



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL

**DICTAMEN ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO LOCALIZADO EN ZONA DE
TRANSICIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO, UTILIZANDO DIFERENTES
PROGRAMAS ESPECIALIZADOS PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.**

T E S I N A

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS

PRESENTA:

ING. SANTOS GONZALO GUZMAN RIOS

DIRECTOR DE TESINA: **M.I. MIGUEL ANGEL ZUÑIGA BRAVO**

MÉXICO, D.F.

JULIO 2020

Contenido

1. ANTECEDENTES	5
1.1 DELIMITACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	6
1.2 JUSTIFICACIÓN	7
1.3 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	7
1.4 MARCO TEORICO CONCEPTUAL	8
1.4.1 ASPECTOS GENERALES	8
1.4.2 MATERIALES	11
1.4.3 ACCIÓN-RESPUESTA	14
1.4.4 ANÁLISIS DEL CONCRETO REFORZADO	16
2. REVISIONES REGLAMENTARIAS	16
2.1 CRITERIOS GENERALES	16
2.2 ESPECTROS SÍSMICOS	22
2.2.1 ASPECTOS GENERALES	22
2.3 CONDICIONES DE REGULARIDAD	24
2.4 REVISIÓN DE CORTANTE BASAL Y DESPLAZAMIENTOS	27
2.5 CASOS DE CARGA Y COMBINACIONES	28
3. CASO DE ESTUDIO	32
3.1 INFORMACIÓN RECIBIDA	32
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	32
3.3 LOCALIZACIÓN Y ESPECTRO DE LA EDIFICACIÓN	33
3.3.1 ESPECTRO DE DISEÑO NTC-2004	34
3.3.2 ESPECTRO DE DISEÑO NTC-2017	35
4. MODELACIÓN MATEMÁTICA CON PROGRAMAS ESPECIALIZADOS	36
4.1 ETABS	36
4.1.1 REVISIÓN DEL CORTANTE BASAL	38
4.1.2 DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES	40
4.2 SAP2000	46
4.2.1 REVISIÓN DEL CORTANTE BASAL	48
4.2.2 DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES	49

5. RESULTADOS OBTENIDOS **56**

5.1 COMPARATIVA DE SOFTWARES USADOS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL **56**

5.1.1 PESO DE LA ESTRUCTURA PARA CARGA VERTICAL Y SÍSMICA 56

5.1.2 FUERZAS AXIALES POR CARGA SÍSMICA X Y 59

5.1.3 MOMENTOS Y CORTANTES POR SISMO X Y 63

5.1.4 GRÁFICAS COMPARATIVAS DE RESULTADOS 69

5.2 COMPARATIVA DE NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS 2004-2017 **70**

6. CONCLUSIÓN **73**

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8. APÉNDICE A

INTRODUCCIÓN

Se entiende como seguridad técnica de la construcción, a los estudios y procesos de análisis que buscan corroborar una seguridad estructural de un proyecto que cumpla con lo dictaminado en normas, reglamentos y regulaciones constructivas en un lugar en específico, con el fin de garantizar un buen servicio y funcionamiento estructural. Su aplicación refleja su importancia en zonas de alta vulnerabilidad, como se tiene en territorio mexicano varios ejemplos.

En el Área Metropolitana del Valle de la Ciudad de México se cuenta con una vasta cultura de la prevención hacia los desastres que en ella acontecen, es por esto que los dictámenes de seguridad estructural son de suma importancia; por una parte, diversas instituciones gubernamentales exigen esta medida como un requisito legal para poder brindar un servicio de una manera lícita, asegurando así, la vida de cientos de personas, y por otra, poner a la construcción en un proceso de revisión, minimiza los desaciertos que, aunque siendo mínimos, podrían generar una serie de complicaciones más adelante, las cuales suelen acrecentarse debido a diversos factores.

El gran problema de la alta densidad poblacional en la capital del país, confiere al territorio mexicano una solución, la construcción de una ciudad vertical. Este tipo de ciudades, cuentan con edificaciones de varios niveles para poder dar solución a la alta demanda, optimizando así, el espacio urbano disponible. Sin embargo, esto requiere un esfuerzo alto, y en una zona sísmica, éste se multiplica. Es por ello que se requieren de estudios y documentos que acrediten que los edificios o construcciones sean viables, no importando la dificultad que represente la ubicación y su sismicidad.

Días posteriores al sismo de 7.1 en la escala de Richter, cuyos estragos dejaron entrever que lineamientos había que afinar para lograr contar con buenas normas de construcción, se llegó a la modificación de contenido y se publicaron las NTC-Sismo, todos los edificios edificados hasta esa fecha, han sido construidos a partir de normas que ya no son vigentes en este momento y que pueden atraer consecuencias con la

conurrencia de otros sismos parecidos, y aunque se conservan hasta el día de hoy, es necesario la evaluación y análisis.

Es por ello que se tomó como modelo, para efectos de esta tesina, un edificio que se encuentra localizado en la zona de transición de la Ciudad de México, y su dictamen fue ejecutado con las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, que fue publicado el 10 de noviembre de 2017.

1. ANTECEDENTES

En el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal publicado el 10 de noviembre de 2017, se refiere al Dictamen técnico de estabilidad o de seguridad estructural como aquella verificación de que la edificación se encuentra en condiciones que subraya el Artículo 177, Capítulo XX DE LAS CONSTRUCCIONES DAÑADAS, las cuales se presentan a continuación.

I. Que haya evidencia de que el edificio en cuestión tiene daños estructurales o los ha tenido o no han sido reparados, o que el comportamiento de la cimentación no ha sido satisfactorio; la evidencia se obtendrá de inspección exhaustiva de los elementos principales de la estructura, así como del comportamiento de la cimentación

II. Que existan defectos en la calidad de los materiales y en la ejecución de la estructura, según conste en los datos disponibles sobre la construcción de la edificación, en la inspección de la estructura y en los resultados de las pruebas realizadas a los materiales

III. Que el sistema estructural no sea idóneo para resistir fuerzas sísmicas o presente excesivas asimetrías, discontinuidades e irregularidades en planta o elevación que pudieran ser perjudiciales

IV. Que se trate de una escuela de educación inicial, preescolar, primaria, media, media superior, o superior, después de un sismo, cuando así lo determine la Administración.

V. Que se hayan modificado sus muros u otros elementos estructurales o se hayan incrementado significativamente las cargas originales.

Esto, suscrito por un Corresponsable en Seguridad estructural.

Los aspectos que se consideran dentro de un análisis estructural, son:

- Pruebas de calidad y escaneo de materiales (concreto y acero), esto incluye las extracciones de núcleos del material para su análisis.
- Revisión de grietas apreciables en elementos estructurales.
- Control de asentamientos.
- Estudios de mecánica de suelos en donde se incluyen los estudios topográficos del terreno.
- Análisis dinámico y dimensionamiento de los elementos estructurales.
- Análisis estructural, numérico y modelado del proyecto mediante programas.

Así, nuestro proyecto comprenderá el último punto, haciendo una comparación entre los distintos programas para observar diferencias entre ellos y las normas.

En resumen, un dictamen estructural es el conglomerado de estudios, trabajos y evaluaciones de los daños e inspección de alguna construcción, a estos se le pueden anexar (si es que son necesarios), los proyectos de refuerzo y la obra misma.

1.1 DELIMITACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Para efectos de esta tesina se realizará el análisis estructural que formará parte de un dictamen estructural de un edificio en zona de transición de la Ciudad de México, este trabajo no incluye aspectos como análisis de laboratorio, topográfico, levantamiento de daños y margen legal.

El proyecto estructural, fue recopilado a partir de la tesis “Diseño de un edificio de departamentos en zona II de transición en la Ciudad de México”, realizada por el Ing.

Diego Hernández Ponce en 2017. Se implementará la actualización más reciente de las Normas Técnicas Complementarias de la Ciudad de México (2017).

1.2 JUSTIFICACIÓN

Dado que las edificaciones actuales fueron construidas con reglamentos y normas de construcción anteriores, es necesario conocer el comportamiento y estado en el que se encuentran, para ello es necesario el dictamen estructural. Por ello, el análisis se realizó dentro de la zona de transición para poder aportar una visión del estado actual de edificios que posean características similares, tanto en su geometría, como en la ubicación y tipo de suelo.

Tener conocimiento de que cambios se realizaron en las normas y cómo esto afecta a una estructura ya construida puede proveer de nuevas herramientas para el correcto mantenimientos y evaluaciones posteriores.

1.3 FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

Se analizarán los cambios que se han implementado en las NTC-Sismo mediante un análisis estructural de una edificación previamente diseñada.

Se realizará el análisis estructural, parte fundamental del dictamen estructural de un edificio localizado en la zona de transición de la Ciudad de México, conjuntamente con el análisis y diseño de los elementos estructurales que lo conforman, y observación del estado en que se encuentra diseñado de acuerdo con las normas con que se realizó.

Se considerarán los conceptos fundamentales para el diseño y análisis sísmico para conocer el comportamiento del edificio, realizado por 2 programas de análisis estructural, los cuales son: SAP2000 y ETABS, se realizará una comparación de cada uno de ellos y como es que se logra incorporar las adecuaciones nuevas de las normas en éstos.

El trabajo se desarrollará con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias en su versión más actual 2017, y se realizará una distinción de la actualización respecto a las versiones pasadas.

1.4 MARCO TEORICO CONCEPTUAL

1.4.1 ASPECTOS GENERALES

Dentro de la construcción, al conjunto de elementos estructurales que cumplen con una función dada, la cual puede ser de diferente índole como el alojar departamentos u oficinas, funcionar como un conector entre dos ciudades a través de pendientes de terreno, o simplemente mejorar infraestructura de una ciudad, se le conoce como un sistema estructural, este debe brindar un servicio ininterrumpido y además estar provisto de elementos de seguridad que salvaguarden la vida de las personas o seres vivos que ahí se encuentran. Aunado a que se deben de respetar ciertos lineamientos de acuerdo con el costo total y la construcción efectiva.

La verdadera importancia del trabajo de un estructurista es entender de manera profunda el sistema estructural, de tal manera que se pueda trabajar con la información que se necesite, como el detallado de refuerzo, efectos del sismo en estructuras similares, esto se debe trabajar junto con las ciencias interdisciplinarias que complementan a la Ingeniería Civil, como lo son los estudios de suelo para comprender la interacción suelo-estructura.

Lo que anteriormente se aprendía con experiencia, hoy lo podemos crear en modelos que nos permitan visualizar el comportamiento que se tendrá de una estructura una vez que esta se encuentre construida, lo anterior sirve para poder representar lo más fidedignamente posible la realidad. Hoy en día, el desarrollo de tecnologías nos permite combinar distintas disciplinas y como prueba de ello están los programas que cuentan con BIM (Building Information Modeling). El problema de los estructuristas no es sencillo,

sin embargo, con el conocimiento adecuado se pueden elaborar proyectos muy complejos, yendo de la mano con los Reglamentos que existen hoy día.

Es así como se integran los aspectos fundamentales de la memoria de cálculo dentro de los lineamientos de Reglamentos, estos, son de suma importancia ya que en ella se plasma toda la información de diseño de elementos que constituyen todo el proyecto estructural, todas estas especificaciones se encuentran en el artículo 53 de tal manera que sea imperativo su uso, tal como se muestra a continuación:

Reglamento y especificaciones	Descripción
Cargas muertas	Definición detallada de todas las cargas muertas que se deben considerar en el diseño, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Peso propio. • Peso de acabados. • Peso de falsos plafones. • Peso de muros divisorios no estructurales. • Peso de fachadas y cancelerías. • Peso de rellenos. • Peso de impermeabilizantes. • Sobrecarga reglamentaria, etc.
Cargas vivas	Definición de las cargas vivas para acciones accidentales, permanentes y para asentamientos, así como las cargas transitorias y aquellas que deban ser consideradas en el diseño de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño de Estructuras de Edificaciones. También se deberá definir el peso de equipos y elementos que deban ser considerados en el análisis y no estén incluidos en la carga viva.
Materiales	Calidad de los materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Concreto: resistencia a la compresión f_c y módulo de elasticidad. • Acero: esfuerzo de fluencia f_y. • Mampostería: resistencia de diseño a compresión, f_m^*, resistencia de diseño a compresión diagonal v_m^*, módulo de elasticidad E_m y módulo de cortante G_m.
Espectro para diseño por sismo	Coeficiente sísmico T_a T_b R

Factor de comportamiento sísmico Q y condiciones de regularidad estructural	Se deberá incluir una explicación de los valores adoptados y la verificación de que se cumplen todos los requisitos especificados en la norma correspondiente.
Modelo estructural	Se deberá incluir una descripción de la metodología del modelo empleado, así como la forma para modelar los sistemas de piso, muros, etc. Se deberá definir el sistema empleado para el análisis. Se deberá definir detalladamente el modelo de la cimentación empleado. En general, no se podrán considerar apoyos horizontales en ningún nivel de sótanos, salvo en el desplante de la cimentación.
Acciones por sismo	Se deberá describir el procedimiento para obtener los elementos mecánicos por sismo (estático, dinámico modal espectral, vectores de Ritz, etc.).
Combinaciones y factores de carga	Descripción de las condiciones de carga, así como de las combinaciones correspondientes.
Excentricidad accidental	Se deberá hacer una descripción de cómo se incorporó la excentricidad accidental en el análisis.
Resultados del análisis	Se deberá incluir la verificación de: <ul style="list-style-type: none"> • Carga total para cada condición de carga. • Excentricidades a la cimentación. • Cortante basal por sismo y, en su caso, el factor de amplificación. • Desplazamientos obtenidos por sismo y las separaciones de colindancias necesarias. • En su caso, periodos de vibración y participación de cada uno de ellos.
Mecánica de suelos	Se deberá incluir un resumen de las conclusiones y recomendaciones del estudio de mecánica de suelos, esto es: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cimentación. • Capacidad de carga. • Profundidad de desplante. • Módulo de reacción. • Asentamientos diferenciales esperados.
Diseño de la cimentación	Se deberán definir las expresiones empleadas para el diseño y uno o dos ejemplos de diseño detallado de los elementos que forman la cimentación. Se deberá incluir la revisión de estados límite de servicio (deformaciones, vibraciones, agrietamientos, etc.) y de los estados límite de falla. Procedimiento constructivo de la cimentación y el sistema de protección de colindancias.
Diseño de elementos de la superestructura	Se deberán definir las expresiones empleadas para el diseño y uno o dos ejemplos detallados del diseño de los elementos representativos que forman la superestructura, como columnas, muros, trabes principales, trabes secundarias, losas, etc. Se deberá incluir la revisión de estados límite de servicio (deformaciones, vibraciones, agrietamientos, etc.) y de los estados límite de falla.
Diseño de conexiones	Se deberán definir las expresiones empleadas para el diseño de las conexiones y uno o dos ejemplos detallados de las conexiones representativas.

Para elaborar un análisis estructural es necesario conocer las fuerzas internas que se desarrollaran, por causas de las acciones que se le presenten, por ejemplo, las cargas vivas, las cargas muertas y el peso propio, en los elementos que la conforman, por lo cual se debe conocer la geometría de la estructura y el material del que se encuentra elaborada, con esto se busca conocer también la distribución de las columnas, trabes, muros etc... El material más común para edificios de este tipo es el concreto el cual, se refuerza con acero para resistir los esfuerzos de tensión que se puedan producir, ya que

es un material que se conoce por resistir los efectos que los esfuerzos a compresión le suministren.

El periodo predominante del suelo en la Ciudad de México se distingue por las zonas I, II y III. En la zona I, el periodo se tomará como $T_s = 0.5$ seg, en la zona II, se tomará como $T_s = 0.5 - 1$ seg, y en zona III, el $T_s = 1$ seg. Como se sabe, una estructura entra en resonancia cuando los periodos de la estructura y del terreno coincidan y una forma rápida de saber el periodo de una estructura es dividiendo el numero de pisos entre diez, por lo que se espera que los edificios que se encuentren localizados en la zona II, que es la zona de análisis para este trabajo, y que tengan en promedio de 5 a 10 pisos se encuentren un poco susceptibles ante la llegada del sismo, esto no quiere decir que las estructuras colapsen si se encuentran dentro de este parámetro, ya que se busca que, aunque sea poca la diferencia de valores, la localización de la estructura impida que se llegue a este fenómeno

1.4.2 MATERIALES

El concreto es un conglomerado el cual se encuentra formado por agua, agregados pétreos y cemento, el cual proviene de la trituración de Clinker, usualmente se le pueden adicionar sustancias que mejoren las características físico-químicas del concreto, llamadas, aditivos.

Las relaciones de agua-cemento-agregado se modifican de acuerdo a la resistencia a compresión deseada y a las características físicas de este, como el revenimiento para facilidades de colado en la obra.

Una de las principales clasificaciones del concreto es de acuerdo a su preparación, la cual puede ser in situ (colado en obra), o transportado desde las plantas de fabricación mediante revolvedoras, este tipo de preparaciones no afecta en gran medida su capacidad estructural sin embargo las Normas Técnicas Complementarias para estructuras de Concreto 2017, establece en su inciso 2.1 una clasificación con base en fines estructurales en dos tipos, clase 1, con peso volumétrico en estado fresco superior a 22 kN/m^3 (2.2 t/m^3) y clase 2 con peso volumétrico en estado fresco comprendido entre

19 y 22 kN/m³ (1.9 y 2.2 t/m³). Cada uno tiene sus características de fabricación, ya que el concreto clase 1 se fabricará con agregados gruesos con peso específico superior a 2.6 (caliza, basalto, etc.) y el concreto clase 2 con agregados gruesos con peso específico superior a 2.3, como andesita. Para ambos se podrá emplear arena andesítica u otra de mejores características.

En relación con el módulo de elasticidad, las Normas Técnicas establecen que:

Para concretos clase 1, el módulo de elasticidad, E_c , se supondrá igual a

$4400\sqrt{f'_c}$, en MPa ($14000\sqrt{f'_c}$, en kg/cm²) para concretos con agregado grueso calizo, y

$3500\sqrt{f'_c}$, en MPa ($11000\sqrt{f'_c}$, en kg/cm²) para concretos con agregado grueso basáltico.

Para concretos clase 2 se supondrán igual a

$2500\sqrt{f'_c}$, en MPa ($8000\sqrt{f'_c}$, en kg/cm²)

Con respecto al acero, si se utiliza como refuerzo del concreto (como se utiliza en esta tesina), las barras tendrán la característica de ser corrugadas, y deberán cumplir la norma NMX-C-407-ONNCCE o NMX-B-457 CANACER. Por último, las Normas indican que el módulo de elasticidad del acero de refuerzo ordinario, E_s , se supondrá igual a 2×10^5 MPa (2×10^6 kg/cm²) y el de torones de presfuerzo se supondrá de 1.9×10^5 MPa (1.9×10^6 kg/cm²).

El concreto soporta los esfuerzos a compresión, sin embargo, que una columna se encuentre sometida solo a este efecto no es nada común, por lo que es necesario adicionarle un refuerzo de acero para resistir efectos de tensión. Para efectos de ejemplificación de esfuerzo axial y flexión, se tomará la siguientes figuras del libro "Aspectos fundamentales del concreto reforzado" por González Cuevas, se presenta a continuación una curva carga – deformación unitaria para tres tipos de elementos que constituye al esfuerzo por carga axial, en este tipo de curvas la esbeltez juega un papel

muy importante, ya que se sabe que a mayor esbeltez disminuye la resistencia, lo que se representa en la curva A es una columna de concreto con una relación de esbeltez mayor a 2 pero menor a 10. Con la adición de un refuerzo de acero, queda claro el incremento de la resistencia del elemento a prueba.

Como se puede observar, ya sea con refuerzo o sin él, la carga máxima se obtiene a una deformación unitaria de 0.002 y la falla se presenta a una deformación de 0.003.

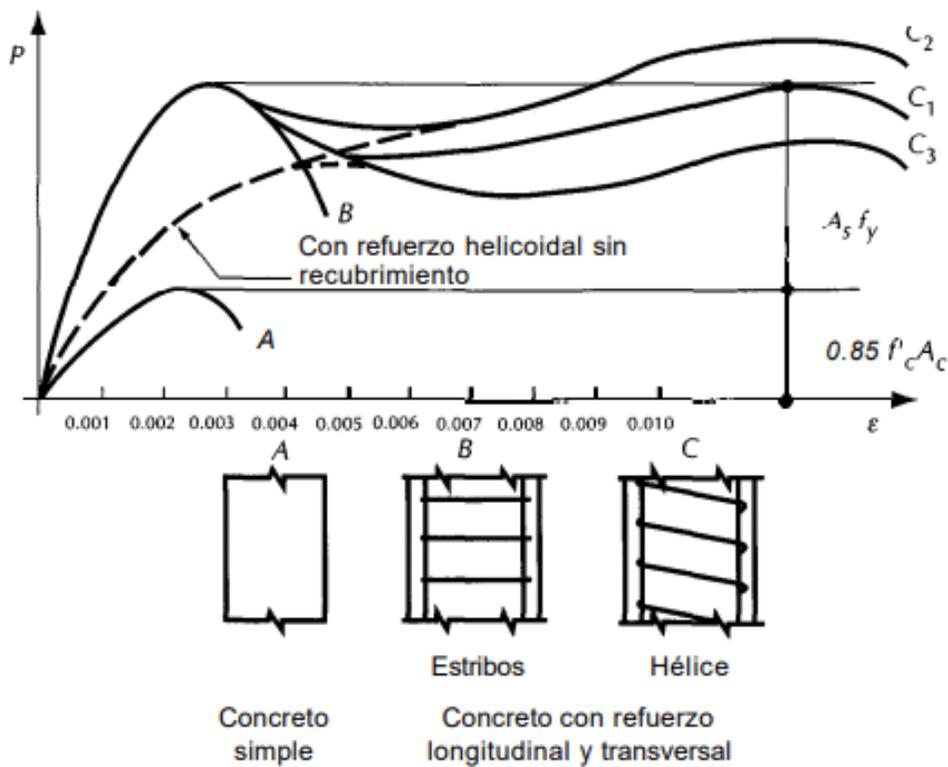


Figura 1. Grafica carga-deformación de concreto simple y reforzado.

Para efectos de flexión de una viga como se presenta a continuación, se observa que en un principio el comportamiento es meramente elástico, sin embargo mientras empiezan a aparecer las primeras grietas la curva deja de ser lineal y comienza a tomar un comportamiento no elástico, lo que da lugar a un estado de fluencia de acero, que es donde el acero está resistiendo todas las fuerzas debido a que el concreto ya no está trabajando, una vez que se llegue al estado límite de fluencia y que el material este

presentando deformaciones sin el aparente incremento de las cargas se llega al colapso del elemento.

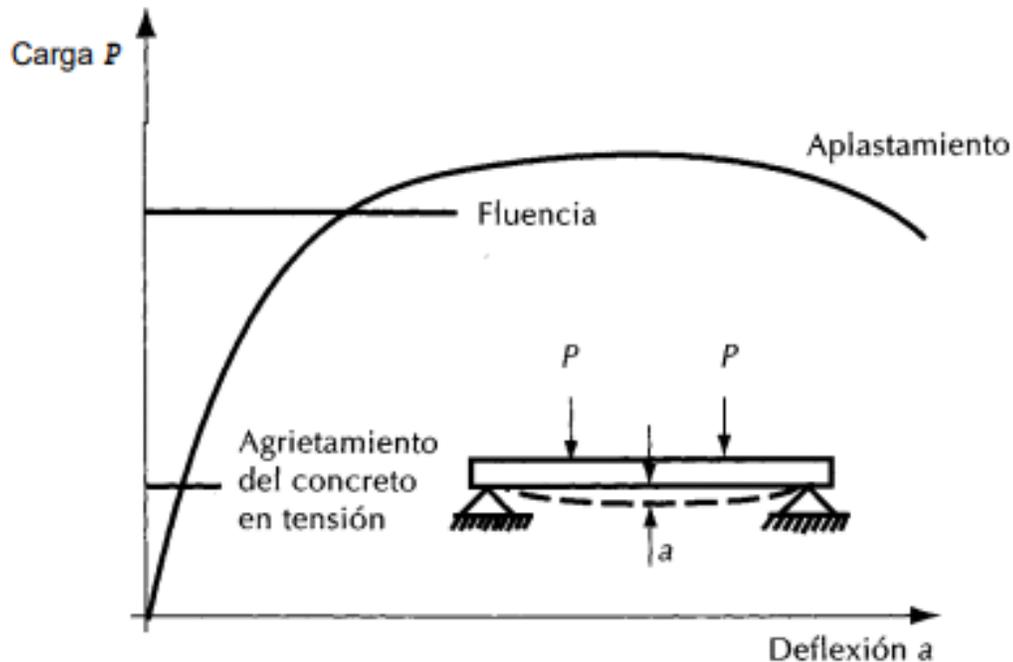


Figura 2. Grafica carga-deflexión de una viga

1.4.3 ACCIÓN-RESPUESTA

Como se ha comentado, los requisitos tanto de seguridad como de servicio se logran a través de un buen análisis estructural, para lo cual es necesario poder entender la relación que existe entre las solicitaciones o acciones que serán soportadas por los elementos que conforman a la estructura, y el comportamiento que esta dé como respuesta, lo cual se traduce en deformaciones, agrietamientos o asentamientos diferenciales, los cuales hay que evitar a toda costa.

Existen varios tres tipos de acciones, las permanentes, en las que se tienen las cargas que no cambiarán a lo largo de la vida de servicio de la edificación, las cargas variables, que son las que obran en la estructura, pero cambian significativamente durante el tiempo y las acciones accidentales, estas pueden ser significativas durante lapsos cortos de tiempo. Las acciones accidentales suelen ser provocadas por eventos

de la naturaleza, las acciones de sismo, de viento, de lluvia y en algunos casos de nieve y de oleaje. La acción sísmica es donde pondremos mayor énfasis, esta sucede cuando se produce un movimiento de las placas tectónicas y la base del edificio tiende a seguir los movimientos del suelo, por lo que la masa del edificio crea resistencia a ser desplazada y a seguir el movimiento que le ha dado su base. Debido a que el movimiento es muy irregular en el suelo y que los proyectos estructurales cuentan con sistemas complejos, se busca simplificar los conceptos para que se puedan analizar.

