



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 |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------|
| <b>I. ANTECEDENTES</b>                                                        |             |        |
| 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     |
| <b>II. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO</b>                                           |             |        |
| 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 Ts (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 banqueteta. 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.

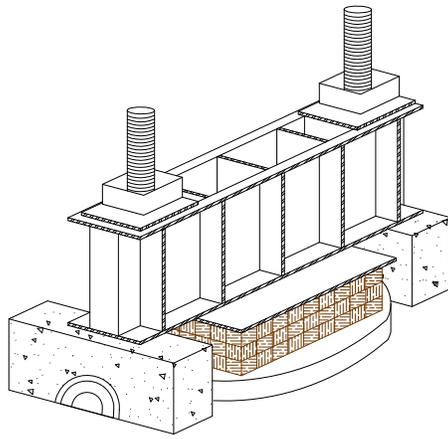
## I.2 Recimentación

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.

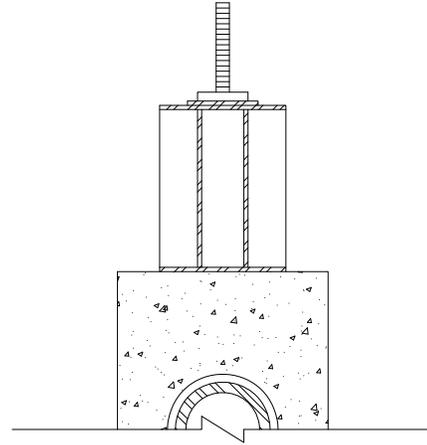
Las tres partes del sistema de pilotes de control son: el pilote mismo, el marco o puente de carga que, articulado a la losa de cimentación, se encarga de transmitir una parte del peso del edificio a ese pilote; y el paquete deformable de 15 cm de altura, integrado por un arreglo de cubos de madera. 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.

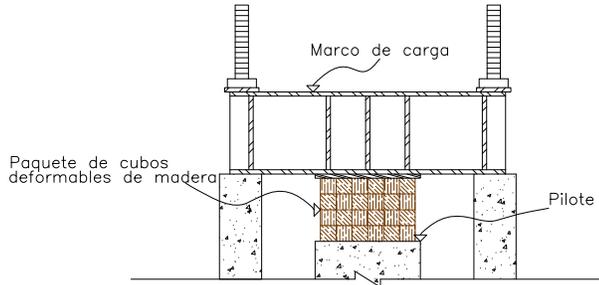
Los pilotes de control serán incapaces de uniformizar los asentamientos diferenciales en estructuras con cimentaciones flexibles, ya que cada pilote funcionará de manera independiente, por ello no deberían usarse para estas estructuras.



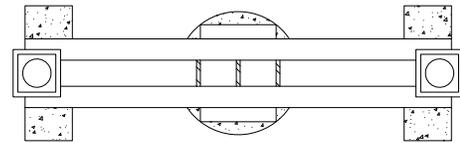
ISOMÉTRICO



CORTE TRANSVERSAL



CORTE LONGITUDINAL



VISTA EN PLANTA

FIG. 1.1 SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL

|                                                                                                                                                                                        |                 |                |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|---------|
|                                                                                                   |                 |                |         |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                 |                |         |
| presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                                                         |                 |          |         |           |     |
| presenta:          |                                                                                                                                                                  | JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                 |          |           |
| presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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).

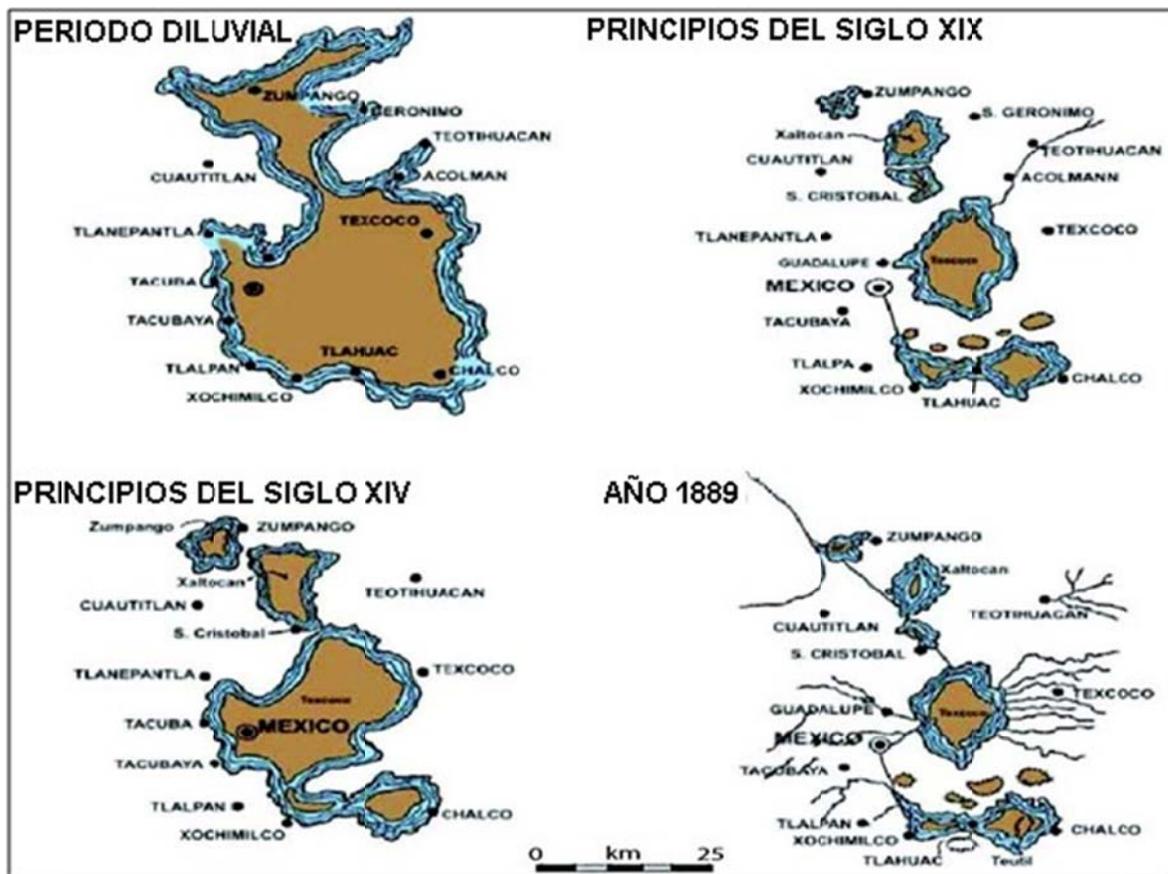


Imagen 1.1. Evolución del Lago de Texcoco

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).

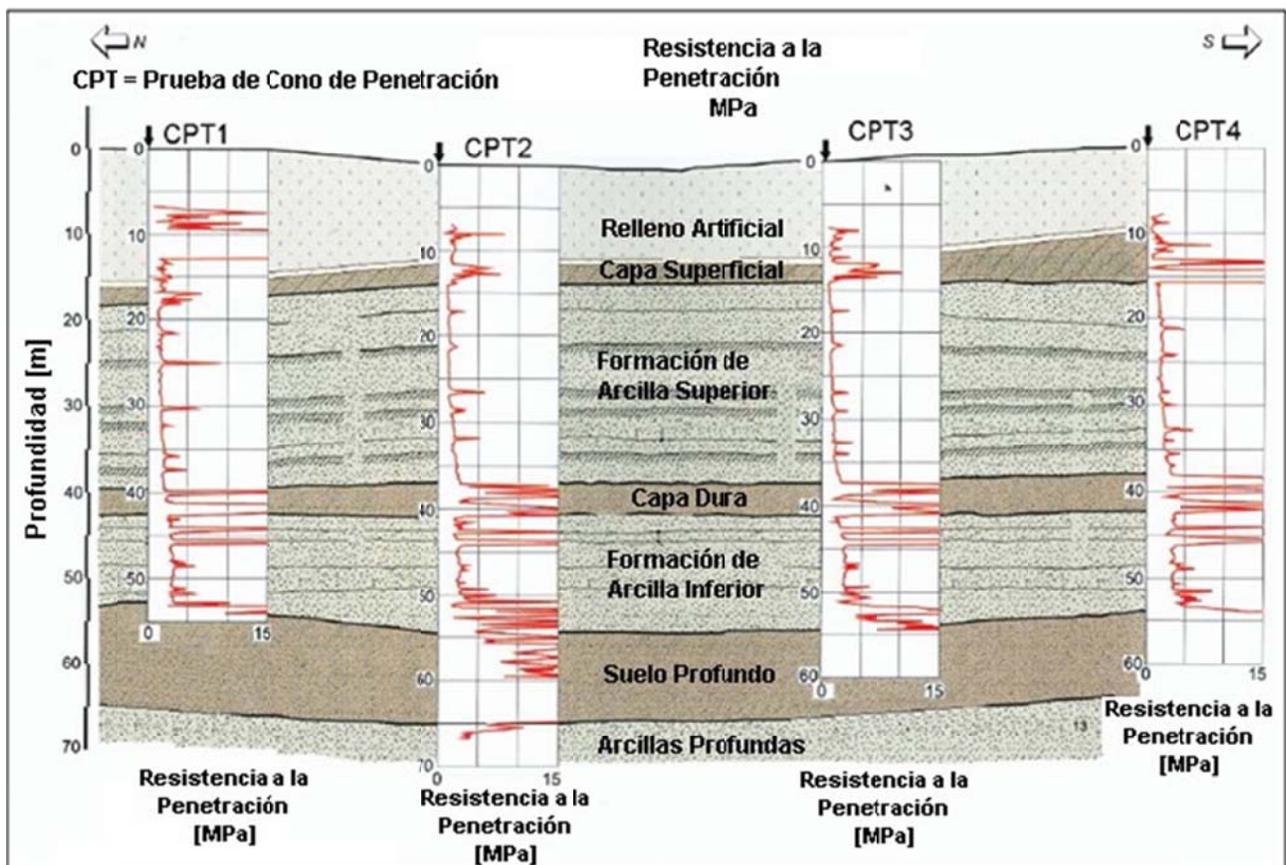


Imagen 1.2. Sección estratigráfica del Valle de México

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.



### 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.

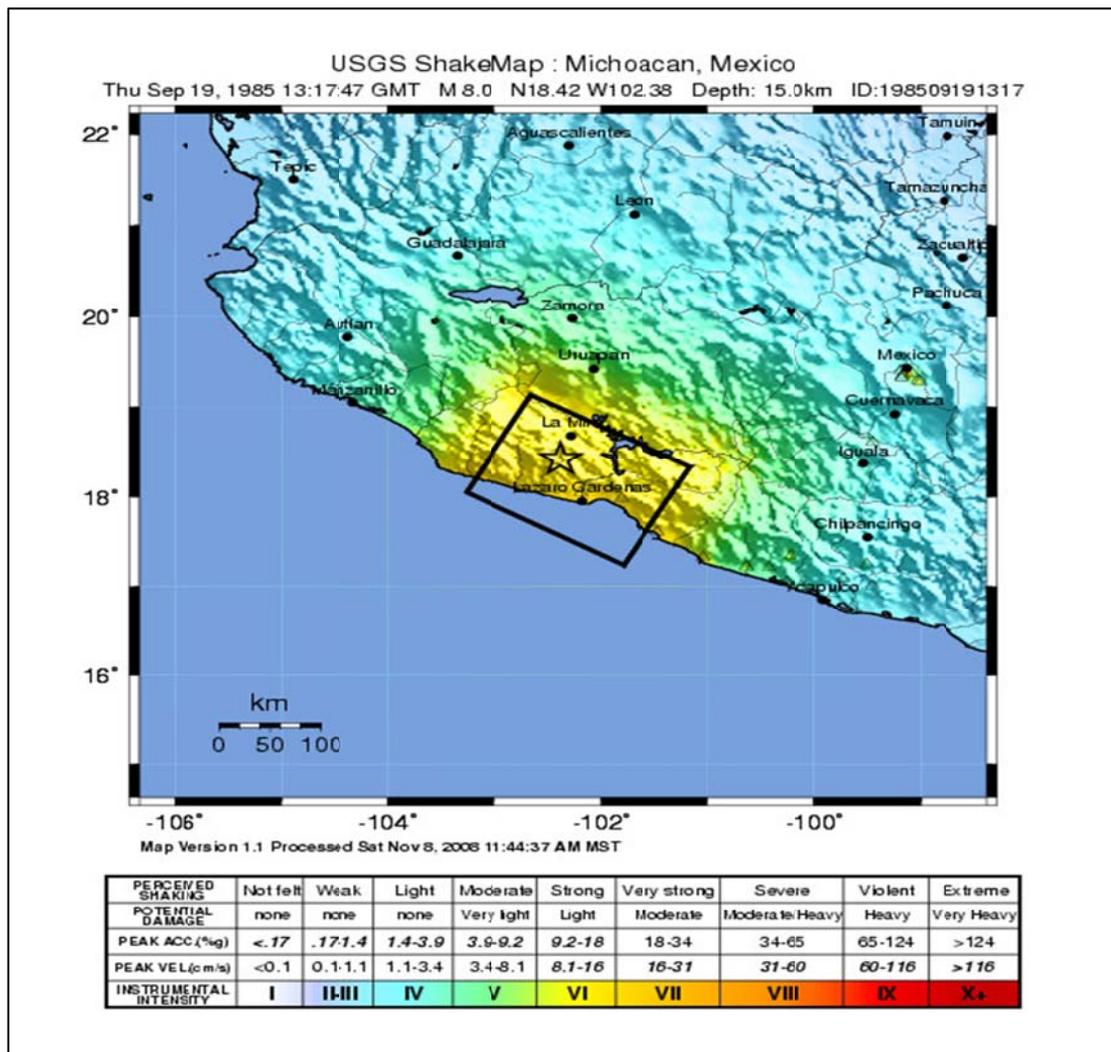


Imagen 1.6. Datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos sobre el Sismo de 1985.



*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.

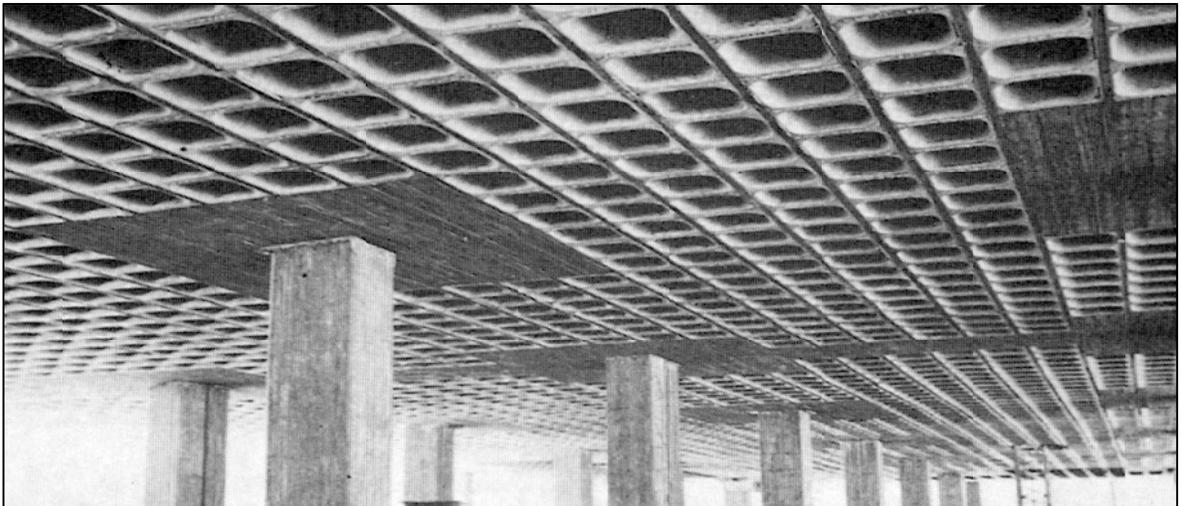
Sin embargo, un programa de investigación experimental y analítica de losas y estructuras de concreto, llevado a cabo en los años sesenta por la Universidad de Illinois, ha llegado a la conclusión de que ambos tipos de estructuras, las losas apoyadas sobre vigas y las losas planas, se comportan de manera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

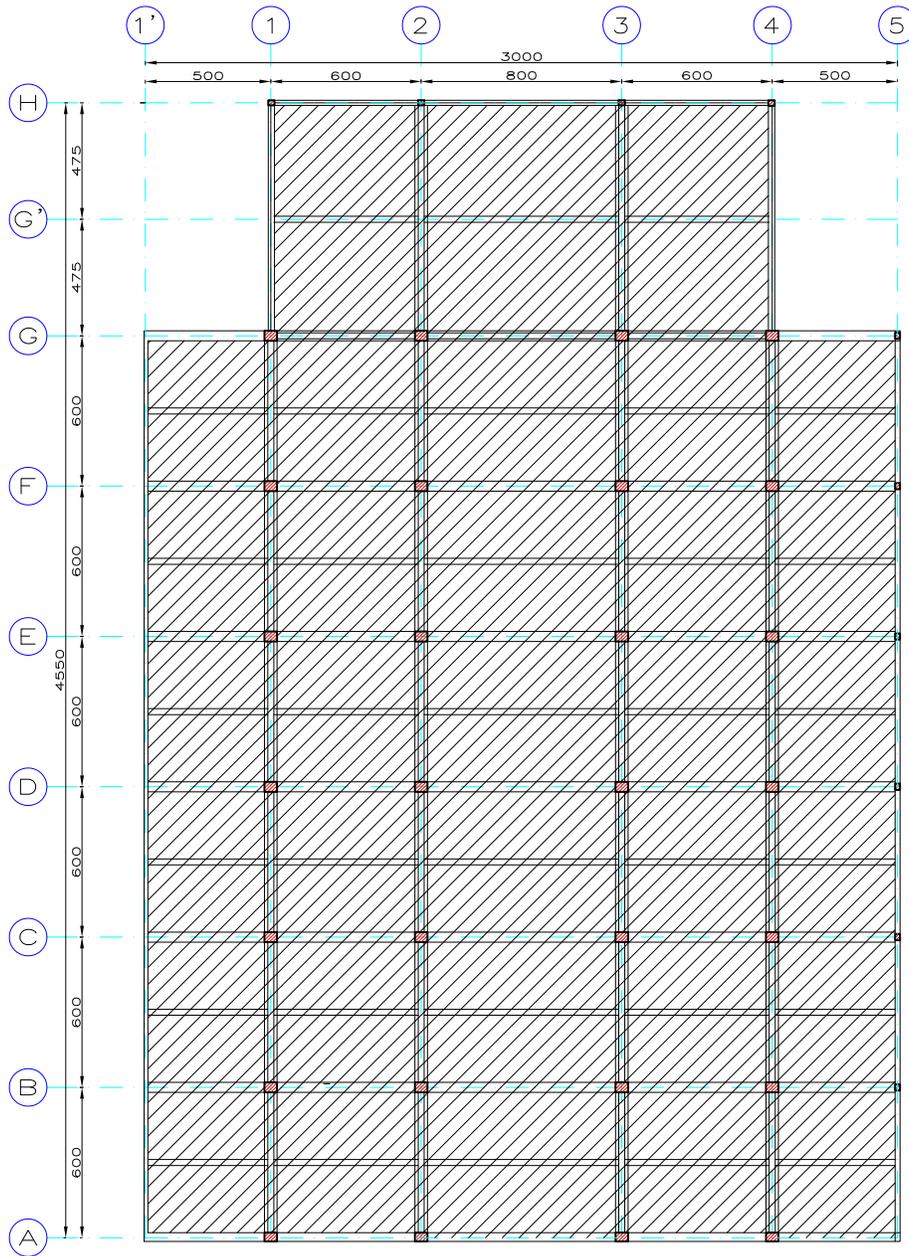


FIG. 2.1 PLANTA SÓTANO (NTC -2.280)

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

|                                                                                                                                                                                                       |                        |                         |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                                       |                        |                         |                          |
| <small>tesis profesional:</small><br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                        |                         |                          |
| <small>presenta:</small><br><b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b><br><b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>                                                                                                     |                        |                         |                          |
| <small>director de tesis:</small><br><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                     |                          |

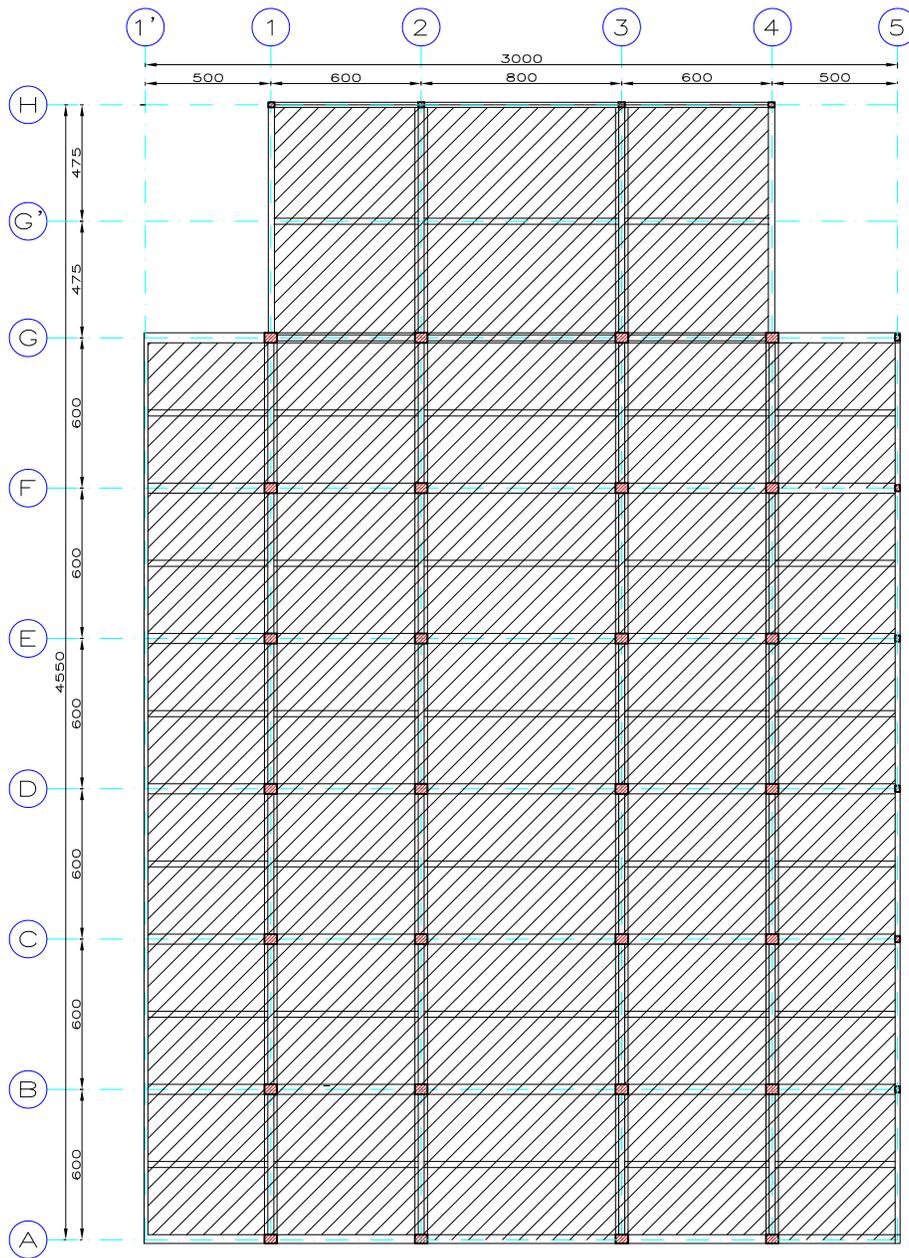


FIG. 2.2 PLANTA BAJA (NTC + 2.000)

