



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL  
DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO, DISEÑADO Y  
CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60's, EN LA ZONA DEL  
PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**I N G E N I E R O C I V I L**

P R E S E N T A :

**JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA**



DIRECTOR DE TESIS  
M. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

MÉXICO D.F. 2013



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

Señor

**JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA**

Presente

**DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL Y GEOMÁTICA  
COMITÉ DE TITULACIÓN  
FING/DICyG/SEAC/UTIT/152/2013**

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título en INGENIERIA CIVIL

**"EVALUACION TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO, DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60, EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO"**

**INTRODUCCIÓN**

- I. ANTECEDENTES**
  - II. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA**
  - III. ESTUDIOS ANALÍTICOS**
  - IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**
  - V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- BIBLIOGRAFÍA**

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

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

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria a 21 de Octubre de 2013

**EL PRESIDENTE DEL COMITÉ**

**M. EN I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ**

JLTS/MTH

## ***AGRADECIMIENTOS***

*A mis padres:*

*Felipe Leonardo Fernández Romero y Teresa Silva Montalva*

*A mis hermanos:*

*Iris, Felipe , Alberto y Alan*

*A mi profesor:*

*M. en I. José Luis Trigos Suárez*

*A mi escuela:*

*La Universidad Nacional Autónoma de México*

# EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO, DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60's EN LA ZONA DEL PEDREGAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

## Í N D I C E

### INTRODUCCIÓN.

<b>I. ANTECEDENTES.</b>	1 - 1
<b>A. ALCANCE Y OBJETIVOS.</b>	1 - 1
1. Alcance.	1 - 1
2. Objetivos.	1 - 1
<b>B. BASES, CRITERIOS Y ESPECIFICACIÓN PARA ANÁLISIS Y REVISIÓN ESTRUCTURAL.</b>	1 - 1
1. Disposiciones Reglamentarias.	1 - 1
2. Criterios de Análisis y de Revisión Estructural.	1 - 2
3. Información Básica.	1 - 2
4. Localización del Inmueble.	1 - 3
5. Tipificación del Edificio.	1 - 3
<b>II. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.</b>	2 - 1
<b>A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.</b>	2 - 3
1. Cimentación.	2 - 3
2. Planta Baja.	2 - 4
3. Planta Nivel 1.	2 - 5
4. Planta Nivel 2.	2 - 6
5. Planta Nivel 3.	2 - 7
6. Planta Nivel 4.	2 - 8
7. Planta Azotea.	2 - 9
8. Elevación Marco Eje 1.	2 - 10
9. Elevación Marco Eje 2.	2 - 11
10. Elevación Marco Eje 3.	2 - 12
11. Elevación Marco Eje 4.	2 - 13
12. Elevación Marco Eje 5.	2 - 14
13. Elevación Marco Eje 6.	2 - 15
14. Elevación Marco Eje 7.	2 - 16
15. Elevación Marco Eje 8.	2 - 17
16. Elevación Marco Eje A.	2 - 18
17. Elevación Marco Eje B.	2 - 19
18. Trabes Secundarias.	2 - 20
19. Columnas Tipo.	2 - 21

<b>III. ESTUDIOS ANALÍTICOS.</b>	3 - 1
<b>A. ANÁLISIS DE CARGAS.</b>	3 - 2
1. Carga Muerta.	3 - 2
a. Peso Propio de la Estructura.	3 - 2
b. Peso de los Sistemas de Piso.	3 - 2
2. Carga Viva.	3 - 3
a. Carga Viva Máxima.	3 - 3
b. Carga Viva Instantánea.	3 - 3
3. Cargas Accidentales.	3 - 3
4. Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE ), RCDF66.	3 - 4
a. Coeficiente sísmico de diseño.	3 - 4
b. Fuerzas sísmicas estáticas equivalentes.	3 - 4
5. Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE ), RCDF04.	3 - 4
a. Coeficiente sísmico de diseño.	3 - 4
b. Fuerzas sísmicas estáticas equivalentes.	3 - 5
6. Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral ( ASDME ), RCDF04.	3 - 5
a. Modos de vibrar, periodos, frecuencias y factores de participación.	3 - 5
b. Espectro sísmico de diseño.	3 - 6
<b>B. MODELO ANALÍTICO .</b>	3 - 7
1. Topología.	3 - 8
a. Planta Baja.	3 - 8
b. Planta Nivel 1.	3 - 9
c. Planta Nivel 2.	3 - 10
d. Planta Nivel 3.	3 - 11
e. Planta Nivel 4.	3 - 12
f. Planta Azotea.	3 - 13
g. Isométrico 1.	3 - 14
h. Isométrico 2.	3 - 15
i. Isométrico 3.	3 - 16
j. Isométrico 4.	3 - 17
2. Propiedades Geométricas de Elementos.	3 - 18
3. Propiedades Mecánicas de Materiales.	3 - 18
4. Condiciones Básicas de Carga.	3 - 19
5. Combinaciones de Carga.	3 - 20

<b>IV. <u>ANÁLISIS DE RESULTADOS.</u></b>	4 - 1
<b>A. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 1, RCDF66, ASEE.</b>	4 - 1
1. Revisión de Estados Límite de Servicio.	4 - 2
2. Revisión de Estados Límite de Falla.	4 - 2
a. Columnas de Concreto Reforzado.	4 - 2
b. Trabes Principales de Concreto Reforzado.	4 - 3
c. Trabes Secundarias de Concreto Reforzado.	4 - 3
d. Muros de Concreto Reforzado.	4 - 3
e. Muros de Mampostería.	4 - 4
f. Cimentación: Zapatas Aisladas.	4 - 4
<b>B. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 2, RCDF04, ASEE.</b>	4 - 10
1. Revisión de Estados Límite de Servicio.	4 - 10
2. Revisión de Estados Límite de Falla.	4 - 10
a. Columnas de Concreto Reforzado.	4 - 10
b. Trabes Principales de Concreto Reforzado.	4 - 11
c. Trabes Secundarias de Concreto Reforzado.	4 - 11
d. Muros de Concreto Reforzado.	4 - 12
e. Muros de Mampostería.	4 - 12
f. Cimentación: Zapatas Aisladas.	4 - 12
<b>C. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 3, RCDF04, ASDME.</b>	4 - 18
1. Revisión de Estados Límite de Servicio.	4 - 18
2. Revisión de Estados Límite de Falla.	4 - 18
a. Columnas de Concreto Reforzado.	4 - 18
b. Trabes Principales de Concreto Reforzado.	4 - 19
c. Trabes Secundarias de Concreto Reforzado.	4 - 19
d. Muros de Concreto Reforzado.	4 - 20
e. Muros de Mampostería.	4 - 20
f. Cimentación: Zapatas Aisladas.	4 - 20
<b>V. <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</u></b>	5 - 1
<b>A. CONCLUSIONES.</b>	5 - 1
<b>B. RECOMENDACIONES.</b>	5 - 4
<b><u>BIBLIOGRAFÍA.</u></b>	

# **I N T R O D U C C I Ó N .**

## **INTRODUCCIÓN.**

El edificio de interés está localizado en la zona del pedregal al sur de la Ciudad de México, ha soportado sismos de gran magnitud, funcionando adecuadamente por más de cuarenta y cinco años. Sin embargo, se debe estar consciente que fue diseñado y construido durante los años 60's, bajo disposiciones reglamentarias distintas y con exigencias técnicas menores a las requeridas actualmente.

Con base en el desarrollo del conocimiento, la investigación, el avance tecnológico y las experiencias acumuladas, los reglamentos de construcción evolucionan, reflejan cambios sustanciales e incrementan las exigencias técnicas para la construcción de nuevas obras, adoptan y estandarizan métodos de análisis y procedimientos de diseño estructural, adecuando sus códigos o normas con tendencia a lograr de manera consistente una mayor seguridad de las construcciones, de tal forma que el determinar si una estructura presenta condiciones de seguridad adecuadas, estará condicionada al cumplimiento de los requisitos establecidos en las leyes y reglamentos correspondientes, con énfasis preponderante en salvaguardar las vidas de los seres humanos y los bienes materiales.

Inferir que un edificio, por el simple hecho de haber sobrevivido la acción de fuerzas sísmicas mayores a las estimadas y utilizadas en su diseño, sin presentar daños, provee una seguridad suficiente para establecer que su estructura seguirá teniendo un comportamiento adecuado durante toda su vida útil, sería menospreciar los avances y conocimientos plasmados en los códigos y normas mas recientes.

Cualquier edificio en condiciones similares debe ser evaluado, con el fin de establecer los niveles de seguridad que posee actualmente, conforme a los requisitos establecidos en la reglamentación vigente, de tal manera que un análisis y la revisión estructural a detalle, puedan corroborar el comportamiento satisfactorio esperado de la estructura o en tal caso permitirán identificar aquellas deficiencias estructurales que requieren acciones correctivas de refuerzo y/o rigidización de sus componentes.

En este trabajo de tesis se realiza el análisis y la revisión estructural de un edificio escolar de concreto reforzado, con el objeto de obtener índices que permitan evaluar las condiciones de la seguridad en el estado actual, conforme las disposiciones aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal en sus versiones actual, RCDF04 y original, RCDF66.

En el capítulo I se establecen el alcance y el objetivo del presente estudio, se indican las bases, los criterios y las especificaciones conforme los que se realizó el análisis y la revisión de la seguridad estructural del edificio.

En el capítulo II se presenta una descripción general de la estructura y se muestran las figuras correspondientes a la estructuración del edificio en el estado actual.

En el capítulo III se describen los estudios analíticos realizados en el análisis y revisión de la estructura, se presentan las cargas y acciones consideradas, el modelo analítico: incluyendo topología, propiedades geométricas de elementos y propiedades mecánicas de materiales; las condiciones básicas de carga y las combinaciones de carga pertinentes para la revisión de los estados límite.

En el capítulo IV se realiza la revisión general de la estructura, evaluando los estados límite de servicio y de falla, obteniendo resultados en términos de desplazamientos y fuerzas internas en los elementos de concreto reforzado y mampostería.

Finalmente, en el capítulo V se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes, resultado del estudio realizado.

## **I. A N T E C E D E N T E S.**

## **I. ANTECEDENTES.**

El avance y desarrollo obtenidos en la Ingeniería Estructural durante las últimas décadas, permiten predecir en un grado razonablemente confiable el comportamiento de las estructuras, mediante la correcta aplicación de metodologías de análisis y diseño aceptadas en la práctica profesional, y que han sido establecidos en los reglamentos de construcción, los cuales establecen las recomendaciones necesarias para que las edificaciones sean diseñadas dentro de un margen de seguridad adecuado.

Las actividades y los estudios realizados para obtener índices que permitan evaluar la seguridad estructural del edificio, en resumen, corresponden a la recopilación e integración de documentos disponibles, inspecciones de campo, estudios preliminares, trabajos de gabinete, interpretación y aplicación adecuada de la normatividad empleada, la estimación de las intensidades de las fuerzas que obran sobre la estructura, la idealización de la estructura a partir de modelos analíticos que representen razonablemente su comportamiento, análisis precisos encaminados a predecir y conocer la respuesta de la estructura ante las cargas y acciones a las que estará sujeta durante su vida útil, la interpretación correcta de los resultados, independientemente de las herramientas de análisis utilizadas y finalmente la confrontación de resultados obtenidos contra los estados límite establecidos en los reglamentos.

En este capítulo se establecen el alcance y objetivo de los estudios realizados, así como las bases, criterios y especificaciones utilizadas en el análisis y la revisión del edificio.

### **A. ALCANCE Y OBJETIVOS.**

#### **1. Alcance.**

En el presente estudio, se establece como alcance, realizar el análisis y la revisión estructural de un edificio de concreto reforzado en las condiciones actuales, conforme los requisitos aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, **RCDF04**, y sus Normas Técnicas Complementarias, **NTC's.**; y se contrastan con las disposiciones reglamentarias correspondientes a las fechas de proyecto y construcción del edificio, durante los años 60's, teniendo como marco de referencia el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, **RCDF66**.

#### **2. Objetivos.**

Este trabajo tiene como objetivo la obtención de índices que permitan evaluar las condiciones de seguridad estructural del edificio en el estado actual, conforme las disposiciones reglamentarias, en base a los resultados obtenidos del análisis y la revisión estructural se determina el nivel de seguridad de la estructura y de sus componentes, identificando posibles deficiencias estructurales, daños o fallas potenciales que requieren acciones correctivas de refuerzo y/o rigidización.

### **B. BASES, CRITERIOS Y ESPECIFICACIÓN PARA ANÁLISIS Y REVISIÓN ESTRUCTURAL.**

#### **1. Disposiciones Reglamentarias.**

La realización del estudio tiene como marco de referencia:

- a. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Diario Oficial, 9 de Febrero de 1966, **RCDF66**; Título III, Diseño Estructural: Capítulo XXII, Generalidades; Capítulo XXXI, Diseño por Sismos; Capítulo XXV, Cimentaciones, Capítulo XXVI, Mampostería; y Capítulo XXVIII, Estructuras de Concreto.

- b. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Gaceta Oficial, Enero 29, 2004, **RCDF04**.
- c. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Gaceta Oficial, Octubre 2004.
  - Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, Octubre 6, 2004.
  - Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo, Octubre 6, 2004.
  - Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones, Octubre 6, 2004.
  - Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, Octubre 6, 2004.
  - Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Concreto, Octubre 6, 2004.

## 2. Criterios de Análisis y de Revisión Estructural.

La estructura portante del edificio está formada por marcos rígidos ortogonales en las dos direcciones, longitudinal y transversal, integrados por columnas, muros de concreto reforzado y muros de mampostería, que soportan sistemas de piso a base de trabes principales, trabes secundarias y losas macizas, colados in situ. La cimentación está resuelta mediante zapatas aisladas de concreto reforzado.

El análisis y la revisión general de la estructura y sus componentes se realiza considerando hipótesis de comportamiento elástico-lineal, la revisión de los elementos de concreto reforzado y de mampostería en la estructura se hizo por el "Método de Resistencia Última". Para evaluar los efectos por sismo se aplican los siguiente tipos de análisis: **Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE )** y **Análisis Sísmico Estático Dinámico Modal Espectral ( ADME )**.

Se realiza el análisis y la revisión estructural con ayuda del programa ETABS Nonlinear, Versión 9.7.4. ( Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems ). Los análisis realizados con el programa se basan en la aplicación del método de las rigideces y desplazamientos como caso particular del Método del Elemento Finito, estableciendo y resolviendo las ecuaciones de equilibrio, se obtienen los desplazamientos de nudos y las acciones mecánicas en los elementos, para todas las combinaciones de carga establecidas.

Debido a que se carece de información real de los materiales, sus propiedades mecánicas se obtienen a partir de las resistencias nominales indicadas en los planos del proyecto estructural original.

Las acciones que se consideraron para análisis y diseño de los elementos estructurales incluyen: Carga Muerta (peso propio de la estructura: columnas y muros de concreto reforzado, muros de mampostería, trabes principales y secundarias, etc; peso de losas, acabados, rellenos, plafones, instalaciones, muros divisorios, cancelería, pretilas); Carga Viva (en aulas, laboratorios, oficinas; pasillos y escaleras; azoteas con pendiente no mayor al cinco por ciento); y Acciones Accidentales por efectos de Sismo. Se establecieron las correspondientes condiciones básicas de carga y las combinaciones de carga pertinentes para la revisión de estados límite de servicio y de falla.

## 3. Información Básica.

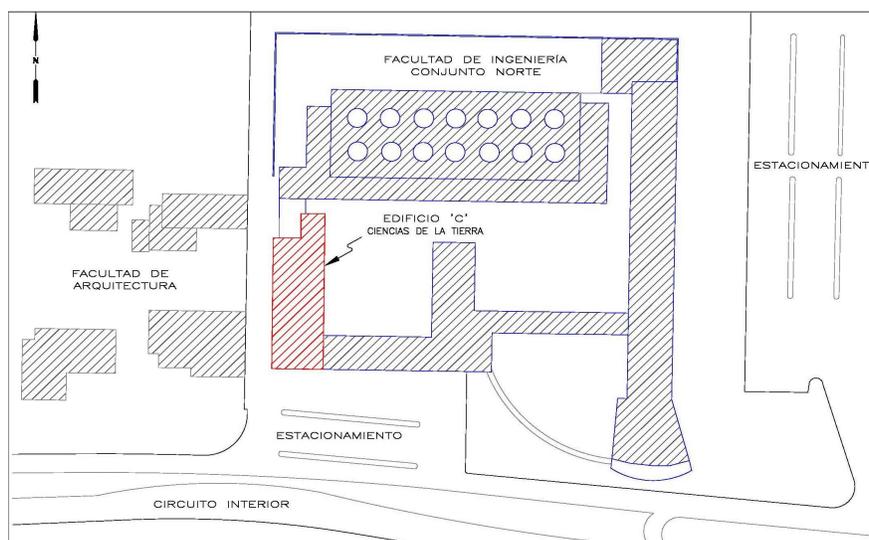
Se dispuso de la información contenida en un conjunto de cuatro planos correspondientes al proyecto estructural original con fechas consignadas de mayo de 1964; un conjunto de ocho planos arquitectónicos, con fecha noviembre de 1975, y un conjunto de diez planos correspondientes a la remodelación arquitectónica con fecha mayo de 2010.

La recopilación, estudio de documentos disponibles e integración de toda la información pertinente y aplicable obtenida de los planos estructurales y arquitectónicos se presenta en el Capítulo II, ha sido corroborada y actualizada mediante inspecciones oculares y levantamientos casuísticos con el objeto de establecer el estado físico actual de la estructura y de sus componentes.

No se dispuso de la memoria de cálculos original, estudios de materiales, mecánica de suelos y proyectos de otras especialidades.

#### 4. Localización del Inmueble.

El Edificio 'C' Ciencias de la Tierra, se ubica en el Conjunto Norte de la Facultad de Ingeniería, en las instalaciones de Ciudad Universitaria, jurisdicción de la Delegación Coyoacán, en México, D. F.



Croquis de Localización

#### 5. Tipificación del Edificio.

Con el fin de estimar de forma racional y práctica las solicitaciones de carga y acciones a las que estará sujeta una estructura y la determinación de los parámetros involucrados en la evaluación de los efectos sísmicos, los reglamentos clasifican a las estructuras de acuerdo a su destino, al lugar donde se ubica y el tipo de suelo en el que se desplantan, a la importancia del mismo inmueble y en gran medida al grado de protección requerido en función de las pérdidas que implicaría su falla.

Conforme el **RCDF66**, de acuerdo a su ubicación y tipo de suelo, el inmueble se encuentra en la denominada Zona de Baja Compresibilidad, de acuerdo con los " Planos de Zonas de Compresibilidad de la Ciudad de México y del D. F."; La construcción se clasifica según su destino e importancia, dentro del Grupo A, entre otros, este grupo corresponde a edificios de servicio público donde existe frecuente aglomeración de personas; y considerando las características del sistema estructural se clasifica como Estructuración Tipo I.

Conforme el **RCDF04**, de acuerdo a su ubicación y tipo de suelo, el inmueble se encuentra en la denominada Zona I, de acuerdo al mapa de " Zonificación del D. F. para fines de Diseño por Sismo; La construcción se clasifica según su destino e importancia, dentro del Grupo A, entre otros, este grupo corresponde a las edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana como hospitales, escuelas, etc.

## **II. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.**

## II. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.

El edificio con uso predominante de aulas, laboratorios y oficinas, localizado en la zona del pedregal al sur de la Ciudad de México, conocido como el Edificio ' C ' Ciencias de la Tierra, se ubica en el Conjunto Norte de la Facultad de Ingeniería, en las instalaciones de Ciudad Universitaria, en funcionamiento a partir de mediados de los años 60's.

La estructura portante del edificio está formada por marcos rígidos en las dos direcciones, integrados por columnas, muros de concreto reforzado y mampostería, que soportan sistemas de piso a base de losas macizas apoyadas en trabes principales y trabes secundarias, de concreto reforzado, colados in situ.

La cimentación consiste de zapatas aisladas de concreto reforzado, que reciben a las columnas, se desconoce la profundidad real de desplante.

El Edificio, en planta tiene forma rectangular, con una orientación aproximada sur-norte, en la dirección longitudinal existen ocho ejes: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, con distancias nominales entre ellos de 7.20 m, 5.40 m, 5.40 m, 5.40 m, 5.40 m, 5.40 m y 5.40 m, respectivamente, para un total de 39.60 m; en la dirección transversal, tiene dos ejes: A y B, con distancia nominal de 10.80 m y dos volados de 3.18 m y 0.90 m, para un total de 14.88 m; el volado de la fachada principal tiene el uso de pasillo de comunicación. Al norte se encuentra la escalera de servicio, compuesta de muros, trabes y rampas de concreto reforzado.

Consta de Cimentación, CIM; Planta Baja, PB; Planta Nivel 1, N1; Planta Nivel 2, N2; Planta Nivel 3, N3; Planta Nivel 4, N4 y Planta Azotea, AZ.; con superficies construidas de 735 m<sup>2</sup>, 735 m<sup>2</sup>, 710 m<sup>2</sup>, 710 m<sup>2</sup>, 710 m<sup>2</sup> y 735 m<sup>2</sup>, respectivamente, para una superficie total aproximada de 4,335 m<sup>2</sup>.

La altura total aproximada por encima del nivel piso terminado en Planta Baja es de 21.00 m, con los siguientes niveles de piso terminado, en metros:

Planta Baja:	NPT + 0.00; NPT + 0.75; NPT + 1.00
Planta Nivel 1:	NPT + 5.00
Planta Nivel 2:	NPT + 9.00
Planta Nivel 3:	NPT + 13.00
Planta Nivel 4:	NPT + 17.00
Planta Azotea:	NPT + 21.00

El proyecto estructural original del edificio se concluyó a mediados de 1964, cuando se inició la construcción; se revisó la información de un conjunto de cuatro planos correspondientes al Proyecto Estructural Original con fecha mayo de 1964, es importante mencionar que no se dispuso de la memoria de cálculo original por lo que se carece de las bases y criterios de diseño originales; de los planos se obtuvieron las plantas estructurales, dimensiones de elementos y secciones de concreto reforzado, corroboradas posteriormente en campo; así como la cantidad y distribución de acero de refuerzo, toda la información pertinente ha sido consignada en los dibujos estructurales presentados en este capítulo, a continuación se presentan algunos datos y comentarios obtenidos del proyecto original con importancia significativa en el proceso de revisión estructural del edificio:

- Se especifican en planos los siguientes valores de la resistencia a compresión del concreto y del acero de refuerzo en columnas y rampas de escalera:  $f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f_y = 5\,000 \text{ kgf/cm}^2$ , respectivamente; en zapatas, muros, trabes y losas:  $f'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f_y = 5\,000 \text{ kgf/cm}^2$ , respectivamente. No se dispone de estudios de materiales que corroboren las resistencias indicadas.

- Referente a los muros de mampostería, el proyecto indica que los muros de piedra brasa deben ser desplantados sobre roca sana, se consideran muros de carga y sirven para resistir fuerzas horizontales, no se indica la profundidad real o estimada de desplante, ni la calidad del mortero de las juntas; no se indica la ubicación, tipo y estructuración de muros de mampostería de tabique hueco de barro.
- Referente a la cimentación, se indica que el esfuerzo de trabajo del terreno considerado en el diseño fue de 20 tonf/m<sup>2</sup>, y la profundidad de desplante de la cimentación sería fijada en obra de tal manera que el desplante sea sobre roca sana. En calas realizadas anteriormente a la remodelación del 2010, se observó que la profundidad de desplante de la cimentación es mayor de 2.00 m, por lo cual, para la revisión de la cimentación se consideró adecuado emplear una capacidad de carga de 30 tonf/m<sup>2</sup>. Es importante mencionar, a partir de resultados obtenidos en estudios de mecánica de suelos realizados para edificios relativamente cercanos, que no se descarta la posibilidad de que la capacidad de carga del suelo sea mayor a la considerada.
- No aparecen cotas correspondientes a la altura de los niveles.
- En los planos estructurales originales no aparecen los muros de concreto en la zona de escalera, en su lugar se indica una columna metálica ubicada al centro, en el arranque de las rampas de escalera.

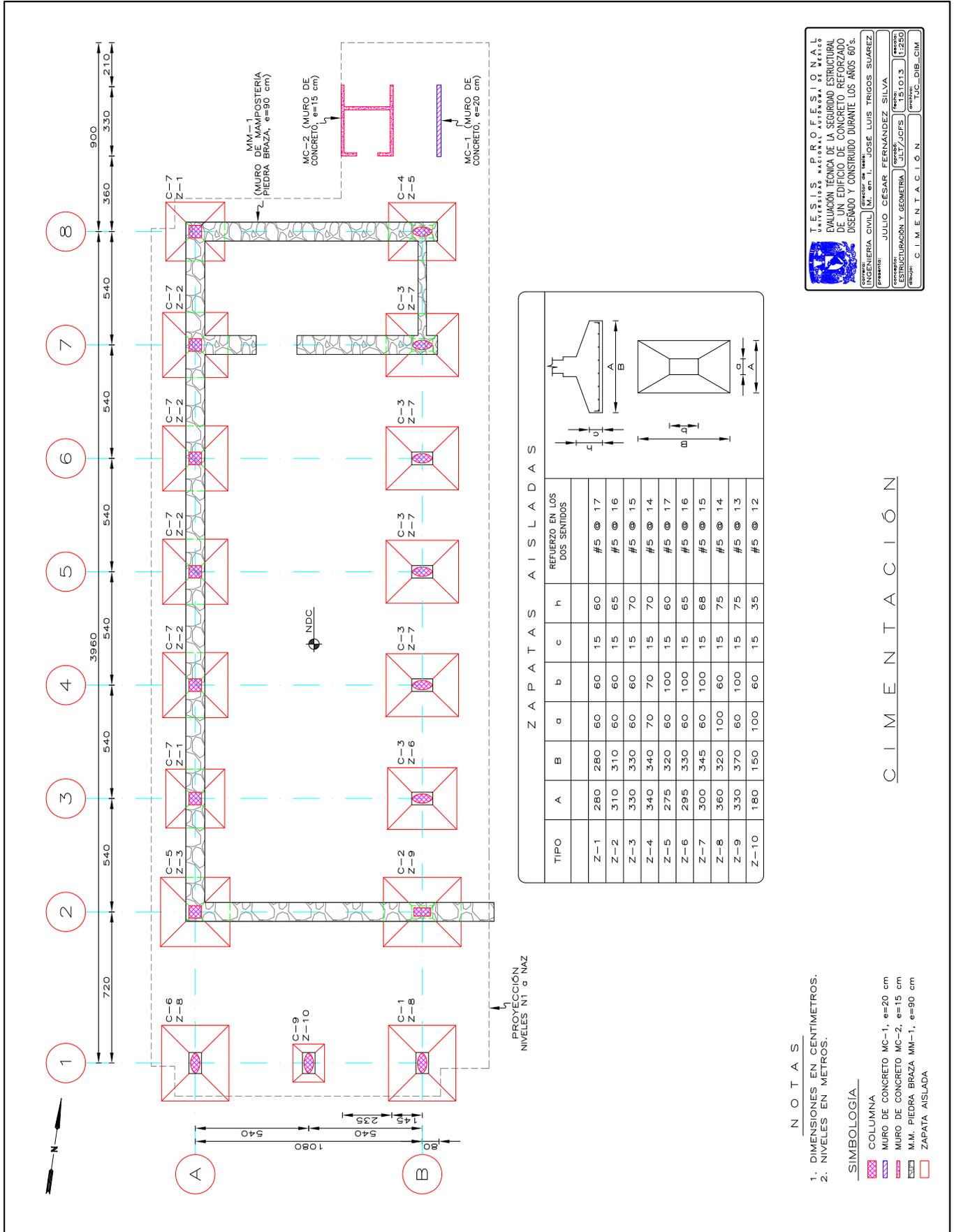
No se dispuso de los planos arquitectónicos originales, se infiere que un conjunto de ocho planos arquitectónicos, con fecha noviembre de 1975, son el resultado de un levantamiento en planta por nivel, correspondiente a los edificios, actualmente denominados B y C, ubicados en el Conjunto Norte de la Facultad de Ingeniería; se observa la ubicación y distribución de aulas, laboratorios, oficinas, servicios, etc., que tuvieron los dos inmuebles a la fecha de noviembre de 1975, o en su caso, en el que se presenta una propuesta para redistribución de espacios.

Durante el año 2010, el edificio fue objeto de una remodelación arquitectónica, durante los trabajos de remodelación se realizaron varios recorridos generales en todos los niveles, se menciona que la mayoría de muros divisorios interiores, de mampostería originales en los niveles 1, 2, 3 y 4, fueron demolidos; se retiraron plafones y acabados de piso, lo que permitió observar el estado físico de travesaños y columnas, y al mismo tiempo fue posible verificar concordancia con dimensiones nominales de proyecto.

Se encontraron diferencias mínimas respecto a cotas, longitudes y dimensiones de elementos indicados en los planos originales de proyecto estructural y la construcción actual; se verificó la información mediante un levantamiento geométrico de tal forma que toda la información pertinente y aplicable se ha incorporado en los estudios de análisis y revisión estructural.

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

1. Cimentación.



**INSTITUCIÓN**  
 UNIVERSIDAD NACIONAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL  
 DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO  
 DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60 S.