La respuesta de una estructura se refiere a la manera en como reaccionan los elementos estructurales ante cargas, las cuales van a producir acciones de compresión, de flexión, torsión y cortante de diferente manera a cada uno de ellos. Se busca entablar la relación con las diferentes acciones que existen y su respuesta, lo cual lleva planteamientos un poco complejos.

Sin embargo con el desarrollo de los métodos de estructuración, los análisis se vuelven más correctos y a la vez más elaborados, ya que se pueden obtener infinidad de combinaciones que relacionen las respuestas que produzcan las diversas acciones a las cuales la estructura esté sometida, para ello se elaboraron modelos que pudieran establecer el estudio de una estructura en conjunto con el comportamiento de sus elementos, lo cual minimiza en gran medida la determinación de las acciones y respuestas. En la imagen siguiente se muestra relaciones entre elementos para poder distinguir las acciones mas frecuentes sobre distintos elementos estructurales.

Acciones interiores	Características del elemento	Respuestas
carga axial	tipo de concreto	deformación
flexión	tipo de refuerzo	agrietamiento
torsión	tamaño	durabilidad
cortante	forma	vibración
	restricción	

Figura 3. Relaciones entre acción-característica-respuesta

1.4.4 ANÁLISIS DEL CONCRETO REFORZADO

Para entender el análisis estático de las estructuras es necesario conocer de dónde vienen las hipótesis fundamentales, y una de las más importantes relaciona linealmente las cargas, o sea, las acciones, con la deformación o la respuesta, esto se hace para poder conocer las acciones interiores que se encuentran dentro de la estructura. No es sencillo idealizar una estructura tridimensional para poder observar todos los elementos y las acciones interiores que en ella se producen, sin embargo, uno de los recursos utilizados es el de imaginar a la estructura como una serie de marcos, con lo cual se puede asimilar de una manera bidimensional, y al realizar esto, se presume que las acciones se distribuyen sobre los ejes de los elementos que conforman a los marcos.

Para llegar al diseño y dimensionamiento de los elementos de concreto, es necesario conocer en primera instancia, las relaciones de las acciones con la respuesta en puntos críticos de la estructura, es decir, como en el estado límite, en el cual la estructura puede volverse inestable, esto hace suponer que las acciones interiores, en un punto como en el que se mencionó anteriormente (crítico), son autónomos de las deformaciones que se presenten, esto lleva a una segunda hipótesis del análisis estático.

Aunque este trabajo se llevará a cabo con el análisis estático, es necesario mencionar que existen otros métodos más laboriosos, aunque más refinados, los cuales cobrarán importancia unido al crecimiento de la tecnología en programas que puedan llegar a realizarlos.

2. REVISIONES REGLAMENTARIAS

2.1 CRITERIOS GENERALES

Con el alto crecimiento de la infraestructura de México a lo largo de los años, fue necesario la creación de diversos tipos de construcción, tales como, hospitales, escuelas, parques, aeropuertos, vías ferroviarias, puertos, plataformas petroleras, oficinas, viviendas y estaciones de bomberos por mencionar algunos. Construcciones que son

muy distintas y brindan un servicio específico a la sociedad, sin embargo, todas tienen la característica en común de poder funcionar correctamente sin verse afectadas por las inclemencias del intemperismo o el terreno donde estén elaboradas.

En 1920, en la ahora llamada Ciudad de México se elaboró el primer Reglamento de Construcción, el cual se fue modificando para ser único del territorio mexicano, y ahora, cuenta con las características de construcción teniendo en cuenta los tipos de terrenos, todo ello con base en la experiencia de situaciones que evidenciaron el método constructivo de México.

El diseño estructural es parte del trabajo de un proyectista para determinar las características y dimensiones de una estructura, este se puede dividir en dos métodos muy utilizados, el de las tensiones de trabajo, que está sujeto a cargas de servicio y tensiones admisibles, y el de diseño por estados límite, el cual engloba los estados de límite últimos (resistencia última) y los límites de servicios (deformaciones y vibraciones). Nosotros nos basaremos en el diseño que se utilizó para la elaboración de los planos que se presentan en el anexo, o sea el de estados límite.

La evolución de reglamento de construcciones ha dado pie a mejorar todos los métodos constructivos, con el sismo en 1985, se percataron de que los daños mas observados en las estructuras eran por cargas excesivas, estructuración irregular, losas planas reticulares, plantas bajas flexibles, modificaciones en la estructura, mantenimiento inadecuado, periodo de vibración y fallas en cimentación entre otras. Se agrupo a un grupo de especialistas en ingeniería sísmica y estructural para elaborar las modificaciones de emergencia que tenían que hacerse al reglamento de Construcciones, y en Octubre del mismo año se elaboraron las Normas de Emergencia para que las obras que se encontraban en construcción pudieran seguir sus labores, en 1989 se constituyó el Comité Asesor en Seguridad Estructural para el D.F., entre los aspectos más destacables se encuentran la corrección de estadísticas de magnitudes y de epicentros de los sismo que ocurren en el país, se llevaron a cabo estudios que permitieron entender la complejidad del suelo de la Ciudad de México, se mejoraron las propiedades de los materiales y las prácticas de diseño, y por último se elaboraron las Normas Técnicas

Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal. Sin embargo, ahora con los nuevos acontecimientos que se suscitaron en el año de 2017, fue necesario modificar de nuevo el Reglamento, cambiando los rangos de valores permisibles en algunos ámbitos y asegurando un mayor valor del Factor de Seguridad Estructural.

Se ha observado que en ciertos edificios se tiene una filosofía de diseño estructural que no cumple ciertos lineamientos que se actualizaron en los reglamentos vigentes, sin embargo, será necesario una inspección y elaboración de un dictamen estructural para conocer el estado de los edificios y tener la decisión de aplicar un reforzamiento de los elementos o declarar esa estructura como inoperable, en casos especiales.

Es por esto que se crearon diferentes normas técnicas de construcción, las cuales parten de la clasificación de las estructuras planteadas para la construcción, primero por su importancia, es decir aquellas que, aun con adversidades, sigan funcionando correctamente y brindando el servicio, como hospitales y escuelas, así como las estructuras que contengan materiales tóxicos o trabajamos peligrosos que conlleven a una pérdida de vidas humanas si es que presentan problemas de colapso, después las que alberguen muchas personas en su interior, como lo son edificios de viviendas, u oficinas donde se trabaja la mayor parte del día, y por último están las residencias o almacenes donde no hay muchas personas y donde no implica pérdidas humanas si es que presenta colapso.

Existe también, otra clasificación que se presenta por el suelo en donde estará construida la estructura, característica que es muy importante en los espectros sísmicos de diseño, para ello las normas de construcción proveían un mapa de zonificación para el Distrito Federal, pero, aunque proveía buena información, no era un mapa muy específico, pues todo recaía en la lectura de una imagen, sin embargo, con el desarrollo de las tecnologías se logró tener una zonificación de todo el territorio mexicano. Programas como PRODISIS (Programa de Diseño Sísmico), que funciona para un punto cualquiera dentro de México, o SASID (Sistema de Acciones Sísmicas de Diseño), que funciona para la Zona Metropolitana del Valle de la Ciudad de México funcionan con un

sistema de coordenadas que permite al estructurista obtener datos con menos error y como consecuencia, observar una respuesta más aproximada a la realidad.

De acuerdo con el documento Construction and Maintenance of Masonary Houses, revisado por el Earthquake Engineering Research Institute y la SENCICO, los ingenieros estructuristas deben prestar atención a diversas técnicas de seguridad en la construcción, como lo son:

- Ubicación Adecuada:

La mejor ubicación para la construcción es en un lugar baldío, conformados por roca consistente y resistente, alejados de zonas de peligro. Algunos ejemplos de lugares peligrosos son: áreas que puedan presentar deslizamientos de terreno, como ladras o pendientes, áreas propensas a inundaciones, sobre lechos de ríos o zanjas de riego y sobre depósitos sanitarios.

- Geometría de la construcción

La forma debe se lo mas simétrica posible en la vista de planta y las losas no deben tener tantas aberturas, se tendrá cuidado en que en las dos direcciones haya el mismo o parecido número de muros, la longitud total de la edificación, no excederá 3 veces su ancho de planta, las aberturas de las ventanas y puertas deben ser colocadas en la misma posición en cada piso, construir el segundo piso lo más parecido al primero, asi no habrá problemas de torsión.

En aspectos generales, también se debe contar con mano de obra bien cualificada y elaborar la construcción con buenos materiales, para que la estructura sea segura. En las siguientes imágenes se muestran algunas disposiciones con las cuales se tiene un mayor margen de seguridad en cuestión de construcción.

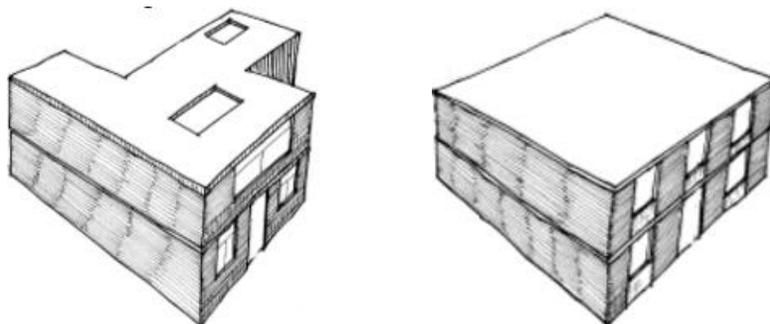


Figura 4. Edificación Asimétrica-Simétrica

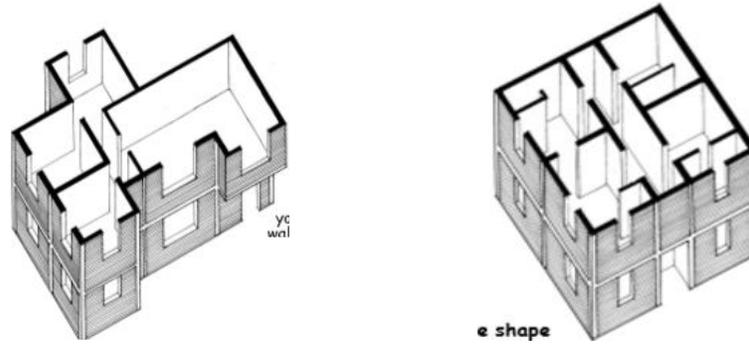


Figura 5. Edificación con muros mal distribuidos-bien distribuidos.

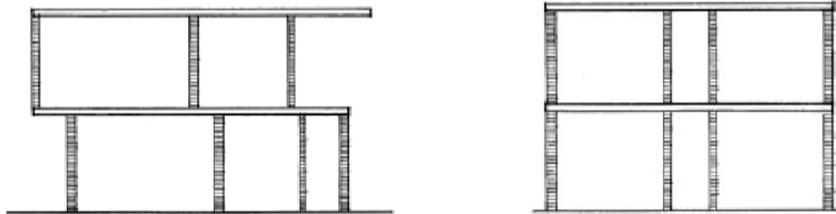


Figura 6. Construcción de Segundo nivel incorrecto-Segundo nivel correcto.

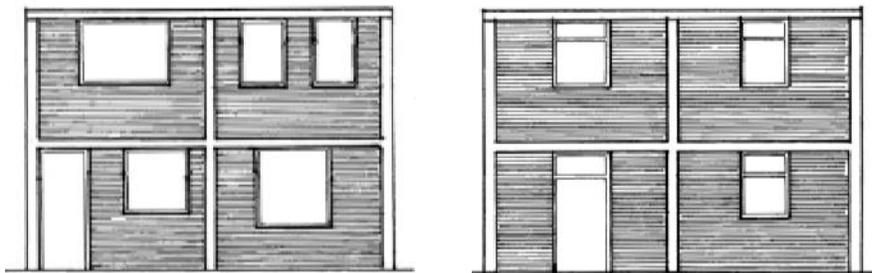


Figura 7. Mal colocación de las aberturas de muros-Buena colocación de las aberturas de muro.

2.1.2 REQUISITOS PARA REVISIÓN DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL

De acuerdo al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, la administración otorgará la autorización de uso y ocupación después de una revisión de seguridad estructural, siempre y cuando la construcción de haya apegado al manifiesto que se indica en el artículo 53, el cual establece que se deben presentar:

- a) Comprobante de pago de los derechos correspondientes y aprovechamientos.
- b) Constancia de alineamiento y número oficial vigente y certificado único de zonificación de uso de suelo, los cuales deberán ser verificados y firmados por el DRO.
- c) Dos tantos del proyecto arquitectónico de la obra en planos a escala, con todas las especificaciones correspondientes. Estos planos deben acompañarse de la memoria descriptiva del proyecto.
- d) Dos tantos de los proyectos de las instalaciones hidráulicas incluyendo el uso de sistemas para calentamiento de agua por energía solar. Estos documentos deben ser firmados por el propietario, por el proyectista y el DRO, según el caso.
- e) Dos tantos del proyecto estructural de la obra en planos acotados, incluyendo la cimentación. Aquí se incluirá la memoria de cálculo.
- f) Estudio de mecánica de suelos del predio de acuerdo con los alcances y lo establecido en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Debe estar firmado por el DRO y el corresponsable en Seguridad Estructural.
- g) Constancia de registro de la Revisión del proyecto estructural emitido por el Instituto.
- h) Libro de bitácora de obra foliado, para ser sellado por la administración.
- i) Responsiva del DRO del proyecto de la obra, así como de los Corresponsables.
- j) Póliza vigente del seguro de responsabilidad civil por daños a terceros en las obras clasificadas en el grupo A y subgrupo B1.

Se requiere del aviso ante el Instituto cuando las obras requieran la instalación de tomas de agua y conexión a la red de drenaje.

El visto bueno de Seguridad y Operación, debe contener los siguientes requisitos:

I. El nombre, denominación o razón social del propietario, poseedor o representante legal, acompañar los documentos con los que se acredite su personalidad

II. El domicilio para oír y recibir notificaciones

III. La ubicación del inmueble de que se trate

IV. El nombre y número de registro del Director Responsable de Obra y en su caso, del Corresponsable en Instalaciones

V. La declaración bajo protesta de decir verdad del Director Responsable de Obra y el Corresponsable en Instalaciones

VI. En su caso, los resultados de las pruebas a las que se refieren los artículos 185 y 186 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. (pruebas de carga cuando no hay suficiente evidencia teórica o se dude de la calidad y resistencia de los materiales)

VII. La declaración del propietario y del Director Responsable de Obra de que en la construcción que se trate se cuenta con los equipos y sistemas de seguridad para situaciones de emergencia, cumpliendo con las Normas y las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.

2.2 ESPECTROS SÍSMICOS

2.2.1 ASPECTOS GENERALES

En nuestro país, se encuentran 5 placas tectónicas que interactúan y se mueven por límites divergentes, convergentes y de fricción o transformación, las cuales fueron llamadas como Placa Norteamericana, Placa de Rivera, Placa del Caribe, Placa de Cocos y Placa del Pacífico. Los movimientos de estas son: La Norteamericana con desplazamiento hacia el suroccidente; la del Pacífico oriental hacia el noroeste; la de Cocos hacia el noreste y la del Caribe hacia el oriente franco. Es por ello que nuestro país cuenta con una alta actividad sísmica, la cual debe ser tomada en cuenta para la determinación de los espectros de diseño que se utilizan para predecir el comportamiento de respuesta de una estructura ante un fenómeno como este.

Se le conoce como riesgo sísmico a la probabilidad de ocurrencia de un sismo, dentro de un periodo y lugar determinado, en México, este riesgo varía mucho debido a la diversidad de los asentamientos humanos y toda la cantidad de diversos suelos que se encuentran en el territorio.

En el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, publicado el 10 de noviembre de 2017, artículo 170, se hace una descripción de las características de la zonificación de territorio Metropolitano del Valle de México, las cuales se presentan a continuación:

Zona I. Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta Zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelo para explotar minas de arena.

Zona II. Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limo arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre, el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.

Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente comprensible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

La geotecnia tuvo un papel importante en el trazo de la zonificación del terreno mexicano, y fue así que se creó el mapa zonificado que se muestra en las Normas Técnicas Complementarias, gracias a esto, se puede determinar, con mayor precisión, la interacción suelo-estructura que se tendrá en cualquier proyecto. Conocer las características del suelo y como este se relaciona con la estructura, nos acerca a aquellos conceptos de la dinámica sísmica, y como lo es en el caso particular de México, uno de los más importantes fue el acelerograma.

Los acelerogramas nacieron a partir de la necesidad de la ingeniería por conocer más que los datos de localización y la magnitud de los eventos sísmicos, estos datos se

encontraban comúnmente en los sismogramas, la mayor diferencia entre estos registros sísmicos, es que en un acelerograma se muestran aceleraciones muy altas, con lo cual lo hace apto para recibir información de sismos fuertes. Todo esto se traduce al movimiento que les administran a las estructuras.

Todas las estructuras cuentan con varios modos de vibrar, los cuales están en función de la geometría, de los materiales y de los grados de libertad que tenga, todos ellos tienen una incurrencia, y el modo principal se puede estudiar de manera que sea un oscilador simple de un grado de libertad, añadiendo un amortiguamiento conocido.

2.3 CONDICIONES DE REGULARIDAD

Existen aspectos que modificarán de manera significativa al Espectro de Diseño con el cual se someterá a la estructura a distintas acciones accidentales propias de cada zona, como ya lo hemos platicado, aspectos como el Factor de Importancia, Factor de comportamiento sísmico y el Factor de hiperestaticidad son algunos de ellos, sin embargo, dentro del aspecto geométrico se constituye un parámetro que, rige en igual importancia dentro de la construcción del Espectro de Diseño, llamado Factor de Regularidad, este cuantifica la relación sísmico-geométrica que va a provocar un incremento de la sollicitación de la estructura, es decir, incrementará el Espectro de Diseño en estructuras con geometría peculiar o especial, que no sigan los lineamientos básicos de una estructura regular.

En las NTC 2017, existen 13 condiciones, las cuales, una estructura debe seguir si es que se trata de una estructura regular, si no cumple alguna o varias de estas condiciones, puede ser catalogada, como una estructura irregular o muy irregular, esto modifica el factor de 1 a 0.9 o 0.8, según sea el caso, sección que se presenta a continuación.

Para que una estructura se considere regular debe satisfacer los requisitos siguientes:

1) Los diferentes muros, marcos y demás sistemas sísmo-resistentes verticales son sensiblemente paralelos a los ejes ortogonales principales del edificio. Se considera que un plano o elemento sísmo-resistente es sensiblemente paralelo a uno de los ejes

ortogonales cuando el ángulo que forma en planta con respecto a dicho eje no excede 15 grados.

2) La relación de su altura a la dimensión menor de su base no es mayor que cuatro.

3) La relación de largo a ancho de la base no es mayor que cuatro.

4) En planta no tiene entrantes ni salientes de dimensiones mayores que 20 por ciento de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección en que se considera el entrante o saliente.

5) Cada nivel tiene un sistema de piso cuya rigidez y resistencia en su plano satisfacen lo especificado en la sección 2.7 para un diafragma rígido.

6) El sistema de piso no tiene aberturas que en algún nivel excedan 20 por ciento de su área en planta en dicho nivel, y las áreas huecas no difieren en posición de un piso a otro. Se exime de este requisito la azotea de la construcción.

7) El peso de cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para diseño sísmico, no es mayor que 120 por ciento del correspondiente al piso inmediato inferior.

8) En cada dirección, ningún piso tiene una dimensión en planta mayor que 110 por ciento de la del piso inmediato inferior. Además, ningún piso tiene una dimensión en planta mayor que 125 por ciento de la menor de las dimensiones de los pisos inferiores en la misma dirección.

9) Todas las columnas están restringidas en todos los pisos en las dos direcciones de análisis por diafragmas horizontales o por vigas. Por consiguiente, ninguna columna pasa a través de un piso sin estar ligada con él.

10) Todas las columnas de cada entrepiso tienen la misma altura, aunque esta pueda variar de un piso a otro. Se exime de este requisito al último entrepiso de la construcción.

11) La rigidez lateral de ningún entrepiso difiere en más de 20 por ciento de la del entrepiso inmediatamente inferior. El último entrepiso queda excluido de este requisito.

12) En ningún entrepiso el desplazamiento lateral de algún punto de la planta excede en más de 20 por ciento el desplazamiento lateral promedio de los extremos de la misma.

13) En sistemas diseñados para Q de 4, en ningún entrepiso el cociente de la capacidad resistente a carga lateral entre la acción de diseño debe ser menor que el 85 por ciento del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. En sistemas diseñados para Q igual o menor que 3, en ningún entrepiso el cociente antes indicado debe ser menor que 75 por ciento del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente de cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir apreciablemente a ella. Queda excluido de este requisito el último entrepiso.

Para una estructura irregular, NO se debe CUMPLIR alguno de los requisitos 5, 6, 9, 10, 11, 12 y 13, o dos o más de los requisitos 1, 2, 3, 4, 7 y 8.

Para una estructura muy irregular, NO se debe CUMPLIR dos o más de los requisitos 5, 6, 9, 10, 11, 12 y 13. O si se presenta alguna de las siguientes condiciones:

1) El desplazamiento lateral de algún punto de una de las plantas excede en más de 30 por ciento el promedio de los desplazamientos de los extremos de la misma.

2) La rigidez lateral o la resistencia al corte de algún entrepiso exceden en más de 40 por ciento la del entrepiso inmediatamente inferior. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente y la rigidez lateral de cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir apreciablemente a ellas.

3) Más de 30 por ciento de las columnas ubicadas en un entrepiso no cumplen con el requisito 9 de la sección 5.1

2.4 REVISIÓN DE CORTANTE BASAL Y DESPLAZAMIENTOS

Para la revisión del proyecto estructural se tiene que verificar que los conceptos que se manejan en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción no se hayan excedido por modificaciones de estas mismas, para ellos se revisará el cortante basal y los desplazamientos, es decir la respuesta de la estructura ante las cargas de sismos.

Dentro de las NTCS2017, mencionan a la fuerza lateral resistente mínima a cortante, que debe tener el piso más desfavorable, es decir, la base, de aquí el nombre que recibe la fuerza que actúa contra la estructura, cortante basal, V_o , se alude al siguiente párrafo de la sección 1.7 de las normas mencionadas

Si en la dirección de análisis se encuentra que la fuerza cortante basal V_o obtenida con el análisis dinámico modal especificado en la sección 6.1 es menor que $a_{min}W_o$, se incrementarán todas las fuerzas de diseño en una proporción tal que V_o iguale ese valor; los desplazamientos no se afectarán por esta corrección. W_o es el peso total de la estructura al nivel del desplante, y a_{min} se tomará igual a 0.03 cuando $T_s < 0.5$ s o 0.05 si $T_s \geq 1.0$ s, donde T_s es el periodo dominante más largo del terreno en el sitio de interés. Para valores de T_s comprendidos entre 0.5 y 1.0, a_{min} se hará variar linealmente entre 0.03 y 0.05.

Donde en pocas palabras establecen la relación:

$$V_o \geq a_{min} * W_o$$

La fuerza lateral que es provocada por las fuerzas de inercia que afectarán a la estructura de N grados de libertad, será distribuida a través de la altura de la estructura, conforme a los pesos de cada piso, calculados tomando en cuenta la distintas cargas que se incluirán en el análisis, lo cual provocará desplazamientos laterales, los cuales irán decreciendo conforme la altura sea menor debido a las restricciones de empotramiento en la base de la estructura.

Para los desplazamientos laterales, las normas establecen la relación entre los desplazamientos entre pisos consecutivos y la altura entre ellos, a lo cual llamaron como distorsiones, estas tienen un límite permisivo el cual depende de la geométrica y los aspectos constructivos de la estructura, como materiales, localización de elementos estructurales, etc....Las normas establecen dos condiciones de diseño para revisar los desplazamientos laterales, las cuales se mostrarán a continuación:

a) Para el cumplimiento del estado límite de seguridad contra colapso, se revisará que las distorsiones obtenidas con el espectro de diseño definido en el Capítulo 3, multiplicadas por QR, no excedan los valores especificados para la distorsión límite (y_{max}) en las tablas 4.2.1, 4.2.2 y 4.2.3, según el sistema estructural que se haya adoptado. Q es el factor de comportamiento sísmico. El valor de R se calculará para el periodo fundamental de vibrar de la estructura.

b) Para el cumplimiento del requisito de limitación de daños ante sismos frecuentes, se revisará que las distorsiones de entrepiso determinadas para esta condición como se indica en el inciso 3.1.1, no excedan 0.002, salvo que todos los elementos no estructurales sean capaces de soportar deformaciones apreciables o estén separados de la estructura principal de manera que no sufran daños por sus deformaciones. En tal caso, el límite en cuestión será 0.004.

NTCS,2017

2.5 CASOS DE CARGA Y COMBINACIONES

En primera instancia se resumirá en una tabla, las cargas consideradas para un edificio de uso habitacional, las cuales incluirán las instalaciones y sobrepesos considerados para cada entrepiso de la edificación, información que fue recabada de las Normas Técnicas Complementarias 2017, posteriormente se mostrarán las combinaciones de carga que se utilizaron para obtener la respuesta estructural.