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

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

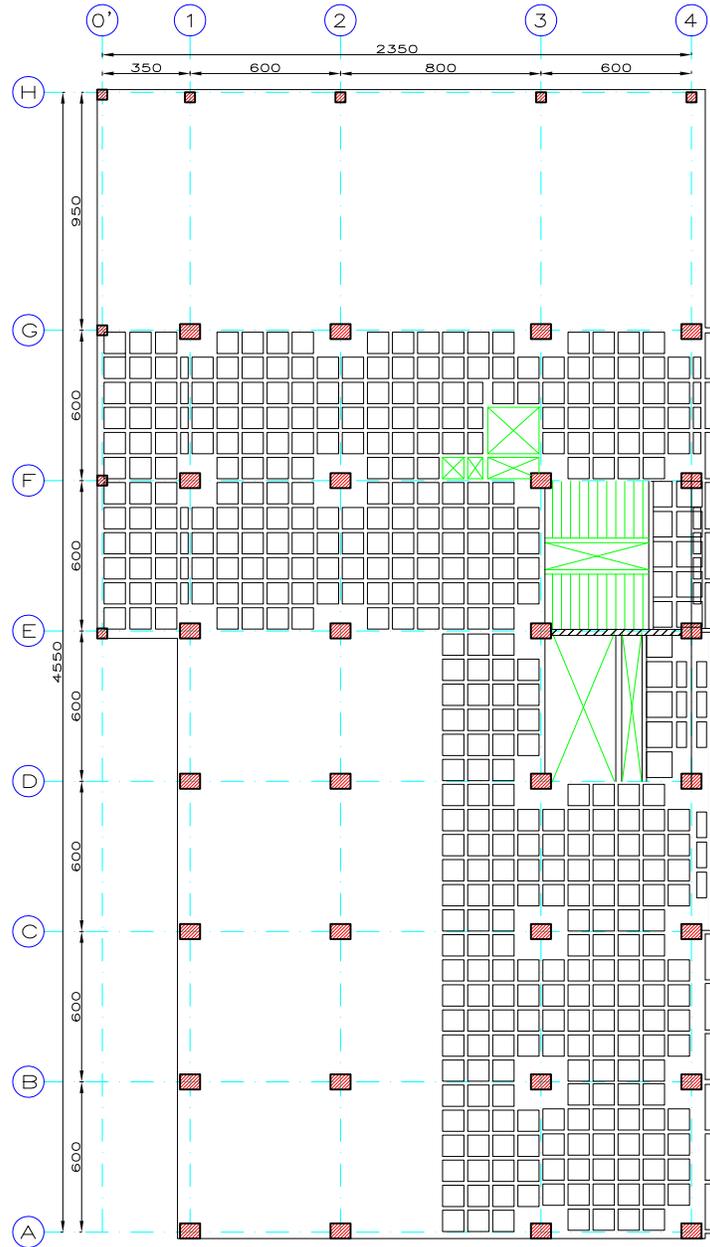


FIG. 2.3 PLANTA NIVEL MEZZANINE (NTC +4.800)

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

|                                                                                                                                                                                        |                        |         |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------|-----------------|
|                                                                                                   |                        |         |                 |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                        |         |                 |
| presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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             |

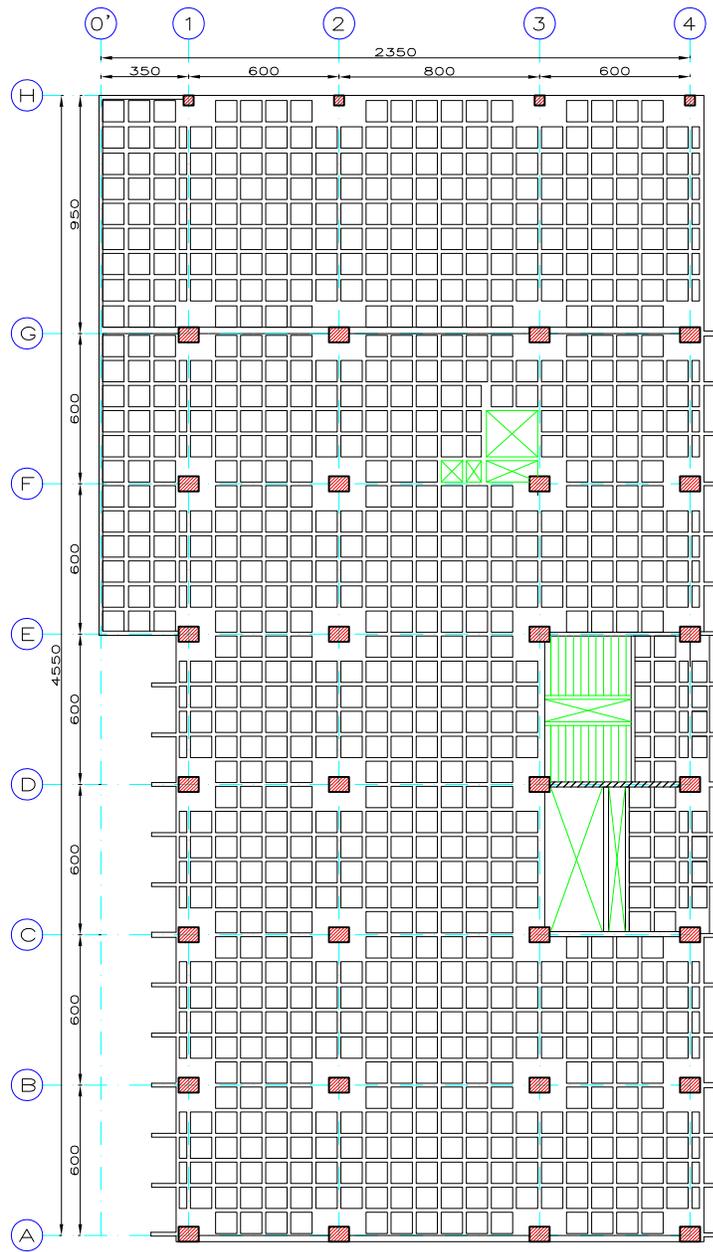


FIG. 2.4 PLANTA NIVEL 1 (NTC +9.900)

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

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

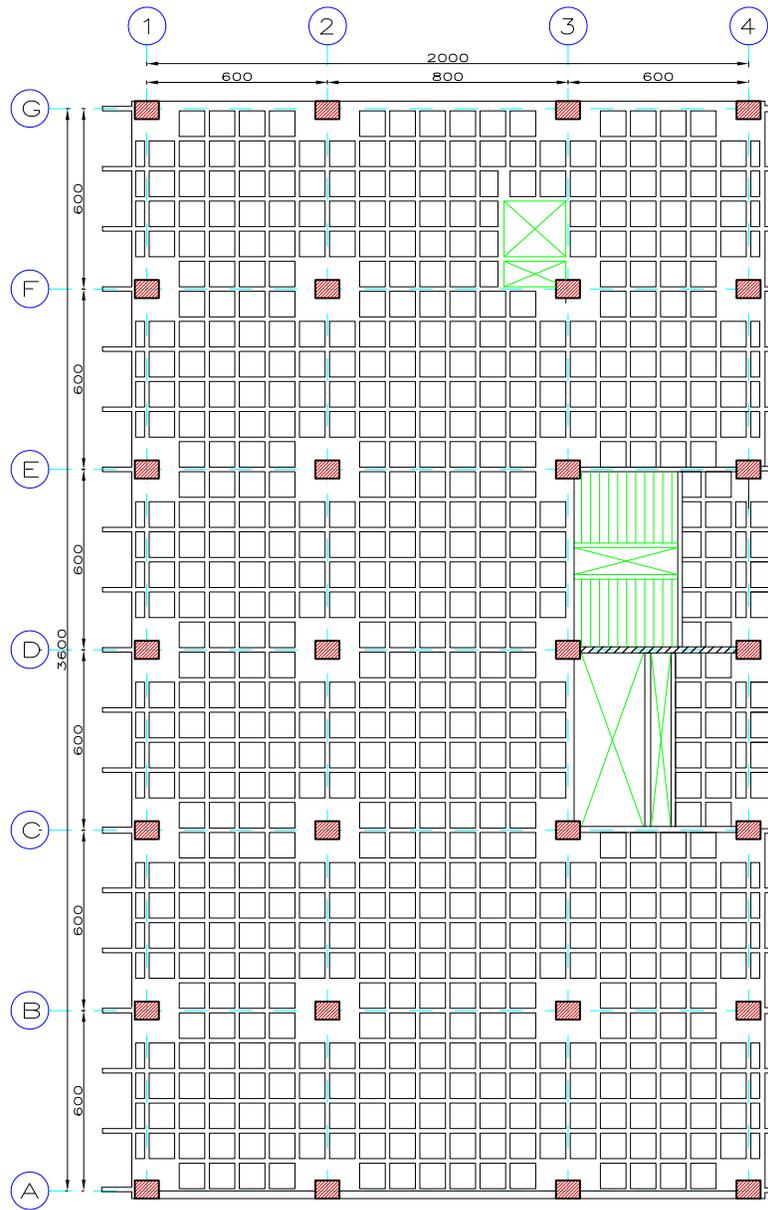


FIG. 2.5 PLANTA NIVELES 2-7

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

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

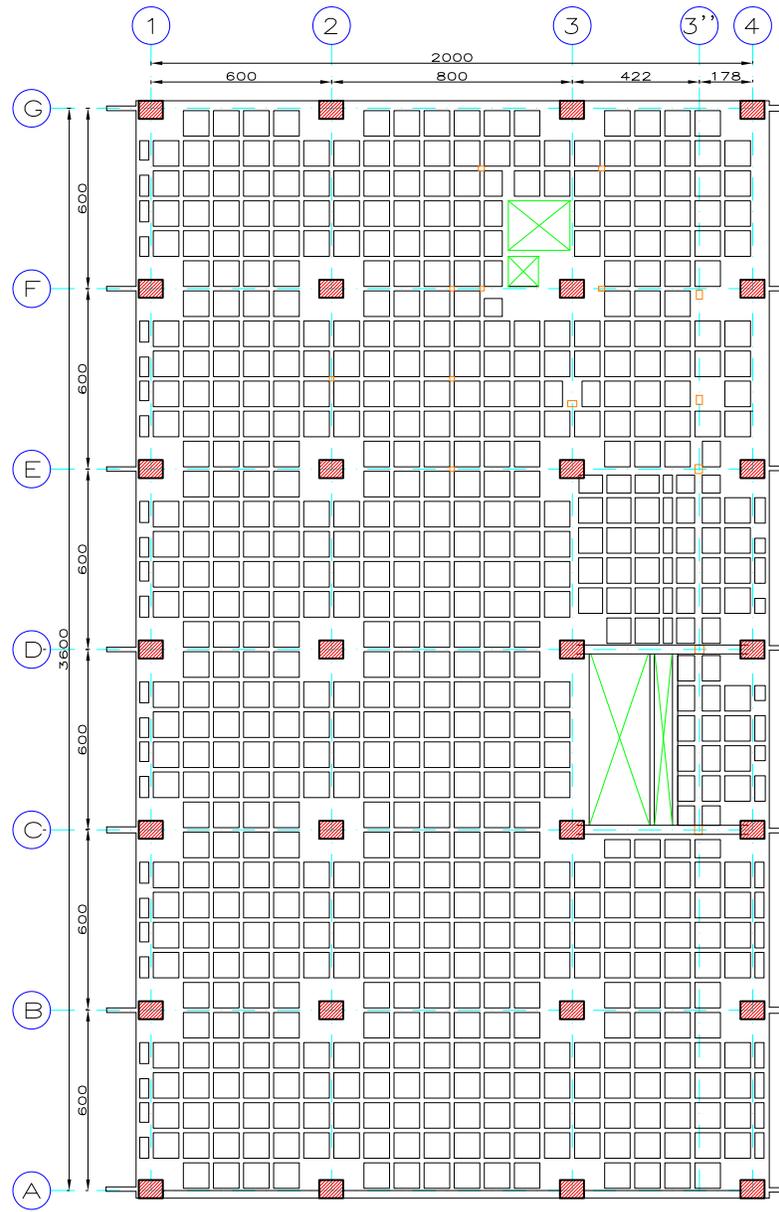
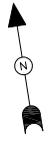


FIG. 2.6 PLANTA NIVEL 8 (NTC +37.900)

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

SIMBOLOGÍA  
 NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

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

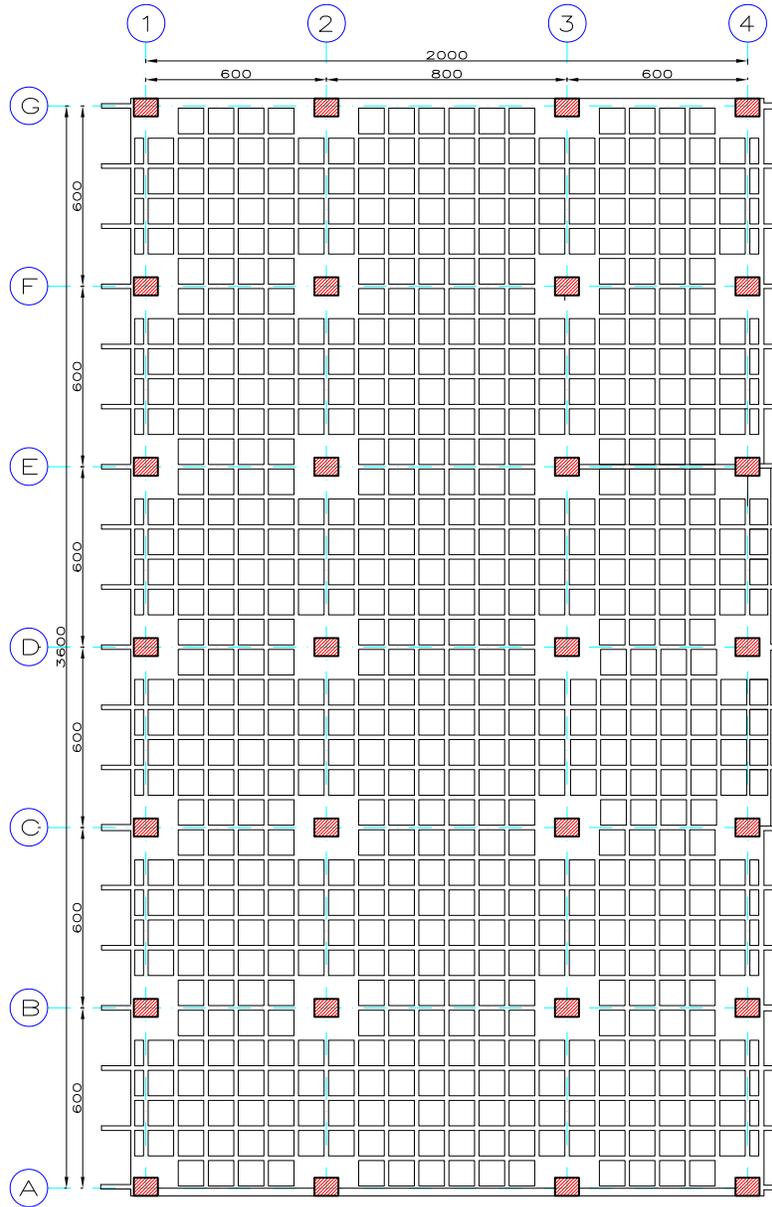


FIG. 2.7 PLANTA NIVEL AZOTEA (NTC +42.050)

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

NTC NIVEL TOPE DE CONCRETO

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

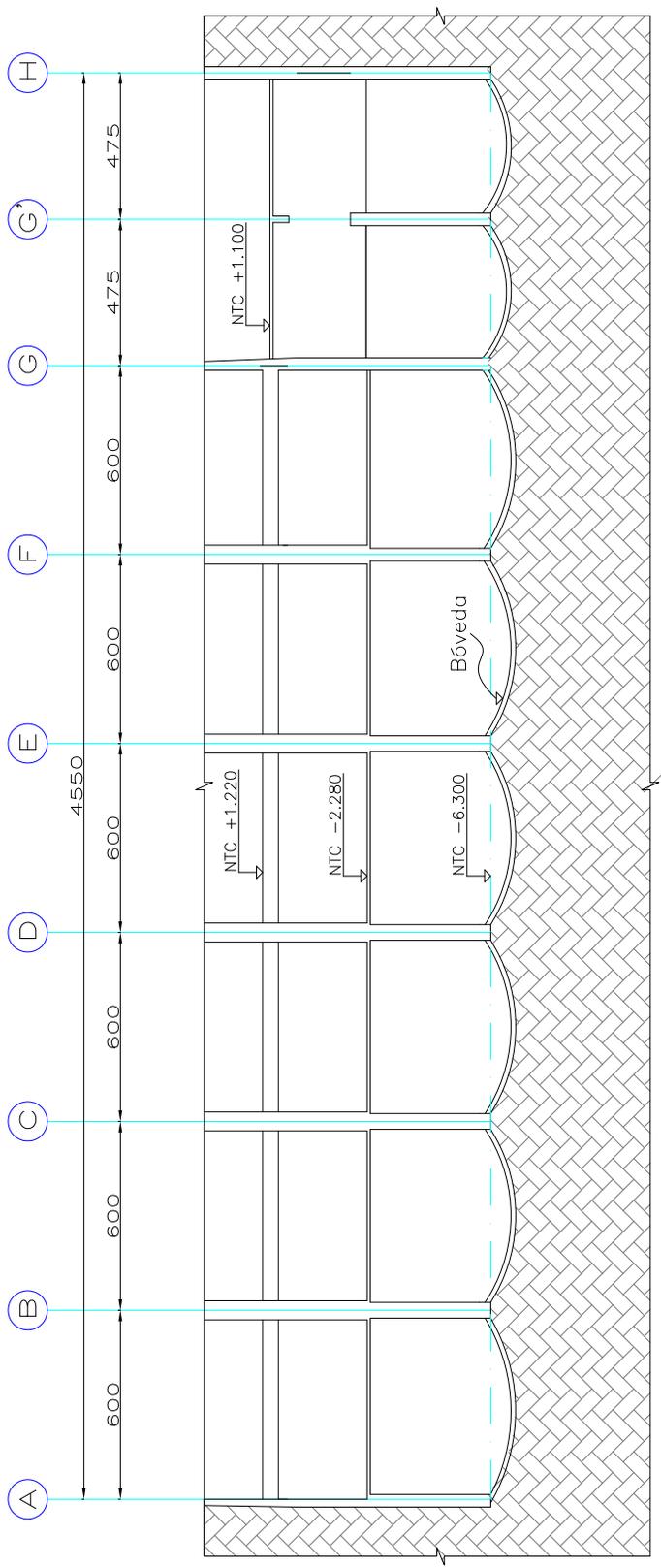
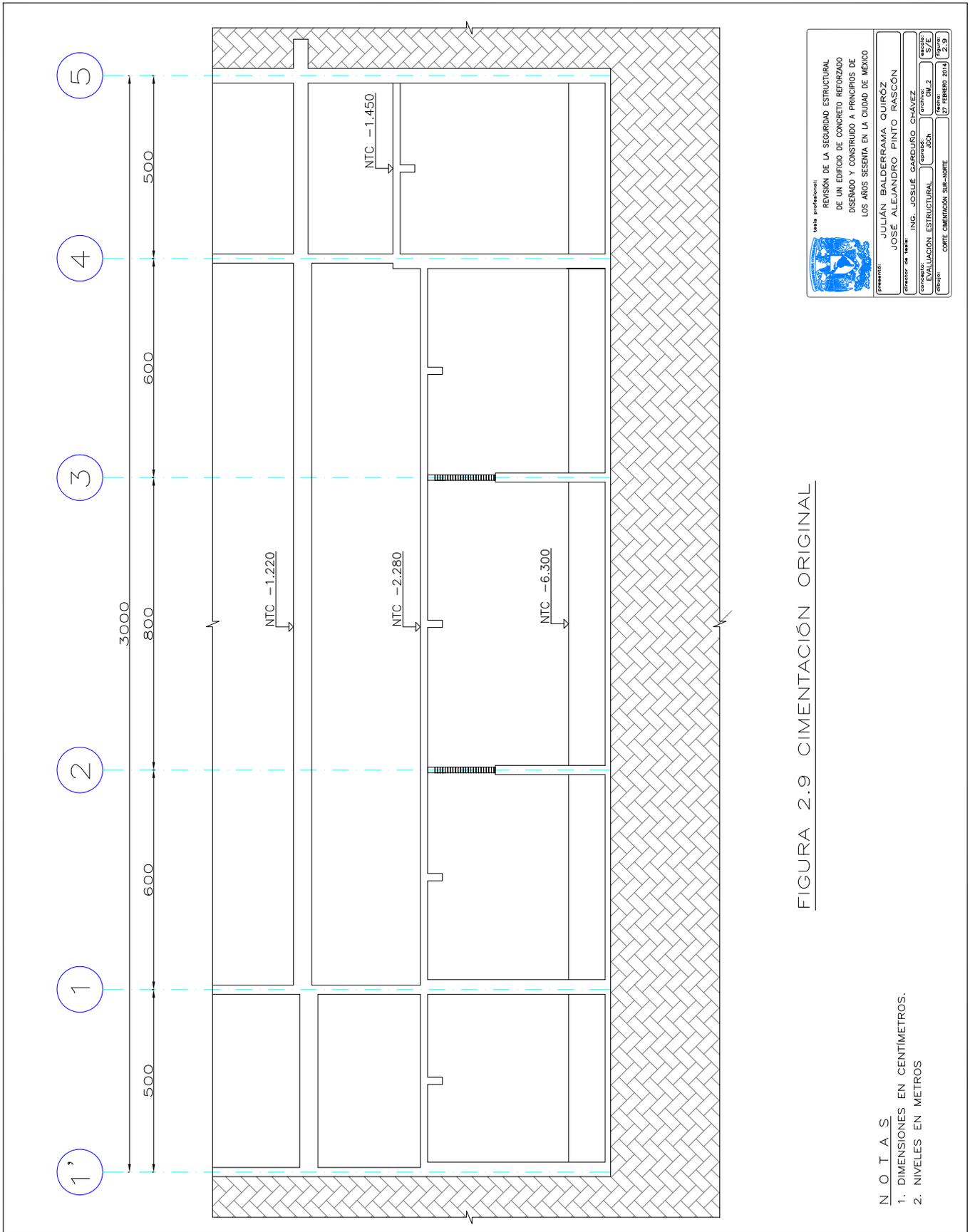