**INGENIERÍA CIVIL** M. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUAREZ  
 Director de tesis

**INGENIERÍA CIVIL** M. en I. JOSÉ CESAR FERNÁNDEZ SILVA  
 Presentador

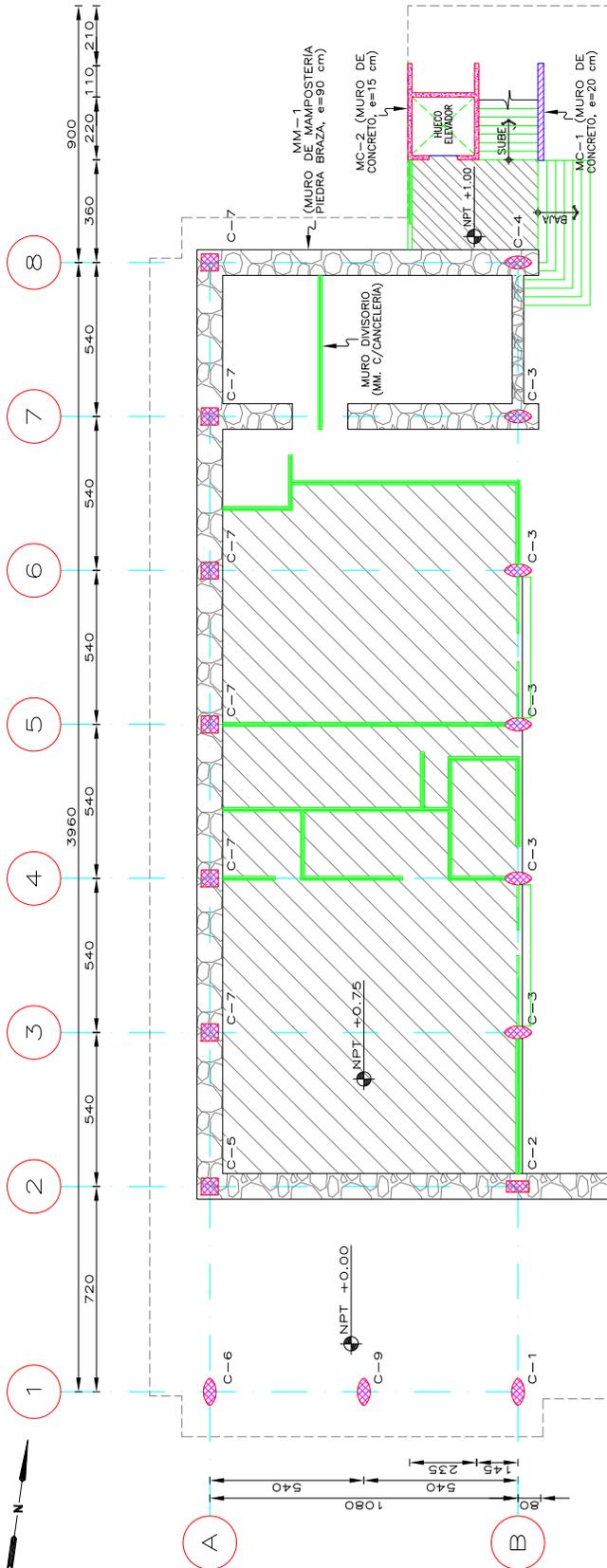
**ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA** M. en I. JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA  
 Profesor

**CIMENTACIÓN** M. en I. JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA  
 Profesor

C I M E N T A C I Ó N

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

2. Planta Baja.



<b>T E S I S P R O F E S I O N A L</b>	
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60's.	
INGENIERÍA CIVIL	DIRECTOR DE TESIS: JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ
Presentado por:	JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA
CONTRATO:	ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA
PROYECTO:	1013
FECHA:	2020
PROFESOR:	P L A N T A B A J A
PROFESOR:	TUC_DIB_FB

P L A N T A B A J A

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

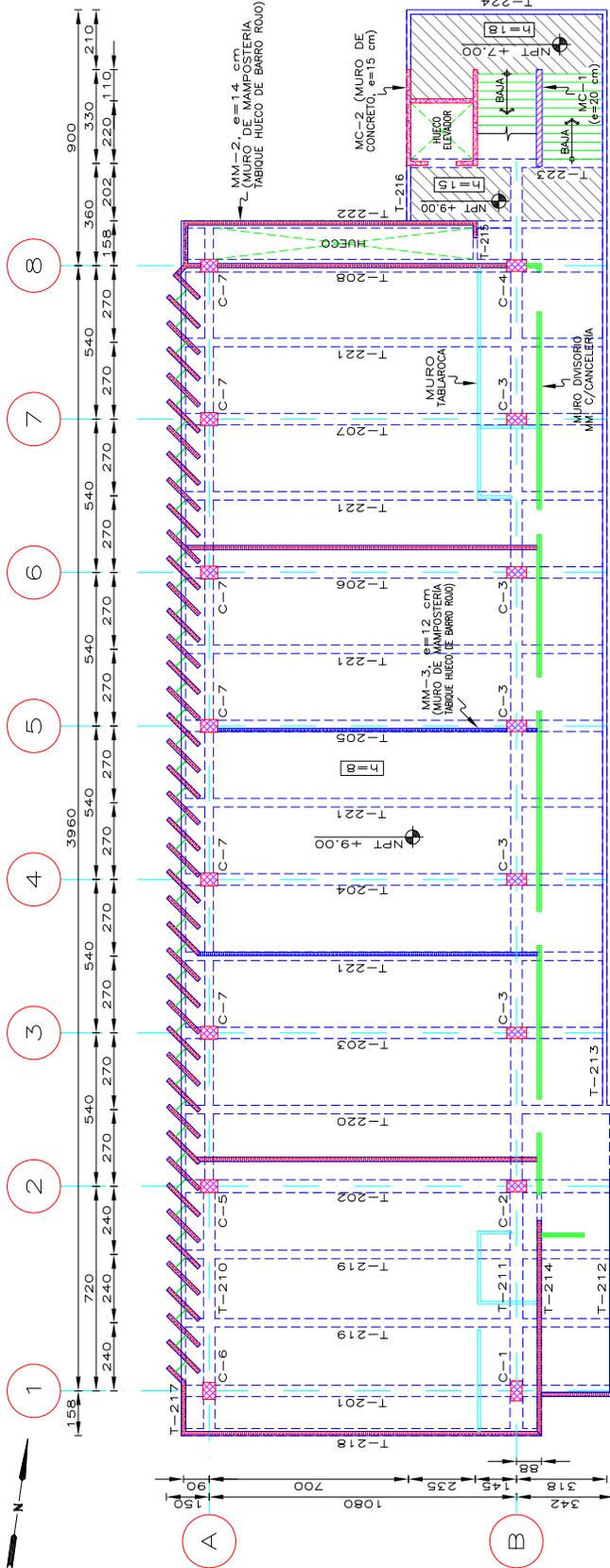
**SIMBOLOGÍA**

- COLUMNA
- MURO DE CONCRETO MC-1, e=20 cm
- MURO DE CONCRETO MC-2, e=15 cm
- M.M. PIEDRA BRAZA MM-1, e=90 cm



A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

4. Planta Nivel 2.



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

**SIMBOLOGÍA**

- TRABE
- TRABE/PRETIL
- COLUMNA
- MC-1, e=20 cm
- MC-2, e=15 cm
- MM-2, TABIQUE DE BARRO, e=14 cm
- MM-3, TABIQUE DE BARRO, e=12 cm

**INSTITUCIÓN**  
 UNIVERSIDAD NACIONAL  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL  
 DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO  
 DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.

**CONTRATISTA**  
 INGENIERÍA CIVIL M. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

**PROYECTISTA**  
 JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA

**COORDINADOR**  
 ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA JLT/JCFS

**PROYECTO**  
 P L A N T A N I V E L 2

**FECHA**  
 2013-01-13

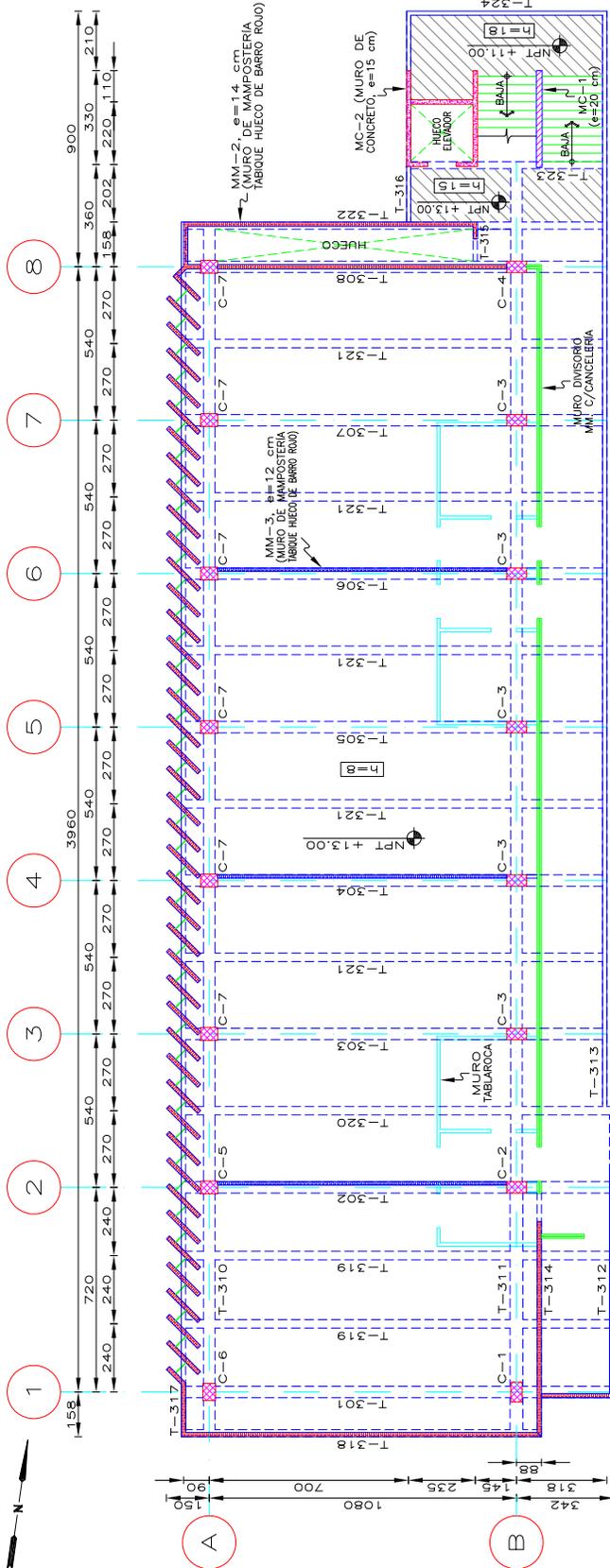
**ESCALA**  
 1:100

**PROYECTO**  
 P L A N T A N I V E L 2

P L A N T A N I V E L 2

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

5. Planta Nivel 3.



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

**SIMBOLOGÍA**

- TRABE
- TRABE/PRETIL
- COLUMNA
- MC-1, e=20 cm
- MC-2, e=15 cm
- MM-2, TABIQUE DE BARRO, e=14 cm
- MM-3, TABIQUE DE BARRO, e=12 cm

**INSTITUCIÓN**  
 INSTITUTO NACIONAL  
 DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL  
 DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO  
 DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.

**CONTRATISTA**  
 INGENIERÍA CIVIL M. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

**PROYECTANTE**  
 JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA

**CONTRATO**  
 ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA

**PROYECTO**  
 P L A N T A N I V E L 3

**FECHA**  
 10/13

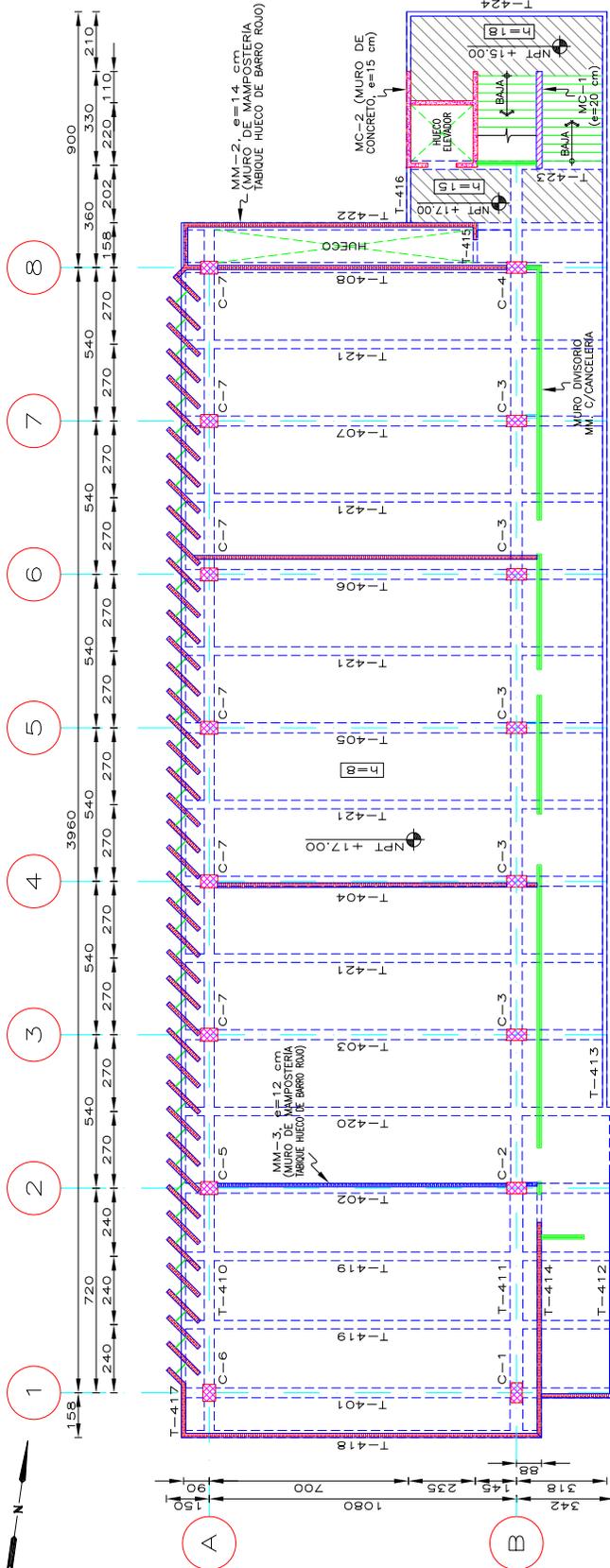
**ESCALA**  
 1:250

**PROYECTO**  
 P L A N T A N I V E L 3

P L A N T A N I V E L 3

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

6. Planta Nivel 4.



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

**SIMBOLOGÍA**

- TRABE
- TRABE/PRETIL
- COLUMNA
- MC-1,  $\phi=20$  cm
- MC-2,  $\phi=15$  cm
- MM-2, TABIQUE DE BARRO,  $\phi=14$  cm
- MM-3, TABIQUE DE BARRO,  $\phi=12$  cm

**INFORMACIÓN**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.

INGENIERÍA CIVIL  
 M.I. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUAREZ

Presentado por: JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA

CONTRATO: ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA  
 Proyecto: 151013 (2250)

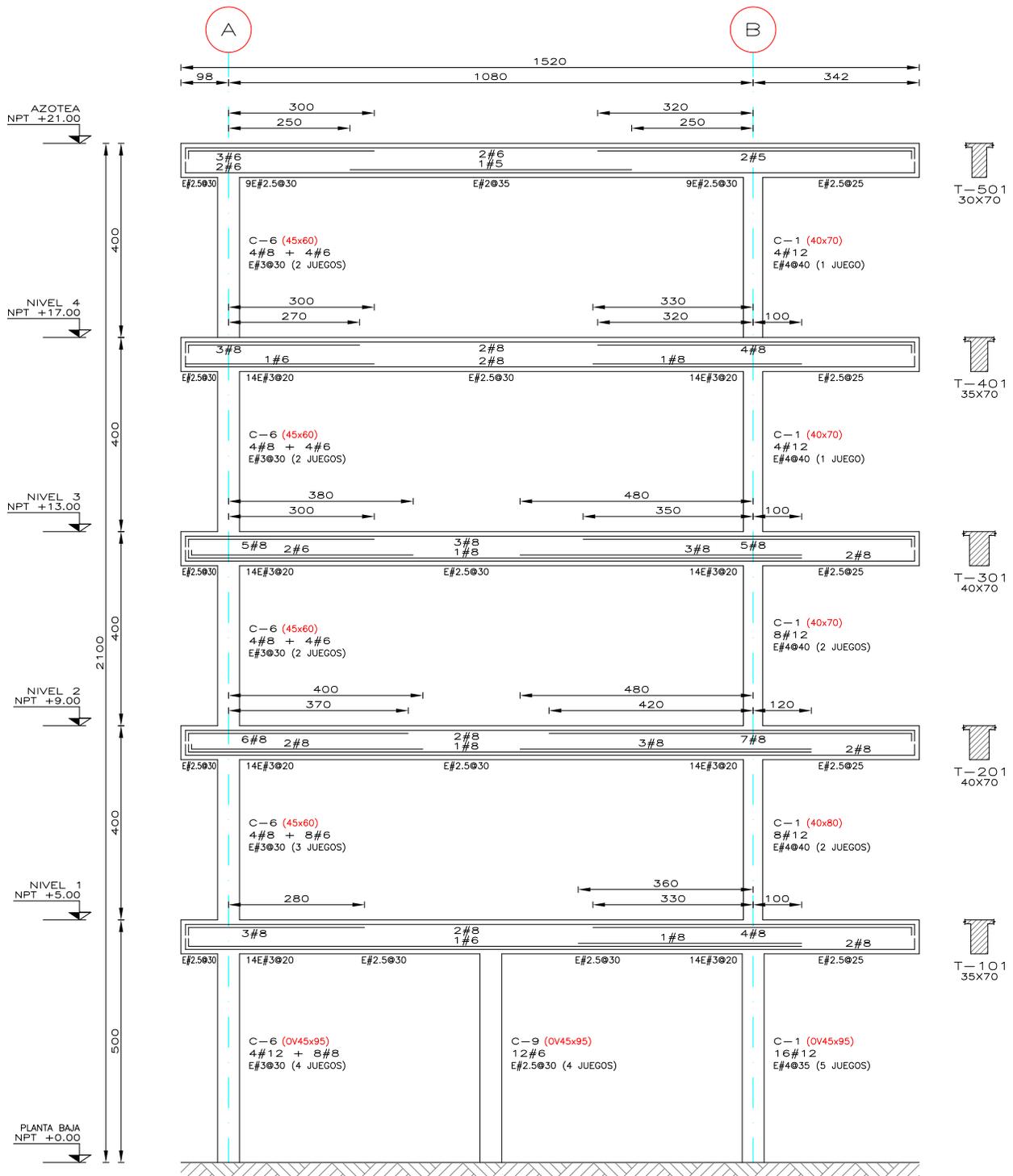
Plan: P\_L\_A\_N\_T\_A\_N\_I\_V\_E\_L\_4  
 Formato: TUC\_DIB\_N4

P L A N T A N I V E L 4



A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

8. Elevación Marco Eje 1.



NOTAS

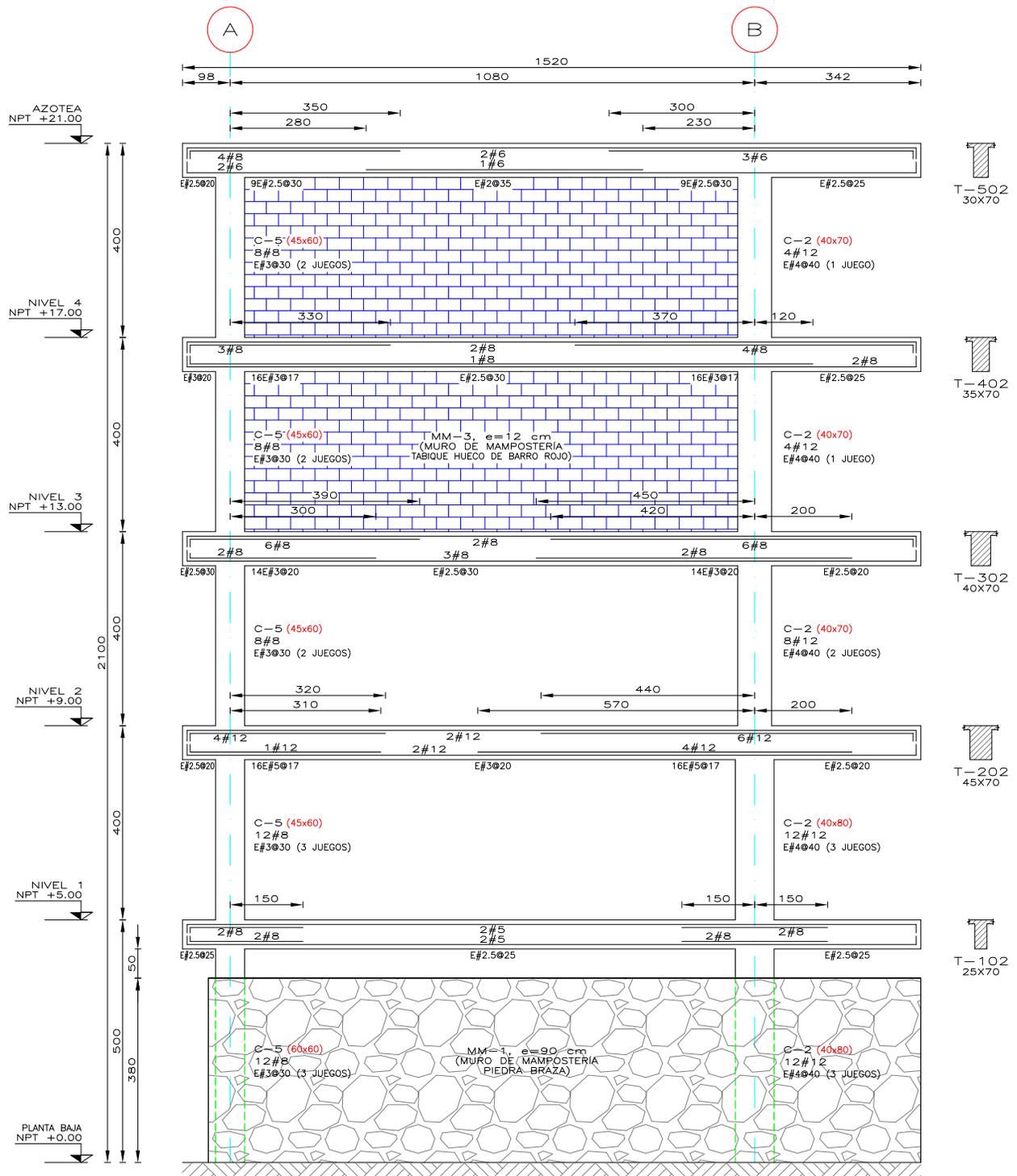
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

ELEVACIÓN MARCO EJE 1

<p>TESIS PROFESIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>			
<p>EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.</p>			
<p>Correa: INGENIERÍA CIVIL</p>		<p>director de tesis: M. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ</p>	
<p>Presenta: JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA</p>			
<p>Concepto: ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA</p>	<p>Aprobó: JLT/JCFS</p>	<p>Fecha: 15/01/13</p>	<p>Seción: I:125</p>
<p>Dibujo: ELEVACIÓN MARCO EJE 1</p>		<p>Grupo: TJC_DIB_EJE1</p>	

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

9. Elevación Marco Eje 2.



NOTAS

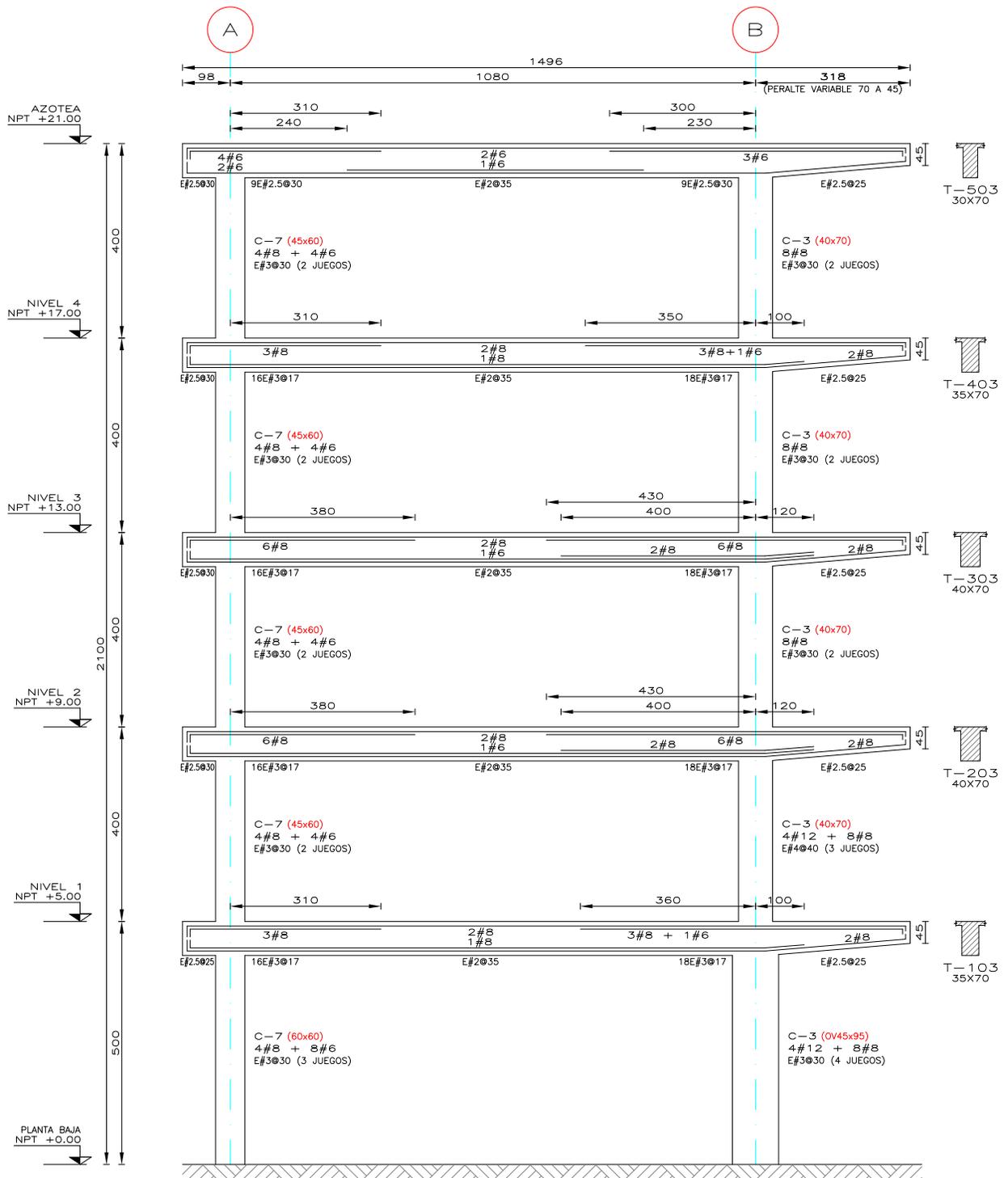
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

ELEVACIÓN MARCO EJE 2

<p>TESIS PROFESIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>			
<p>EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.</p>			
<p>Carretera: INGENIERÍA CIVIL</p>	<p>Director de tesis: M. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ</p>		
<p>Presenta: JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA</p>			
<p>Concepto: ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA</p>	<p>Aprobó: JLT/JCFS</p>	<p>Fecha: 15/01/13</p>	<p>Escala: 1:125</p>
<p>Dibujo: ELEVACIÓN MARCO EJE 2</p>	<p>Grupo: TJC_DIB_EJE2</p>		

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

10. Elevación Marco Eje 3.



NOTAS

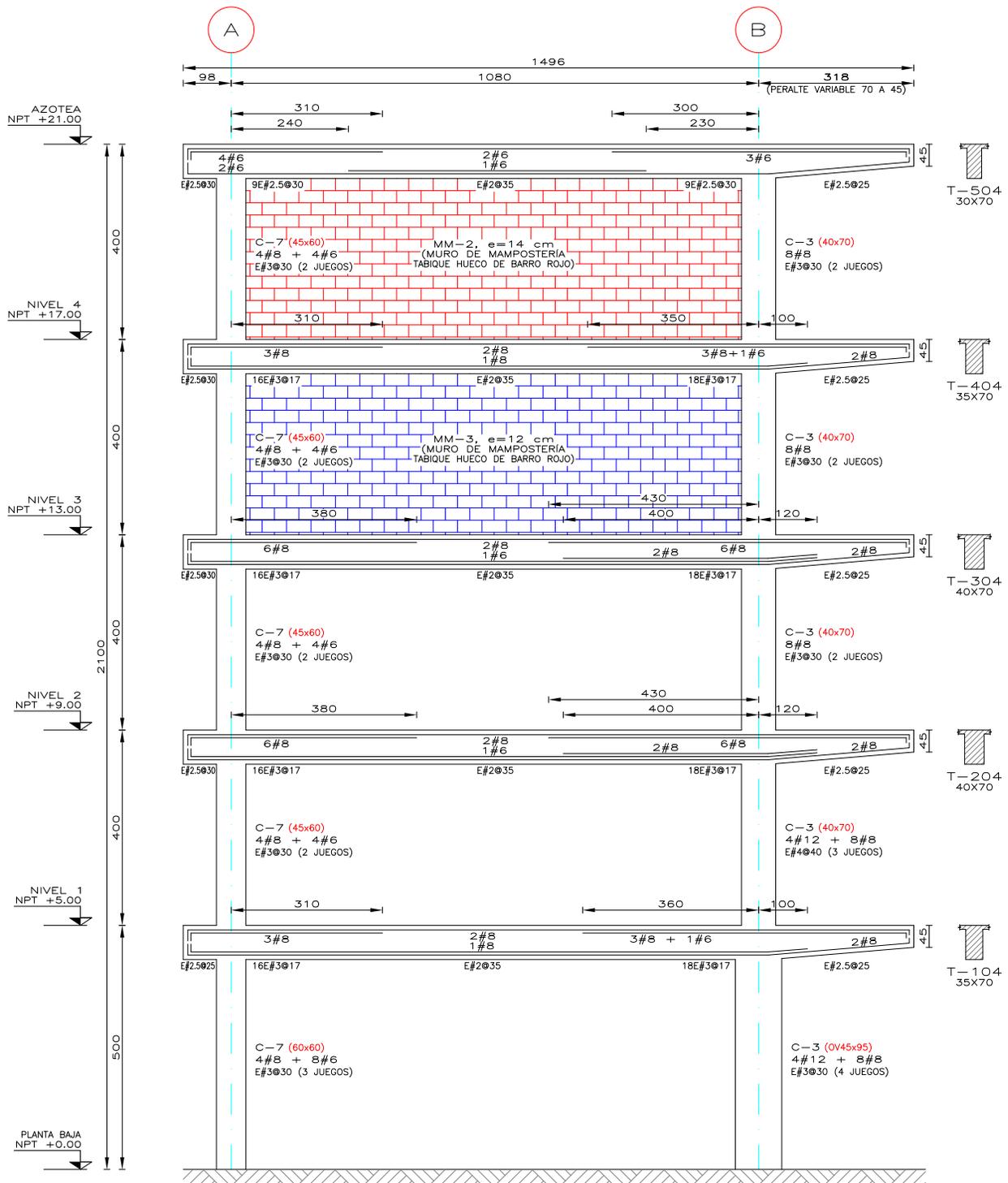
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

ELEVACIÓN MARCO EJE 3

<p>TESIS PROFESIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.</p>			
Carrera: INGENIERÍA CIVIL		M. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ	
Presenta: JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA			
Concepto: ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA	Aprobó: JLT/JCFS	Fecha: 15/01/13	Escala: 1:125
Dibujo: ELEVACIÓN MARCO EJE 3		Grupo: TJC_DIB_EJE3	

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

11. Elevación Marco Eje 4.



NOTAS

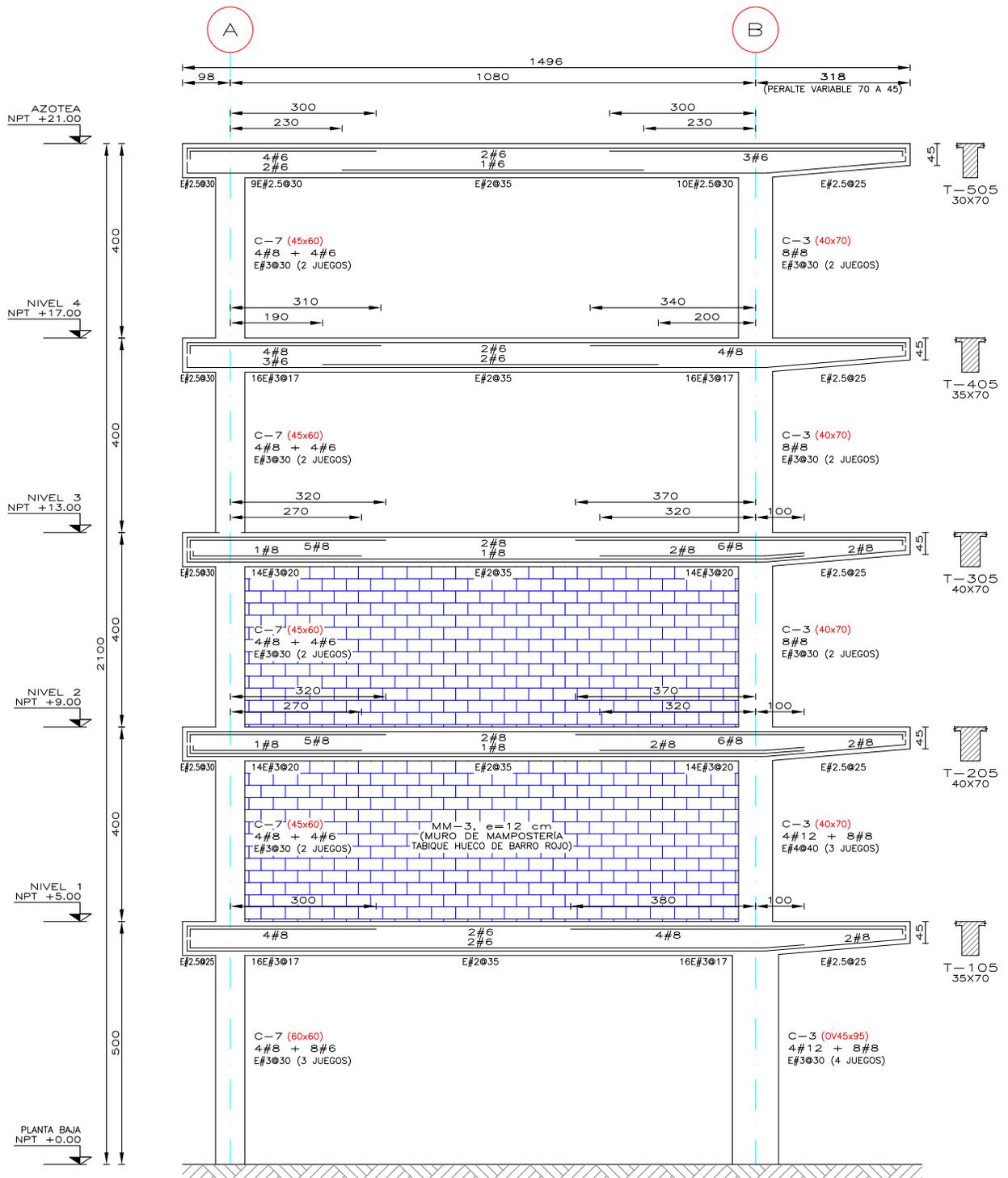
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