Entrepiso

Instalaciones	15	Kg/m ²
Firme nivelante	60	Kg/m ²
Piso terminado	40	Kg/m ²
Sobrecarga NTC	40	Kg/m ²
Plafón Yeso	20	
Muros divisorios con acabado	150	Kg/m ²
Carga total	325	Kg/m²

Carga viva máxima	170	Kg/m ²
Carga viva accidental	90	Kg/m ²

Azotea

Relleno e impermeabilizante	180	Kg/m ²
Instalaciones	25	Kg/m ²
Sobrecarga NTC	20	Kg/m ²
Entortado	40	Kg/m ²
Plafón Yeso	20	
Carga total	305	Kg/m²

Carga viva máxima	100	Kg/m ²
Carga viva accidental	70	Kg/m ²

Elevadores

Carga de elevadores	205	Kg/m ²
Carga total	205	Kg/m²

Carga viva máxima	100	Kg/m ²
Carga viva accidental	70	Kg/m ²

Tabla 1. Cargas utilizadas para el diseño de la estructura

Las cargas que se mencionan en las normas cambiaron un poco en la versión más actualizada, 2017, por lo que el peso del entrepiso se vio afectado, quedando como a continuación se presenta:

Entrepiso

Instalaciones	15	Kg/m ²
Firme nivelante	60	Kg/m ²
Piso terminado	40	Kg/m ²
Sobrecarga NTC	40	Kg/m ²
Plafón Yeso	20	Kg/m ²
Muros divisorios con acabado	150	Kg/m ²
Carga Total	325	Kg/m²
Carga viva máxima	190	Kg/m ²
Carga viva accidental	100	Kg/m ²

Tabla 2. Modificación de cargas en NTC-2017

Estas modificaciones serán incluidas dentro del modelo analítico que se incorporara a los distintos softwares de diseño.

Para las combinaciones de carga, se muestran las siglas que se utilizarán:

PP- Peso Propio

CM- Carga Muerta

CVM- Carga Viva Máxima

CVA- Carga Viva Accidental

Para las combinaciones de acciones, según las Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones, se deberá verificar el efecto combinado de todas las acciones que tengan una probabilidad no despreciable de ocurrir simultáneamente, se consideran dos categorías:

a) Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes y acciones variables, se considerarán todas las acciones permanentes que actúen sobre la estructura y las distintas acciones variables, de las cuales la más desfavorable se tomará con su intensidad máxima y el resto con su intensidad instantánea, o bien todas ellas con su intensidad media cuando se trate de evaluar efectos a largo plazo.

b) Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes, variables y accidentales, se considerarán todas las acciones permanentes, las acciones variables con sus valores instantáneos y únicamente una acción accidental en cada combinación. En ambos tipos de combinación los efectos de todas las acciones deberán multiplicarse por los factores de carga apropiados.

$$1.3 (PP + CM) + 1.5 CVM$$

$$1.1 (PP + CM + CVA + SX + 0.33SY)$$

$$1.1 (PP + CM + CVA + SX - 0.33SY)$$

$$1.1 (PP + CM + CVA - SX + 0.33SY)$$

$$1.1 (PP + CM + CVA - SX - 0.33SY)$$

$$1.1 (PP + CM + CVA + 0.33SX + SY)$$

$$1.1 (PP + CM + CVA + 0.33SX - SY)$$

$$1.1 (PP + CM + CVA - 0.33SX + SY)$$

$$1.1 (PP + CM + CVA - 0.33SX - SY)$$

ENVOLVENTE

Para cuestiones de este reglamento, los factores de carga son de 1.3 para permanente y de 1.5 para carga viva, en contraste con el 1.4 que funcionaba para los dos, en los reglamentos anteriores.

3. CASO DE ESTUDIO

3.1 INFORMACIÓN RECIBIDA

Esta tesina servirá para dar un panorama de lo que sería una parte del dictamen estructural generalizado a los edificios que se encuentran en Zona II de la CDMX, es por ello que la edificación que se usará se tomará, junto con los aspectos generales e idealización, de la tesis elaborada por el Ingeniero Diego Hernández Ponce, titulada “Diseño de un edificio de departamentos en Zona II de transición en la Ciudad de México”.

Para cuestiones de elementos estructurales, se supondrán losas macizas, marcos de concreto reforzado, y los muros divisorios se considerarán como elementos que no están ligados a la estructura.

Esta tesina servirá para comparar los aspectos actualizados de las NTC, sin embargo también se hará la comparación de diferentes softwares para el diseño estructural, por lo que se utilizarán ETABS y SAP2000, estos programas son capaces de recibir toda la información del proyecto, ya sea propiedades de los materiales y configuración geométrica del mismo, asignación de cargas, y combinación de estas para poder representar la realidad, pueden llevar a cabo análisis modales espectrales ya sea para espectros elásticos o inelásticos.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Para describir la estructura se utilizarán los planos arquitectónicos obtenidos de la tesis mencionada anteriormente, los cuales se presentan en el APENDICE A de este documento, los cuales tienen el corte de la planta baja y los entresijos tipo, con los cuales conoceremos la distribución de las columnas y vigas, así como los muros, aunque no serán tomados en cuenta para el modelado estructural ya que se suponen desligados, se presentan también las elevaciones y cortes pertinentes en las dos direcciones para conocer todo el aspecto geométrico del edificio de departamentos.

Se anexarán los planos con las dimensiones con las que se logró diseñar el edificio de oficinas, producto del modelado en softwares de la tesis de la cual obtuvimos la información, estos planos fueron elaborados por el Ingeniero Diego Hernández Ponce.

Para su correcta visualización se incluirá una tabla de dimensionamiento de los elementos estructurales con los que cuenta el edificio:

DIMENSIONES DE LAS SECCIONES A UTILIZAR		
SECCIÓN	ANCHO	ALTO
	CM	CM
COLUMNA	60	60
VIGA PRINCIPAL X	30	65
VIGA PRINCIPAL Y	35	65
VIGA SECUNDARIA	25	50
LOSA	10	
MURO	25	

Tabla 3. Dimensiones de los elementos.

Para obtener el factor de irregularidad se consideraron los puntos mencionados en el capítulo 2.3, y se llegó a conocer que se cumplían todos los requisitos menos el punto tres con la actualización de las normas, anteriormente, para los puntos dos y tres de las NTC-2004, considera un límite de 2.5, lo cual hacía que el edificio no fuera regular y tuviera un factor de 0.8, lo que ahora no aplica, debido que el límite se incrementó a cuatro, con lo cual el punto 3, es el único que no se cumple, dando un factor de irregularidad de 1, en vez de 0.8 que se tenía anteriormente.

3) La relación de largo a ancho de la base no es mayor que cuatro.

$$\frac{L}{b} = \frac{37.5}{8.10} = 4.62 > 2.5$$

3.3 LOCALIZACIÓN Y ESPECTRO DE LA EDIFICACIÓN

La localización de la estructura será de vital importancia para la obtención del espectro de diseño, este espectro será comparado para efectos de esta tesina, de manera que, se presentará un espectro de diseño obtenido con el programa ETABS para una edificación tipo B, con factor de irregularidad 0.8 y con un Q sísmico de 2, ya que fue

el espectro de diseño utilizado en la tesina “Diseño de un edificio de departamentos en Zona II de transición en la Ciudad de México”. Una vez obtenido este espectro, se obtendrá, el espectro de diseño actualizado desde el software SASID, el cual se creó a partir de actualizaciones en las Normas Técnicas Complementarias, el cual nos dará valores más reales para poder continuar con el modelado en los diferentes programas de análisis estructural, una vez cargado este espectro de diseño, podremos saber si es que hubo cambios en la precisión y en consecuencia cambios en el dimensionamiento de los elementos estructurales de la edificación.

3.3.1 ESPECTRO DE DISEÑO NTC-2004

Para obtener el espectro, fue necesario utilizar el programa ETABS, el cual tiene cargado los espectros correspondientes con las NTC-2004, con esto se busca comparar la información de un espectro obtenido con el programa ETABS 20114, y uno que esta actualizado, como más adelante lo presentaremos, a continuación, se presentan los resultados obtenidos.

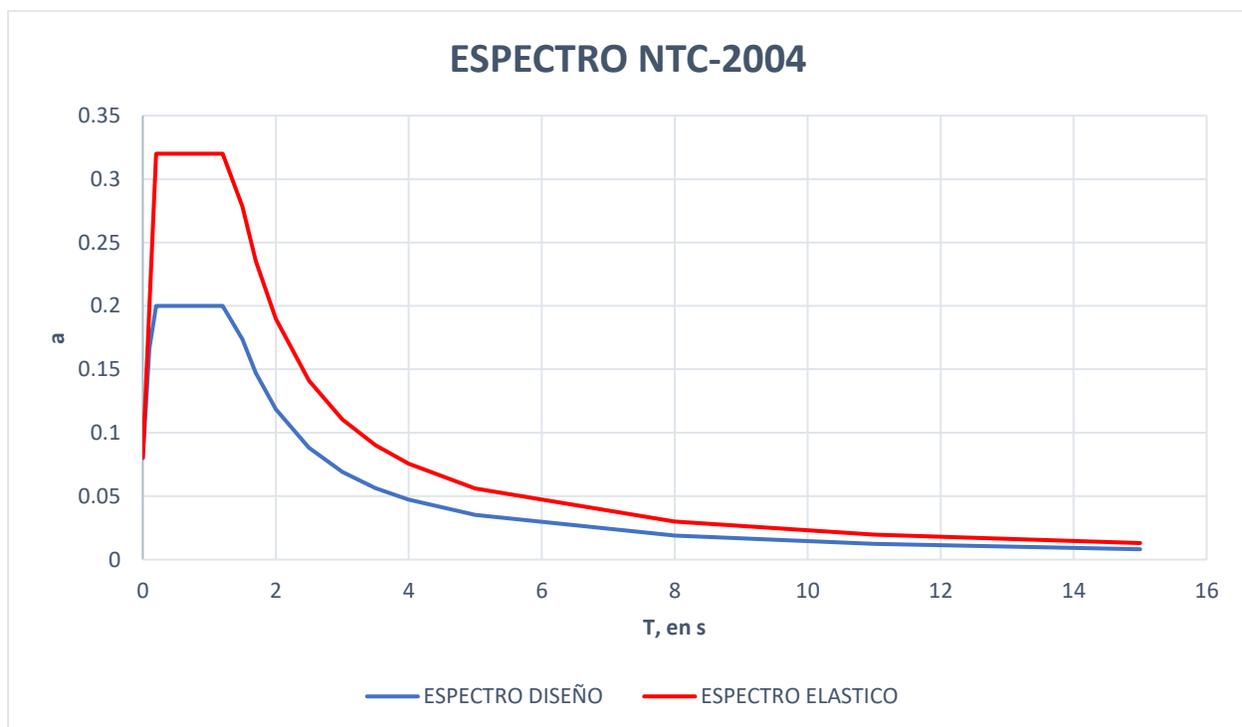


Figura 8. Espectros sísmicos con NTC-2004

Se obtuvieron los parámetros de acuerdo a la zonificación de tipo II para la Ciudad de México:

	a0	c	Ta (s)	Tb (s)	r
Espectro elástico	0.08	0.32	0.2	1.35	1.33
Espectro inelástico	0.08	0.2	0.2	1.35	1.33

Tabla 4. Parámetros de espectro sísmico NTC-2004

3.3.2 ESPECTRO DE DISEÑO NTC-2017

Para la obtención de este espectro se utilizó el programa SASID, introduciendo los parámetros modificados, como lo fue el caso del factor de regularidad, los demás datos, como el coeficiente sísmico se conservó, el factor de hiperestaticidad se utilizó para calcular el factor de sobre resistencia, el cual está en función de la configuración de la construcción como los materiales utilizados y las crujías con las que cuenta,

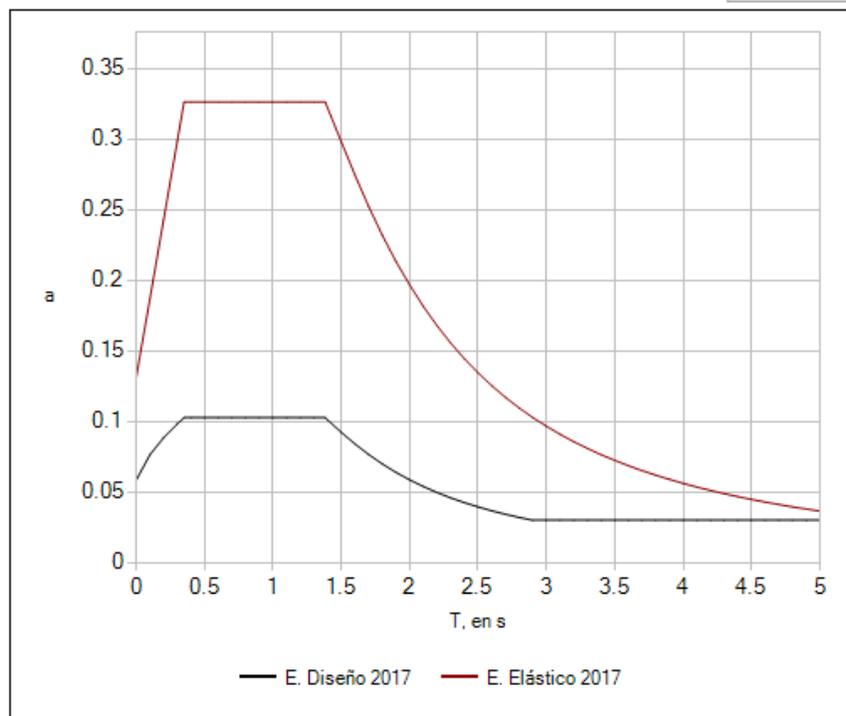


Figura 9. Espectros sísmicos con NTC-2017

Propiedad	Valor
Latitud	19.460762
Longitud	-99.201182
Ts	0.532
a0	0.131
c	0.326
Ta	0.350
Tb	1.383
k	1.500
amax	0.103

Tabla 5. Parámetros de espectro sísmico NTC-2017

Como se puede observar con las figuras presentadas de los espectros sísmicos, es posible apreciar un cambio significativo en los de 2004 y 2017. Uno de los cambios más importantes se dio en el factor de regularidad, ya que anteriormente esta estructura era tomada como una irregular, sin embargo, ahora puede tratarse como un tipo regular, lo cual disminuyó el impacto del espectro de diseño con el cual se diseñarán los elementos, lo que hace pensar en la hipótesis de que la edificación pasará los requisitos del reglamento con el diseño que se hizo anteriormente.

4. MODELACIÓN MATEMÁTICA CON PROGRAMAS ESPECIALIZADOS

4.1 ETABS

Para el modelado en ETABS, es importante mencionar que este programa sigue el método de elementos finitos, este programa está destinado mayormente para el diseño de edificaciones a base de muros de corte o de pórticos, para el diseño asistido por computadora, se inició con armar todo el esqueleto ubicar solamente los elementos estructurales principales, que fueron los que se marcan con el grid, no hubo que modificarlo para introducir los demás elementos, ya que el programa cuenta con unas características muy eficientes y fáciles de usar para poder dibujar sobre una vista 3D elementos como vigas secundarias, y muros, con lo que se logró el resultado mostrado a continuación, se anexarán dos vistas, una sin extruir para que se pueda ver mejor el grid, y la segunda con los elementos extruidos, para visualizarla de una manera más apegado a la realidad. Para los nudos se ocupó una rigidez de tipo diafragma para los diferentes

pisos que configuran el proyecto, hasta llegar al muro del elevador en la azotea, ya que se espera que el modelo se comporte de una manera lateral cuando las sollicitaciones del sismo actúen en él.

En relación a las secciones agrietadas, se utilizaron los factores de 0.7 para columnas y de 0.5 para vigas, con lo cual se busca incorporar las condiciones que se suscitarán en el edificio.

Una vez cargado el esqueleto, se introdujo el espectro de diseño mostrado con la actualización de las NTC-2017, y las cargas con sus respectivas combinaciones, lo que dio lugar a los desplazamientos que se obtuvieron presentado en tabla.

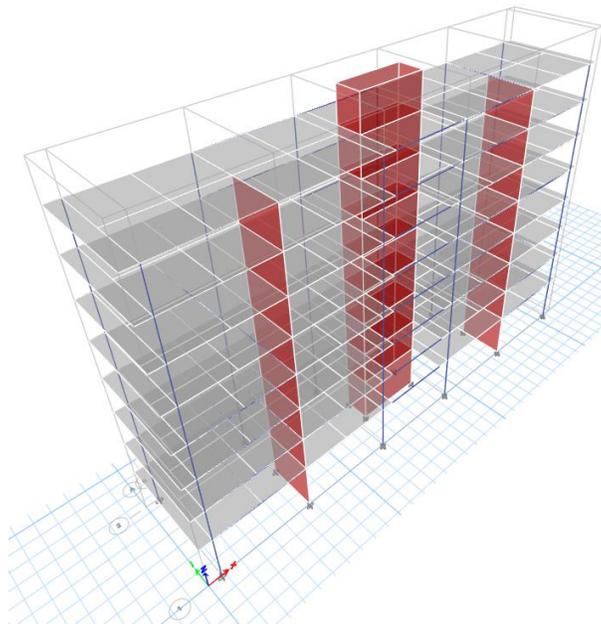


Figura 10. Vista 3D modelado con ETABS

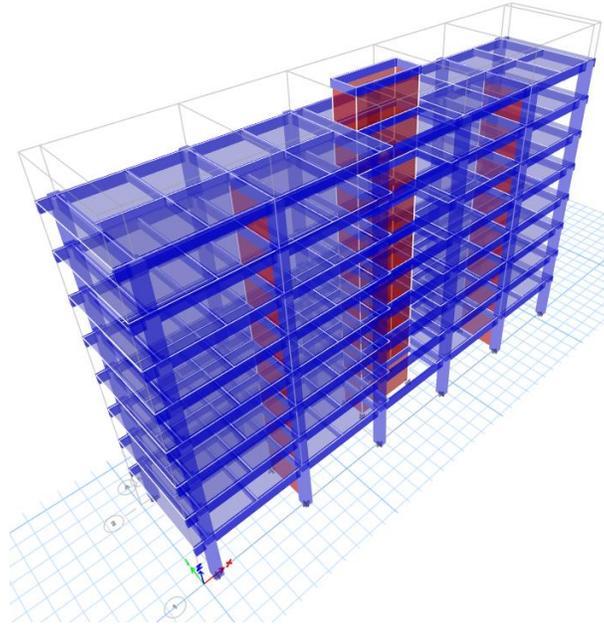


Figura 11. Vista 3D extruida con ETABS

4.1.1 REVISIÓN DEL CORTANTE BASAL

El cortante basal se determina para conocer la fuerza que resiste la base de la estructura, esta fuerza que se produce por la acción del sismo, se distribuye en cada uno de los niveles, por lo cual, la finalidad es la de diseñar pórticos que sean resistentes a los sismos.

De acuerdo a las NTC-2004, la ecuación que definía el cortante basal mínimo era:

$$0.8 * a * \frac{W_o}{Q'}$$

Donde:

a= Es un valor cuyo cálculo tiene relación con el periodo de la estructura

Q´= Valor que tiene relación con el periodo de la estructura

Wo= Peso de la estructura

Sin embargo, ahora, en las NTC-2017, el cortante basal mínimo tiene que ser igual o mayor que:

$$a_{min} * W_o$$

Donde:

a= es 0.03 cuando $T_s < 0.5$ s o 0.05 si $T_s \geq 1$ s, donde T_s es el periodo fundamental del terreno, para otros valores de T_s , a variará de acuerdo a los parámetros mostrados.

W_o = Peso de la estructura

Para nuestro ejemplo, los valores de la ecuación mostrada, serán:

$$a_{min} = 0.03128$$

$$W_o = 2702.08 \text{ ton}$$

El cortante mínimo será: $0.03128 * 2702.08 = 84.52$ tonf

Del programa se obtienen los cortantes de la base, lo cuales serán acumulativos y se presentarán de acuerdo a las direcciones mostradas a continuación:

SISMO X

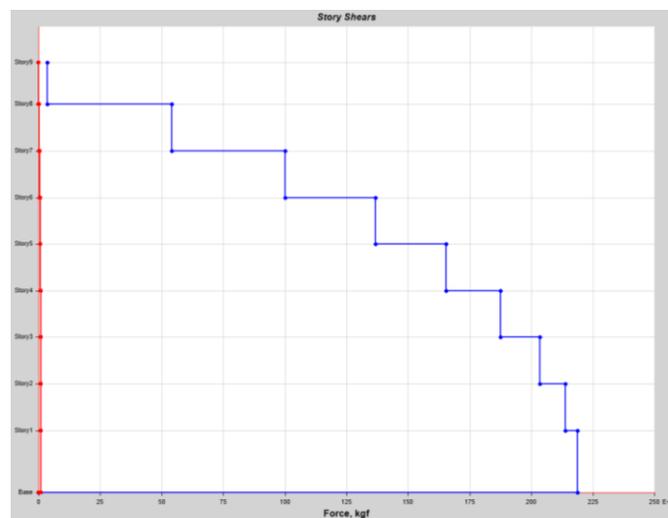


Figura 12. Cortante por piso en dirección X.

Cortante basal: 218.85 tonf

SISMO Y

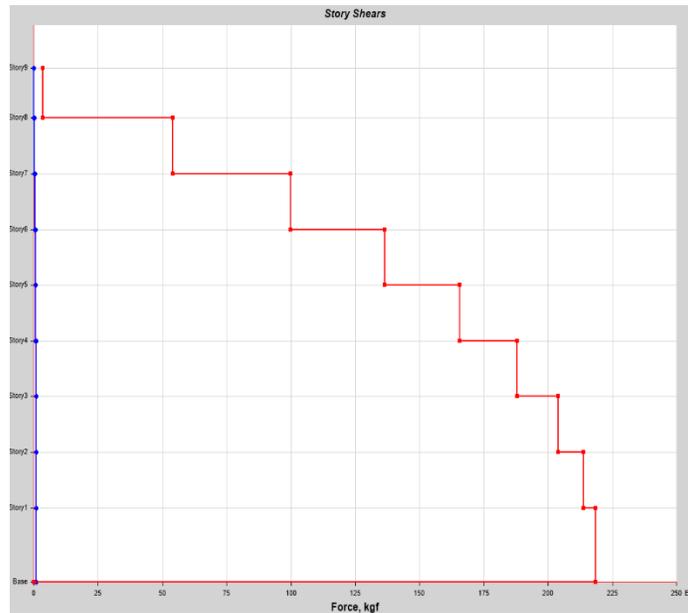


Figura 13. Cortante por piso en dirección Y.

Cortante basal: 218.57 tonf

Por lo que se concluye que el cortante basal mínimo cumple con la condición por las NTC-2017.

4.1.2 DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES

A continuación, se muestran los desplazamientos máximos por piso del programa ETABS, con el espectro de diseño actualizado. Debido a que se probaron los dos sismos, en X y Y, se obtuvieron dos tablas de resultados, en las cuales se muestran los desplazamientos de la estructura en las dos direcciones del plano, ya que se añadieron diafragmas a los pisos, no hay una componente vertical mostrada. Así mismo, se mostrará una tabla con los periodos con los que cuentan la respuesta modal de la estructura, para observar un comportamiento normal.

SISMO X			
Piso	Elevación	Dir X	Dir Y
Story9	2770	1.4464	0.0106
Story8	2500	1.2804	0.0284
Story7	2200	1.094	0.025
Story6	1900	0.9017	0.0212
Story5	1600	0.7084	0.0172
Story4	1300	0.5203	0.013
Story3	1000	0.3455	0.0089
Story2	700	0.1941	0.0051
Story1	400	0.0774	0.002
Base	0	0	0

Tabla 6. Desplazamientos máximos por Sismo X en cm (ETABS)

SISMO Y			
Piso	Elevación	Dir X	Dir Y
Story9	2770	0.0077	1.635
Story8	2500	0.0069	1.4525
Story7	2200	0.0059	1.2481
Story6	1900	0.0048	1.0352
Story5	1600	0.0038	0.8177
Story4	1300	0.0028	0.6024
Story3	1000	0.0018	0.3993
Story2	700	0.001	0.2215
Story1	400	0.0004	0.0845
Base	0	0	0

Tabla 7. Desplazamientos máximos por Sismo Y en cm (ETABS)

MODO	PERIODO
	seg
1	0.641
2	0.64
3	0.59
4	0.166
5	0.143
6	0.132
7	0.075
8	0.061
9	0.059
10	0.046
11	0.038
12	0.037

Tabla 8. Periodos de la estructura (ETABS)

Para la obtención de distorsiones tanto para el requisito de limitación de daños, como para la limitación ante colapso, se presentan los cálculos requeridos:

Cálculo de K_s :

$$K_s = \frac{1}{6 - 4(T_s - 0.5)} = \frac{1}{6 - 4(0.532)} = 0.17$$

El valor de $\beta=1$, debido a que no se establece la relación suelo-estructura.

Cálculo de Q' :

$$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta}{k}} = 1 + (2 - 1) \sqrt{\frac{2}{1.5}} = 2.15$$

Cálculo del factor de sobre resistencia:

$$R = k_1 R_o + k_2$$

Donde:

$R_o=1.75$ Para valores de Q menores a 3.

$k_1=0.8$ Para sistemas que no tengan tres o más crujías en las dos direcciones.

$$k_2 = 0.5 \left[1 - \left(\frac{T}{Ta} \right)^{\frac{1}{2}} \right] = 0.5 \left[1 - \left(\frac{0.532}{0.35} \right)^{\frac{1}{2}} \right] = 0$$

$$R = 1.75 * 0.8 = 1.4$$

Con los resultados anteriores, se obtuvieron las distorsiones de entrepiso, estos resultados serán comparados con las distorsiones obtenidas en la tesina “Diseño de un edificio de departamentos en zona II de transición en la Ciudad de México”.

