pudieron conocer con exactitud las dimensiones de algunos elementos que componen la estructura.

### III.2. Propiedades mecánicas de los materiales

Se emplearon las propiedades mecánicas de los materiales de acuerdo a lo mostrado en las notas generales de las copias de los planos originales.

Para el cálculo del módulo de elasticidad del concreto,  $E_c$ , se empleó la ecuación propuesta por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en su versión 2004 para concreto. Dicha ecuación se da en función del peso volumétrico y la resistencia del concreto.

$$E_c = 10,000\sqrt{f'_c}$$

Concreto en columnas

$$f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_c = 10,000 * \sqrt{f'_c} = 167322 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\gamma_c = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

Concreto en trabes, losas y nervaduras

$$f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_c = 10,000 * \sqrt{f'_c} = 144914 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\gamma_c = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

Acero de refuerzo

$$f_y = 4000 \text{ kgf/cm}^2$$

### III.3. Análisis de cargas

#### III.3.1 Cargas muertas

Se consideran los pesos de todos los elementos estructurales y no estructurales que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo.

A continuación se presenta el análisis para la determinación de las acciones permanentes que actúan sobre la estructura y que fueron introducidas al modelo. El peso propio de los elementos que conforman el sistema estructural es calculado automáticamente por el programa STAAD Pro. y por tal motivo no está incluido en este análisis.

##### a) Planta baja, mezzanine y oficinas

Losa	120 kgf/m <sup>2</sup>
Mortero	60 kgf/m <sup>2</sup>
Plafón	40 kgf/m <sup>2</sup>
Sobrecarga RCDF04	40 kgf/m <sup>2</sup>
Piso	20 kgf/m <sup>2</sup>
Instalaciones	20 kgf/m <sup>2</sup>
CM=	300 kgf/m <sup>2</sup>

##### a) Azotea

Losa	120 kgf/m <sup>2</sup>
Enladrillado	40 kgf/m <sup>2</sup>
Plafón	40 kgf/m <sup>2</sup>
Sobrecarga RCDF04	40 kgf/m <sup>2</sup>
Relleno	30 kgf/m <sup>2</sup>
Instalaciones	20 kgf/m <sup>2</sup>
Impermeabilizante	5 kgf/m <sup>2</sup>
CM=	295 kgf/m <sup>2</sup>

### III.3.2 Cargas vivas

Se consideran cargas vivas las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter permanente. Las cargas utilizadas para el modelo fueron las que se especifican en el RCDF04. Este reglamento establece que se deberá emplear la carga viva máxima (CV<sub>máx</sub>) para el diseño estructural por fuerzas gravitacionales; carga viva instantánea (CV<sub>a</sub>) para el diseño sísmico y por viento; y carga viva media (CV) para el cálculo de asentamientos y flechas diferidas. Las cargas que se utilizaron son las siguientes:

a) Planta baja y mezzanine

Cv <sub>max</sub>	350 kgf/m <sup>2</sup>
Cv <sub>a</sub>	150 kgf/m <sup>2</sup>
CV	40 kgf/m <sup>2</sup>

b) Oficinas

Cv <sub>max</sub>	250 kgf/m <sup>2</sup>
Cv <sub>a</sub>	180 kgf/m <sup>2</sup>
CV	100 kgf/m <sup>2</sup>

c) Azotea

Cv <sub>max</sub>	100 kgf/m <sup>2</sup>
Cv <sub>a</sub>	70 kgf/m <sup>2</sup>
CV	15 kgf/m <sup>2</sup>

d) Pasillos

Cv <sub>max</sub>	350 kgf/m <sup>2</sup>
Cv <sub>a</sub>	150 kgf/m <sup>2</sup>
CV	40 kgf/m <sup>2</sup>

### III.4. Análisis dinámico modal espectral

De acuerdo con las NTC04, se deberá emplear un análisis dinámico en estructuras regulares cuya altura supere los 30 m y en estructuras irregulares cuya altura supere los 20 m.

Los factores a considerar en este tipo de análisis son la zonificación, la geometría de la estructura y las acciones que actúan sobre esta.

La respuesta dinámica de una estructura depende de sus características mecánicas y de la naturaleza de la excitación inducida por los movimientos del terreno generados a partir de sismos que difieren uno de otro en magnitud, fuente, características, distancia y la dirección desde la ubicación de ruptura. La capacidad de una estructura para disipar la energía es fundamental para controlar las demandas de desplazamientos. Bajo excitaciones sísmicas que tienen duraciones relativamente largas, una estructura se somete a varios ciclos de vibración, por lo que su respuesta depende de la cantidad de energía que se disipa durante cada ciclo.

#### III.4.1. Espectro de diseño

Como se mencionó en el Capítulo I, la edificación se desplanta en suelo correspondiente a la zona IIIb con los parámetros sísmicos que se detallan en la Tabla 3.1. Dichos parámetros se emplean en la construcción de la gráfica del espectro de diseño, la cual se muestra en la figura 3.1.

*Tabla 3.1. Valores de los parámetros para calcular el espectro de aceleraciones de la zona IIIb.*

Zona	c	a <sub>0</sub>	T <sub>a</sub> <sup>1</sup> [s]	T <sub>b</sub> <sup>1</sup> [s]	r
III <sub>b</sub>	0.45	0.11	0.85	3	2

Cuando se aplica un análisis dinámico modal, se adopta como ordenada del espectro de aceleraciones para diseño sísmico,  $a$ , expresada como fracción de la aceleración de la gravedad, la que se estipula a continuación:

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

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

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

Donde

$a_0$  Valor de  $a$  que corresponde a  $T=0$ .

$c$  Coeficiente sísmico.

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

$r$  Exponente en las expresiones para el cálculo de las ordenadas de los espectros de diseño.

$T$  Periodo natural de vibración de la estructura.

$T_a, T_b$  Periodos característicos de los espectros de diseño.

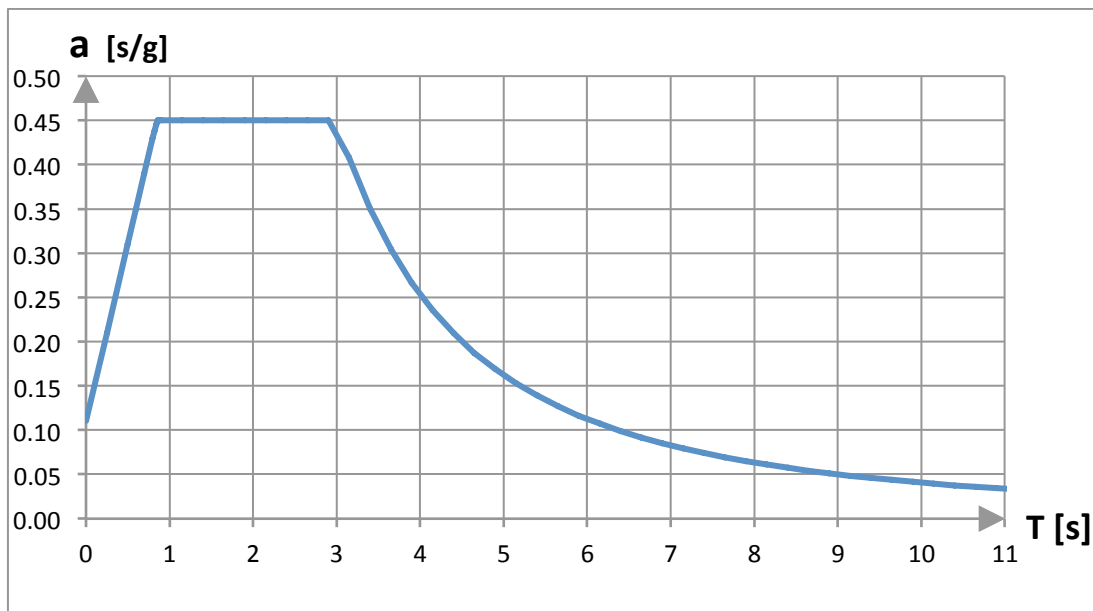


Figura 3.1. Espectro de diseño para la zona IIIb.

### III.4.2 Modos de vibrar, periodos y frecuencias

En función de la distribución de la rigidez y la masa, el programa STAAD Pro, mediante un análisis de valores y vectores característicos, determina las propiedades dinámicas de la estructura, formas modales, periodos y frecuencias naturales (Tabla 3.2).

*Tabla 3.2. Modos, periodos y frecuencias de la estructura*

Modo de Vibrar	Periodo [s]	Frecuencia [hz]
1	1.999	0.500
2	1.292	0.774
3	0.843	1.186
4	0.654	1.528
5	0.434	2.302
6	0.397	2.520

### III.4.3 Factor de comportamiento sísmico

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTC-DS), mencionan que se podrá utilizar un factor de comportamiento sísmico  $Q=2$  cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas y por muros de mampostería de piezas macizas confinados castillos, dalas, columnas o trabes de concreto reforzado.



### III.4.4. Condiciones de regularidad

Para que una estructura pueda considerarse regular debe satisfacer los siguientes requisitos:

- 1) Su planta es sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales por lo que toca a masas, así como a muros y otros elementos resistentes. Estos son, además, sensiblemente paralelos a los ejes ortogonales principales del edificio.

No cumple.

- 2) La relación de su altura a la dimensión menor de su base no pasa de 2.5.

$$H=42.05\text{m}$$

$$b=23.5\text{m}$$

$$\frac{H}{b} = \frac{42.05\text{m}}{23.5\text{m}} = 1.79 < 2.5$$

Cumple.

- 3) La relación de largo a ancho de la base no excede de 2.5.

$$B=45.5\text{m}$$

$$b=23.5\text{m}$$

$$\frac{B}{b} = \frac{45.5\text{m}}{23.5\text{m}} = 1.94 < 2.5$$

Cumple.

- 4) En planta no tiene entrantes ni salientes cuya dimensión exceda de 20 por ciento de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección que se considera del entrante o saliente.

Cumple.

- 5) En cada nivel tiene un sistema de techo o piso rígido y resistente.

Cumple.

6) No tiene aberturas en sus sistemas de techo o piso cuya dimensión exceda de 20 por ciento de la dimensión en planta medida paralelamente a la abertura; las áreas huecas no ocasionan asimetrías significativas en posición de un piso a otro, y el área total de aberturas no excede en ningún nivel de 20 por ciento del área de la planta.

Tabla 3.3 Áreas huecas en mezzanine

NIVEL	A <sub>PLANTA</sub> [m <sup>2</sup> ]	20% A <sub>PLANTA</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>HUECOS</sub> [m <sup>2</sup> ]	% A <sub>HUECOS</sub> [m <sup>2</sup> ]	CONDICIÓN 20% A <sub>PLANTA</sub> > A <sub>HUECOS</sub>
MEZZANINE	985.25	197.05	317	32.17	<b>NO CUMPLE</b>

7) El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para diseño sísmico, no es mayor que 110 por ciento del correspondiente al piso inmediato inferior ni, excepción hecha del último nivel de la construcción, es menor que 70 por ciento de dicho peso.

Tabla 3.4 Peso por nivel para condición de regularidad no. 7

Nivel	W <sub>PP</sub> [ton]	W <sub>CM</sub> [ton]	W <sub>Cva</sub> [ton]	W <sub>T</sub> [ton]	110% W <sub>T</sub> [ton]	CONDICIÓN 110% > W <sub>T</sub>	70% W <sub>T</sub> [ton]	CONDICIÓN W <sub>T</sub> > 70%
Sótano	114.55	114.55	0	229.09	252.00	-	160.37	-
PB	977.91	2072.73	195.49	3246.13	3570.74	<b>NO CUMPLE</b>	2272.29	CUMPLE
Mezzanine	611.25	1176.93	100.99	1889.17	2078.09	CUMPLE	1322.42	<b>NO CUMPLE</b>
Nivel 1	722.33	1489.59	164.39	2376.30	2613.93	<b>NO CUMPLE</b>	1663.41	CUMPLE
Nivel 2	509.24	1046.12	115.02	1670.38	1837.41	CUMPLE	1169.26	CUMPLE
Nivel 3	509.40	1046.28	115.02	1670.70	1837.77	CUMPLE	1169.49	CUMPLE
Nivel 4	509.40	1046.28	115.02	1670.70	1837.77	CUMPLE	1169.49	CUMPLE
Nivel 5	509.40	1046.28	115.02	1670.70	1837.77	CUMPLE	1169.49	CUMPLE
Nivel 6	509.40	1046.28	115.02	1670.70	1837.77	CUMPLE	1169.49	CUMPLE
Nivel 7	504.39	1041.27	115.02	1660.67	1826.74	CUMPLE	1162.47	CUMPLE
Nivel 8	460.41	997.30	115.02	1572.73	1730.01	CUMPLE	1100.91	CUMPLE
Azotea	373.26	625.31	50.40	1048.97	1153.87	-	734.28	-

8) Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que 110 por ciento de la del piso inmediato inferior ni menor que 70 por ciento de esta. Se exige de este último requisito únicamente al último piso de la construcción. Además, el área de ningún entrepiso excede en más de 50 por ciento a la menor de los pisos inferiores.

Tabla 3.5. Justificación de condición de regularidad no. 8

NIVEL	Área [m <sup>2</sup> ]	110% Área [m <sup>2</sup> ]	CONDICIÓN 110%>Área	70% Área [m <sup>2</sup> ]	CONDICIÓN Área>70%
Sótano	1257.10	1382.81	-	879.97	-
PB	1257.10	1382.81	CUMPLE	879.97	CUMPLE
Mezzanine	781.80	859.98	CUMPLE	547.26	NO CUMPLE
Nivel 1	985.50	1084.05	NO CUMPLE	689.85	CUMPLE
Nivel 2	730.00	803.00	CUMPLE	511.00	CUMPLE
Nivel 3	730.00	803.00	CUMPLE	511.00	CUMPLE
Nivel 4	730.00	803.00	CUMPLE	511.00	CUMPLE
Nivel 5	730.00	803.00	CUMPLE	511.00	CUMPLE
Nivel 6	730.00	803.00	CUMPLE	511.00	CUMPLE
Nivel 7	730.00	803.00	CUMPLE	511.00	CUMPLE
Nivel 8	730.00	803.00	CUMPLE	511.00	CUMPLE
Azotea	202.40	222.64	-	141.68	-

9) Todas las columnas están restringidas en todos los pisos en dos direcciones sensiblemente ortogonales por diafragmas horizontales y por traveses o losas planas.

No cumple en el nivel Mezzanine, ya que las columnas localizadas sobre los ejes 1 y 2 entre los ejes B-D no cuentan con ninguna restricción proporcionada por diafragmas o traveses en las dos direcciones ortogonales.

10) Ni la rigidez ni la resistencia al corte de ningún entrepiso difieren en más de 50 por ciento de la del entrepiso inmediatamente inferior. El último entrepiso queda excluido de éste requisito.

Debido a falta de información acerca de las propiedades de los elementos muro y el detalle del reforzamiento de las columnas, no fue posible calcular la resistencia al corte.

11) En ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada estáticamente, es, excede del diez por ciento de la dimensión en planta de ese entrepiso medida paralelamente a la excentricidad mencionada.

No Cumple.

Por lo tanto la estructura se puede catalogar como irregular.

### III.4.5 Factor de reducción de fuerzas sísmicas

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas para análisis dinámico modal, se empleará un factor de reducción  $Q'$ , que se calculará como sigue.

$$Q' = Q \quad \text{Si se desconoce } T \text{ o si } T \geq T_a$$

$$Q' = 1 + \frac{T}{T_a}(Q - 1) \quad \text{Si } T < T_a$$

$T$  se tomará igual al periodo natural de vibración del modo que se considere cuando se utilice el análisis dinámico modal;  $T_a$  es un periodo característico del espectro de diseño.  $Q$  es el factor de comportamiento sísmico. Ya que  $T$  (1.99925) es menor que  $T_a$  (2.0) se calculará el factor de reducción con la siguiente ecuación.

$$Q' = 1 + \frac{T}{T_a}(Q - 1)$$

$$Q' = 1 + \frac{1.99}{2}(2 - 1)$$

Se tomará  $Q'=2$ .

### III.4.6. Corrección por irregularidad

Cuando no se cumplan dos o más requisitos, el factor de reducción  $Q'$  se multiplicará por 0.7, por lo tanto:

$$Q' = 2 * 0.7$$

$$Q' = 1.4$$

Por lo tanto las fuerzas utilizadas en el modelo serán afectadas por el valor  $Q'=1.4$

### III.4.7. Efectos de torsión

El programa STAAD Pro permite calcular la fuerza del momento torsionante producto de las acciones del sismo, pero este resultado no cumple con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF04), donde se establece que el momento torsionante se tomará por lo menos igual a la fuerza cortante de entrepiso multiplicada por la excentricidad que para cada marco o muro resulte más desfavorable. Debido a esto, se obtuvo en un primer análisis el cortante de cada nivel y se multiplicó por la excentricidad calculada. Una vez que se tuvo este resultado, se incluyó en un segundo modelo como una combinación básica de carga.

### III.5. Condiciones básicas de carga

Las condiciones básicas que se usaron para el análisis de la estructura fueron:

C01 = Carga muerta	(CM)
C02 = Carga viva máxima	(CVmáx)
C03 = Carga viva instantánea	(CVa)
C04 = Sismo dinámico en dirección X	(SDx)
C05 = Sismo dinámico en dirección Z	(SDz)
C06 = Torsión producida por SDx	(Tx)
C07 = Torsión producida por SDz	(Tz)

### III.6. Combinaciones de carga

Para la revisión de estados límite de servicio:

C08 = 1.00 [CM + CVmáx]
C09 = 1.00 [CM + CVa + Q (SDx + 0.3 SDz + Tx + 0.3Tz)]
C10 = 1.00 [CM + CVa + Q (SDx - 0.3 SDz + Tx - 0.3Tz)]
C11 = 1.00 [CM + CVa + Q (-SDx + 0.3 SDz - Tx + 0.3Tz)]
C12 = 1.00 [CM + CVa + Q (-SDx - 0.3 SDz - Tx - 0.3Tz)]
C13 = 1.00 [CM + CVa + Q (0.3SDx + SDz + 0.3Tx + Tz)]
C14 = 1.00 [CM + CVa + Q (0.3SDx - SDz + 0.3Tx - Tz)]
C15 = 1.00 [CM + CVa + Q (-0.3SDx + SDz - 0.3Tx + Tz)]
C16 = 1.00 [CM + CVa + Q (-0.3SDx - SDz - 0.3Tx - Tz)]

Para la revisión de estados límite de falla:

C17 = 1.4 [CM + CVmáx]
C18 = 1.1 [CM + CVa + SDx + 0.3 SDZ + Tx + 0.3 Tz]
C19 = 1.1 [CM + CVa + SDx - 0.3 SDZ + Tx - 0.3 Tz]
C20 = 1.1 [CM + CVa - SDx + 0.3 SDZ - Tx + 0.3 Tz]
C21 = 1.1 [CM + CVa - SDx - 0.3 SDZ - Tx - 0.3 Tz]
C22 = 1.1 [CM + CVa + 0.3SDx + SDZ + 0.3Tx + Tz]
C23 = 1.1 [CM + CVa + 0.3SDx - SDZ + 0.3Tx - Tz]
C24 = 1.1 [CM + CVa - 0.3SDx + SDZ - 0.3Tx + Tz]
C25 = 1.1 [CM + CVa - 0.3SDx - SDZ - 0.3Tx - Tz]

### III.7. Modelación analítica

La estructura se modeló mediante un conjunto de 7,789 nudos, 14,900 elementos barra y 405 elementos placa que representan los muros; estos elementos fueron integrados en el modelo de análisis tridimensional mediante la aplicación del método de elemento finito.

El sistema de piso en cada nivel se representa como un diafragma rígido, es decir, como un elemento único condicionando a todos los elementos del sistema a tener el mismo desplazamiento horizontal, así como el giro alrededor del eje vertical, sin permitir deformaciones significativas en su plano.

El modelo se realizó con ayuda del programa STAAD Pro V8i. En este se incluyeron todos los elementos estructurales principales indicados en los planos del inmueble, como son las trabes, muros y columnas. Se consideró un comportamiento elástico-lineal.

El programa STAAD Pro. V8i, cuenta con la característica de utilizar un sistema de referencia tridimensional de coordenadas X, Y, Z; teniendo como ejes horizontales en el plano a X, Z y vertical el eje Y. Los elementos cuentan con su propio sistema local de coordenadas x, y, z; estos representan su longitud, ancho y peralte, respectivamente.

En las figuras 3.2 a 3.9 se muestran los marcos principales de la estructura y se especifica la ubicación de los nudos de trabes y columnas así como los elementos barra (trabes y columnas) que los conforman. Cabe destacar que estos sólo representan algunos de los elementos del modelo, ya que como se mencionó anteriormente, la estructura cuenta con 7,789 nudos y 14,900 elementos barra distribuidos en sus diferentes niveles.

Una vez que estos datos se ingresaron al programa STAAD, se generó un modelo tridimensional del cual se presentan isométricos en las figuras 3.10 a 3.15.