ELEVACIÓN MARCO EJE 4

<p>TESIS PROFESIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUÍDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.</p>			
Carrera: INGENIERÍA CIVIL		director de tesis: JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ	
Presenta: JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA			
Concepto: ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA	Aprobó: JLT/JCFS	Fecha: 15/01/13	Escala: 1:125
Dibujo: ELEVACIÓN MARCO EJE 4		Grupo: TJC_DIB_EJE4	

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

12. Elevación Marco Eje 5.



NOTAS

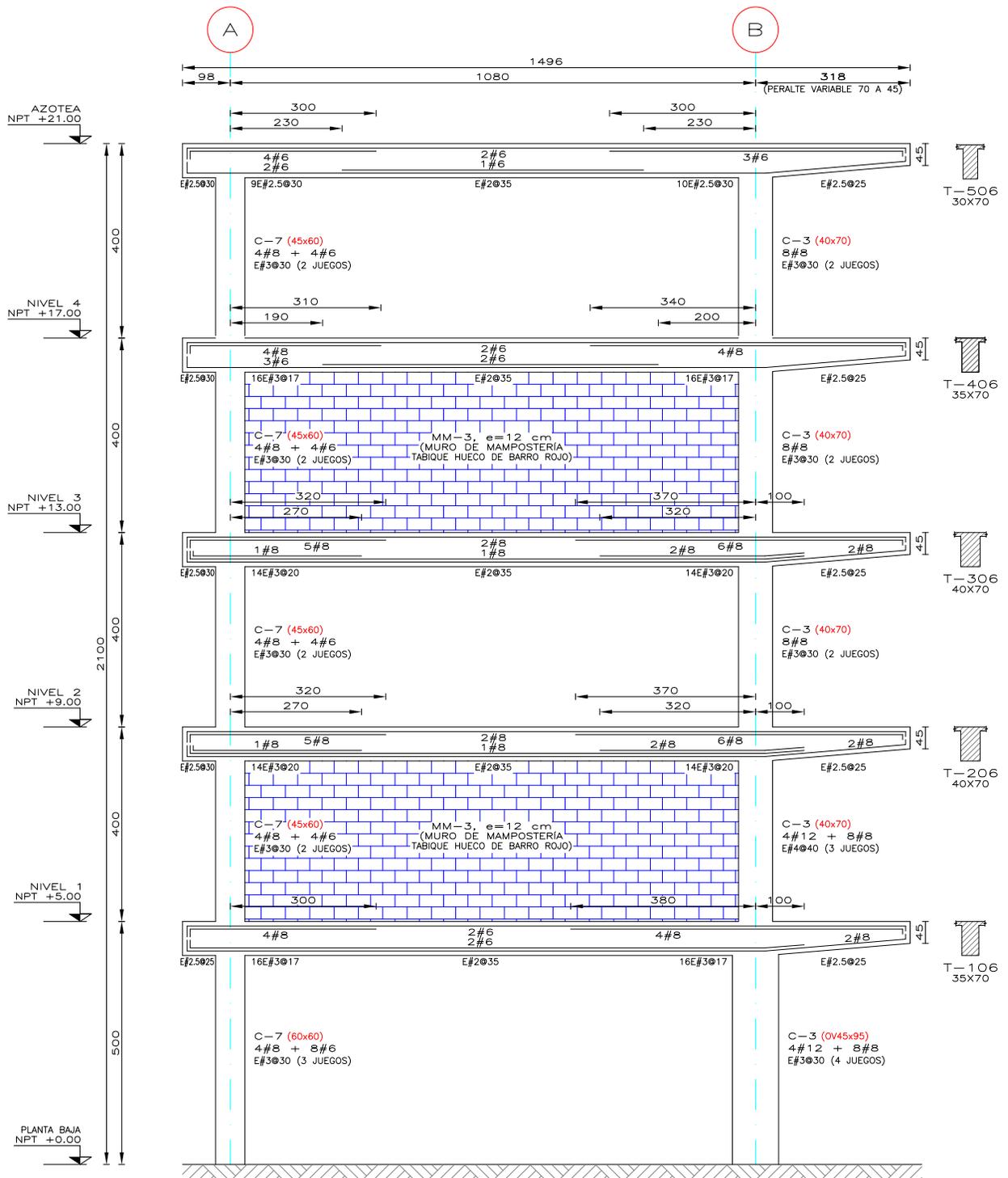
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

ELEVACIÓN MARCO EJE 5

<p>TESIS PROFESIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO</p>			
<p>EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.</p>			
<p>Correa: INGENIERÍA CIVIL</p>		<p>director de tesis: JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ</p>	
<p>Presenta: JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA</p>			
<p>Concepto: ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA</p>	<p>Aprobó: JLT/JCFS</p>	<p>Fecha: 15/01/13</p>	<p>Escala: 1:125</p>
<p>Dibujo: ELEVACIÓN MARCO EJE 5</p>		<p>Grupo: TJC_DIB_EJE5</p>	

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

13. Elevación Marco Eje 6.



NOTAS

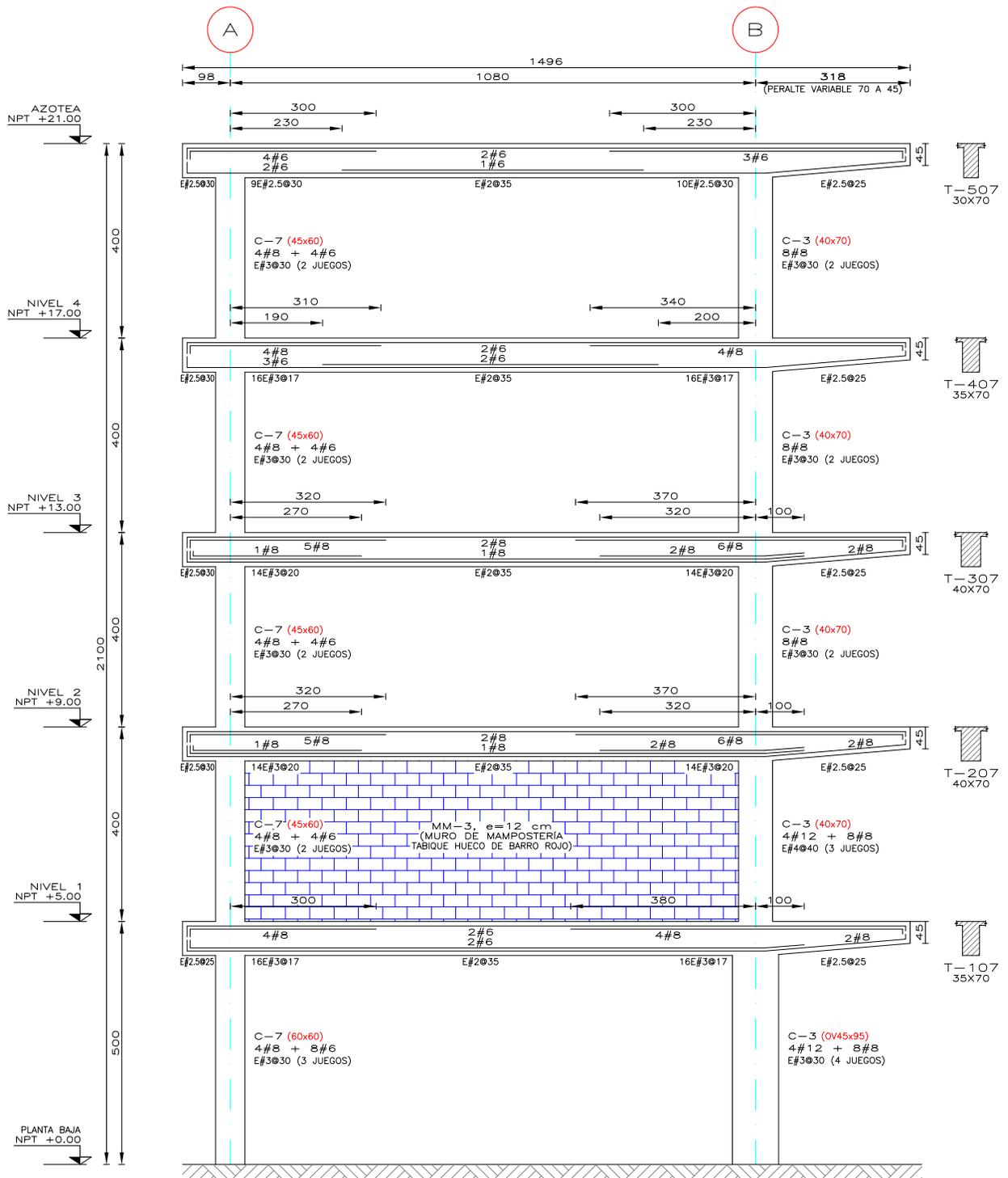
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

ELEVACIÓN MARCO EJE 6

TESIS PROFESIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.			
Carrera: INGENIERÍA CIVIL		director de tesis: M. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ	
Presenta: JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA			
Concepto: ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA	Aprobó: JLT/JCFS	Fecha: 15/01/13	Escala: 1:125
Dibujo: ELEVACIÓN MARCO EJE 6		Grupo: TJC_DIB_EJE6	

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

14. Elevación Marco Eje 7.



NOTAS

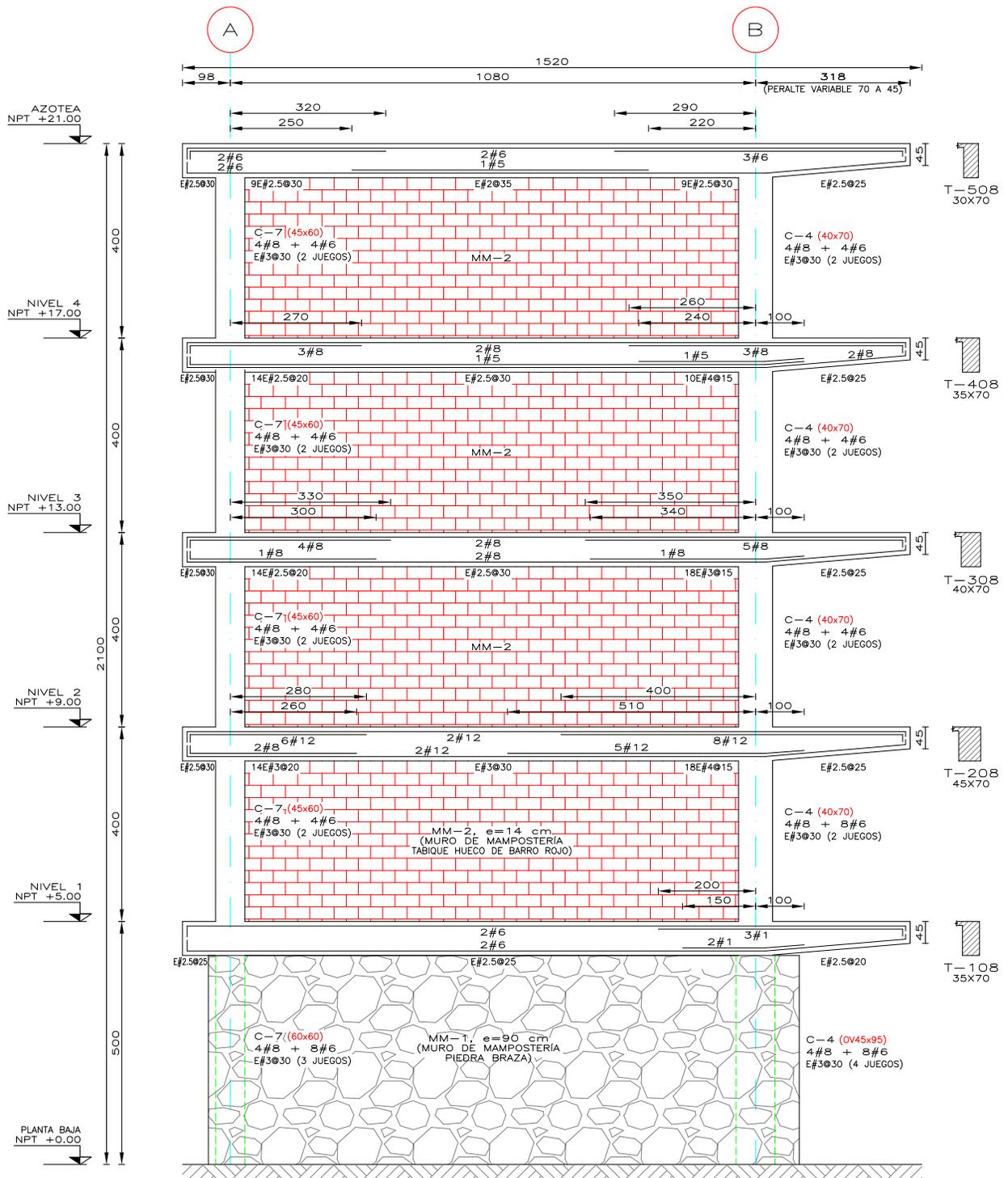
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

ELEVACIÓN MARCO EJE 7

TESIS PROFESIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.			
Carrera: INGENIERÍA CIVIL		director de tesis: JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ	
Presenta: JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA			
Concepto: ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA	Aprobó: JLT/JCFS	Fecha: 15/01/13	Escala: 1:125
Dibujo: ELEVACIÓN MARCO EJE 7		Grupo: TJC_DIB_EJE7	

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

15. Elevación Marco Eje 8.



NOTAS

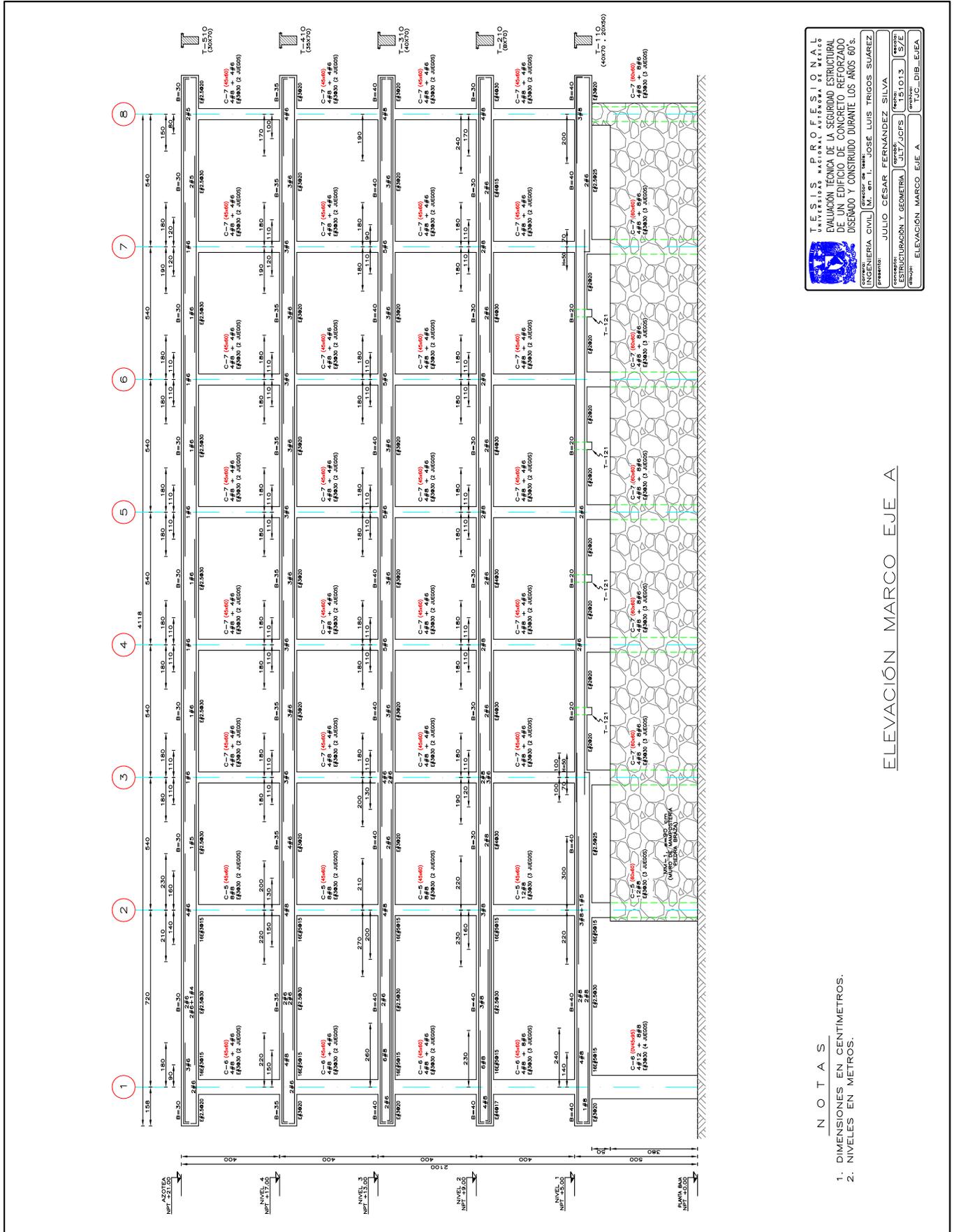
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
2. NIVELES EN METROS.

ELEVACIÓN MARCO EJE 8

TESIS PROFESIONAL UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.			
Carrera:		INGENIERÍA CIVIL	
M. en:		M. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ	
Presenta:		JULIO CÉSAR FERNÁNDEZ SILVA	
Concepto:	ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA	Aprobó:	JLT/JCFS
Fecha:	15/01/13	Escala:	1:125
Dibujo:	ELEVACIÓN MARCO EJE 8	Grupo:	TJC_DIB_EJE8

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

16. Elevación Marco Eje A.



**T E S I S P R O F E S I O N A L**  
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL  
 DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO  
 DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60 S.

INGENIERÍA CIVIL DIRECTOR DE TESIS: JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ  
 PRESENTA: JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA  
 CONFECCIÓN: ESTRELLACIÓN Y GEOMETRÍA: JET/JC/FS  
 NÚMERO: 151013 S/E  
 TÍTULO: ELEVACIÓN MARCO EJE A

ELEVACIÓN MARCO EJE A

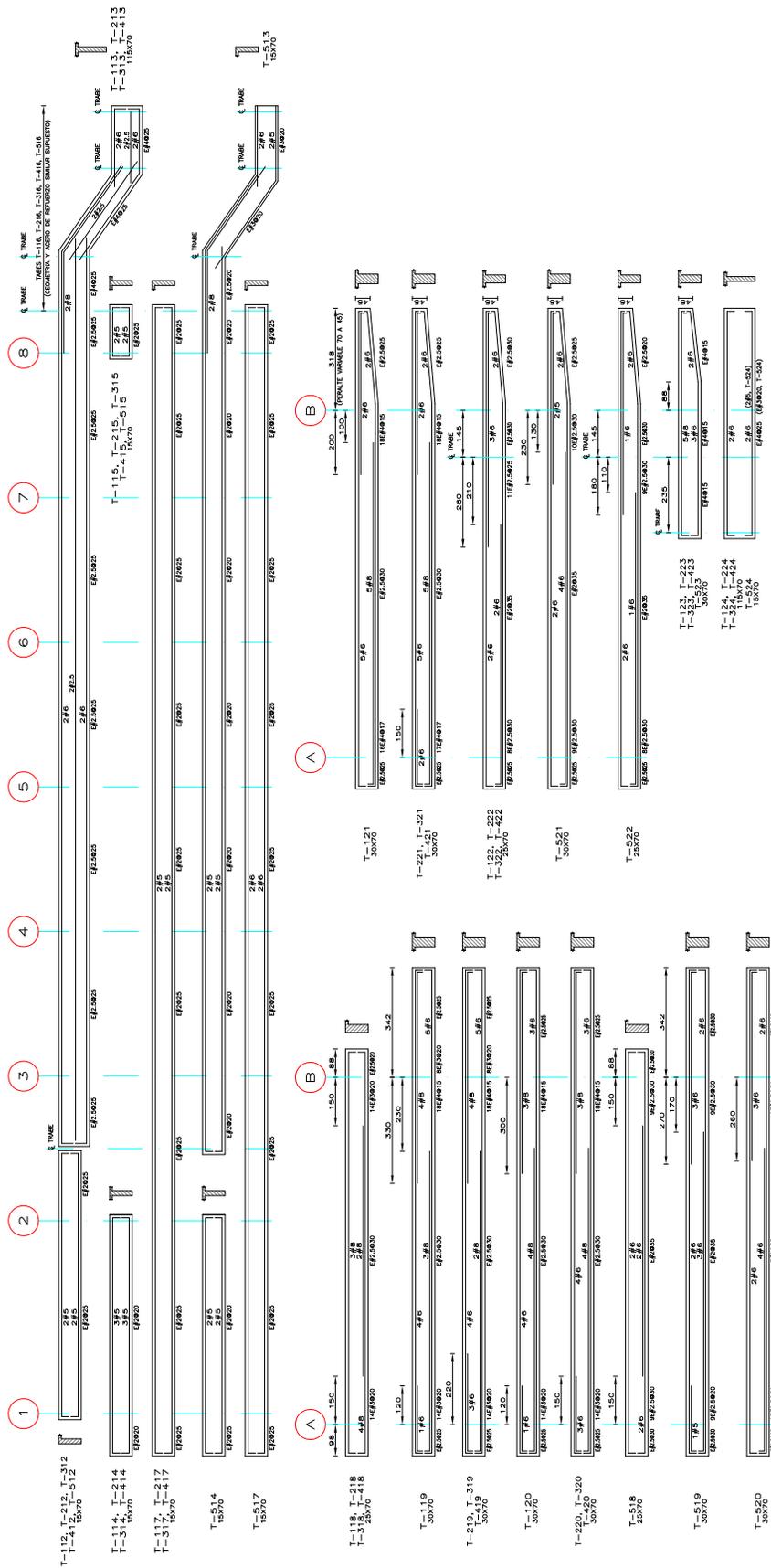
N O T A S

1. DIMENSIONES EN CENTIMETROS.
2. NIVELES EN METROS.



A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

18. Trabes Secundarias.



**T E S I S P R O F E S I O N A L**  
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL  
 DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO  
 DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60 S.

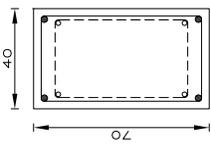
INGENIERÍA CIVIL **Director de Tesis:** JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ  
 Presentado por: **JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA**  
 Construcción: **ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA** **Grupos:** 151013 **Asesor:** S/E  
 Tema: **TRABES SECUNDARIAS**

TRABES SECUNDARIAS

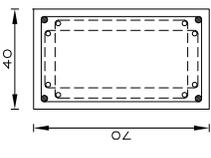
N O T A S  
 1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.

A. ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA.

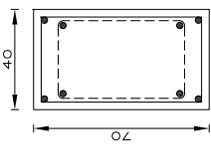
19. Columnas Tipo.



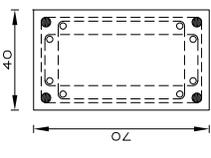
4#12 (4) + 4#4 (4)  
(7 JUEGOS)  
COLUMNA C-1  
NIVELES 3 Y 4



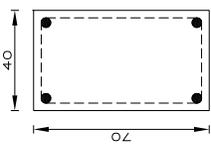
8#12 (8) + 8#4 (8)  
(2 JUEGOS)  
COLUMNA C-2  
NIVEL 2



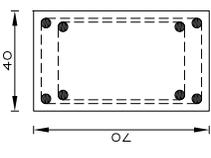
4#12 (4) + 8#4 (8)  
(1 JUEGO)  
COLUMNA C-2  
NIVELES 3 Y 4



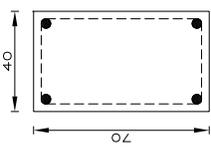
8#12 (8) + 8#4 (8)  
(2 JUEGOS)  
COLUMNA C-2  
NIVEL 2



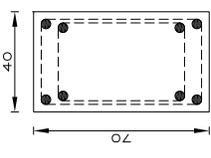
4#12 (4) + 8#4 (8)  
(3 JUEGOS)  
COLUMNA C-3  
NIVEL 1



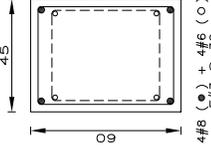
8#12 (8) + 8#4 (8)  
(2 JUEGOS)  
COLUMNA C-3  
NIVELES 2, 3 Y 4



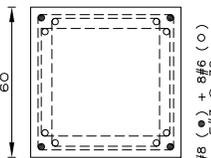
4#12 (4) + 8#4 (8)  
(3 JUEGOS)  
COLUMNA C-3  
NIVELES 2, 3 Y 4



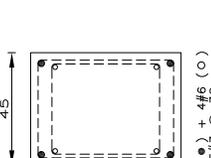
4#8 (4) + 4#6 (4)  
(2 JUEGOS)  
COLUMNA C-4  
NIVELES 2, 3 Y 4



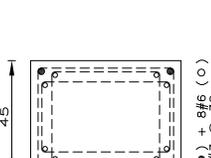
4#8 (4) + 4#6 (4)  
(2 JUEGOS)  
COLUMNA C-7  
NIVELES 1, 2, 3 Y 4



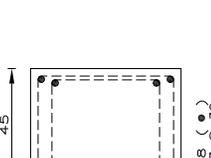
4#8 (4) + 8#6 (8)  
(3 JUEGOS)  
COLUMNA C-7  
PLANTA BAJA



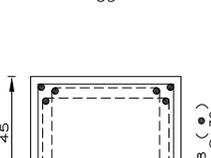
4#8 (4) + 4#6 (4)  
(2 JUEGOS)  
COLUMNA C-6  
NIVELES 2, 3 Y 4



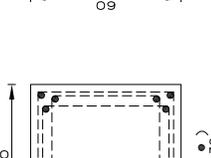
4#8 (4) + 8#6 (8)  
(2 JUEGOS)  
COLUMNA C-6  
NIVEL 1



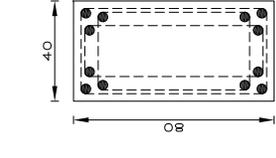
8#8 (8) + 8#6 (8)  
(2 JUEGOS)  
COLUMNA C-5  
NIVELES 2, 3 Y 4



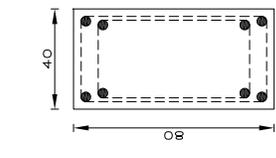
12#8 (12) + 8#6 (8)  
(3 JUEGOS)  
COLUMNA C-5  
NIVEL 1



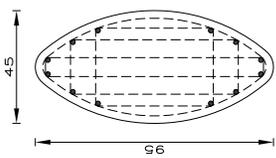
12#8 (12) + 8#6 (8)  
(3 JUEGOS)  
COLUMNA C-5  
PLANTA BAJA



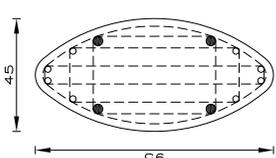
12#12 (12) + 8#4 (8)  
(3 JUEGOS)  
COLUMNA C-2  
PLANTA BAJA Y NIVEL 1



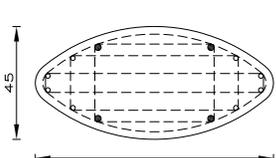
8#12 (8) + 8#4 (8)  
(2 JUEGOS)  
COLUMNA C-1  
NIVEL 1



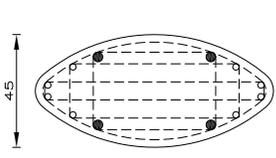
12#8 (12) + 8#5 (8)  
(4 JUEGOS)  
COLUMNA C-9  
PLANTA BAJA



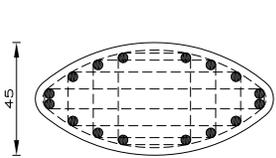
4#12 (4) + 8#8 (8)  
(4 JUEGOS)  
COLUMNA C-6  
PLANTA BAJA



4#8 (4) + 8#6 (8)  
(4 JUEGOS)  
COLUMNA C-4  
PLANTA BAJA



4#12 (4) + 8#8 (8)  
(4 JUEGOS)  
COLUMNA C-3  
PLANTA BAJA



16#12 (16) + 8#35 (8)  
(5 JUEGOS)  
COLUMNA C-1  
PLANTA BAJA

**TESTS PROFESIONALES**  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE AVILA  
EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60'S.

INGENIERIA CIVIL INSC. en I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUAREZ  
Presentado por JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA  
ESTRUCTURACIÓN Y GEOMETRÍA DISEÑO: JLF/JCPS  
COLUMNINAS TIPO TUC-DIB-COLS

C O L U M N A S T I P O

1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.

### **III. ESTUDIOS ANALÍTICOS.**

### **III. ESTUDIOS ANALÍTICOS.**

Es necesario estudiar el comportamiento de la estructura mediante modelos matemáticos que permitan comprender y/o predecir su comportamiento ante las cargas y acciones a las que estará sujeta.

Para el estudio del edificio se plantea de manera simple y lo más apegado a la construcción actual un modelo tridimensional, generado por un conjunto de nudos y elementos, tomando en cuenta las características geométricas de los elementos, las propiedades de los materiales con los que fue construido, las cargas aplicables y sus efectos.

El análisis del edificio fue realizado con el programa ETABS Nonlinear Versión 9.7.4. ( Extended Three Dimensional Analysis of Building System ), los resultados fueron corroborados con análisis realizados simultáneamente con el programa STAAD v2003 ( Structural Analysis and Design ), como el objetivo de esta tesis no es el de evaluar similitudes y/o discordancias, se omite la comparación de los resultados obtenidos entre los dos programas, se comenta que ambos concuerdan.

En la sección III.A. se presentan las cargas y acciones estipuladas en los reglamentos correspondientes, y que son consideradas para el análisis y revisión de la estructura y sus componentes. Incluyen: Carga Muerta, Carga Viva Máxima e Instantánea y Acciones Accidentales.

En la sección III.B. se describe la modelación analítica de la estructura identificando nudos y elementos; la geometría de elementos y propiedades mecánicas de materiales; se establecen las condiciones básicas de carga y las combinaciones correspondientes para revisión de estados límite de servicio y de falla.

El análisis general de la estructura se hizo considerando hipótesis de comportamiento elástico-lineal, la revisión de los elementos de concreto reforzado en la estructura se hizo por el "Método de Resistencia Última".

Con el fin de obtener índices cuantitativos que permitan evaluar la seguridad estructural del edificio, a continuación se describen brevemente las diferencias de tres modelos analíticos empleados en este estudio, en base a las disposiciones reglamentarias consideradas y el tipo de análisis sísmico empleado.

#### **MODELO 1, RCDF66, ASEE.**

Se realiza el análisis y revisión general de la estructura conforme a requisitos aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, **RCDF66**. Para evaluar los efectos por sismo se aplicó el **Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE )**.

#### **MODELO 2, RCDF04, ASEE.**

Se realiza el análisis y revisión general de la estructura conforme a requisitos aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, **RCDF04**, y sus Normas Técnicas Complementarias, **NTC's**. Para evaluar los efectos por sismo se aplicó el **Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE )**.

#### **MODELO 3, RCDF04, ASDME.**

Se realiza el análisis y revisión general de la estructura conforme a requisitos aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, **RCDF04**, y sus Normas Técnicas Complementarias, **NTC's**. Para evaluar los efectos por sismo se aplicó el **Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral ( ASDME )**.

## A. ANÁLISIS DE CARGAS.

Se presentan las cargas y acciones, para revisión de la estructura, conforme a los requisitos aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, **RCDF04**, y sus Normas Técnicas Complementarias, **NTC's**, así como las cargas y acciones correspondientes, establecidas en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal del año de 1966, **RCDF66**, vigente en la fecha de proyecto y construcción del edificio.

### 1. Carga Muerta.

Se consideran cargas muertas, peso propio de la estructura y los sistemas de piso, componentes que tienen carácter permanente en la construcción y que no varían sustancialmente con el tiempo.

- a. Peso propio de la estructura: Columnas, trabes y muros de concreto reforzado, con peso volumétrico,  $\gamma_c = 2.4 \text{ tonf/m}^3$ ; muros de mampostería de piedra braza, con peso volumétrico,  $\gamma_m = 2.6 \text{ tonf/m}^3$ ; y muros de mampostería de tabique hueco de barro, con peso volumétrico,  $\gamma_m = 1.5 \text{ tonf/m}^3$ .

PESO TOTAL DE ELEMENTOS	W <sub>PP</sub> ( tonf )
Columnas de Concreto Reforzado	237.85
Trabes de Concreto Reforzado	1,163.12
Muros de Concreto Reforzado	127.25
Muros de Mampostería de Piedra Braza	630.54
Muros de Mampostería de Tabique Hueco de Barro	516.44
$\Sigma W_{PP} =$	2,675.20

- b. Peso de sistemas de piso: Losas macizas, firmes, rellenos y acabados, plafones, instalaciones, muros divisorios, cancelería, etc.