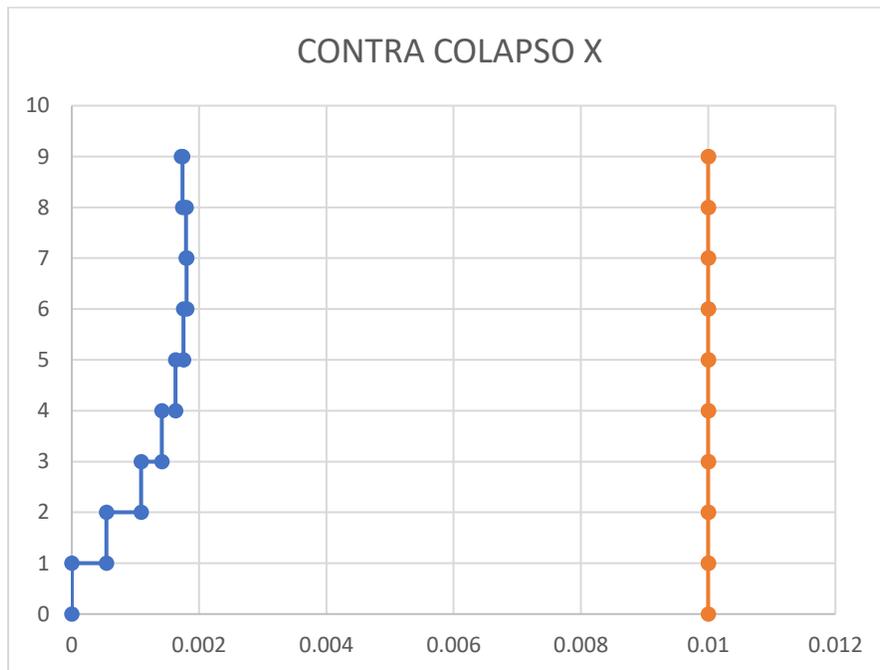
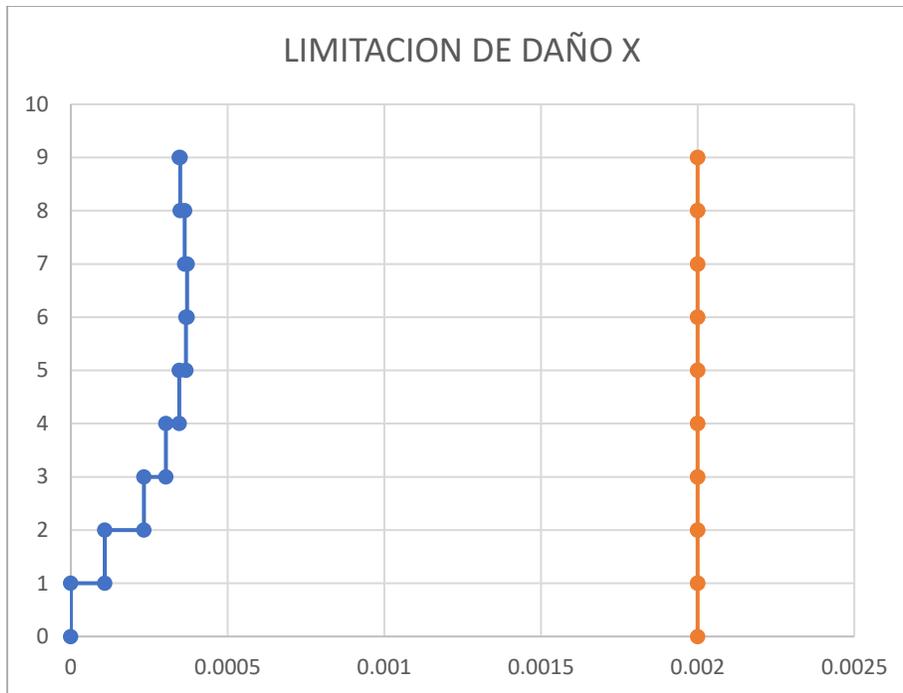
SISMO X								
PISO	ALTURA H (cm)	DIR X (cm)	DESPL. REL (cm)	DISTORSION DE ENTREPISO	LIMITACION DE DAÑO		G. CONTRA COLAPSO	
					0.5117	PERM.	2.8	PERM.
N9	270	1.4464	0.166	0.000614815	0.000314601	0.002	0.001721481	0.015
N8	300	1.2804	0.1864	0.000621333	0.000317936	0.002	0.001739733	0.015
N7	300	1.094	0.1923	0.000641	0.000328	0.002	0.0017948	0.015
N6	300	0.9017	0.1933	0.000644333	0.000329705	0.002	0.001804133	0.015
N5	300	0.7084	0.1881	0.000627	0.000320836	0.002	0.0017556	0.015
N4	300	0.5203	0.1748	0.000582667	0.000298151	0.002	0.001631467	0.015
N3	300	0.3455	0.1514	0.000504667	0.000258238	0.002	0.001413067	0.015
N2	300	0.1941	0.1167	0.000389	0.000199051	0.002	0.0010892	0.015
N1	400	0.0774	0.0774	0.0001935	9.9014E-05	0.002	0.0005418	0.015
CIM		0						

Tabla 9. Distorsiones en dirección X de entrepiso para SISMO X

PISO	ALTURA H (cm)	DIR Y (cm)	DESPL. REL (cm)	DISTORSION DE ENTREPISO	LIMITACION DE DAÑO		G. CONTRA COLAPSO	
					0.5117	PERM.	2.8	PERM.
N9	270	0.0106	0.0038	1.40741E-05	0.000007	0.002	0.000039	0.015
N8	300	0.0284	0.0034	1.13333E-05	0.000006	0.002	0.000032	0.015
N7	300	0.025	0.0038	1.26667E-05	0.000006	0.002	0.000035	0.015
N6	300	0.0212	0.004	1.33333E-05	0.000007	0.002	0.000037	0.015
N5	300	0.0172	0.0042	0.000014	0.000007	0.002	0.000039	0.015
N4	300	0.013	0.0041	1.36667E-05	0.000007	0.002	0.000038	0.015
N3	300	0.0089	0.0038	1.26667E-05	0.000006	0.002	0.000035	0.015
N2	300	0.0051	0.0031	1.03333E-05	0.000005	0.002	0.000029	0.015
N1	400	0.002	0.002	0.000005	0.000003	0.002	0.000014	0.015
CIM		0						

Tabla 10. Distorsiones en dirección Y de entrepiso para SISMO X

A continuación, se presentan las gráficas donde se confirma que la estructura no excede los valores máximos permitidos.



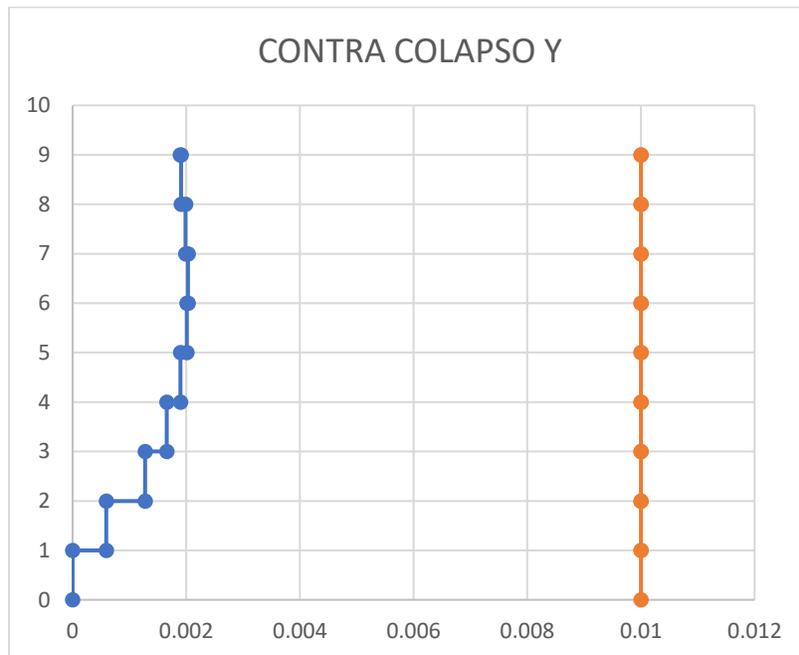
SISMO Y								
PISO	ALTURA H (cm)	DIR Y (cm)	DESPL. REL (cm)	DISTORSION DE ENTREPISO	LIMITACION DE DAÑO		G. CONTRA COLAPSO	
					0.5117	PERM.	2.8	PERM.
N9	270	1.635	0.1825	0.000675926	0.000345871	0.002	0.001892593	0.015
N8	300	1.4525	0.2044	0.000681333	0.000348638	0.002	0.001907733	0.015
N7	300	1.2481	0.2129	0.000709667	0.000363136	0.002	0.001987067	0.015
N6	300	1.0352	0.2175	0.000725	0.000370983	0.002	0.00203	0.015
N5	300	0.8177	0.2153	0.000717667	0.00036723	0.002	0.002009467	0.015
N4	300	0.6024	0.2031	0.000677	0.000346421	0.002	0.0018956	0.015
N3	300	0.3993	0.1778	0.000592667	0.000303268	0.002	0.001659467	0.015
N2	300	0.2215	0.137	0.000456667	0.000233676	0.002	0.001278667	0.015
N1	400	0.0845	0.0845	0.00021125	0.000108097	0.002	0.0005915	0.015
CIM		0						

Tabla 11. Distorsiones en dirección Y de entrepiso para SISMO Y

SISMO Y								
PISO	ALTURA H (cm)	DIR X (cm)	DESPL. REL (cm)	DISTORSION DE ENTREPISO	LIMITACION DE DAÑO		G. CONTRA COLAPSO	
					0.5117	PERM.	2.8	PERM.
N9	270	0.0077	0.0008	2.96296E-06	1.51615E-06	0.002	8.2963E-06	0.015
N8	300	0.0069	0.001	3.33333E-06	1.70567E-06	0.002	9.33333E-06	0.015
N7	300	0.0059	0.0011	3.66667E-06	1.87623E-06	0.002	1.02667E-05	0.015
N6	300	0.0048	0.001	3.33333E-06	1.70567E-06	0.002	9.33333E-06	0.015
N5	300	0.0038	0.001	3.33333E-06	1.70567E-06	0.002	9.33333E-06	0.015
N4	300	0.0028	0.001	3.33333E-06	1.70567E-06	0.002	9.33333E-06	0.015
N3	300	0.0018	0.0008	2.66667E-06	1.36453E-06	0.002	7.46667E-06	0.015
N2	300	0.001	0.0006	0.000002	1.0234E-06	0.002	0.0000056	0.015
N1	400	0.0004	0.0004	0.000001	5.117E-07	0.002	0.0000028	0.015
CIM		0						

Tabla 12. Distorsiones en dirección X de entrepiso para SISMO Y





Se compararán los resultados obtenidos en la sección de resultados para que la información sea más completa y se pueda proporcionar en conjunto con los resultados de los demás softwares.

4.2 SAP2000

Este programa está especializado en cualquier tipo de estructuras, es decir se puede manejar diferentes materias y secciones, como cilos, cisternas, edificios, torres, etc...

En el programa SAP2000, se siguió el mismo modelado que con ETABS, como se puede ver se modifica un poco la estética de las vistas en 3D, se puede apreciar de este software, que aunque se cuenta con las versiones más actualizadas, todavía no incluyen actualizaciones conforme a los espectros de diseño, ya que los últimos que tienen son NTC-2004 al igual que ETABS, por lo que se cargó el mismo espectro de diseño obtenido desde el programa SASID.

Este programa cuenta igual con herramientas para modificar el grid, sin embargo, no cuenta con la opción de añadir las vigas secundarias con lo que se tuvo que ingresar todos los datos pertinentes al grid desde un inicio para así, poder llegar al modelado correcto e igual.

Se muestran a continuación dos vistas, la primera para la correcta visualización de los pisos y de los muros, en la que se puede ver que los elementos frames y Shell fueron correctamente colocados, para la segunda imagen, se muestran los elementos estructurales de manera extruida con lo que se busca favorecer la expectativa de la realidad constructiva del edificio de departamentos.

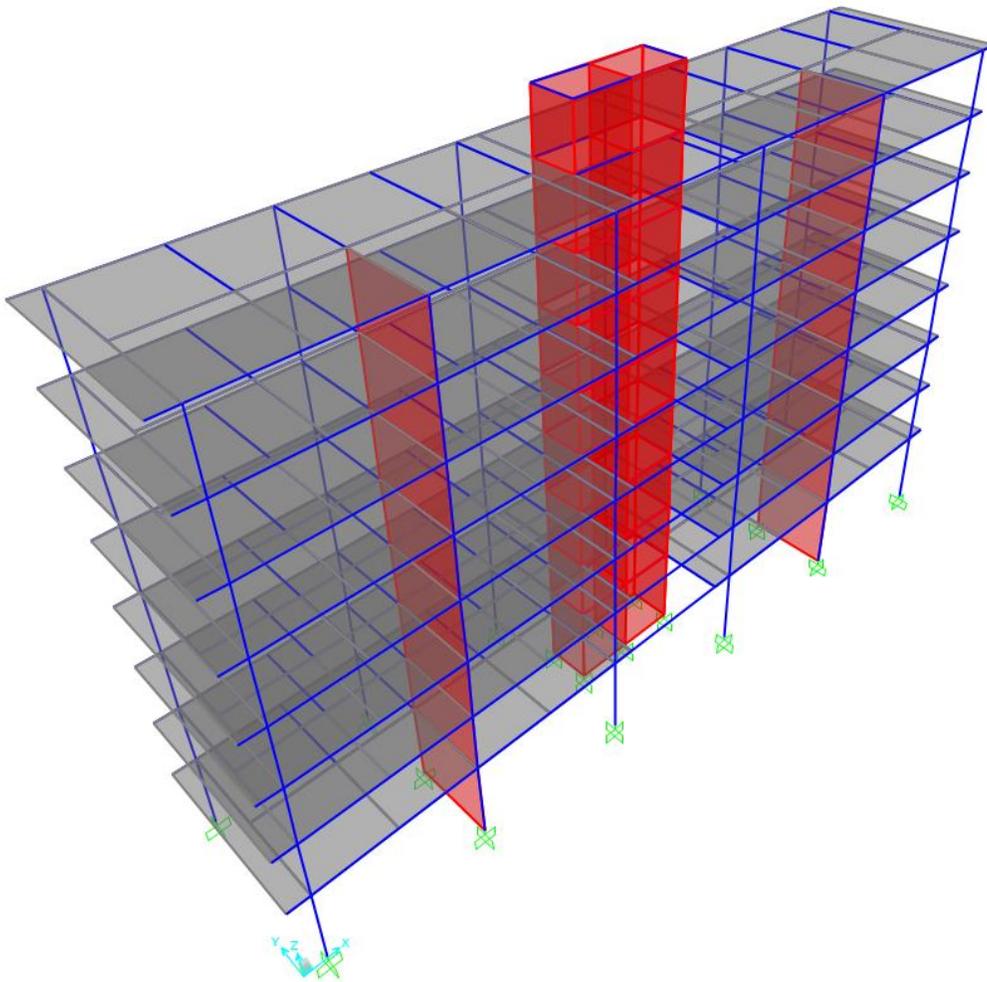


Figura 14. Vista 3D modelado con SAP2000

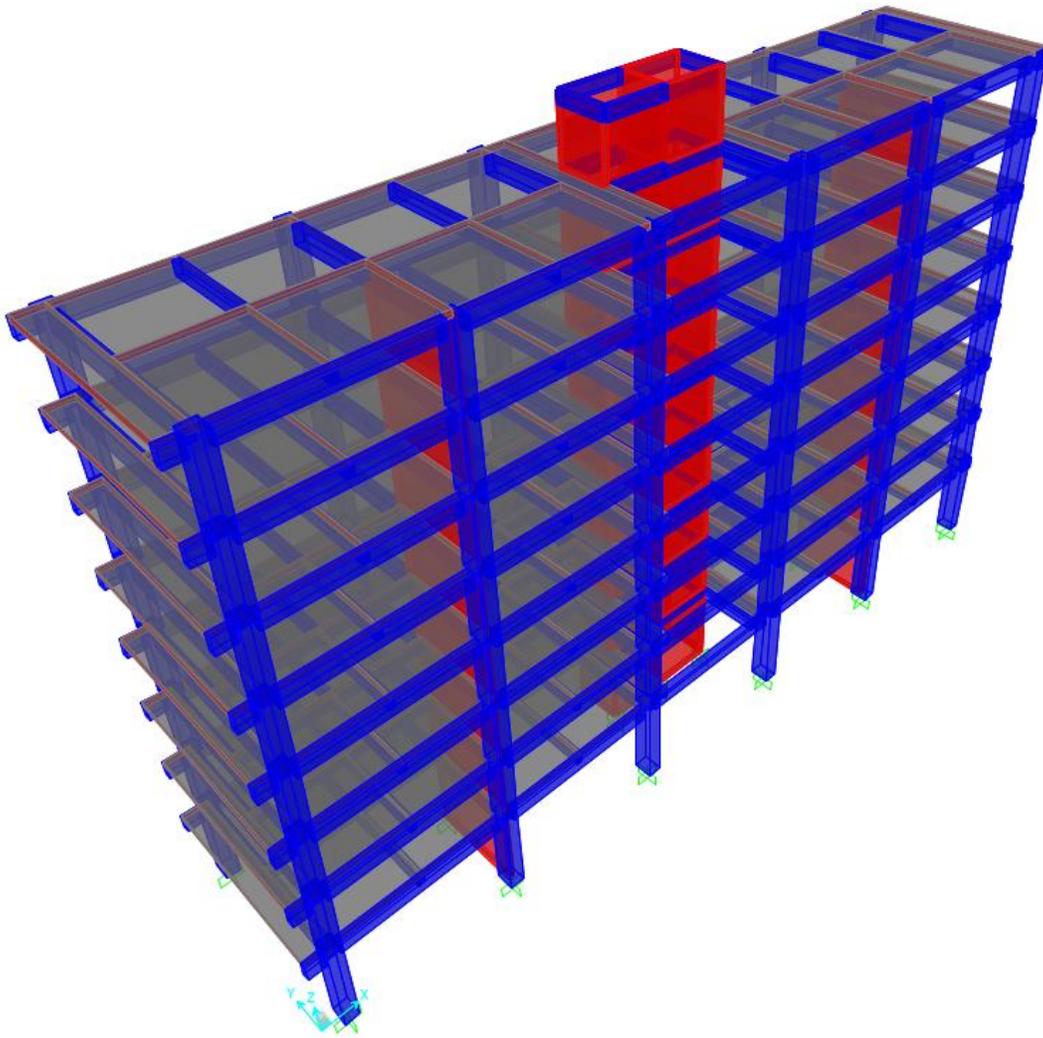


Figura 15. Vista 3D extruida con SAP2000

4.2.1 REVISIÓN DEL CORTANTE BASAL

En el programa de SAP2000 no se puede visualizar los resultados por piso, como en el programa usado en el punto anterior, SAP2000, utiliza tablas que te muestran toda la información, aunque muchas veces tienes que ir descartando varios de los aspectos que te muestran en las tablas debido a que los resultados los muestra por cada unión o nodo con que se cuenta, por lo que los resultados del cortante basal, salen de la

sumatoria de todas las fuerzas cortantes a nivel de base, para las condiciones de SISMO X y SISMO Y, respectivamente.

CORTANTE BASAL		
CASO	GLOBAL FX (ton)	GLOBAL FY (ton)
SISMO X	215.969	0.000021
SISMO Y	0.000059	216.179

Tabla 13. Cortante Basal calculado de SAP2000

Por lo que se concluye que el cortante basal mínimo cumple con la condición por las NTC-2017 ya que:

$$215.969tonf > 84.52tonf$$

$$216.179tonf > 84.52tonf$$

4.2.2 DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES

A continuación, se muestran los desplazamientos máximos por piso del programa SAP2000, con el espectro de diseño actualizado, así como la estructura bajo las sollicitaciones con las cuales se obtuvieron los resultados. Se muestra la estructura con desplazamientos de manera que sea más fácil su visualización, para obtener este tipo de imágenes, fue necesario correr el modelo en función del SISMO X y después en función del sismo en Y, para que se pudieran visualizar de alguna manera y se observen que los desplazamientos suceden en el plano X-Y

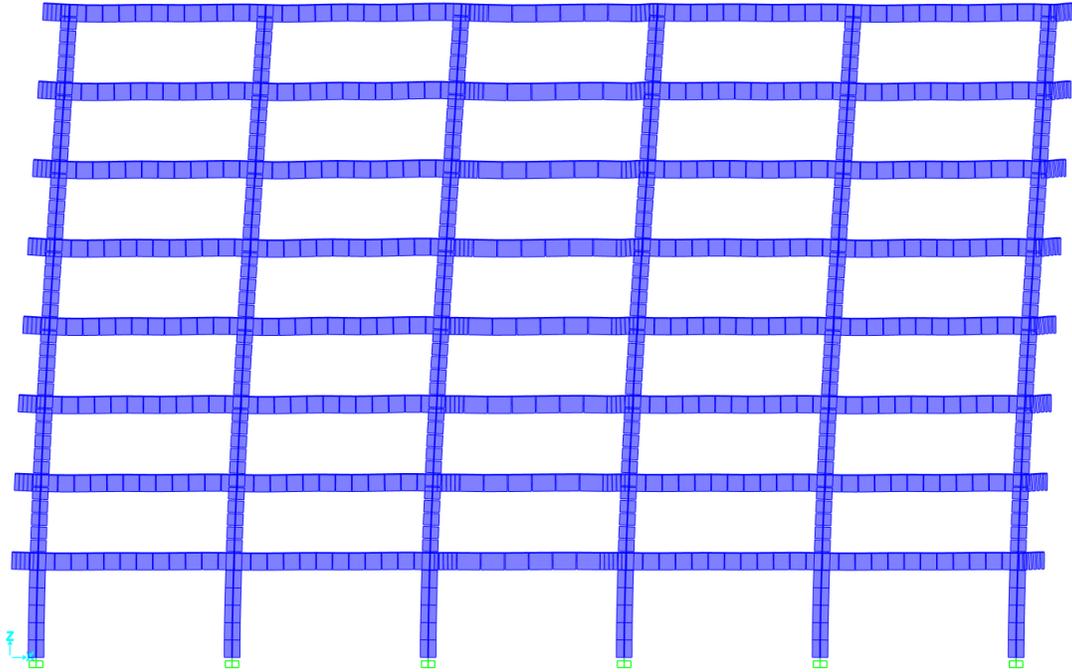


Figura 16. Vista longitudinal X con SISMO X

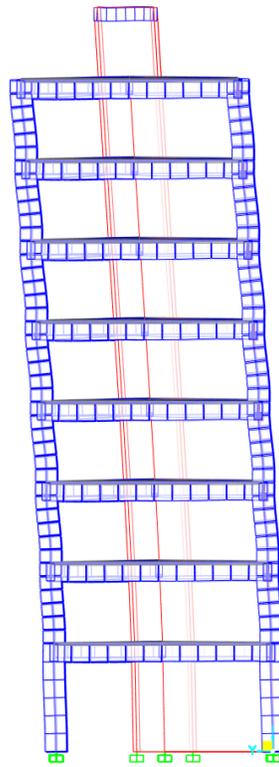


Figura 17. Vista transversal Y con SISMO Y

SISMO X			
Piso	Elevación (cm)	Dir X (cm)	Dir Y (cm)
Story9	2770	1.4522	0.0017
Story8	2500	1.2843	0.0124
Story7	2200	1.0979	0.011
Story6	1900	0.9052	0.0094
Story5	1600	0.7113	0.0077
Story4	1300	0.5224	0.0059
Story3	1000	0.3469	0.004
Story2	700	0.1948	0.0023
Story1	400	0.0775	0.0009
Base	0	0	0

Tabla 14. Desplazamientos máximos por Sismo X en cm (SAP2000)

SISMO Y			
Piso	Elevación (cm)	Dir X (cm)	Dir Y (cm)
Story9	2770	0.0073	1.72
Story8	2500	0.0064	1.55
Story7	2200	0.0053	1.26
Story6	1900	0.0042	1.06
Story5	1600	0.0031	0.85
Story4	1300	0.002	0.631
Story3	1000	0.001	0.43
Story2	700	0.0009	0.24
Story1	400	0.0004	0.0943
Base	0	0	

Tabla 15. Desplazamientos máximos por Sismo X en cm (SAP2000)

Para el cálculo de distorsiones, se tomarán los resultados obtenidos del SASID, este cálculo es igual no importando el software a utilizar.

Cálculo de K_s :

$$K_s = \frac{1}{6 - 4(T_s - 0.5)} = \frac{1}{6 - 4(0.532)} = 0.17$$

El valor de $\beta=1$, debido a que no se establece la relación suelo-estructura.

Cálculo de Q' :

$$Q' = 1 + (Q - 1) \sqrt{\frac{\beta}{k}} = 1 + (2 - 1) \sqrt{\frac{2}{1.5}} = 2.15$$

Cálculo del factor de sobre resistencia:

$R_o=1.75$ Para valores de Q menores a 3.