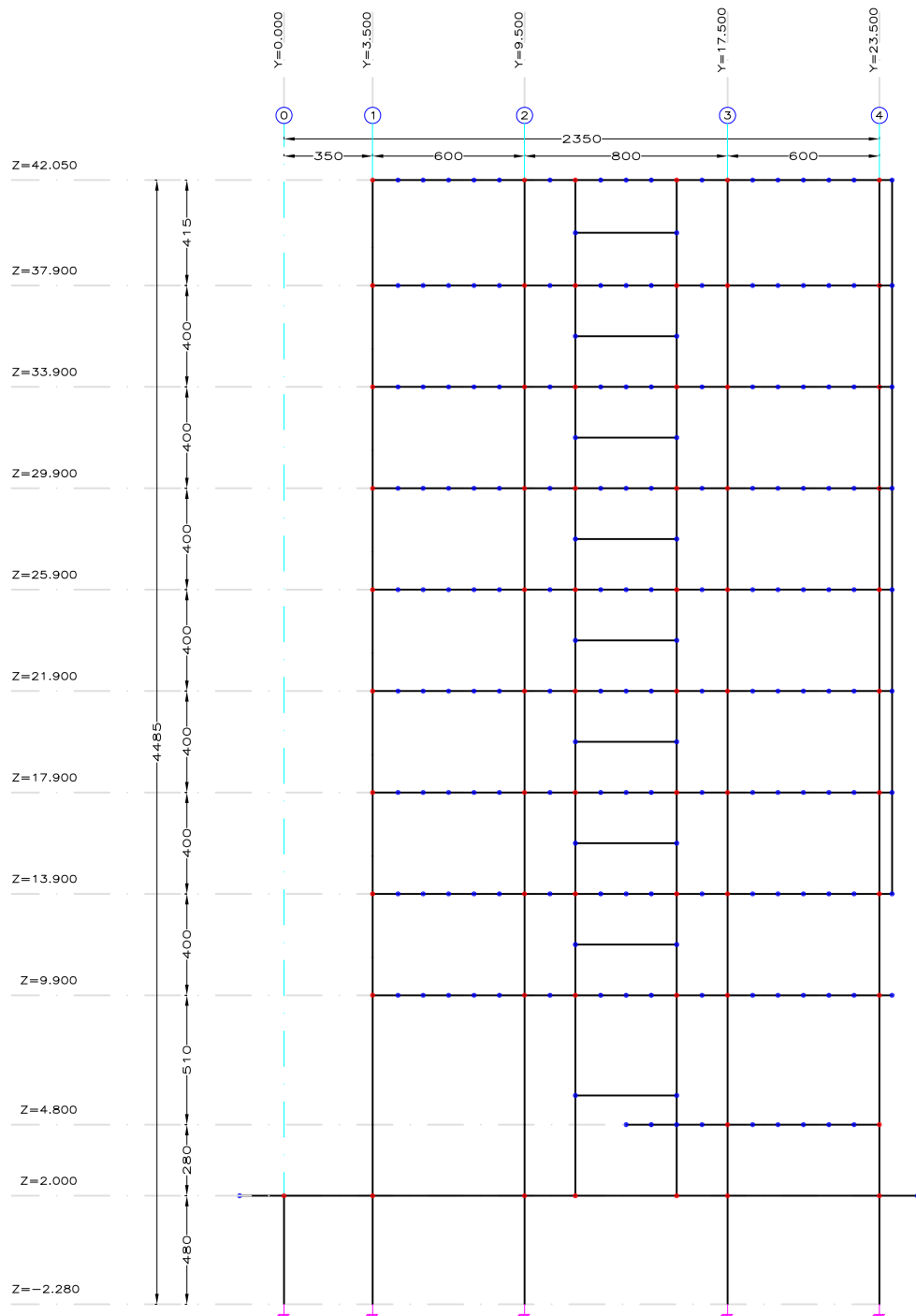



FIG. 3.2 MARCO EJE A

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: Modelación	revisó: S/E
dibujó: MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA MARCO A	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 3.2	

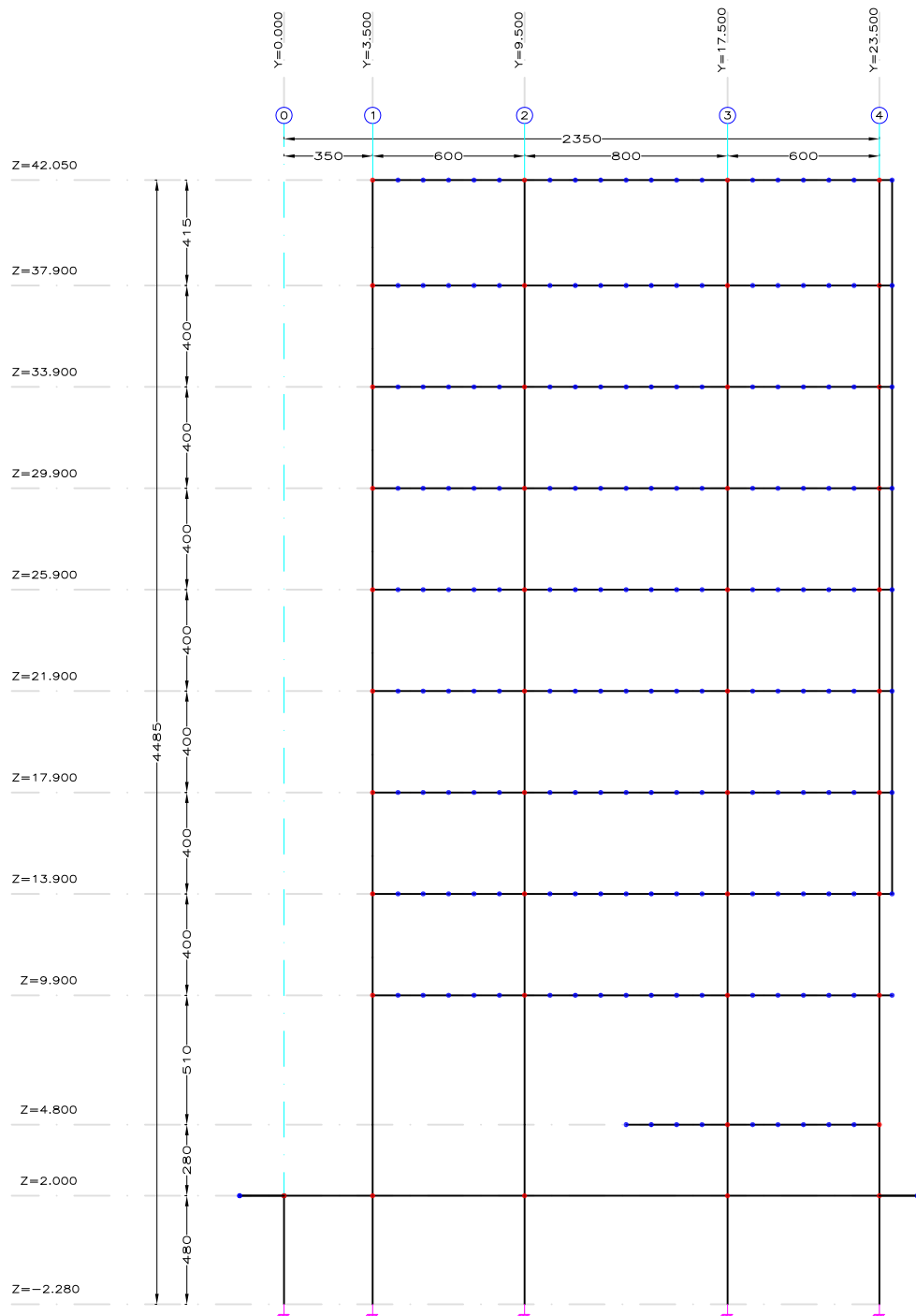



FIG. 3.3 MARCO EJE B

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: Modelación	revisión: S/E
dibujó: MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA MARCO B	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 3.3	



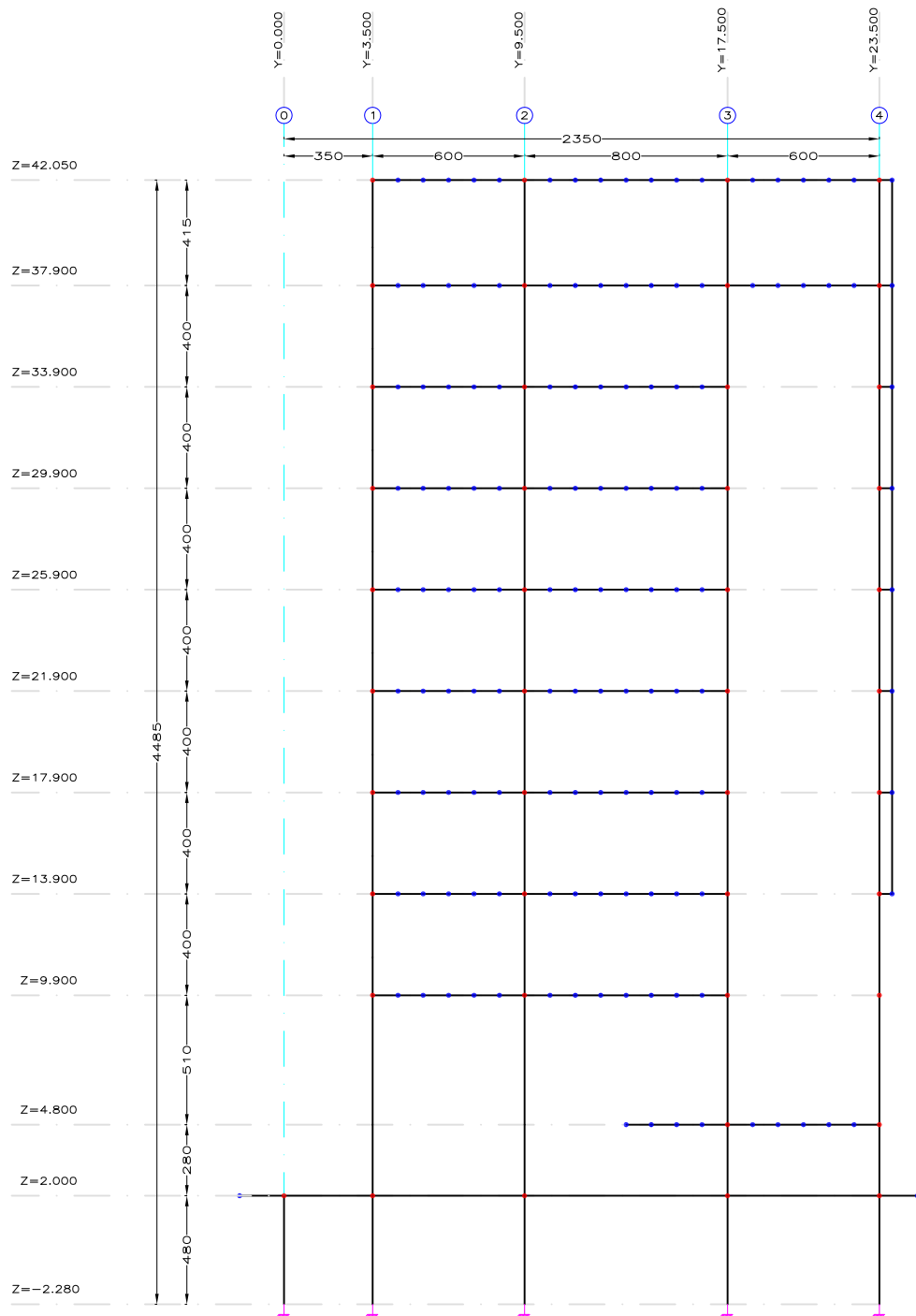


FIG. 3.4 MARCO EJE C

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCN	archivo: Modelación	revisión: S/E
dibujó: MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA MARCO C	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 3.4	

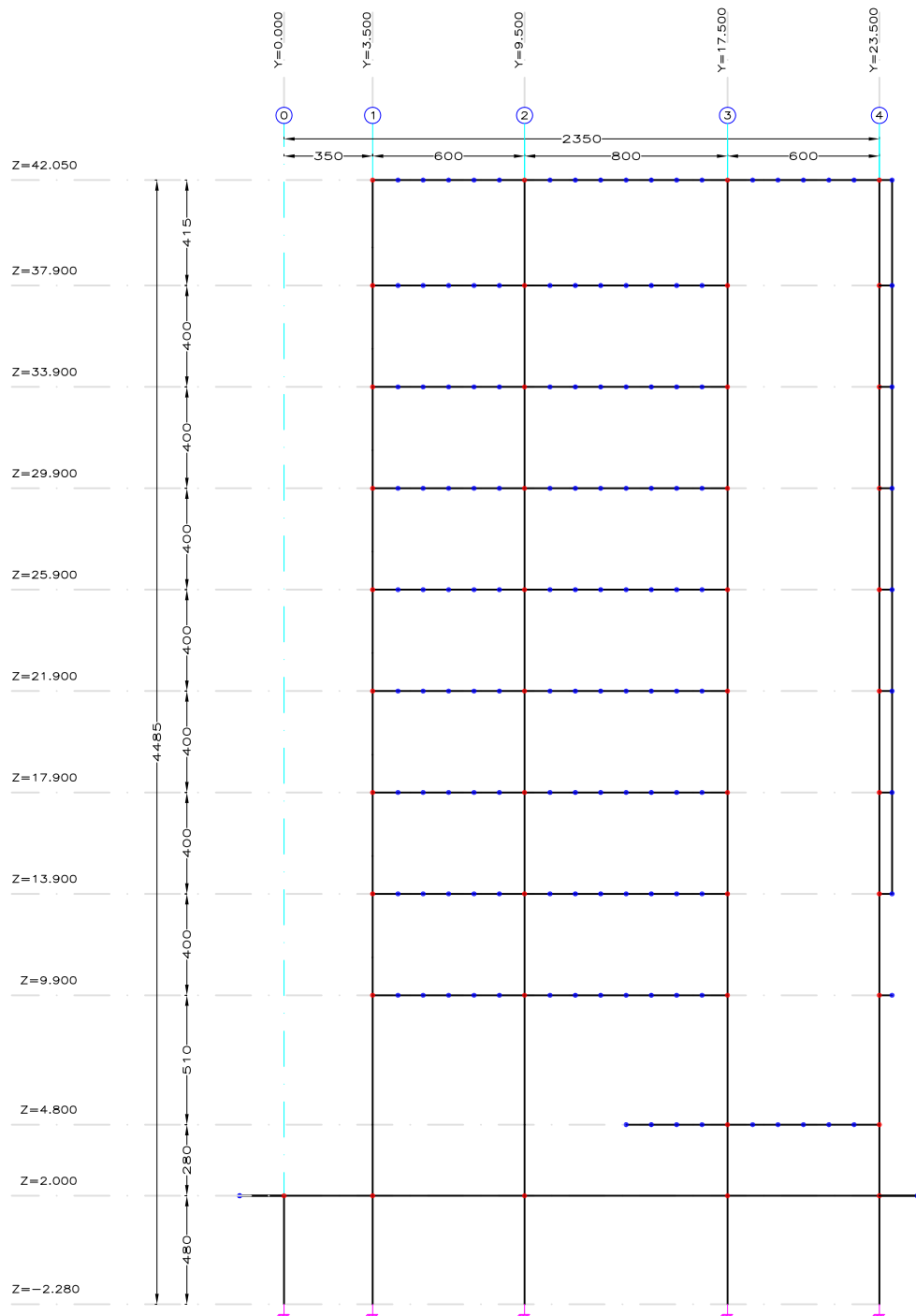


FIG. 3.5 MARCO EJE D

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: Modelación	recorrido: S/E
dibujó: MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA MARCO D	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 3.5	

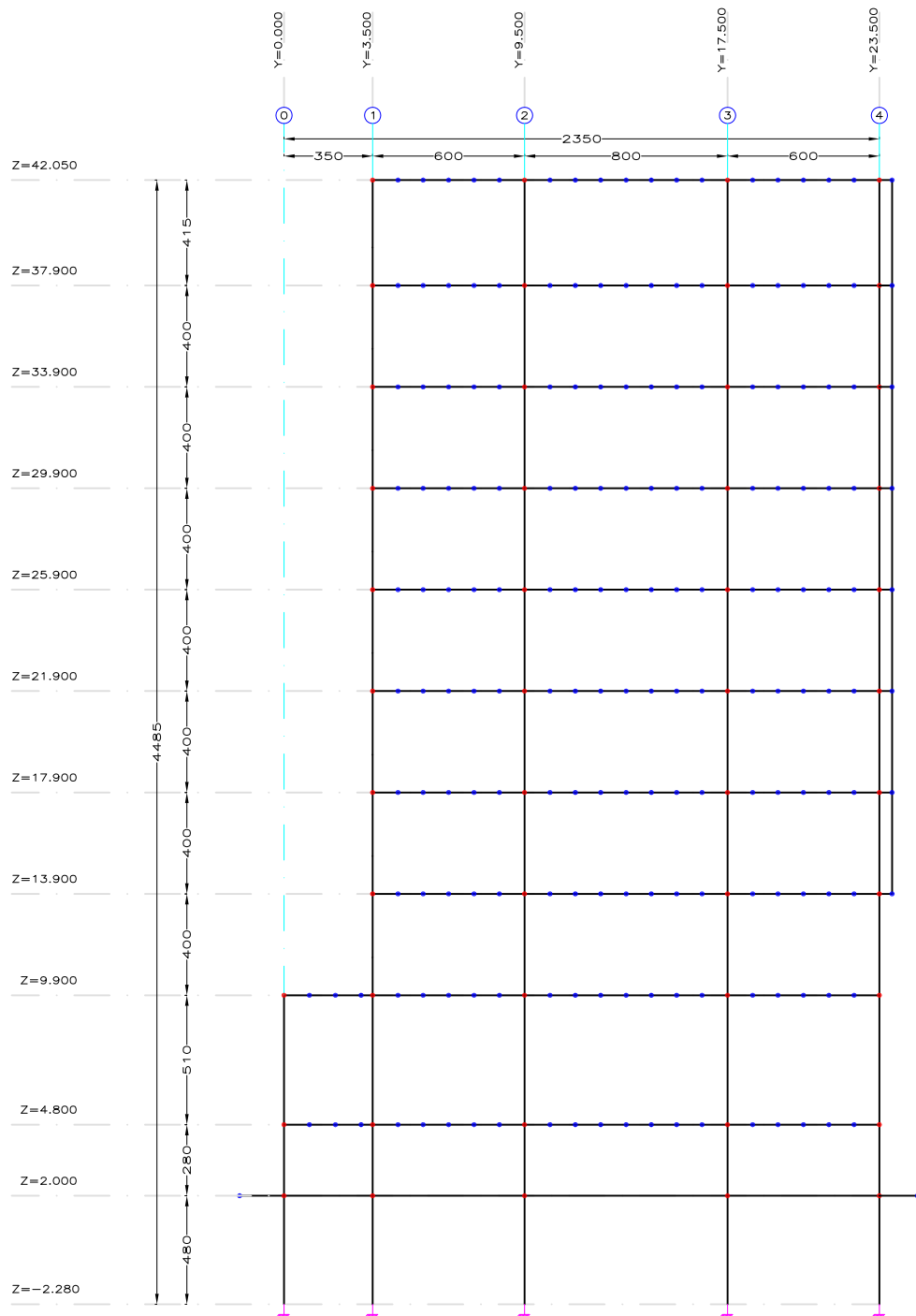



FIG. 3.6 MARCO EJE E

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: Modelación	recorrido: S/E
dibujó: MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA MARCO E		fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 3.6

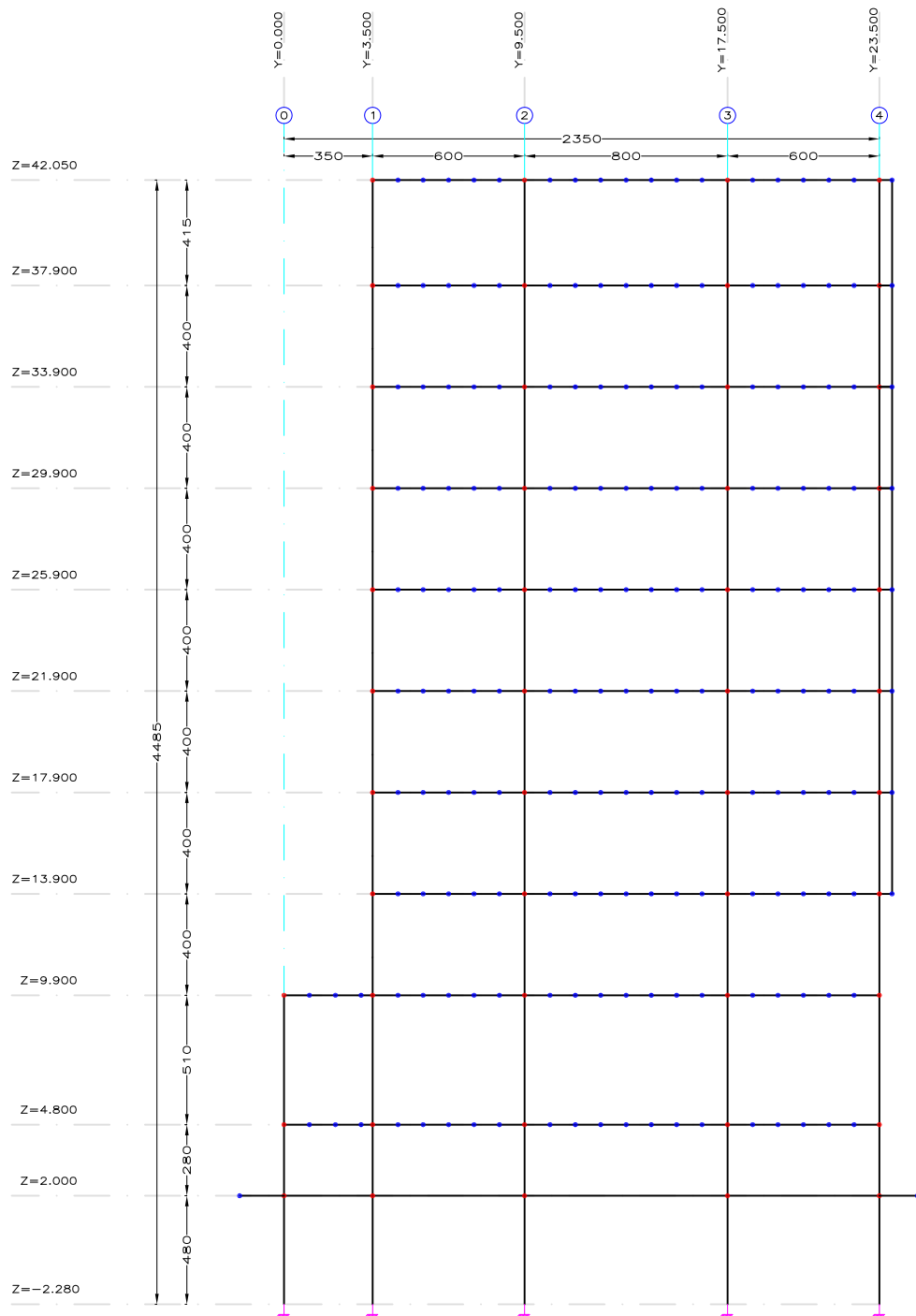



FIG. 3.7 MARCO EJE F

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: Modelación	revisión: S/E
dibujó: MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA MARCO F		fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 3.7