FIGURA 2.8 CIMENTACIÓN ORIGINAL

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

|                                                                                                                                                                                                       |                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                                                                                    |                                                   |
| INSTITUTO MEXICANO DE PROFESIONES<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                                                   |
| PRESENTA:<br>JULIÁN BALDERRAMA QUIROZ<br>JOSE ALEJANDRO PINTO RASCON                                                                                                                                  | DIRECTOR DE TRABAJO:<br>ING. JOSUE GARDUÑO CHAVEZ |
| COMITÉ DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAL<br>PRESIDENTE: JOSÉ                                                                                                                                                  | SECRETARIO:<br>ING. JOSUE GARDUÑO CHAVEZ          |
| MEMBROS:<br>ING. JOSUE GARDUÑO CHAVEZ<br>ING. JOSUE GARDUÑO CHAVEZ                                                                                                                                    | SECRETARIO:<br>ING. JOSUE GARDUÑO CHAVEZ          |
| FECHA:<br>27 FEBRERO 2014                                                                                                                                                                             | PÁGINA:<br>2 DE 8                                 |



INSTITUTO MEXICANO DE INGENIEROS ESTRUCTURALES  
 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

|                     |                                  |
|---------------------|----------------------------------|
| PRESENTE:           | JULIÁN BALDERRAMA QUIROZ         |
| Director de Taller: | ING. JOSUE GARDUÑO CHAVEZ        |
| Comprobó:           | EVALUACIÓN ESTRUCTURAL           |
| Revisó:             | ING. JOSE ALEJANDRO PINTO RASCON |
| Fecha:              | 27 FEBRERO 2014                  |
| Escala:             | 1:50                             |

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

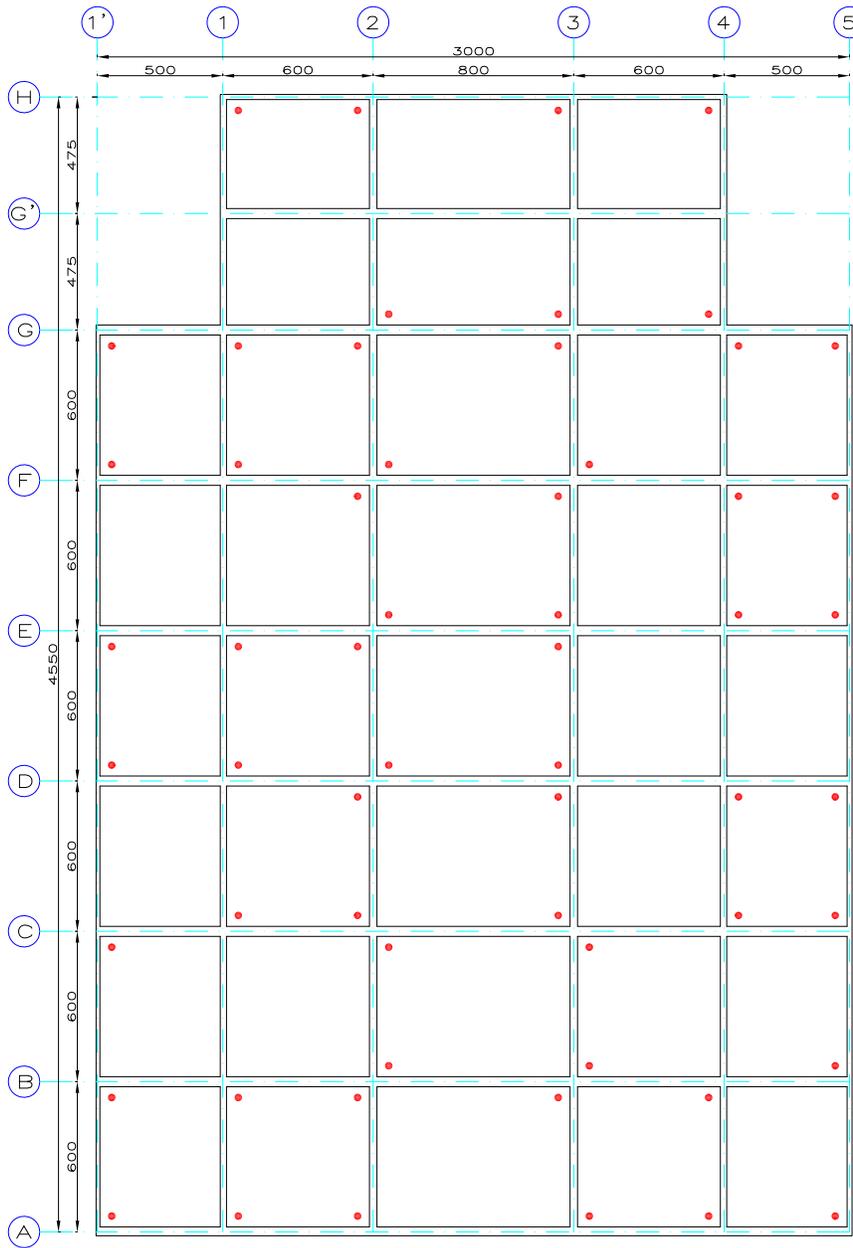


FIG. 2.10 PLANTA DE UBICACIÓN DEL SISTEMA DE PILOTE DE CONTROL

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- PILOTE DE CONTROL

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

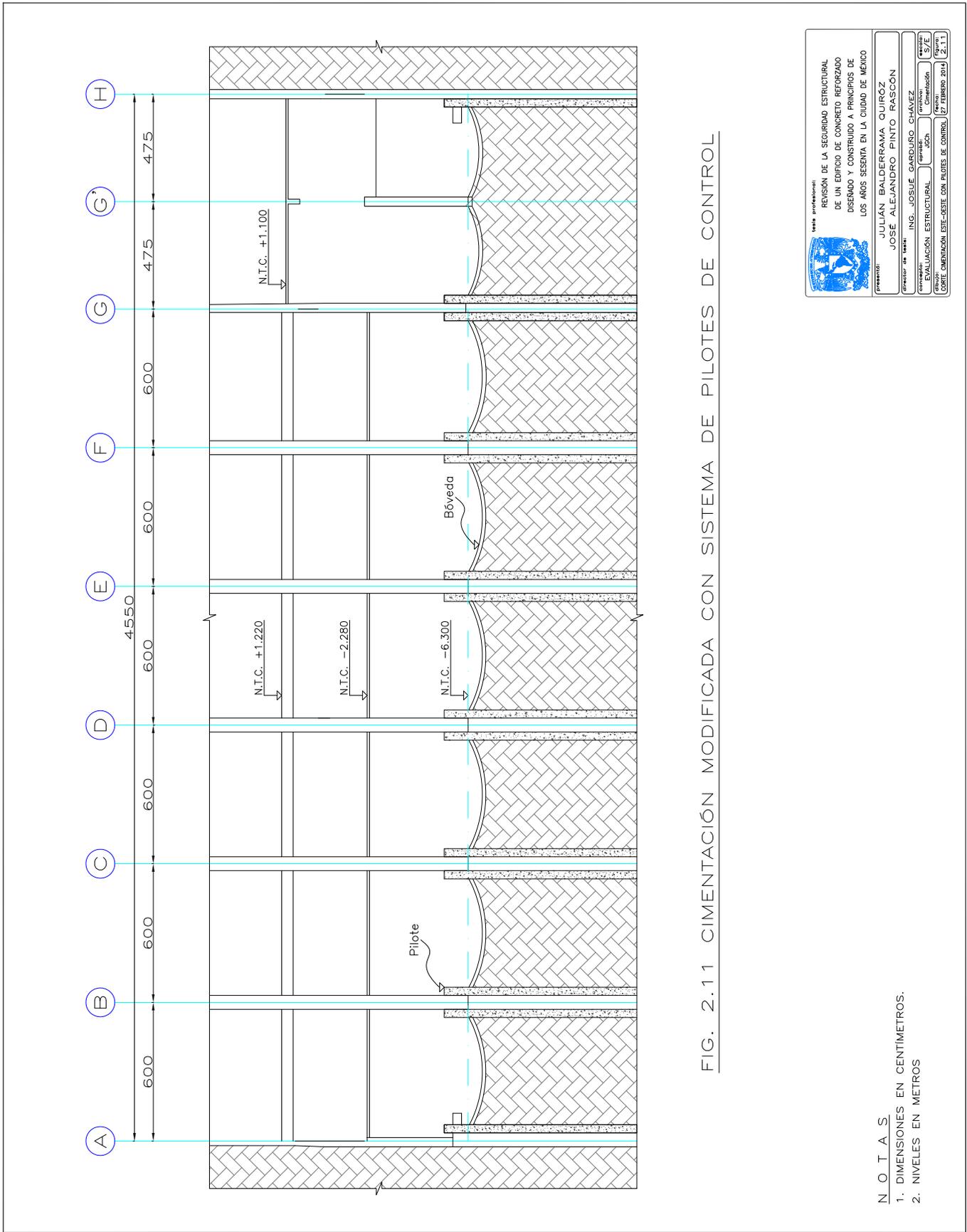


FIG. 2.1.1 CIMENTACIÓN MODIFICADA CON SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL

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

|                                                                                     |  |                                                                                                                                                                                             |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <b>VERA PROFESIONES</b><br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUÍDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |  |
| <b>PRESENTE:</b><br>JULIÁN BALDERRAMA QUIROZ<br>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCON         |  | <b>PRESENTE:</b><br>JULIÁN BALDERRAMA QUIROZ<br>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCON                                                                                                                 |  |
| <b>DIRECTOR DE OBRAS:</b><br>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCON                            |  | <b>PROYECTO:</b><br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL                                                                                                                                    |  |
| <b>COORDINADOR:</b><br>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCON                                  |  | <b>PROYECTO:</b><br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL                                                                                                                                    |  |
| <b>ELABORACIÓN ESTRUCTURAL:</b><br>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCON                      |  | <b>PROYECTO:</b><br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL                                                                                                                                    |  |
| <b>CORTE CIMENTACIÓN ESTE-OESTE CON PILOTES DE CONTROL:</b><br>27 FEBRERO 2014      |  | <b>PROYECTO:</b><br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL                                                                                                                                    |  |