$k_1=0.8$ Para sistemas que no tengan tres o más crujías en las dos direcciones.

$$k_2 = 0.5 \left[1 - \left(\frac{T}{T_a} \right)^{\frac{1}{2}} \right] = 0.5 \left[1 - \left(\frac{0.532}{0.35} \right)^{\frac{1}{2}} \right] = 0$$

$$R = 1.75 * 0.8 = 1.4$$

A continuación, se presentan las distorsiones obtenidas con los datos que arrojó SAP2000, los cuales posteriormente serán analizados y comparados junto con los otros:

SISMO X								
PISO	ALTURA H (cm)	DIR X (cm)	DESPL. REL (cm)	DISTORSION DE ENTREPISO	LIMITACION DE DAÑO		G. CONTRA COLAPSO	
					0.5117	PERM.	2.8	PERM.
N9	270	1.4522	0.1679	0.000621852	0.000318202	0.002	0.001741185	0.015
N8	300	1.2843	0.1864	0.000621333	0.000317936	0.002	0.001739733	0.015
N7	300	1.0979	0.1927	0.000642333	0.000328682	0.002	0.001798533	0.015
N6	300	0.9052	0.1939	0.000646333	0.000330729	0.002	0.001809733	0.015
N5	300	0.7113	0.1889	0.000629667	0.0003222	0.002	0.001763067	0.015
N4	300	0.5224	0.1755	0.000585	0.000299345	0.002	0.001638	0.015
N3	300	0.3469	0.1521	0.000507	0.000259432	0.002	0.0014196	0.015
N2	300	0.1948	0.1173	0.000391	0.000200075	0.002	0.0010948	0.015
N1	400	0.0775	0.0775	0.00019375	9.91419E-05	0.002	0.0005425	0.015
CIM		0						

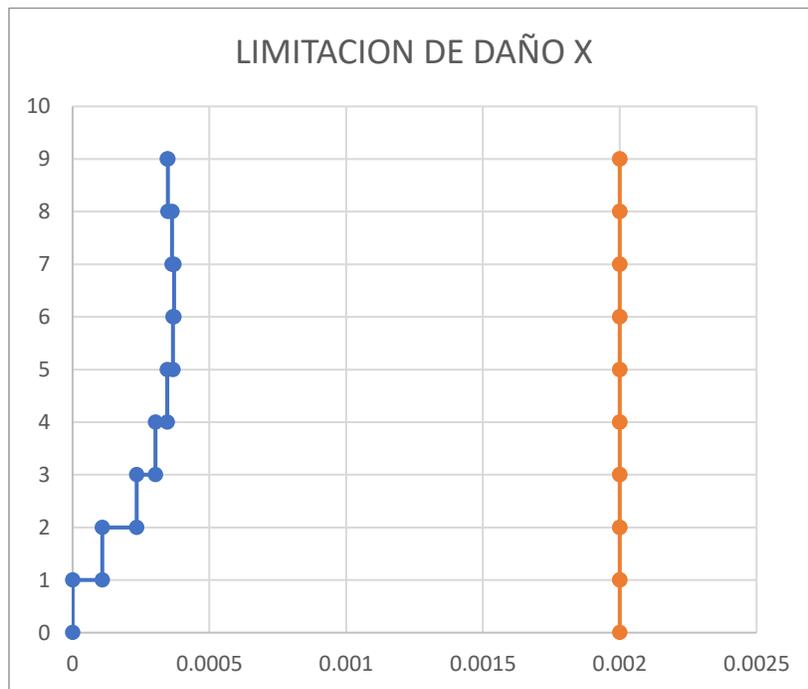
Tabla 16. Distorsiones en dirección X de entrepiso para SISMO X

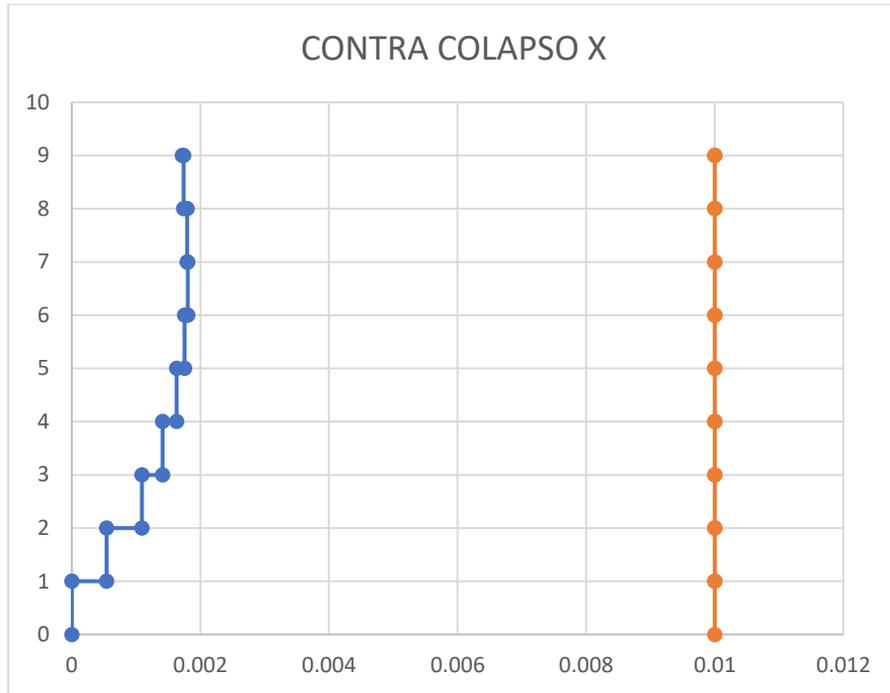
PISO	ALTURA H (cm)	DIR Y (cm)	DESPL. REL (cm)	DISTORSION DE ENTREPISO	LIMITACION DE DAÑO		G. CONTRA COLAPSO	
					0.5117	PERM.	2.8	PERM.
N9	270	0.0017	0.0038	1.40741E-05	0.000007	0.002	0.000039	0.015
N8	300	0.0124	0.0014	4.66667E-06	0.000002	0.002	0.000013	0.015
N7	300	0.011	0.0016	5.33333E-06	0.000003	0.002	0.000015	0.015
N6	300	0.0094	0.0017	5.66667E-06	0.000003	0.002	0.000016	0.015
N5	300	0.0077	0.0018	0.000006	0.000003	0.002	0.000017	0.015
N4	300	0.0059	0.0019	6.33333E-06	0.000003	0.002	0.000018	0.015
N3	300	0.004	0.0017	5.66667E-06	0.000003	0.002	0.000016	0.015
N2	300	0.0023	0.0014	4.66667E-06	0.000002	0.002	0.000013	0.015
N1	400	0.0009	0.0009	0.00000225	0.000001	0.002	0.000006	0.015
CIM		0						

Tabla 17. Distorsiones en dirección Y de entrepiso para SISMO X

Se observa en las tablas que los valores de los desplazamientos son bajos, lo que quiere decir que la estructura es rígida, esto es debido a que tiene muros que le proporcionan rigidez en cada uno de los pisos, estos muros se encuentran tanto longitudinal como transversal, lo cual se comprueba con los resultados obtenidos.

A continuación, se presentan las gráficas donde se confirma que la estructura no excede los valores máximos permitidos.



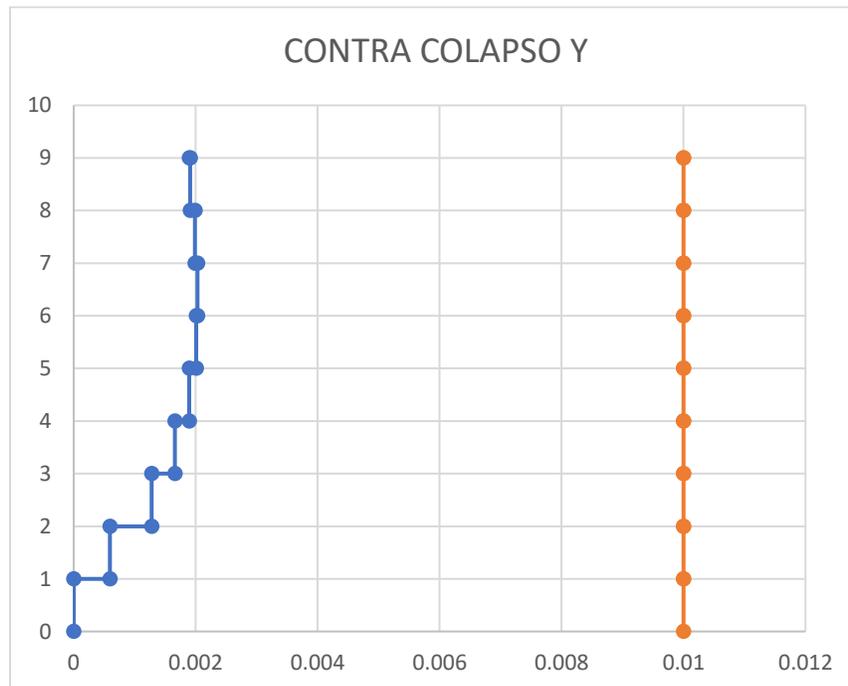
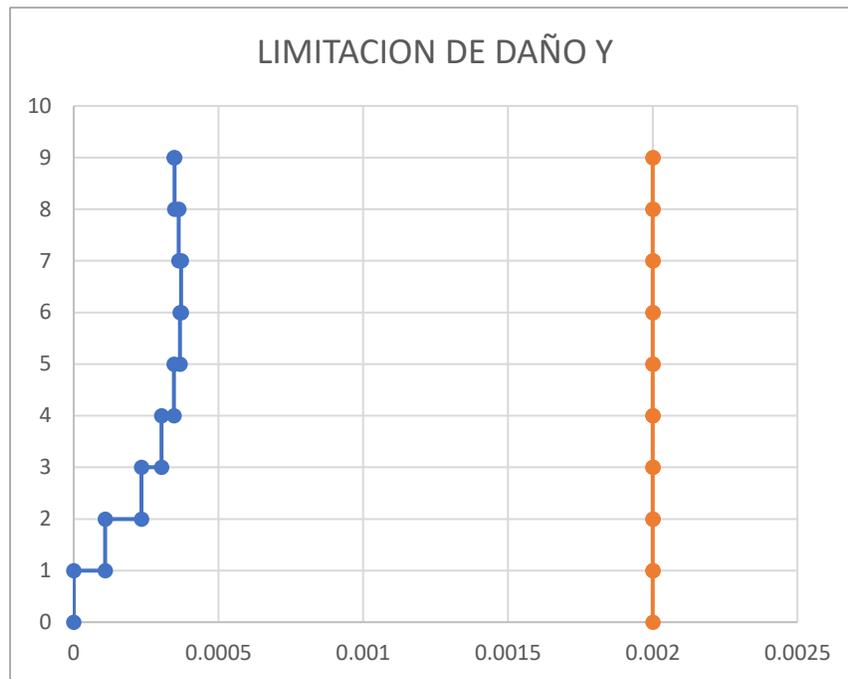


SISMO Y								
PISO	ALTURA H	DIR Y	DESPL. REL	DISTORSION DE	LIMITACION DE DAÑO		G. CONTRA COLAPSO	
	(cm)	(cm)	(cm)	ENTREPISO	0.5117	PERM.	2.8	PERM.
N9	270	1.72	0.17	0.00062963	0.000322181	0.002	0.001762963	0.015
N8	300	1.55	0.29	0.000966667	0.000494643	0.002	0.002706667	0.015
N7	300	1.26	0.2	0.000666667	0.000341133	0.002	0.001866667	0.015
N6	300	1.06	0.21	0.0007	0.00035819	0.002	0.00196	0.015
N5	300	0.85	0.219	0.00073	0.000373541	0.002	0.002044	0.015
N4	300	0.631	0.201	0.00067	0.000342839	0.002	0.001876	0.015
N3	300	0.43	0.19	0.000633333	0.000324077	0.002	0.001773333	0.015
N2	300	0.24	0.1457	0.000485667	0.000248516	0.002	0.001359867	0.015
N1	400	0.0943	0.0943	0.00023575	0.000120633	0.002	0.0006601	0.015
CIM								

Tabla 18. Distorsiones en dirección Y de entrepiso para SISMO Y

SISMO Y								
PISO	ALTURA H	DIR X	DESPL. REL	DISTORSION DE	LIMITACION DE DAÑO		G. CONTRA COLAPSO	
	(cm)	(cm)	(cm)	ENTREPISO	0.5117	PERM.	2.8	PERM.
N9	270	0.0073	0.0009	3.33333E-06	1.70567E-06	0.002	9.33333E-06	0.015
N8	300	0.0064	0.0011	3.66667E-06	1.87623E-06	0.002	1.02667E-05	0.015
N7	300	0.0053	0.0011	3.66667E-06	1.87623E-06	0.002	1.02667E-05	0.015
N6	300	0.0042	0.0011	3.66667E-06	1.87623E-06	0.002	1.02667E-05	0.015
N5	300	0.0031	0.0011	3.66667E-06	1.87623E-06	0.002	1.02667E-05	0.015
N4	300	0.002	0.001	3.33333E-06	1.70567E-06	0.002	9.33333E-06	0.015
N3	300	0.001	0.0001	3.33333E-07	1.70567E-07	0.002	9.33333E-07	0.015
N2	300	0.0009	0.0005	1.66667E-06	8.52833E-07	0.002	4.66667E-06	0.015
N1	400	0.0004	0.0004	0.000001	5.117E-07	0.002	0.0000028	0.015
CIM			0					

Tabla 19. Distorsiones en dirección X de entrepiso para SISMO Y



Se observa que los desplazamientos en dirección Y son casi nulos, esto es debido a que la configuración de la estructura tiene una mayor rigidez en esta dirección, aunque la sección transversal es más corta que la longitudinal y por inercia se creería que en esta

dirección se presentaría una mayor deformación en el plano de trabajo, esta cuenta con mayor cantidad de muros, lo que hace más difícil su deformación.

Por otro lado, se observa que a partir del nivel 5, las distorsiones son muy parecidas, lo cual se explica porque usualmente las distorsiones mayores se dan en los primeros niveles, conforme los niveles aumentan, estas aumentan muy poco, pero se ve que aunque los desplazamientos aumentan con el nivel, hay unos ciertos pisos que se mueven similar a la hora de que la acción del sismo ocurra, por lo que las distorsiones que se presentan, parecen similares, en el ultimo piso, las distorsiones decrecen, debido al coletazo del edificio, lo que hace que, aunque el desplazamiento es el máximo, la distorsión difiere un poco de los pisos que están a continuación debajo de él.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Con el fin de presentar las diferencias que se tienen al utilizar los diferentes programas para diseño estructural, se realizarán las comparaciones pertinentes, con las cuales se representará gráficamente los cambios en los cálculos de los diferentes programas y los valores obtenidos manualmente, sin embargo, también se presentarán los cambios de las NTC-2004 y las NTC-2017.

El objetivo de comparar las normas recae en tener el conocimiento de como es que se modifica la revisión de una estructura con las distintas versiones de las Normas Técnicas Complementarias.

5.1 COMPARATIVA DE PROGRAMAS USADOS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL

5.1.1 PESO DE LA ESTRUCTURA PARA CARGA VERTICAL Y SÍSMICA

Comparación de resultados por peso entre el cálculo manual y los dos programas utilizados SAP2000 y ETABS.

CÁLCULO MANUAL							
Elemento	Ancho	Largo	Altura	Peso Vol.	Peso Uni.	Cantidad	Peso neto
	m	m	m	ton/m ³	ton		ton
Losa	39.1	8.1	0.1	2.4	70.056	8	560.448
Muro Azotea	0.25	25.4	2.7	2.4	41.148	1	41.148
Muro Entrepiso	0.25	25.4	3	2.4	45.72	7	320.04
Muro Base	0.25	25.4	4	2.4	60.96	1	60.96
Viga X	0.3	39.1	0.65	2.4	18.2988	16	292.7808
Viga Y	0.35	8.1	0.65	2.4	4.4226	48	212.2848
V Sec Azotea	0.25	15.2	0.5	2.4	4.56	1	4.56
V Sec Entrepiso	0.25	89.6	0.5	2.4	26.88	8	215.04
Col Entrepiso	0.6	0.8	3	2.4	3.456	84	290.304
Col Base	0.6	0.8	4	2.4	4.608	12	55.296
							2052.8616

Piso	Carga	Valor	Area	Cantidad	Peso
		ton/m ²	m ²		ton
AZOTEA	Muerta	0.305	291.9	1	89.0295
ENTREPISO	Muerta	0.325	291.9	7	664.0725
					753.102

TOTAL= 2805.9636 ton

Piso	Carga	Valor	Area	Cantidad	Peso
		ton/m ²	m ²		ton
AZOTEA	CV MAX	0.1	291.9	1	29.19
ENTREPISO	CV MAX	0.19	291.9	7	388.227
					417.417

Piso	Carga	Valor	Area	Cantidad	Peso
		ton/m ²	m ²		ton
AZOTEA	CV ACC	0.07	291.9	1	20.433
ENTREPISO	CV ACC	0.1	291.9	7	204.33
					224.763

Tabla 20. Resultados de pesos calculados manualmente

ETABS							
TABLE: Base Reactions							
Output Case	Case Type	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
		tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Dead	LinStatic	0	0	2750.2157	11081.4827	-54316.7594	0
Live	LinStatic	0	0	417.417	1750.7061	-8243.9857	0
CV ACC	LinStatic	0	0	224.763	942.6879	-4439.0692	0
SISMO X	LinRespSpec	218.8525	1.0294	0	19.264	4006.7119	867.044
SISMO Y	LinRespSpec	1.0294	218.5739	0	4009.1555	19.3291	4318.6066

CARGAS VERTICALES TOTALES	
	PESO TOTAL (ton)
Peso Propio Total	1997.1137
Carga Permanente total	753.102
CM total	2750.2157
CV total	417.417
Peso por Carga Vertical total	3167.6327

CARGAS POR SISMO	
	PESO TOTAL (ton)
Peso Propio Total	1997.1137
Carga Permanente Total	753.102
Peso Sísmico total	2750.2157

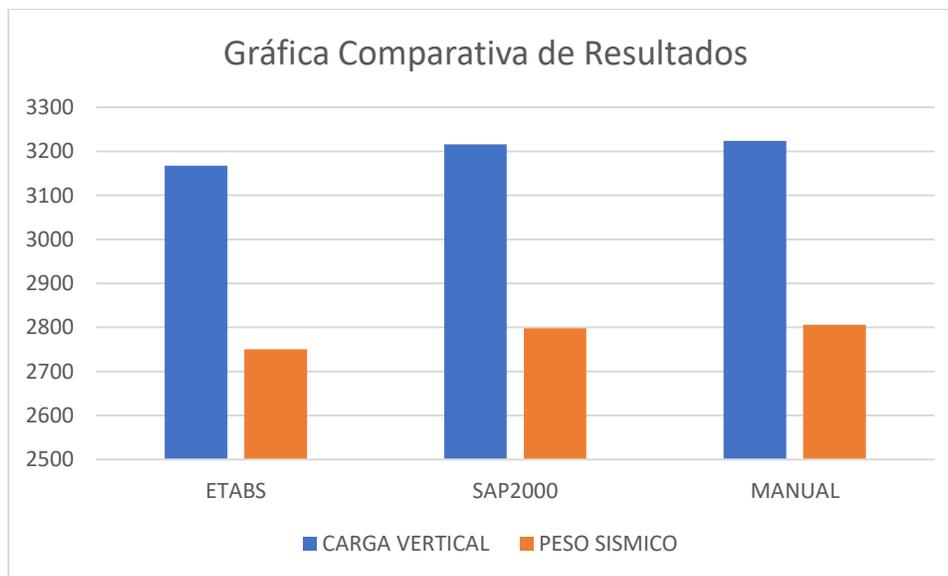
Tabla 21. Resultados de pesos calculados con el programa ETABS

SAP2000							
TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
DEAD	LinStatic	2.179E-12	2.58E-11	2798.1942	11275.7957	-55264.335	5.702E-10
CV MAX	LinStatic	5.833E-13	7.42E-12	417.417	1750.7061	-8243.98575	1.626E-10
CV ACC	LinStatic	3.153E-13	3.93E-12	224.763	942.6879	-4439.06925	8.622E-11
SISMO X-1	LinRespSpec	215.9693	2.19E-05	6.021E-06	0.00003551	4093.45067	868.02184
SISMO Y-1	LinRespSpec	5.935E-06	216.1794	4.907	4106.68708	96.91226	4269.54266

CARGAS VERTICALES TOTALES	
	PESO TOTAL (ton)
Peso Propio Total	2045.09
Carga Permanente total	753.102
CM total	2798.192
CV total	417.417
Peso por Carga Vertical total	3215.609

CARGAS POR SISMO	
	PESO TOTAL (ton)
Peso Propio Total	2045.09
Carga Permanente Total	753.102
Peso Sísmico total	2798.192

Tabla 22. Resultados de pesos calculados con el programa SAP2000



Como se puede apreciar, los resultados obtenidos son similares con los tres métodos utilizados para el cálculo de los pesos, con los cuales, en el caso de los programas, se analizó la estructura para conocer los desplazamientos que son producidos por la acción sísmica.

5.1.2 FUERZAS AXIALES POR CARGA SÍSMICA X Y

SAP2000 Sismo X

Se presenta la columna que se toma para la comparación de resultados.

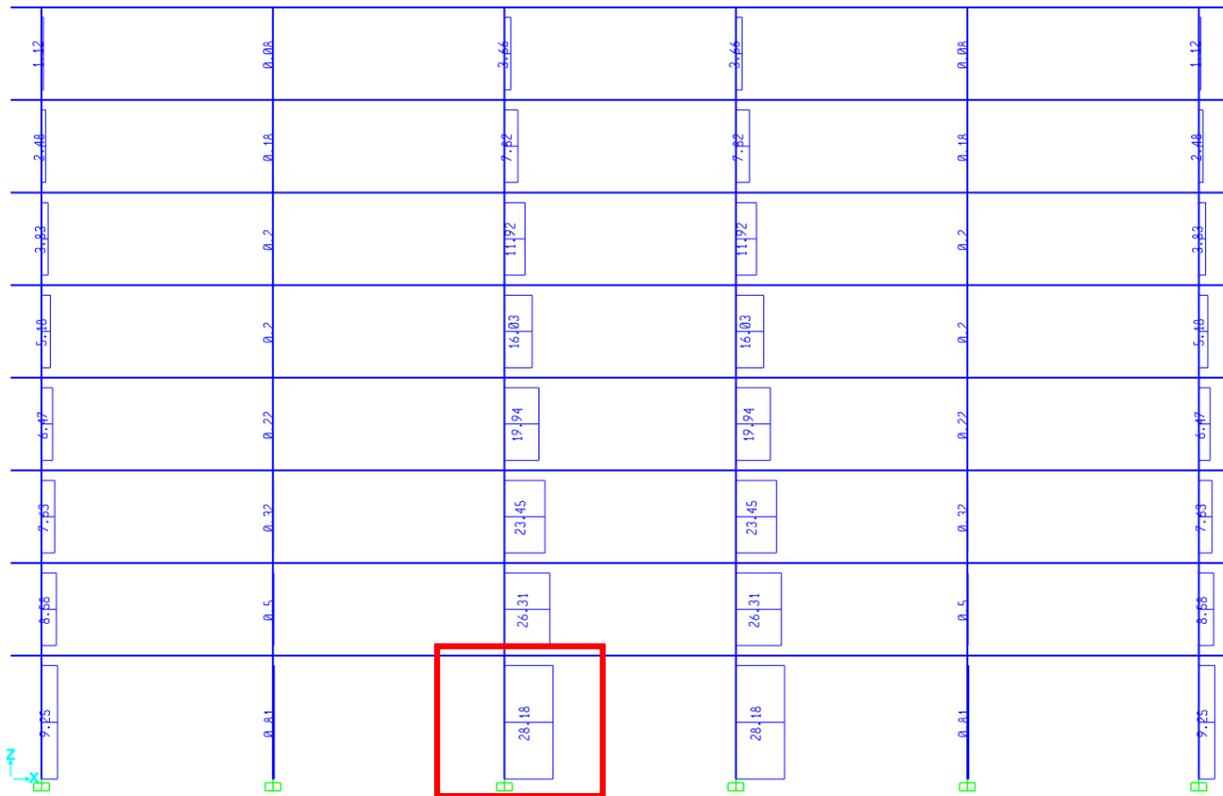
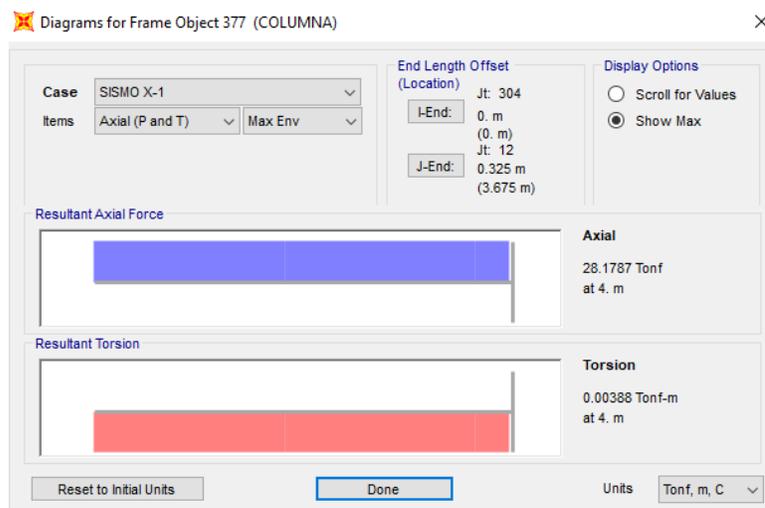


Figura 18. SAP2000, Sismo X, plano XZ, Eje 1

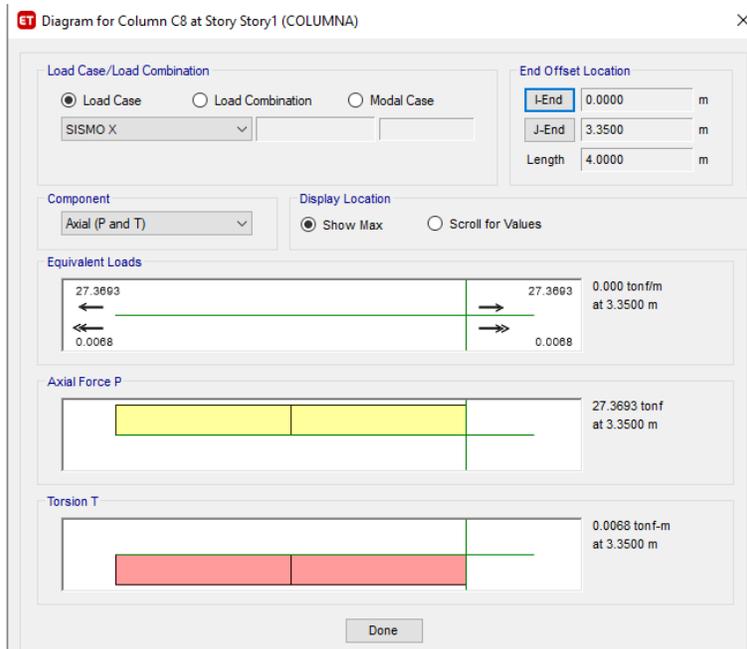


ETABS Sismo X

Se presenta la columna que se toma para la comparación de resultados.