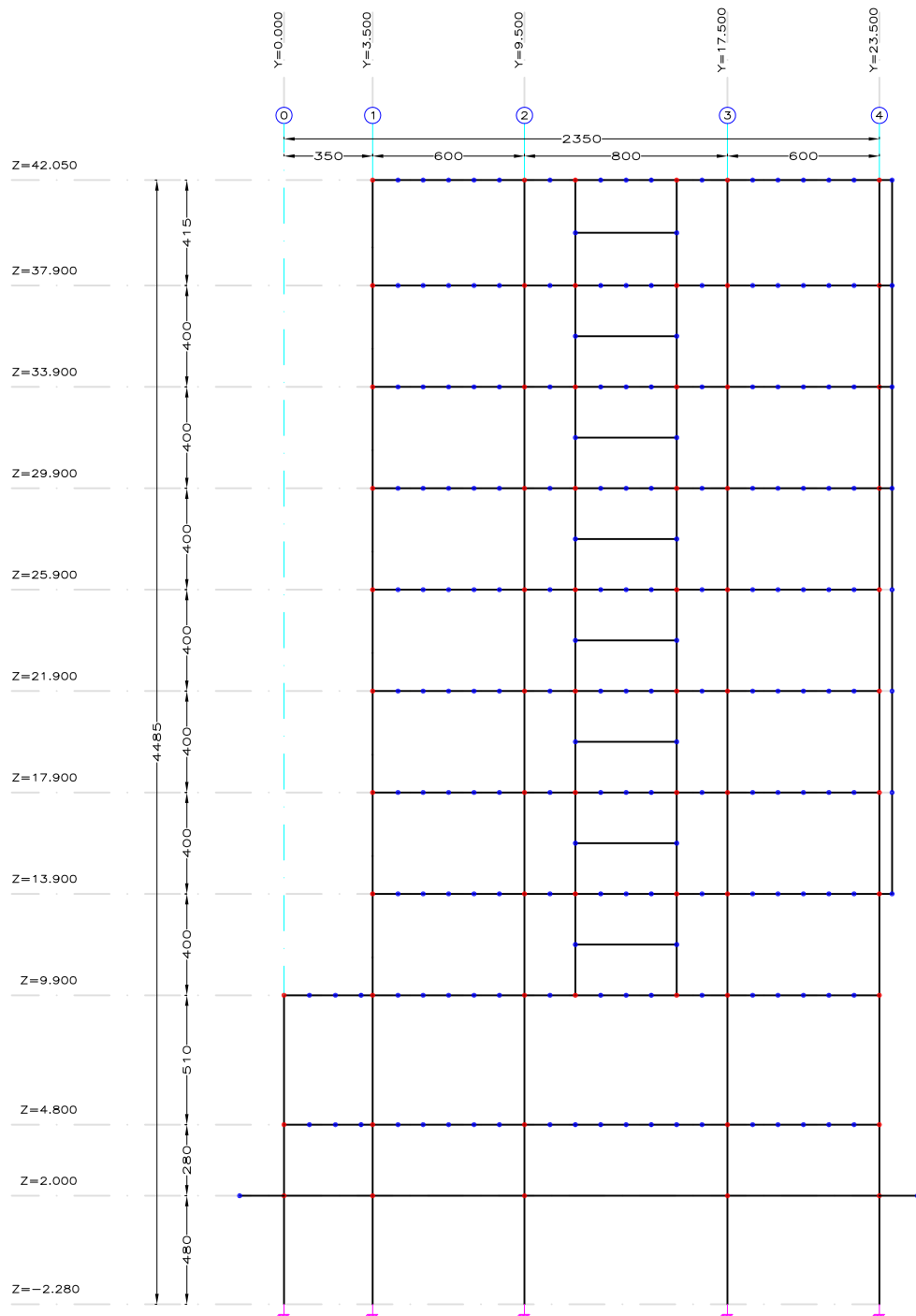



FIG. 3.8 MARCO EJE G

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: Modelación	revisión: S/E
dibujó: MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA MARCO G	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 3.8	

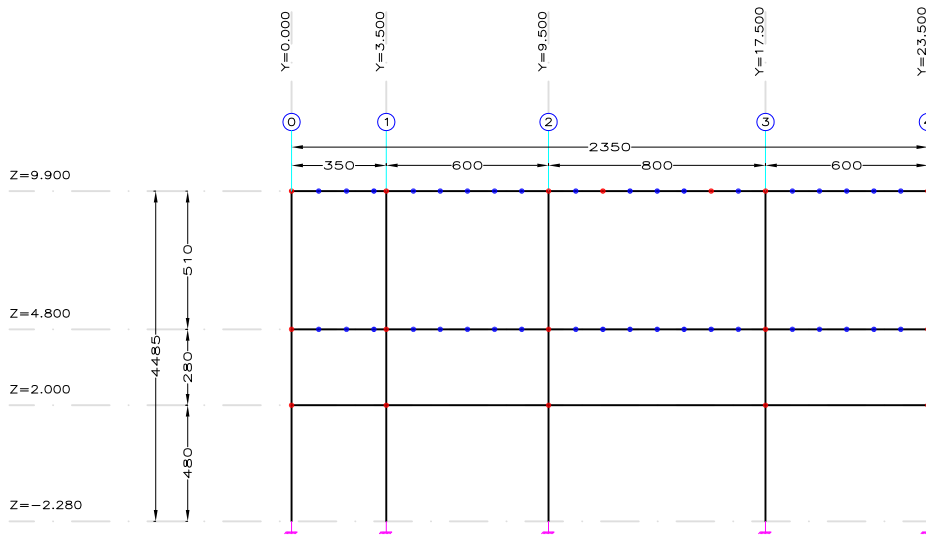



FIG. 3.9 MARCO EJE H

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: Modelación	recorrido: S/E
dibujó: MODELACIÓN DE LA ESTRUCTURA MARCO H	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 3.9	

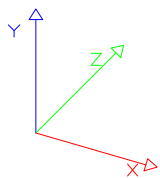
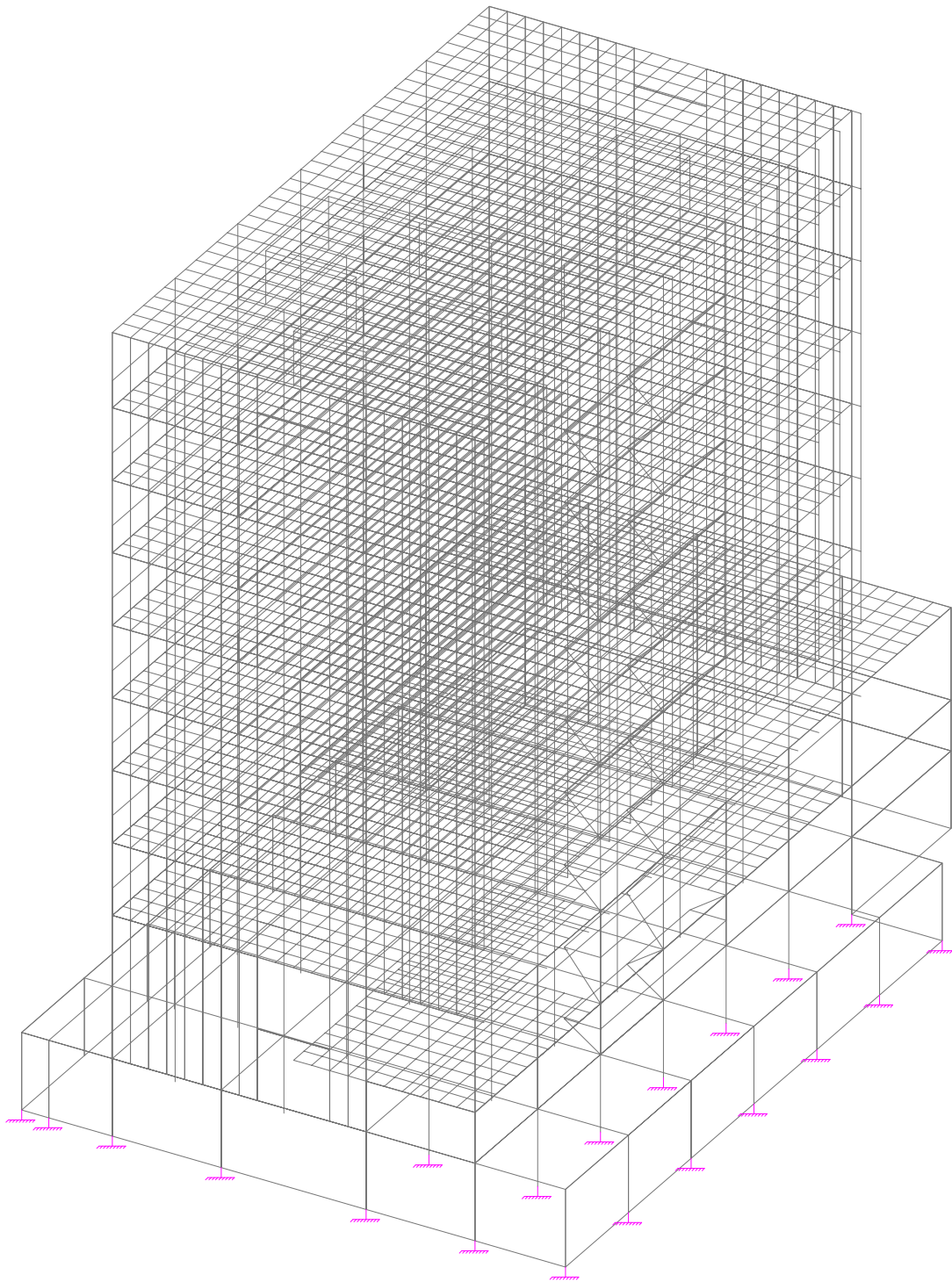


FIG. 3.10 ISOMÉTRICO 1

	tesis profesional:			
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presenta:		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN		
director de tesis:		ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ		
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh	archivo: isométricos
registro:		fecha:	27 FEBRERO 2014	revisión: S/E
dibujo:	ISOMÉTRICO 1	figura:	3.10	

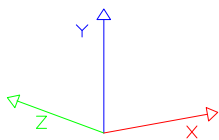
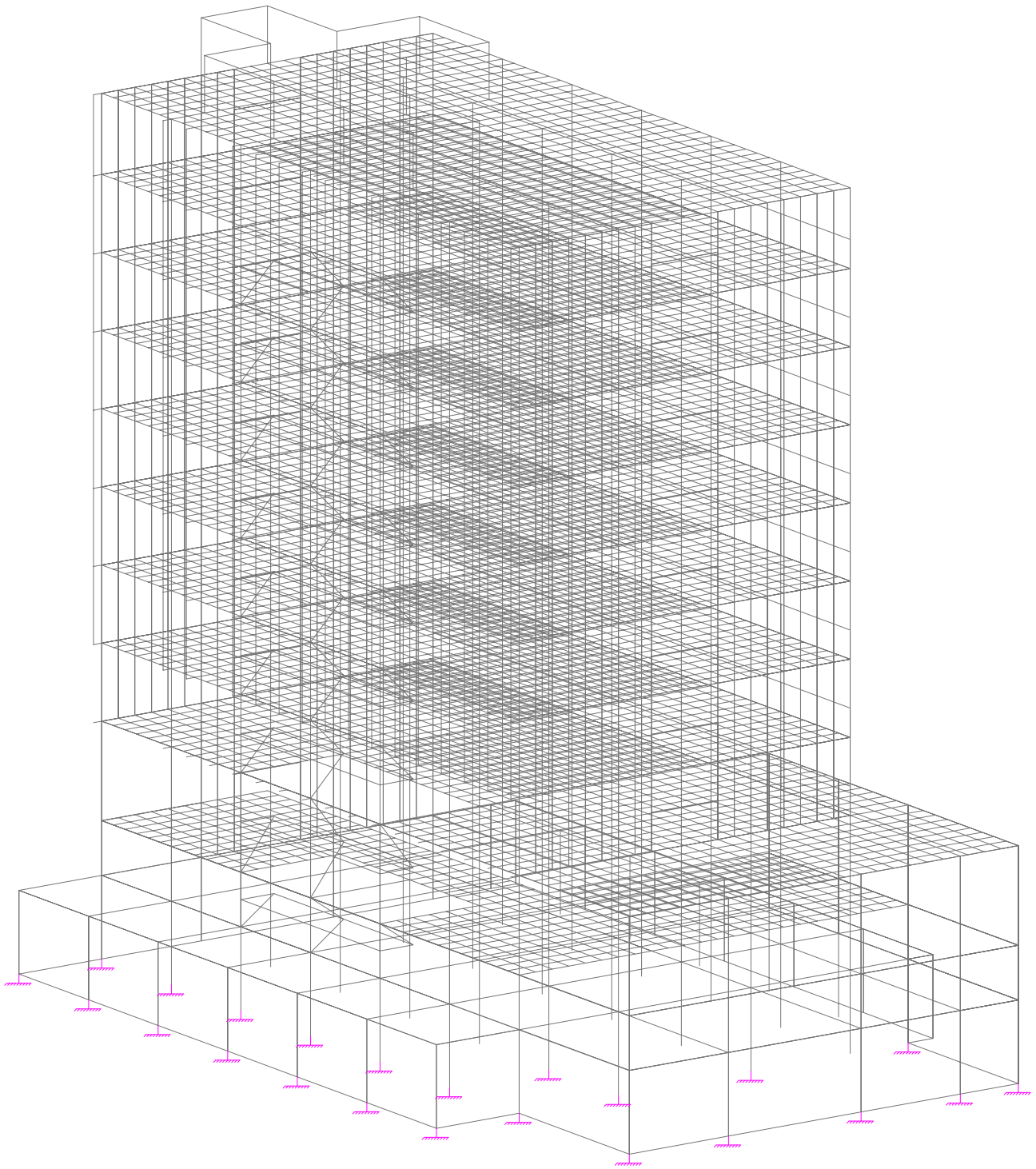


FIG. 3.11 ISOMÉTRICO 2

<b>tesis profesional:</b> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<b>presenta:</b> JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
<b>director de tesis:</b> ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
<b>concepto:</b> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	<b>aprobó:</b> JGCh	<b>archivo:</b> isométricos	<b>revisión:</b> S/E
<b>dibujo:</b> ISOMÉTRICO 2	<b>fecha:</b> 27 FEBRERO 2014	<b>figura:</b> 3.11	



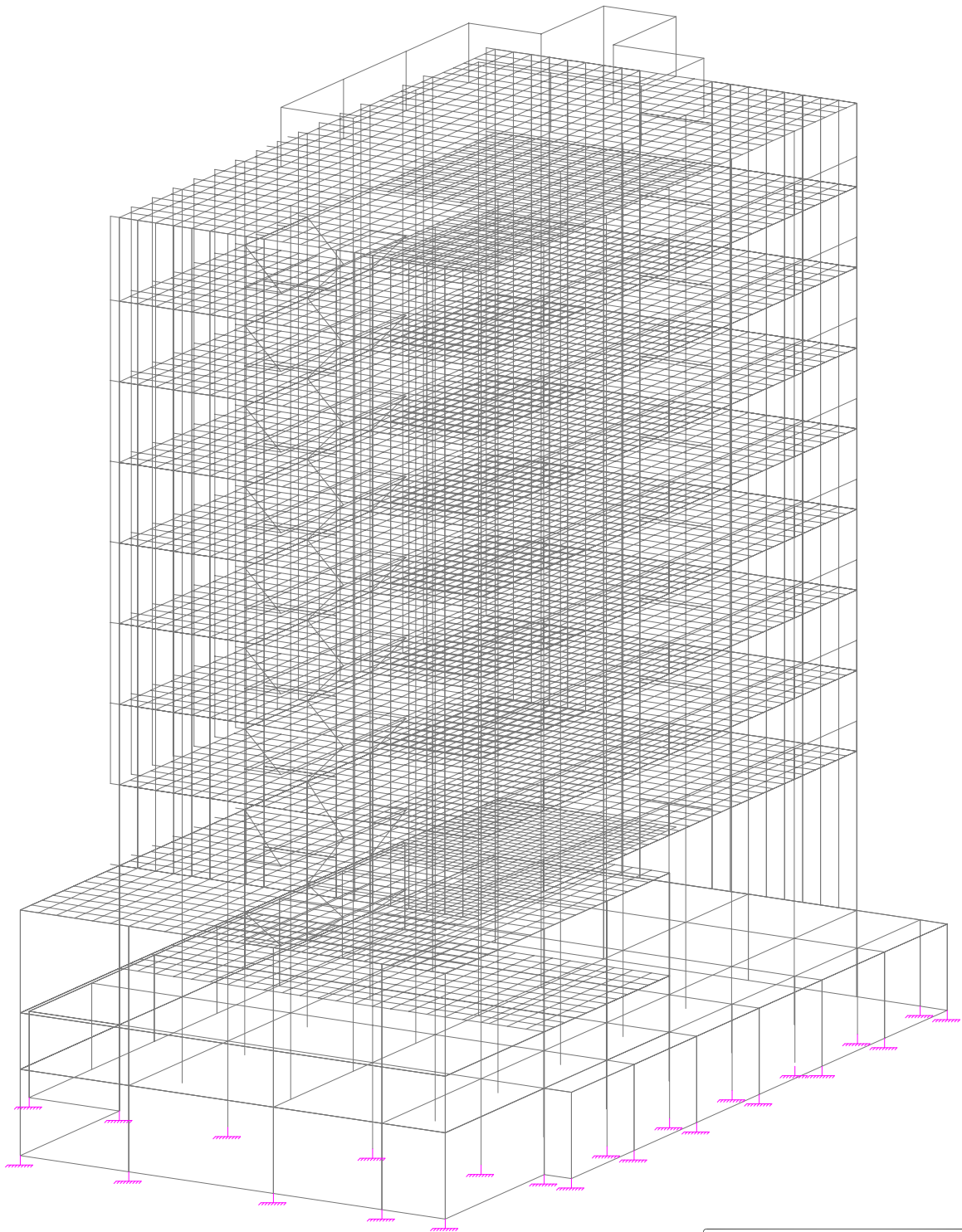


FIG. 3.12 ISOMÉTRICO 3

<b>tesis profesional:</b> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<b>presenta:</b> JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
<b>director de tesis:</b> ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
<b>concepto:</b> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	<b>aprobó:</b> JGCh	<b>archivo:</b> isométricos	<b>registro:</b> S/E
<b>dibujo:</b> ISOMÉTRICO 3	<b>fecha:</b> 27 FEBRERO 2014	<b>figura:</b> 3.12	

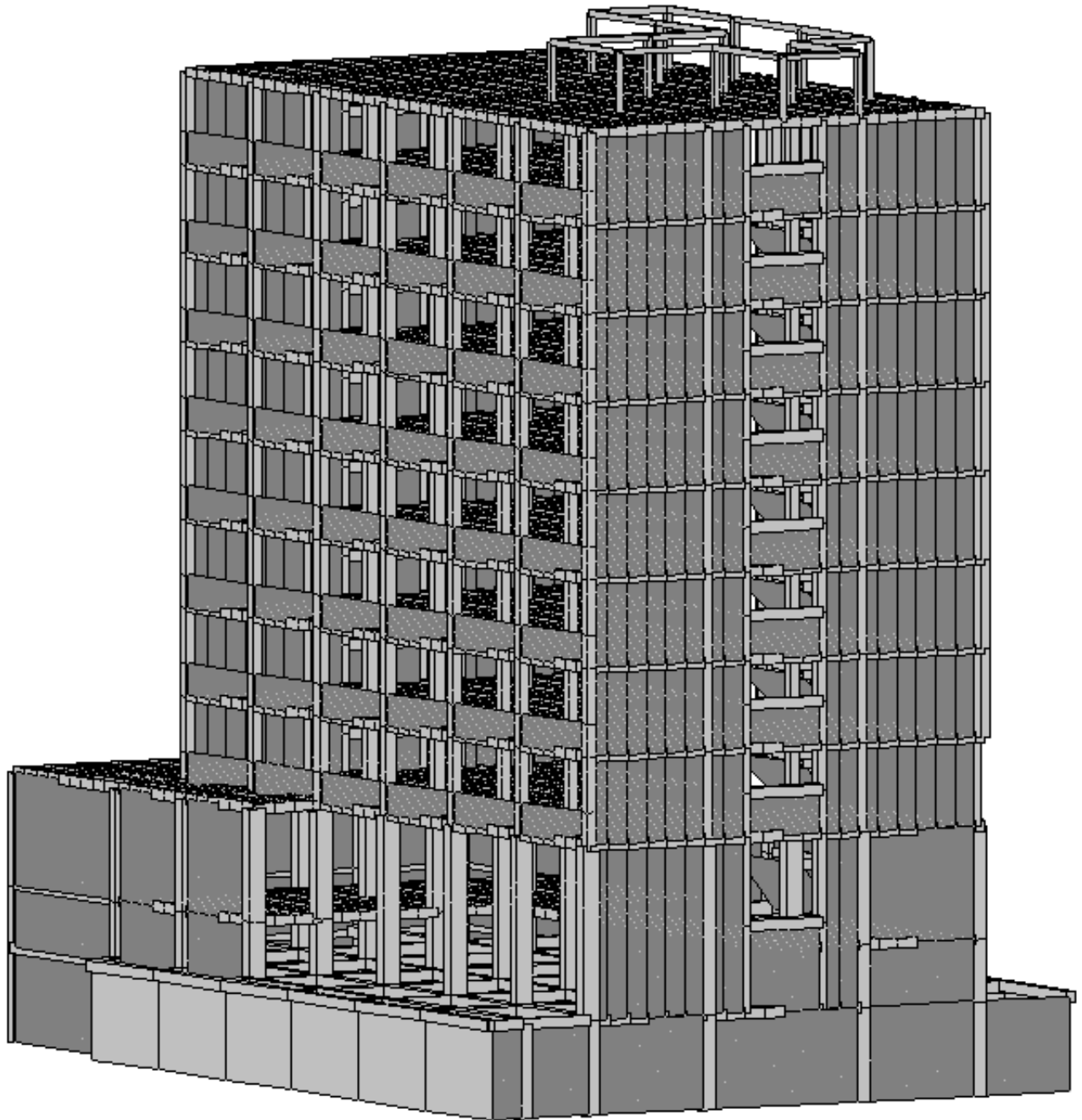
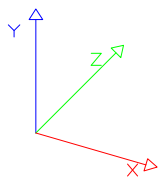


