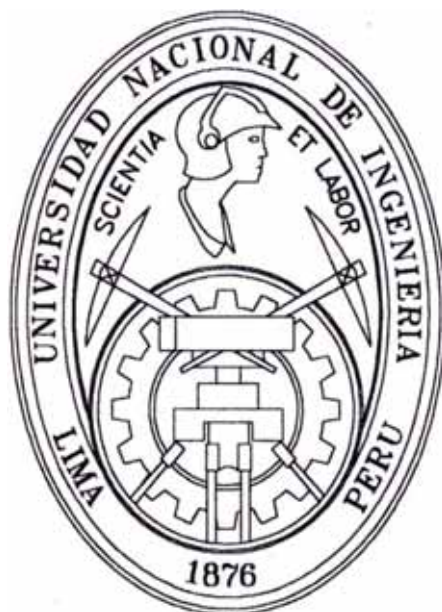


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**ANÁLISIS SISMICO DE UNA ESTRUCTURA EDUCATIVA
MODIFICADA PARA ELIMINAR SU IRREGULARIDAD**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO CIVIL

LUIS GABRIEL QUIROZ TORRES

**LIMA – PERU
2004**

INDICE

INDICE	III
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABLAS	IX
ANEXOS	XIII
CAPITULO I – INTRODUCCIÓN	
I.1 Introducción	
I.2 Objetivos	
I.3 Documentación	2
I.4 Metodología	2
I.5 Descripción de la estructura	3
I.6 Modelos usados en el análisis	4
I.7 Normas Aplicadas	6
CAPITULO II – PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE CARGAS	7
II.1 Medrado de cargas en cada entrepiso	7
II.1.1 Cargas debido a peso propio – modelo 1	7
II.1.2 Cargas debido a peso propio – modelo 2	14
II.1.3 Cargas debido a peso propio – modelo 3	14
II.2 Parámetros de análisis	15
II.2.1 Calculo de parámetros Z, U, S, Tp, R, C – modelo 1	15
II.2.2 Calculo de parámetros Z, U, S, Tp, R, C – modelo 2	17
II.2.3 Calculo de parámetros Z, U, S, Tp, R, C – modelo 3	18
II.2.4 Resumen de parámetros	18
II.3 Calculo de fuerza cortante en la base	18
II.4 Calculo del espectro de seudo aceleraciones para el análisis dinámico de la Estructura	20
II.4.1 Espectro de seudo aceleración – modelo 1	21
II.4.2 Espectro de seudo aceleración – modelos 2 y 3	23

CAPITULO III – ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL	24
III.1 Análisis dinámico	24
III.2 Cálculo de las características físicas del sistema	24
III.2.1 Características físicas del modelo 1	25
III.2.2 Características físicas del modelo 2	28
III.2.3 Características físicas del modelo 3	30
III.3 Análisis dinámico de los modelos	33
III.3.1 Cortante en la base – modelo 1	33
III.3.2 Cortante en la base – modelo 2	35
III.3.3 Cortante en la base – modelo 3	37
III.4 Cálculo de desplazamientos y distorsiones de entrepiso	39
III.4.1 Desplazamientos y distorsiones – modelo 1	40
III.4.2 Desplazamientos y distorsiones – modelo 2	45
III.5 Esfuerzos en la albañilería	53
III.5.1 Esfuerzos en la albañilería – modelo 1	53
III.5.2 Esfuerzos en la albañilería – modelo 2	54
III.6 Esfuerzos en losas	56
III.6.1 Esfuerzos en losas debido al sismo en x	56
III.6.2 Esfuerzos en losas debido al sismo en y	58
CAPITULO IV – ALTERNATIVAS DE SEPARACIÓN EN BLOQUES	60
IV.1 Introducción	60
IV.2 Separación de la estructura en dos bloques	61
IV.3 Bloque octogonal	61
IV.4 Bloque rectangular	62
CAPITULO V – ANÁLISIS SISMICO PARA EL BLOQUE OCTOGONAL	66
V.1 Introducción	66
V.2 Cálculo del peso de la estructura	66
V.3 Modelo	69
V.4 Cálculo de las características físicas del sistema	70
V.5 Análisis dinámico	72
V.5.1 Espectro utilizado	72