PESO DE SISTEMAS DE PISO	RCDF66 ( kgf/m <sup>2</sup> )	RCDF04 ( kgf/m <sup>2</sup> )	COCIENTE RC04 / RC66
Losa Nivel 1 ( aulas, laboratorios, oficinas y similares )	385	425	1.10
Losa Nivel 2 a Nivel 4 ( aulas, laboratorios, oficinas y similares )	370	410	1.11
Losa Nivel 1 a Nivel 4 ( pasillos )	360	400	1.11
Losa Nivel 1 a Nivel 4 ( pasillo escalera )	530	570	1.08
Escaleras Nivel 1 a Nivel 4 ( descanso y rampa )	575	615	1.07
Escaleras Nivel 4 a Azotea ( descanso y rampa )	505	545	1.08
Losa de Azotea	475	515	1.08

La diferencia del 7% al 11%, se debe al incremento de 40 kg/m<sup>2</sup> en el peso de losas de concreto, requisito reglamentario vigente, conforme al RCDF04, y NTC's Sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, sección 5.1.2.

## 2. Carga Viva.

Se consideran como cargas vivas, las cargas debidas al uso específico y la ocupación del edificio, no tienen carácter permanente, se utilizan las intensidades de carga viva especificadas en los reglamentos correspondientes.

### a. Carga Viva Máxima.

La carga viva máxima se emplea para la revisión de la estructura por cargas gravitacionales.

<b>CARGA VIVA MÁXIMA ( <math>CV_{máx}</math> )</b>	<b>RCDF66 ( kgf/m<sup>2</sup> )</b>	<b>RCDF04 ( kgf/m<sup>2</sup> )</b>	<b>COCIENTE RC04 / RC66</b>
En lugares cuyo destino es aulas, laboratorios, oficinas y similares	250	250	1.00
En lugares cuyo destino es pasillo y escaleras	500	350	0.70
En Azoteas con pendiente no mayor al cinco por ciento	100	100	1.00

### b. Carga Viva Instantánea.

La carga viva instantanea se emplea en la revisión de la estructura por efectos sísmicos.

<b>CARGA VIVA INSTANTÁNEA ( <math>CV_a</math> )</b>	<b>RCDF66 ( kgf/m<sup>2</sup> )</b>	<b>RCDF04 ( kgf/m<sup>2</sup> )</b>	<b>COCIENTE RC04 / RC66</b>
En lugares cuyo destino es aulas, laboratorios, oficinas y similares	110	180	1.63
En lugares cuyo destino es pasillo y escaleras	250	150	0.60
En Azoteas con pendiente no mayor al cinco por ciento	40	70	1.75

Se observa que las intensidades de diseño posiblemente usadas en el proyecto original difieren de las intensidades de diseño requeridas actualmente; la carga viva máxima disminuye el treinta por ciento en escaleras y pasillos; y la carga viva instantánea se incrementa sesenta y tres por ciento en aulas, laboratorios y oficinas, al mismo tiempo disminuye cuarenta por ciento en escaleras y pasillos, e incrementa setenta y cinco por ciento en azoteas

## 3. Cargas Accidentales.

Las cargas accidentales derivan de fenómenos de la naturaleza (sismo, viento, inundaciones, granizo, etc.), o hechos fortuitos extraordinarios ( explosiones, incendios, etc. ), en los que durante lapsos breves las fuerzas internas en los elementos estructurales, pueden llegar a ser de magnitud relativamente alta que representarían un riesgo a la estabilidad y seguridad de la estructura; el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal establece que en los proyectos de edificaciones debe darse especial atención a los efectos de sismo y del viento cuando este sea significativo.

En el estudio realizado no se considera a las presiones producidas por el viento de magnitud considerable para analizar los efectos eólicos, por ser menores a los efectos sísmicos; para evaluar los efectos por sismo se han empleado dos tipos de análisis: El Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE ) y el Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral ( ADME ).

## 4. Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE ), RCDF66.

## a. Coeficiente sísmico de diseño.

Según el destino de la estructura: Grupo A  
 Según el tipo de suelo existente en el terreno: Zona de Baja Compresibilidad  
 Según las características estructurales: Tipo I  
 Coeficiente sísmico básico:  $C = 0.040$

**Coeficiente sísmico de diseño:**  $C_{d1} = ( 1.3 \times 0.04 ) = 0.052$

## b. Fuerzas sísmicas estáticas equivalentes.

NIVEL	$h_i$ ( m )	$W_{CM}$ ( tonf )	$W_{CVa}$ ( tonf )	$W_i$ ( tonf )	$W_i h_i$ ( tonf · m )	$F_i$ ( tonf )	$V_i$ ( tonf )
AZ	21.00	653.78	32.65	686.42	14,414.87	58.20	58.20
N4	17.00	684.97	92.43	777.39	13,215.70	53.63	111.65
N3	13.00	707.13	94.60	801.73	10,422.44	42.08	153.65
N2	9.00	708.18	94.60	802.77	7,224.95	29.17	182.82
N1	5.00	638.58	92.78	731.35	3,656.77	14.76	197.58
TOTAL				3,799.67	48,934.73		

$$F_i = C_{d1} \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i} W_i h_i$$

$$F_i = 0.052 \frac{3,799.67}{48,934.73} W_i h_i$$

$$F_i = 0.0040 W_i h_i$$

## 5. Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE ), RCDF04.

## a. Coeficiente sísmico de diseño.

Según el destino de la estructura: Grupo A  
 Según el tipo de suelo existente en el terreno: Zona I  
 Coeficiente sísmico básico:  $C = 0.160$   
 Factor de comportamiento sísmico:  $Q = 2.000$   
 Factor reductivo ( NO CUMPLE condiciones de regularidad ):  $Q' = 0.8 \times 2.00 = 1.60$

**Coeficiente sísmico de diseño:**  $C_{d2} = ( 1.5 \times 0.16 ) / 1.60 = 0.150$

## b. Fuerzas sísmicas estáticas equivalentes.

NIVEL	$h_i$ (m)	$W_{CM}$ (tonf)	$W_{CVa}$ (tonf)	$W_i$ (tonf)	$W_i h_i$ (tonf · m)	$F_i$ (tonf)	$V_i$ (tonf)
AZ	21.00	681.12	49.87	730.99	15,350.74	178.76	178.76
N4	17.00	711.16	113.50	824.66	14,019.19	163.25	342.01
N3	13.00	733.67	114.80	848.47	11,030.09	128.45	470.46
N2	9.00	734.72	114.80	849.51	7,645.63	89.03	559.49
N1	5.00	664.83	113.71	778.53	3,892.66	45.33	604.82
TOTAL				4,032.16	51,938.32		

$$F_i = C_{d2} \frac{\sum W_i}{\sum W_i h_i} W_i h_i$$

$$F_i = 0.150 \frac{4,032.16}{51,938.32} W_i h_i$$

$$F_i = 0.0116 W_i h_i$$

## 6. Análisis Dinámico Modal Espectral ( ADME ), RCDF04.

## a. Modos de vibrar, periodos, frecuencias y factores de participación.

En función de distribución de la rigidez y la masa, el programa, mediante un análisis de valores y vectores característicos, determina las propiedades dinámicas de las estructura: formas modales, periodos y frecuencias naturales, a continuación se presentan los valores obtenidos del análisis estructural.

Modo de Vibrar	Periodo T (seg)	Frecuencia f (hertz)	Grado de libertad	Factores de participación de masa (%)					
				X	Y	Z	Σ X	Σ Y	Σ Z
1	0.768	1.302	↔ X <sub>1</sub>	71.49	0.01	0.00	71.49	0.01	0.00
2	0.575	1.739	↑↓ Y <sub>1</sub>	0.07	57.47	0.00	74.56	57.48	0.00
3	0.397	2.519	○ Z <sub>1</sub>	0.19	27.28	0.00	71.74	84.76	0.00
4	0.207	4.831	↔ X <sub>2</sub>	17.32	0.00	0.00	89.06	84.76	0.00
5	0.175	5.714	↑↓ Y <sub>2</sub>	0.07	6.96	0.00	89.14	91.72	0.00
6	0.127	7.874	○ Z <sub>2</sub>	0.00	5.50	0.00	89.13	97.22	0.00
7	0.105	9.524	↔ X <sub>3</sub>	7.94	0.00	0.00	97.08	97.22	0.00
8	0.095	10.526	↑↓ Y <sub>3</sub>	0.00	1.05	0.00	97.08	98.27	0.00
9	0.085	11.765	○ Z <sub>3</sub>	0.00	0.04	0.00	97.08	98.31	0.00
10	0.084	11.905	↔ X <sub>4</sub>	0.00	0.00	0.00	97.08	98.31	0.00
11	0.084	11.905	↑↓ Y <sub>4</sub>	0.00	0.06	0.00	97.08	98.37	0.00
12	0.083	12.048	○ Z <sub>4</sub>	0.00	0.01	0.00	97.08	98.37	0.00

## b. Espectro sísmico de diseño.

Según el destino de la estructura:	Grupo A
Según el tipo de suelo existente en el terreno:	Zona I
Coefficiente sísmico básico:	$C = 0.160$
Factor de comportamiento sísmico:	$Q = 2.000$
Factor reductor ( NO CUMPLE condiciones de regularidad ):	$Q' = 0.8 \times 2.00 = 1.60$

Para obtener las ordenadas del espectro de diseño:

$$a_0 = 0.04 ; \text{ para } T = 0$$

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

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

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

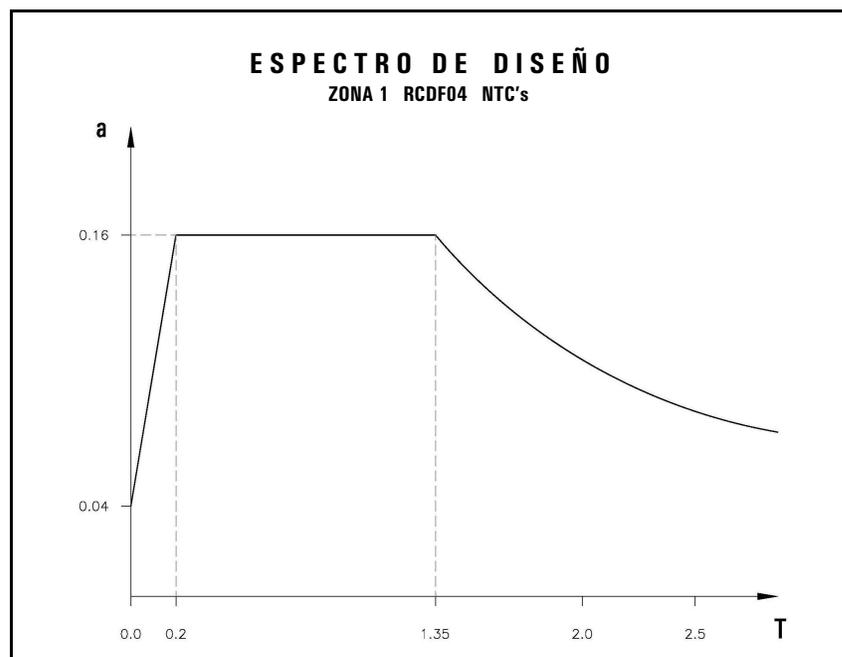
$$T_a = 0.2 \text{ y } T_b = 1.35 ; q = (T_b / T)^r, r=1$$

Donde:

$a$  es la ordena del espectro, expresada como fracción de la gravedad.

$T$  es el periodo natural de vibración de la estructura en segundos.

$T_a$  y  $T_b$  son los periodos característico del espectro.



## **B. MODELO ANALÍTICO.**

La estructura portante está formada por marcos rígidos ortogonales en dos direcciones, integrados por columnas, muros de concreto reforzado y muros de mampostería, que soportan al sistema de piso a base de trabes principales, trabes secundarias y losas macizas, colados in situ. La cimentación consiste en zapatas aisladas de concreto reforzado, que reciben a las columnas.

El modelo del edificio se realizó tomando en cuenta toda la información disponible y aplicable, proporcionada en el proyecto estructural original, y en los proyectos arquitectónicos, de los cuales se obtuvieron las plantas geométricas, los niveles que constituyen los sistemas de piso, así como la estructuración del edificio.

La estructura del edificio se modeló analítica y matemáticamente mediante un conjunto tridimensional de 949 nudos y 1,299 elementos: 1,028 trabes principales y secundarias, 91 columnas de concreto reforzado y 180 elementos verticales en fachada; y 629 elementos panel que discretizan a los muros de mampostería, losas, rampas y muros de concreto, integrados explícitamente en el modelo de análisis tridimensional mediante la aplicación del Método del Elemento Finito.

El modelo es referido a un sistema tridimensional global derecho, con dos ejes ortogonales X y Y, en las direcciones longitudinal y transversal, respectivamente; y el eje Z en la dirección vertical.

El sistema de piso se idealiza como un diafragma rígido, es decir, como un elemento único condicionado y limitado a permitir solo desplazamientos horizontales y verticales, así como el giro alrededor de un eje vertical, sin permitir deformaciones significativas en su plano.

La modelación estructural de las plantas se presenta en las figuras III.B.1.a a III.B.6.f, y los componentes del modelo tridimensional completo, en cuatro isométricos en las figuras III.B.1.g a III.B.1.j.

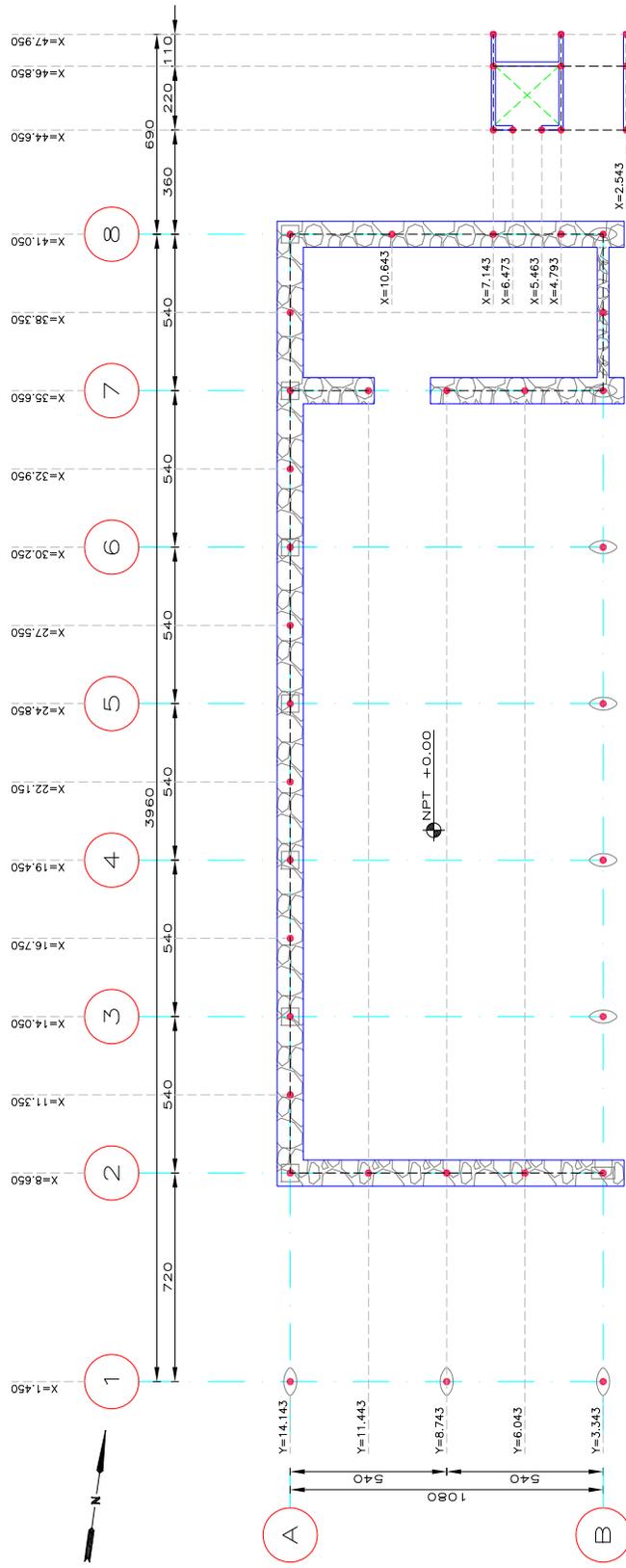
En la sección III.B.2 se consignan las propiedades geométricas de los principales elementos que componen la estructura; en III.B.3 los valores de las propiedades mecánicas de los materiales empleados en el análisis; en III.B.4 se indican las condiciones básicas de carga; y en III.B.5 los valores de los coeficientes para las Combinaciones de Carga usadas en la revisión de los estados límite de servicio, desplazamientos de los nudos de la estructura, y de los estados límite de falla, resistencias, de los componentes y elementos de la estructura.

Posteriormente, en el capítulo IV, se presenta los resultados del análisis y la revisión de la estructura y sus componentes, conforme a requisitos reglamentarios

**B. MODELO ANALÍTICO.**

**1. Topología.**

**a. Planta Baja.**



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

**SIMBOLOGÍA**

- NUDO COLUMNA
- NUDO TRABE
- TRABE
- MURO

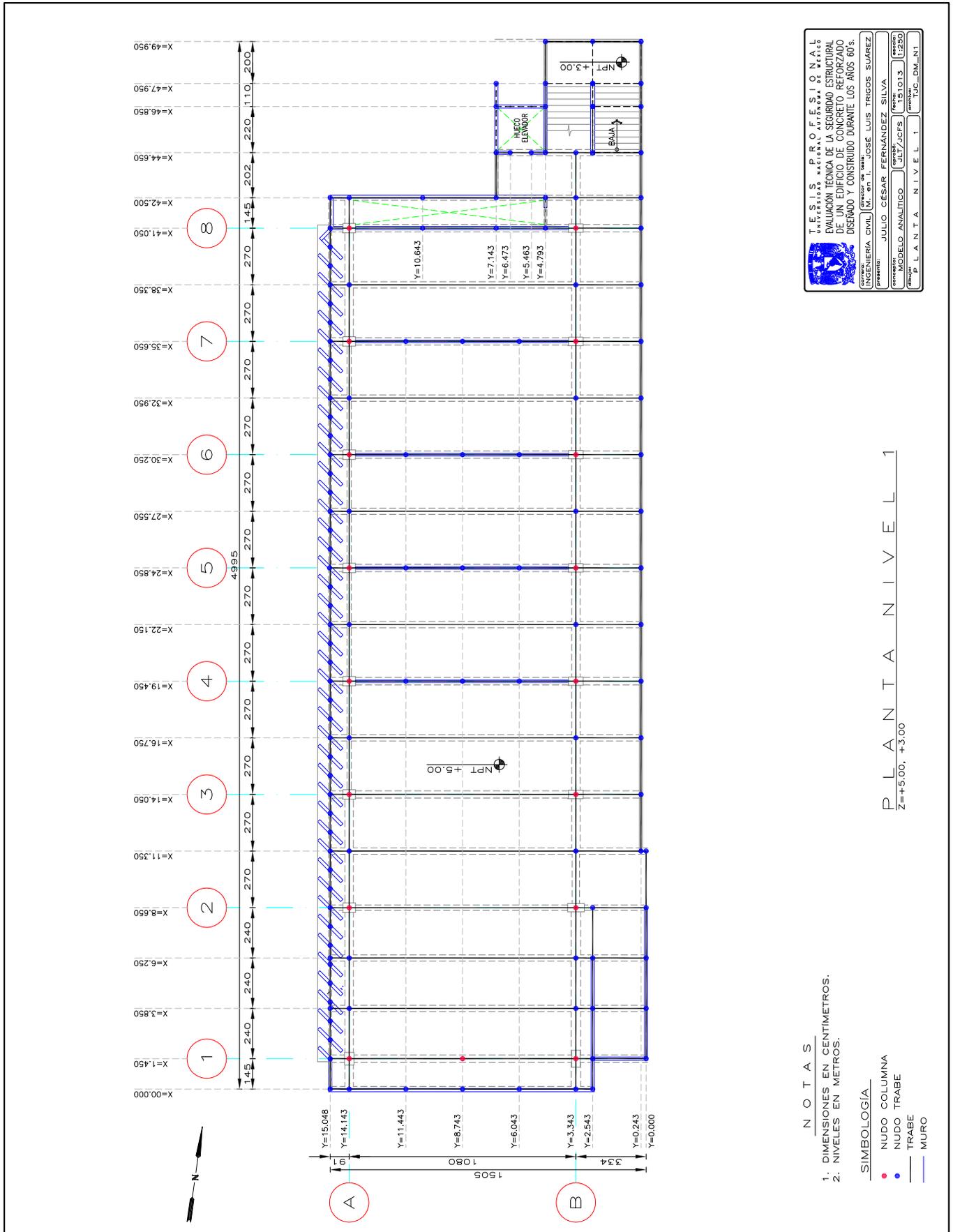
P L A N T A B A J A  
Z=0.00

<b>T E S I S P R O F E S I O N A L</b>	
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60 S.	
CONSEJO DE INGENIERÍA CIVIL	DIRECTOR DE TESIS: JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ
PRESENTE:	JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA
CONTRATO:	MODELO ANALÍTICO - JUL7/JCPS
PROYECTO:	P L A N T A B A J A
	OPORTUNIDAD: 1013
	FECHA: 12/20
	PROYECTISTA: JUC_DM_PB

**B. MODELO ANALÍTICO.**

**1. Topología.**

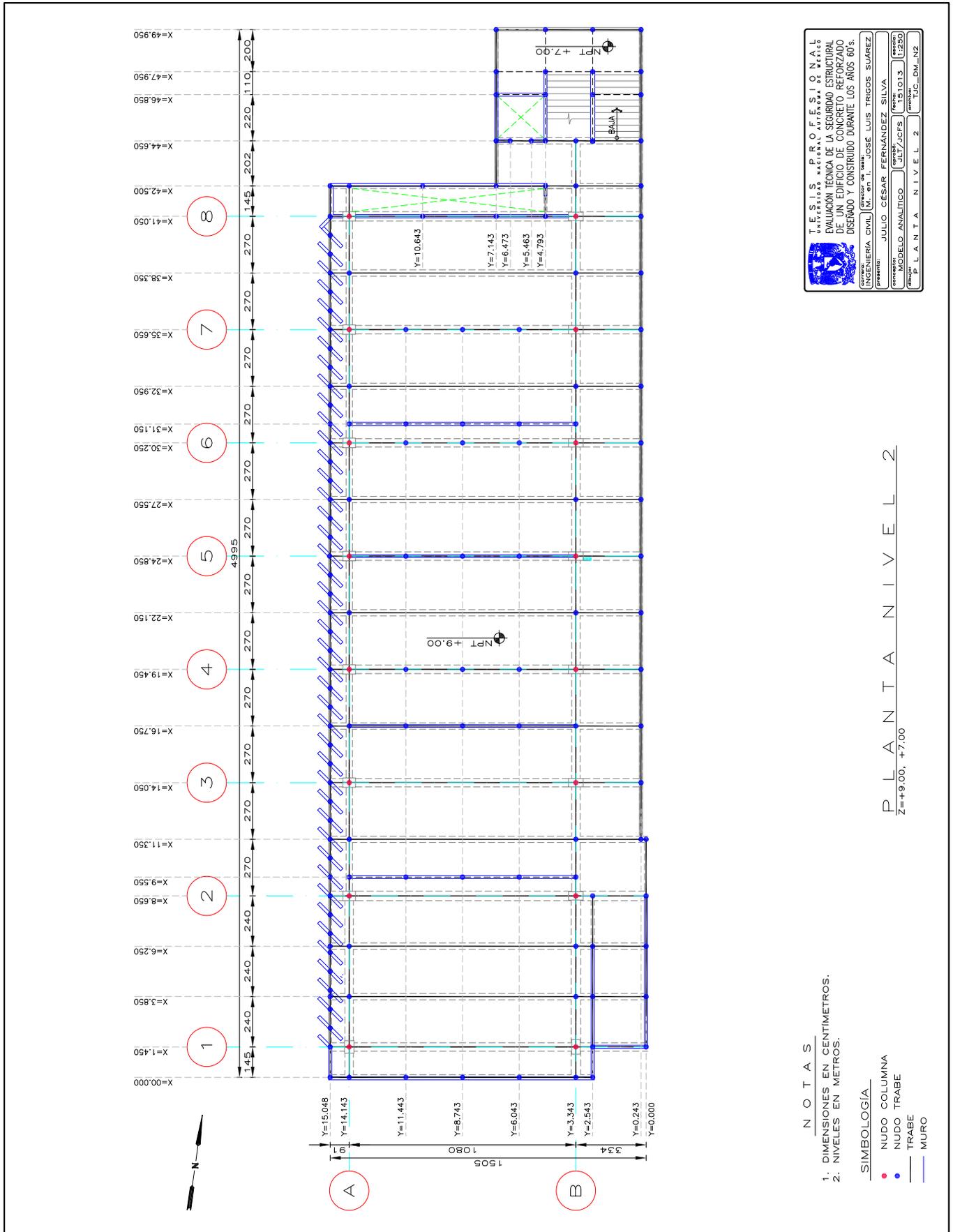
**b. Planta Nivel 1.**



**B. MODELO ANALÍTICO.**

**1. Topología.**

**c. Planta Nivel 2.**



**INSTITUCIÓN PROFESIONAL**  
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL**  
**DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO**  
**DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60 S.**

**INGENIERÍA CIVIL** (Módulo de Materiales)  
**Director de Tesis:** JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ  
**Presentador:** JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA  
**Modelo Analítico:** JLE7/JCFS  
**Fecha:** 15/10/13  
**Proyecto:** P L A N T A N I V E L 2  
**Carpeta:** CUC\_DM\_N2

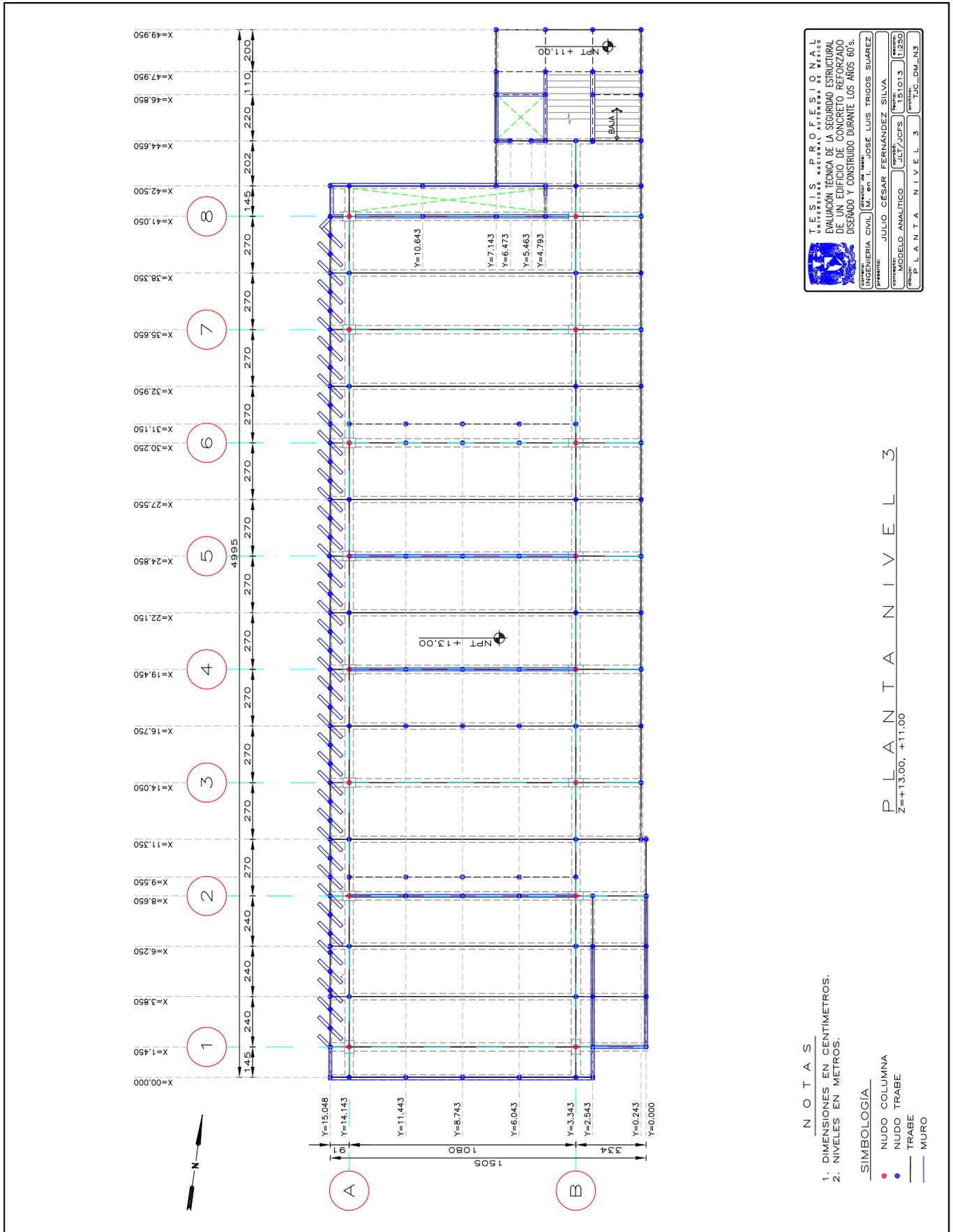
- NOTAS**
1. DIMENSIONES EN CENTÍMETROS.
  2. NIVELES EN METROS.
- SIMBOLOGÍA**
- NUDO COLUMNA
  - NUDO TRABE
  - TRABE
  - MURO

P L A N T A N I V E L 2  
 Z = +9.00, +7.00

**B. MODELO ANALÍTICO.**

**1. Topología.**

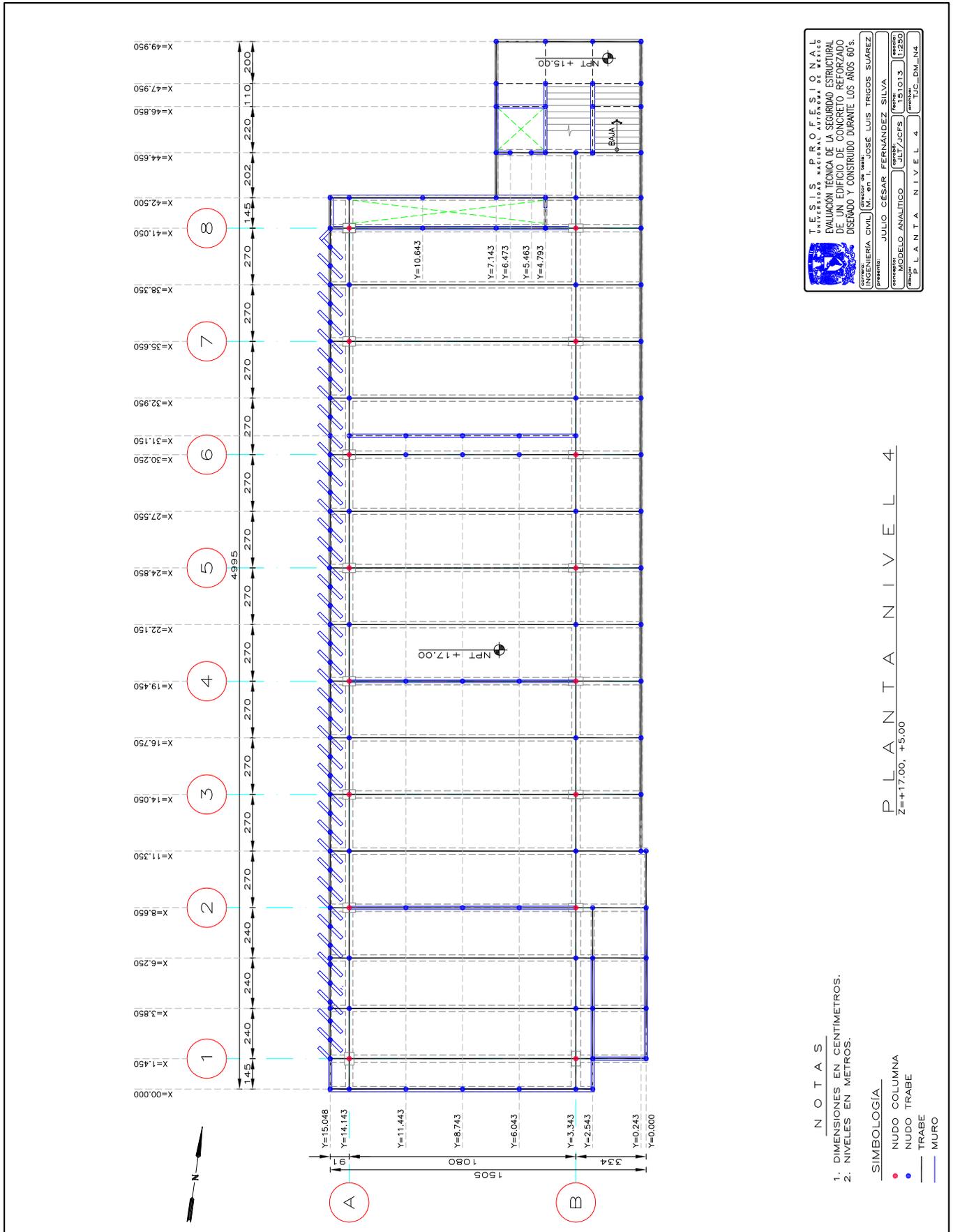
**d. Planta Nivel 3.**



B. MODELO ANALÍTICO.

1. Topología.

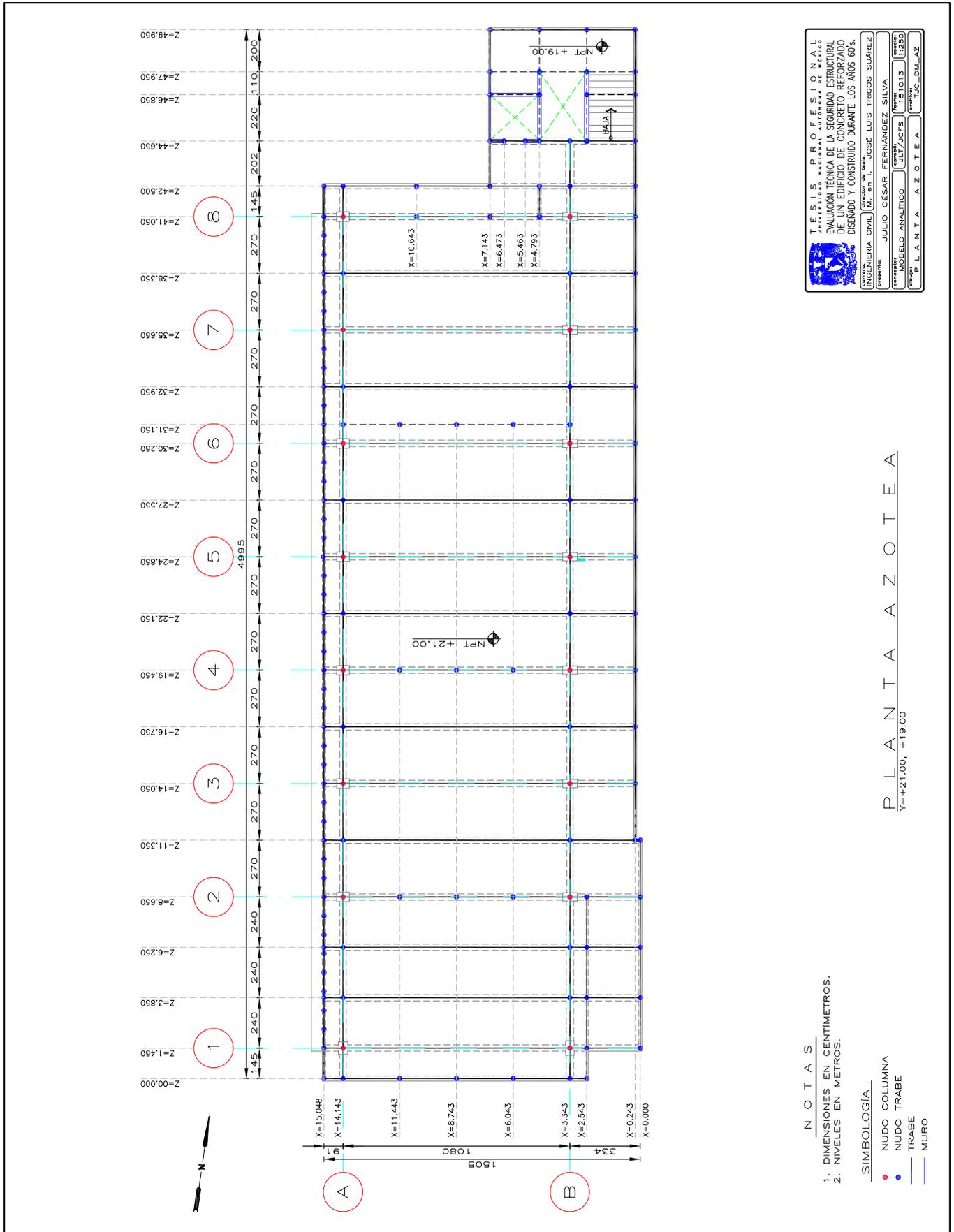
e. Planta Nivel 4.