FIG. 3.13 ISOMÉTRICO 4



	tesis profesional:			
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presenta:		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ		
		JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN		
director de tesis:				
ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ				
concepto:	aprobó:	archivo:	revisó:	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCH	Isométricos	S/E	
dibujo:	fecha:	figura:		
ISOMÉTRICO 4	27 FEBRERO 2014	3.13		

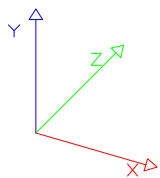
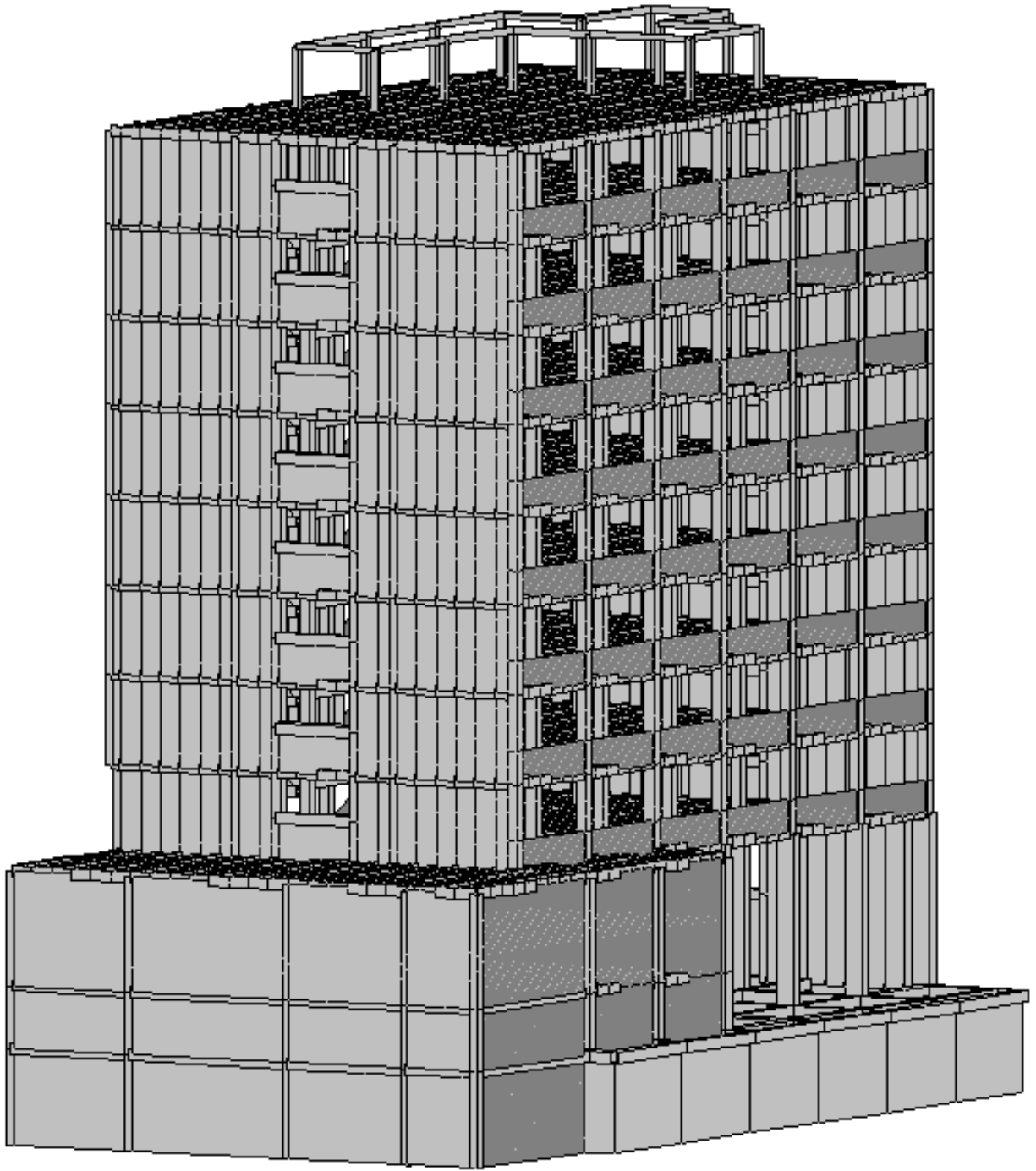


FIG. 3.14 ISOMÉTRICO 5

<b>tesis profesional:</b> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<b>presenta:</b> JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
<b>director de tesis:</b> ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
<b>concepto:</b> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	<b>aprobó:</b> JGCH	<b>archivo:</b> Isométrico	<b>revisor:</b> S/E
<b>dibujo:</b> ISOMÉTRICO 5	<b>fecha:</b> 27 FEBRERO 2014	<b>figura:</b> 3.14	

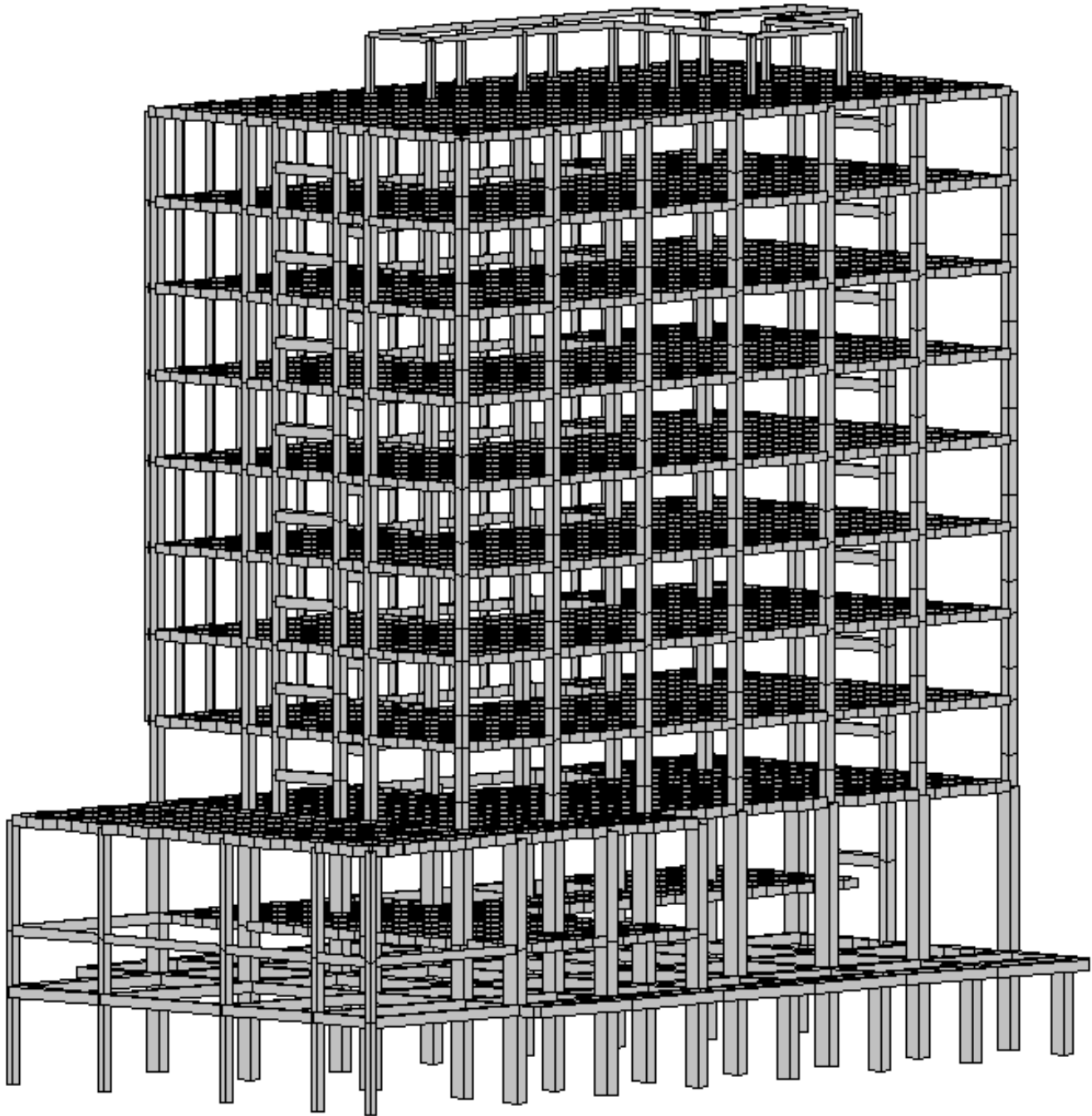
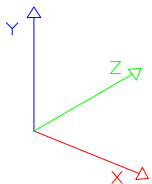



FIG 3.15 ISOMÉTRICO 6



			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto:	aprobó:	archivo:	escala:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	Isométrico	3/E
dibujo:	fecha:	figura:	
ISOMÉTRICO 6	27 FEBRERO 2014	3, 15	

## IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

## Análisis de Resultados

De acuerdo al artículo 146 del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en su versión 2004 (RCDF04), 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 estas sean transmitidas al subsuelo.

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

- 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 útil.
- b) No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que corresponden a condiciones normales de operación.

### IV.1. Revisión de los estados límites de servicio

De acuerdo al artículo 149 del RCDF04, se considerará 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. Una de las medidas más representativas para determinar la magnitud de daños en un sistema estructural sujeto a fuerzas laterales es la distorsión o deriva de entrepiso  $\Psi$ , definida como el cociente entre la diferencia de desplazamientos laterales de dos niveles consecutivos de la estructura  $\Delta$ , entre la altura de dicho entrepiso  $H$ .

$$\Psi = \frac{\Delta}{H}$$

Las distorsiones se calcularon a partir de los desplazamientos que se presentan en los diferentes niveles de la estructura, producidos por las combinaciones de carga C08 hasta la combinación de carga C16. Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo limitan las distorsiones admisibles para sistemas estructurales de muros combinados con marcos de concreto con ductilidad limitada a 0.012, por lo que la ocurrencia de cualquier distorsión que sea mayor a este valor límite será considerada como un comportamiento no satisfactorio.

En las tablas 4.1 a 4.8 se muestran las distorsiones de cada marco principal obtenidas de los nudos presentados en las figuras 4.1 a 4.8, bajo las combinaciones de carga que presentan el comportamiento más desfavorable, esto sucede con la combinación de carga C12 en el caso de desplazamientos sobre el eje X y con la combinación C16 para los desplazamientos sobre el eje Z. En las figuras 4.9 a 4.14 se presentan las configuraciones deformadas de la estructura para dichas combinaciones de carga.

Tabla 4.1 Desplazamientos Marco A

MARCO A				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
SÓTANO	20044	10044	4280	22.68	0.00	0.00530	16.86	0.00	0.00394
	20045	10045	4280	22.68	0.00	0.00530	16.00	0.00	0.00374
	20046	10046	4280	22.68	0.00	0.00530	14.54	0.00	0.00340
	20047	10047	4280	22.68	0.00	0.00530	12.66	0.00	0.00296
	20048	10048	4280	22.68	0.00	0.00530	11.61	0.00	0.00271
PLANTA BAJA	30518	20047	2800	60.08	22.68	0.01336	23.49	12.66	0.00387
	30524	20048	2800	60.08	22.68	0.01336	21.19	11.61	0.00342
MEZZANINE	40765	20045	7900	142.88	22.68	0.01522	68.02	16.00	0.00658
	40771	20046	7900	142.88	22.68	0.01522	59.02	14.54	0.00563
	40779	30518	5100	142.88	60.08	0.01624	47.11	23.49	0.00463
	40785	30524	5100	142.88	60.08	0.01624	42.93	21.19	0.00426
NIVEL 1	50717	40765	4000	200.94	142.88	0.01451	213.48	68.02	0.03636
	50723	40771	4000	200.94	142.88	0.01451	203.03	59.02	0.03600
	50731	40779	4000	200.94	142.88	0.01451	189.72	47.11	0.03565
	50737	40785	4000	200.94	142.88	0.01451	185.51	42.93	0.03565
NIVEL 2	60717	50717	4000	262.95	200.94	0.01550	390.32	213.48	0.04421
	60723	50723	4000	262.95	200.94	0.01550	379.52	203.03	0.04412
	60731	50731	4000	262.95	200.94	0.01550	367.01	189.72	0.04432
	60737	50737	4000	262.95	200.94	0.01550	363.75	185.51	0.04456
NIVEL 3	70717	60717	4000	325.72	262.95	0.01569	555.99	390.32	0.04142
	70723	60723	4000	325.72	262.95	0.01569	545.32	379.52	0.04145
	70731	60731	4000	325.72	262.95	0.01569	534.74	367.01	0.04193
	70737	60737	4000	325.72	262.95	0.01569	532.86	363.75	0.04228
NIVEL 4	80717	70717	4000	386.58	325.72	0.01522	703.49	555.99	0.03688
	80723	70723	4000	386.58	325.72	0.01522	693.41	545.32	0.03702
	80731	70731	4000	386.58	325.72	0.01522	685.68	534.74	0.03774
	80737	70737	4000	386.58	325.72	0.01522	685.52	532.86	0.03817
NIVEL 5	90717	80717	4000	443.65	386.58	0.01427	827.46	703.49	0.03099
	90723	80723	4000	443.65	386.58	0.01427	818.35	693.41	0.03124
	90731	80731	4000	443.65	386.58	0.01427	814.11	685.68	0.03211
	90737	80737	4000	443.65	386.58	0.01427	815.97	685.52	0.03261
NIVEL 6	100717	90717	4000	495.40	443.65	0.01294	923.83	827.46	0.02409
	100723	90723	4000	495.40	443.65	0.01294	916.02	818.35	0.02442
	100731	90731	4000	495.40	443.65	0.01294	915.69	814.11	0.02540
	100737	90737	4000	495.403	443.645	0.01294	919.80	815.97	0.02596

Continuación Tabla 4.1 Desplazamientos Marco A

MARCO A				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
NIVEL 7	110717	100717	4000	540.94	495.40	0.01138	990.95	923.83	0.01678
	110723	100723	4000	540.94	495.40	0.01138	984.79	916.02	0.01719
	110731	100731	4000	540.94	495.40	0.01138	988.67	915.69	0.01824
	110737	100737	4000	540.94	495.40	0.01138	995.24	919.80	0.01886
NIVEL 8	120774	110717	4150	581.54	540.94	0.00978	1037.81	990.95	0.01129
	120780	110723	4150	581.54	540.94	0.00978	1033.65	984.79	0.01177
	120788	110731	4150	581.54	540.94	0.00978	1041.82	988.67	0.01281
	120794	110737	4150	581.54	540.94	0.00978	1051.07	995.24	0.01345



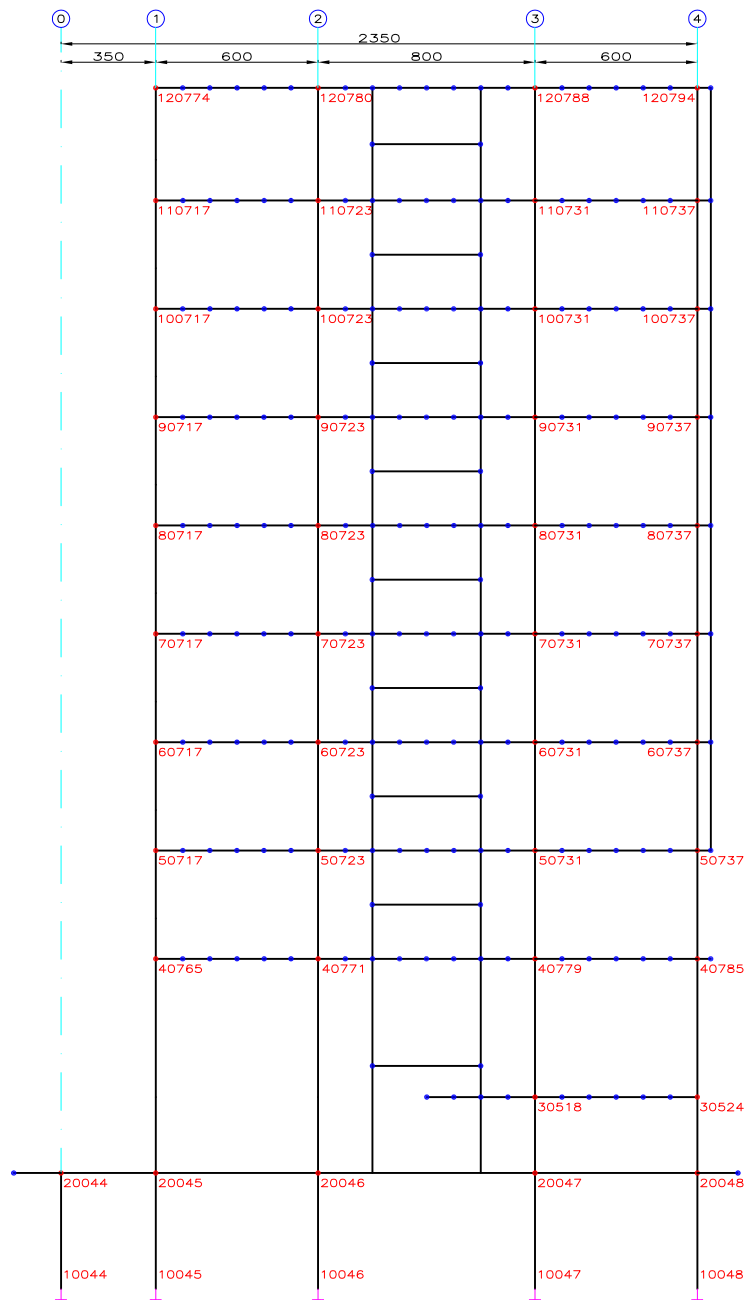


FIG. 4.1 MARCO EJE A, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE


			
<small>tesis profesional:</small> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<small>presenta:</small> <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
<small>director de tesis:</small> <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
<small>concepto:</small>	<small>aprobó:</small>	<small>archivo:</small>	<small>revisó:</small>
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	Marzo	S/E
<small>dibujó:</small>	<small>fecha:</small>	<small>figura:</small>	
MARCO A ESTADO LIMITE DE SERVICIO	27 FEBRERO 2014	4.1	

Tabla 4.2 Desplazamientos Marco B

MARCO B				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
SÓTANO	20037	10037	4280	21.06	0.00	0.00492	16.86	0.00	0.00394
	20038	10038	4280	21.06	0.00	0.00492	16.00	0.00	0.00374
	20039	10039	4280	21.06	0.00	0.00492	14.54	0.00	0.00340
	20040	10040	4280	21.06	0.00	0.00492	12.66	0.00	0.00296
	20041	10041	4280	21.06	0.00	0.00492	11.61	0.00	0.00271
PLANTA BAJA	30368	20040	2800	55.03	21.06	0.01213	23.49	12.66	0.00387
	30374	20041	2800	55.03	21.06	0.01213	21.19	11.61	0.00342
MEZZANINE	40614	20038	7900	130.33	21.06	0.01383	68.02	16.00	0.00658
	40620	20039	7900	130.33	21.06	0.01383	59.02	14.54	0.00563
	40628	30368	5100	130.33	55.03	0.01477	47.11	23.49	0.00463
	40634	30374	5100	130.33	55.03	0.01477	42.93	21.19	0.00426
NIVEL 1	50590	40614	4000	183.44	130.33	0.01328	213.48	68.02	0.03636
	50596	40620	4000	183.44	130.33	0.01328	203.03	59.02	0.03600
	50604	40628	4000	183.44	130.33	0.01328	189.72	47.11	0.03565
	50610	40634	4000	183.44	130.33	0.01328	185.51	42.93	0.03565
NIVEL 2	60590	50590	4000	239.65	183.44	0.01405	390.32	213.48	0.04421
	60596	50596	4000	239.65	183.44	0.01405	379.52	203.03	0.04412
	60604	50604	4000	239.65	183.44	0.01405	367.01	189.72	0.04432
	60610	50610	4000	239.65	183.44	0.01405	363.75	185.51	0.04456
NIVEL3	70590	60590	4000	296.56	239.65	0.01423	555.99	390.32	0.04142
	70596	60596	4000	296.56	239.65	0.01423	545.32	379.52	0.04145
	70604	60604	4000	296.56	239.65	0.01423	534.74	367.01	0.04193
	70610	60610	4000	296.56	239.65	0.01423	532.86	363.75	0.04228
NIVEL 4	80590	70590	4000	351.79	296.56	0.01381	703.49	555.99	0.03688
	80596	70596	4000	351.79	296.56	0.01381	693.41	545.32	0.03702
	80604	70604	4000	351.79	296.56	0.01381	685.68	534.74	0.03774
	80610	70610	4000	351.79	296.56	0.01381	685.52	532.86	0.03817
NIVEL 5	90590	80590	4000	403.61	351.79	0.01296	827.46	703.49	0.03099
	90596	80596	4000	403.61	351.79	0.01296	818.35	693.41	0.03124
	90604	80604	4000	403.61	351.79	0.01296	814.11	685.68	0.03211
	90610	80610	4000	403.61	351.79	0.01296	815.97	685.52	0.03261
NIVEL 6	100590	90590	4000	450.66	403.61	0.01176	923.83	827.46	0.02409
	100596	90596	4000	450.66	403.61	0.01176	916.02	818.35	0.02442
	100604	90604	4000	450.66	403.61	0.01176	915.69	814.11	0.02540
	100610	90610	4000	450.66	403.61	0.01176	919.80	815.97	0.02596