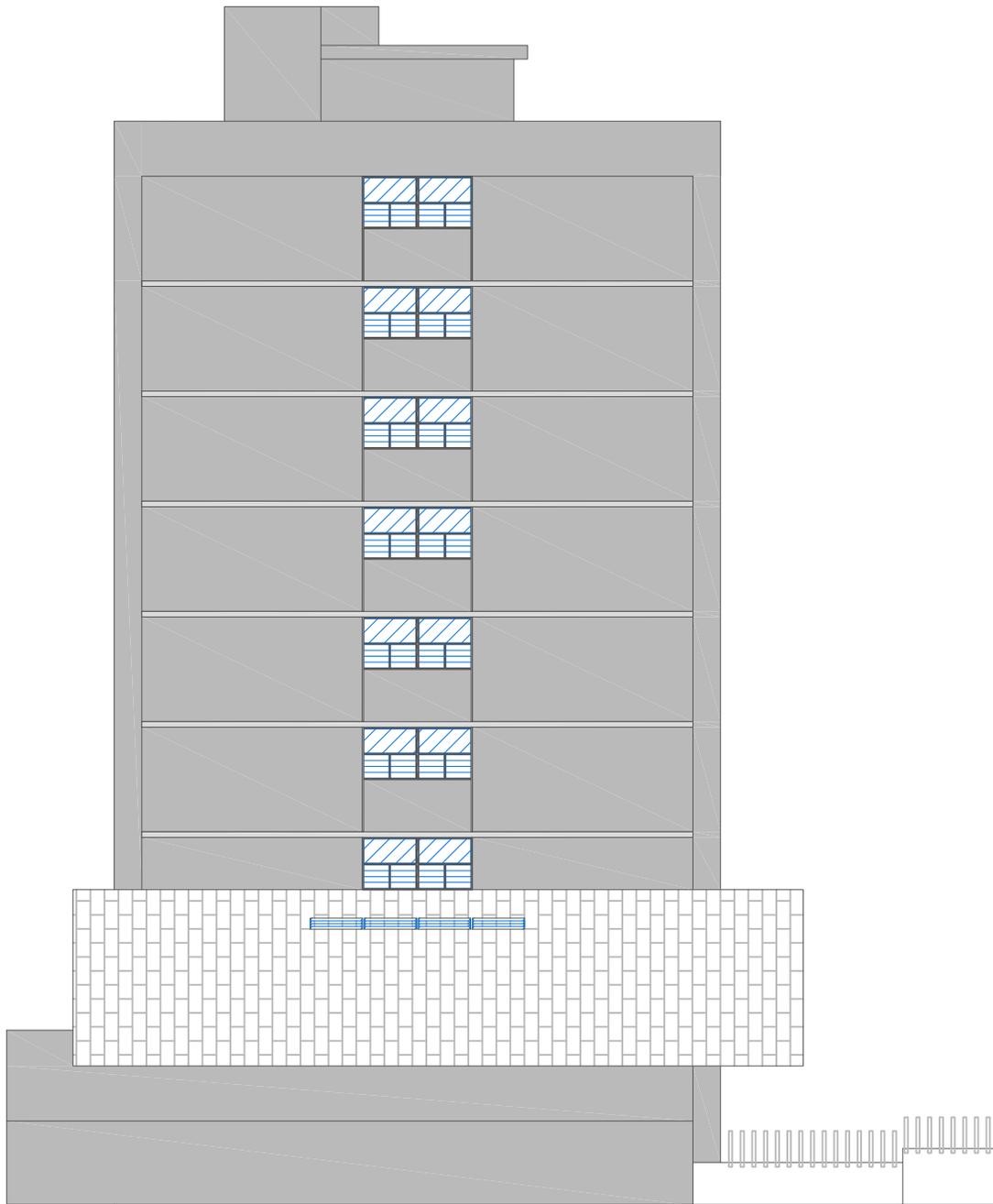


FIG. 2.13 FACHADA LATERAL NORTE

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

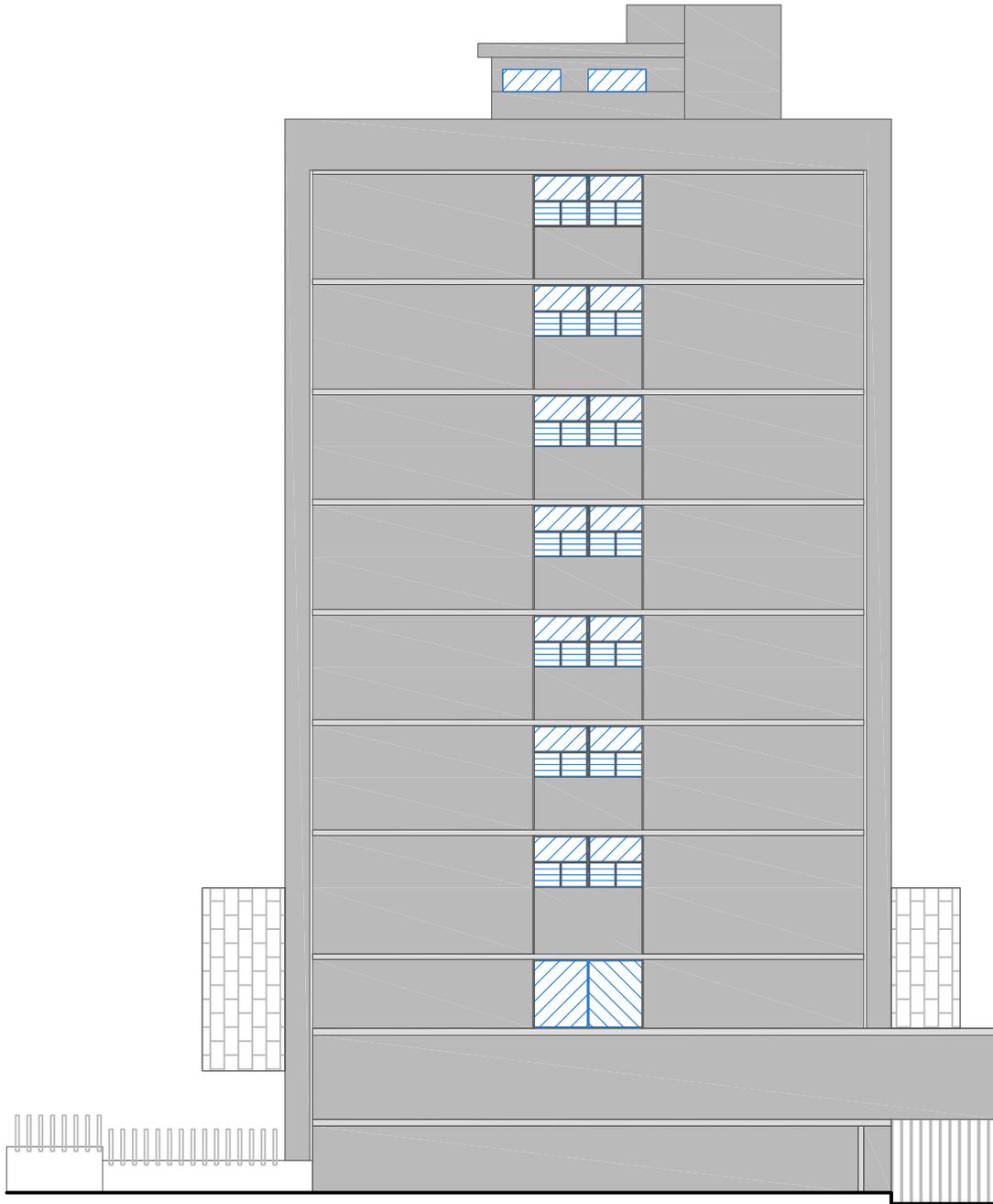


FIG. 2.14 FACHADA LATERAL SUR

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

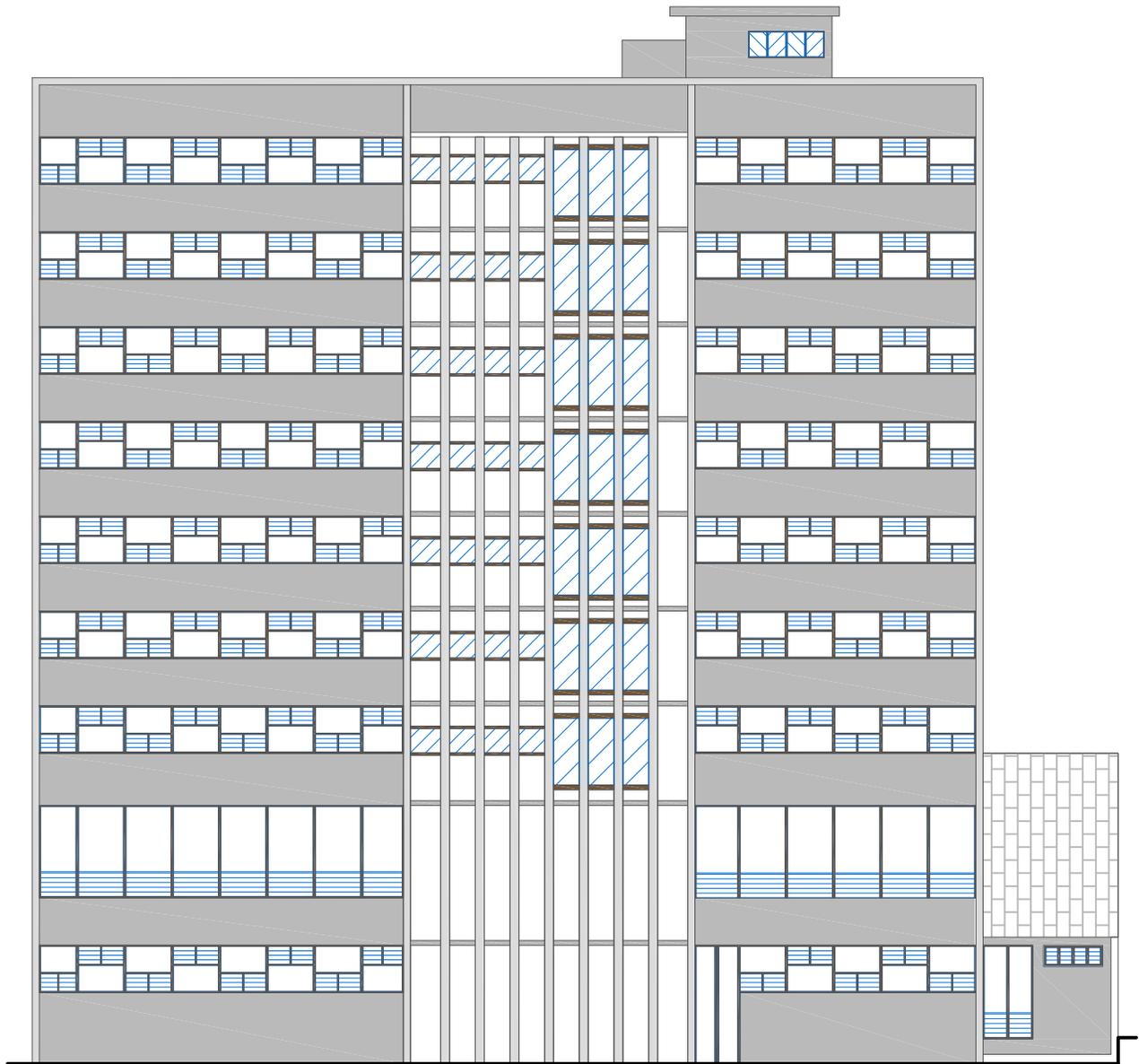


FIG. 2.15 FACHADA LATERAL ESTE

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



FIG. 2.16 FACHADA LATERAL OESTE

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

## 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.

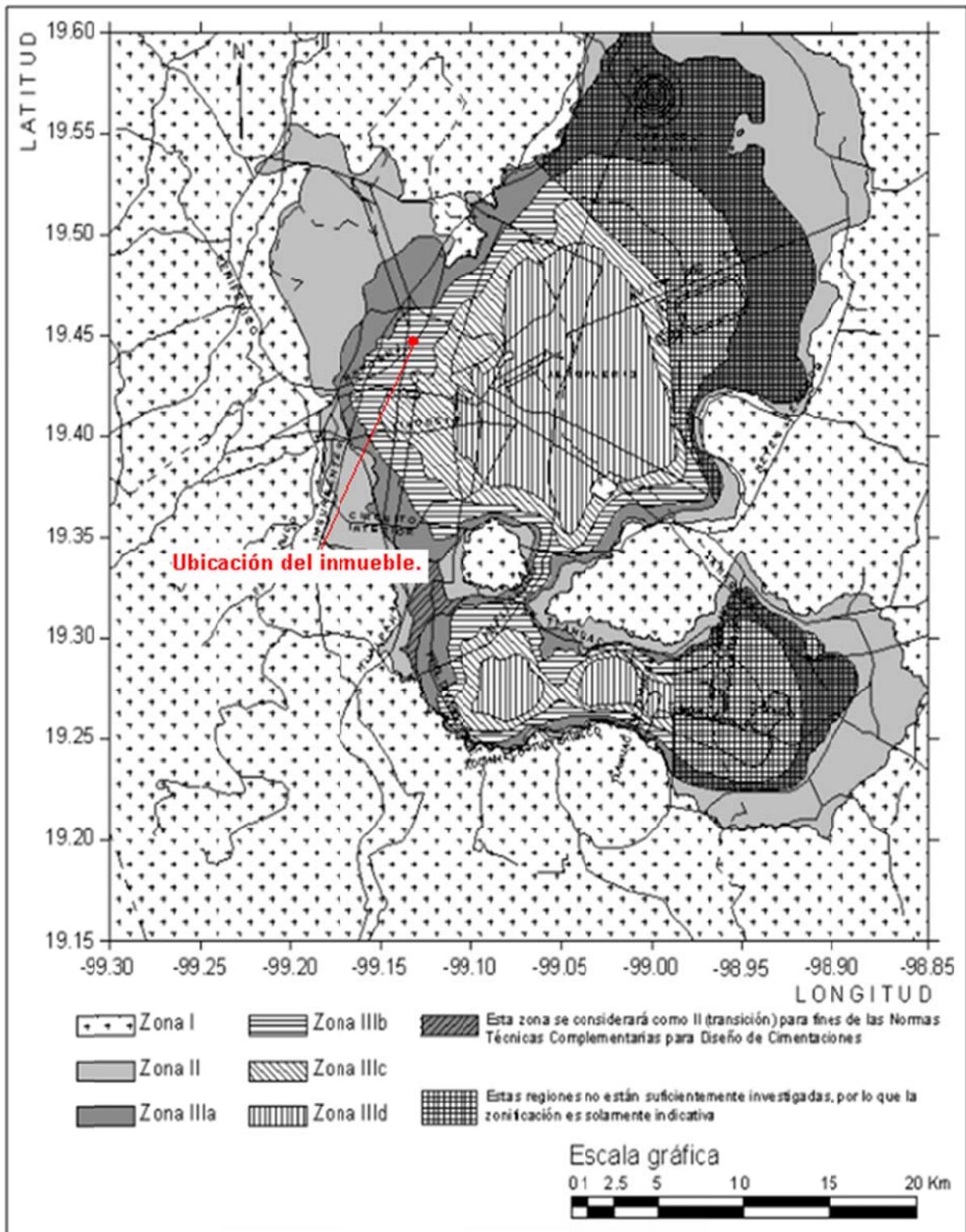


Figura 2.17. Zonificación del D.F. para fines de diseño por sismo

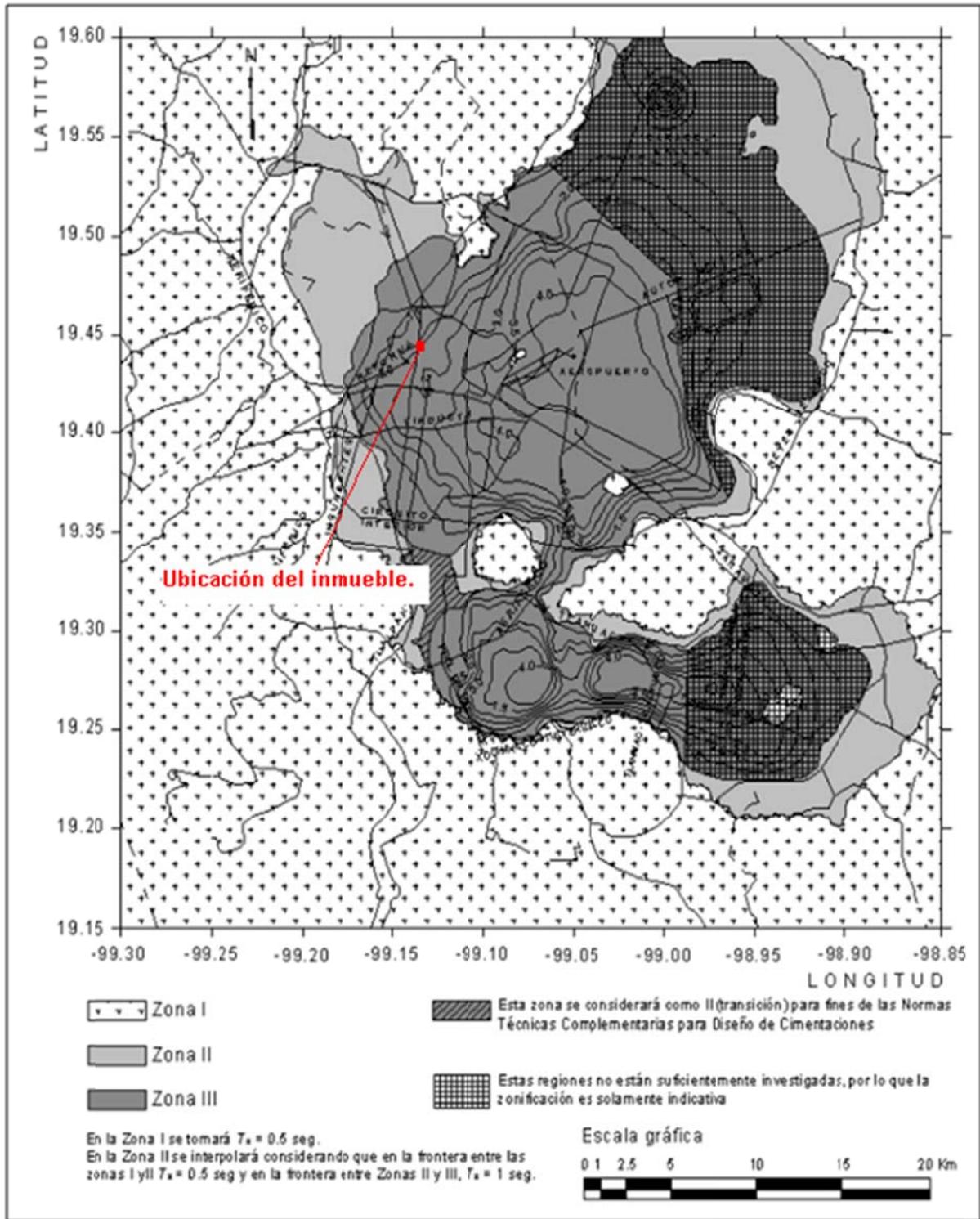


Figura 2.18. Periodos predominantes del suelo  $T_s$  (segundos) en el D.F.

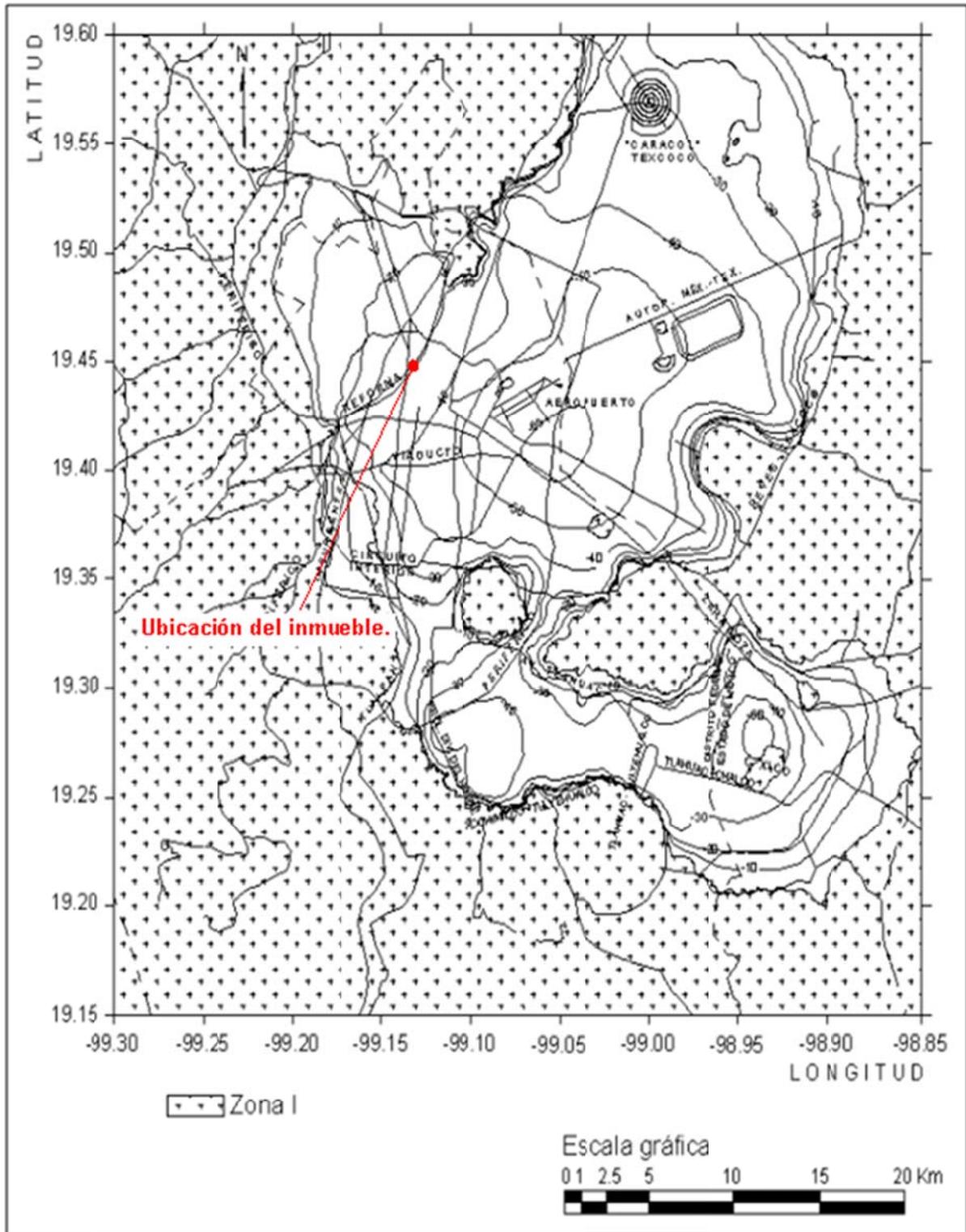


Figura 2.19. Profundidad de la capa dura H (metros) en el D.F.

### 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><br>[s] | T <sub>b</sub> <sup>1</sup><br>[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.

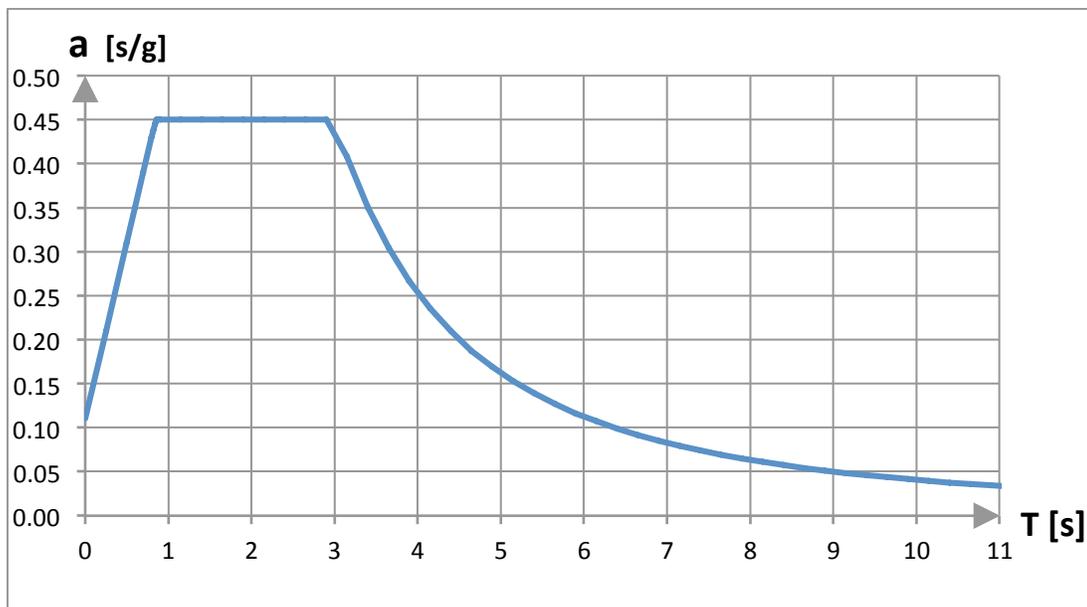


Figura 3.1. Espectro de diseño para la zona IIIb.

### 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<br>[s] | Frecuencia<br>[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><br>[m <sup>2</sup> ] | 20% A <sub>PLANTA</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | A <sub>HUECOS</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | % A <sub>HUECOS</sub><br>[m <sup>2</sup> ] | CONDICIÓN<br>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><br>[ton] | W <sub>CM</sub><br>[ton] | W <sub>Cva</sub><br>[ton] | W <sub>T</sub><br>[ton] | 110% W <sub>T</sub><br>[ton] | CONDICIÓN<br>110% > W <sub>T</sub> | 70% W <sub>T</sub><br>[ton] | CONDICIÓN<br>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.