V.5.1.1 Parámetros Z, U, S, Tp, R, C	72
V.5.2 Cálculo de fuerza cortante en la base	74
V.5.3 Cálculo del espectro de pseudo aceleraciones	75
V.6 Calculo de fuerza, desplazamientos y distorsiones de entrepiso	78
V.6.1 Fuerzas en la base	78
V.6.2 Desplazamientos del centro de masa	79
V.6.3 Distorsiones	81
V.7 Esfuerzos en la albañilería	83
CAPITULO VI – ANÁLISIS SISMICO PARA EL BLOQUE RECTANGULAR	85
VI.1 Introducción	85
VI.2 Cálculo del peso de la estructura	85
VI.3 Modelo	88
VI.4 Calculo de las características físicas del sistema	88
VI.5 Análisis dinámico	91
VI.5.1 Espectro utilizado	91
VI.5.1.1 Cálculo de parámetros Z, U, S, Tp, R, C	91
VI.5.2 Cálculo de fuerza cortante en la base	93
VI.5.3 Cálculo del espectro de pseudo aceleraciones	94
VI.6 Cálculo de fuerza, desplazamientos y distorsiones de entrepiso	97
VI.6.1 Fuerzas en la base	97
VI.6.2 Desplazamientos	99
VI.6.3 Distorsiones	101
VI.7 Esfuerzos en la albañilería	102
VII CONCLUSIONES	105
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	107
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I – INTRODUCCIÓN

Fig. 1.1 – Planta de la estructura a analizar

Fig. 1.2 – Modelo 1

Fig. 1.3 – Modelo 2

Fig. 1.4 – Modelo 3

CAPITULO II – PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE CARGAS

Fig. 2.1 – Gráfica del espectro de pseudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo 1

Fig. 2.2 – Gráfica del espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo 1

Fig. 2.3 – Gráfica del espectro de pseudo aceleraciones – direcciones X e Y – usado en el modelo 2

CAPITULO III – ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL

Fig. 3.1 – Formas de modo – modelo 1

Fig. 3.2 – Formas de modo – modelo 2

Fig. 3.3 – Formas de modo – modelo 3

Fig. 3.4 – Disposición de puntos considerados en el análisis de desplazamientos – modelos 1 y 2

Fig. 3.5 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Fig. 3.6 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Fig. 3.7 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Fig. 3.8 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Fig. 3.9 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Fig. 3.10 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Fig. 3.11 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Fig. 3.12 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Fig. 3.13 – Desplazamientos en modelos 1 y 2 debido al sismo en X

- Fig. 3.14 – Distorsiones en modelos 1 y 2 debido al sismo en X
- Fig. 3.15 – Desplazamientos en modelos 1 y 2 debido al sismo en Y
- Fig. 3.16 – Distorsiones en modelos 1 y 2 debido al sismo en Y
- Fig. 3.17 – Gráfica de esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 1 – sismo X.
- Fig. 3.18 – Gráfica de esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 1 – sismo Y.
- Fig. 3.19 – Gráfica de esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 2 – sismo X.
- Fig. 3.20 – Gráfica de esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 2 – sismo Y.
- Fig. 3.21 – Esfuerzos cortantes en losa de primer nivel (kg/cm^2) debido a sismo en dirección X
- Fig. 3.22 – Esfuerzo de corte en losa de primer nivel – sismo en X
- Fig. 3.23 – Esfuerzos cortantes en losa de segundo nivel (kg/cm^2) debido a sismo en dirección X
- Fig. 3.24 – Esfuerzo de corte en losa de segundo nivel – sismo en X
- Fig. 3.25 – Esfuerzos cortantes en losa de primer nivel y segundo nivel (kg/cm^2) debido a sismo en dirección Y

CAPITULO IV – ALTERNATIVAS DE SEPARACIÓN EN BLOQUES

- Fig 4.1 – Planta del módulo octogonal a analizar
- Fig 4.2 – Planta del módulo rectangular a analizar
- Fig 4.3 – Cuadro de vigas adicionadas al bloque rectangular (Ver Fig. 4.2 para ubicación de elementos nuevos)
- Fig 4.4 – Cuadro de columnas adicionadas al bloque rectangular (Ver Fig. 4.2 para ubicación de elementos nuevos)
- Fig 4.5 – Cuadro de placas adicionadas al bloque rectangular (Ver Fig. 4.2 para ubicación de elementos nuevos)