B. MODELO ANALÍTICO.

1. Topología.

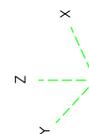
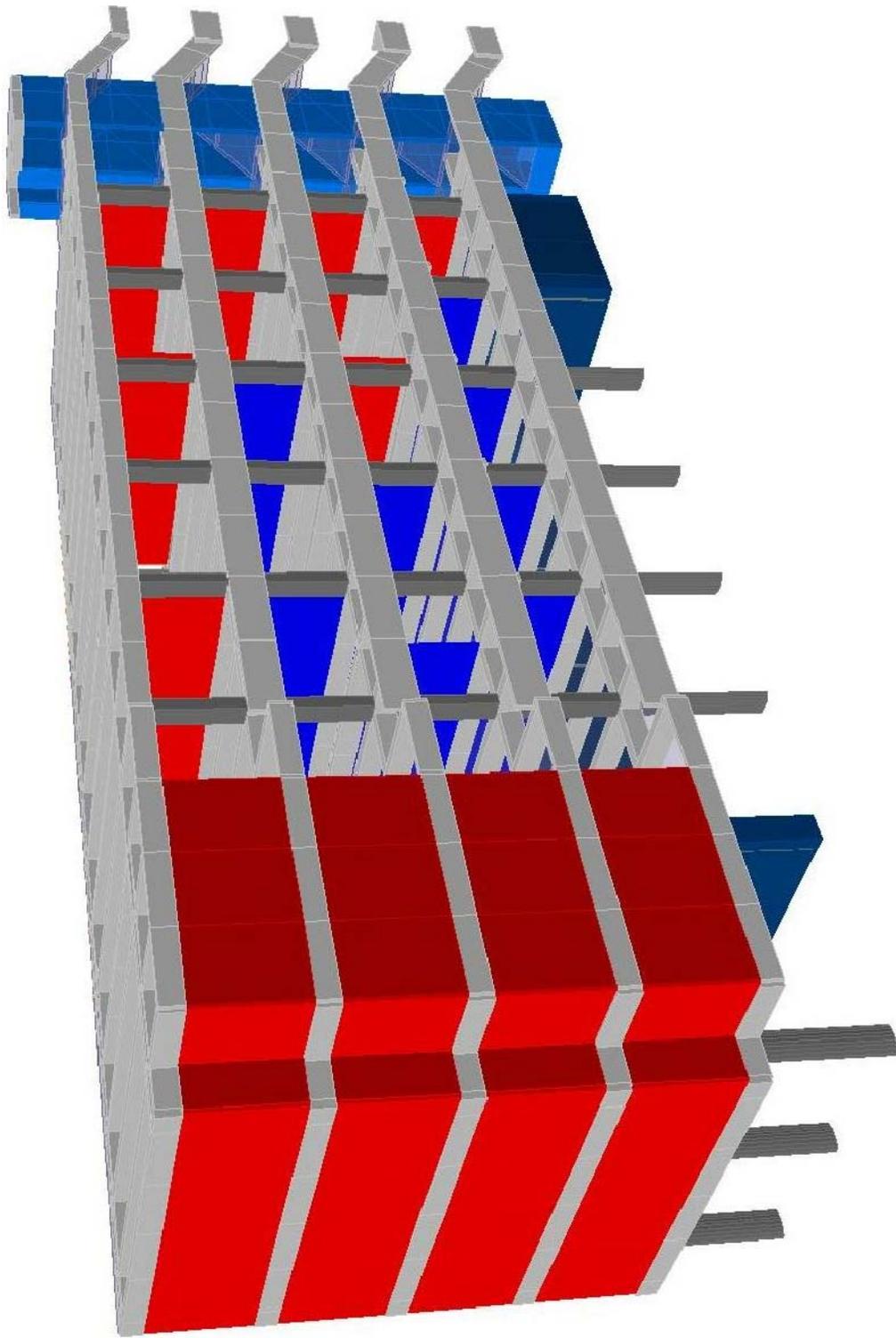
f. Planta Azotea.



B. MODELO ANALÍTICO.

1. Topología.

g. Isométrico 1.



DATOS ESTRUCTURA  
MODELO: M1, M2 Y M3  
NN = 949  
NM = 1299  
NP = 629

I S O M É T R I C O 1

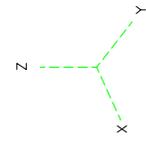
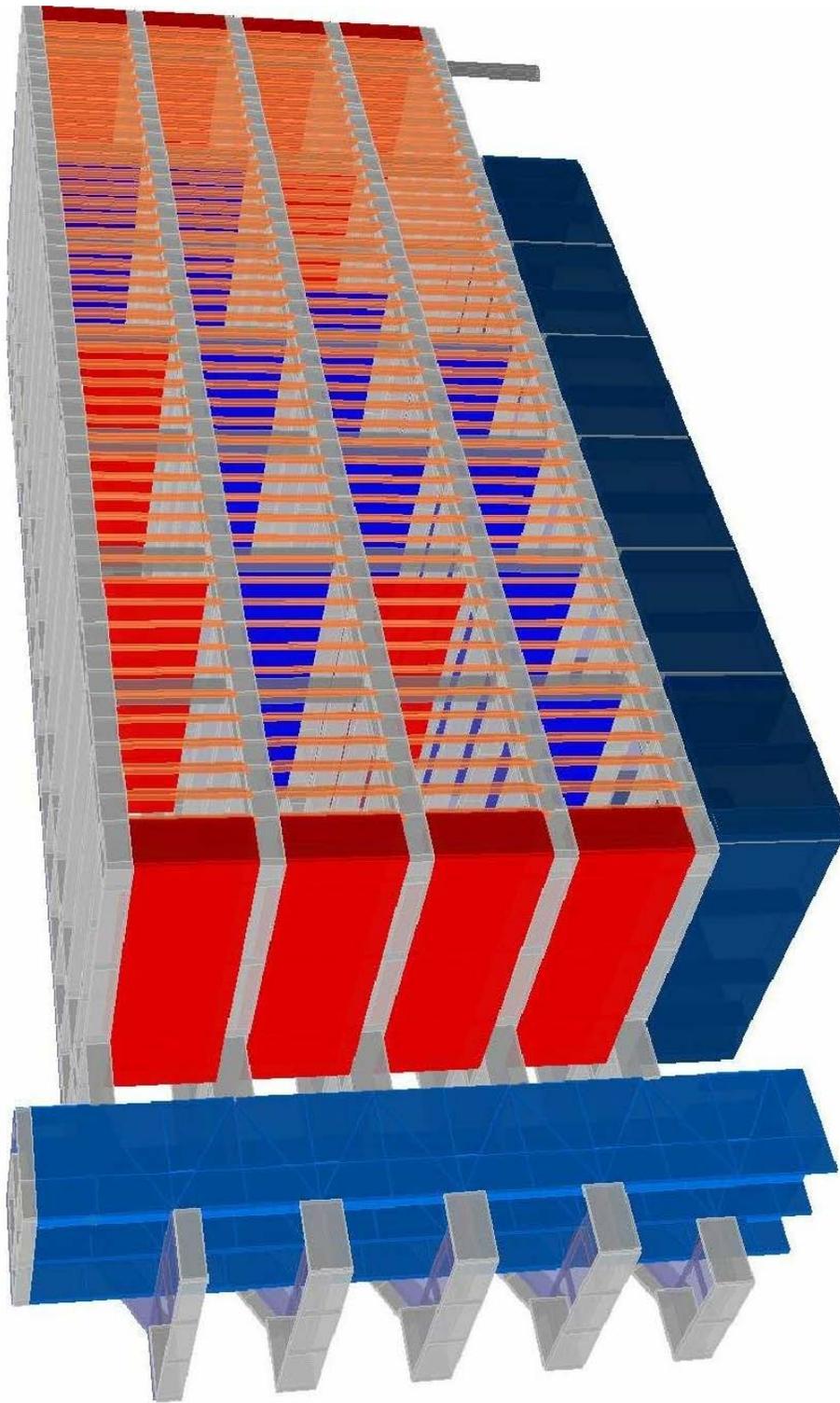
<b>T E S I S P R O F E S I O N A L</b>	
UNIVERSIDAD NACIONAL	
EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL	
DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO	
DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60's.	
CONSEJO DE INGENIERÍA CIVIL	DIRIGIDO POR: JOSÉ LUIS TRIGOS SUAREZ
PRESENTE: JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA	
CONSEJO DE MODELO ANALÍTICO	DIRIGIDO POR: JULIO 1013 (C250)
PROYECTO: I. S O M É T R I C O 1	TÍTULO: T.I.C.-DM.-ISO1



B. MODELO ANALÍTICO.

1. Topología.

i. Isométrico 3.



DATOS ESTRUCTURA  
MODELO: M1, M2 Y M3  
NN = 949  
NM = 1299  
NP = 629

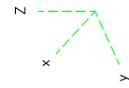
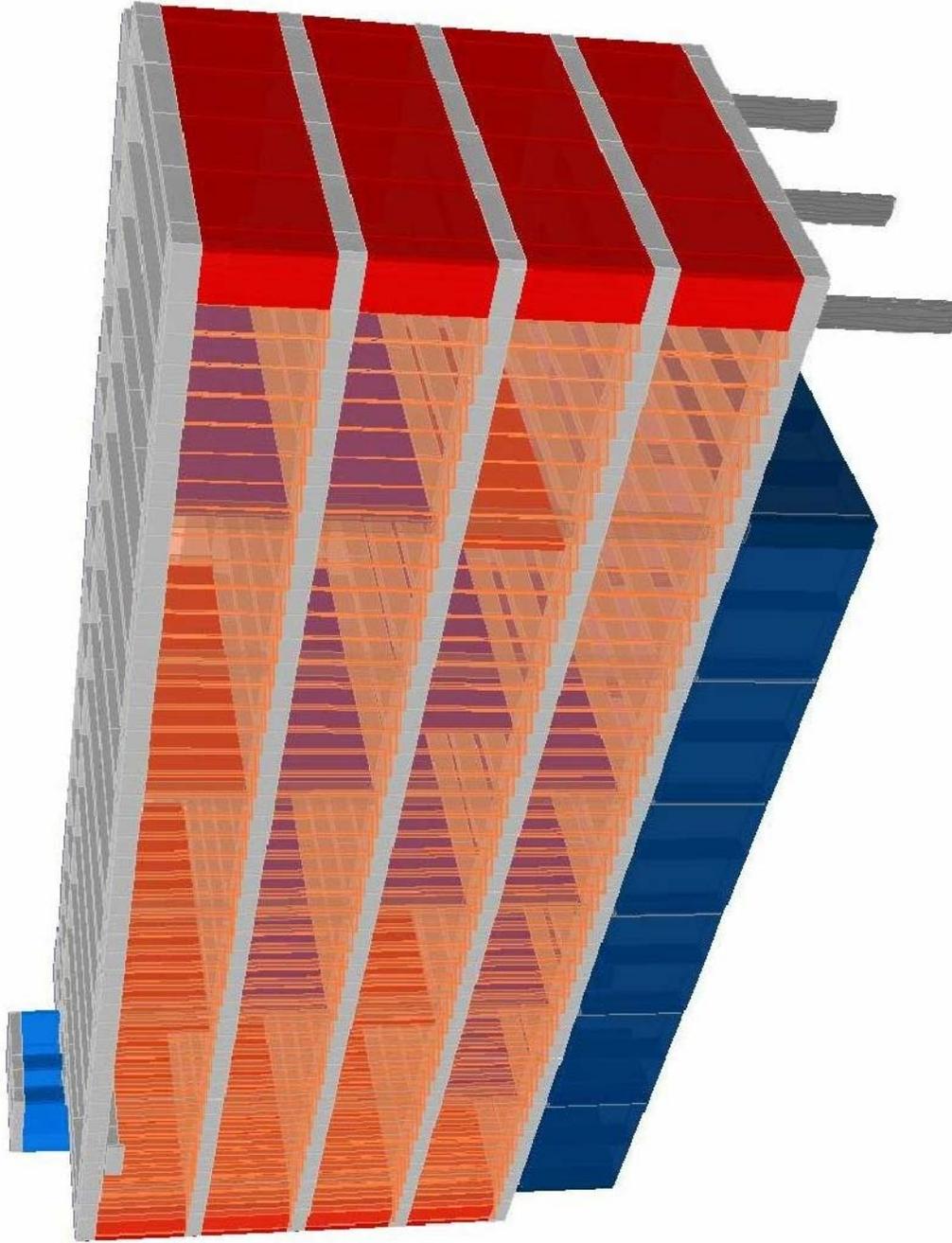
I S O M É T R I C O 3

	<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60's.		
CONSEJO DE INGENIERÍA CIVIL	PROFESOR DE TESIS	JOSE LUIS TRIGOS SUAREZ
PRESENTE	JULIO CESAR FERNANDEZ SILVA	
COMPROBADO	MODELO ANALITICO	FECHA: JUN 10 13
PROF.	I S O M É T R I C O 3	TIC-DM-ISO3

B. MODELO ANALÍTICO.

1. Topología.

j. Isométrico 4.



DATOS ESTRUCTURA  
 MODELO: M1, M2 Y M3  
 NN = 949  
 NM = 1299  
 NP = 629

I S O M É T R I C O 4

		<b>T E S I S P R O F E S I O N A L</b> UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
		EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60's.	
AUTOR: INGENIERIA CIVIL	DIRECTOR DE TESIS: INGENIERIA CIVIL	AUTOR: JULIO CESAR FERNANDEZ SILVA	DIRECTOR DE TESIS: INGENIERIA CIVIL
TÍTULO: MODELO ANALÍTICO		NÚMERO: 1013	AÑO: 2020
CATEGORÍA: I S O M É T R I C O 4		INSTITUCIÓN: UNI-DM-ISO4	

## B. MODELO ANALÍTICO.

### 2. Propiedades Geométricas de Elementos.

Las propiedades geométricas de los elementos que componen la estructura como son columnas, trabes, losas y muros, se establecieron principalmente como secciones prismáticas rectangulares, con anchos y peraltes diversos, de acuerdo al proyecto estructural original, verificando la información disponible mediante levantamientos geométricos realizados en lugares visibles y accesibles de los principales elementos de la estructura.

Las dimensiones de todos los elementos, así como la cantidad y distribución del acero de refuerzo indicado en los planos del proyecto estructural original, han sido consignadas en los dibujos estructurales presentados en el capítulo II.

### 3. Propiedades Mecánicas de Materiales

Al no disponer de información real, resultado de estudios de materiales, se emplean las propiedades mecánicas de los materiales (resistencia a compresión, módulo de elasticidad, peso volumétrico, relación de poisson, etc.), de acuerdo a las resistencias nominales indicadas en el proyecto estructural original, así como a disposiciones del reglamento de construcciones vigente en la fecha de proyecto y construcción del edificio, RCDF66; y al reglamento de construcciones actual, RCDF04.

#### a. Concreto en columnas, descansos y rampas de escaleras:

$$f'_c = 350 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_c = 10\,000 \sqrt{f'_c} = 10\,000 \sqrt{350} = 187\,083 \text{ kgf/cm}^2, \text{ según el RCDF66.}$$

$$E_c = 11\,000 \sqrt{f'_c} = 11\,000 \sqrt{350} = 205\,791 \text{ kgf/cm}^2, \text{ según el RCDF04.}$$

$$\gamma_c = 2.400 \text{ tonf/m}^3$$

$$\mu_c = 0.15$$

#### b. Concreto en losas, trabes, muros y zapatas:

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

$$E_c = 10\,000 \sqrt{f'_c} = 10\,000 \sqrt{210} = 144\,914 \text{ kgf/cm}^2, \text{ según el RCDF66.}$$

$$E_c = 11\,000 \sqrt{f'_c} = 11\,000 \sqrt{210} = 159\,405 \text{ kgf/cm}^2, \text{ según el RCDF04.}$$

$$\gamma_c = 2.400 \text{ tonf/m}^3$$

$$\mu_c = 0.15$$

#### c. Acero de refuerzo en columnas, descansos y rampas de escaleras:

$$f_y = 5\,000 \text{ kgf/cm}^2$$

#### d. Acero de refuerzo en losas, trabes, muros y zapatas:

$$f_y = 4\,000 \text{ kgf/cm}^2$$

#### e. Mampostería de piedra braza, muros en Planta Baja:

$$f_m^* = 20 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_m = 600 \quad f'_m = 600 \times 20 = 12\,000 \text{ kgf/cm}^2 = 120\,000 \text{ tonf/m}^2$$

$$\gamma_m = 2.600 \text{ tonf/m}^3$$

$$\mu_m = 0.40$$

f. Mampostería bloques huecos de barro rojo:

$$f_m^* = 40 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_m = 600 \quad f'_m = 600 \times 40 = 24\,000 \text{ kgf/cm}^2 = 240\,000 \text{ tonf/m}^2$$

$$\gamma_m = 1.500 \text{ tonf/m}^3$$

$$\mu_m = 0.40$$

4. Condiciones Básicas de Carga.

Las condiciones básicas de cargas permanentes, variables y accidentales utilizadas en el análisis y revisión de la estructura, son las siguientes.

a. Condiciones Básicas de Cargas Permanentes:

C01 = Carga Muerta ( CM )

b. Condiciones Básicas de Cargas Variables:

C02 = Carga Viva Máxima ( CVmáx )

C03 = Carga Viva Instantánea ( CVa )

c. Condiciones Básicas de Cargas Accidentales ( ASEE ):

C04 = Sismo Estático Y ( SEY )

C05 = Sismo Estático X ( SEX )

d. Condiciones Básicas de Cargas Accidentales ( ASDME ):

C06 = Sismo Dinámico Y ( SDY )

C07 = Sismo Dinámico X ( SDX )

5. Combinaciones de Carga.

Las combinaciones de carga establecidas para la revisión de los estados límite de servicio y los estados límite de falla, para los modelos analíticos ( Modelo 1 y Modelo 2 ), en los que se aplicó el método de Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE ), son las siguientes.

a. Combinaciones de carga para revisión de Estados Límite de Servicio ( ASEE ).

CC08 = 1.00 ( CM + CVmáx )

CC09 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( SEY + 0.30 SEX ) ]

CC10 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( SEY - 0.30 SEX ) ]

$$CC11 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( -SEY + 0.30 SEX ) ]$$

$$CC12 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( -SEY - 0.30 SEX ) ]$$

$$CC13 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( 0.30 SEY + SEX ) ]$$

$$CC14 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( 0.30 SEY - SEX ) ]$$

$$CC15 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( -0.30 SEY + SEX ) ]$$

$$CC16 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( -0.30 SEY - SEX ) ]$$

**b. Combinaciones de carga para revisión de Estados Límite de Falla ( ASEE ).**

$$CC17 = 1.40 ( CM + CV_{\text{máx}} ), \text{RCDF66}$$

$$CC17 = 1.50 ( CM + CV_{\text{máx}} ), \text{RCDF04}$$

$$CC18 = 1.10 [ CM + CVa + SEY + 0.30 SEX ]$$

$$CC19 = 1.10 [ CM + CVa + SEY - 0.30 SEX ]$$

$$CC20 = 1.10 [ CM + CVa - SEY + 0.30 SEX ]$$

$$CC21 = 1.10 [ CM + CVa - SEY - 0.30 SEX ]$$

$$CC22 = 1.10 [ CM + CVa + 0.30 SEY + SEX ]$$

$$CC23 = 1.10 [ CM + CVa + 0.30 SEY - SEX ]$$

$$CC24 = 1.10 [ CM + CVa - 0.30 SEY + SEX ]$$

$$CC25 = 1.10 [ CM + CVa - 0.30 SEY - SEX ]$$

Las combinaciones de carga establecidas para la revisión de los estados límite de servicio y los estados límite de falla, para el modelo analítico ( Modelo 3 ), en el que se aplicó el método de Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral ( ASDME ), son las siguientes.

**c. Combinaciones de carga para revisión de Estados Límite de Servicio ( ASDME ).**

$$CC08 = 1.00 ( CM + CV_{\text{máx}} )$$

$$CC26 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( \pm 1.00 SDY \pm 0.30 SDX ) ]$$

$$CC27 = 1.00 [ CM + CVa + Q ( \pm 0.30 SDY \pm 1.00 SDX ) ]$$

**d. Combinaciones de carga para revisión de Estados Límite de Falla ( ASDME ).**

$$CC17 = 1.50 ( CM + CV_{\text{máx}} )$$

$$CC28 = 1.10 [ CM + CVa \pm 1.00 SDY \pm 0.30 SDX ]$$

$$CC29 = 1.10 [ CM + CVa \pm 0.30 SDY \pm 1.00 SDX ]$$

#### **IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

#### **IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

El edificio fue construido a mediados de los años 60's y fue objeto de una remodelación en el 2010, en términos generales, se observa que la estructura ha presentado comportamiento satisfactorio durante los últimos cuarenta y cinco años, no se observan fallas existentes, sin embargo se plantea la necesidad de evaluar la seguridad estructural del edificio, considerando que las bases y criterios para la revisión de la seguridad de las edificaciones, actualmente establecidas en el RCDF04, son evidentemente más estrictas que las establecidas por el RCDF66.

El objetivo de la revisión estructural presentada en este capítulo es el de obtener índices que permitan evaluar la seguridad estructural del edificio en el estado actual conforme disposiciones reglamentarias.

Los índices de seguridad se determinan a partir de la respuesta de la estructura y sus componentes, ante todas las combinaciones de carga establecidas; se obtienen resultados en términos de desplazamientos en nudos y de fuerzas internas en los elementos de concreto reforzado y muros de mampostería, y se procede a su comparación contra los estados límite de servicio y de falla, apegados a la normatividad preestablecida.

Se considera que se presenta un estado límite de servicio cuando ocurren desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o deformaciones que afecten el correcto funcionamiento de la edificación o de sus componentes.

Se considera como estado límite de falla al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o cualquiera de sus componentes, o que ocurran daños irreversibles que afecten significativamente su resistencia ante nuevas aplicaciones de carga, la revisión de elementos ante la aparición de estados límite de falla, se resume en verificar que con las dimensiones y materiales empleados en su construcción, presenten una resistencia adecuada, suficiente para prevenir su falla.

De tal forma se plantean cuatro condiciones que definen la seguridad de la estructura y sus componentes:

- **Condiciones Satisfactorias:** La estructura o sus componentes, presentan comportamiento adecuado, se obtienen resultados inferiores a los límites de servicio y/o falla.
- **Condiciones Aceptables:** La estructura o sus componentes, presentan comportamiento aceptable, se obtienen resultados muy cercanos a los límites de servicio y/o falla.
- **Condiciones Insatisfactorias:** La estructura o sus componentes, presentan comportamiento inadecuado, se obtienen resultados que exceden ligeramente a los límites de servicio y/o falla. Sin embargo se plantea que las resistencias reales de los materiales son mayores a las resistencias nominales indicadas en el proyecto original y empleadas en el análisis y revisión estructural.
- **Condiciones Críticas:** La estructura o sus componentes, presentan comportamiento inadecuado, en estado potencial de falla, se obtienen resultados que sobreexceden a los límites de servicio y/o falla, es necesario un proyecto de refuerzo, rigidización o readecuación estructural.

A continuación se presenta un resumen general de la revisión de estados límite de servicio y falla para cada uno de los tres modelos analíticos descritos en el capítulo III.

## A. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 1, RCDF06, ASEE.

Con el objeto de evaluar las condiciones de la seguridad estructural del inmueble, conforme las disposiciones reglamentarias correspondientes a la fecha de proyecto y construcción del edificio durante los años 60's, se realiza el análisis y la revisión general de la estructura teniendo como marco de referencia el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, Diario Oficial, Febrero de 1966, RCDF66, Título III, Diseño Estructural: Capítulo XXII, Generalidades; Capítulo XXXI, Diseño por Sismos; Capítulo XXV, Cimentaciones, Capítulo XXVI, Mampostería; y Capítulo XXVIII, Estructuras de Concreto.

El análisis general de la estructura se hizo considerando hipótesis de comportamiento elástico-lineal. Para evaluar los efectos por sismo se aplicó el Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE ). La revisión de los elementos de concreto reforzado en la estructura se hizo por el "Método de Resistencia Última".

La estructura del edificio se modeló analítica y matemáticamente mediante un conjunto tridimensional de 949 nudos y 1,299 elementos: 1,028 trabes principales y secundarias, 91 columnas de concreto reforzado y 180 elementos verticales en fachada; y 629 elementos panel que discretizan a los muros de mampostería, losas, rampas y muros de concreto. Se formularon cinco condiciones básicas de cargas permanentes y accidentales ( 01 a 05 ); nueve combinaciones para revisión de los desplazamientos en nudos de la estructura ( 08 a 16 ); y nueve combinaciones para revisión de índices de seguridad en los elementos de concreto reforzado y muros de mampostería ( 17 a 25 ).

Se efectuaron diversos análisis de los efectos de los sistemas de carga actuando sobre la estructura, planteando el equilibrio en la condición deformada, con objeto de considerar explícitamente efectos de segundo orden. Se revisaron todos los elementos de la estructura para todas las combinaciones de carga; a continuación se presenta un resumen de los principales resultados

### 1. Revisión de Estados Límite de Servicio.

Se calcularon los desplazamientos de todos los nudos de la estructura al revisar los estados límite de desplazamientos horizontales en las dos direcciones de análisis, incluidos como ejemplo las combinaciones 11 y 16, se obtiene que los **desplazamientos máximos de la estructura deformada**, al nivel de Azotea, AZ, para las combinaciones de carga más críticas son de **1.2 cm** y **1.4 cm**, en las direcciones transversal y longitudinal, respectivamente, que al compararlos con los **desplazamientos aceptables** en el RCDF66, de **4.2 cm**, resultan **condiciones satisfactorias**.

Las figuras IV.A.1.a y IV.A.1.b corresponden a los resultados de desplazamientos de la estructura para las combinaciones de carga 11 y 16; y en IV.A.1.c se muestra un resumen de desplazamientos para nudos seleccionados.

### 2. Revisión de Estados Límite de Falla.

#### a. Columnas de Concreto Reforzado.

De la revisión de todas las columnas para todas las combinaciones de carga, del total de 91 columnas, obteniendo resultados en términos de la relación de la carga actuante máxima dividida entre la capacidad de carga nominal resistente  $C_{a_{\max}} / C_{c_{\text{nom}}}$ , resultan tres grupos:

- **Ochenta y seis columnas** en donde  $0 < C_{a_{\max}} / C_{c_{\text{nom}}} \leq 0.70$ , presentan **condiciones satisfactorias**.

- **Cuatro columnas** en donde  $0.70 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 0.90$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Una columna** en donde  $1.10 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 1.50$ , presenta **condiciones insatisfactorias**, con un 1.1 por ciento del total de columnas.

En la figura IV.A.2.a.1 se presenta en un isométrico los resultados de la revisión de las columnas de concreto reforzado.

#### b. Trabes Principales de Concreto Reforzado.

De los resultados de la revisión de todas las trabes principales para todas las combinaciones de carga, en términos de la relación del acero de refuerzo requerido ( $As_{req}$ ) dividida entre el acero de refuerzo nominal existente ( $As_{exist}$ ), con las secciones, la cantidad y distribución del acero de refuerzo indicado en los planos del proyecto estructural original, resultan tres grupos:

- **Un grupo mayoritario de trabes principales** en donde  $As_{req} / As_{exist} \leq 1.10$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Cuatro tramos de trabes principales** en donde  $1.10 < As_{req} / As_{exist} \leq 1.50$ , presentan **condiciones insatisfactorias**.
- **Seis tramos de trabes principales** en donde  $1.50 \leq As_{req} / As_{exist}$  presentan **condiciones críticas**, con un 2.8 por ciento del total de trabes principales.

En la figura IV.A.2.b.1 se presenta en un isométrico los resultados de la revisión de las trabes de concreto reforzado.