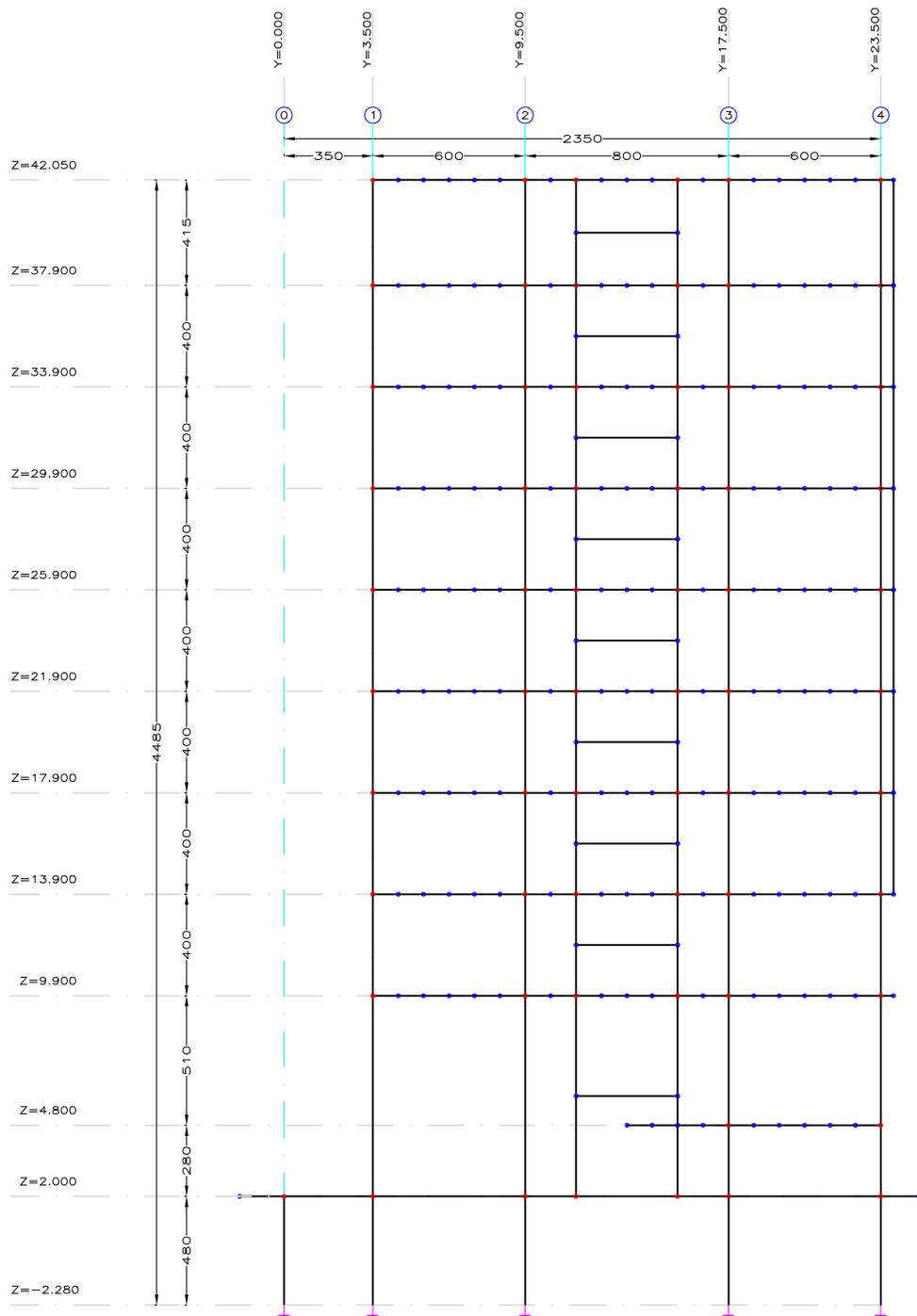


FIG. 3.2 MARCO EJE A

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

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

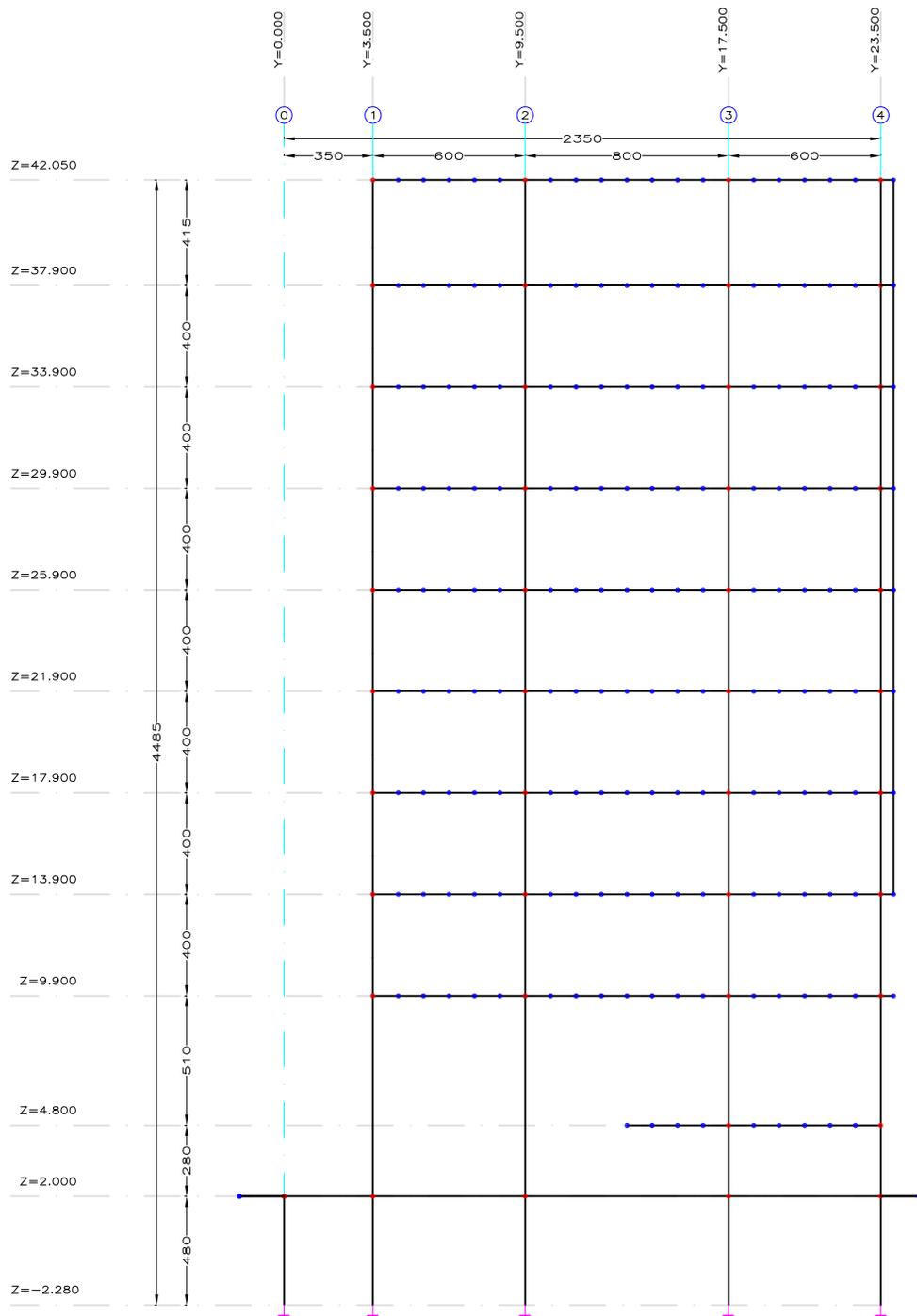


FIG. 3.3 MARCO EJE B

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

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

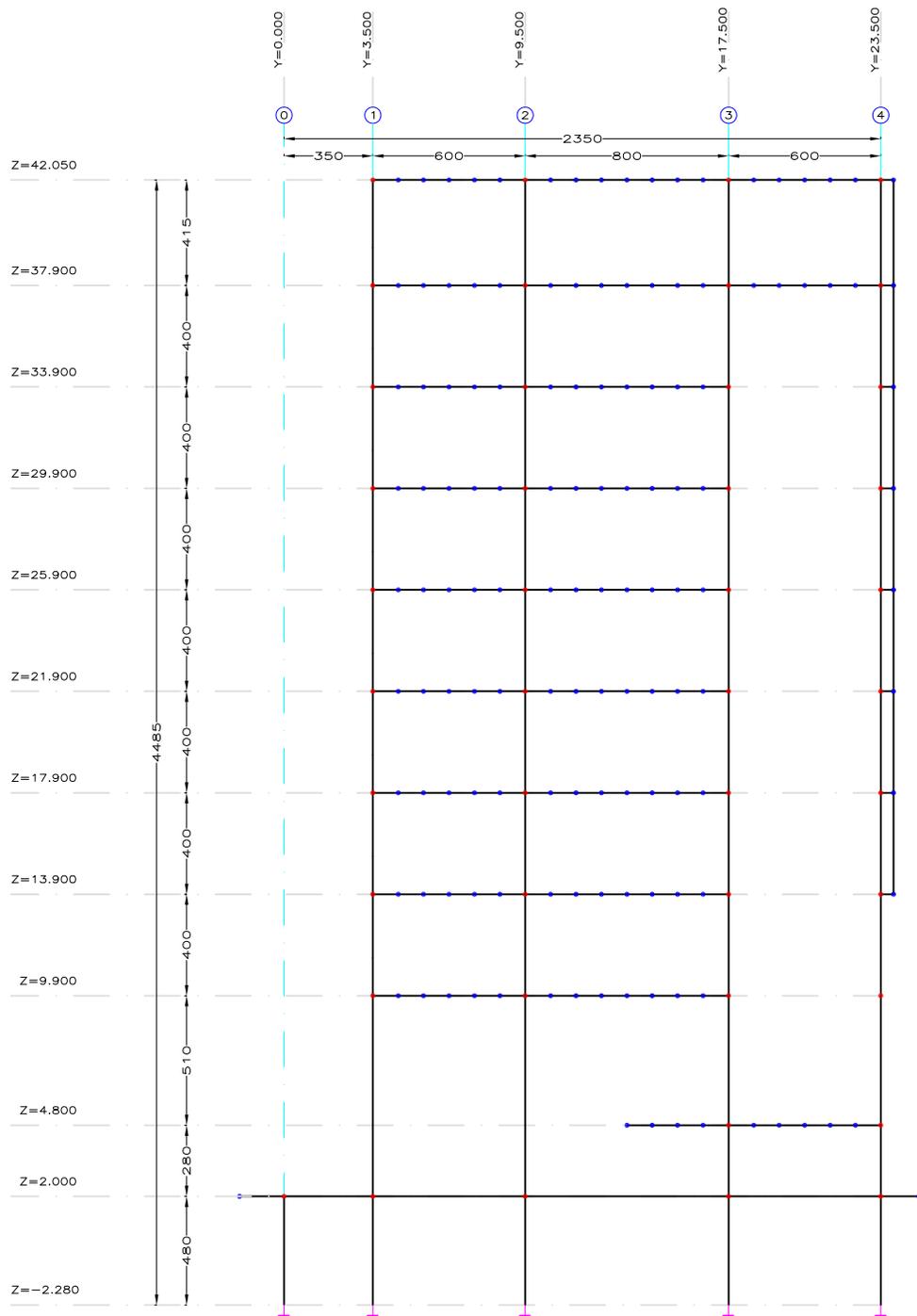


FIG. 3.4 MARCO EJE C

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

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

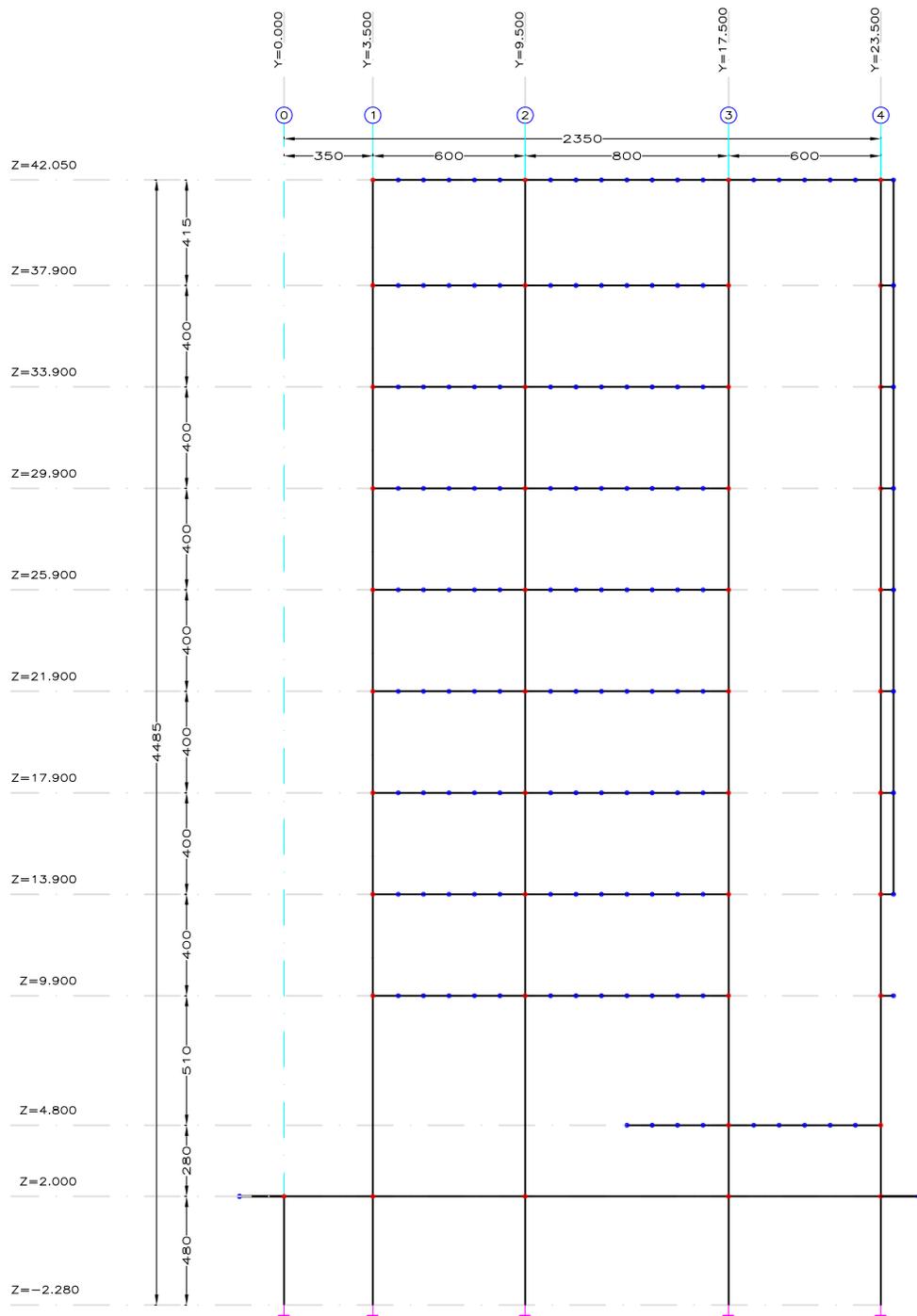


FIG. 3.5 MARCO EJE D

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

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

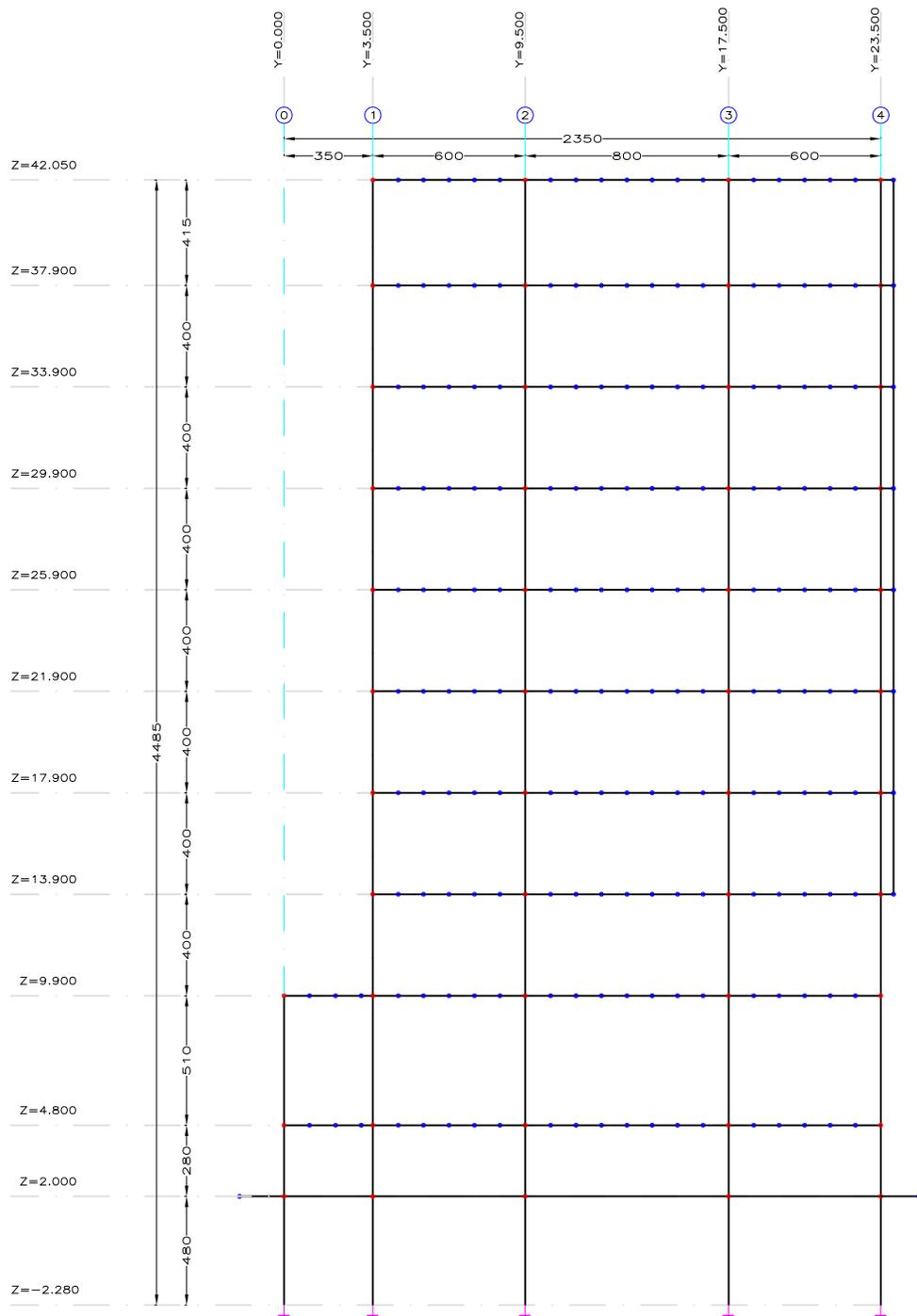


FIG. 3.6 MARCO EJE E

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

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

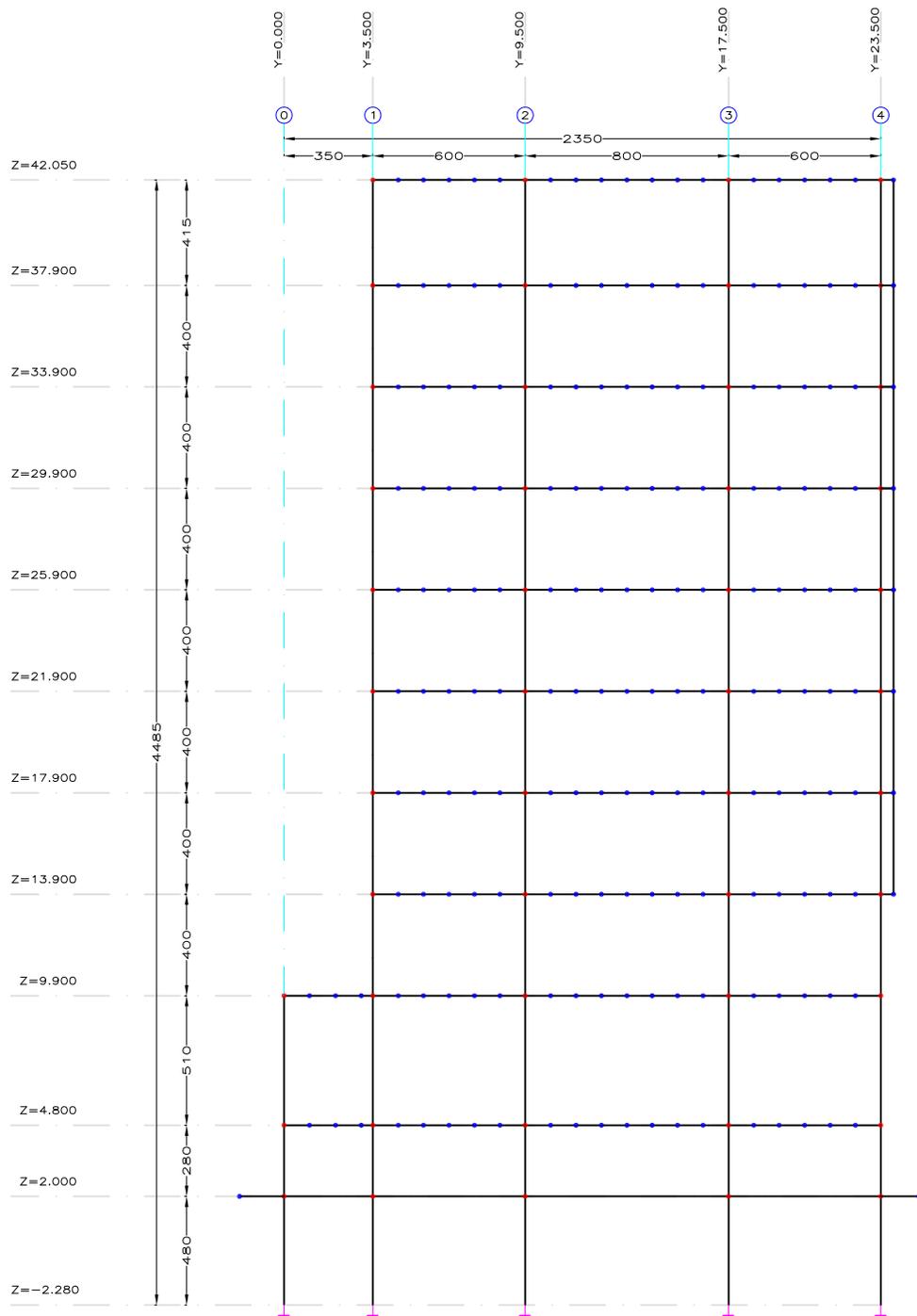


FIG. 3.7 MARCO EJE F

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

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

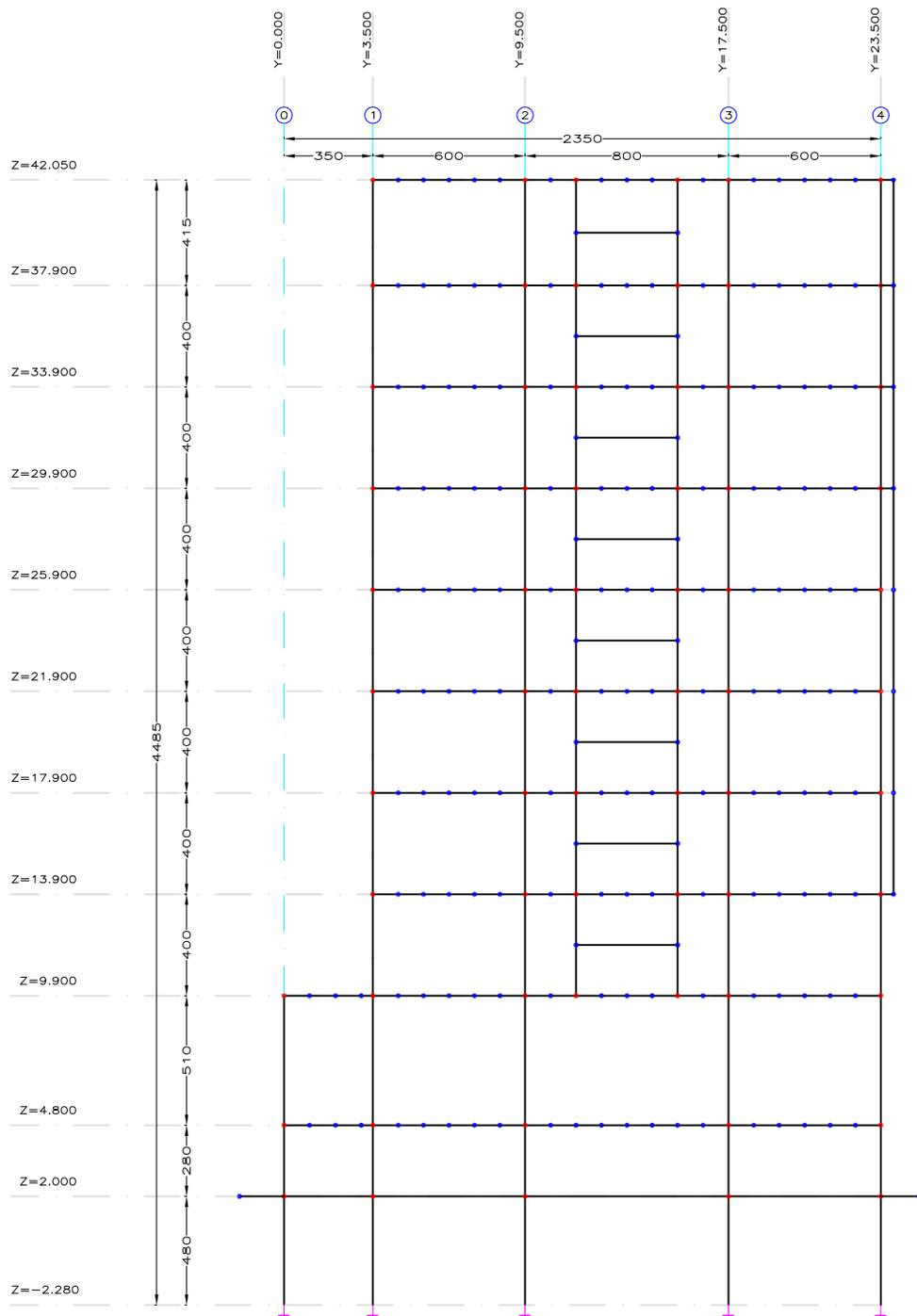


FIG. 3.8 MARCO EJE G

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

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

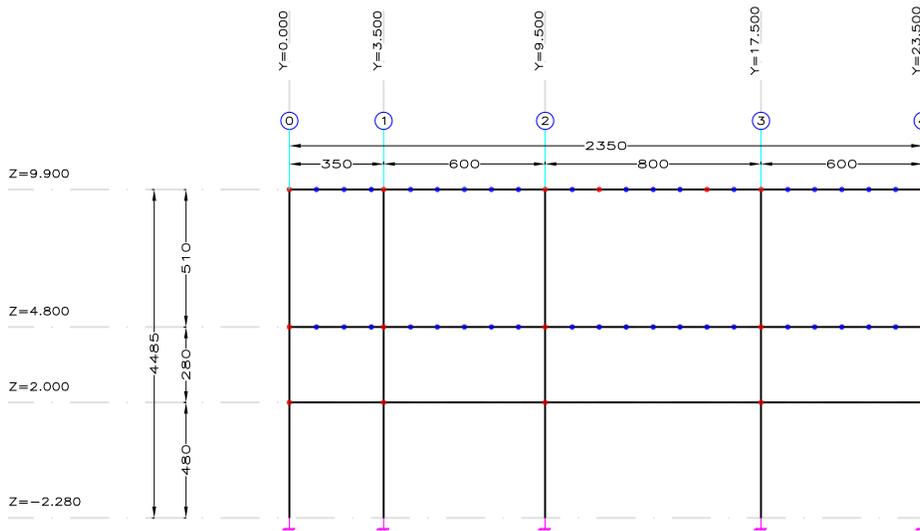


FIG. 3.9 MARCO EJE H

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- MODELO

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

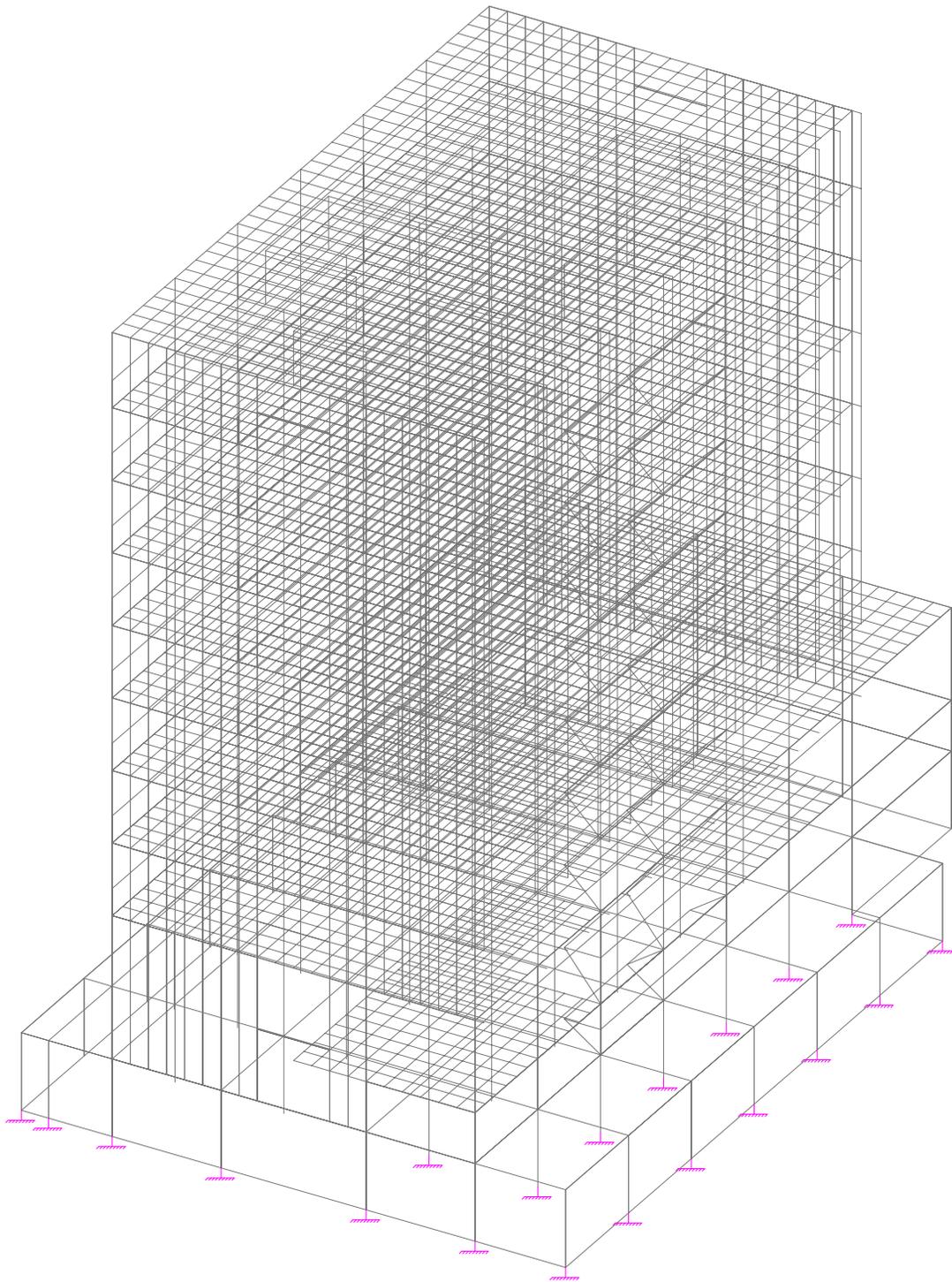


FIG. 3.10 ISOMÉTRICO 1

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

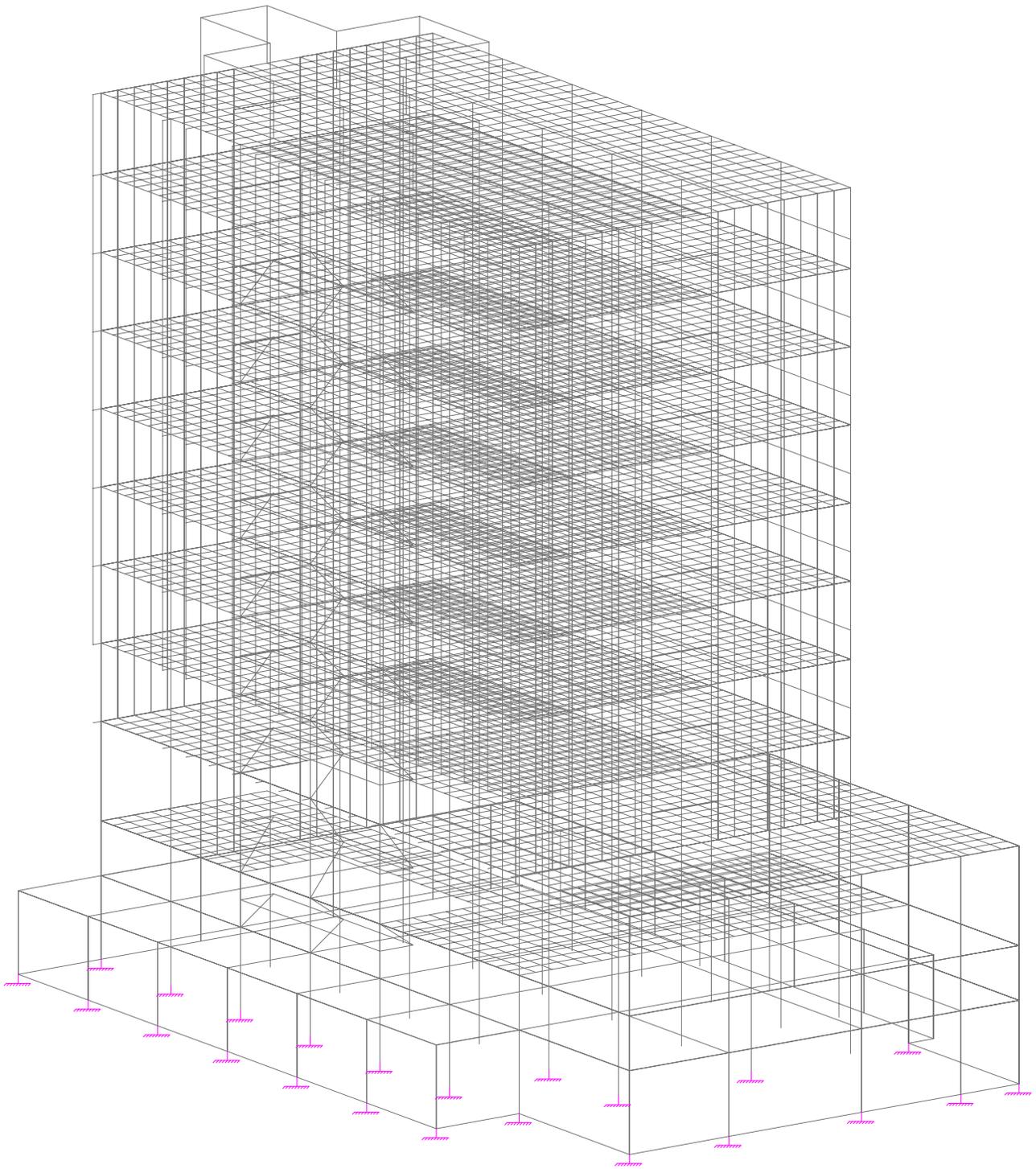
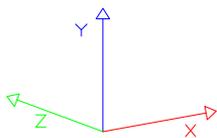