CAPITULO V – ANÁLISIS SISMICO PARA EL BLOQUE OCTOGONAL

- Fig. 5.1 – Modelo – bloque octogonal
- Fig. 5.2 – Modelo octogonal – modo 1 (longitudinal) $T = 0.163$ s
- Fig. 5.3 – Modelo octogonal – modo 2 (transversal) $T = 0.109$ s
- Fig. 5.4 – Modelo octogonal – modo 3 (torsional) $T = 0.071$ s
- Fig. 5.5 – Gráfica del espectro de pseudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo octogonal

Fig. 5.6 – Gráfica del espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo octogonal

Fig. 5.7 – Desplazamientos del modelo octogonal debido al sismo en X

Fig. 5.8 – Desplazamientos del modelo octogonal debido al sismo en Y

Fig. 5.9 – Gráfico de distorsiones en el modelo octogonal debido al sismo en X

Fig. 5.10 – Gráfico de distorsiones en el modelo octogonal debido al sismo en Y

Fig 5.11 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo octogonal – sismo X.

Fig 5.12 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo octógono – sismo Y.

CAPITULO VI – ANÁLISIS SISMICO PARA EL BLOQUE RECTANGULAR

Fig. 6.1 – Modelo – bloque rectangular

Fig. 6.2 – Modelo rectangular – modo 1 (longitudinal) $T = 0.142$ s

Fig. 6.3 – Modelo rectangular – modo 2 (transversal) $T = 0.130$ s

Fig. 6.4 – Modelo rectangular – modo 3 (torsional) $T = 0.104$ s

Fig. 6.5 – Gráfica del espectro de pseudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo rectangular

Fig. 6.6 – Gráfica del espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo rectangular

Fig. 6.7 – Disposición de puntos considerados en el análisis de desplazamientos

Fig. 6.8 – Desplazamientos del modelo rectangular debido al sismo en X

Fig. 6.9 – Desplazamientos del modelo rectangular debido al sismo en Y

Fig. 6.10 – Gráfico de distorsiones en el modelo rectangular debido al sismo en X

Fig. 6.11 – Gráfico de distorsiones en el modelo rectangular debido al sismo en Y

Fig. 6.12 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo rectangular – sismo X.

Fig. 6.13 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo rectangular – sismo Y.

LISTA DE TABLAS

CAPITULO II – PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE CARGAS

Tabla. 2.1 – Resumen de parámetros utilizados en el análisis dinámico

Tabla. 2.2 – Cortante en la base dado por la norma para los tres modelos en las direcciones X e Y

Tabla. 2.3 – Espectro de pseudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo 1

Tabla. 2.4 – Espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo 1

Tabla. 2.5 – Espectro de pseudo aceleraciones – direcciones X e Y – usado en el modelo 2

CAPITULO III – ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL

Tabla 3.1 – Periodos y frecuencias – modelo 1

Tabla 3.2 – Porcentajes de participación de masas – modelo 1

Tabla 3.3 – Periodos y frecuencias – modelo 2

Tabla 3.4 – Porcentajes de participación de masas – modelo 2

Tabla 3.5 – Periodos y frecuencias – modelo 3

Tabla 3.6 – Porcentajes de participación de masas – Modelo 3

Tabla 3.7 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

Tabla 3.8 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

Tabla 3.9 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

Tabla 3.10 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

Tabla 3.11 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

Tabla 3.12 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

Tabla 3.13 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

Tabla 3.14 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

Tabla 3.15 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

Tabla 3.16 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

Tabla 3.17 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

Tabla 3.18 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

Tabla 3.19 – Desplazamientos del C.M. debido al sismo en dirección X

Tabla 3.20 – Desplazamientos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Tabla 3.21 – Desplazamientos y distorsiones en el C.M. corregidos debido al sismo en dirección X

Tabla 3.22 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Tabla 3.23 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Tabla 3.24 – Rotaciones en el modelo debido al sismo en dirección X

Tabla 3.25 – Desplazamientos en el modelo debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.26 – Desplazamientos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.27 – Desplazamientos y distorsiones en el C.M. corregidos debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.28 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.29 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.30 – Rotaciones en el modelo debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.31 – Desplazamientos en el modelo debido al sismo en dirección X

Tabla 3.32 – Desplazamientos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Tabla 3.33 – Desplazamientos y distorsiones en el C.M. corregidos debido al sismo en dirección X

Tabla 3.34 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Tabla 3.35 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Tabla 3.36 – Rotaciones en el modelo debido al sismo en dirección X

Tabla 3.37 – Desplazamientos en el modelo debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.38 – Desplazamientos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.39 – Desplazamientos y distorsiones en el C.M. corregidos debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.40 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.41 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.42 – Rotaciones en el modelo debido al sismo en dirección Y

Tabla 3.43 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 1 – sismo X.