#### c. Trabes Secundarias de Concreto Reforzado.

De los resultados de la revisión de las trabes secundarias para todas las combinaciones de carga, en términos de la relación del acero de refuerzo requerido ( $As_{req}$ ) dividida entre el acero de refuerzo nominal existente ( $As_{exist}$ ), con las secciones, la cantidad y distribución del acero de refuerzo indicado en los planos del proyecto estructural, resultan dos grupos:

- **Un grupo mayoritario de trabes secundarias** en donde  $As_{req} / As_{exist} \leq 1.10$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Seis tramos de trabes secundarias** en donde  $1.10 < As_{req} / As_{exist} \leq 1.50$ , presentan **condiciones insatisfactorias**.

#### d. Muros de Concreto Reforzado.

De la revisión de todos los elementos panel para las combinaciones de carga crítica, se deduce que los esfuerzos absolutos máximos que actúan en los muros de concreto o elementos panel, con un valor máximo de 64.52 kgf/cm<sup>2</sup> es menor que la resistencia a compresión del concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, resultan **condiciones satisfactorias**.

#### e. Muros de Mampostería.

De la revisión de todos los elementos panel para las combinaciones de carga crítica, se deduce que los esfuerzos absolutos máximos que actúan en los elementos placa o muros de mampostería, son menores que la resistencia admisible a compresión de la mampostería, resultan **condiciones satisfactorias**.

En muros de mampostería de piedra braza existen esfuerzos absolutos máximos del orden de 5.57 kgf/cm<sup>2</sup>, que son menores a la resistencia admisible de 20 kgf/cm<sup>2</sup>, y en muros de mampostería de bloques huecos de barro rojo existen esfuerzos absolutos máximos del orden de 16.96 kgf/cm<sup>2</sup>, que son menores a la resistencia admisible de 40 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### f. Cimentación: Zapatas Aisladas.

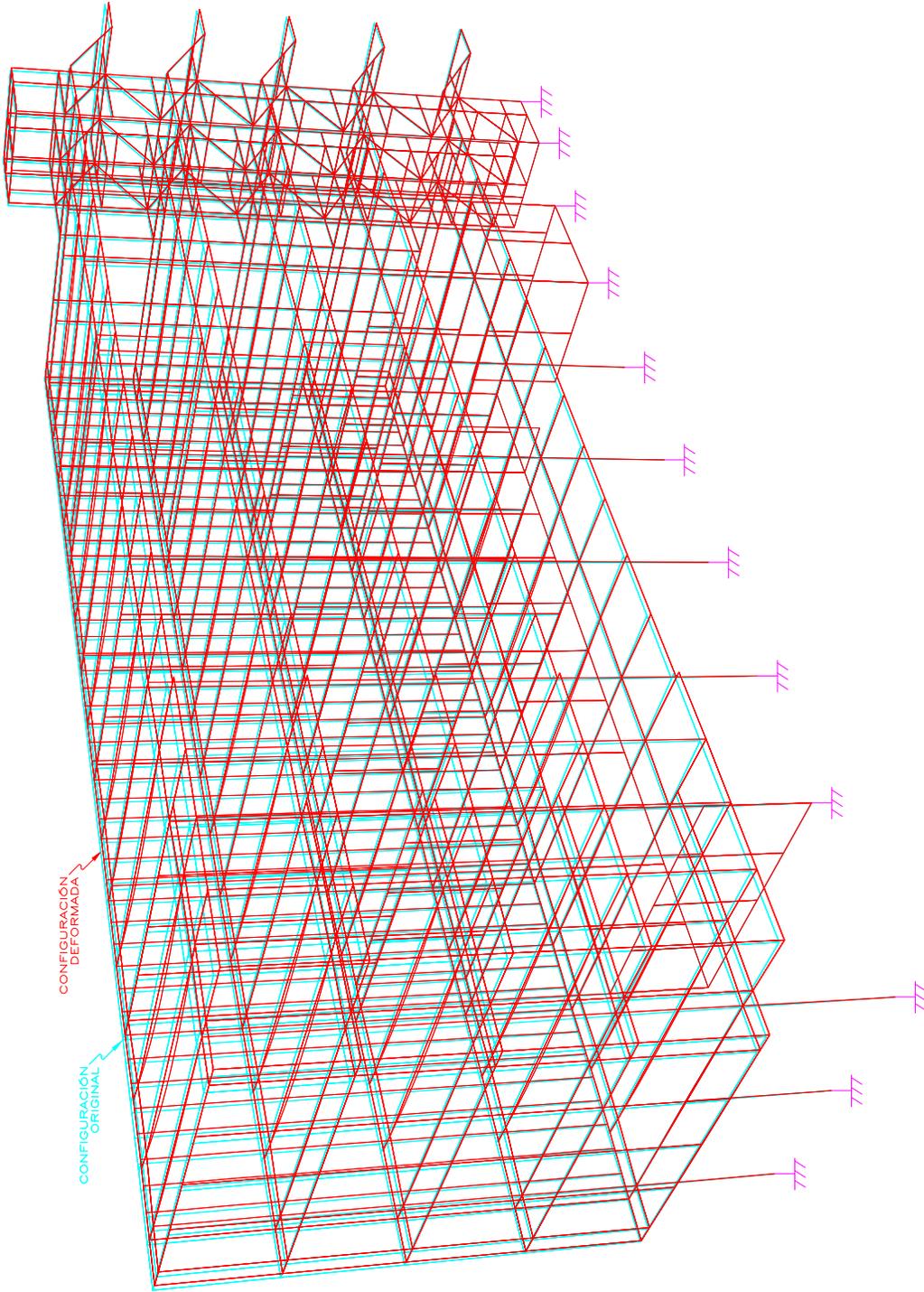
De la revisión de todas las zapatas aisladas de concreto reforzado para las combinaciones de carga crítica, se concluye que con la geometría y refuerzo indicado en el proyecto estructural original, en todas las zapatas se tienen resistencias adecuadas, resultan **condiciones satisfactorias**, no se rebasan los índices de seguridad estipulados en el RCDF66.

**A. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 1, RCDF06, ASEE.**

**1. Revisión de Estados Límite de Servicio.**

**a. Isométrico, CC # 11.**

DFDR CC = 11  
( X 20.0 )



 <p><b>INSTITUTO NACIONAL DE EVALUACIÓN TÉCNICA DEL EDIFICIO</b> EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUÍDO DURANTE LOS AÑOS 60's.</p>		<p><b>INGENIERIA CIVIL</b> (M. en I. JOSÉ LUIS TRICOS SUÁREZ)</p>	
		<p><b>PROYECTO:</b> JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA</p>	
<p><b>ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> (JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA)</p>		<p><b>PROYECTO:</b> JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA</p>	
<p><b>DESPLAZAMIENTOS ISOMÉTRICO CC11</b></p>		<p><b>PROYECTO:</b> JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA</p>	

ISOMÉTRICO DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA CC11  
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

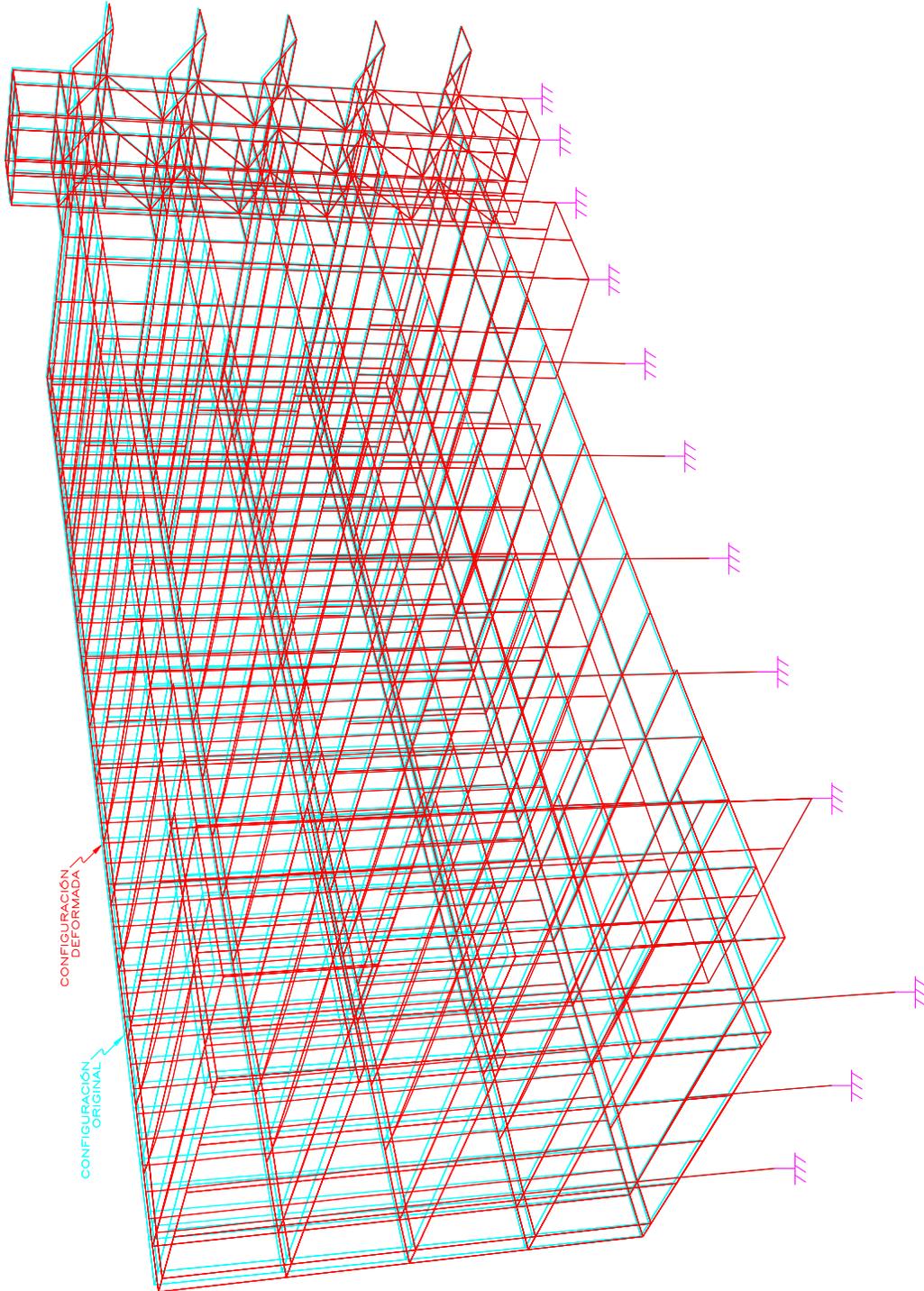
**DATOS ESTRUCTURA**  
 MODELO: TUC\_ASEE\_M1  
 NN = 949  
 NM = 1299  
 NP = 696  
 $\Delta Ym \Delta x = 1.17$  cm

**A. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 1, RCDF06, ASEE.**

1. Revisión de Estados Límite de Servicio.

b. Isométrico, CC # 16.

DFDR CC = 16  
( X 20.0 )



	<b>INSTITUTO NACIONAL DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE EDIFICIOS</b>	
	EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60's.	
INGENIERIA CIVIL	Director de Área: JOSÉ LUIS TRICOS SUÁREZ	
	Proyecto: JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA	
ANÁLISIS DE RESULTADOS	UJZ/CFB	Fecha: 15/01/3
DESPLAZAMIENTOS ISOMÉTRICO CC16		Modelo: TUC_M1-D16

ISOMÉTRICO DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA CC16  
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

DATOS ESTRUCTURA  
 MODELO: TUC\_ASEE\_M1  
 NN = 949  
 NM = 1299  
 NP = 696  
 $\Delta X_{máx} = 1.41$  cm

## A. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 1, RCDF06, ASEE.

## 1. Revisión de Estados Límite de Servicio.

## c. Resumen.

TJC_ASEE_M1	EJES	NUDOS	h (m)	COMBINACIÓN 11		$\Delta Y / h$	COMBINACION 16		$\Delta X / h$
				DY (cm)	$\Delta Y$ (cm)		DX (cm)	$\Delta X$ (cm)	
PB	B-1	33		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	B-3	39		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	B-5	43		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	B-8	50		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-1	103		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-3	109		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-5	113		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-8	120		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
N1	B-1	33	5.00	-0.3075	-0.3075	0.0006	-0.0418	-0.0418	0.0001
	B-3	39	5.00	-0.2361	-0.2361	0.0005	-0.0460	-0.0460	0.0001
	B-5	43	5.00	-0.1748	-0.1748	0.0003	-0.0497	-0.0497	0.0001
	B-8	50	5.00	-0.0829	-0.0829	0.0002	-0.0551	-0.0551	0.0001
	A-1	103	5.00	-0.3075	-0.3075	0.0006	-0.0418	-0.0418	0.0001
	A-3	109	5.00	-0.2361	-0.2361	0.0005	-0.0460	-0.0460	0.0001
	A-5	113	5.00	-0.1748	-0.1748	0.0003	-0.0497	-0.0497	0.0001
	A-8	120	5.00	-0.0829	-0.0829	0.0002	-0.0551	-0.0551	0.0001
N2	B-1	33	4.00	-0.5568	-0.2493	0.0006	-0.2001	-0.1583	0.0004
	B-3	39	4.00	-0.4378	-0.2017	0.0005	-0.1735	-0.1275	0.0003
	B-5	43	4.00	-0.3358	-0.1610	0.0004	-0.1506	-0.1009	0.0003
	B-8	50	4.00	-0.1827	-0.0998	0.0002	-0.1164	-0.0613	0.0002
	A-1	103	4.00	-0.5568	-0.2493	0.0006	-0.2001	-0.1583	0.0004
	A-3	109	4.00	-0.4378	-0.2017	0.0005	-0.1735	-0.1275	0.0003
	A-5	113	4.00	-0.3358	-0.1610	0.0004	-0.1506	-0.1009	0.0003
	A-8	120	4.00	-0.1827	-0.0998	0.0002	-0.1164	-0.0613	0.0002
N3	B-1	33	4.00	-0.7619	-0.2051	0.0005	-0.3304	-0.1303	0.0003
	B-3	39	4.00	-0.6180	-0.1802	0.0005	-0.2917	-0.1182	0.0003
	B-5	43	4.00	-0.4946	-0.1588	0.0004	-0.2585	-0.1079	0.0003
	B-8	50	4.00	-0.3095	-0.1268	0.0003	-0.2087	-0.0923	0.0002
	A-1	103	4.00	-0.7619	-0.2051	0.0005	-0.3304	-0.1303	0.0003
	A-3	109	4.00	-0.6180	-0.1802	0.0005	-0.2917	-0.1182	0.0003
	A-5	113	4.00	-0.4946	-0.1588	0.0004	-0.2585	-0.1079	0.0003
	A-8	120	4.00	-0.3095	-0.1268	0.0003	-0.2087	-0.0923	0.0002
N4	B-1	33	4.00	-0.9599	-0.1980	0.0005	-0.4559	-0.1255	0.0003
	B-3	39	4.00	-0.7969	-0.1789	0.0004	-0.4124	-0.1207	0.0003
	B-5	43	4.00	-0.6572	-0.1626	0.0004	-0.3751	-0.1166	0.0003
	B-8	50	4.00	-0.4477	-0.1382	0.0003	-0.3191	-0.1104	0.0003
	A-1	103	4.00	-0.9599	-0.1980	0.0005	-0.4559	-0.1255	0.0003
	A-3	109	4.00	-0.7969	-0.1789	0.0004	-0.4124	-0.1207	0.0003
	A-5	113	4.00	-0.6572	-0.1626	0.0004	-0.3751	-0.1166	0.0003
	A-8	120	4.00	-0.4477	-0.1382	0.0003	-0.3191	-0.1104	0.0003
AZ	B-1	33	4.00	-1.1503	-0.1904	0.0005	-0.5827	-0.1268	0.0003
	B-3	39	4.00	-0.9635	-0.1666	0.0004	-0.5327	-0.1203	0.0003
	B-5	43	4.00	-0.8034	-0.1462	0.0004	-0.4897	-0.1146	0.0003
	B-8	50	4.00	-0.5631	-0.1154	0.0003	-0.4253	-0.1062	0.0003
	A-1	103	4.00	-1.1503	-0.1904	0.0005	-0.5827	-0.1268	0.0003
	A-3	109	4.00	-0.9635	-0.1666	0.0004	-0.5327	-0.1203	0.0003
	A-5	113	4.00	-0.8034	-0.1462	0.0004	-0.4897	-0.1146	0.0003
	A-8	120	4.00	-0.5631	-0.1154	0.0003	-0.4253	-0.1062	0.0003
EDIFICIO	B-1	33	21.00	-1.1503	-1.1503	0.0005	-0.5827	-0.5827	0.0003
	B-3	39	21.00	-0.9635	-0.9635	0.0005	-0.5327	-0.5327	0.0003
	B-5	43	21.00	-0.8034	-0.8034	0.0004	-0.4897	-0.4897	0.0002
	B-8	50	21.00	-0.5631	-0.5631	0.0003	-0.4253	-0.4253	0.0002
	A-1	103	21.00	-1.1503	-1.1503	0.0005	-0.5827	-0.5827	0.0003
	A-3	109	21.00	-0.9635	-0.9635	0.0005	-0.5327	-0.5327	0.0003
	A-5	113	21.00	-0.8034	-0.8034	0.0004	-0.4897	-0.4897	0.0002
	A-8	120	21.00	-0.5631	-0.5631	0.0003	-0.4253	-0.4253	0.0002

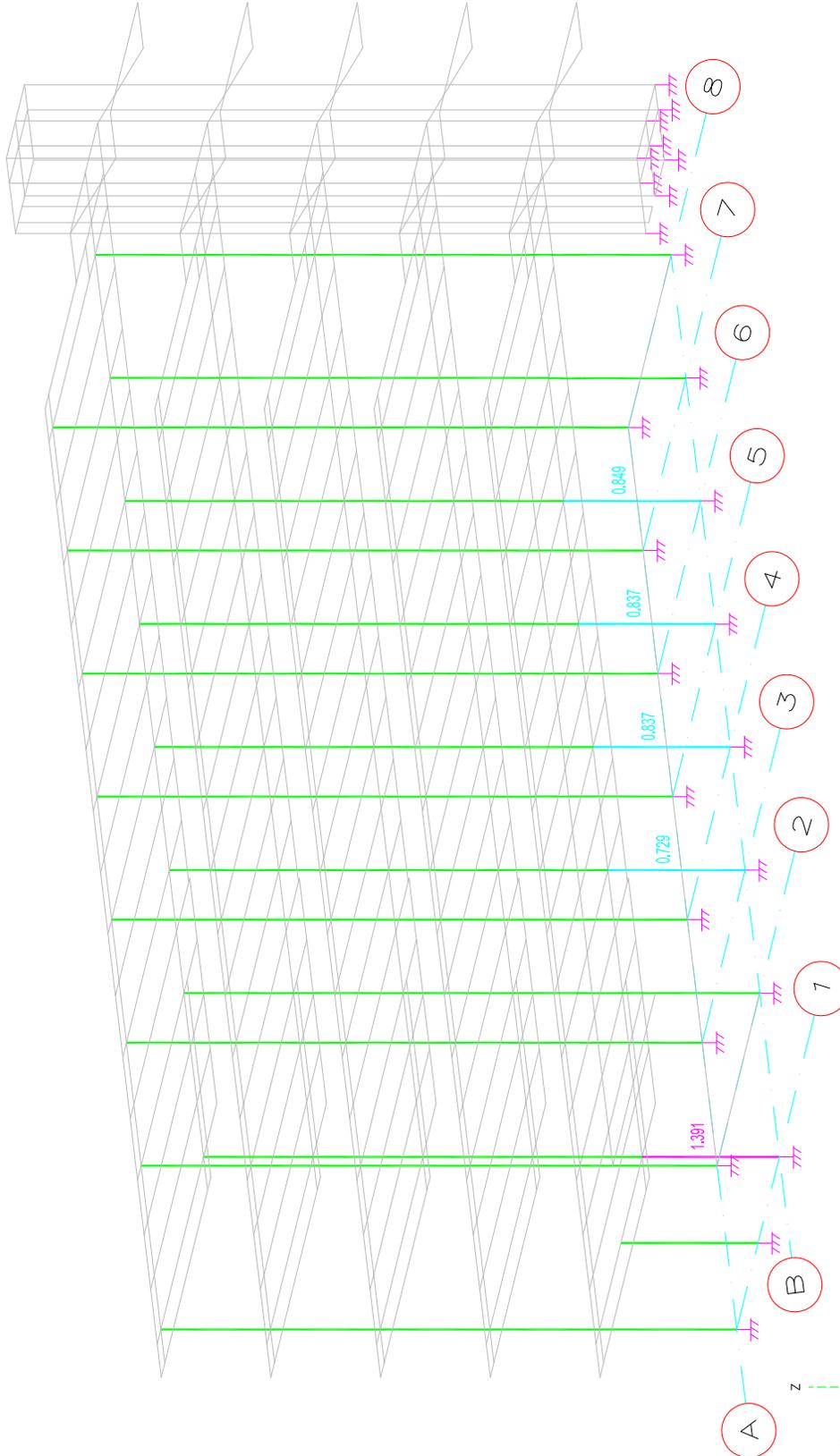
H = Altura del Edificio  
h = Altura de Entrepiso  
DX = Desplazamiento Global  
 $\Delta X$  = Desplazamiento Relativo

**A. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 1, RCDF06, ASEE.**

**2. Revisión de Estados Límite de Falla.**

**a. Columnas de Concreto Reforzado.**

**1. Isométrico.**



**SIMBOLOGÍA**

0.0 < $C_{c,max}$	$C_{c,max} \leq 0.7$
$C_{c,max} < C_{c,nom}$	$C_{c,max} \leq 0.9$
$0.7 < C_{c,max}$	$C_{c,max} \leq 1.1$
$0.9 < C_{c,max}$	$C_{c,max} \leq 1.5$
$1.1 < C_{c,max}$	$C_{c,max} \leq 1.5$
$1.5 < C_{c,max}$	$C_{c,max}$

**ISOMÉTRICO REVISIÓN DE COLUMNAS**  
 CARGA MÁXIMA ACTUANTE / CAPACIDAD NOMINAL DE CARGA  
 ESTADOS LÍMITE DE FALLA



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**DE SAN MARCOS**  
**INSTITUTO DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL**  
**DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO**  
**DISEÑADO Y CONSTRUÍDO DURANTE LOS AÑOS 60's.**

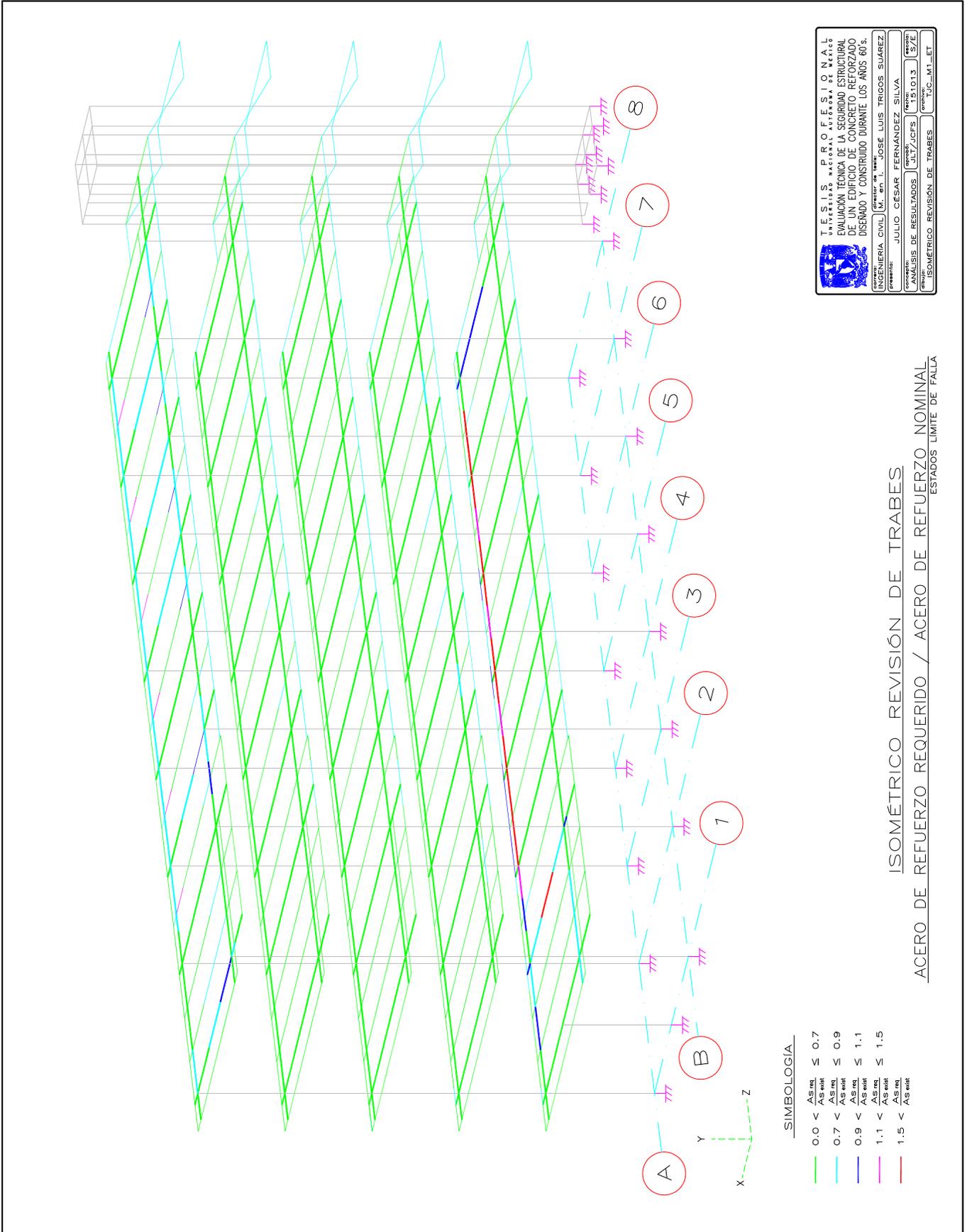
**INGENIERIA CIVIL** | Director de tesis: **JOSÉ LUIS TRICOS SUÁREZ**  
 Presentador: **JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA**  
 Comité de Evaluación: **JULY/2013** | Fecha: **15/10/13** | Tipo de informe: **IS/E**  
 Proyecto: **ANÁLISIS DE RESULTADOS** | Cliente: **ISOMÉTRICO REVISIÓN DE COLUMNAS** | Código: **TUC\_M1\_EC**

**A. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 1, RCDF06, ASEE.**

2. Revisión de Estados Límite de Falla.

b. Traveses de Concreto Reforzado.

1. Isométrico.



## B. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 2, RCDF04, ASEE.

Con el objeto de evaluar las condiciones de la seguridad estructural del inmueble en las condiciones actuales de servicio, se realiza el análisis y la revisión general de la estructura conforme a requisitos aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, **RCDF04**, y sus Normas Técnicas Complementarias, **NTC's**.

El análisis general de la estructura se hizo considerando hipótesis de comportamiento elástico-lineal. Para evaluar los efectos por sismo se aplicó el Análisis Sísmico Estático Equivalente ( ASEE ). La revisión de los elementos de concreto reforzado en la estructura se hizo por el "Método de Resistencia Última".

La estructura del edificio se modeló analítica y matemáticamente mediante un conjunto tridimensional de 949 nudos y 1,299 elementos: 1,028 trabes principales y secundarias, 91 columnas de concreto reforzado y 180 elementos verticales en fachada; y 629 elementos panel que discretizan a los muros de mampostería, losas, rampas y muros de concreto. Se formularon cinco condiciones básicas de cargas permanentes y accidentales ( 01 a 05 ); nueve combinaciones para revisión de los desplazamientos en nudos de la estructura ( 08 a 16 ); y nueve combinaciones para revisión de índices de seguridad en los elementos de concreto reforzado y muros de mampostería ( 17 a 25 ).

Se efectuaron diversos análisis de los efectos de los sistemas de carga actuando sobre la estructura, planteando el equilibrio en la condición deformada, con objeto de considerar explícitamente efectos de segundo orden. Se revisaron todos los elementos de la estructura para todas las combinaciones de carga; a continuación se consigna un resumen de los principales resultados.

### 1. Revisión de Estados Límite de Servicio.

Se revisaron los conceptos aplicables del RCDF04, Título VI, Seguridad Estructural de las Edificaciones: Capítulo III, Criterios de Diseño Estructural; y Capítulo VI, Diseño por Sismo.

Se calcularon los desplazamientos de todos los nudos de la estructura, al revisar los estados límite de desplazamientos horizontales en las dos direcciones de análisis, incluidos como ejemplo las combinaciones 11 y 14, se obtiene que los **desplazamientos máximos de la estructura deformada**, al nivel de Azotea, AZ, para las combinaciones de carga más críticas son de **4.8 cm** y **7.7 cm**, en las direcciones transversal y longitudinal, respectivamente, que al compararlos con los **desplazamientos aceptables** en el RCDF04, de **12.6 cm**, resultan **condiciones satisfactorias**.

Las figuras IV.B.1.a y IV.B.1.b corresponden a los resultados de desplazamientos de la estructura para las combinaciones de carga 11 y 14; y en IV.B.1.c se muestra un resumen de desplazamientos para nudos seleccionados.

### 2. Revisión de Estados Límite de Falla.

Se efectuaron análisis estructurales de segundo orden con objeto de considerar el equilibrio en la condición deformada, revisando los conceptos aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, RCDF04.

#### a. Columnas de Concreto Reforzado.

De la revisión de todas las columnas para todas las combinaciones de carga, del total de 91 columnas,

obteniendo resultados en términos de la relación de la carga actuante máxima dividida entre la capacidad de carga nominal resistente  $Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom}$ , resultan cuatro grupos:

- **Sesenta columnas** en donde  $0 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 0.70$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Dieciocho columnas** en donde  $0.70 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 0.90$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Ocho columnas** en donde  $0.90 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 1.10$ , presentan **condiciones aceptables**.
- **Cinco columnas** en donde  $1.10 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 1.50$ , presentan **condiciones insatisfactorias**, con un 5.5 por ciento del total de columnas.

En la figura IV.B.2.a.1 se presenta en un isométrico los resultados de la revisión de las columnas de concreto reforzado.

#### b. Trabes Principales de Concreto Reforzado.

De los resultados de la revisión de todas las trabes principales para todas las combinaciones de carga, en términos de la relación del acero de refuerzo requerido ( $As_{req}$ ) dividida entre el acero de refuerzo nominal existente ( $As_{exist}$ ), resulta que con las secciones, la cantidad y distribución del acero de refuerzo indicado en los planos del proyecto estructural original se tiene:

- **Un grupo mayoritario de trabes principales** en donde  $As_{req} / As_{exist} \leq 1.10$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Tres tramos de trabes principales** en donde  $1.10 < As_{req} / As_{exist} \leq 1.50$ , presentan **condiciones insatisfactorias**.
- **Ocho tramos de trabes principales** en donde  $1.50 \leq As_{req} / As_{exist}$  presentan **condiciones críticas**, con un 3.8 por ciento del total de trabes principales.

En la figura IV.B.2.b.1 se presenta en un isométrico los resultados de la revisión de las trabes de concreto reforzado.

#### c. Trabes Secundarias de Concreto Reforzado.

De los resultados de la revisión de las trabes principales para todas las combinaciones de carga, en términos de la relación del acero de refuerzo requerido ( $As_{req}$ ) dividida entre el acero de refuerzo nominal existente ( $As_{exist}$ ), resulta que con las secciones, la cantidad y distribución del acero de refuerzo indicado en los planos del proyecto estructural original se tiene:

- **Un grupo mayoritario de trabes secundarias** en donde  $As_{req} / As_{exist} \leq 1.10$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Veintinueve tramos de trabes secundarias** en donde  $1.10 < As_{req} / As_{exist} \leq 1.50$ , presentan **condiciones insatisfactorias**.
- **Veinte tramos de trabes secundarias** en donde  $1.50 \leq As_{req} / As_{exist}$  presentan **condiciones críticas**,

con un 5.1 porciento del total de trabes secundarias.

d. Muros de Concreto Reforzado.

De la revisión de todos los elementos panel para las combinaciones de carga crítica, se deduce que los esfuerzos absolutos máximos que actúan en los muros de concreto o elementos panel, con un valor máximo de 145.1 kgf/cm<sup>2</sup> es menor que la resistencia a compresión del concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, resultan **condiciones satisfactorias**.

e. Muros de Mampostería.

De la revisión de todos los elementos panel para las combinaciones de carga crítica, se deduce que los esfuerzos absolutos máximos que actúan en los elementos placa o muros de mampostería, son menores que la resistencia admisible a compresión de la mampostería, resultan **condiciones satisfactorias**.