Figura 19. ETABS, Sismo X, Elevación 1



SAP2000 Sismo Y

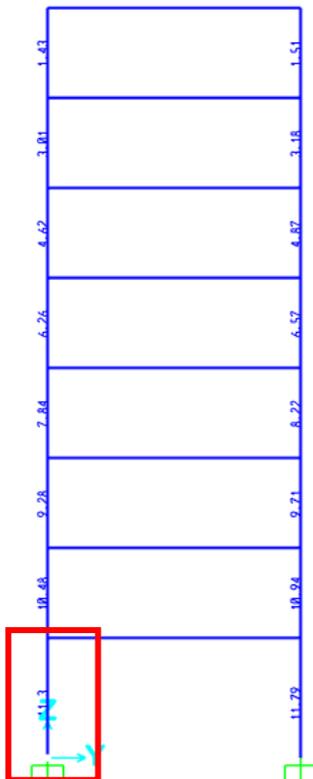
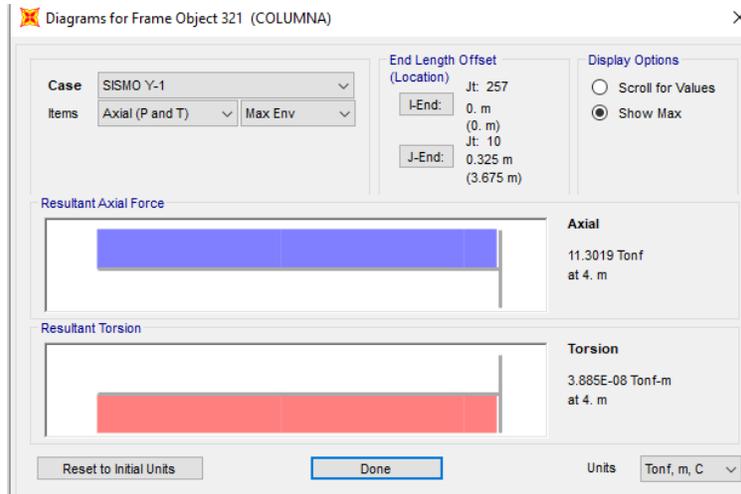


Figura 20. SAP2000, Sismo Y, Plano YZ, Eje B



ETABS Sismo Y

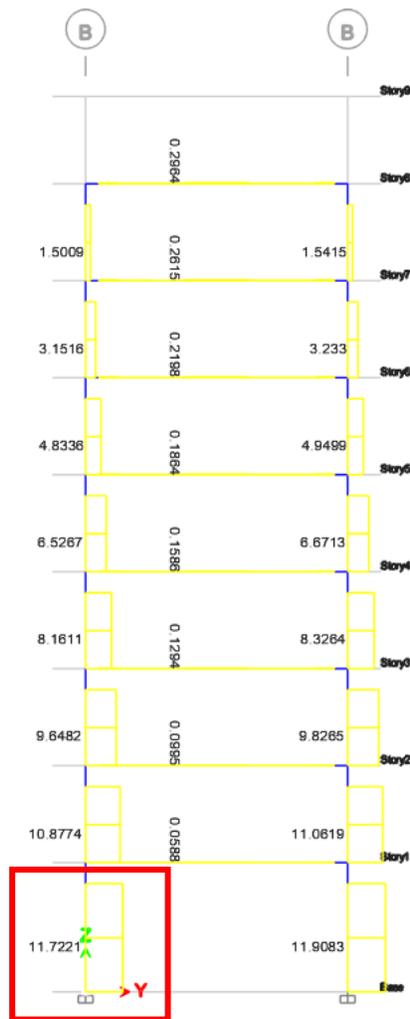
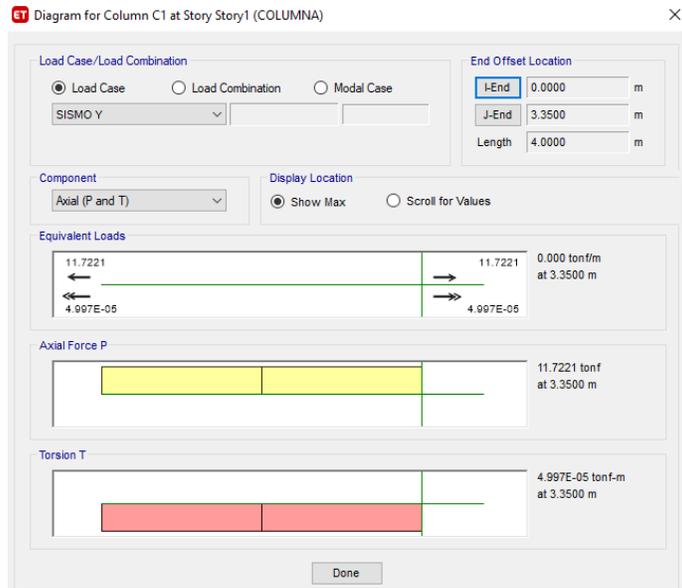


Figura 21. ETABS, Sismo Y, Elevación B



5.1.3 MOMENTOS Y CORTANTES POR SISMO X Y

SAP2000, Momento por Carga Sísmica X

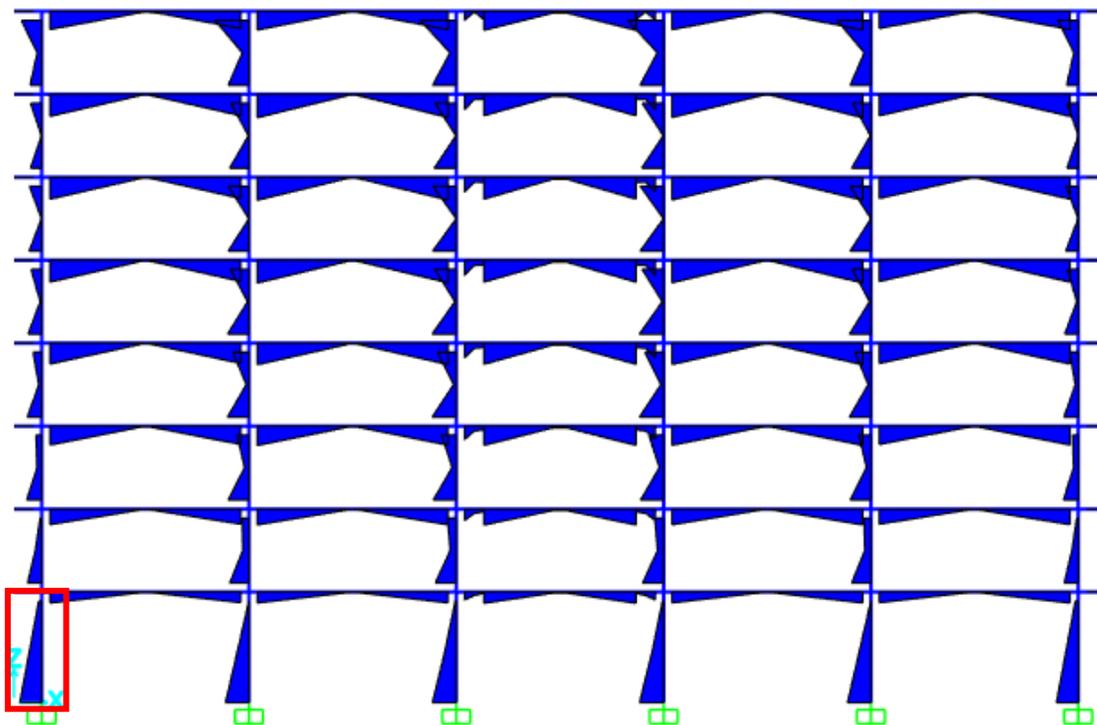


Figura 22. SAP2000, Plano XZ, Eje 1

SAP2000, Cortante por Carga Sísmica X

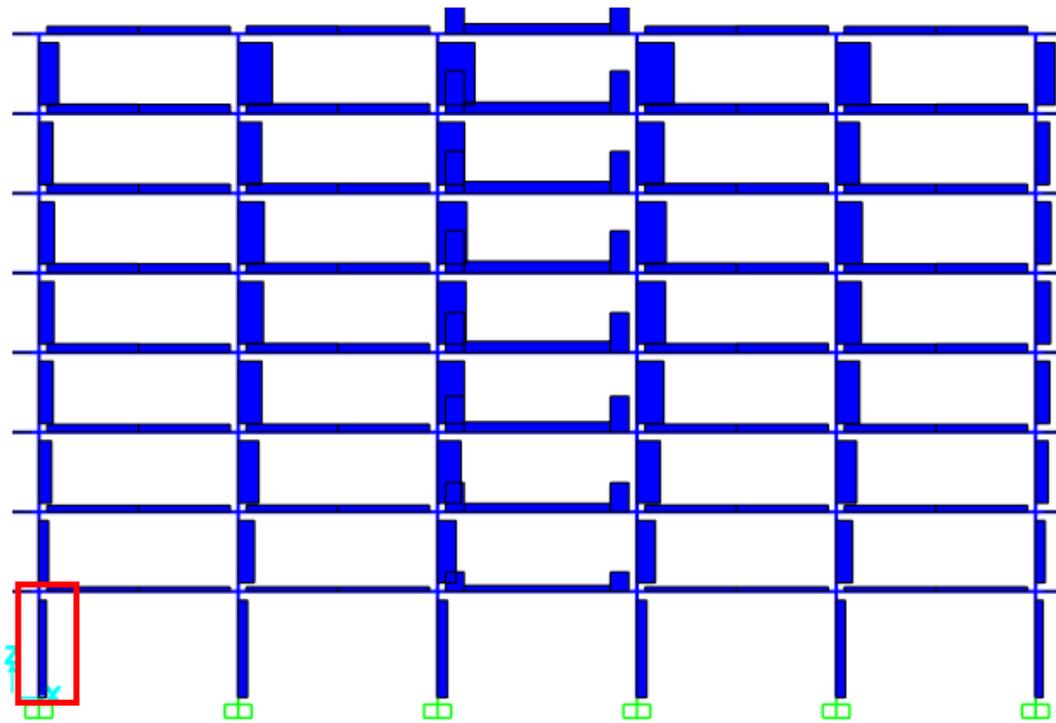
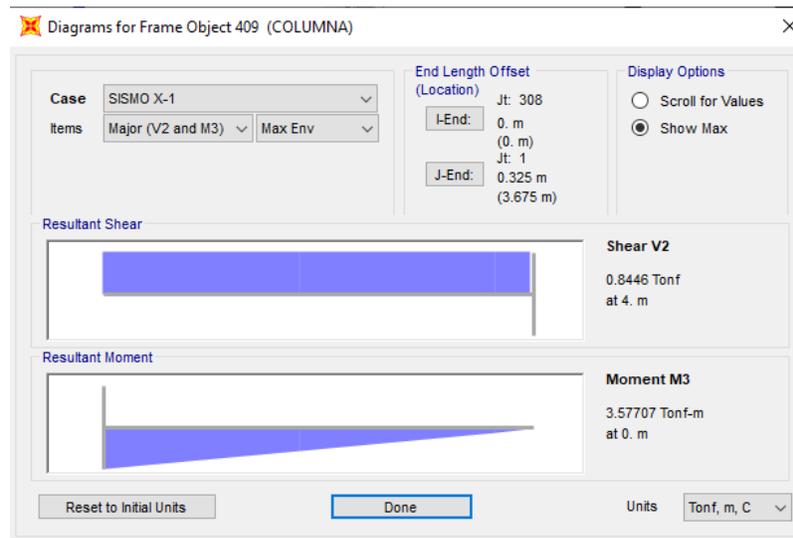


Figura 23. SAP2000, Plano XZ, Eje 1



SAP2000, Momento por Carga Sísmica Y

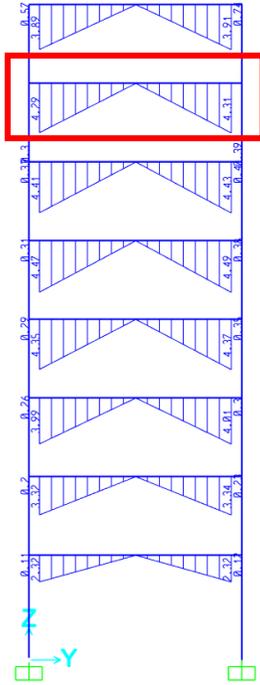


Figura 24. SAP2000, Plano YZ, Eje B

SAP2000, Cortante por Carga Sísmica Y

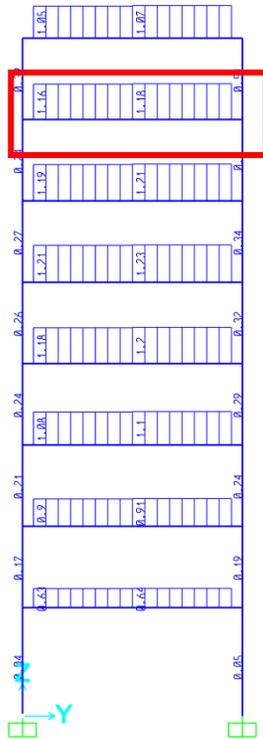
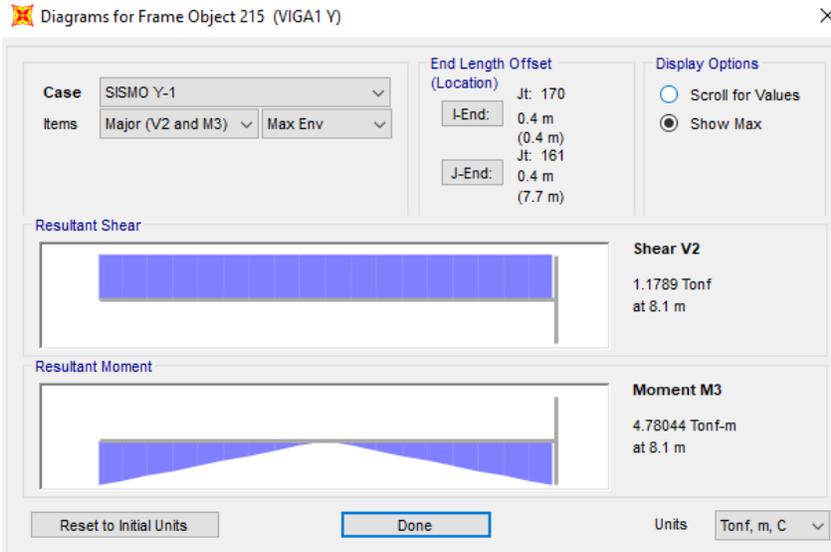


Figura 25. SAP2000, Plano YZ, Eje B



ETABS, Momento por Carga Sísmica X

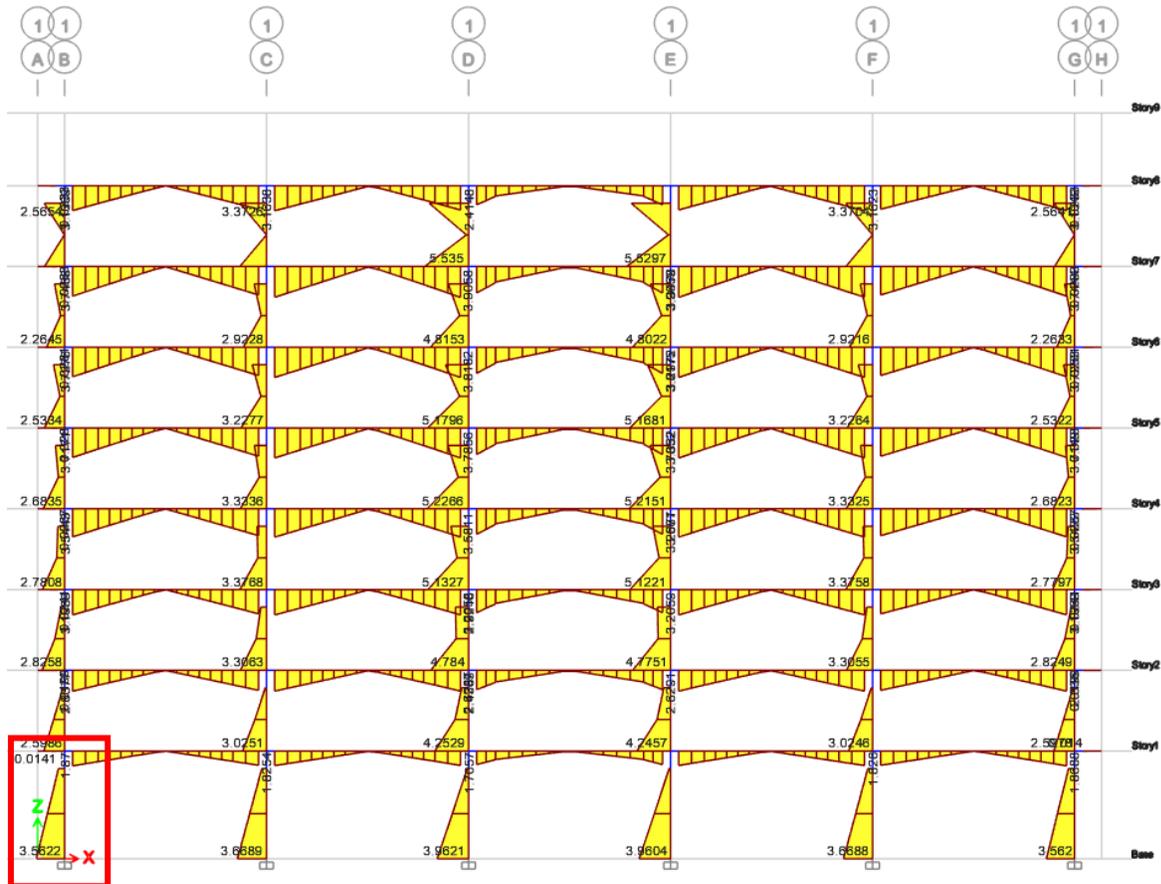


Figura 26. ETABS, Plano YZ, Elevación 1

ETABS, Cortante por Carga Sísmica X

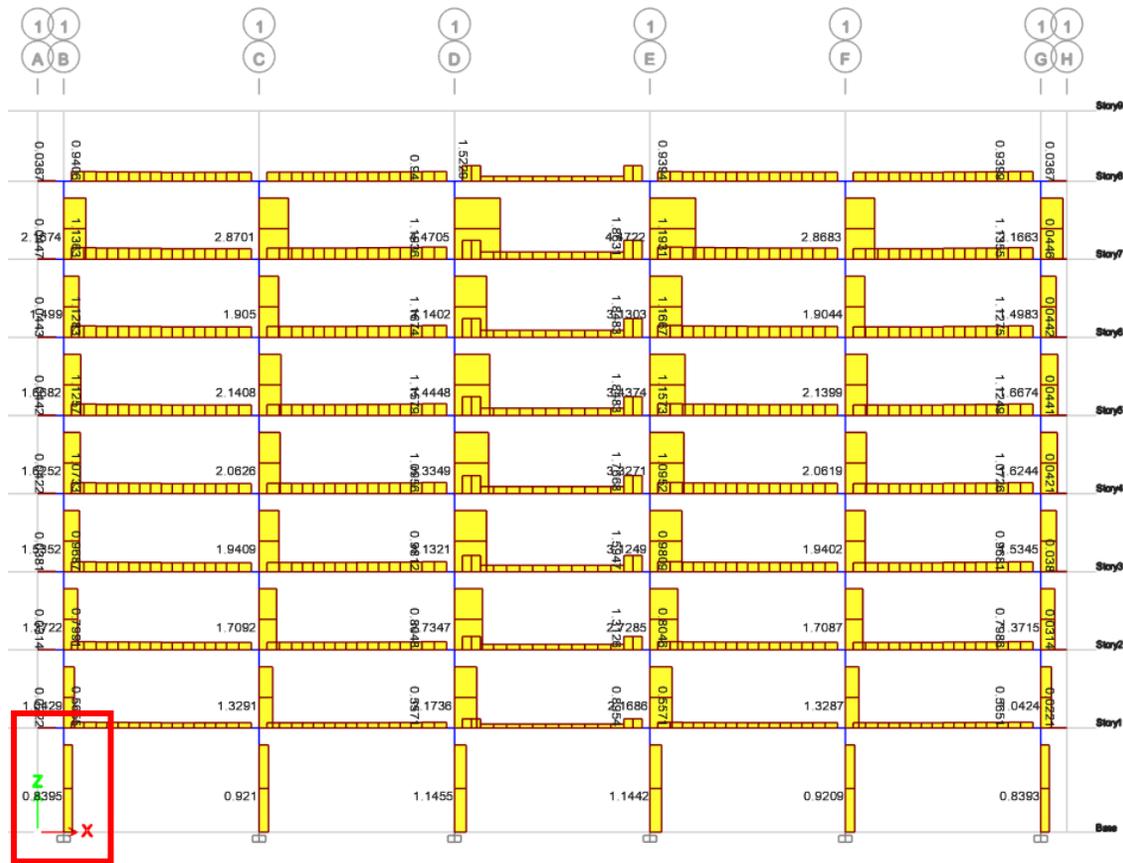
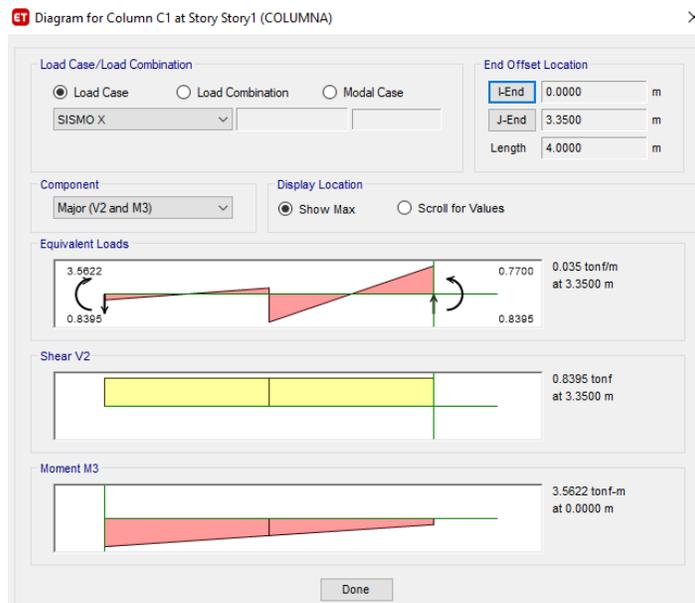