FIG. 3.11 ISOMÉTRICO 2



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

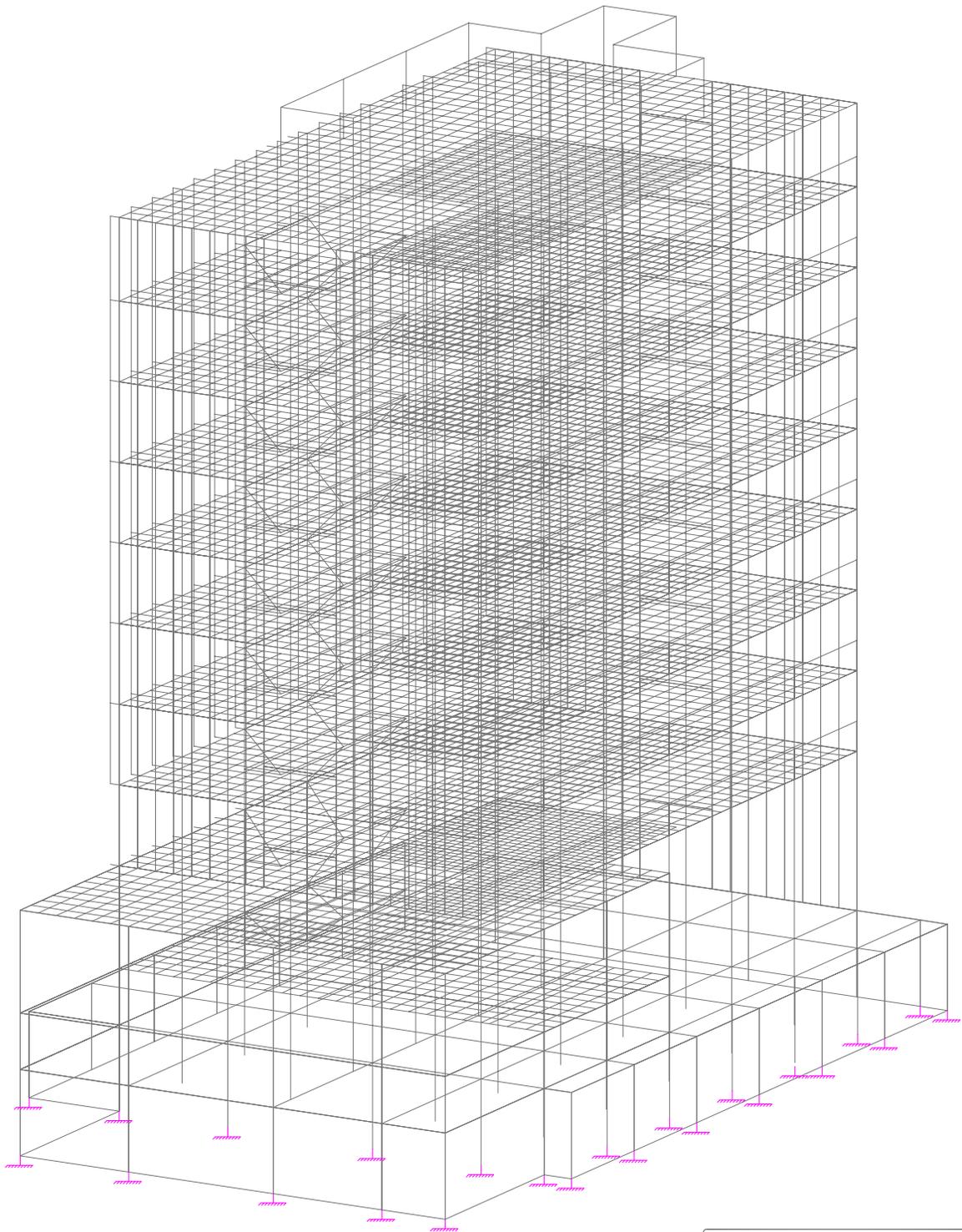


FIG. 3.12 ISOMÉTRICO 3

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

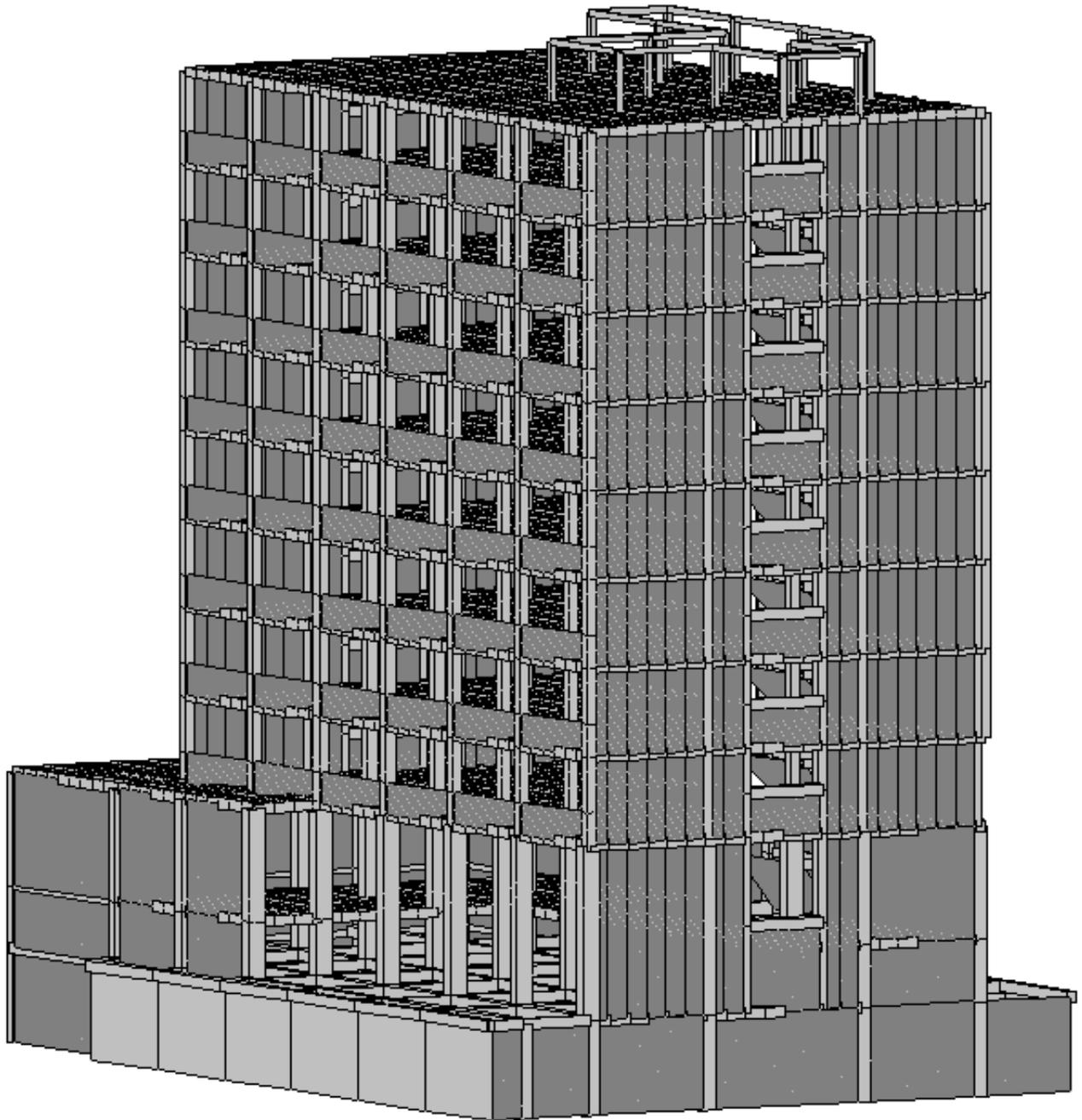
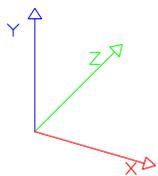


FIG. 3.13 ISOMÉTRICO 4



|                                                                                                                                                                                        |                           |                         |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|
|                                                                                                                                                                                        |                           |                         |                  |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                           |                         |                  |
| presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b><br><b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>                                                                                                        |                           |                         |                  |
| director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>                                                                                                                                    |                           |                         |                  |
| concepto:<br>EVALUACIÓN ESTRUCTURAL                                                                                                                                                    | aprobó:<br>JGCH           | archivo:<br>Isométricos | revisión:<br>3/E |
| dibujo:<br>ISOMÉTRICO 4                                                                                                                                                                | fecha:<br>27 FEBRERO 2014 | figura:<br>3.13         |                  |

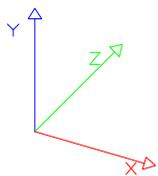
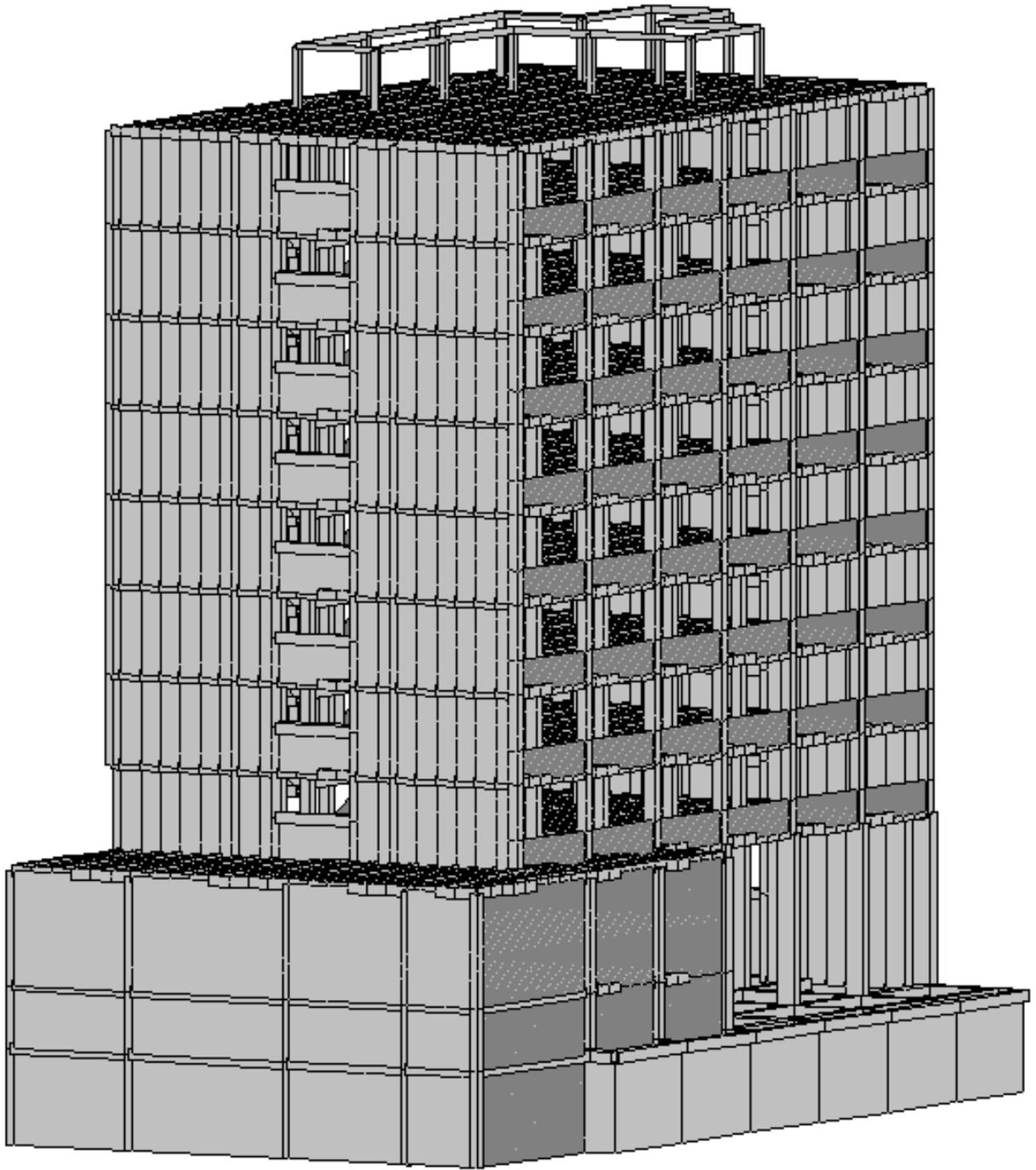


FIG. 3.14 ISOMÉTRICO 5

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

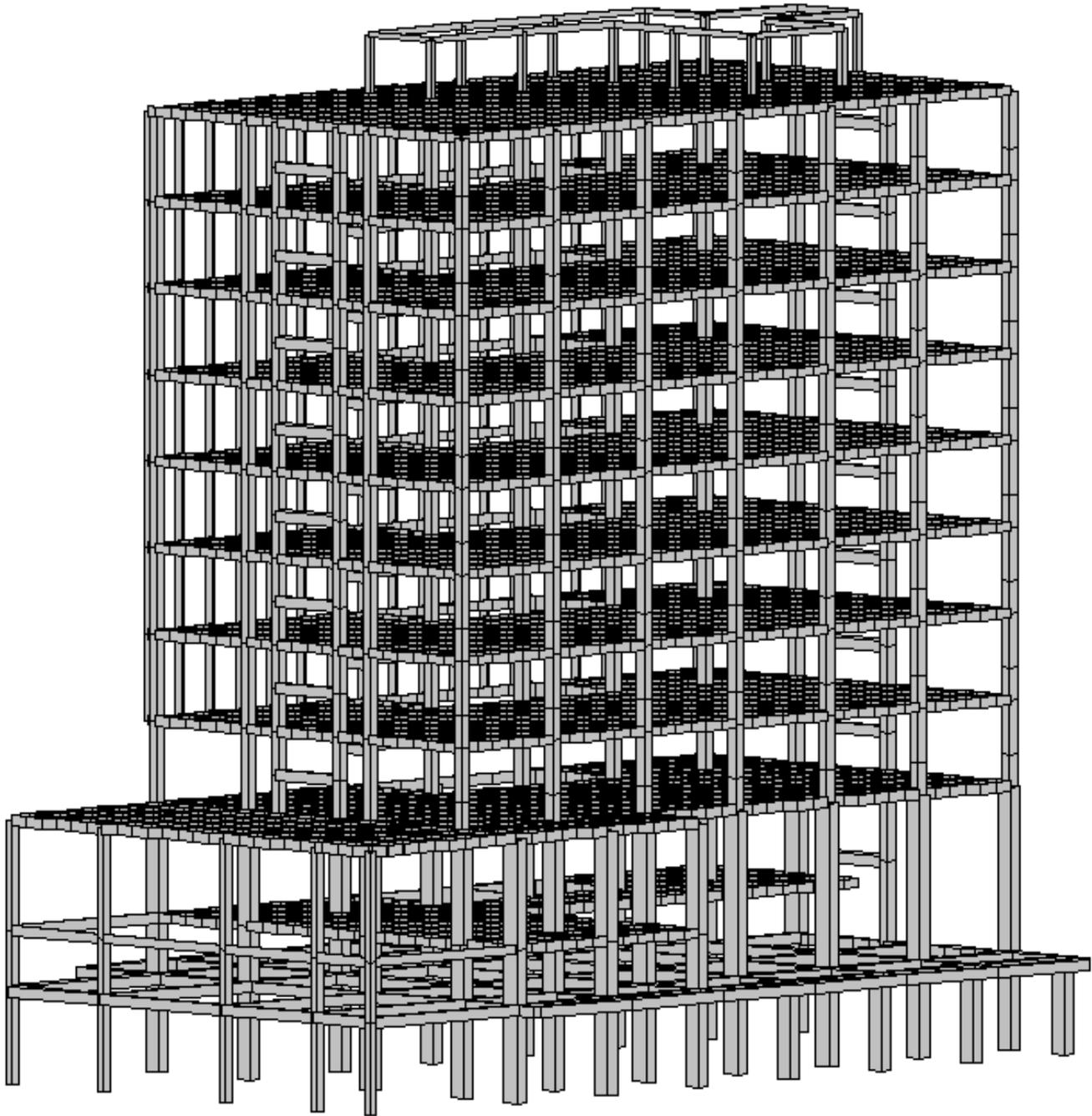
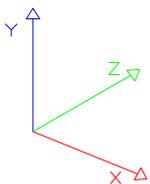


FIG 3.15 ISOMÉTRICO 6



|                                                                                                                                                                                        |                 |            |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|---------|
|                                                                                                   |                 |            |         |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                 |            |         |
| presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b><br><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         |

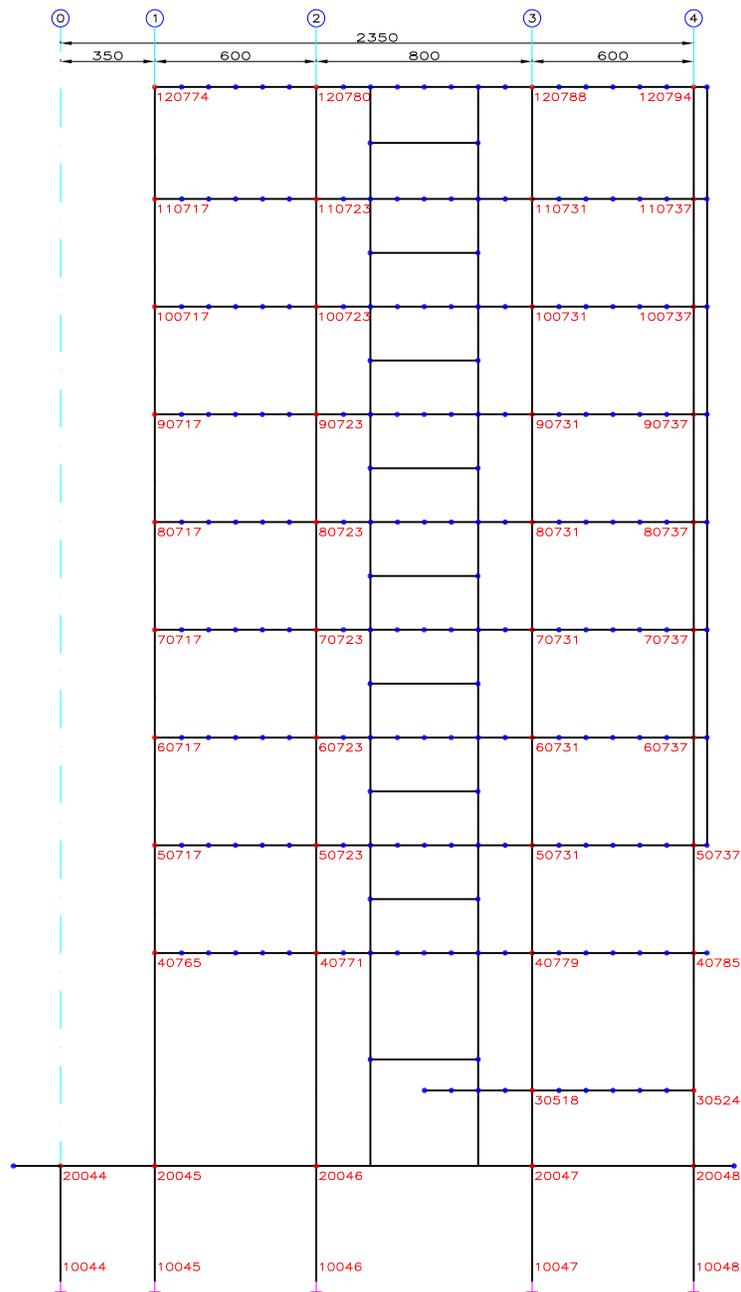


FIG. 4.1 MARCO EJE A, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

|                                                                                                                                                                                                       |                        |                         |                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|                                                                                                                  |                        |                         |                        |
| <small>tesis profesional:</small><br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                        |                         |                        |
| <small>presenta:</small><br><b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b><br><b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>                                                                                                     |                        |                         |                        |
| <small>director de tesis:</small><br><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         |