En muros de mampostería de piedra braza existen esfuerzos absolutos máximos del orden de 9.7 kgf/cm<sup>2</sup>, que son menores a la resistencia admisible de 20 kgf/cm<sup>2</sup>, y en muros de mampostería de bloques huecos de barro rojo existen esfuerzos absolutos máximos del orden de 16.8 kgf/cm<sup>2</sup>, que son menores a la resistencia admisible de 40 kgf/cm<sup>2</sup>.

f. Cimentación: Zapatas Aisladas.

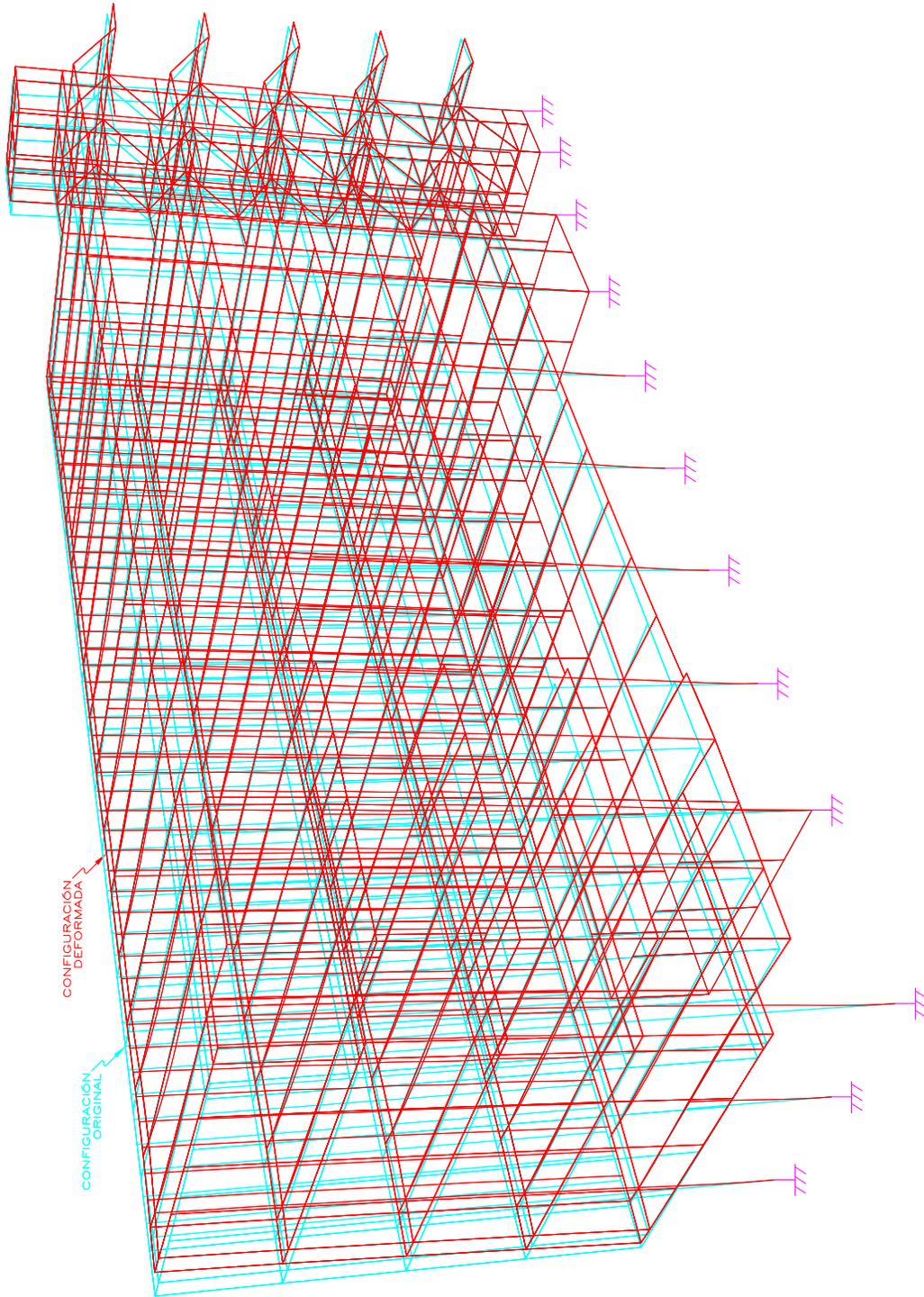
De la revisión de todas las zapatas para las combinaciones de carga crítica, se concluye que con la geometría y refuerzo indicado en el proyecto estructural original, la mayoría de las zapatas se tienen resistencias adecuadas, resultan **condiciones satisfactorias**, no se rebasan los índices de seguridad estipulados en el RCDF04 + NTC's; se tiene a la zapata aislada Z-8, localizada en los ejes B y 1 en la que se rebasa ligeramente, la capacidad de carga del terreno considerada, resulta en **condiciones aceptables**.

**B. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 2, RCDF04, ASEE.**

**1. Revisión de Estados Límite de Servicio.**

**a. Isométrico, CC # 11.**

DFDR CC = 11  
( X 20.0 )



	<b>INSTITUTO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE SAN MARCOS	
EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUÍDO DURANTE LOS AÑOS 60's.		
CONTRATO:	DIRECTOR DE TRABAJO:	INGENIERO:
ANÁLISIS DE RESULTADOS	JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA	JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA
DESPLAZAMIENTOS ISOMÉTRICO CC11	PROYECTO:	PROYECTO:
	TUC-M2-D11	TUC-M2-D11

**ISOMÉTRICO DESPLAZAMIENTOS**  
**COMBINACIÓN DE CARGA CC11**  
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

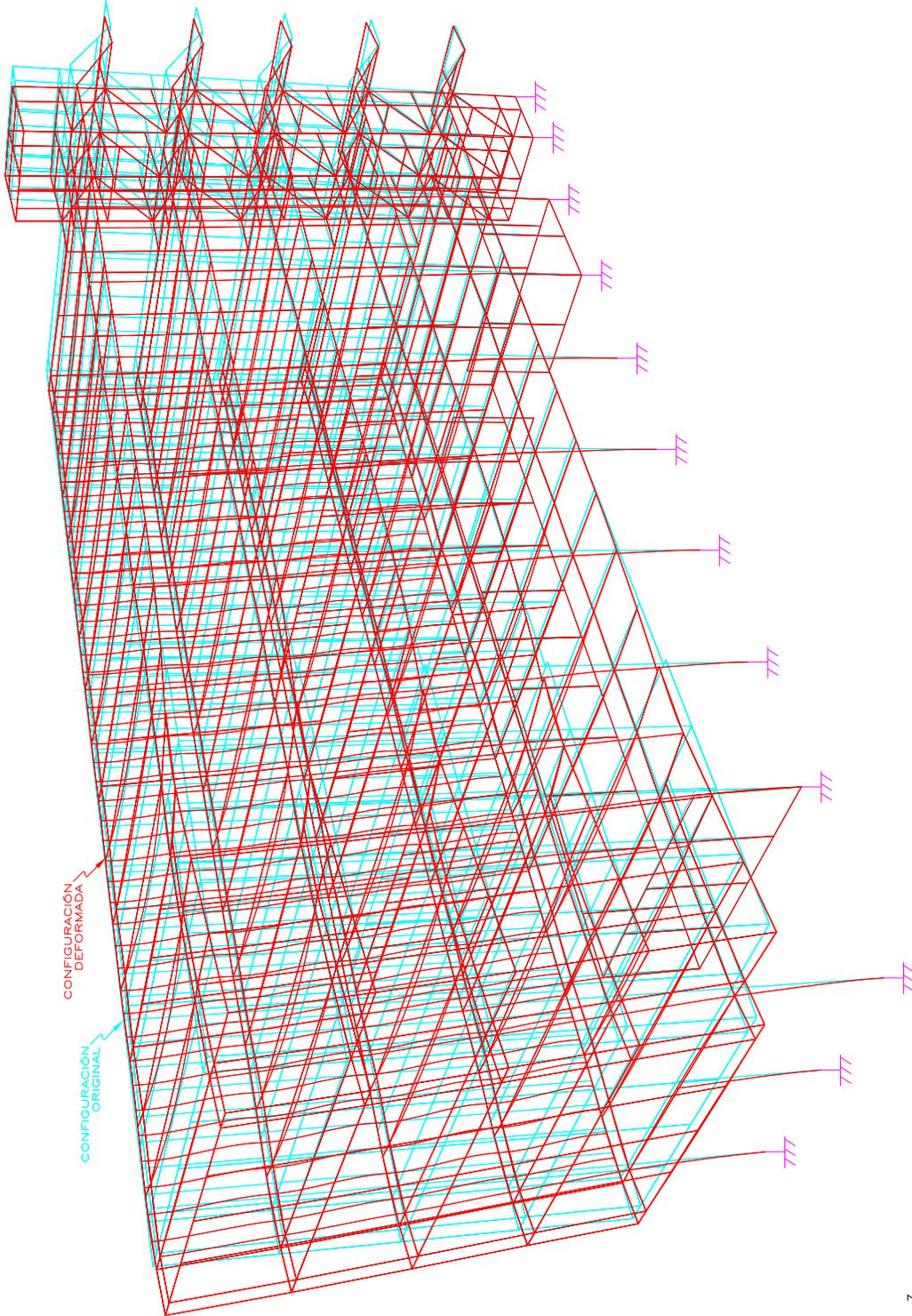
**DATOS ESTRUCTURA**  
 MODELO: TUC\_ASEE\_M2  
 NN = 949  
 NM = 1299  
 NP = 696  
 $\Delta Ym \Delta x = 4.77 \text{ cm}$

**B. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 2, RCDF04, ASEE.**

**1. Revisión de Estados Límite de Servicio.**

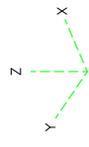
**b. Isométrico, CC # 14.**

DFDR CC = 14  
( X 20.0 )



	<b>INSTITUCIÓN PROFESIONAL</b>	
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARCOS	
EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUIDO DURANTE LOS AÑOS 60's.		
INGENIERIA CIVIL	Director de tesis:	JOSÉ LUIS TRICOS SUÁREZ
	Presentador:	JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA
	Comité:	Presidente: JEL/JCFS
		Comisario: FOS/LS/O13
		Comisario: S/E
		Comisario: TUC_M2_D14

ISOMÉTRICO DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA CC.1.4  
ESTADOS LIMITE DE SERVICIO



DATOS ESTRUCTURA  
 MODELO: TUC\_ASEE\_M2  
 NN = 949  
 NM = 1299  
 NP = 696  
 $\Delta X_{máx} = 7.72 \text{ cm}$

**B. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 2, RCDF04, ASEE.**

## 1. Revisión de Estados Límite de Servicio.

## c. Resumen.

TJC_ASEE_M2	EJES	NUDOS	h (m)	COMBINACIÓN 11		$\Delta Y / h$	COMBINACION 14		$\Delta X / h$
				DY (cm)	$\Delta Y$ (cm)		DX (cm)	$\Delta X$ (cm)	
PB	B-1	33		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	B-3	39		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	B-5	43		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	B-8	50		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-1	103		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-3	109		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-5	113		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-8	120		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
N1	B-1	33	5.00	-1.6612	-1.6612	0.0033	-0.8209	-0.8209	0.0016
	B-3	39	5.00	-1.2594	-1.2594	0.0025	-0.8209	-0.8209	0.0016
	B-5	43	5.00	-0.9151	-0.9151	0.0018	-0.8209	-0.8209	0.0016
	B-8	50	5.00	-0.3985	-0.3985	0.0008	-0.8209	-0.8209	0.0016
	A-1	103	5.00	-1.6612	-1.6612	0.0033	-0.6090	-0.6090	0.0012
	A-3	109	5.00	-1.2594	-1.2594	0.0025	-0.6090	-0.6090	0.0012
	A-5	113	5.00	-0.9151	-0.9151	0.0018	-0.6090	-0.6090	0.0012
	A-8	120	5.00	-0.3985	-0.3985	0.0008	-0.6090	-0.6090	0.0012
N2	B-1	33	4.00	-2.6718	-1.0106	0.0025	-2.5305	-1.7096	0.0043
	B-3	39	4.00	-2.0832	-0.8238	0.0021	-2.5305	-1.7096	0.0043
	B-5	43	4.00	-1.5787	-0.6636	0.0017	-2.5305	-1.7096	0.0043
	B-8	50	4.00	-0.8220	-0.4235	0.0011	-2.5305	-1.7096	0.0043
	A-1	103	4.00	-2.6718	-1.0106	0.0025	-2.3057	-1.6967	0.0042
	A-3	109	4.00	-2.0832	-0.8238	0.0021	-2.3057	-1.6967	0.0042
	A-5	113	4.00	-1.5787	-0.6636	0.0017	-2.3057	-1.6967	0.0042
	A-8	120	4.00	-0.8220	-0.4235	0.0011	-2.3057	-1.6967	0.0042
N3	B-1	33	4.00	-3.4230	-0.7512	0.0019	-4.3799	-1.8494	0.0046
	B-3	39	4.00	-2.7472	-0.6640	0.0017	-4.3799	-1.8494	0.0046
	B-5	43	4.00	-2.1679	-0.5892	0.0015	-4.3799	-1.8494	0.0046
	B-8	50	4.00	-1.2991	-0.4771	0.0012	-4.3799	-1.8494	0.0046
	A-1	103	4.00	-3.4230	-0.7512	0.0019	-4.1323	-1.8266	0.0046
	A-3	109	4.00	-2.7472	-0.6640	0.0017	-4.1323	-1.8266	0.0046
	A-5	113	4.00	-2.1679	-0.5892	0.0015	-4.1323	-1.8266	0.0046
	A-8	120	4.00	-1.2991	-0.4771	0.0012	-4.1323	-1.8266	0.0046
N4	B-1	33	4.00	-4.1112	-0.6882	0.0017	-6.1107	-1.7308	0.0043
	B-3	39	4.00	-3.3670	-0.6198	0.0015	-6.1107	-1.7308	0.0043
	B-5	43	4.00	-2.7291	-0.5612	0.0014	-6.1107	-1.7308	0.0043
	B-8	50	4.00	-1.7722	-0.4731	0.0012	-6.1107	-1.7308	0.0043
	A-1	103	4.00	-4.1112	-0.6882	0.0017	-5.8291	-1.6968	0.0042
	A-3	109	4.00	-3.3670	-0.6198	0.0015	-5.8291	-1.6968	0.0042
	A-5	113	4.00	-2.7291	-0.5612	0.0014	-5.8291	-1.6968	0.0042
	A-8	120	4.00	-1.7722	-0.4731	0.0012	-5.8291	-1.6968	0.0042
AZ	B-1	33	4.00	-4.6807	-0.5695	0.0014	-7.6241	-1.5134	0.0038
	B-3	39	4.00	-3.8715	-0.5045	0.0013	-7.6241	-1.5134	0.0038
	B-5	43	4.00	-3.1778	-0.4487	0.0011	-7.6241	-1.5134	0.0038
	B-8	50	4.00	-2.1374	-0.3652	0.0009	-7.6241	-1.5134	0.0038
	A-1	103	4.00	-4.6807	-0.5695	0.0014	-7.2986	-1.4695	0.0037
	A-3	109	4.00	-3.8715	-0.5045	0.0013	-7.2986	-1.4695	0.0037
	A-5	113	4.00	-3.1778	-0.4487	0.0011	-7.2986	-1.4695	0.0037
	A-8	120	4.00	-2.1374	-0.3652	0.0009	-7.2986	-1.4695	0.0037
EDIFICIO	EJES	NUDOS	H (m)	COMBINACIÓN 11		$\Delta Y / h$	COMBINACION 14		$\Delta X / h$
	DY (cm)	$\Delta Y$ (cm)	DX (cm)	$\Delta X$ (cm)					
EDIFICIO	B-1	33	21.00	-4.6807	-4.6807	0.0022	-7.6241	-7.6241	0.0036
	B-3	39	21.00	-3.8715	-3.8715	0.0018	-7.6241	-7.6241	0.0036
	B-5	43	21.00	-3.1778	-3.1778	0.0015	-7.6241	-7.6241	0.0036
	B-8	50	21.00	-2.1374	-2.1374	0.0010	-7.6241	-7.6241	0.0036
	A-1	103	21.00	-4.6807	-4.6807	0.0022	-7.2986	-7.2986	0.0035
	A-3	109	21.00	-3.8715	-3.8715	0.0018	-7.2986	-7.2986	0.0035
	A-5	113	21.00	-3.1778	-3.1778	0.0015	-7.2986	-7.2986	0.0035
	A-8	120	21.00	-2.1374	-2.1374	0.0010	-7.2986	-7.2986	0.0035

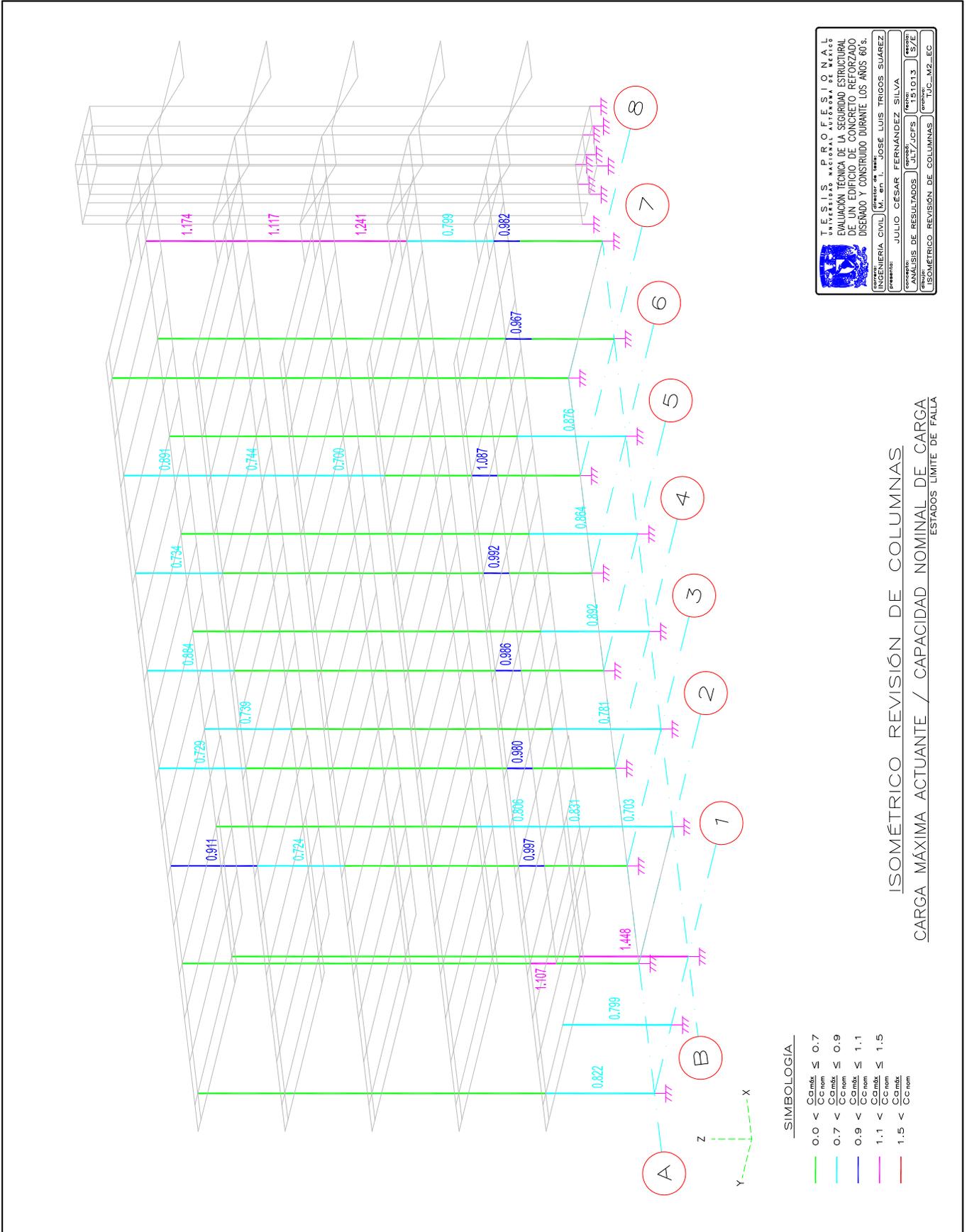
H = Altura del Edificio  
h = Altura de Entrepiso  
DX = Desplazamiento Global  
 $\Delta X$  = Desplazamiento Relativo

**B. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 2, RCDF04, ASEE.**

**2. Revisión de Estados Límite de Falla.**

**a. Columnas de Concreto Reforzado.**

**1. Isométrico.**

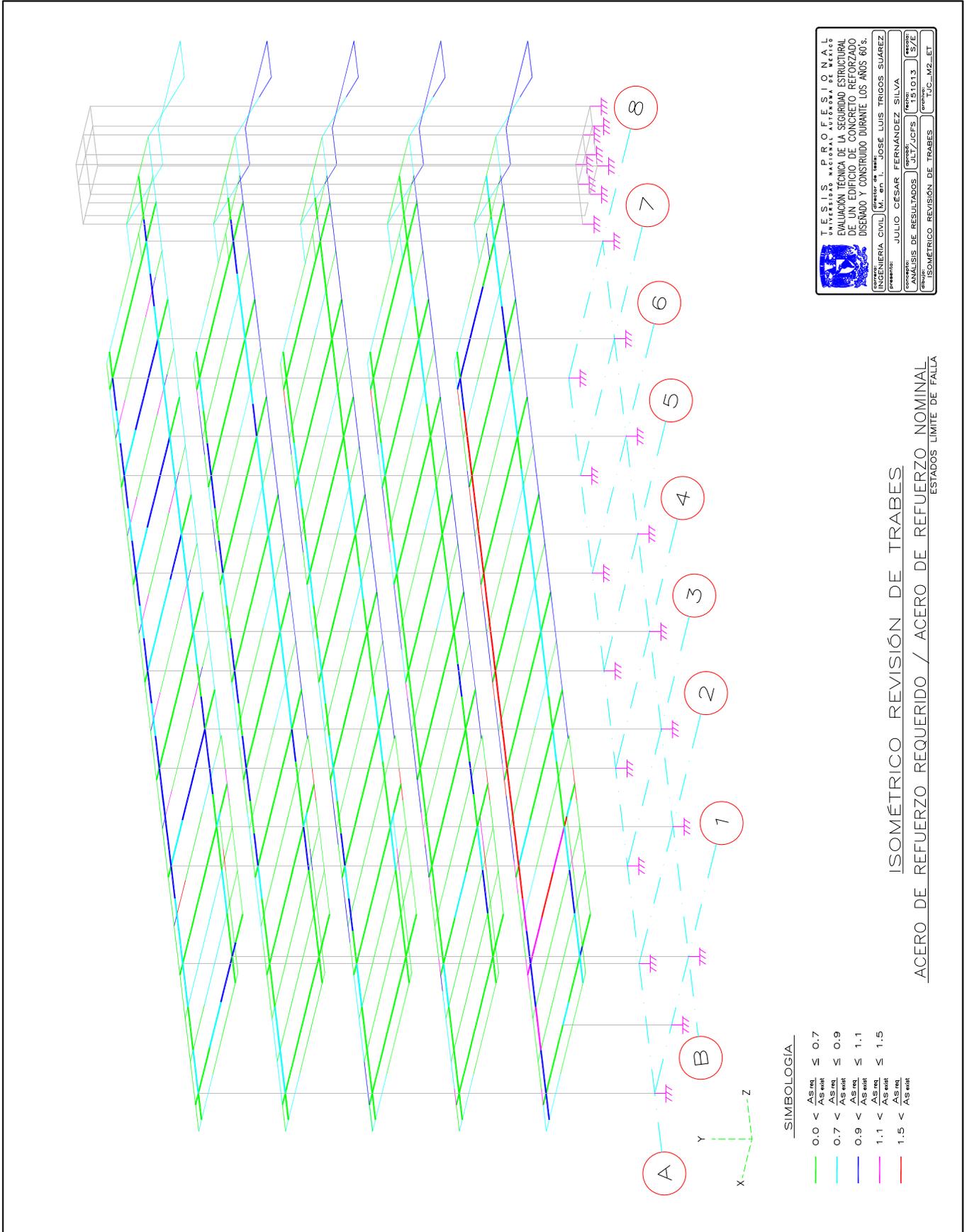


**B. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 2, RCDF04, ASEE.**

2. Revisión de Estados Límite de Falla.

b. Trabes de Concreto Reforzado.

1. Isométrico.



## C. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 3, RCDF04, ASDME.

Con el objeto de evaluar las condiciones de la seguridad estructural del inmueble en las condiciones actuales de servicio, se realiza una revisión general de la estructura conforme a requisitos aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, **RCDF04**, y sus Normas Técnicas Complementarias, **NTC's**.

El análisis general de la estructura se hizo considerando hipótesis de comportamiento elástico-lineal. Para evaluar los efectos por sismo se aplicó el Análisis Sísmico Dinámico Modal Espectral ( ASDME ). La revisión de los elementos de concreto reforzado en la estructura se hizo por el "Método de Resistencia Última".

La estructura del edificio se modeló analítica y matemáticamente mediante un conjunto tridimensional de 949 nudos y 1,299 elementos: 1,028 trabes principales y secundarias, 91 columnas de concreto reforzado y 180 elementos verticales en fachada; y 629 elementos panel que discretizan a los muros de mampostería, losas, rampas y muros de concreto. Se formularon cinco condiciones básicas de cargas permanentes y accidentales ( 01 a 03, 06 y 07 ); tres combinaciones para revisión de los desplazamientos en nudos de la estructura ( 08, 26 y 27 ); y tres combinaciones para revisión de índices de seguridad en los elementos de concreto reforzado y muros de mampostería ( 17, 28 y 29 ).

Se efectuaron diversos análisis de los efectos de los sistemas de carga actuando sobre la estructura, planteando el equilibrio en la condición deformada, con objeto de considerar explícitamente efectos de segundo orden. Se revisaron todos los elementos de la estructura para todas las combinaciones de carga; a continuación se consigna un resumen de los principales resultados

### 1. Revisión de Estados Límite de Servicio.

Se revisaron los conceptos aplicables del RCDF04, Título VI, Seguridad Estructural de las Edificaciones: Capítulo III, Criterios de Diseño Estructural; y Capítulo VI, Diseño por Sismo.

Se calcularon los desplazamientos de todos los nudos de la estructura, al revisar los estados límite de desplazamientos horizontales en las dos direcciones de análisis, incluidos como ejemplo las combinaciones 26 y 27, se obtiene que los **desplazamientos máximos de la estructura deformada**, al nivel de Azotea, AZ, para las combinaciones de carga más críticas son de **4.9 cm** y **6.5 cm**, en las direcciones transversal y longitudinal, respectivamente, que al compararlos con los **desplazamientos aceptables** en el RCDF04, de **12.6 cm**, resultan **condiciones satisfactorias**.

Las figuras IV.C.1.a y IV.C.1.b corresponden a los resultados de desplazamientos de la estructura para las combinaciones de carga 26 y 27; y en IV.C.1.c se muestra un resumen de desplazamientos para nudos seleccionados.

### 2. Revisión de Estados Límite de Falla.

Se efectuaron análisis estructurales de segundo orden con objeto de considerar el equilibrio en la condición deformada, revisando los conceptos aplicables del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, RCDF04.

#### a. Columnas de Concreto Reforzado.

De la revisión de todas las columnas para todas las combinaciones de carga, del total de 91 columnas,

obteniendo resultados en términos de la relación de la carga actuante máxima dividida entre la capacidad de carga nominal resistente  $Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom}$ , resultan cuatro grupos donde:

- **Sesenta y siete columnas** en donde  $0 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 0.70$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Dieciseis columnas** en donde  $0.70 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 0.90$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Seis columnas** en donde  $0.90 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 1.10$ , presentan **condiciones aceptables**.
- **Dos columnas** en donde  $1.10 < Ca_{m\acute{a}x} / Cc_{nom} \leq 1.50$ , presentan **condiciones insatisfactorias**, con un 2.2 porciento del total de columnas.

En la figura IV.C.2.a.1 se presenta en un isométrico los resultados de la revisión de las columnas de concreto reforzado.

#### b. Trabes Principales de Concreto Reforzado.

De los resultados de la revisión de todas las trabes principales para todas las combinaciones de carga, en términos de la relación del acero de refuerzo requerido ( $As_{req}$ ) dividida entre el acero de refuerzo nominal existente ( $As_{exist}$ ), resulta que con las secciones, la cantidad y distribución del acero de refuerzo indicado en los planos del proyecto estructural original:

- **Un grupo mayoritario de trabes principales** en donde  $As_{req} / As_{exist} \leq 1.10$ , presentan **condiciones satisfactorias**.
- **Tres tramos de trabes principales** en donde  $1.10 < As_{req} / As_{exist} \leq 1.50$ , presentan **condiciones insatisfactorias**.
- **Ocho tramos de trabes principales** en donde  $1.50 \leq As_{req} / As_{exist}$  presentan **condiciones críticas**, con un 3.8 porciento del total de trabes principales.

En la figura V.C.2.b.1 se presenta en un isométrico los resultados de la revisión de las trabes de concreto reforzado.

#### c. Trabes Secundarias de Concreto Reforzado.

De los resultados de la revisión de las trabes principales para todas las combinaciones de carga, en términos de la relación del acero de refuerzo requerido ( $As_{req}$ ) dividida entre el acero de refuerzo nominal existente ( $As_{exist}$ ), resulta que con las secciones, la cantidad y distribución del acero de refuerzo indicado en los planos del proyecto estructural original se tiene:

- **Un grupo mayoritario de trabes secundarias** en donde  $As_{req} / As_{exist} \leq 1.10$ , presenta **condiciones satisfactorias**.
- **Veintitrés tramos de trabes secundarias** en donde  $1.10 < As_{req} / As_{exist} \leq 1.50$ , presenta **condiciones insatisfactorias**.
- **Dieciocho tramos de trabes secundarias** en donde  $1.50 \leq As_{req} / As_{exist}$  presenta **condiciones críticas**,

con un 4.7 por ciento del total de trabes secundarias.

d. Muros de Concreto Reforzado.

De la revisión de todos los elementos panel para las combinaciones de carga crítica, se deduce que los esfuerzos absolutos máximos que actúan en los muros de concreto o elementos panel, con un valor máximo de 130.1 kgf/cm<sup>2</sup> es menor que la resistencia a compresión del concreto de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, resultan **condiciones satisfactorias**.

e. Muros de Mampostería.

De la revisión de todos los elementos panel para las combinaciones de carga crítica, se deduce que los esfuerzos absolutos máximos que actúan en los elementos placa o muros de mampostería, son menores que la resistencia admisible a compresión de la mampostería, resultan **condiciones satisfactorias**.

En muros de mampostería de piedra braza existen esfuerzos absolutos máximos del orden de 10.6 kgf/cm<sup>2</sup>, que son menores a la resistencia admisible de 20 kgf/cm<sup>2</sup>, y en muros de mampostería de bloques huecos de barro rojo existen esfuerzos absolutos máximos del orden de 17.1 kgf/cm<sup>2</sup>, que son menores a la resistencia admisible de 40 kgf/cm<sup>2</sup>.

f. Cimentación: Zapatas Aisladas.