Figura 27. ETABS, Plano YZ, Elevación 1



ETABS, Momento por Carga Sísmica Y

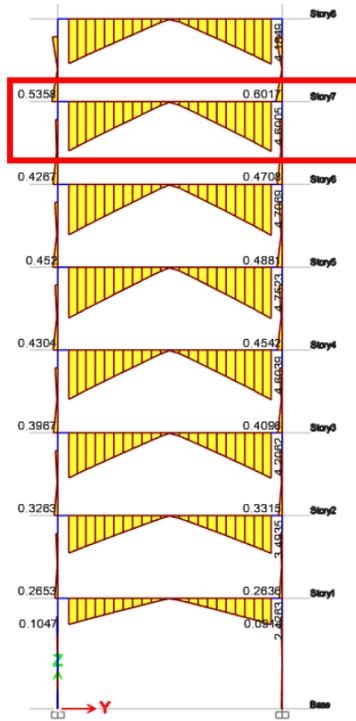


Figura 28. ETABS, Plano YZ, Elevación B

ETABS, Cortante por Carga Sísmica Y

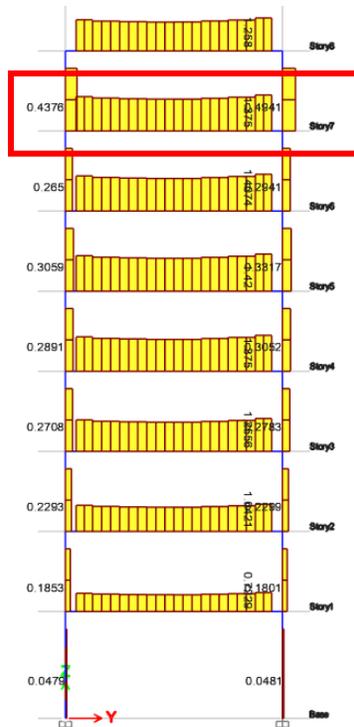
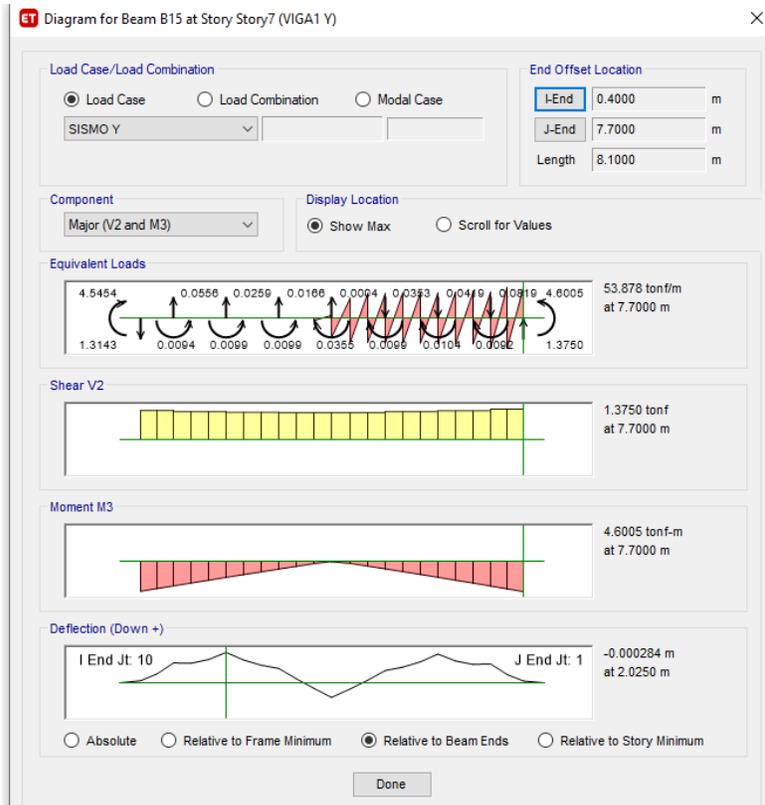
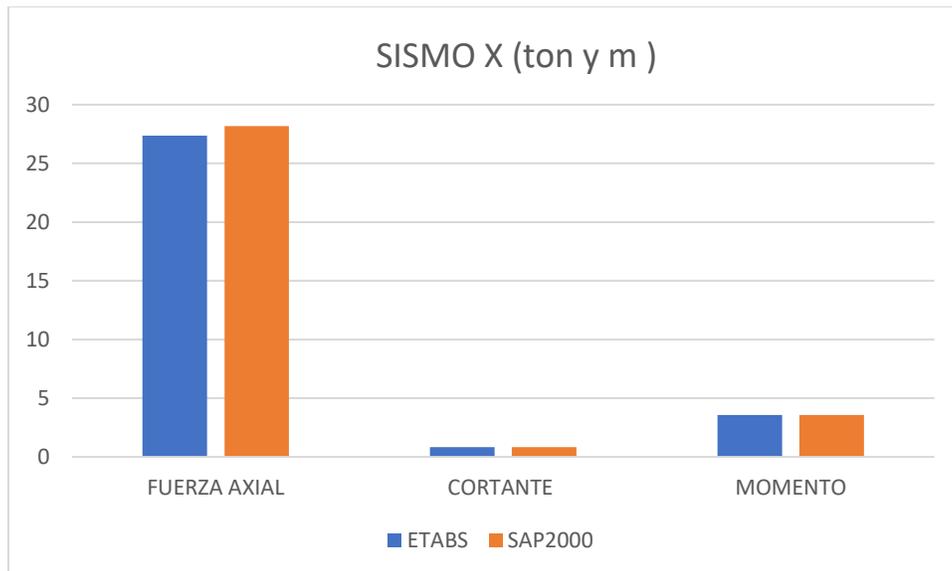
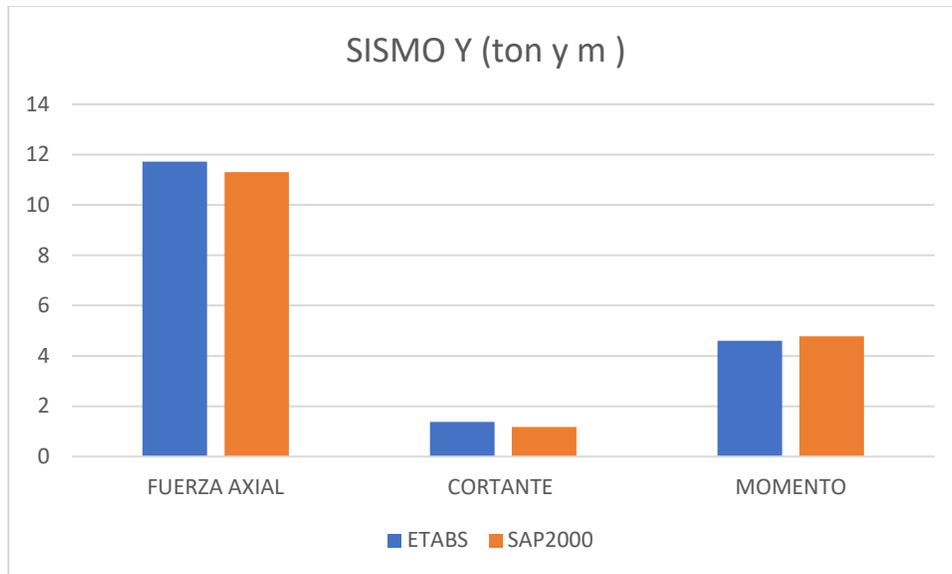


Figura 29. ETABS, Plano YZ, Elevación B



5.1.4 GRÁFICAS COMPARATIVAS DE RESULTADOS





5.2 COMPARATIVA DE NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS 2004-2017

Se presenta a continuación una comparación de diversos aspectos que cambiaron en las Normas Técnicas Complementarias, estos aspectos fueron los más relevantes que se ocuparon en la elaboración de esta tesina, por lo cual no se encuentran todas las modificaciones que se le hicieron a la versión de 2017. Con esta comparación se busca visualizar de una forma mas sencilla, los cambios que se hicieron y que pudieron modificar la revisión estructural que forma parte de un dictamen estructural. Como se ve a continuación hubo varios aspectos que aunque parece que no cambian mucho, pueden modificar la clasificación de la estructura y con esto, pueden cambiar los valores con los cuales se analiza la estructura en los programas de diseño y análisis.

Aspecto	NTC-2004	NTC-2017
Factor de resistencia	FR=0.9 para flexión. FR=0.8 para cortante y torsión. FR=0.7 para transmisión de flexión y cortante en losas	FR=0.9 para flexión FR=0.75 para cortante y torsión. FR=0.56 para transmisión de flexión y cortante
Revisión de desplazamientos laterales.	La diferencia entre desplazamientos laterales será menor que 0.006, si no hay elementos incapaces de soportar deformaciones, este límite será de 0.012. En todo caso, el desplazamiento se multiplicará por el factor de comportamiento sísmico Q.	Introducción de límite de seguridad contra colapso y limitación de daño, con los cuales, la máxima distorsión, deberá multiplicarse por los factores QR y Q'RKs, respectivamente
Ordenada del espectro	Para su cálculo, es necesario recurrir a la tabla 3.1 Valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones de las NTCS-2004, la cual varía de acuerdo a la zona I, II, III(a), III(b), III(c) y III(d).	Para su cálculo, se requiere ingresar al programa SASID, provisto de las NTC-2017, y obtener los valores requeridos de acuerdo al punto geográfico seleccionado.
Factor de reducción de las ordenadas espectrales	$Q' = Q; \quad \text{si se desconoce } T, \text{ o si } T \geq T_a$ $Q' = 1 + \frac{T}{T_a}(Q-1); \quad \text{si } T < T_a$	$Q' = \begin{cases} 1 + (Q-1)\sqrt{\frac{\beta}{k} \frac{T}{T_a}}; & \text{si } T \leq T_a \\ 1 + (Q-1)\sqrt{\frac{\beta}{k}}; & \text{si } T_a < T \leq T_b \\ 1 + (Q-1)\sqrt{\frac{\beta p}{k}}; & \text{si } T > T_b \end{cases}$
Factor de sobre-resistencia	No existe un factor de sobre-resistencia	Se calcula $R=K1+R0+K2$, donde los factores mencionados en las fórmulas dependen de la geometría y el factor de comportamiento sísmico de la estructura.
Condiciones de regularidad	1) Planta simétrica con ejes ortogonales así como muros y demás elementos.	1) Marcos y muros paralelos a ejes ortogonales o con menos de 15° del ángulo que forma algún elemento con el eje.
	2) La relación altura a la dimensión menor de su base no es mayor que 2.5	2) La relación altura a la dimensión menor de su base no es mayor que 4
	3) La relación de largo a ancho de su base no es mayor que 2.5.	3) La relación de largo a ancho de su base no es mayor que 4.

7) El peso en cada nivel incluyendo la carga viva, no es mayor que el 110 por ciento del correspondiente al piso inmediato inferior.	7) El peso en cada nivel incluyendo la carga viva, no es mayor que el 120 por ciento del correspondiente al piso inmediato inferior.
8) Ningún piso tiene un area mayor que 110 por ciento de la del piso inmediato inferior ni menor que 70 por ciento de esta y el area de ningún piso excede en mas de 50 por ciento a la menor de los pisos inferiores.	8) Ningún piso tiene una dimensión en planta mayor que 110 por ciento de la del piso inmediato inferior y ningún piso tiene una dimensión en planta mayor que 125 por ciento de la menor de las dimensiones de los pisos inferiores en la misma dirección.
	10) Todas las columnas de cada entrepiso tienen la misma altura, aunque esta pueda variar de un piso a otro.
10) Ni la rigidez ni la resistencia al corte de ningún entrepiso difieren en más de 50 por ciento de la del piso inmediato inferior.	11) La rigidez lateral de ningún entrepiso difiere en más de 20 por ciento de la del entrepiso inmediatamente inferior
	12) El desplazamiento lateral no excederá en más de 20 por ciento el desplazamiento lateral promedio de los extremos de la misma.
	13) En sistemas Q=4, en ningún entrepiso el cociente de la capacidad resistente a carga lateral entre la acción de diseño debe ser menor que el 85 por ciento del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos, para Q=3 o menor, no debe ser menor que el 75 por ciento.
11) La excentricidad torsional calculada estáticamente, no excede del diez por ciento de la dimensión en planta de ese entrepiso medida paralelamente a la excentricidad mencionada.	

6. CONCLUSIÓN

- Se concluye al término del modelado que, al realizar el análisis estático correspondiente, la estructura no requiere un refuerzo adicional que el calculado en la tesis “Diseño de un edificio de departamentos en zona II de transición en la Ciudad de México”, ya que como se vio en este escrito, las condiciones sísmicas que iban a ejercer solicitaciones externas sobre esta, fueron un poco menores a las que se le suministraron anteriormente para su diseño, por lo anteriormente mencionado, la estructura es segura para su correcto uso y funcionalidad.

- Con el argumento anterior, se concluye que, la actualización de reglamentos tiene varios aspectos importantes en ella, los espectros de diseño y la clasificación de la estructura, son algunos de ellos, ya que estos sufrieron modificaciones de las versiones 2004 a la 2017. Como ya se presentó, el primer aspecto mencionado nos da un panorama enfocado a la precisión de la localización de la construcción, como se vio reflejado, antes, el espectro de diseño se forma de acuerdo a una tabla de valores que varía respecto a la zona en donde se encuentra la estructura, sin embargo, al comparar esta con el programa SASID, se vio que los resultados difieren significativamente, esto da como consecuencia que el espectro resultado de la zona II, sea un poco menor que el anterior, aunado al segundo aspecto mencionado, el cual se basa en las condiciones de regularidad, ahora se le dio un mayor límite en las condiciones de relación de altura - base y largo - ancho, y esta estructura, que antes se catalogó como irregular, ahora se le dio reconocimiento como estructura regular, lo que hizo que el valor de irregularidad pasara de 0.8 a 1, como resultado el espectro de diseño, fue menor que el solicitado en la tesis anterior, con esto se llega a concluir que los planos anexados, cumplen las solicitaciones de las normas actuales, aunque podría ser necesario, bajar un poco las cuantías de acero para poder llegar a un límite donde se reduzca el costo y no se comprometan las límites de servicio.

- Con respecto a la comparación de resultados del análisis con los dos programas seleccionados, se concluye que, las singularidades de cada uno, los hacen diferir de tal manera que los resultados no son iguales, pero tienen una gran similitud, como comentario, SAP2000 tiene una mayor aproximación sobre los pesos de las secciones

como un todo y marca unos resultados ligeramente mayores que ETABS, siempre y cuando se siga el mismo proceso que se siguió, sin embargo, si se supondrá un análisis más completo, el cual incluirá un análisis estático e involucre las excentricidades, será mejor el uso de ETABS ya que este cuenta con mayores herramientas que facilitan la introducción de las cargas de manera manual, las cuales SAP2000 no las tiene muy accesibles y fácilmente aplicables. Una de las ventajas de ofrece ETABS es que esta muy enfocado a las edificaciones, por lo que recurre a herramientas de fácil acceso como visualización de resultados, que te dan cierta información extra. Sin embargo, si cuentas con una estructura que no sea una edificación y sea un poco compleja, el software que convendría, sería el SAP2000, ya que cuenta con una interfaz de introducción de esqueleto superior al otro programa.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, 2019, Manual de detallamiento para elementos de hormigón armado, recuperado de: https://issuu.com/ich_mkt/docs/manual_hormigon_armado_v21062019
- González Cuevas, Robles Fernández. (2005). Aspectos fundamentales del concreto reforzado. Cuarta Edición. México. Editorial Limusa.
- Hernández Ponce, Diego. (2017). Diseño de un edificio de departamentos en zona de transición II de la Ciudad de México. Recuperado de http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/PT_1JPPKEBES6RKR6PED_K52U96H4K4END7FAAJENAUSDB4KSD5J-01682?func=full-set-set&set_number=007989&set_entry=0000_01&format=999
- Earthquake Engineering Research Institute, SENCICO. Construction and Maintenance of Masonry Houses. Perú. Recuperado de: https://www.humanitarianlibrary.org/resource_/construction-and-maintenance-masonry-houses-0
- García Reyes, Luis Enrique. (1998). Dinámica estructural aplicada al diseño sísmico. Segunda Edición. Colombia. Universidad de los Andes.
- PAOT. (2018). Reglamento de construcción de Distrito Federal. Ciudad de México. Recuperado de: http://www.paot.org.mx/centro/reglamentos/df/pdf/2019/RGTO_CONSTRUCCIONES_24_08_2018.pdf

• Ana Cabero del Río, Mayra Alejandra Zúñiga, Jean-Luc Le Penneec, Diego Narváez, María José Hernández Salazar, Jean Matthieu Nocquet, Franklin Vinicio Gómez Soto. (2017). Memorias VII Jornadas en Ciencias de la Tierra. Quito, Ecuador. Editorial EPN.

• Hernández Ponce Diego. (2017). Diseño de un edificio de departamentos en zona II de transición en la Ciudad de México. Figura 1. Recuperado de http://oreon.dgbiblio.unam.mx/F/PT1JPPKEBES6RKR6PEDK52U96H4K4END7FAAJENAU5DB4KSD5J-01682?func=full-set-set&set_number=007989&set_entry=0000_01&format=999

• Earthquake Engineering Research Institute, SENCICO. Construction and Maintenance of Masonary Houses. Perú. Figuras 2, 3, 4, 5. Recuperadas de https://www.humanitarianlibrary.org/resource_/construction-and-maintenance-masonry-houses-0

• Reglamenteo de Construcciones del Distrito Federal publicado el 10 de noviembre de 2017.

8. APÉNDICE A

Se presentan a continuación los planos arquitectónicos y estructurales de la estructura, estos se anexaron debido a que, con este dimensionamiento, resultado del diseño que se realizó por el tesista Diego Hernández Ponce, fueron los criterios iniciales con los que se modelo en los distintos programas y con los cuales se obtuvieron los resultados que se registraron en esta tesina.

Se presentan los títulos de los planos en el orden que refiere:

Plano 1: Planta Baja.

Plano 2: Planta Tipo.

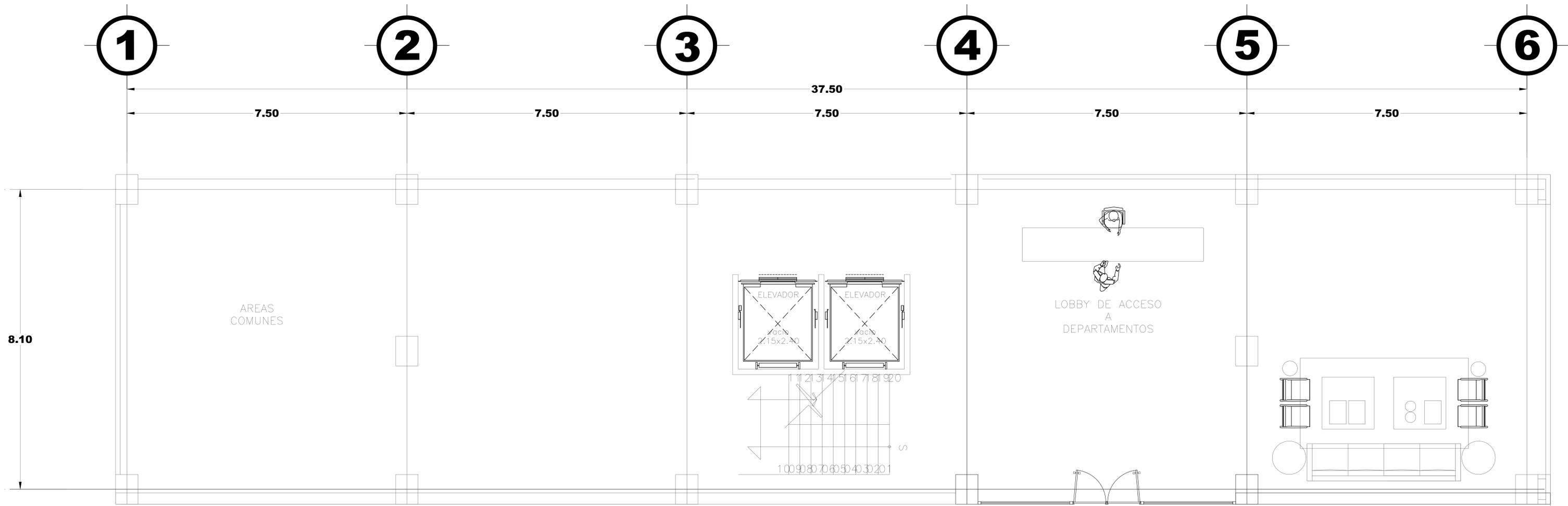
Plano 3: Planta de Azotea.

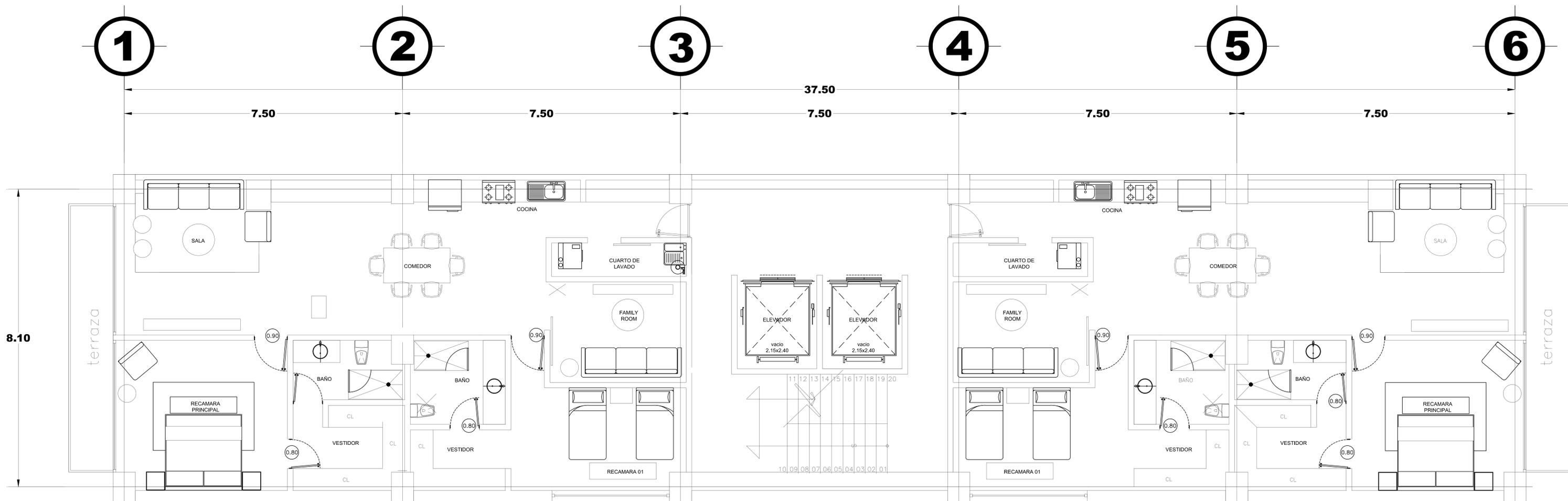
Plano 4: Corte Longitudinal A-A.

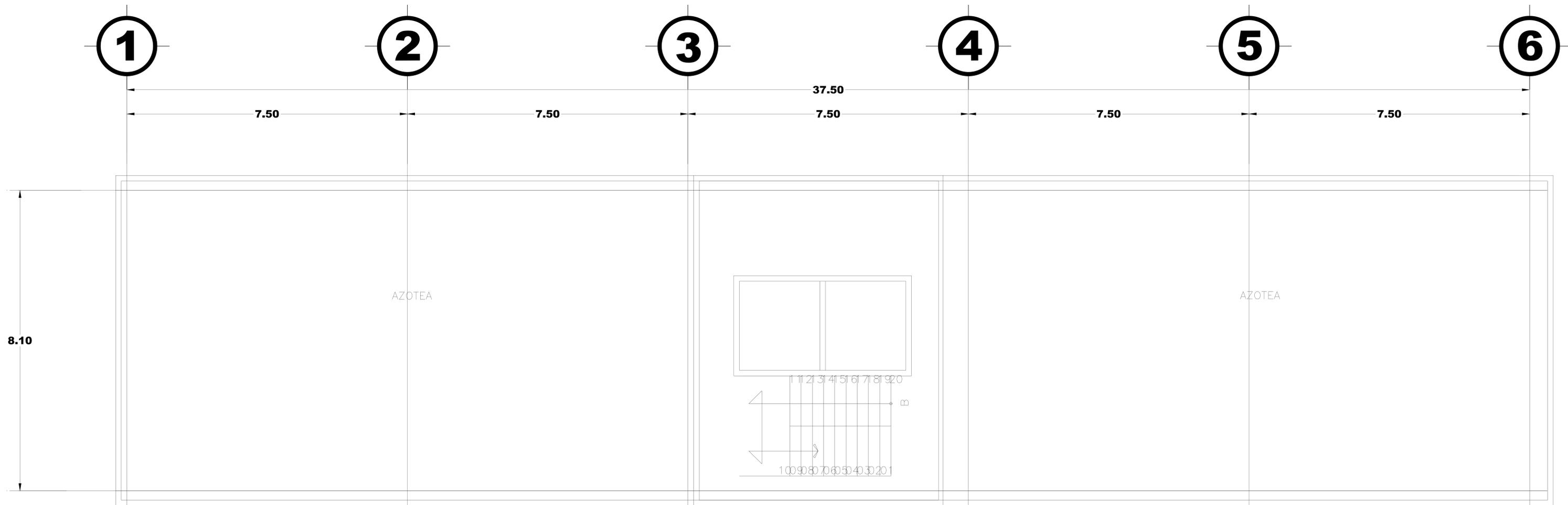
Plano 5: Corte Transversal 3-3.

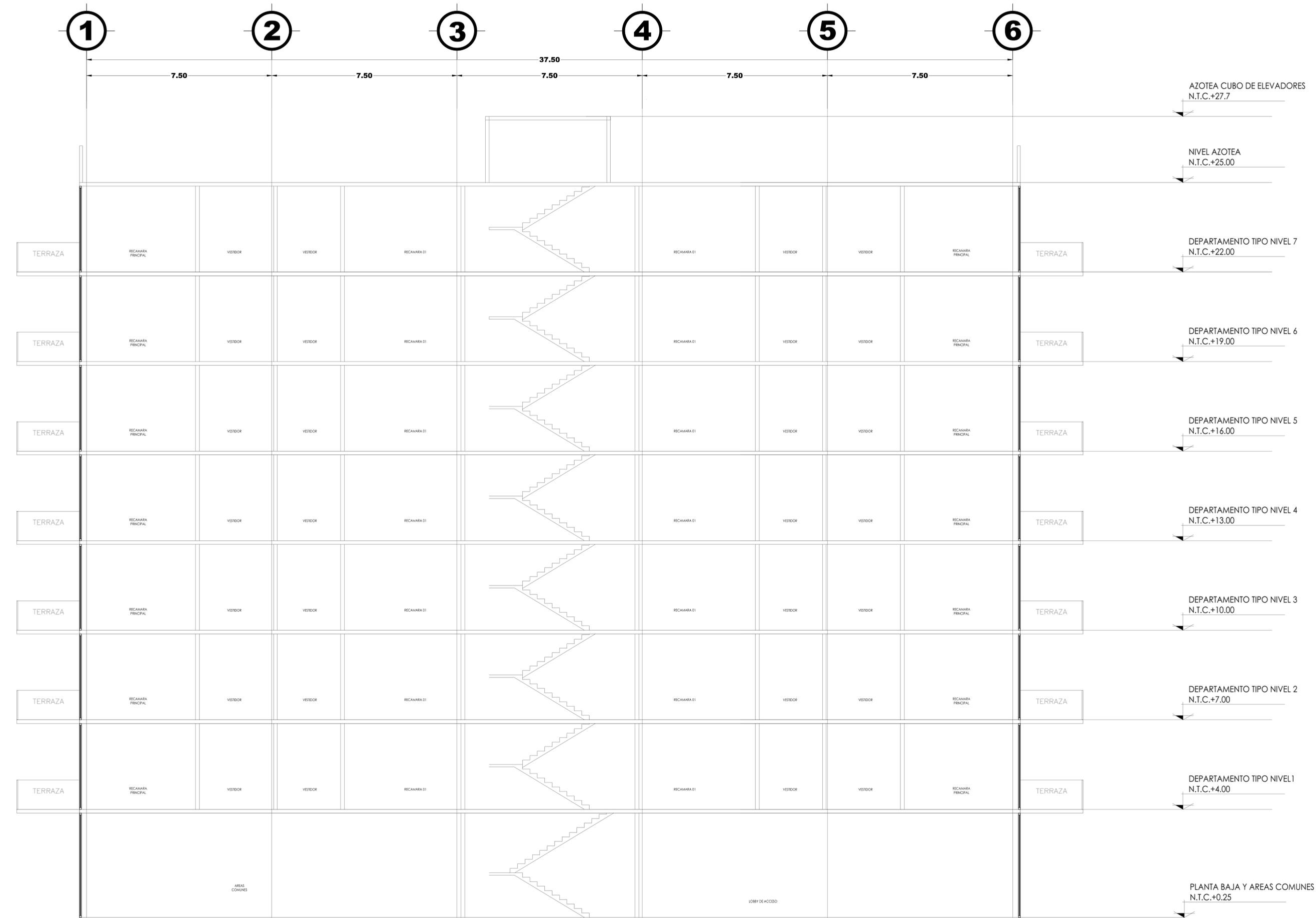
Plano 6: Plano Estructural E-01.