Continuación Tabla 4.2 Desplazamientos Marco B

MARCO B				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
NIVEL 7	110590	100590	4000	492.08	450.66	0.01035	990.95	923.83	0.01678
	110596	100596	4000	492.08	450.66	0.01035	984.79	916.02	0.01719
	110604	100604	4000	492.08	450.66	0.01035	988.67	915.69	0.01824
	110610	100610	4000	492.08	450.66	0.01035	995.24	919.80	0.01886
NIVEL 8	120647	110590	4150	529.01	492.08	0.00890	1037.81	990.95	0.01129
	120653	110596	4150	529.01	492.08	0.00890	1033.65	984.79	0.01177
	120661	110604	4150	529.01	492.08	0.00890	1041.82	988.67	0.01281
	120667	110610	4150	529.01	492.08	0.00890	1051.07	995.24	0.01345

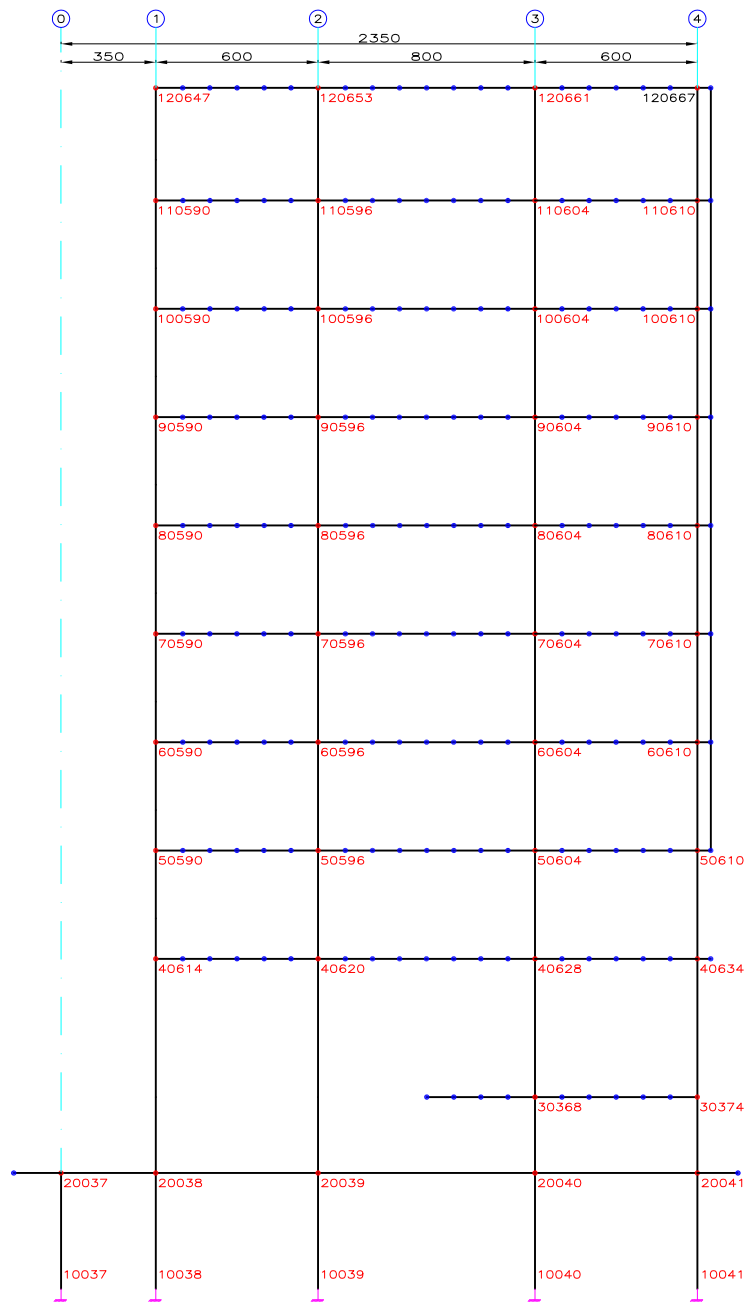


FIG. 4.2 MARCO EJE B, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: Marzo	recorrido: S/E
dibujó: MARCO B ESTADO LIMITE DE SERVICIO	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 4.2	

Tabla 4.3 Desplazamientos Marco C

MARCO C				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
SÓTANO	20030	10030	4280	19.46	0.00	0.00455	16.86	0.00	0.00394
	20031	10031	4280	19.46	0.00	0.00455	16.00	0.00	0.00374
	20032	10032	4280	19.46	0.00	0.00455	14.54	0.00	0.00340
	20033	10033	4280	19.46	0.00	0.00455	12.66	0.00	0.00296
	20034	10034	4280	19.46	0.00	0.00455	11.61	0.00	0.00271
PLANTA BAJA	30218	20033	2800	49.99	19.46	0.01091	23.49	12.66	0.00387
	30224	20034	2800	49.99	19.46	0.01091	21.19	11.61	0.00342
MEZZANINE	40461	20031	7900	117.80	19.46	0.01245	68.02	16.00	0.00658
	40467	20032	7900	117.80	19.46	0.01245	59.02	14.54	0.00563
	40475	30218	5100	117.80	49.99	0.01330	47.11	23.49	0.00463
	40481	30224	5100	117.80	49.99	0.01330	42.93	21.19	0.00426
NIVEL 1	50462	40461	4000	166.07	117.80	0.01207	213.48	68.02	0.03636
	50468	40467	4000	166.07	117.80	0.01207	203.03	59.02	0.03600
	50476	40475	4000	166.07	117.80	0.01207	189.72	47.11	0.03565
	50482	40481	4000	166.07	117.80	0.01207	185.51	42.93	0.03565
NIVEL 2	60462	50462	4000	216.51	166.07	0.01261	390.32	213.48	0.04421
	60468	50468	4000	216.51	166.07	0.01261	379.52	203.03	0.04412
	60476	50476	4000	216.51	166.07	0.01261	367.01	189.72	0.04432
	60482	50482	4000	216.51	166.07	0.01261	363.75	185.51	0.04456
NIVEL 3	70462	60462	4000	267.56	216.51	0.01276	555.99	390.32	0.04142
	70468	60468	4000	267.56	216.51	0.01276	545.32	379.52	0.04145
	70476	60476	4000	267.56	216.51	0.01276	534.74	367.01	0.04193
	70482	60482	4000	267.56	216.51	0.01276	532.86	363.75	0.04228
NIVEL 4	80462	70462	4000	317.16	267.56	0.01240	703.49	555.99	0.03688
	80468	70468	4000	317.16	267.56	0.01240	693.41	545.32	0.03702
	80476	70476	4000	317.16	267.56	0.01240	685.68	534.74	0.03774
	80482	70482	4000	317.16	267.56	0.01240	685.52	532.86	0.03817
NIVEL 5	90462	80462	4000	363.76	317.16	0.01165	827.46	703.49	0.03099
	90468	80468	4000	363.76	317.16	0.01165	818.35	693.41	0.03124
	90476	80476	4000	363.76	317.16	0.01165	814.11	685.68	0.03211
	90482	80482	4000	363.76	317.16	0.01165	815.97	685.52	0.03261
NIVEL 6	100462	90462	4000	406.12	363.76	0.01059	923.83	827.46	0.02409
	100468	90468	4000	406.12	363.76	0.01059	916.02	818.35	0.02442
	100476	90476	4000	406.12	363.76	0.01059	915.69	814.11	0.02540
	100482	90482	4000	406.12	363.76	0.01059	919.80	815.97	0.02596

Continuación Tabla 4.3 Desplazamientos Marco C

MARCO C				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
NIVEL 7	110462	100462	4000	443.44	406.12	0.00933	990.95	923.83	0.01678
	110468	100468	4000	443.44	406.12	0.00933	984.79	916.02	0.01719
	110476	100476	4000	443.44	406.12	0.00933	988.67	915.69	0.01824
	110482	100482	4000	443.44	406.12	0.00933	995.24	919.80	0.01886
NIVEL 8	120519	110462	4150	476.72	443.44	0.00802	1037.81	990.95	0.01129
	120525	110468	4150	476.72	443.44	0.00802	1033.65	984.79	0.01177
	120533	110476	4150	476.72	443.44	0.00802	1041.82	988.67	0.01281
	120539	110482	4150	476.72	443.44	0.00802	1051.07	995.24	0.01345



FIG. 4.3 MARCO EJE C, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE


			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh
archivo:	Marzo	fecha:	27 FEBRERO 2014
recorrido:	S/E	figura:	4.3
dibujó: MARCO C ESTADO LIMITE DE SERVICIO			

Tabla 4.4 Desplazamientos Marco D

MARCO D				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
SÓTANO	20023	10023	4280	17.90	0.00	0.00418	16.86	0.00	0.00394
	20024	10024	4280	17.90	0.00	0.00418	16.00	0.00	0.00374
	20025	10025	4280	17.90	0.00	0.00418	14.54	0.00	0.00340
	20026	10026	4280	17.90	0.00	0.00418	12.66	0.00	0.00296
	20027	10027	4280	17.90	0.00	0.00418	11.61	0.00	0.00271
PLANTA BAJA	30173	20026	2800	44.99	17.90	0.00968	23.49	12.66	0.00387
	30174	20027	2800	44.99	17.90	0.00968	21.19	11.61	0.00342
MEZZANINE	40361	20024	7900	105.31	17.90	0.01107	68.02	16.00	0.00658
	40367	20025	7900	105.31	17.90	0.01107	59.02	14.54	0.00563
	40375	30173	5100	105.31	44.99	0.01183	47.11	23.49	0.00463
	40376	30174	5100	105.31	44.99	0.01183	42.93	21.19	0.00426
NIVEL 1	50363	40361	4000	149.17	105.31	0.01096	213.48	68.02	0.03636
	50369	40367	4000	149.17	105.31	0.01096	203.03	59.02	0.03600
	50377	40375	4000	149.17	105.31	0.01096	189.72	47.11	0.03565
	50378	40376	4000	149.17	105.31	0.01096	185.51	42.93	0.03565
NIVEL 2	60363	50363	4000	194.78	149.17	0.01140	390.32	213.48	0.04421
	60369	50369	4000	194.78	149.17	0.01140	379.52	203.03	0.04412
	60377	50377	4000	194.78	149.17	0.01140	367.01	189.72	0.04432
	60378	50378	4000	194.78	149.17	0.01140	363.75	185.51	0.04456
NIVEL 3	70363	60363	4000	240.77	194.78	0.01150	555.99	390.32	0.04142
	70369	60369	4000	240.77	194.78	0.01150	545.32	379.52	0.04145
	70377	60377	4000	240.77	194.78	0.01150	534.74	367.01	0.04193
	70378	60378	4000	240.77	194.78	0.01150	532.86	363.75	0.04228
NIVEL 4	80363	70363	4000	285.43	240.77	0.01116	703.49	555.99	0.03688
	80369	70369	4000	285.43	240.77	0.01116	693.41	545.32	0.03702
	80377	70377	4000	285.43	240.77	0.01116	685.68	534.74	0.03774
	80378	70378	4000	285.43	240.77	0.01116	685.52	532.86	0.03817
NIVEL 5	90363	80363	4000	327.43	285.43	0.01050	827.46	703.49	0.03099
	90369	80369	4000	327.43	285.43	0.01050	818.35	693.41	0.03124
	90377	80377	4000	327.43	285.43	0.01050	814.11	685.68	0.03211
	90378	80378	4000	327.43	285.43	0.01050	815.97	685.52	0.03261
NIVEL 6	100363	90363	4000	365.67	327.43	0.00956	923.83	827.46	0.02409
	100369	90369	4000	365.67	327.43	0.00956	916.02	818.35	0.02442
	100377	90377	4000	365.67	327.43	0.00956	915.69	814.11	0.02540
	100378	90378	4000	365.67	327.43	0.00956	919.80	815.97	0.02596



Continuación Tabla 4.4 Desplazamientos Marco D

MARCO D				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
NIVEL 7	110363	100363	4000	399.42	365.67	0.00844	990.95	923.83	0.01678
	110369	100369	4000	399.42	365.67	0.00844	984.79	916.02	0.01719
	110377	100377	4000	399.42	365.67	0.00844	988.67	915.69	0.01824
	110378	100378	4000	399.42	365.67	0.00844	995.24	919.80	0.01886
NIVEL 8	120390	110363	4150	429.56	399.42	0.00726	1037.81	990.95	0.01129
	120396	110369	4150	429.56	399.42	0.00726	1033.65	984.79	0.01177
	120404	110377	4150	429.56	399.42	0.00726	1041.82	988.67	0.01281
	120410	110378	4150	429.56	399.42	0.00726	1051.07	995.24	0.01345

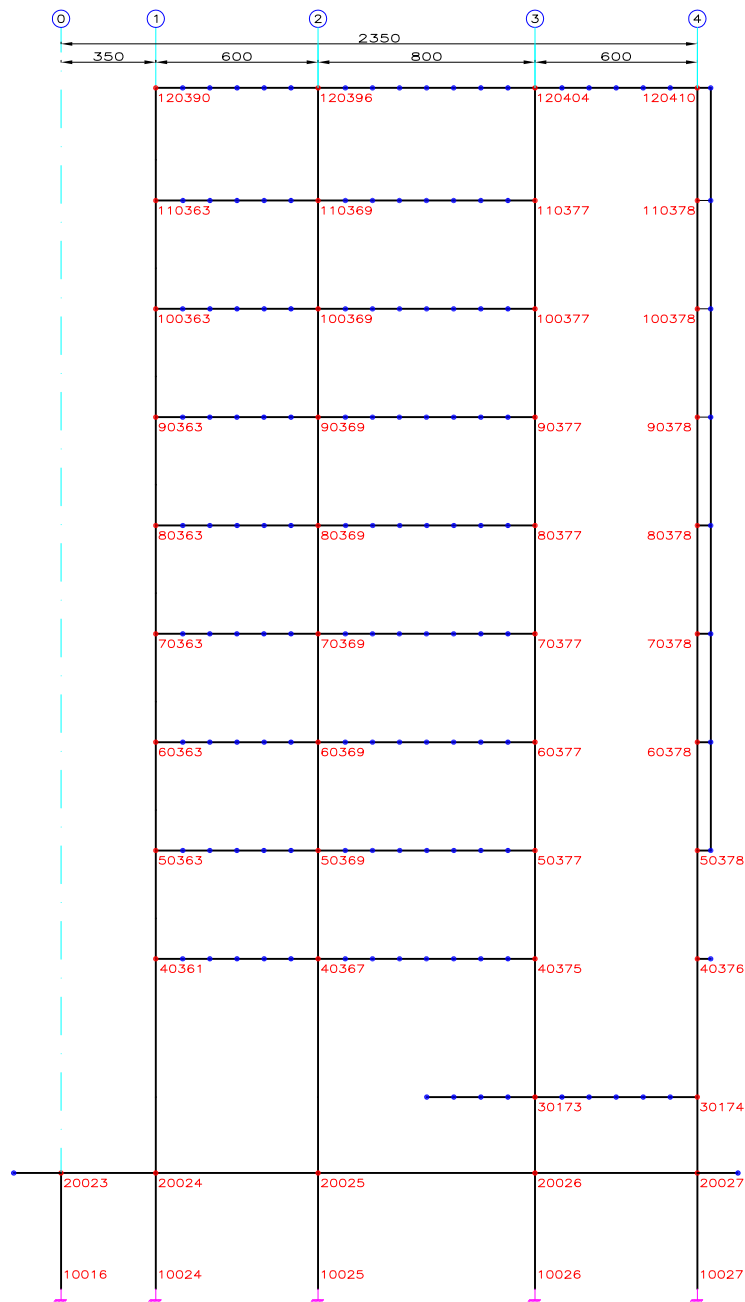


FIG. 4.4 MARCO EJE D, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE


			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh
archivo:	Marzo	fecha:	27 FEBRERO 2014
figura:	4.4		
MARCO D ESTADO LIMITE DE SERVICIO			

Tabla 4.5 Desplazamientos Marco E

MARCO E				Dirección X			Dirección Z		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
				$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
SÓTANO	20016	10016	4280	16.41	0.00	0.00383	16.86	0.00	0.00394
	20017	10017	4280	16.41	0.00	0.00383	16.00	0.00	0.00374
	20018	10018	4280	16.41	0.00	0.00383	14.54	0.00	0.00340
	20019	10019	4280	16.41	0.00	0.00383	12.66	0.00	0.00296
	20020	10020	4280	16.41	0.00	0.00383	11.61	0.00	0.00271
PLANTA BAJA	30200	20016	2800	40.10	16.41	0.00846	35.31	16.86	0.00659
	30204	20017	2800	40.10	16.41	0.00846	32.92	16.00	0.00604
	30210	20018	2800	40.10	16.41	0.00846	28.84	14.54	0.00511
	30137	20019	2800	40.10	16.41	0.00846	23.49	12.66	0.00387
	30143	20020	2800	40.10	16.41	0.00846	21.19	11.61	0.00342
MEZZANINE	40259	30204	5100	93.00	40.10	0.01037	68.02	32.92	0.00688
	40265	30210	5100	93.00	40.10	0.01037	59.02	28.84	0.00592
	40273	30137	5100	93.00	40.10	0.01037	47.11	23.49	0.00463
	40279	30143	5100	93.00	40.10	0.01037	42.93	21.19	0.00426
NIVEL 1	50259	40259	4000	133.06	93.00	0.01002	213.48	68.02	0.03636
	50265	40265	4000	133.06	93.00	0.01002	203.03	59.02	0.03600
	50273	40273	4000	133.06	93.00	0.01002	189.72	47.11	0.03565
	50279	40279	4000	133.06	93.00	0.01002	185.51	42.93	0.03565
	50363	40361	4000	149.17	105.31	0.01096	213.48	68.02	0.03636
NIVEL 2	60259	50259	4000	175.41	133.06	0.01059	390.32	213.48	0.04421
	60265	50265	4000	175.41	133.06	0.01059	379.52	203.03	0.04412
	60273	50273	4000	175.41	133.06	0.01059	367.01	189.72	0.04432
	60279	50279	4000	175.41	133.06	0.01059	363.75	185.51	0.04456
NIVEL 3	70259	60259	4000	218.40	175.41	0.01075	555.99	390.32	0.04142
	70265	60265	4000	218.40	175.41	0.01075	545.32	379.52	0.04145
	70273	60273	4000	218.40	175.41	0.01075	534.74	367.01	0.04193
	70279	60279	4000	218.40	175.41	0.01075	532.86	363.75	0.04228
NIVEL 4	80259	70259	4000	260.34	218.40	0.01049	703.49	555.99	0.03688
	80265	70265	4000	260.34	218.40	0.01049	693.41	545.32	0.03702
	80273	70273	4000	260.34	218.40	0.01049	685.68	534.74	0.03774
	80279	70279	4000	260.34	218.40	0.01049	685.52	532.86	0.03817
NIVEL 5	90259	80259	4000	299.97	260.34	0.00991	827.46	703.49	0.03099
	90265	80265	4000	299.97	260.34	0.00991	818.35	693.41	0.03124
	90273	80273	4000	299.97	260.34	0.00991	814.11	685.68	0.03211
	90279	80279	4000	299.97	260.34	0.00991	815.97	685.52	0.03261
NIVEL 6	100259	90259	4000	336.24	299.97	0.00907	923.83	827.46	0.02409
	100265	90265	4000	336.24	299.97	0.00907	916.02	818.35	0.02442
	100273	90273	4000	336.24	299.97	0.00907	915.69	814.11	0.02540
	100279	90279	4000	336.24	299.97	0.00907	919.80	815.97	0.02596

Continuación Tabla 4.5 Desplazamientos Marco E

MARCO E				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
NIVEL 7	110259	100259	4000	368.43	336.24	0.00805	990.95	923.83	0.01678
	110265	100265	4000	368.43	336.24	0.00805	984.79	916.02	0.01719
	110273	100273	4000	368.43	336.24	0.00805	988.67	915.69	0.01824
	110279	100279	4000	368.43	336.24	0.00805	995.24	919.80	0.01886
NIVEL 8	120259	110259	4150	397.38	368.43	0.00697	1037.81	990.95	0.01129
	120265	110265	4150	397.38	368.43	0.00697	1033.65	984.79	0.01177
	120273	110273	4150	397.38	368.43	0.00697	1041.82	988.67	0.01281
	120279	110279	4150	397.38	368.43	0.00697	1051.07	995.24	0.01345