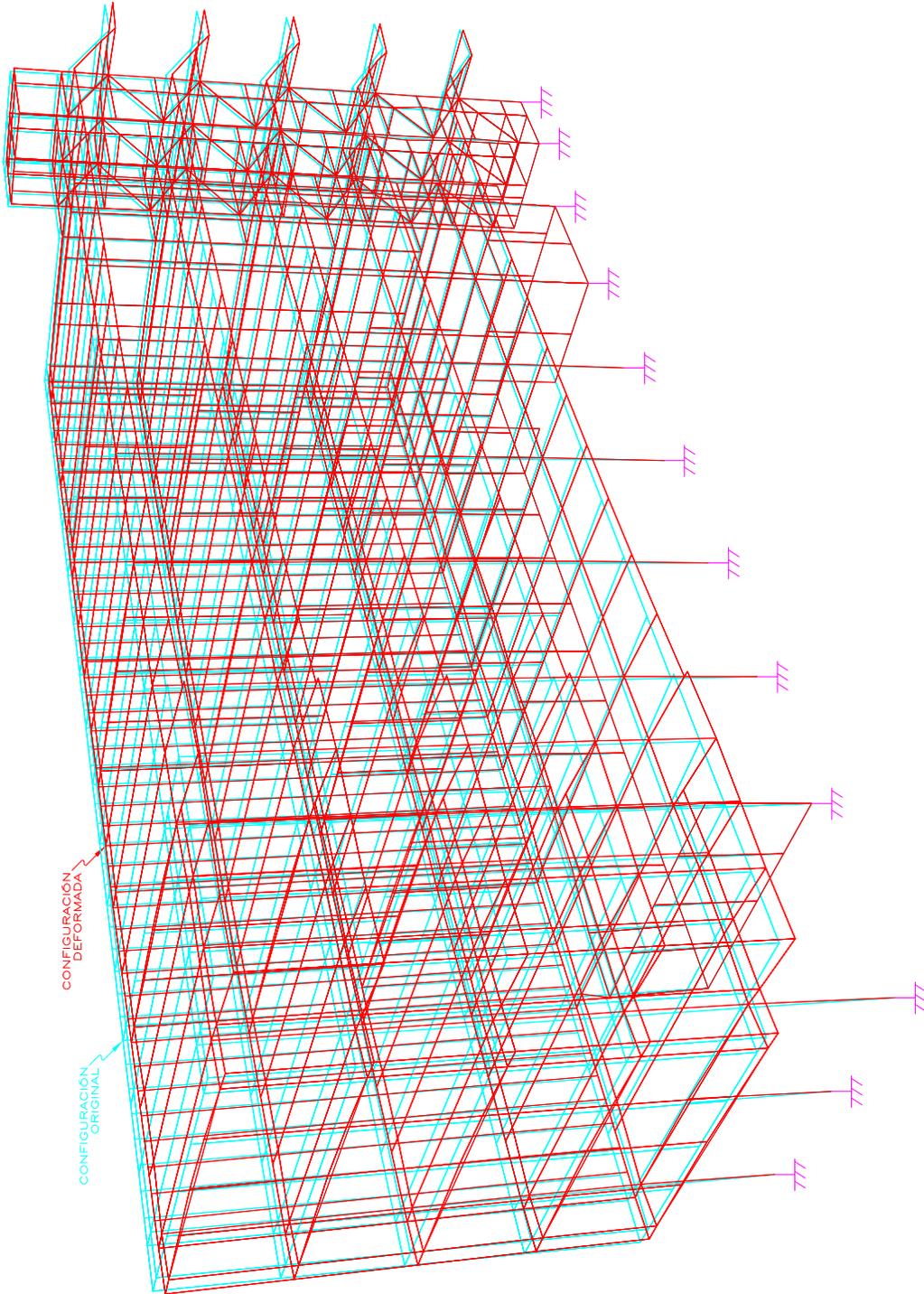
De la revisión de todas las zapatas para las combinaciones de carga crítica, se concluye que con la geometría y refuerzo indicado en el proyecto estructural original, la mayoría de las zapatas tienen resistencias adecuadas, resultan **condiciones satisfactorias**, no se rebasan los índices de seguridad estipulados en el RCDF04 + NTC's; se tiene a la zapata aislada Z-8, localizada en los ejes B y 1 en la que se rebasa ligeramente, la capacidad de carga del terreno considerada, resulta en **condiciones aceptables**.

**C. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 3, RCDF04, ASDME.**

**1. Revisión de Estados Límite de Servicio.**

**a. Isométrico, CC # 26.**

DFDR CC = 26  
( X 20.0 )



		INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS	
		EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUÍDO DURANTE LOS AÑOS 60's.	
INGENIERIA CIVIL (M. en I. JOSÉ LUIS TRICOS SUÁREZ)		Director de obra: JOSÉ LUIS TRICOS SUÁREZ	
Presentado por: JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA		Profesor: JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA	
Proyecto: ANÁLISIS DE RESULTADOS (JL7/CFB)		Proyecto: TUC-013 /S/E	
Tema: DESPLAZAMIENTOS ISOMÉTRICO CC26		Tema: TUC_M3_026	

ISOMÉTRICO DESPLAZAMIENTOS  
COMBINACIÓN DE CARGA CC26  
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

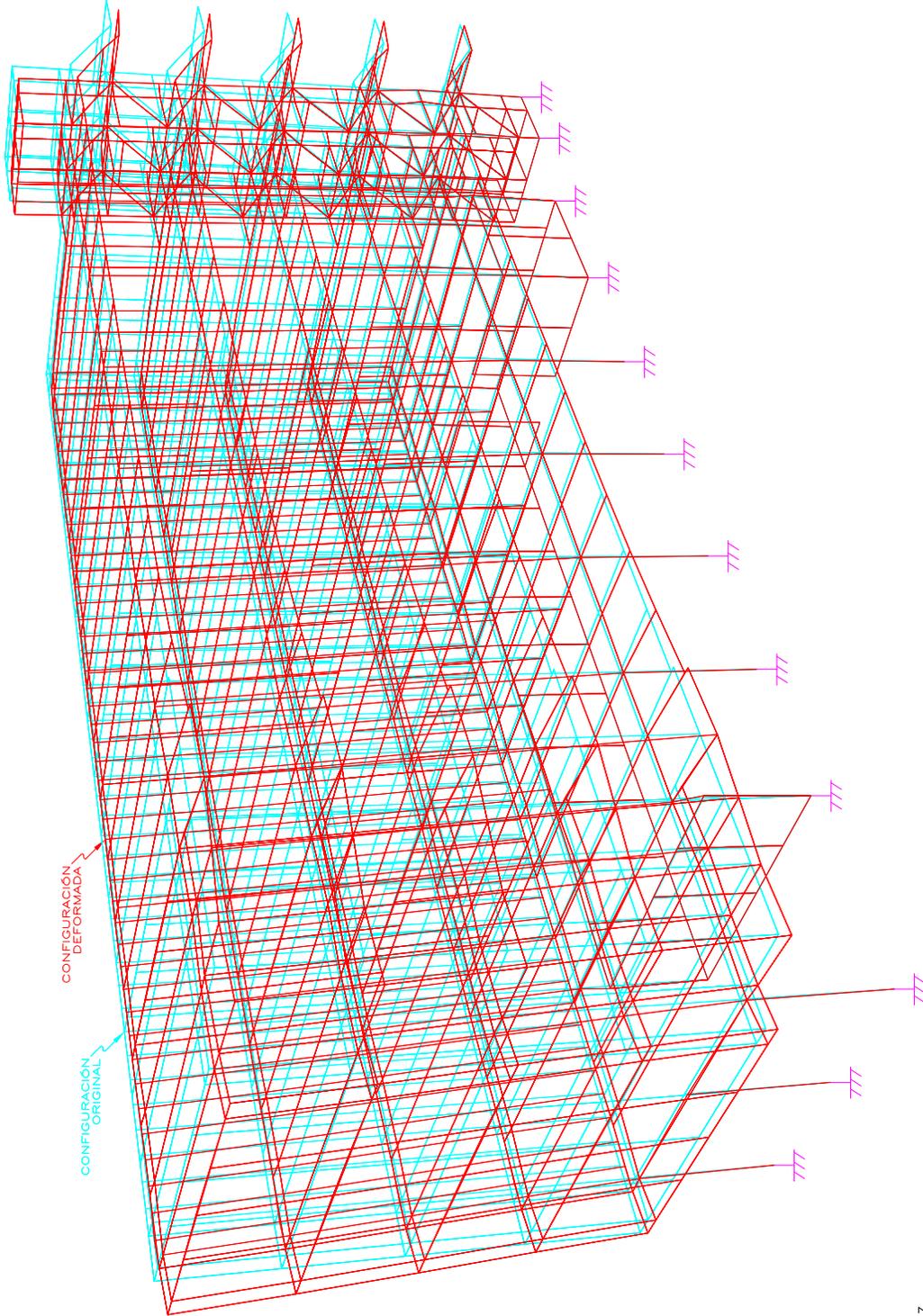
DATOS ESTRUCTURA  
 MODELO: TUC\_ASDM\_M3  
 NN = 949  
 NM = 1299  
 NP = 696  
 $\Delta Y_{máx} = 4.91$  cm

**C. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 3, RCDF04, ASDME.**

1. Revisión de Estados Límite de Servicio.

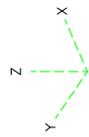
b. Isométrico, CC # 27.

DFDR CC = 27  
( X 20.0 )



CONFIGURACIÓN DEFORMADA

CONFIGURACIÓN ORIGINAL



DATOS ESTRUCTURA  
 MODELO: TUC\_ASDM\_M3  
 NN = 949  
 NM = 1299  
 NP = 696  
 $\Delta X_{máx} = 6.47$  cm

ISOMÉTRICO DESPLAZAMIENTOS  
 COMBINACIÓN DE CARGA CC27  
 ESTADOS LIMITE DE SERVICIO

INSTITUTO NACIONAL DE EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CONCRETO REFORZADO DISEÑADO Y CONSTRUÍDO DURANTE LOS AÑOS 60's.	
INGENIERIA CIVIL (M. en I. JOSÉ LUIS TRICOS SUÁREZ)	DIRECTOR DE TRABAJO
JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA	PREPARADOR
JULIO CESAR FERNÁNDEZ SILVA	PREPARADOR
ANÁLISIS DE RESULTADOS (JLZ/JCFB)	CORRECTOR (FUC/SJ)
ANÁLISIS DE RESULTADOS (JLZ/JCFB)	CORRECTOR (FUC/SJ)
DESPLAZAMIENTOS ISOMÉTRICO CC27	TÍTULO (TUC_M3_027)

**C. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 3, RCDF04, ASDME.**

## 1. Revisión de Estados Límite de Servicio.

## c. Resumen.

TJC_ASDM_M3	EJES	NUDOS	h (m)	COMBINACIÓN 26		$\Delta Y / h$	COMBINACION 27		$\Delta X / h$
				DY (cm)	$\Delta Y$ (cm)		DX (cm)	$\Delta X$ (cm)	
PB	B-1	33		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	B-3	39		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	B-5	43		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	B-8	50		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-1	103		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-3	109		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-5	113		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
	A-8	120		0.0000	0.0000		0.0000	0.0000	
N1	B-1	33	5.00	-1.6474	-1.6474	0.0033	-0.6826	-0.6826	0.0014
	B-3	39	5.00	-1.1559	-1.1559	0.0023	-0.6826	-0.6826	0.0014
	B-5	43	5.00	-0.7462	-0.7462	0.0015	-0.6826	-0.6826	0.0014
	B-8	50	5.00	-0.3222	-0.3222	0.0006	-0.6826	-0.6826	0.0014
	A-1	103	5.00	-1.6474	-1.6474	0.0033	-0.5600	-0.5600	0.0011
	A-3	109	5.00	-1.1559	-1.1559	0.0023	-0.5600	-0.5600	0.0011
	A-5	113	5.00	-0.7462	-0.7462	0.0015	-0.5600	-0.5600	0.0011
	A-8	120	5.00	-0.3222	-0.3222	0.0006	-0.5600	-0.5600	0.0011
N2	B-1	33	4.00	-2.7081	-1.0607	0.0027	-2.0693	-1.3867	0.0035
	B-3	39	4.00	-1.8976	-0.7417	0.0019	-2.0693	-1.3867	0.0035
	B-5	43	4.00	-1.2385	-0.4923	0.0012	-2.0693	-1.3867	0.0035
	B-8	50	4.00	-0.6731	-0.3509	0.0009	-2.0693	-1.3867	0.0035
	A-1	103	4.00	-2.7081	-1.0607	0.0027	-2.0016	-1.4416	0.0036
	A-3	109	4.00	-1.8976	-0.7417	0.0019	-2.0016	-1.4416	0.0036
	A-5	113	4.00	-1.2385	-0.4923	0.0012	-2.0016	-1.4416	0.0036
	A-8	120	4.00	-0.6731	-0.3509	0.0009	-2.0016	-1.4416	0.0036
N3	B-1	33	4.00	-3.4946	-0.7865	0.0020	-3.5867	-1.5174	0.0038
	B-3	39	4.00	-2.4602	-0.5626	0.0014	-3.5867	-1.5174	0.0038
	B-5	43	4.00	-1.6510	-0.4125	0.0010	-3.5867	-1.5174	0.0038
	B-8	50	4.00	-1.0896	-0.4165	0.0010	-3.5867	-1.5174	0.0038
	A-1	103	4.00	-3.4946	-0.7865	0.0020	-3.5472	-1.5456	0.0039
	A-3	109	4.00	-2.4602	-0.5626	0.0014	-3.5472	-1.5456	0.0039
	A-5	113	4.00	-1.6510	-0.4125	0.0010	-3.5472	-1.5456	0.0039
	A-8	120	4.00	-1.0896	-0.4165	0.0010	-3.5472	-1.5456	0.0039
N4	B-1	33	4.00	-4.1851	-0.6905	0.0017	-5.0283	-1.4416	0.0036
	B-3	39	4.00	-2.9654	-0.5052	0.0013	-5.0283	-1.4416	0.0036
	B-5	43	4.00	-2.0535	-0.4025	0.0010	-5.0283	-1.4416	0.0036
	B-8	50	4.00	-1.5100	-0.4204	0.0011	-5.0283	-1.4416	0.0036
	A-1	103	4.00	-4.1851	-0.6905	0.0017	-4.9983	-1.4511	0.0036
	A-3	109	4.00	-2.9654	-0.5052	0.0013	-4.9983	-1.4511	0.0036
	A-5	113	4.00	-2.0535	-0.4025	0.0010	-4.9983	-1.4511	0.0036
	A-8	120	4.00	-1.5100	-0.4204	0.0011	-4.9983	-1.4511	0.0036
AZ	B-1	33	4.00	-4.7528	-0.5677	0.0014	-6.3075	-1.2792	0.0032
	B-3	39	4.00	-3.3776	-0.4122	0.0010	-6.3075	-1.2792	0.0032
	B-5	43	4.00	-2.3916	-0.3381	0.0008	-6.3075	-1.2792	0.0032
	B-8	50	4.00	-1.8717	-0.3617	0.0009	-6.3075	-1.2792	0.0032
	A-1	103	4.00	-4.7528	-0.5677	0.0014	-6.2667	-1.2684	0.0032
	A-3	109	4.00	-3.3776	-0.4122	0.0010	-6.2667	-1.2684	0.0032
	A-5	113	4.00	-2.3916	-0.3381	0.0008	-6.2667	-1.2684	0.0032
	A-8	120	4.00	-1.8717	-0.3617	0.0009	-6.2667	-1.2684	0.0032
EDIFICIO	B-1	33	21.00	-4.7528	-4.7528	0.0023	-6.3075	-6.3075	0.0030
	B-3	39	21.00	-3.3776	-3.3776	0.0016	-6.3075	-6.3075	0.0030
	B-5	43	21.00	-2.3916	-2.3916	0.0011	-6.3075	-6.3075	0.0030
	B-8	50	21.00	-1.8717	-1.8717	0.0009	-6.3075	-6.3075	0.0030
	A-1	103	21.00	-4.7528	-4.7528	0.0023	-6.2667	-6.2667	0.0030
	A-3	109	21.00	-3.3776	-3.3776	0.0016	-6.2667	-6.2667	0.0030
	A-5	113	21.00	-2.3916	-2.3916	0.0011	-6.2667	-6.2667	0.0030
	A-8	120	21.00	-1.8717	-1.8717	0.0009	-6.2667	-6.2667	0.0030

H = Altura del Edificio  
h = Altura de Entrepiso  
DX = Desplazamiento Global  
 $\Delta X$  = Desplazamiento Relativo

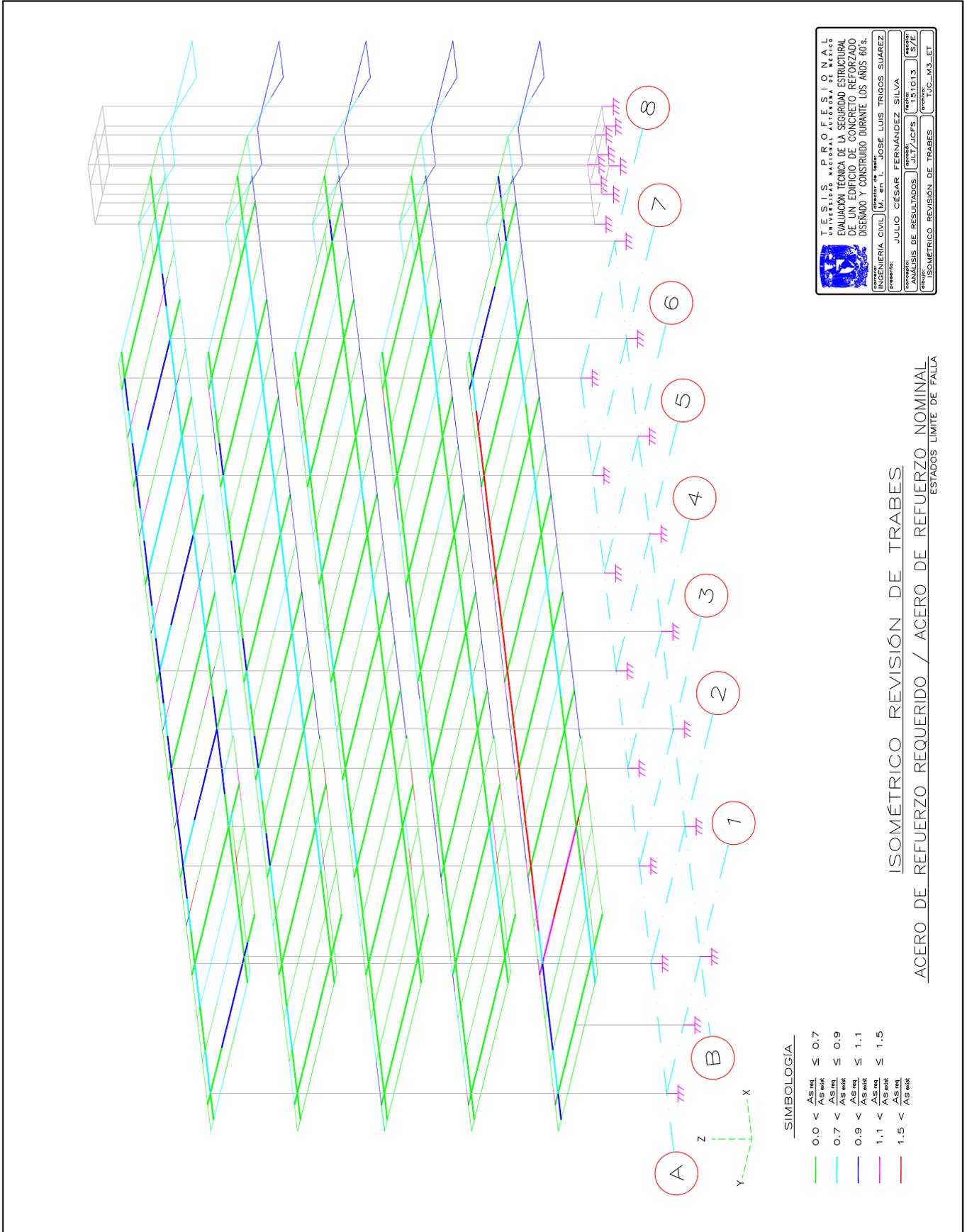


**C. REVISIÓN ESTRUCTURAL MODELO 3, RCDF04, ASDME.**

2. Revisión de Estados Límite de Falla.

b. Traveses de Concreto Reforzado.

1. Isométrico.



## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El proyecto estructural del edificio se concluyó a mediados de 1964; el edificio fue diseñado y construido acorde a una normatividad evidentemente menos estricta a la requerida actualmente, ha funcionado satisfactoriamente durante los últimos cuarenta y cinco años.

Se realizó el análisis y revisión estructural del edificio con el objeto de obtener índices que permitan evaluar la seguridad de la estructura en el estado actual, conforme a las disposiciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal en su versión RCDF66, vigente en la fecha de proyecto y construcción del edificio, así como con la versión actual, RCDF04 y sus respectivas NTC`s.

A continuación se presentan las conclusiones y recomendaciones pertinentes, resultado de los estudios realizados mediante tres modelos analíticos, diferenciados por la normatividad empleada y el tipo de análisis sísmico, considerado para evaluar los efectos por sismo: Modelo 1, conforme a disposiciones del RCDF66 y el análisis sísmico estático equivalente; Modelo 2, conforme a disposiciones del RCDF04 y el análisis sísmico estático equivalente y, finalmente, el Modelo 3, conforme a disposiciones del RCDF04 y al análisis sísmico dinámico modal espectral.

### A. CONCLUSIONES.

1. Los resultados del análisis dependen en gran medida de las cargas y acciones que obran sobre la estructura; con el objeto de estimar razonablemente sus efectos, se consideran las intensidades y los parámetros involucrados, que han sido normalizados y aceptados en la práctica profesional, previamente establecidos en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal; a continuación se presenta un resumen comparativo de las cargas totales, acciones y parámetros considerados en los análisis y las revisiones estructurales del edificio.

CONCEPTO	RCDF66 ( Tonf )	RCDF04 ( Tonf )	COCIENTE RC04 / RC66
Peso propio de la estructura ( $W_{pp}$ )	2,675.20	2,675.20	1.00
Peso de los sistemas de piso ( $W_{sp}$ )	1,404.75	1, 537.95	1.09
Carga Muerta ( $W_{pp} + W_{sp}$ )	4,079.95	4, 213.15	1.03
Carga Viva Máxima ( $CV_{max}$ )	892.69	797.37	0.89
Carga Viva Instantánea ( $CV_{max}$ )	409.20	507.97	1.24
Clasificación según el tipo de suelo existente	B.C.	Zona 1	-
Clasificación según el destino de la estructura.	Grupo A	Grupo A	-
Coefficiente Sísmico Básico ( C )	0.04	0.16	4.00
Factor de comportamiento sísmico, ( Q )	NA	2.00	-
Factor reductivo (No cumple condiciones de regularidad)	NA	0.80	-
Incremento en Estructuras del Grupo A	1.30	1.50	1.15
Coefficiente Sísmico de Diseño ( Cd )	0.052	0.150	2.88
Cortante Basal	197.58	604.82	3.06

De la comparación de cargas y acciones requeridas actualmente ( RCDF04 ) contra las que se infiere fue diseñada la estructura ( RCDF66 ), resulta un incremento total del 3 % en la carga muerta, un decremento del 11 % para la carga viva máxima, un incremento del 24% en la carga viva instantánea y un incremento considerable del 400% en el coeficiente sísmico.

## 2. Revisión de estados límite de servicio.

En términos generales la estructura no presenta daños, no se perciben problemas de vibración ni deformaciones anormales visibles en los elementos estructurales, se observan ligeras fisuras en algunas trabes y un poco más pronunciadas en los muros de mampostería de fachada, aparentemente no representan problemas potenciales para la pérdida de estabilidad de la estructura a corto plazo, sin embargo estas fisuras deberán ser reparadas mediante procedimientos reconocidos y personal especializado, con el objeto de restituir la resistencia de estos elementos.

Al revisar los estados límite de desplazamientos horizontales en las dos direcciones de análisis, para las combinaciones de carga más críticas, se obtiene que al comparar los desplazamientos máximos de la estructura deformada, al nivel de Azotea, AZ, con los desplazamientos aceptables, resultan condiciones satisfactorias.

### a. Desplazamientos Máximos.

DESPLAZAMIENTOS	DY (cm)			$D_{max} / D_{adm}$	DX (cm)			$D_{max} / D_{adm}$
	MÁXIMO		ADMISIBLE		MÁXIMO		ADMISIBLE	
MODELO 1, RCDF66, ASEE	CC11	1.2	4.2	0.29	CC16	1.4	4.2	0.33
MODELO 2, RCDF04, ASEE	CC11	4.8	12.6	0.38	CC14	7.7	12.6	0.61
MODELO 3, RCDF04, ASDME	CC26	4.9	12.6	0.39	CC27	6.5	12.6	0.51
CONDICIONES SATISFACTORIAS								

## 3. Revisión de estados límite de falla.

La estructura no presenta fallas visibles, de la revisión de todos los elementos, se deduce que la mayoría tienen resistencia adecuada y suficiente para prevenir su falla. El análisis de la estructura y la revisión de sus elementos se realizaron considerando las resistencias nominales indicadas en el proyecto estructural original, las intensidades de carga establecidas en el reglamento y sus respectivas combinaciones.

Se plantea la hipótesis de que los materiales son de mejor calidad y la resistencia real de los elementos es mayor a la resistencia nominal, ésto deberá ser corroborado mediante estudios de materiales; un levantamiento a detalle de las cargas vivas demostraría que las intensidades reales son inferiores a las consideradas y justificaría el empleo de valores menores en el análisis y revisión de elementos; en la revisión a flexión de trabes no ha sido considerada la contribución a la resistencia que proveen el acero de refuerzo a compresión y la participación de losas.

### a. Columnas de Concreto Reforzado.

De la revisión de todas las columnas, obteniendo resultados en términos de la relación de la carga actuante máxima entre la capacidad de carga nominal resistente,  $Ca_{max} / Cc_{nom}$ , se tiene:

COLUMNAS	Carga máxima actuante / Capacidad nominal de carga resistente				
	$0 < Ca_{max} / Cc_{nom} \leq 0.7$	$0.7 < Ca_{max} / Cc_{nom} \leq 0.9$	$0.9 < Ca_{max} / Cc_{nom} \leq 1.1$	$1.1 < Ca_{max} / Cc_{nom} \leq 1.5$	$1.5 < Ca_{max} / Cc_{nom}$
MODELO 1, RCDF66, ASEE	86	4	0	1	0
MODELO 2, RCDF04, ASEE	60	18	8	5	0
MODELO 3, RCDF04, ASDME	67	16	6	2	0
CONDICIONES SATISFACTORIAS		ACEPTABLES	INSATISFACTORIAS	CRÍTICAS	

No se considera necesario implantar un proyecto de refuerzo para las columnas que presentan condición insatisfactoria.

#### b. Trabes Principales de Concreto Reforzado.

De la revisión de todas las trabes principales ( 211 tramos ), en términos de la relación del acero de refuerzo requerido (  $A_{s_{req}}$  ) entre el acero de refuerzo nominal existente (  $A_{s_{exist}}$  ), se tiene:

TRABES PRINCIPALES	Acero de Refuerzo Requerido / Acero de Refuerzo Existente				
	$0 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}} \leq 0.7$	$0.7 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}} \leq 0.9$	$0.9 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}} \leq 1.1$	$1.1 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}} \leq 1.5$	$1.5 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}}$
MODELO 1, RCDF66, ASEE	un grupo mayoritario de trabes			4	6
MODELO 2, RCDF04, ASEE	un grupo mayoritario de trabes			3	8
MODELO 3, RCDF04, ASDME	un grupo mayoritario de			3	8
	CONDICIONES SATISFACTORIAS			INSATISFACTORIAS	CRÍTICAS

Las secciones de las trabes principales que presentan condición insatisfactoria y crítica corresponden a las trabes: T-102 y T-110, del Nivel 1. Es necesario implantar un proyecto de refuerzo local en estas trabes.

#### c. Trabes Secundarias de Concreto Reforzado.

De la revisión de todas las trabes secundarias ( 385 tramos), en términos de la relación del acero de refuerzo requerido (  $A_{s_{req}}$  ) entre el acero de refuerzo nominal existente (  $A_{s_{exist}}$  ), resultan:

TRABES SECUNDARIAS	Acero de Refuerzo Requerido / Acero de Refuerzo Existente				
	$0 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}} \leq 0.7$	$0.7 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}} \leq 0.9$	$0.9 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}} \leq 1.1$	$1.1 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}} \leq 1.5$	$1.5 < A_{s_{req}} / A_{s_{exist}}$
MODELO 1, RCDF66, ASEE	un grupo mayoritario de trabes			6	0
MODELO 2, RCDF04, ASEE	un grupo mayoritario de trabes			29	20
MODELO 3, RCDF04, ASDME	un grupo mayoritario de trabes			23	18
	CONDICIONES SATISFACTORIAS			INSATISFACTORIAS	CRÍTICAS

Los tramos de las trabe secundarias que presentan condición insatisfactoria o crítica, son el resultado de la revisión para la combinación de cargas permanentes y variables ( CC17 ). No se considera necesario implantar un proyecto de refuerzo para estas trabes.

#### d. Muros de Concreto Reforzado.

De la revisión de todos los elementos panel para las combinaciones de carga crítica, se deduce que los esfuerzos absolutos máximos que actúan en los elementos panel o muros de concreto, son menores a la resistencia admisible a compresión del concreto, resultan condiciones satisfactorias.

#### e. Muros de Mampostería.

De la revisión de todos los elementos panel para las combinaciones de carga crítica, se deduce que los esfuerzos absolutos máximos que actúan en los elementos panel o muros de mampostería, son menores que la resistencia admisible a compresión de la mampostería, resultan condiciones satisfactorias.

La ubicación, estructuración y habilitación de muros nuevos de mampostería ha sido adecuada, incrementando las rigidez de la estructura, sin embargo el proceso constructivo en la rehabilitación del muro de mampostería existente, localizado en el eje 8 de nivel 2, fue deficiente, deberá ser corregido, se le da tal importancia debido a que los muros de mampostería han sido considerados explícitamente como elementos estructurales en el proceso de revisión estructural, al favorecer significativamente, un comportamiento adecuado de la estructura ante eventos sísmicos de magnitud considerable.

#### f. Cimentación.

De la revisión de todas las zapatas para las combinaciones de carga crítica, se concluye que con la geometría y refuerzo indicado en el proyecto estructural original, se tienen resistencias adecuadas, resultan condiciones satisfactorias.

## B. RECOMENDACIONES.

1. Antes de interpretar los resultados obtenidos, como definitivos, será necesario realizar estudios de materiales con el objeto de comparar valores nominales contra valores reales, de las resistencias y los módulos de elasticidad del concreto y del acero de refuerzo, in situ, determinando índices cuantitativos de resistencia de materiales, mediante una combinación de muestreos no destructivos y la extracción y ensaye de núcleos de concreto.
2. Independientemente de realizar los estudios de materiales, se recomienda implantar un proyecto de refuerzo local en la trabe T-102, del nivel N1, localizada en el eje 2, y la trabe T-110 localizada en el eje A entre los ejes 3 y 7, en donde  $1.50 \leq A_{s_{req}} / A_{s_{exist}}$  ya que presenta **condiciones críticas**, no es improbable que ante los efectos de un sismo de gran magnitud, se presenten problemas de estabilidad local que propicien problemas graves de elementos importantes de la estructura.
3. Deberá realizarse una inspección especializada a detalle acerca del grado de fisuramiento de muros y trabes en estructura, para determinar aquellas fisuras o grietas que deberán ser reparadas mediante procedimientos reconocidos, con personal especializado y calificado, con objeto de restituir la resistencia de estos elementos.
4. Debido a que el proceso constructivo empleado en la rehabilitación de algunos muros de mampostería existentes fue deficiente, deberá ser corregido, estas deficiencias son visibles en la cara norte del muro localizado en el eje 8 del nivel 2.
5. Es especialmente recomendable realizar un estudio de Vibración Estructural mediante Excitación Ambiental, que además de permitir una estimación de los modos de vibración de la estructura, conducirá a calibrar los modelos analíticos y matemáticos disponibles y, a su vez, se lograrán predicciones más detalladas de las condiciones actuales de seguridad estructural de la construcción.

## **B I B L I O G R A F Í A.**

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Anónimo, " ETABS Nonlinear 9.7.4. (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems) ", 2005, Analysis Reference Manual ", September 2004.
2. Wilson, E.L., Dovey, H.H. y Habibullah, A., " Three Dimensional Analysis of Building Systems, TABS 80, Volumell, User Manual ", Computers and Structures International, June 1980
3. Anónimo, " Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal ", Diario Oficial, 9 de Febrero de 1966.
4. Anónimo, " Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal ", Gaceta Oficial, Enero 29, 2004.
5. Anónimo, " Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones", Gaceta Oficial, Octubre 6, 2004.
6. Anónimo, " Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto ", Gaceta Oficial, Octubre 6, 2004.
7. Anónimo, " Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones ", Gaceta Oficial, Octubre 6, 2004.
8. Anónimo, " Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo ", Gaceta Oficial, Octubre 6, 2004.
9. Anónimo, " Comentarios, Ayudas de Diseño y Ejemplos de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto ", Series del Instituto de Ingeniería No. ES - 2, Noviembre 1991.
10. Anónimo, " Comentarios a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo ", Series del Instituto de Ingeniería, 1987.
11. Bazan, E. y Meli, R., " Diseño Sísmico de Edificios ", Editorial Limusa, 2001.
12. Meli, R., " Diseño Estructural ", Editorial Limusa, 2001.
13. González Cuevas, O.M. , " Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado ", Editorial Limusa, 2011.
14. Trigos, J.L., " Apuntes de Ingeniería Sísmica ", Facultad de Ingeniería. UNAM, 2005.