Plano 7: Plano Estructural E-02.









B

A

8.10

AZOTEA CUBO DE ELEVADORES
N.T.C.+27.7

NIVEL AZOTEA
N.T.C.+25.00

DEPARTAMENTO TIPO NIVEL 7
N.T.C.+22.00

VESTIBULO

DEPARTAMENTO TIPO NIVEL 6
N.T.C.+19.00

VESTIBULO

DEPARTAMENTO TIPO NIVEL 5
N.T.C.+16.00

VESTIBULO

DEPARTAMENTO TIPO NIVEL 4
N.T.C.+13.00

VESTIBULO

DEPARTAMENTO TIPO NIVEL 3
N.T.C.+10.00

VESTIBULO

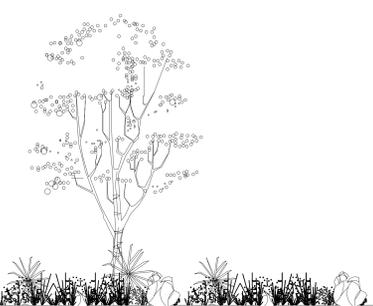
DEPARTAMENTO TIPO NIVEL 2
N.T.C.+7.00

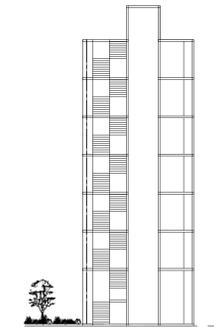
VESTIBULO

DEPARTAMENTO TIPO NIVEL 1
N.T.C.+4.00

VESTIBULO

PLANTA BAJA Y AREAS COMUNES
N.T.C.+0.25





2017

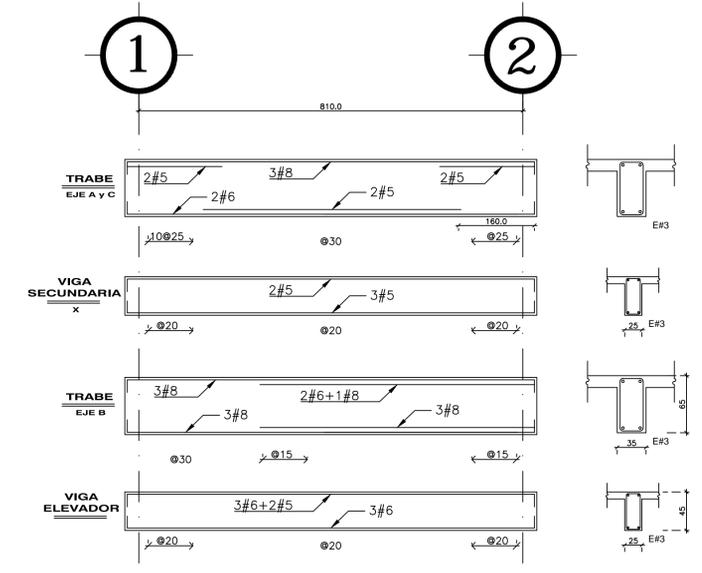
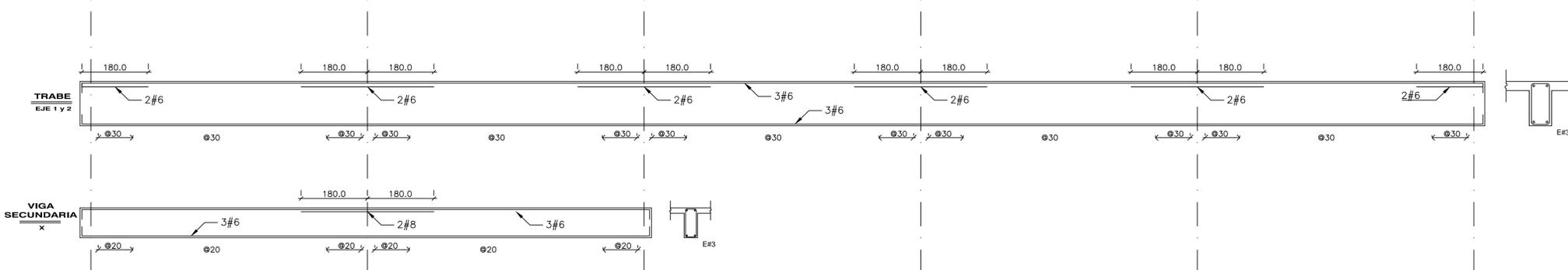
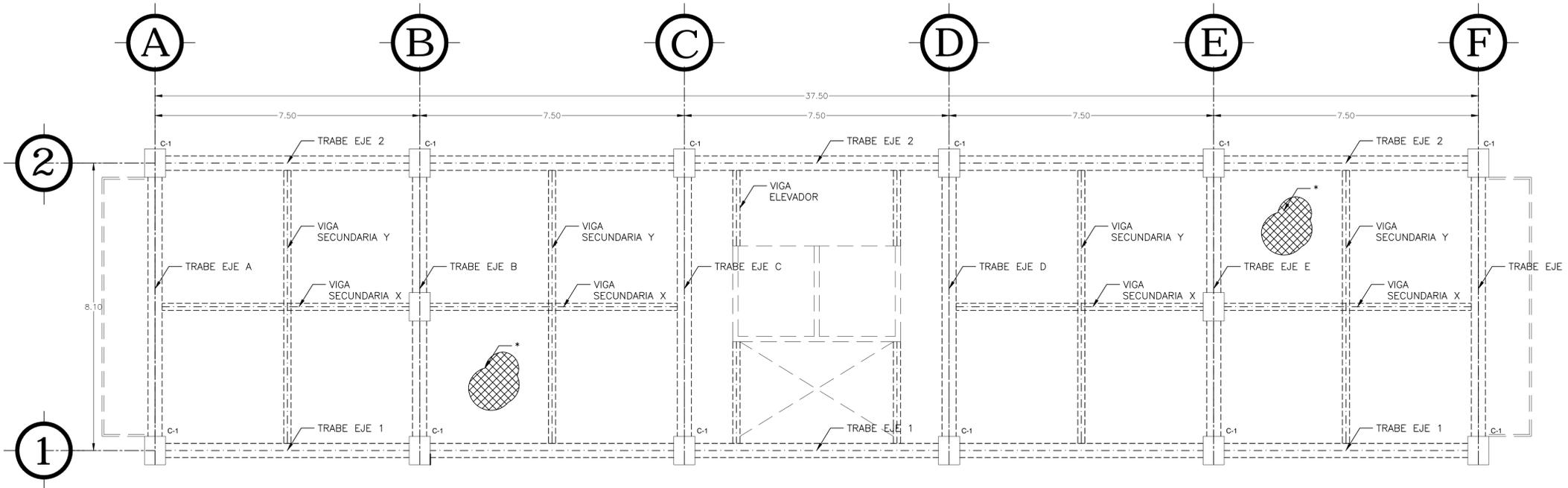
DIEGO HERNÁNDEZ PONCE

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

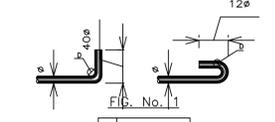
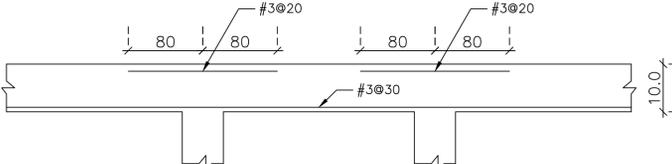
ESTRUCTURAL E-01
PLANTA TIPO

NOTAS GENERALES DE CONCRETO

- 1.-COTACIONES EN CENTIMETROS EXCEPTO INDICADAS, NIVELES EN METROS. LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.
- 2.-TODAS LAS ACOTACIONES, PAROS FLUJOS Y NIVELES DEBERAN VERIFICARSE CON LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y EN LA OBRA, NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA. LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.
- 3.-ESPECIFICACIONES DE MATERIALES CONCRETO:
 - a).- PARA CIMENTACION LOSAS, COLUMNAS, TRABE Y MUROS, CONCRETO CON UN PESO VOLUMÉTRICO MÍNIMO EN ESTADO FRESCO 2.2 Ton/m³, CON UNA RESISTENCIA $f'_{cm} = 300 \text{ Kg/cm}^2$, CLASE 1 EXCEPTO 5 SE INDICA LO CONTRARIO.
 - b).- ACERO DE REFUERZO CON LIMITE DE FLUENCIA $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, A-615 EXCEPTO PARA ALAMBRE #2, $F_y = 2320 \text{ Kg/cm}^2$ (QUE SE UTILIZA SOLAMENTE PARA FORMAR ESTRIBOS DE CASTILLOS Y DALAS)
 - c).- EL TAMAÑO MÁXIMO DE LOS AGREGADOS DEBERA SER DE 1.9 cm.
- 4.-ACERO DE REFUERZO:
 - 4.1.-EXCEPTO DONDE SE INDICA OTRA COSA, TODO EL REFUERZO CORRIDO Y LOS BASTONES EXTREMOS SE ANCLARAN EN SUS EXTREMOS CON LONGITUD DE 12ϕ A 18ϕ Y 20ϕ A 90° VER FIG. No. 1
 - NO SE PERMITIRA ENDEZAR LAS VARILLAS QUE PREVIAMENTE HAYAN SIDO DOBLADAS PARA VOLVERLAS A USAR.
 - 4.2.-TODA LONGITUD RECTA DE ANCLAJE DEBE SER 40ϕ
 - 4.3.-LOS ESTRIBOS DEBERAN RODEAR A LAS VARILLAS LONGITUDINALES Y QUEDAR FIRMEMENTE UNIDOS; EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA COSA TODOS LOS ESTRIBOS SERAN COMO LA FIGURA No. 2.
 - 4.4.-ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS:
 - a).- LAS SEPARACIONES DE ESTRIBOS EN TRABES, CONTRASABES Y TRABE DE LIGA SE EMPEZARAN A CONTAR A PARTIR DEL PARO DE APOYO DEBENDOSE COLOCANDOSE EL PRIMERO A 5 cm COMO MÁXIMO.
 - 4.5.-LOS TRASLAPES DEBERAN ALTERNARSE PARA TENER MENOS DEL 50% DE VARILLAS TRASLAPADAS EN UNA MISMA SECCION.
 - 4.6.-LOS TRASLAPES SERAN: PARA VARS. #6 O MENORES $= 45 \phi$ COMO SE INDICA EN LA FIG. No. 3 PARA VARS. #8 O MAYORES LAS UNIONES SERAN CON DISPOSITIVOS MECANICOS O CON SOLDADURA O ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES AWS.
 - a).-TODA UNION CON DISPOSITIVO MECANICO DEBE SER CAPAZ DE TRANSFERIR, POR LO MENOS 1.25 VECES LA FUERZA DE FLUENCIA DE TENSION DE LAS BARRAS, SIN NECESIDAD DE EXCEDER LA RESISTENCIA MAXIMA DE ESTAS.
 - b).-EN LO POSIBLE DEBEN EVITARSE LAS UNIONES EN SECCIONES DE MÁXIMO ESFUERZO DE TENSION.
 - c).-LAS SECCIONES DE UNION DISTARAN ENTRE SI NO MENOS DE DOS PERALTES.
 - d).-LA EFICACIA DE LAS UNIONES MECANICAS DEBERA COMPROBARSE POR MEDIO DE UN LABORATORIO DE CALIDAD DE MATERIALES.
 - 4.7.-PARA EL CORTE Y ARMADO DEL ACERO DE REFUERZO DEBE PLANEARSE SU SECUENCIA DE UTILIZACION CON EL OBJETO DE QUE ADENAS DE PROCURAR QUE LOS TRASLAPES O EMPALMES NO QUEDEN EN LA MISMA SECCION TRANSVERSAL, SE LOGRE UN APROVECHAMIENTO MAS RACIONAL DEL MISMO.
 - 4.8.-PARA LOS REFUERZOS EN DALAS DE CERRAMIENTOS Y ELEMENTOS SEMEJANTES DEBERAN DEJARSE PREPARACIONES EN LA CIBRA QUE PERMITA LA SALIDA O DISPARO DE LAS VARILLAS.
- 4.9.-RESTRICCIONES PARA EL REFUERZO LONGITUDINAL:
 - a).-DENTRO DE LOS NUDOS, VER FIGURA No. 4
 - b).-A PARTIR DEL PARO DEL NUDO, VER FIGURA No. 5, A UNA DISTANCIA MENOR DE 2d.
 - 4.10.-RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS LIBRES MAYOR QUE EL DIAMETRO DE LA BARRA
 - a).-EN CASTILLOS Y DALAS 2 cm.
 - b).-EN LOSAS, MUROS, TRABES Y COLUMNAS $= 3 \text{ cm}$.
 - c).-EN CONTACTO CON EL TERRENO Y AGUA $= 7.5 \text{ cm}$.
 - d).-CON PLANTILLA $= 5 \text{ cm}$.
 - e).-EN PAQUETES DE BARRAS: 1.5 VECES EL DIAMETRO DE LA BARRA GRUESA DEL PAQUETE.

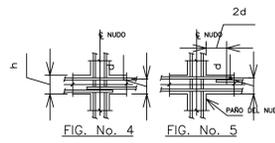
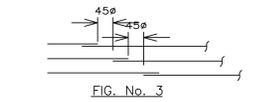


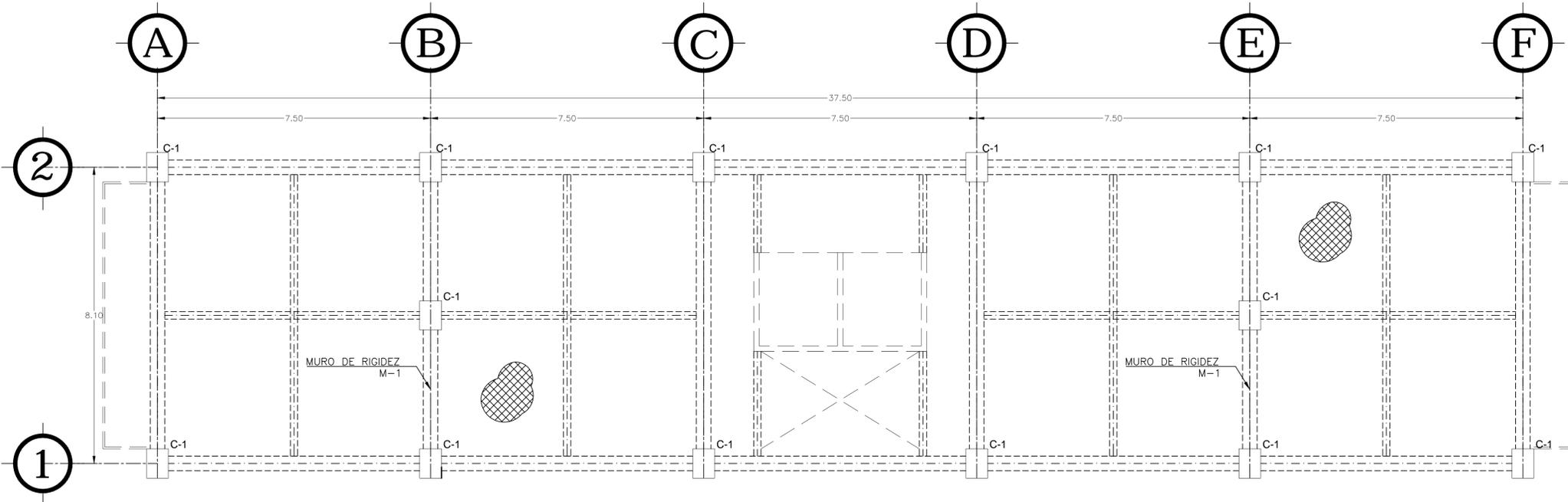
* LOSA MACIZA DE PERALTE TOTAL $H=10 \text{ cm}$, REFORZADA CON UNA PARRILLA DE VARILLA DEL #30, EN EL LECHEO INTERIOR



D	# VARILLAS
46	#3 AL #4
66	#5 AL #8
86	#10 AL #10

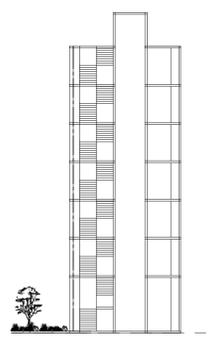
(DE ACUERDO CON AC-318-99)





NOTAS GENERALES DE CONCRETO

- 1.-ACOTACIONES EN CENTIMETROS EXCEPTO INDICADAS, NIVELES EN METROS. LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.
- 2.-TODAS LAS ACOTACIONES, PASOS FLUOS Y NIVELES DEBERAN VERIFICARSE CON LOS PLANOS ARQUITECTONICOS Y EN LA OBRA. NO TOMAR MEDIDAS A ESCALA. LAS COTAS RIGEN AL DIBUJO.
- 3.-ESPECIFICACIONES DE MATERIALES CONCRETO:
 - a).- PARA CIMENTACION LOSAS, COLUMNAS, TRABE Y MUROS, CONCRETO CON UN PESO VOLUMETRICO MINIMO EN ESTADO FRESCO 2.2 Ton/m³. CON UNA RESISTENCIA F'c= 300 Kg/cm². CLASE 1 EXCEPTO 3 SE INDICA LO CONTRARIO.
 - b).-ACERO DE REFUERZO CON LIMITE DE FLUENCIA Fy=4200 Kg/cm²; A=615 EXCEPTO PARA ALAMBRO #2. Fy=2320 Kg/cm². (QUE SE UTILIZA SOLAMENTE PARA FORMAR ESTRIBOS DE CASTILLOS Y DALAS)
 - c).-EL TAMAÑO MAXIMO DE LOS AGREGADOS DEBERA SER DE 1.9 cm.
- 4.-ACERO DE REFUERZO.
 - 4.1.-EXCEPTO DONDE SE INDICA OTRA COSA, TODO EL REFUERZO CORRIDO Y LOS BASTONES EXTREMOS SE ANCLARAN EN SUS EXTREMOS CON LONGITUD DE 12 φ A 180° Y 20 φ A 90° VER FIG. No. 1
 - NO SE PERMITIRA ENDEZAR LAS VARILLAS QUE PREVIAMENTE HAYAN SIDO DOBLADAS PARA VOLVERLAS A USAR.
 - 4.2.-TODA LONGITUD RECTA DE ANCLAJE DEBE SER 40φ
 - 4.3.-LOS ESTRIBOS DEBERAN RODEAR A LAS VARILLAS LONGITUDINALES Y QUEDAR FIRMEMENTE UNIDOS; EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA COSA TODOS LOS ESTRIBOS SERAN COMO LA FIGURA No. 2.
 - 4.4.-ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS:
 - a).- LAS SEPARACIONES DE ESTRIBOS EN TRABES, CONTRABES Y TRABE DE LIGA SE EMPEZARAN A CONTAR A PARTIR DEL PARO DE APOYO COLOCANDOSE EL PRIMERO A 5 cm COMO MAXIMO.
 - 4.5.-LOS TRASLAPES DEBERAN ALTERNARSE PARA TENER MENOS DEL 50% DE VARILLAS TRASLAPADAS EN UNA MISMA SECCION.
 - 4.6.-LOS TRASLAPES SERAN: PARA VARS.#6 O MENORES=45φ COMO SE INDICA EN LA FIG. No. 3 PARA VARS. #8 O MAYORES LAS UNIONES SERAN CON DISPOSITIVOS MECANICOS CON SOLDADURA O ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES AWS.
 - a).-TODA UNION CON DISPOSITIVO MECANICO DEBE SER CAPAZ DE TRANSFERIR, POR LO MENOS 1.25 VECES LA FUERZA DE FLUENCIA DE TENSION DE LAS BARRAS SIN NECESIDAD DE EXCEDER LA RESISTENCIA MAXIMA DE ESTAS.
 - b).-EN LO POSIBLE DEBEN EVITARSE LAS UNIONES EN SECCIONES DE MAXIMO ESFUERZO DE TENSION.
 - c).-LAS SECCIONES DE UNION DISTRAN ENTRE SI NO MENOS DE DOS PERALTES.
 - d).-LA EFICACIA DE LAS UNIONES MECANICAS DEBERA COMPROBARSE POR MEDIO DE UN LABORATORIO DE CALIDAD DE MATERIALES.
 - 4.7.-PARA EL CORTE Y ARMADO DEL ACERO DE REFUERZO DEBE PLANEARSE SU SECUENCIA DE UTILIZACION CON EL OBJETO DE QUE ADEMAS DE PROCURAR QUE LOS TRASLAPES O EMPALMES NO QUEDEN EN LA MISMA SECCION TRANSVERSAL, SE LOGRE UN APROVECHAMIENTO MAS RACIONAL DEL MISMO.
 - 4.8.-PARA LOS REFUERZOS EN DALAS DE CERRAMIENTOS Y ELEMENTOS SEMEJANTES DEBERAN DEJARSE PREPARACIONES EN LA CUBIERTA QUE PERMITA LA SALIDA O DISPARO DE LAS VARILLAS.
 - 4.9.-RESTRICCIONES PARA EL REFUERZO LONGITUDINAL:
 - a).-DENTRO DE LOS NUDOS, VER FIGURA No. 4
 - b).-A PARTIR DEL PARO DEL NUDO, VER FIGURA No. 5, A UNA DISTANCIA MENOR DE 2d.
 - 4.10.-RECUBRIMIENTOS MINIMOS LIBRES MAYOR QUE EL DIAMETRO DE LA BARRA
 - a).EN CASTILLOS Y DALAS 2 cm.
 - b).- EN LOSAS,MUROS,TRABES Y COLUMNAS=3cm.
 - c).-EN CONTACTO CON EL TERRENO Y AGUA=7.5cm.
 - d).-CON PLANTILLA= 5 cm.
 - e).-EN PAQUETES DE BARRAS:1.5 VECES EL DIAMETRO DE LA BARRA GRUESA DEL PAQUETE.

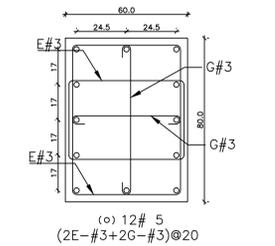
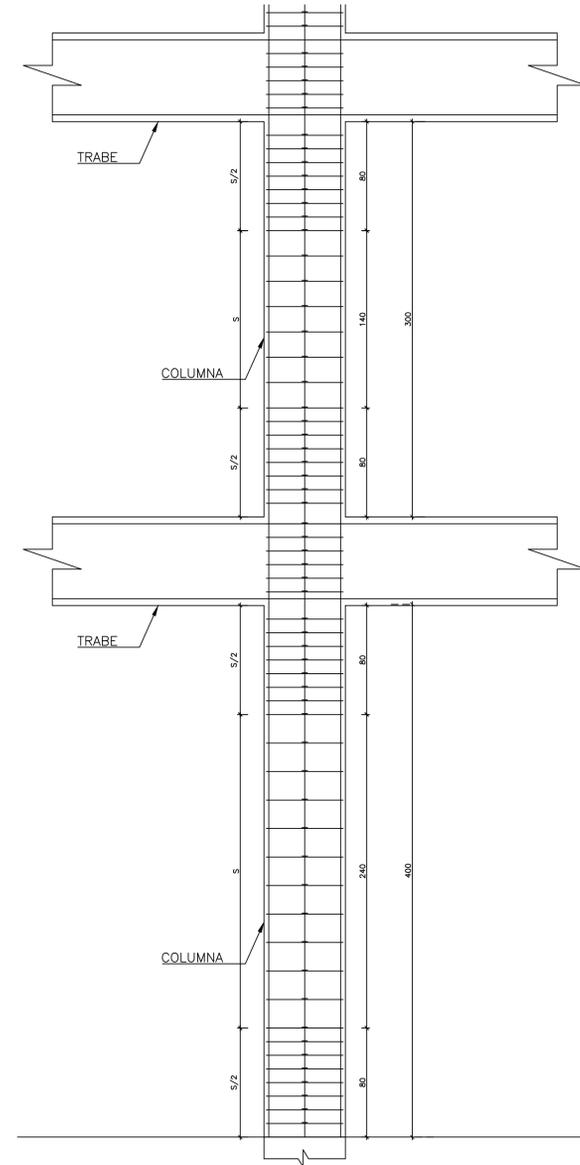


2017

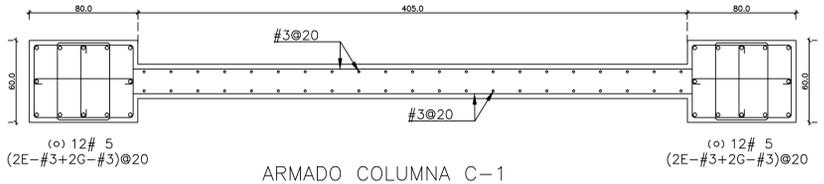
DIEGO HERNÁNDEZ PONCE

EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

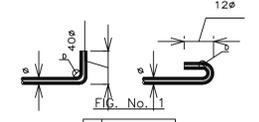
ESTRUCTURAL E-02
PLANTA TIPO



ARMADO COLUMNA C-1

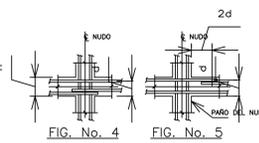
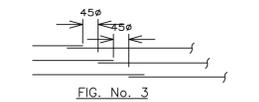
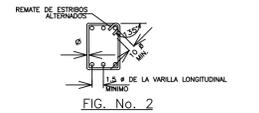


ARMADO COLUMNA C-1



D	VARILLAS
46	# 3 AL # 4
66	# 5 AL # 8
86	# 10 AL # 12

(DE ACUERDO CON AC-318-99)



DETALLE DE ESTRIBOS EN COLUMNA