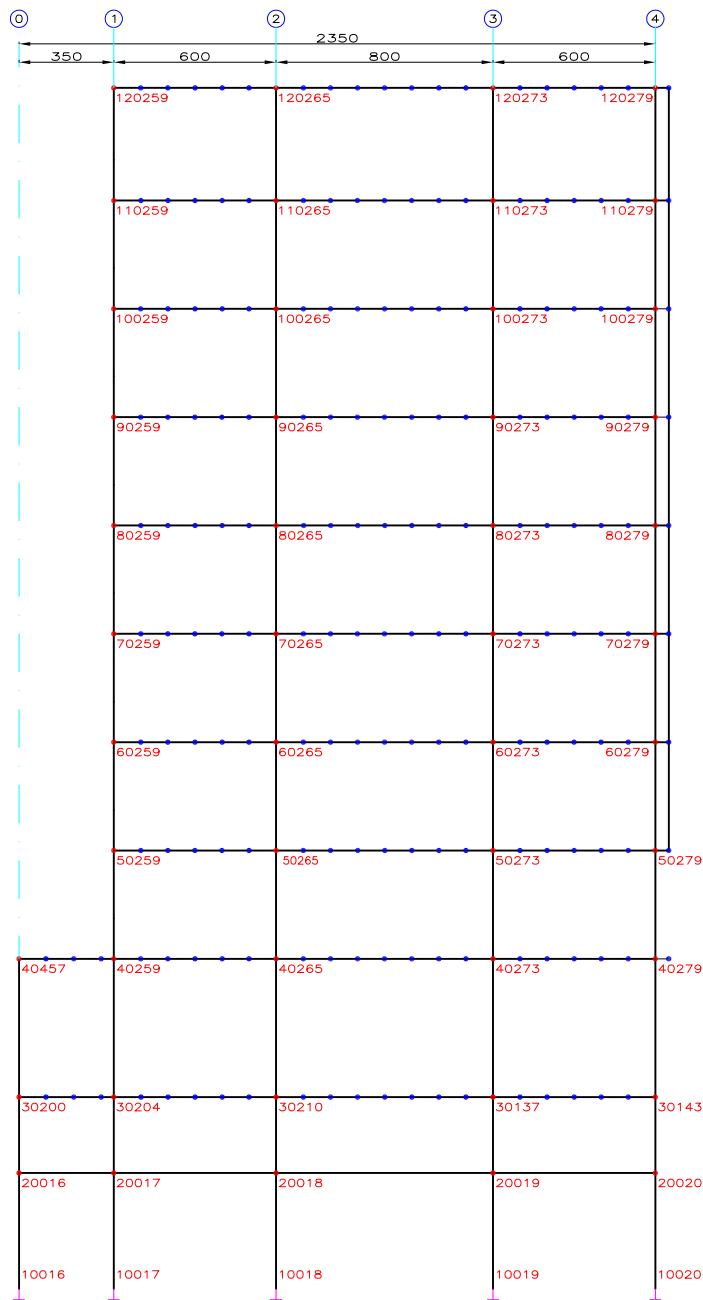


FIG. 4.5 MARCO EJE E, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE


			
<small>tesis profesional:</small> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<small>presenta:</small> <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
<small>director de tesis:</small> <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
<small>concepto:</small>	<small>aprobó:</small>	<small>archivo:</small>	<small>registro:</small>
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	Marzo	S/E
<small>dibujó:</small>	<small>fecha:</small>	<small>figura:</small>	
MARCÓ E ESTADO LIMITE DE SERVICIO	27 FEBRERO 2014	4.5	

Tabla 4.6 Desplazamientos Marco F

MARCO F				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
SÓTANO	20009	10009	4280	14.96	0.00	0.00349	16.86	0.00	0.00394
	20010	10010	4280	14.96	0.00	0.00349	16.00	0.00	0.00374
	20011	10011	4280	14.96	0.00	0.00349	14.54	0.00	0.00340
	20012	10012	4280	14.96	0.00	0.00349	12.66	0.00	0.00296
	20013	10013	4280	14.96	0.00	0.00349	11.61	0.00	0.00271
PLANTA BAJA	30350	20009	2800	35.36	14.96	0.00729	35.31	16.86	0.00659
	30354	20010	2800	35.36	14.96	0.00729	32.92	16.00	0.00604
	30360	20011	2800	35.36	14.96	0.00729	28.84	14.54	0.00511
	30071	20012	2800	35.36	14.96	0.00729	23.49	12.66	0.00387
	30077	20013	2800	35.36	14.96	0.00729	21.19	11.61	0.00342
MEZZANINE	40130	30354	5100	81.10	35.36	0.00897	68.02	32.92	0.00688
	40136	30360	5100	81.10	35.36	0.00897	59.02	28.84	0.00592
	40144	30071	5100	81.10	35.36	0.00897	47.11	23.49	0.00463
	40150	30077	5100	81.10	35.36	0.00897	42.93	21.19	0.00426
NIVEL 1	50130	40130	4000	117.32	81.10	0.00905	213.48	68.02	0.03636
	50136	40136	4000	117.32	81.10	0.00905	203.03	59.02	0.03600
	50144	40144	4000	117.32	81.10	0.00905	189.72	47.11	0.03565
	50150	40150	4000	117.32	81.10	0.00905	185.51	42.93	0.03565
NIVEL 2	60130	50130	4000	156.42	117.32	0.00978	390.32	213.48	0.04421
	60136	50136	4000	156.42	117.32	0.00978	379.52	203.03	0.04412
	60144	50144	4000	156.42	117.32	0.00978	367.01	189.72	0.04432
	60150	50150	4000	156.42	117.32	0.00978	363.75	185.51	0.04456
NIVEL 3	70130	60130	4000	196.42	156.42	0.01000	555.99	390.32	0.04142
	70136	60136	4000	196.42	156.42	0.01000	545.32	379.52	0.04145
	70144	60144	4000	196.42	156.42	0.01000	534.74	367.01	0.04193
	70150	60150	4000	196.42	156.42	0.01000	532.86	363.75	0.04228
NIVEL 4	80130	70130	4000	235.71	196.42	0.00982	703.49	555.99	0.03688
	80136	70136	4000	235.71	196.42	0.00982	693.41	545.32	0.03702
	80144	70144	4000	235.71	196.42	0.00982	685.68	534.74	0.03774
	80150	70150	4000	235.71	196.42	0.00982	685.52	532.86	0.03817
NIVEL 5	90130	80130	4000	273.04	235.71	0.00933	827.46	703.49	0.03099
	90136	80136	4000	273.04	235.71	0.00933	818.35	693.41	0.03124
	90144	80144	4000	273.04	235.71	0.00933	814.11	685.68	0.03211
	90150	80150	4000	273.04	235.71	0.00933	815.97	685.52	0.03261
NIVEL 6	100130	90130	4000	307.41	273.04	0.00859	923.83	827.46	0.02409
	100136	90136	4000	307.41	273.04	0.00859	916.02	818.35	0.02442
	100144	90144	4000	307.41	273.04	0.00859	915.69	814.11	0.02540
	100150	90150	4000	307.41	273.04	0.00859	919.80	815.97	0.02596

Continuación Tabla 4.6 Desplazamientos Marco F

MARCO F				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
NIVEL 7	110130	100130	4000	338.12	307.41	0.00768	990.95	923.83	0.01678
	110136	100136	4000	338.12	307.41	0.00768	984.79	916.02	0.01719
	110144	100144	4000	338.12	307.41	0.00768	988.67	915.69	0.01824
	110150	100150	4000	338.12	307.41	0.00768	995.24	919.80	0.01886
NIVEL 8	120130	110130	4150	365.93	338.12	0.00670	1037.81	990.95	0.01129
	120136	110136	4150	365.93	338.12	0.00670	1033.65	984.79	0.01177
	120144	110144	4150	365.93	338.12	0.00670	1041.82	988.67	0.01281
	120150	110150	4150	365.93	338.12	0.00670	1051.07	995.24	0.01345

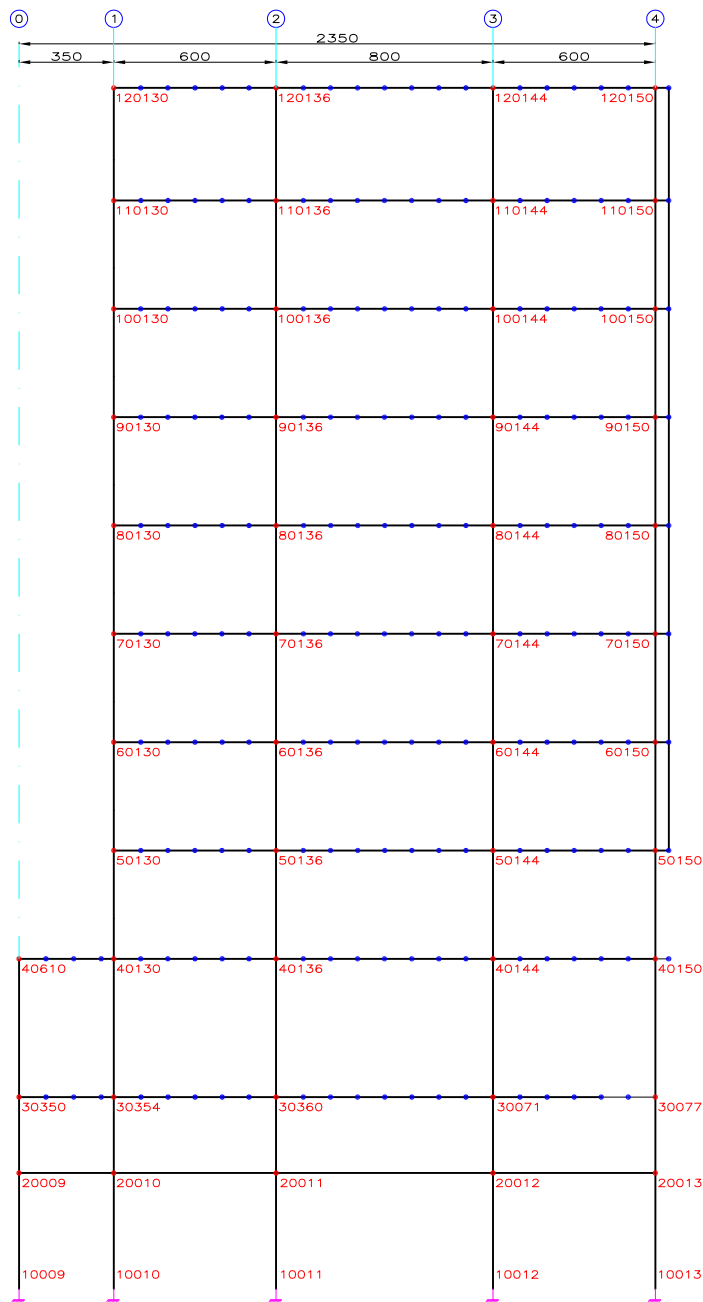


FIG. 4.6 MARCO EJE F, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

	tesis profesional:			
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presenta:		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ		
		JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN		
director de tesis:				
ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ				
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh	
archivo:	Marzo	fecha:	27 FEBRERO 2014	
figura:	4.6			
MARCO F. ESTADO LIMITE DE SERVICIO				



Tabla 4.7 Desplazamientos Marco G

MARCO G				Dirección X			Dirección Z		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
				$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
SÓTANO	20002	10002	4280	13.52	0.00	0.00316	16.86	0.00	0.00394
	20003	10003	4280	13.52	0.00	0.00316	16.00	0.00	0.00374
	20004	10004	4280	13.52	0.00	0.00316	14.54	0.00	0.00340
	20005	10005	4280	13.52	0.00	0.00316	12.66	0.00	0.00296
	20006	10006	4280	13.52	0.00	0.00316	11.61	0.00	0.00271
PLANTA BAJA	30500	20002	2800	30.69	13.52	0.00613	35.31	16.86	0.00659
	30504	20003	2800	30.69	13.52	0.00613	32.92	16.00	0.00604
	30510	20004	2800	30.69	13.52	0.00613	28.84	14.54	0.00511
	30005	20005	2800	30.69	13.52	0.00613	23.49	12.66	0.00387
	30011	20006	2800	30.69	13.52	0.00613	21.19	11.61	0.00342
MEZZANINE	40761	30500	5100	69.45	30.69	0.00760	73.29	35.31	0.00745
	40001	30504	5100	69.45	30.69	0.00760	68.02	32.92	0.00688
	40007	30510	5100	69.45	30.69	0.00760	59.02	28.84	0.00592
	40015	30005	5100	69.45	30.69	0.00760	47.11	23.49	0.00463
	40021	30011	5100	69.45	30.69	0.00760	42.93	21.19	0.00426
NIVEL 1	50001	40001	4000	101.70	69.45	0.00806	213.48	68.02	0.03636
	50007	40007	4000	101.70	69.45	0.00806	203.03	59.02	0.03600
	50015	40015	4000	101.70	69.45	0.00806	189.72	47.11	0.03565
	50021	40021	4000	101.70	69.45	0.00806	185.51	42.93	0.03565
NIVEL 2	60001	50001	4000	137.55	101.70	0.00896	390.32	213.48	0.04421
	60007	50007	4000	137.55	101.70	0.00896	379.52	203.03	0.04412
	60015	50015	4000	137.55	101.70	0.00896	367.01	189.72	0.04432
	60021	50021	4000	137.55	101.70	0.00896	363.75	185.51	0.04456
NIVEL 3	70001	60001	4000	174.60	137.55	0.00926	555.99	390.32	0.04142
	70007	60007	4000	174.60	137.55	0.00926	545.32	379.52	0.04145
	70015	60015	4000	174.60	137.55	0.00926	534.74	367.01	0.04193
	70021	60021	4000	174.60	137.55	0.00926	532.86	363.75	0.04228
NIVEL 4	80001	70001	4000	211.27	174.60	0.00917	703.49	555.99	0.03688
	80007	70007	4000	211.27	174.60	0.00917	693.41	545.32	0.03702
	80015	70015	4000	211.27	174.60	0.00917	685.68	534.74	0.03774
	80021	70021	4000	211.27	174.60	0.00917	685.52	532.86	0.03817
NIVEL 5	90001	80001	4000	246.34	211.27	0.00877	827.46	703.49	0.03099
	90007	80007	4000	246.34	211.27	0.00877	818.35	693.41	0.03124
	90015	80015	4000	246.34	211.27	0.00877	814.11	685.68	0.03211
	90021	80021	4000	246.34	211.27	0.00877	815.97	685.52	0.03261
NIVEL 6	100001	90001	4000	278.84	246.34	0.00812	923.83	827.46	0.02409
	100007	90007	4000	278.84	246.34	0.00812	916.02	818.35	0.02442
	100015	90015	4000	278.84	246.34	0.00812	915.69	814.11	0.02540
	100021	90021	4000	278.84	246.34	0.00812	919.80	815.97	0.02596

Tabla 4.7 Desplazamientos Marco G

MARCO G				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
NIVEL 7	110001	100001	4000	308.10	278.84	0.00731	990.95	923.83	0.01678
	110007	100007	4000	308.10	278.84	0.00731	984.79	916.02	0.01719
	110015	100015	4000	308.10	278.84	0.00731	988.67	915.69	0.01824
	110021	100021	4000	308.10	278.84	0.00731	995.24	919.80	0.01886
NIVEL 8	120001	110001	4150	334.79	308.10	0.00643	1037.81	990.95	0.01129
	120007	110007	4150	334.79	308.10	0.00643	1033.65	984.79	0.01177
	120015	110015	4150	334.79	308.10	0.00643	1041.82	988.67	0.01281
	120021	110021	4150	334.79	308.10	0.00643	1051.07	995.24	0.01345

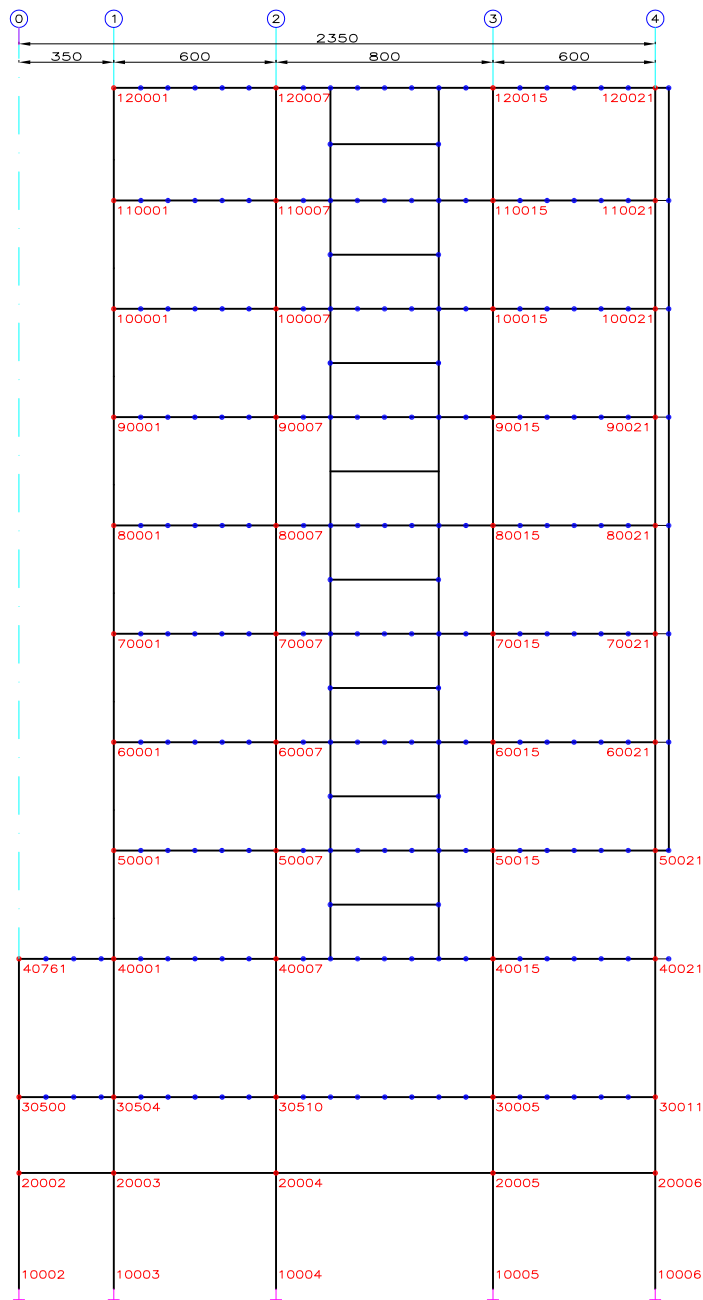


FIG. 4.7 MARCO EJE G, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE


			
<small>tesis profesional:</small> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<small>presentó:</small> <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
<small>director de tesis:</small> <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
<small>concepto:</small>	<small>aprobó:</small>	<small>archivo:</small>	<small>revisó:</small>
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	Marzo	S/E
<small>dibujó:</small>	<small>fecha:</small>	<small>figura:</small>	
MARCO G ESTADO LIMITE DE SERVICIO	27 FEBRERO 2014	4.7	

Tabla 4.8 Desplazamientos Marco H

MARCO H				Dirección X			Dirección Z		
				Combinación de Carga 12			Combinación de Carga 16		
NIVEL	Nodo Superior	Nodo Inferior	H [mm]	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$	$\delta$ superior [mm]	$\delta$ inferior [mm]	$\Psi=\Delta/H$
SÓTANO	20050	10050	4280	11.27	0.00	0.00263	16.86	0.00	0.00394
	20051	10051	4280	11.27	0.00	0.00263	16.00	0.00	0.00374
	20052	10052	4280	11.27	0.00	0.00263	14.54	0.00	0.00340
	20053	10053	4280	11.27	0.00	0.00263	12.66	0.00	0.00296
	20054	10054	4280	11.27	0.00	0.00263	11.61	0.00	0.00271
PLANTA BAJA	30525	20050	2800	23.37	11.27	0.00432	35.31	16.86	0.00659
	30526	20051	2800	23.37	11.27	0.00432	32.92	16.00	0.00604
	30527	20052	2800	23.37	11.27	0.00432	28.84	14.54	0.00511
	30528	20053	2800	23.37	11.27	0.00432	23.49	12.66	0.00387
	30529	20054	2800	23.37	11.27	0.00432	21.19	11.61	0.00342
MEZZANINE	40987	30525	5100	51.15	23.37	0.00545	73.29	35.31	0.00745
	40991	30526	5100	51.15	23.37	0.00545	68.02	32.92	0.00688
	40997	30527	5100	51.15	23.37	0.00545	59.02	28.84	0.00592
	41005	30528	5100	51.15	23.37	0.00545	47.11	23.49	0.00463
	41011	30529	5100	51.15	23.37	0.00545	42.93	21.19	0.00426

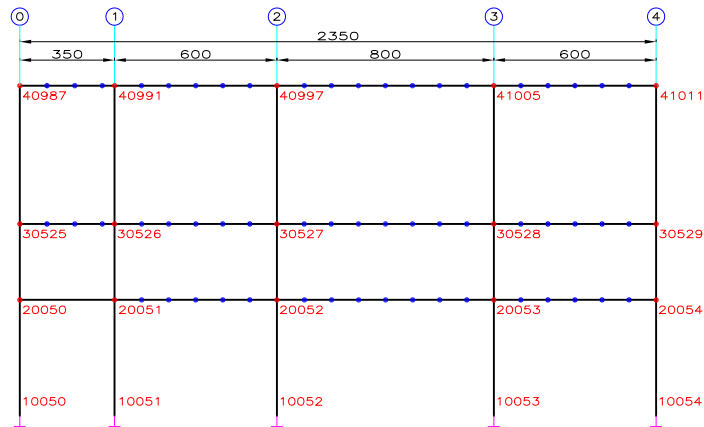



FIG. 4.8 MARCO EJE H, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh
archivo:	Marzo	fecha:	27 FEBRERO 2014
recorrido:	S/E	figura:	4.8
dibujo: MARCO H ESTADO LIMITE DE SERVICIO			