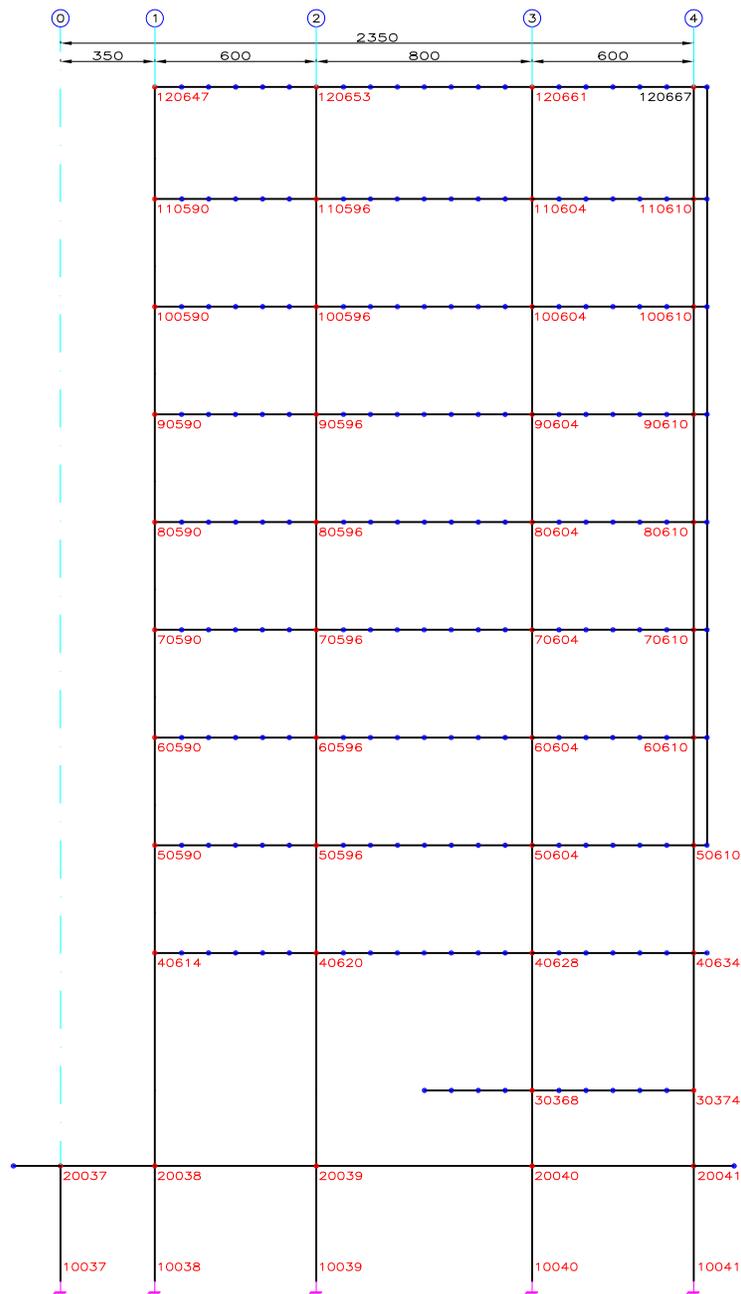


FIG. 4.2 MARCO EJE B, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

|                                                                                                                                                                                        |                                   |            |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------|-----------------|
|                                                                                                                                                                                        |                                   |            |                 |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                                   |            |                 |
| presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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         |

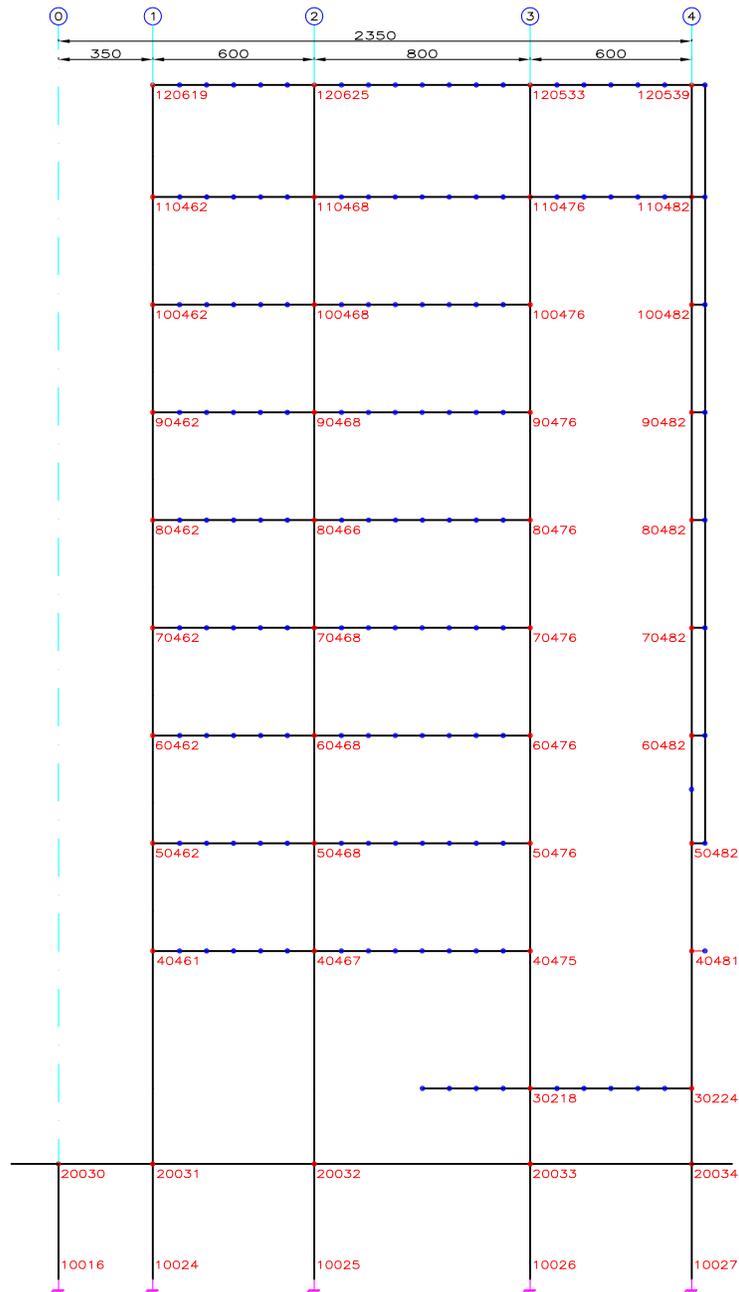


FIG. 4.3 MARCO EJE C, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

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

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         |

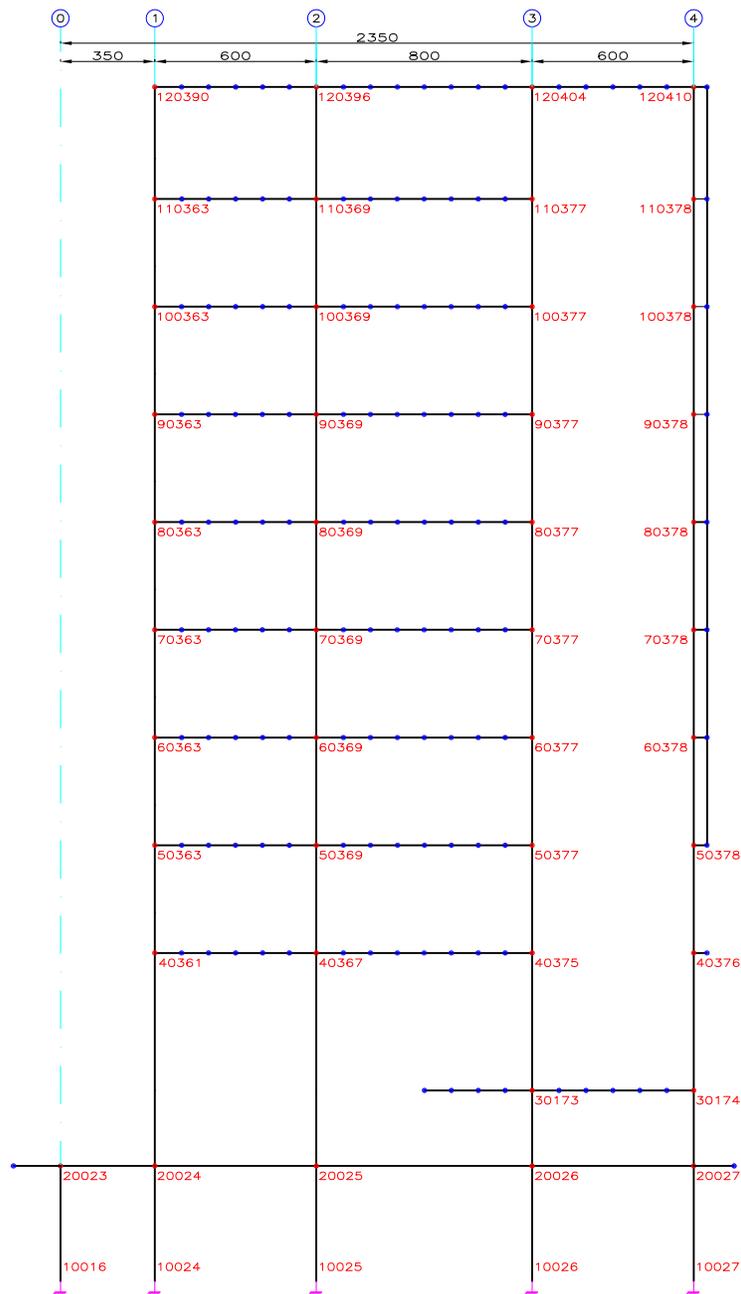


FIG. 4.4 MARCO EJE D, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

|                                                                                                                                                                                        |                        |         |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------|-----------------|
|                                                                                                                                                                                        |                        |         |                 |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                        |         |                 |
| presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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         |

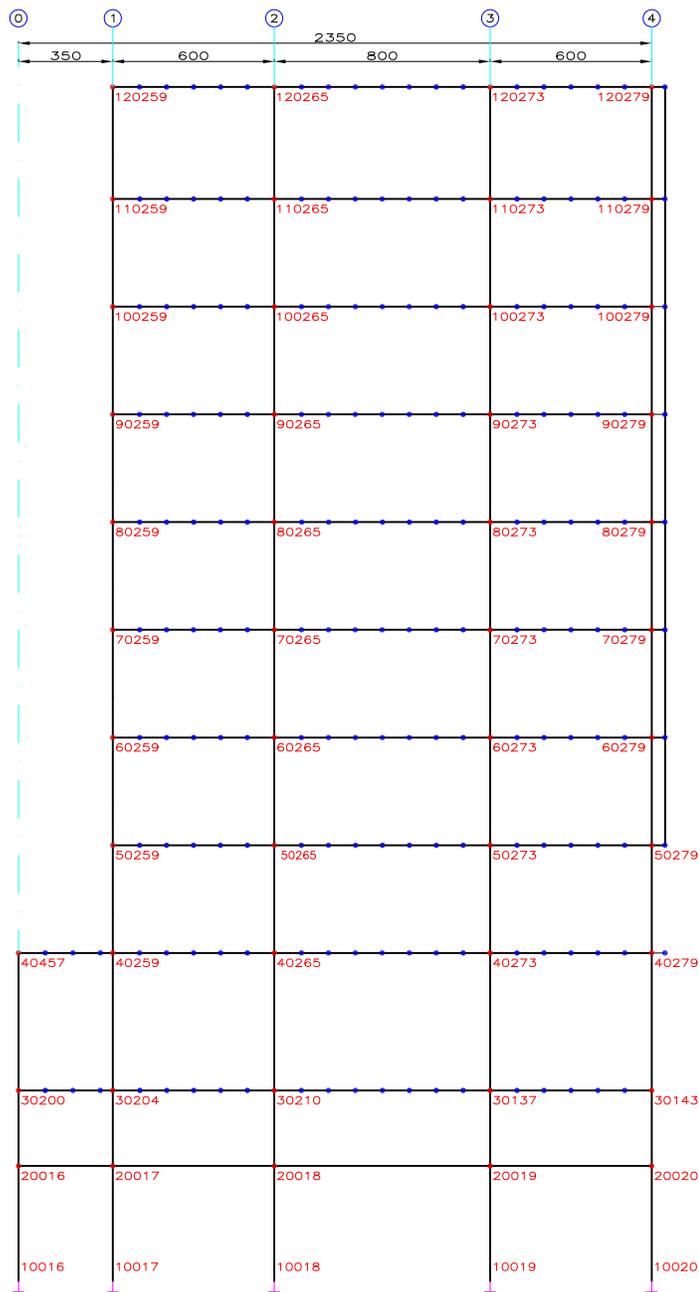


FIG. 4.5 MARCO EJE E, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

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

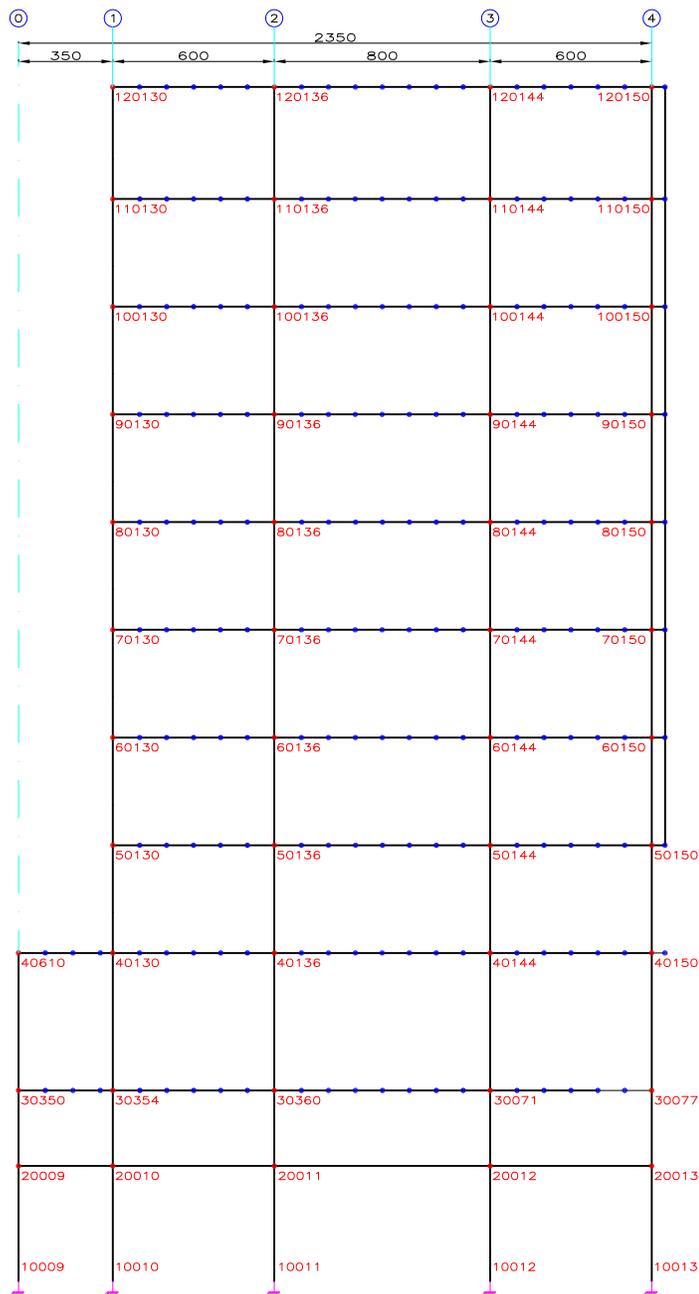


FIG. 4.6 MARCO EJE F, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

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

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         |

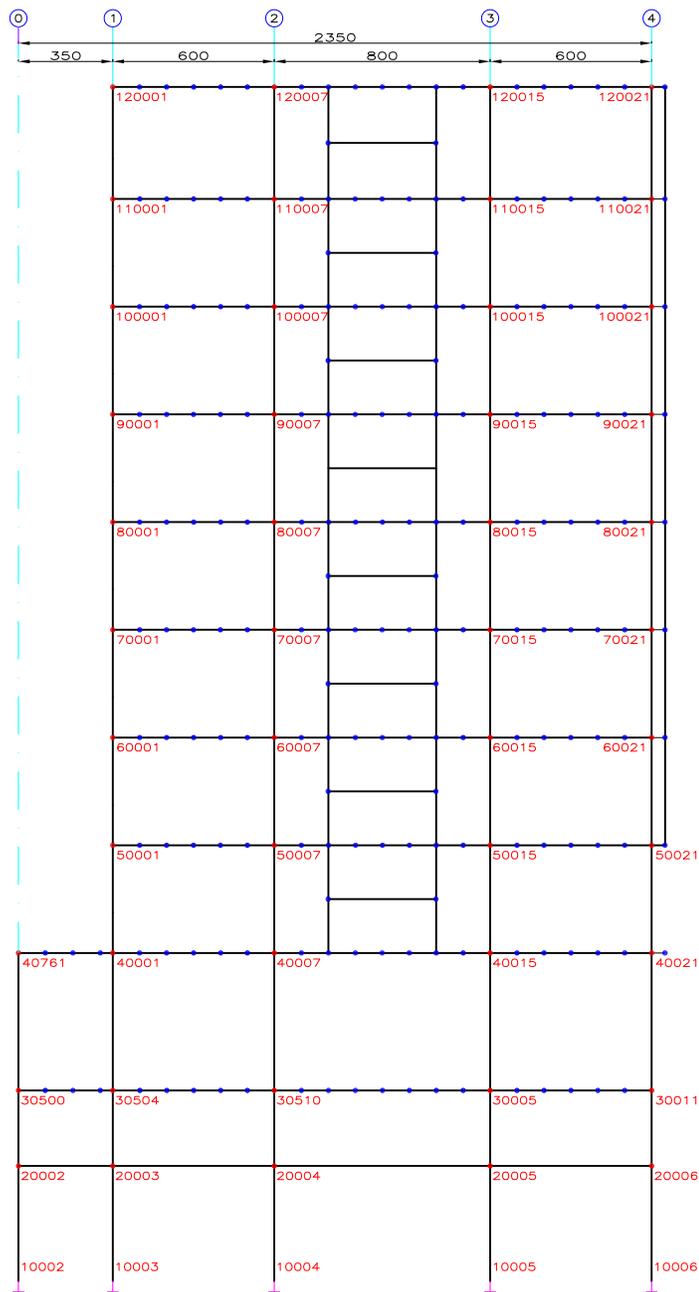


FIG. 4.7 MARCO EJE G, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

**N O T A S**

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

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

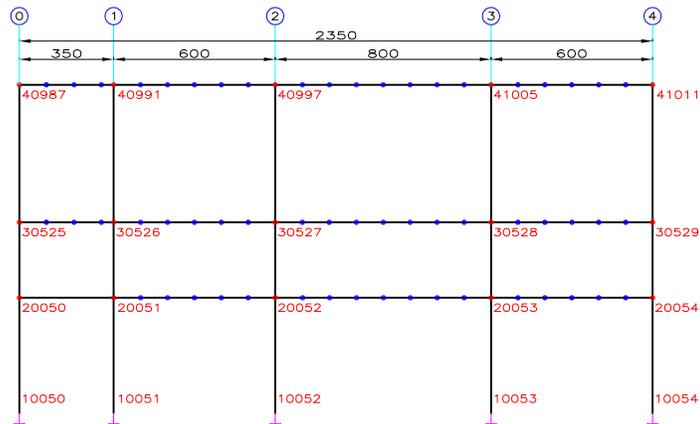


FIG. 4.8 MARCO EJE H, POSICIÓN DE NUDOS PARA REVISIÓN DE DESPLAZAMIENTOS

N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS

SIMBOLOGÍA

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE

|                                                                                                                                                                                        |                        |         |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------|-----------------|
|                                                                                                   |                        |         |                 |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                        |         |                 |
| presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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                                                                                                                                              |                        |         |                 |

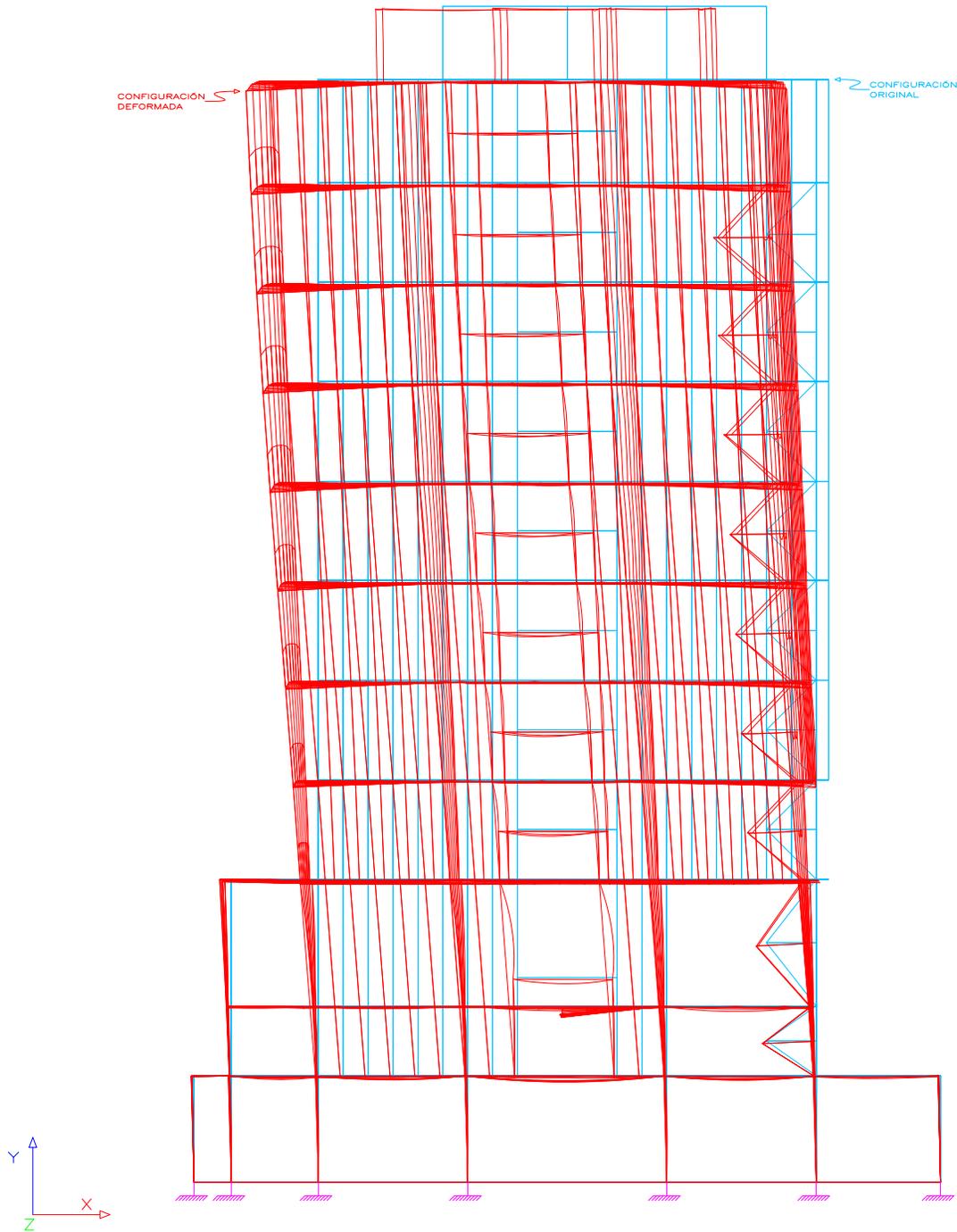


FIG. 4.9 ISOMÉTRICO 1 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12

|                                                                                                                                                                                        |                 |            |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|-----------|
|                                                                                                   |                 |            |           |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                 |            |           |
| presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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 1 LIMITE DE SERVICIO                                                                                                                                                        | 27 FEBRERO 2014 | 4.9        |           |