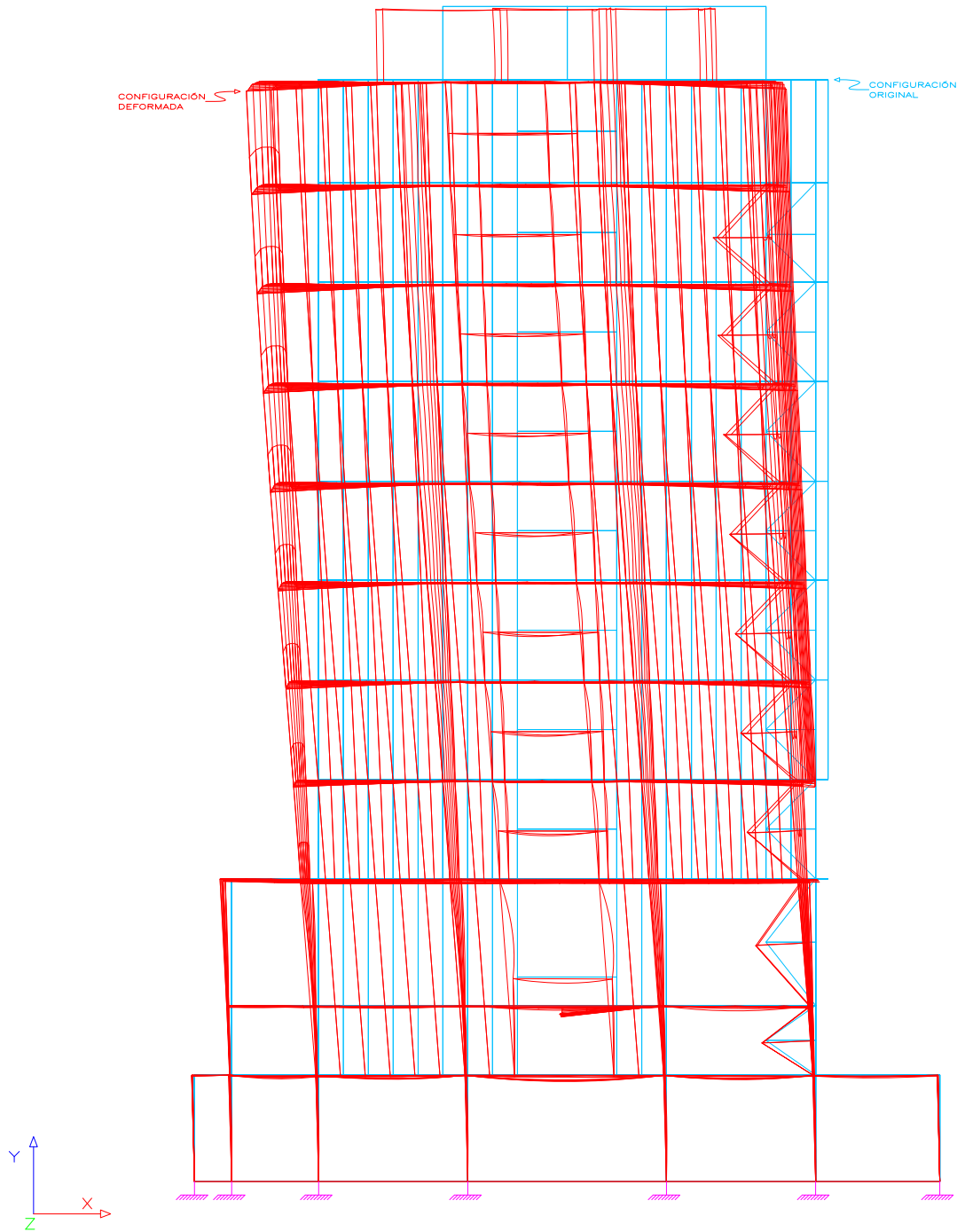



FIG. 4.9 ISOMÉTRICO 1 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12

			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	aprobó:	archivo:	registro:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	EDOLMSERV	S/E
dibujó:	fecha:	figura:	
ISOMÉTRICO 1 LIMITE DE SERVICIO	27 FEBRERO 2014	4.9	

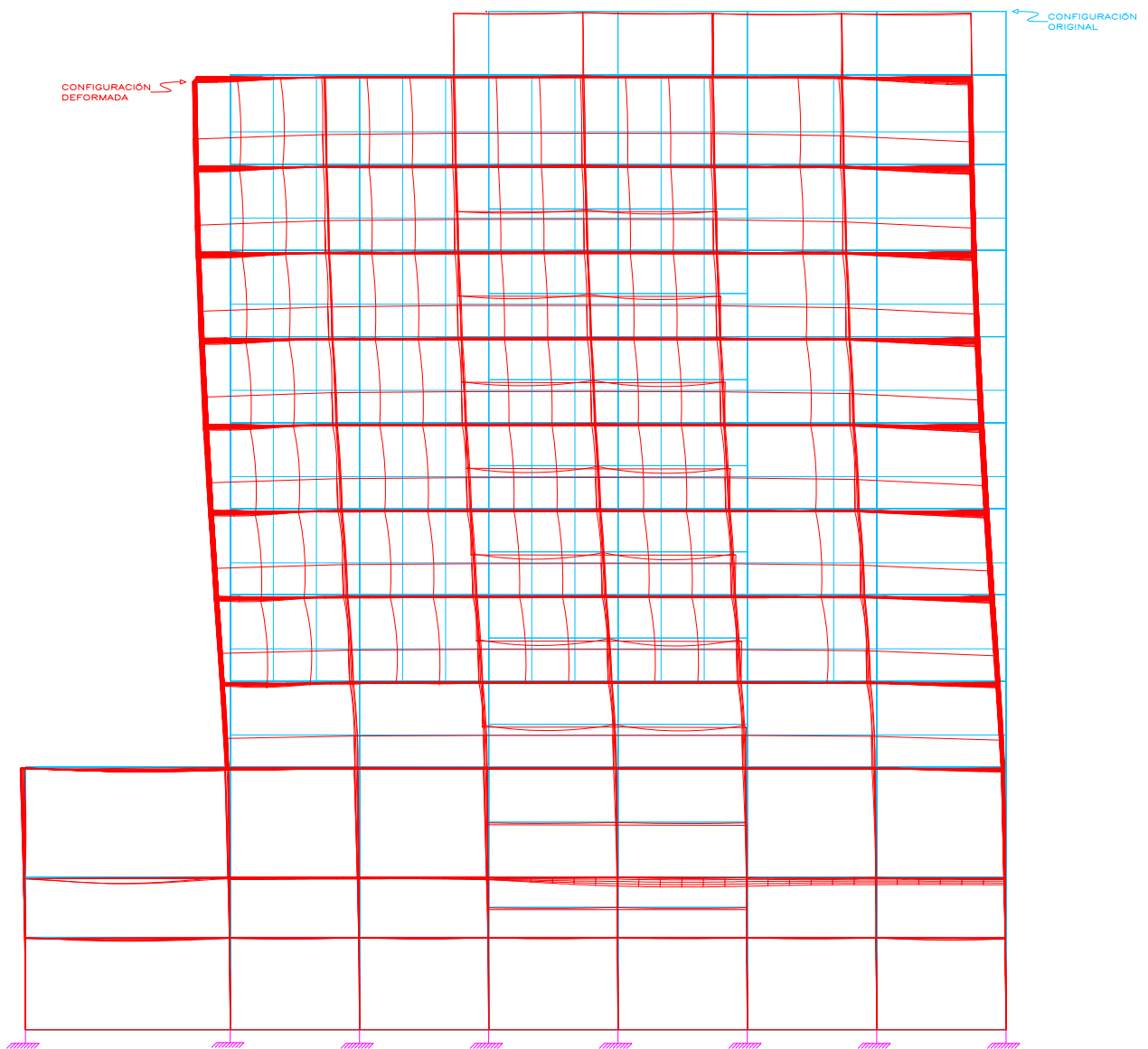
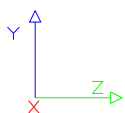



FIG. 4.10 ISOMÉTRICO 2 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12



			
<b>tesis profesional:</b> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<b>presenta:</b> JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
<b>director de tesis:</b> ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
<b>concepto:</b> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	<b>aprobó:</b> JGCh	<b>archivo:</b> EDOLMSERV	<b>registro:</b> S/E
<b>dibujó:</b> ISOMÉTRICO 2 LIMITE DE SERVICIO	<b>fecha:</b> 27 FEBRERO 2014	<b>figura:</b> 4.10	

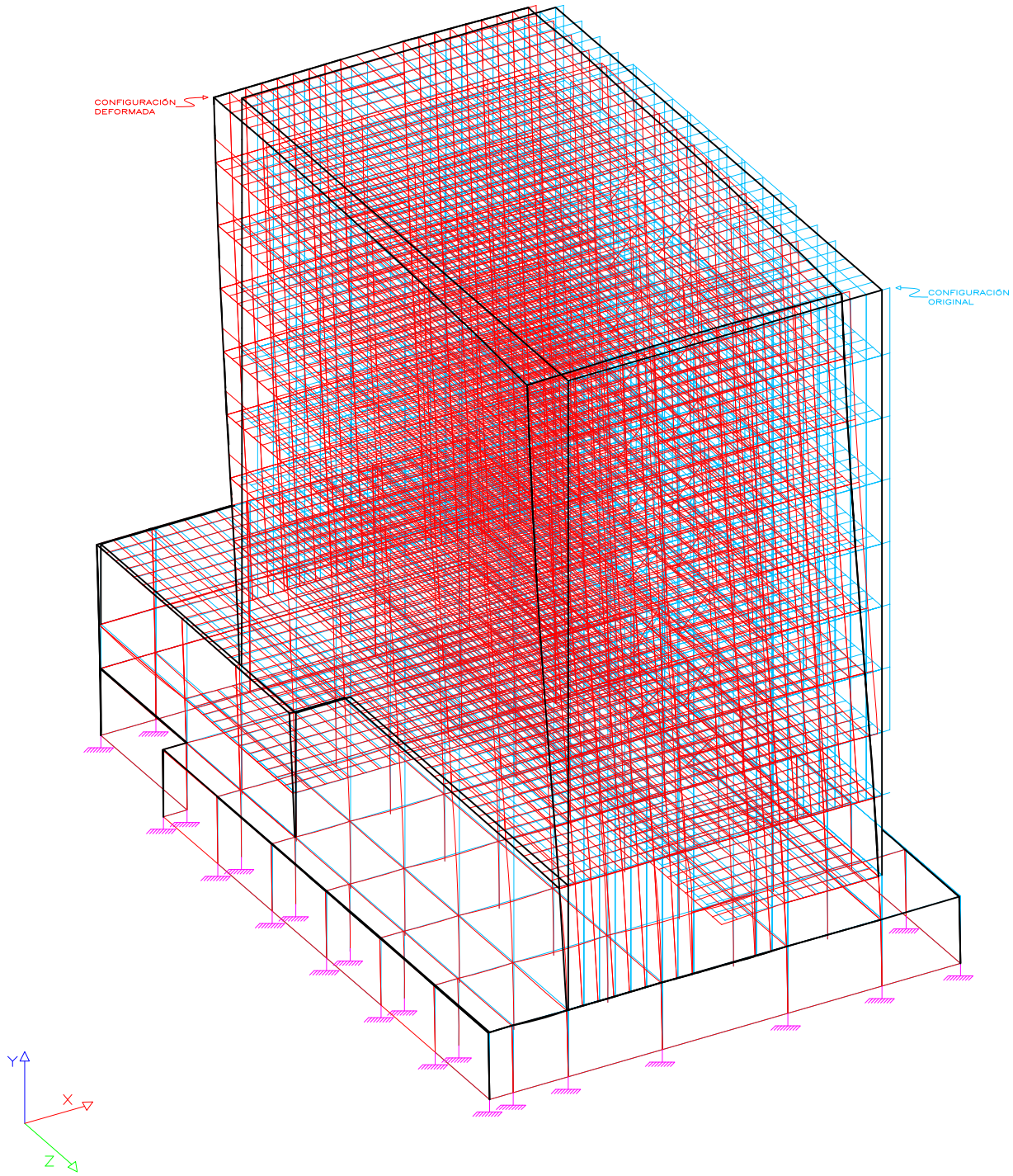



FIG. 4.11 ISOMÉTRICO 3 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12

			
<small>tesis profesional:</small> REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<small>presenta:</small> JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
<small>director de tesis:</small> ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
<small>concepto:</small> EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	<small>aprobó:</small> JGCH	<small>archivo:</small> EDOLINSERV	<small>rescata:</small> S/E
<small>dibujo:</small> ISOMÉTRICO 3 LIMITE DE SERVICIO	<small>fecha:</small> 27 FEBRERO 2014	<small>figura:</small> 4.11	



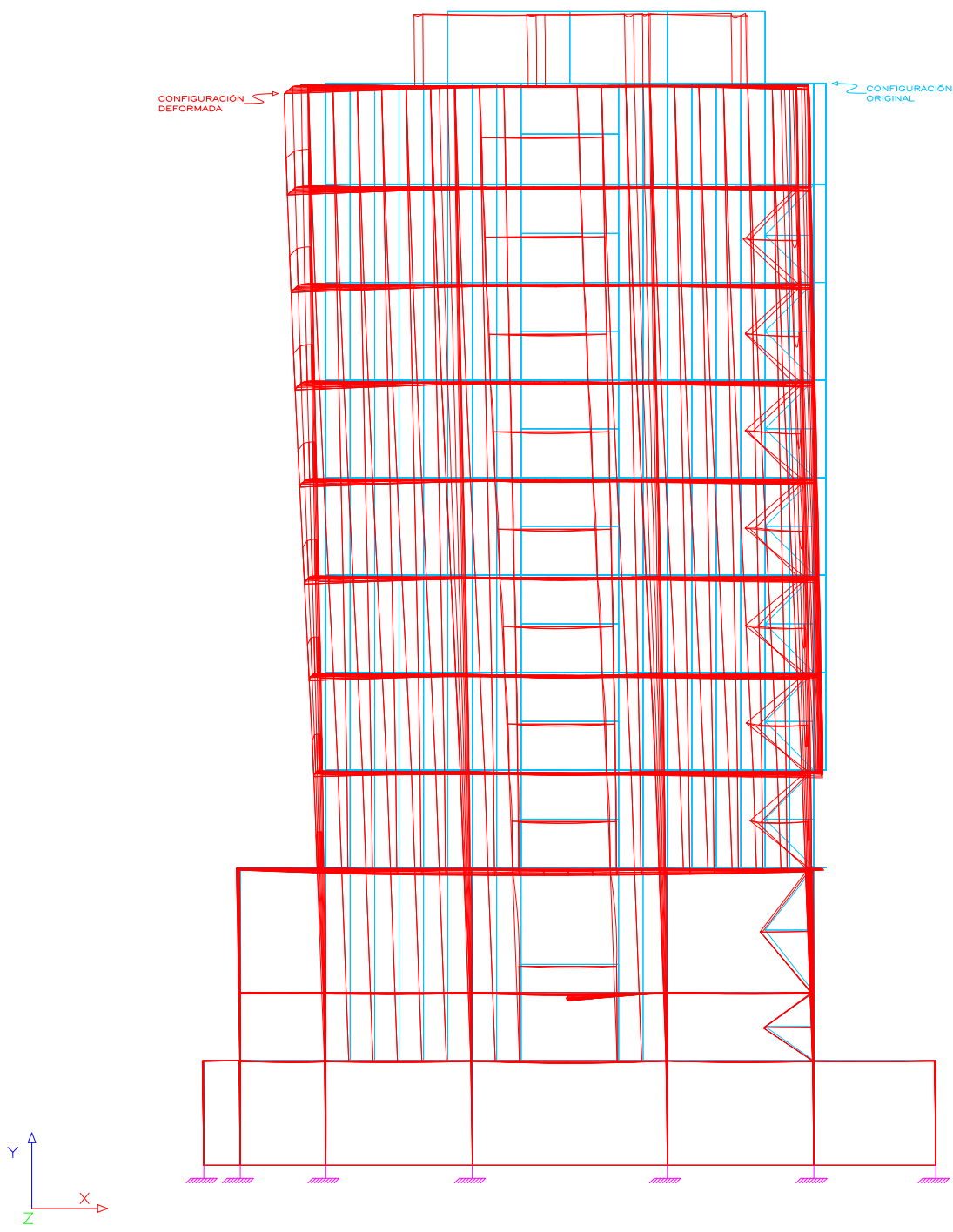


FIG. 4.12 ISOMÉTRICO 4 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 16

	tesis profesional:			
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presenta:		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ		
		JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN		
director de tesis:				
ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ				
concepto:	aprobó:	archivo:	registro:	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	EDOLINSERV	S/E	
dibujó:	fecha:	figura:		
ISOMÉTRICO 4 LIMITE DE SERVICIO	27 FEBRERO 2014	4.12		

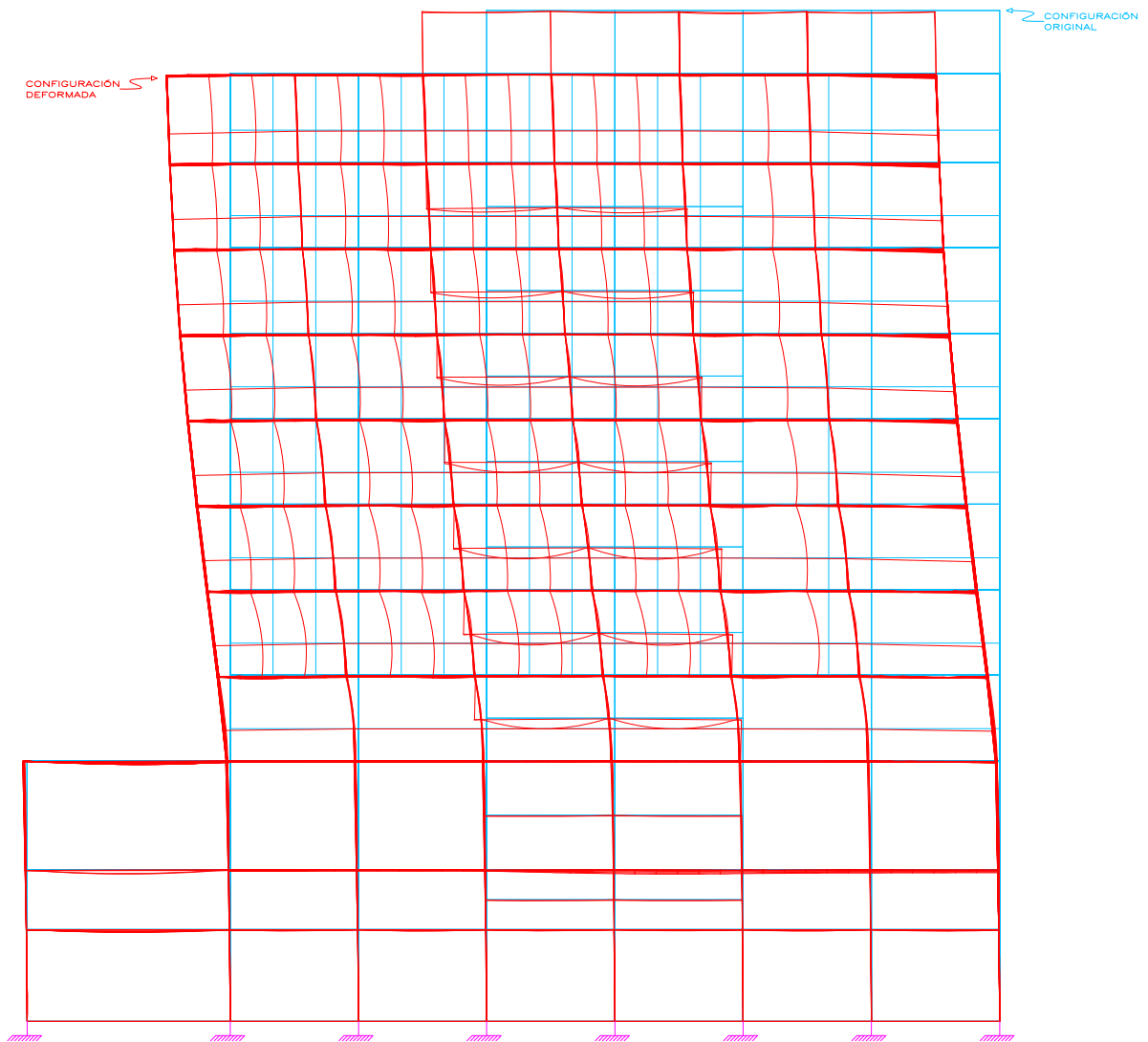
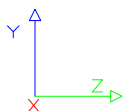



FIG. 4.13 ISOMÉTRICO 5 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 16



			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto:	aprobó:	archivo:	registro:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCH	EDOLINSERV	S/E
dibujó:	fecha:	figura:	
ISOMÉTRICO 5 LIMITE DE SERVICIO	27 FEBRERO 2014	4.13	