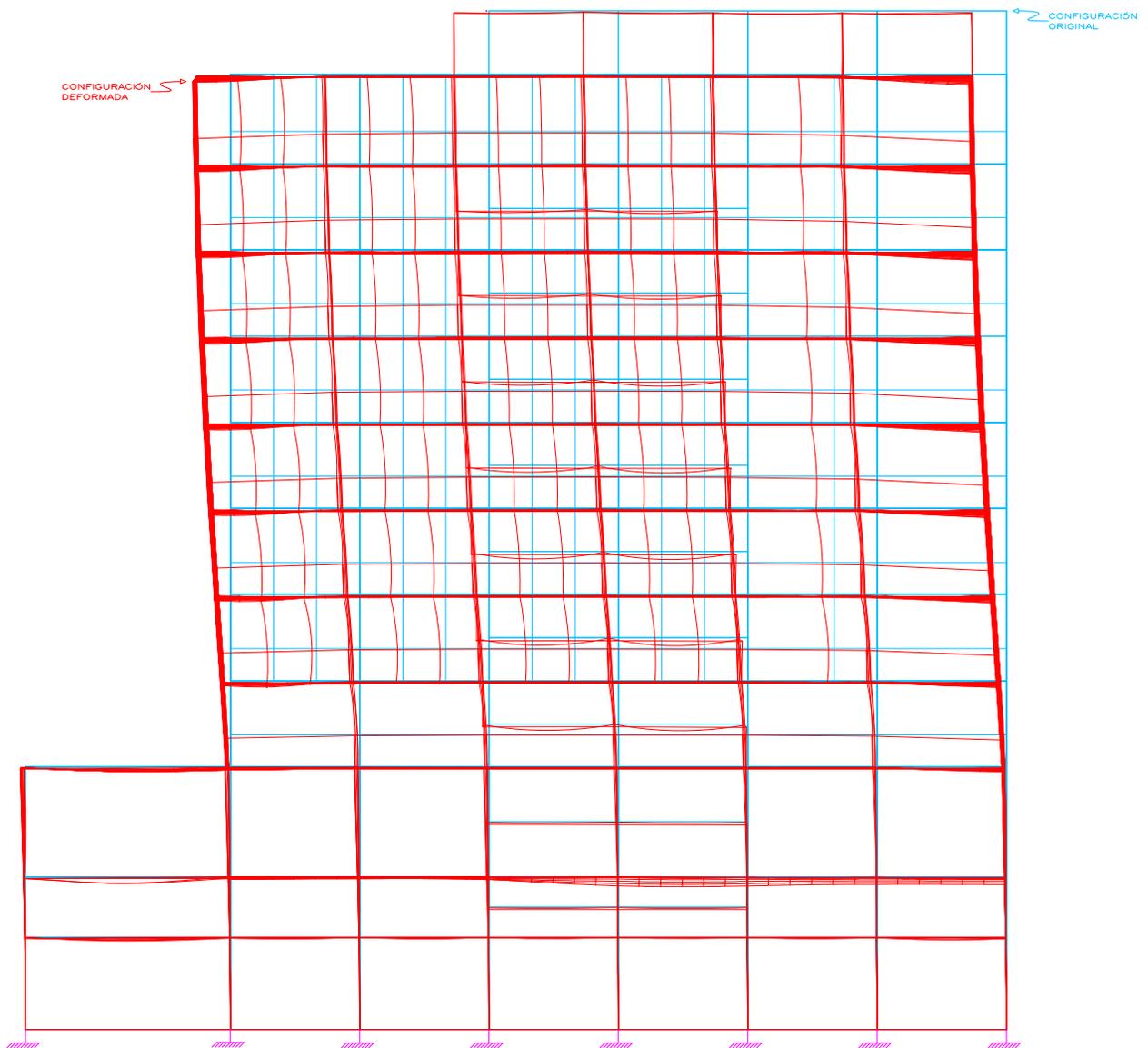
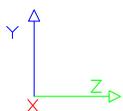


FIG. 4.10 ISOMÉTRICO 2 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12



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

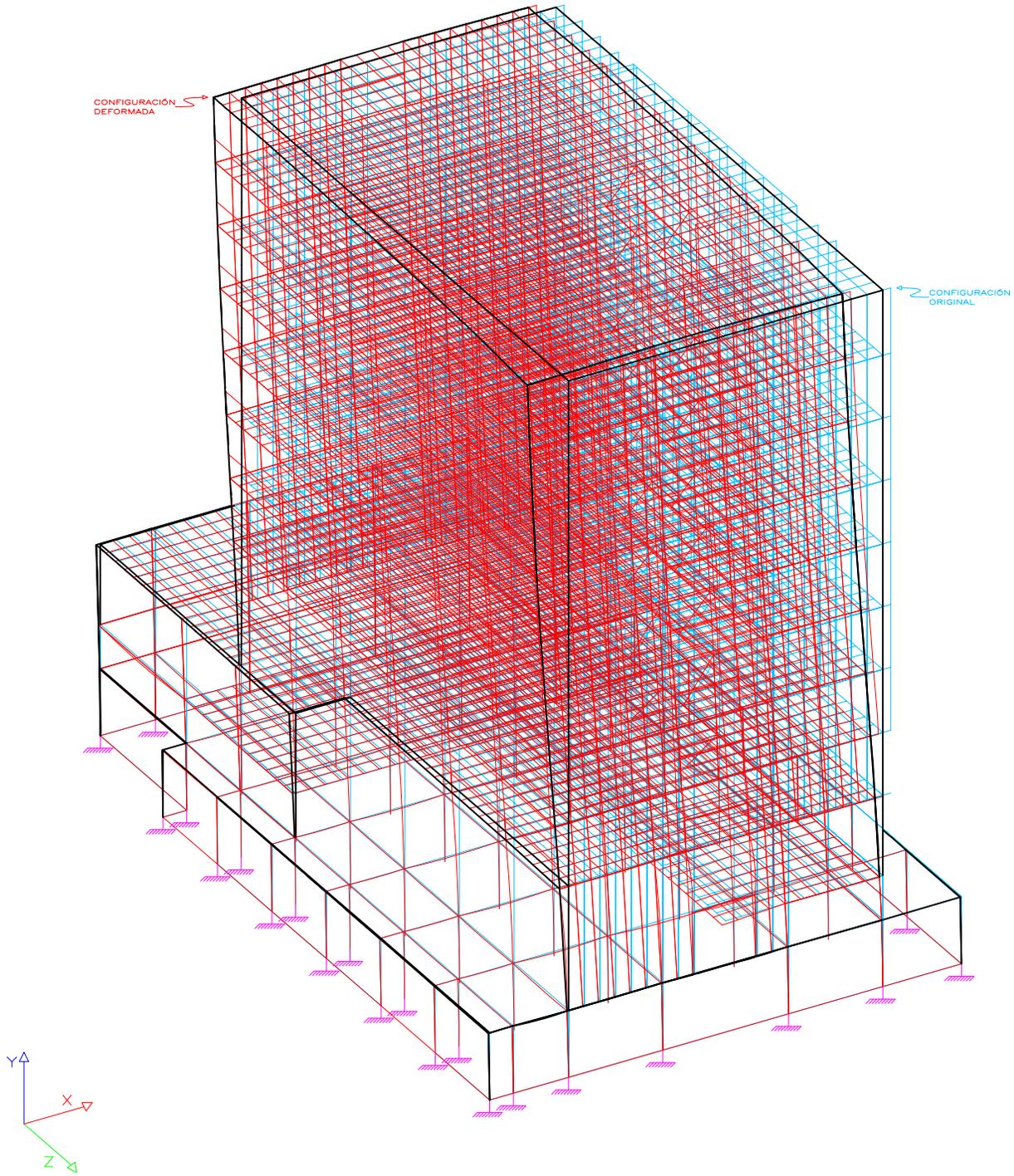


FIG. 4.11 ISOMÉTRICO 3 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 12

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

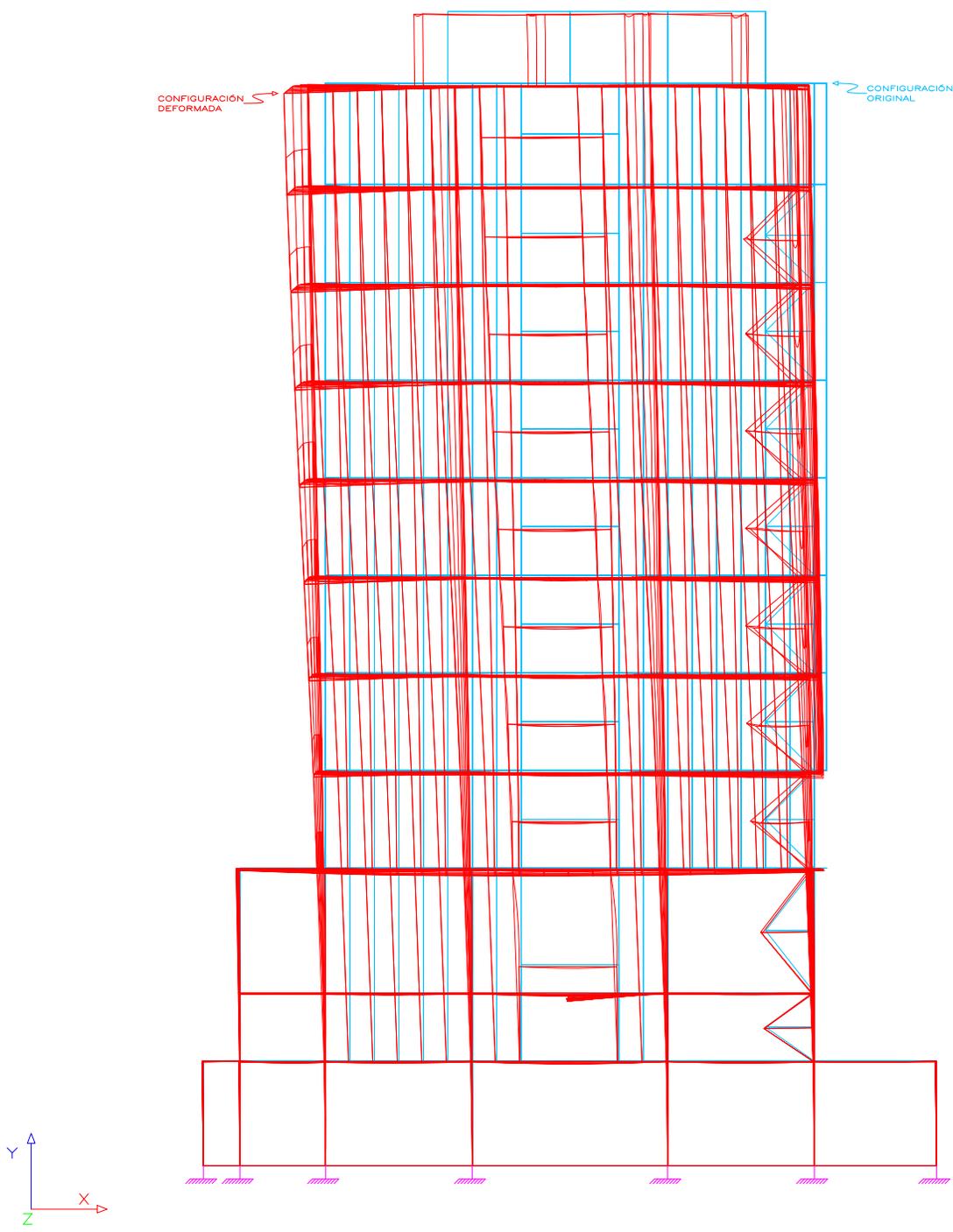


FIG. 4.12 ISOMÉTRICO 4 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 16

|                                 |                                                                                                                                                         |                             |           |  |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|--|
|                                 | 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                        |           |  |

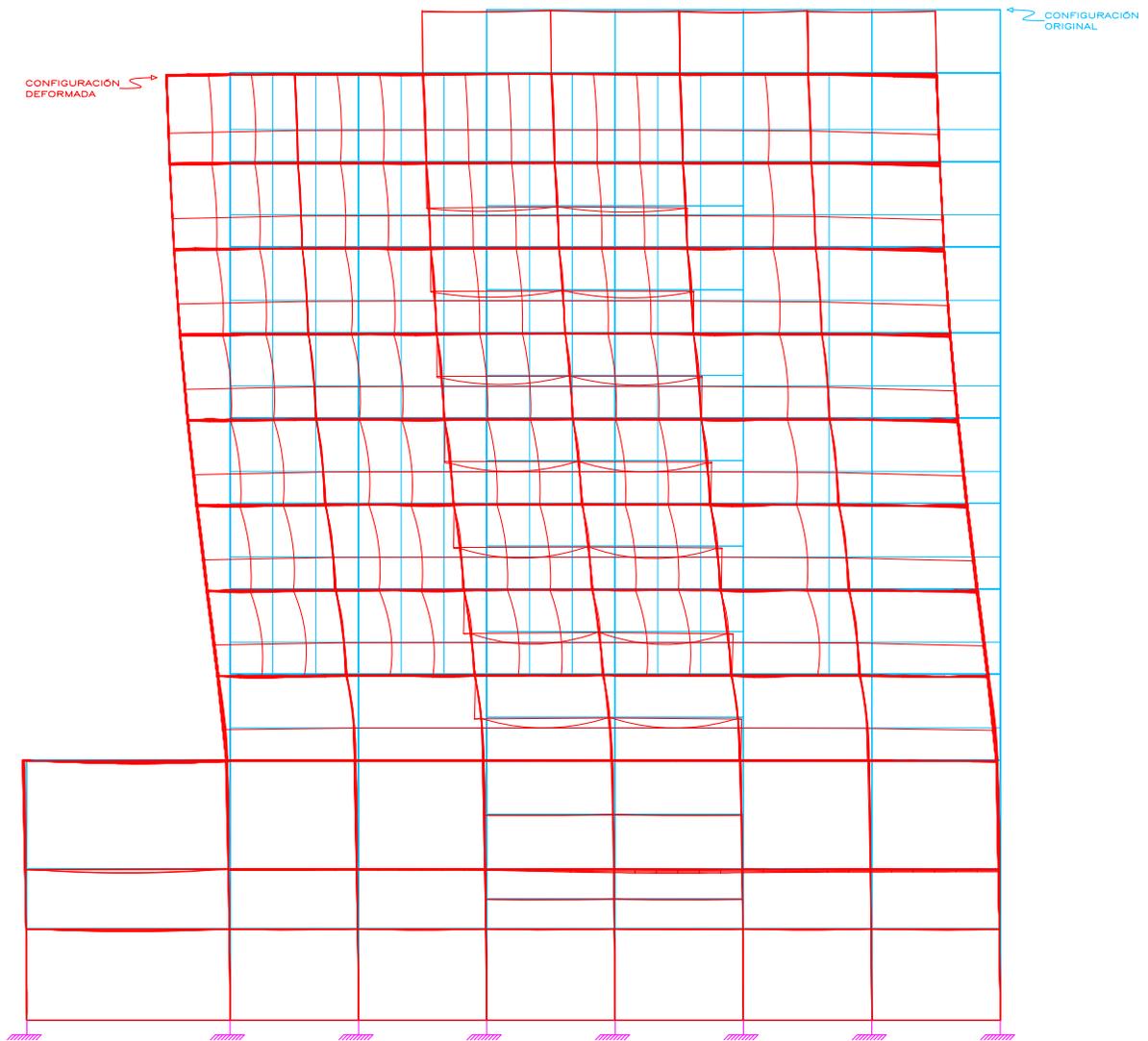
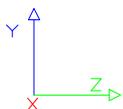


FIG. 4.13 ISOMÉTRICO 5 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 16



|                                                                                                                                                                                        |                 |            |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|-----------|
|                                                                                                                                                                                        |                 |            |           |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                 |            |           |
| presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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       |           |

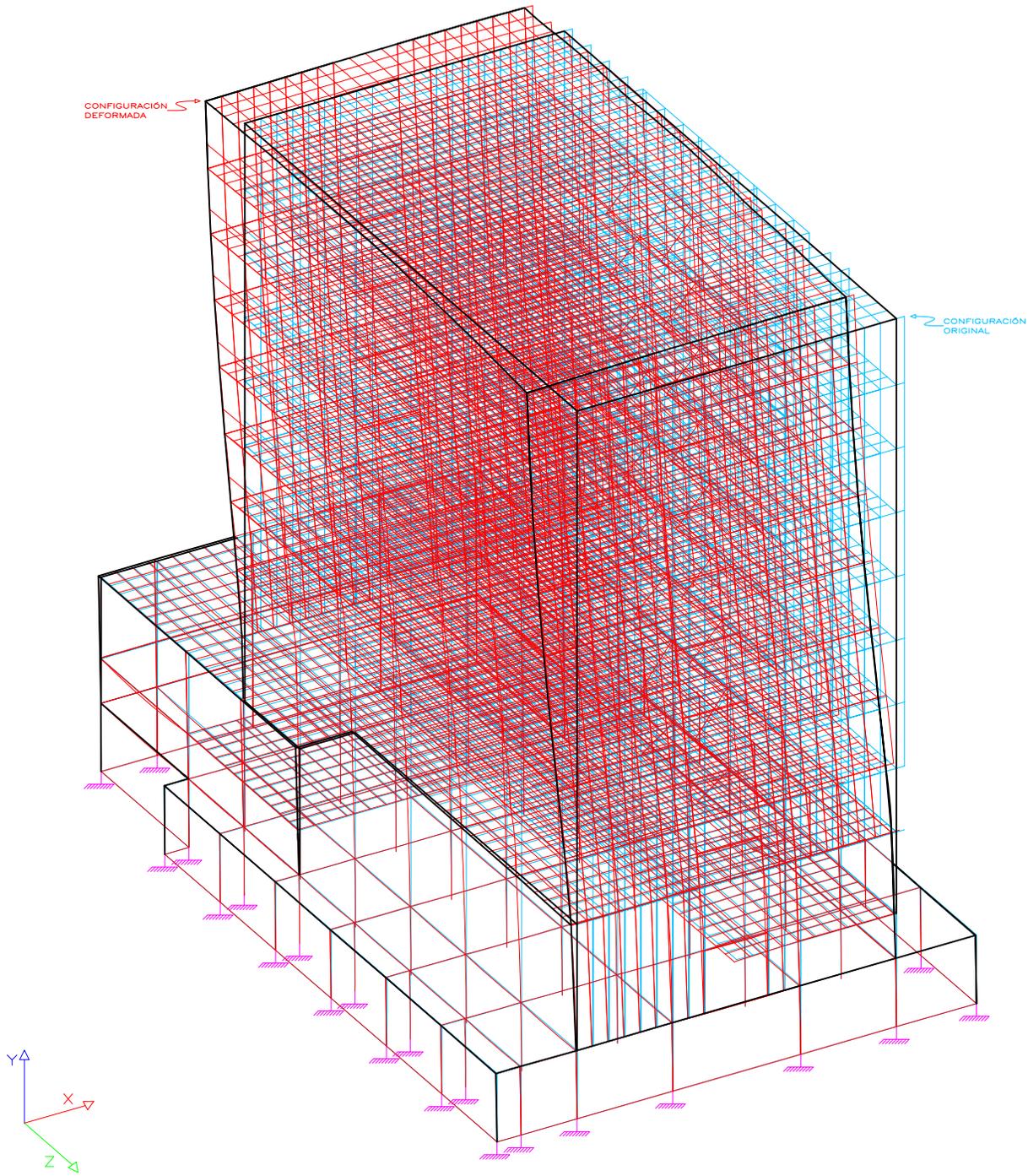


FIG. 4.14 ISOMÉTRICO 6 DE DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA No. 16

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



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

|                                   |                                                                                                                                                                  |                                                         |                          |  |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|--|
|                                   | <small>tesis profesional:</small>                                                                                                                                |                                                         |                          |  |
|                                   | REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                                                         |                          |  |
| <small>presentó:</small>          |                                                                                                                                                                  | JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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 2    | 27 FEBRERO 2014                                                                                                                                                  | 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 ■

|                                                                                                                                                                                        |                                |           |                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------|-----------------|
|                                                                                                                                                                                        |                                |           |                 |
| tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                                |           |                 |
| presentó: <b>JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ</b><br><b>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN</b>                                                                                                        |                                |           |                 |
| director de tesis: <b>ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ</b>                                                                                                                                    |                                |           |                 |
| concepto:                                                                                                                                                                              | EVALUACIÓN ESTRUCTURAL         | aprobó:   | JGCh            |
| archivo:                                                                                                                                                                               | EEO_LIM_FALLA                  | revisión: | S/E             |
| dibujó:                                                                                                                                                                                | ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 3 | fecha:    | 27 FEBRERO 2014 |
|                                                                                                                                                                                        |                                | figura:   | 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<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                           |                          |  |
| <small>presentó:</small>                                |                                                                                                                                                                  | <small>asesoró:</small>   |                          |  |
| JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN |                                                                                                                                                                  | ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ |                          |  |
| <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 4                          | 27 FEBRERO 2014                                                                                                                                                  | 4.17                      |                          |  |



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<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                                                         |                          |  |
| <small>presentó:</small>                                                              |                                                                                                                                                                  | JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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<br>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 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:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |                           |                  |  |
|                                              | presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN                                                                                                                      |                           |                  |  |
| director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ |                                                                                                                                                                                        |                           |                  |  |
| concepto:<br>EVALUACIÓN ESTRUCTURAL          | aprobó:<br>JGCh                                                                                                                                                                        | archivo:<br>EEO_LIM_FALLA | registro:<br>S/E |  |
| dibujó:                                      | fecha:<br>27 FEBRERO 2014                                                                                                                                                              |                           | figura:<br>4_20  |  |
| ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 7               |                                                                                                                                                                                        |                           |                  |  |



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 ≤  $A_r/A_n$  ≤ 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<br>JOSÉ ALEJANDRO PINTO RASCÓN                                                                                       |                 |               |         |
| director de tesis: ING. JOSUÉ GARDUÑO CHÁVEZ                                                                                                            |                 |               |         |
| concepto:                                                                                                                                               | aprobó:         | archivo:      | revisó: |
| EVALUACIÓN ESTRUCTURAL                                                                                                                                  | JGCh            | EDD_LIM_FALLA | S/E     |
| dibujó:                                                                                                                                                 | fecha:          | figura:       |         |
| ESTADO LIMITE DE FALLA NIVEL 8                                                                                                                          | 27 FEBRERO 2014 | 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 ■

|                                                                                       |                                                                                                                                                                                        |         |        |                 |               |           |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-----------------|---------------|-----------|---------|
|  | tesis profesional:<br>REVISIÓN DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL<br>DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO<br>DISEÑADO Y CONSTRUIDO A PRINCIPIOS DE<br>LOS AÑOS SESENTA EN LA CIUDAD DE MÉXICO |         |        |                 |               |           |         |
|                                                                                       | presentó: JULIÁN BALDERRAMA QUIRÓZ<br>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, 2, 2 |

## 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, M. *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.