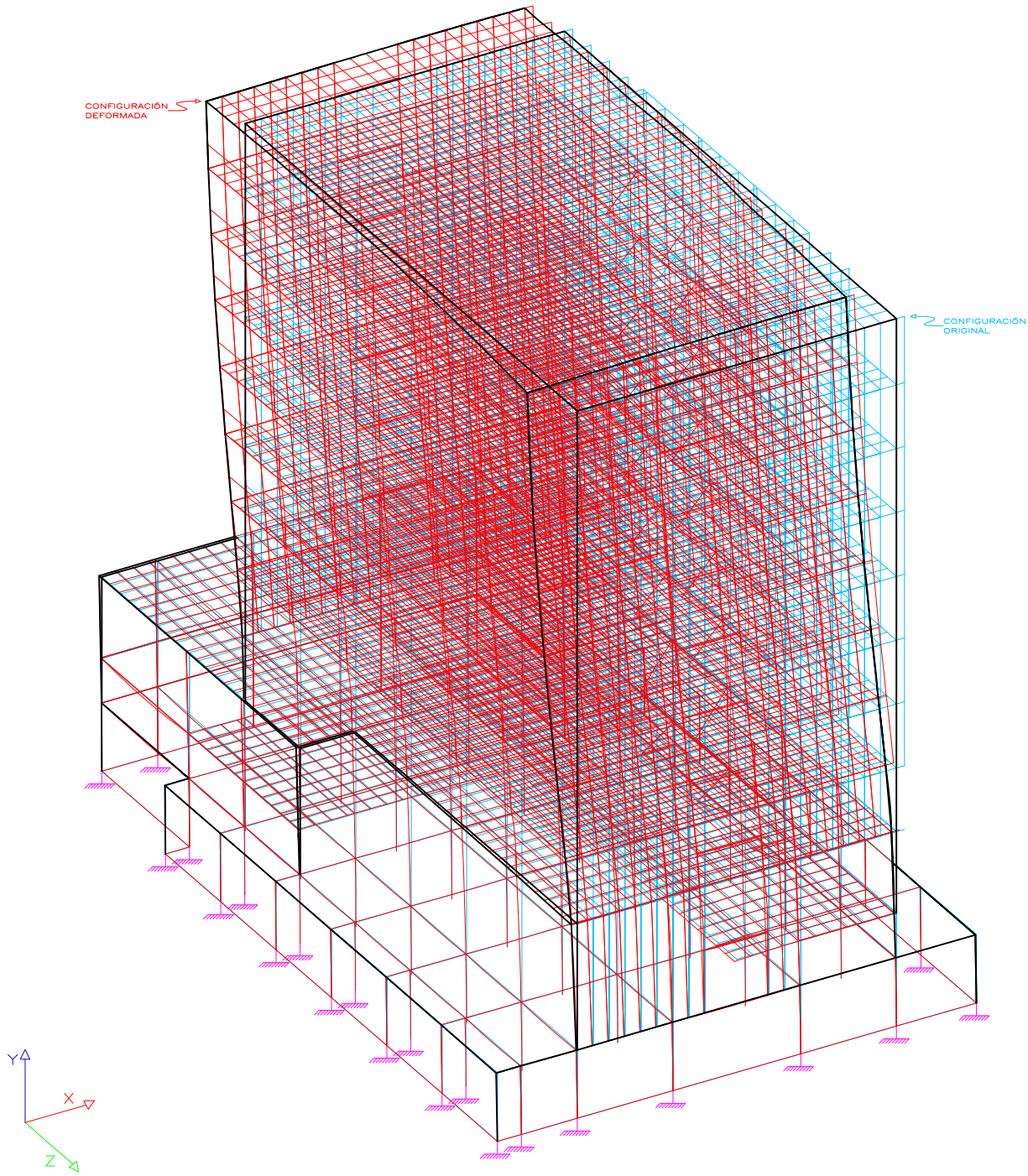


FIG. 4.14 ISOMÉTRICO 6 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 16

	tesis profesional:			
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presenta:		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ		
		JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN		
director de tesis:				
ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ				
concepto:	aprobó:	archivo:	registro:	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	EDOLINSERV	S/E	
dibujó:	fecha:	figura:		
ISOMÉTRICO 6 LIMITE DE SERVICIO	27 FEBRERO 2014	4.14		

## IV.2. Revisión de los estados límite de falla

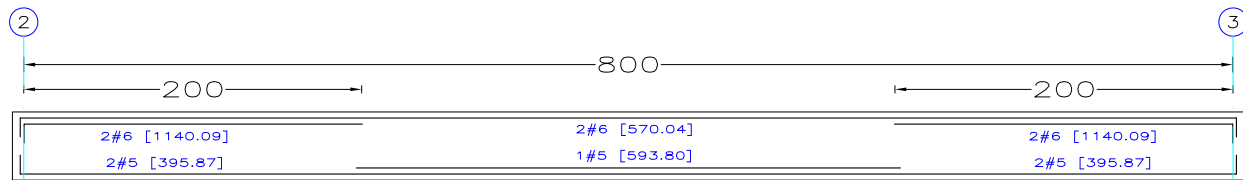
De acuerdo al artículo 148 del RCDF04, se considerará como estado límite de falla cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus componentes o al hecho de que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente su resistencia ante nuevas aplicaciones de carga.

Para la revisión de estados límite de falla, se revisaron las secciones viga que presentaban la mayor demanda de momento flexionante. Se compara el armado propuesto (acero requerido) con el armado establecido en los planos (acero nominal), se hace una relación requerido/nominal que no debe de superar 1.10, en caso de hacerlo significa que el acero establecido en los planos no es suficiente para que la sección pueda soportar los momentos flexionantes a los que se le está sometiendo.

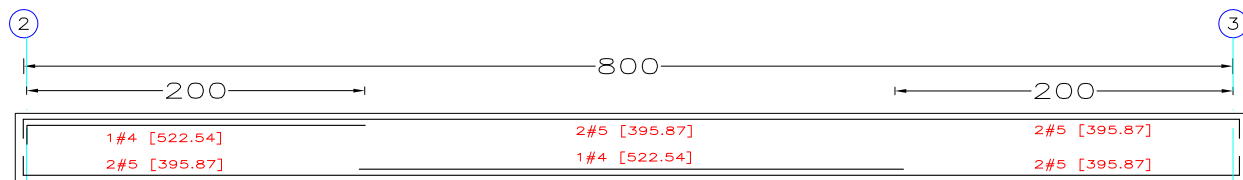
Se sigue el siguiente código de colores para clasificar las relaciones de acero dentro de la revisión.

<u>RELACIONES DE ACERO</u>	
$0.0 \leq Ar/An \leq 0.6$	
$0.6 < Ar/An \leq 1.10$	
$1.10 < Ar/An$	

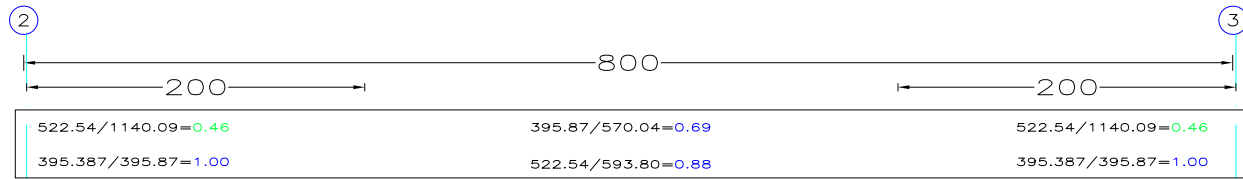
Únicamente fue posible realizar esta revisión para elementos trabe, ya que no se cuenta con los planos estructurales de columnas, por lo que no fue posible conocer el detalle de su reforzamiento. En las figuras 4.15 a 4.22 se puede ver el análisis realizado por este método para una trabe principal.



ACERO NOMINAL ( $A_n$ )



ACERO REQUERIDO ( $A_r$ )



RELACIÓN  $A_n/A_r$

FIG. 4.15 REVISIÓN DE LA CUANTÍA DE ACERO, TRABE Y-4 NIVEL 2

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

X1#X2  
 X1 CANTIDAD DE VARILLAS  
 X2 DIÁMETRO DE LA VARILLA  
 [xx] ÁREA DE ACERO EN mm<sup>2</sup>

**RELACIONES DE ACERO**

0.0 ≤  $A_r/A_n$  ≤ 0.6 ■  
 0.6 <  $A_r/A_n$  ≤ 1.10 ■  
 1.10 <  $A_r/A_n$  ■


			
tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: E00_LIM_FALLA	registro: S/E
dibujó: ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 2	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 4.15	



FIG. 4.16 REVISIÓN DE LA CUANTÍA DE ACERO, TRABE Y-4 NIVEL 3

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

X1#X2  
 X1 CANTIDAD DE VARILLAS  
 X2 DIÁMETRO DE LA VARILLA  
 [xx] ÁREA DE ACERO EN mm<sup>2</sup>

**RELACIONES DE ACERO**

0.0 ≤ Ar/An ≤ 0.6 ■  
 0.6 < Ar/An ≤ 1.10 ■  
 1.10 < Ar/An ■


	<small>tesis profesional:</small>			
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<small>presentó:</small>		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN		
<small>director de tesis:</small>				
ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ				
<small>concepto:</small>	<small>aprobó:</small>	<small>archivo:</small>	<small>registro:</small>	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	EEO_LIM_FALLA	S/E	
<small>dibujó:</small>	<small>fecha:</small>	<small>figura:</small>		
ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 3	27 FEBRERO 2014	4.16		



FIG. 4.17 REVISIÓN DE LA CUANTÍA DE ACERO, TRABE Y-4 NIVEL 4

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

X1#X2  
 X1 CANTIDAD DE VARILLAS  
 X2 DIÁMETRO DE LA VARILLA  
 [xx] ÁREA DE ACERO EN mm<sup>2</sup>

**RELACIONES DE ACERO**

0.0 ≤ Ar/An ≤ 0.6 ■  
 0.6 < Ar/An ≤ 1.10 ■  
 1.10 < Ar/An ■

	<small>tesis profesional:</small>			
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<small>presentó:</small>		<small>director de tesis:</small>		
JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ		ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ		
<small>concepto:</small>		<small>aprobó:</small>	<small>archivo:</small>	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL		JGCh	EEO_LIM_FALLA	
<small>dibujó:</small>	<small>fecha:</small>	<small>figura:</small>	<small>registro:</small>	
ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 4	27 FEBRERO 2014	4.17	S/E	



FIG. 4.18 REVISIÓN DE LA CUANTÍA DE ACERO, TRABE Y-4 NIVEL 5

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

X1#X2  
 X1 CANTIDAD DE VARILLAS  
 X2 DIÁMETRO DE LA VARILLA  
 [xx] ÁREA DE ACERO EN mm<sup>2</sup>

**RELACIONES DE ACERO**

0.0 ≤ Ar/An ≤ 0.6 ■  
 0.6 < Ar/An ≤ 1.10 ■  
 1.10 < Ar/An ■

	<small>tesis profesional:</small>			
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<small>presentó:</small>		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN		
<small>director de tesis:</small>				
ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ				
<small>concepto:</small>	<small>aprobó:</small>	<small>archivo:</small>	<small>registro:</small>	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	EEO_LIM_FALLA	S/E	
<small>dibujó:</small>	<small>fecha:</small>	<small>figura:</small>		
ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 5	27 FEBRERO 2014	4.18		





FIG. 4.19 REVISIÓN DE LA CUANTÍA DE ACERO, TRABE Y-4 NIVEL 6

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

X1#X2  
 X1 CANTIDAD DE VARILLAS  
 X2 DIÁMETRO DE LA VARILLA  
 [xx] ÁREA DE ACERO EN mm<sup>2</sup>

**RELACIONES DE ACERO**

0.0 ≤ Ar/An ≤ 0.6 ■  
 0.6 < Ar/An ≤ 1.10 ■  
 1.10 < Ar/An ■

	<small>tesis profesional:</small>			
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
<small>presentó:</small>		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN		
<small>director de tesis:</small>				
ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ				
<small>concepto:</small>	<small>aprobó:</small>	<small>archivo:</small>	<small>revisó:</small>	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	EEO_LIM_FALLA	S/E	
<small>dibujó:</small>	<small>fecha:</small>	<small>figura:</small>		
ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 6	27 FEBRERO 2014	4.19		



FIG. 4.20 REVISIÓN DE LA CUANTÍA DE ACERO, TRABE Y-4 NIVEL 7

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

X1#X2  
 X1 CANTIDAD DE VARILLAS  
 X2 DIÁMETRO DE LA VARILLA  
 [xx] ÁREA DE ACERO EN mm<sup>2</sup>

**RELACIONES DE ACERO**

0.0 ≤ Ar/An ≤ 0.6 ■  
 0.6 < Ar/An ≤ 1.10 ■  
 1.10 < Ar/An ■

tesis profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b> <b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>			
director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>			
concepto:	aprobó:	archivo:	registro:
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	JGCh	EEO_LIM_FALLA	S/E
dibujó:	fecha:	figura:	
ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 7	27 FEBRERO 2014	4, 20	



FIG. 4.21 REVISIÓN DE LA CUANTÍA DE ACERO, TRABE Y-4 NIVEL 8

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

X1#X2  
 X1 CANTIDAD DE VARILLAS  
 X2 DIÁMETRO DE LA VARILLA  
 [xx] ÁREA DE ACERO EN mm<sup>2</sup>

**RELACIONES DE ACERO**

0.0 ≤ Ar/An ≤ 0.6 ■  
 0.6 < Ar/An ≤ 1.10 ■  
 1.10 < Ar/An ■

	tesis profesional:						
	REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO						
presentó:		JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN					
director de tesis:		ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ					
concepto:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó:	JGCh	archivo:	EDO_LIM_FALLA	revisión:	S/E
dibujó:	ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 8	fecha:	27 FEBRERO 2014	figura:	4.21		



FIG. 4.22 REVISIÓN DE LA CUANTÍA DE ACERO, TRABE Y-4 NIVEL AZOTÉA

**N O T A S**


1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

X1#X2  
 X1 CANTIDAD DE VARILLAS  
 X2 DIÁMETRO DE LA VARILLA  
 [xx] ÁREA DE ACERO EN mm<sup>2</sup>

**RELACIONES DE ACERO**

0.0 ≤ Ar/An ≤ 0.6 ■  
 0.6 < Ar/An ≤ 1.10 ■  
 1.10 < Ar/An ■

			
título profesional: REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO			
presenta: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN			
director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ			
concepto: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL	aprobó: JGCh	archivo: EEO_LIM_FALLA	registro: S/E
dibujó: ESTADO LIMITE DE FALLA AZOTEA	fecha: 27 FEBRERO 2014	figura: 4.22	

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## V.1. CONCLUSIONES

Las disposiciones en materia de sismicidad de los reglamentos han evolucionado a lo largo de los años con el fin de minimizar el riesgo para sus ocupantes. Aun cuando es técnicamente posible diseñar y construir edificios con la capacidad suficiente para soportar sismos de gran magnitud sin tener daños, en general se considera poco económico y viable hacerlo. El diseño sísmico se realiza con la previsión de que un sismo podría causar algún daño, y se han desarrollado a lo largo de los años filosofías de diseño sísmico sobre esta base. El objetivo del diseño sísmico es limitar el daño en un edificio a un nivel aceptable.

### V.1.1. Estados límite de Servicio.

Con base en las disposiciones reglamentarias y con ayuda del modelo computacional, se determinó que uno de los principales problemas que tiene el edificio es la fuerte irregularidad producto de la arquitectura de sus primeros dos niveles. Esta condición de irregularidad favorece un efecto torsionante debido a la mala distribución de rigidez, lo que resulta en importantes desplazamientos en la dirección este-oeste.

Estos desplazamientos, como se mencionó en la revisión de estados límite de servicio, superan lo establecido en el reglamento. Los niveles que presentaron una mayor distorsión fueron el Nivel 2 y el Nivel 3 en ambas direcciones.

### V.1.2. Estado límite de falla

Si bien la revisión de estados límite de falla concluye que las trabes principales estudiadas cuentan con la resistencia suficiente para soportar las condiciones de carga a las que está sometida la estructura, debemos recordar que la resistencia no es sinónimo de rigidez, y es la falta de esta rigidez la que genera que se presenten desplazamientos que han sido reportados por los ocupantes del inmueble cuando han existido eventos sísmicos.

### **V.1.3. Rehabilitación Sísmica**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observa la necesidad de intervenir a la estructura si se quiere rigidizar para mitigar los desplazamientos; para ello, debemos tener conocimiento sobre cuestiones de rehabilitación sísmica.

La rehabilitación de las estructuras existentes con resistencia sísmica insuficiente representa una gran parte del costo total de la mitigación de riesgos. Por lo tanto, es de vital importancia que las estructuras que necesitan reforzamiento sísmico se identifiquen correctamente y se lleve a cabo una adaptación óptima de una manera rentable.

Una vez que se toma la decisión, el reforzamiento sísmico se puede realizar a través de varios métodos y con diversos objetivos, tales como el aumento de la capacidad de carga, de deformación, y/o la capacidad de disipación de la energía de la estructura

El objetivo general de la realización de los trabajos de reparación en la ingeniería sísmica es bastante sencillo: asegurarse de que la demanda sísmica de la estructura modificada sea menor que la capacidad que tiene para soportar dicha demanda con la nueva configuración estructural.

La rehabilitación sísmica ha generado gran interés pues los daños causados durante los sismos son una preocupación para la sociedad en áreas de alta sismicidad como lo es la Ciudad de México. Estos daños no sólo son en términos de pérdida de vidas humanas, sino también financieros.

Aunque como resultado del estudio se obtiene que se superan algunos estados límite de servicio, la estructura no ha rebasado sus estados límite de falla, manteniendo un comportamiento satisfactorio a lo largo de su vida útil. Adicionalmente, la falta de información acerca del reforzamiento de las columnas brinda incertidumbre sobre la exactitud del modelo al representar la realidad del comportamiento del inmueble, por lo que no se puede concluir si es o no necesaria una rehabilitación sísmica.

## V.2. RECOMENDACIONES

Muchas de las fallas estructurales durante sismos en el siglo XX se debieron a una resistencia al cortante inadecuada y/o falta de confinamiento en columnas. Debido a esto, se comenzó a incrementar la sección transversal de las columnas a nivel mezzanine para incrementar la resistencia. El principal problema con este enfoque es que a menudo aumenta inaceptablemente la dimensión de la columna, haciendo esta técnica de reforzamiento poco práctica. El uso de láminas de compuestos de fibra de carbono evita este problema y por lo tanto ha ganado aceptación en los últimos años.

En visitas que se realizaron se pudo observar que en varios niveles se cuenta con una cantidad importante de papelería, archivos y concentraciones de mobiliario de oficina. Además se han realizado adecuaciones y se han agregado estructuras que no se tenían contempladas en el diseño original del edificio. Ejemplos de estas estructuras que se agregaron al diseño original es el anexo que se encuentra en el nivel 1 sobre el techo del auditorio y un espectacular que se colocó en la parte superior del edificio.

Se recomienda recabar la mayor cantidad de información sobre el inmueble; dentro de los datos que ayudarían a generar un mejor modelo de análisis está la extracción de muestras de concreto para conocer las propiedades mecánicas actuales, así mismo se recomienda llevar a cabo las siguientes acciones:

- Revisión del armado de las columnas ya que no se cuenta con el plano donde este se especifica.
- Realizar un análisis de la distribución de cargas en cada nivel.
- Aportar datos sobre el anexo que se encuentra en el nivel 1 sobre el techo del auditorio, así como del espectacular que se colocó en la azotea.
- Estudios de vibración ambiental para la calibración del modelo.
- Realizar un estudio de mecánica de suelos para conocer las condiciones actuales del suelo donde se apoya la estructura.

Todos estos datos se pueden incorporar a un modelo de mayor complejidad en el cual se incluya un análisis de interacción suelo-estructura.

Finalmente, se recomienda revisar la estructura periódicamente y después de la ocurrencia de un evento sísmico importante. Esta revisión deberá de llevarse a cabo por parte de un ingeniero Corresponsable en Seguridad Estructural para detectar cualquier daño que pudiera poner en riesgo su estabilidad y la seguridad de los usuarios.



## BIBLIOGRAFÍA

## BIBLIOGRAFÍA

- Arnal, Simón, L., Betancourt Suárez, M. *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. 5a ed. México, Trillas, 2005.
- Arnal, Simón, L., Betancourt Suárez, M. *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto*. 5a ed. México, Trillas, 2005
- Arnal, Simón, L., Betancourt Suárez, M. *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones*. 5a ed. México, Trillas, 2005.
- Arnal, Simón, L., Betancourt Suárez, M. *Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo*. 5a ed. México, Trillas, 2005.
- ASCE, *Standard for the Seismic Evaluation of Buildings, ASCE 31-03*, Structural Engineering Institute of the American Society of Structural Engineers, Reston, Virginia. 2003
- Besing, C., *The retrofitting of existing buildings for seismic criteria*. Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, USA, 2004.
- Casasola Zapata, G., *Historia gráfica de la Revolución Mexicana 1900-1970*. México. Trillas. 1992.
- Fundación I.C.A., *Experiencias derivadas de los sismos de Septiembre de 1985*, México. Limusa. 1988.
- González Cuevas O., Robles Fernández, F. *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. 4a ed. México, Limusa, 2009
- Griffith M., Pinto A., *Seismic Retrofit of RC Buildings A Review and Case Study*, University of Adelaide, Adelaide, Australia and European Commission, Joint Research Centre, Ispra, Italy. 2000.
- F.E.M.A. *Techniques for the Seismic Rehabilitation*, FEMA 547, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC. 2006
- F.E.M.A, *Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*, FEMA 3-56, Federal Emergency Management Agency, Washington, DC. 2000
- Lomnitz, C., *El próximo sismo en la Ciudad de México*, UNAM, México, 2005
- Ovando Shelley, E., Ossa, A., Romo, Ml. *The sinking of Mexico City: Its effects on soil properties and seismic response*. Instituto de Ingeniería, UNAM, México, 2006.
- Oviedo, J., Duque, M., *Sistemas de control de respuesta Sísmica en edificaciones*, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín. 2006
- Zeevaert, L. *An investigation of the engineering characteristics of the volcanic lacustrine clay deposit beneath Mexico City*. Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana, Illinois. 1949.
- Zeevaert, L. *Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions*, 2nd ed, Van Nostrand-Reynhold Company, New York, NY, USA. 1982.