Tabla 3.44 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 1 – sismo Y.

Tabla 3.45 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 2 – sismo X.

Tabla 3.46 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 2 – sismo Y.

CAPITULO V – ANÁLISIS SISMICO PARA EL BLOQUE OCTOGONAL

Tabla. 5.1 – Características físicas del modelo octogonal

Tabla. 5.2 – Factores de participación del modelo octogonal

Tabla. 5.3 – Resumen de parámetros utilizados en el análisis del modelo octogonal

Tabla. 5.4 – Cortante en la base del modelo octogonal expresado como porcentaje del peso

Tabla. 5.5 – Espectro de pseudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo octogonal

Tabla. 5.6 – Espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo octogonal

Tabla 5.7 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

Tabla 5.8 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

Tabla 5.9 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

Tabla 5.10 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

Tabla. 5.11 – Desplazamientos en el modelo octogonal debido al sismo en X e Y

Tabla. 5.12 – Desplazamientos reales en el modelo octogonal debido al sismo en X e Y

Tabla. 5.13 – Distorsiones en el modelo octogonal debido al sismo en X

Tabla. 5.14 – Distorsiones en el modelo octogonal debido al sismo en Y

CAPITULO VI – ANÁLISIS SISMICO PARA EL BLOQUE RECTANGULAR

Tabla. 6.1 – Características físicas del modelo rectangular

Tabla. 6.2 – Factores de participación del modelo rectangular

Tabla. 6.3 – Resumen de parámetros utilizados en el análisis del modelo rectangular

Tabla. 6.4 – Cortante en la base del modelo rectangular como porcentaje del peso

Tabla. 6.5 – Espectro de pseudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo rectangular

Tabla. 6.6 – Espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo rectangular

Tabla 6.7 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

Tabla 6.8 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

Tabla 6.9 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

Tabla 6.10 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

Tabla. 6.11 – Desplazamientos en el modelo rectangular debido al sismo en X

Tabla. 6.12 – Desplazamientos en el modelo rectangular debido al sismo en Y

Tabla. 6.13 – Desplazamientos reales en el modelo rectangular debido al sismo en X

Tabla. 6.14 – Desplazamientos reales en el modelo rectangular debido al sismo en Y

Tabla. 6.15 – Distorsiones en el modelo rectangular debido al sismo en X

Tabla. 6.16 – Distorsiones en el modelo rectangular debido al sismo en Y

ANEXOS

Anexo 1	Texto parcial de archivo de datos – modelo 1
Anexo 2	Texto parcial de archivo de datos – modelo 2
Anexo 3	Texto parcial de archivo de datos – modelo 3
Anexo 4	Texto parcial de archivo de datos – modelo octogonal
Anexo 5	Texto parcial de archivo de datos – modelo rectangular
Anexo 6	Planos de la estructura original
Anexo 7	Planos de la estructura modificada

INTRODUCCIÓN

I.1 INTRODUCCION

En las normas vigentes los locales educativos son considerados como edificaciones esenciales y se espera que su función no sea interrumpida como consecuencia de un sismo. Para ello se requiere que este tipo de edificaciones cumpla ciertos requerimientos, a fin de lograr un buen comportamiento durante la acción de dichos sismos. Para evaluar la respuesta de las edificaciones debido a las acciones sísmicas es conveniente el análisis dinámico.

En el presente trabajo se han elaborado 3 modelos de un colegio : el primero es un modelo clásico en el cual se considera que la acción sísmica en la dirección longitudinal es resistida por pórticos de concreto armado mientras que en la dirección transversal es resistida por muros del albañilería confinada; se ha considerado que en las losas de cada piso se tienen diafragmas rígidos. En el segundo modelo se ha adosado la tabiquería a los pórticos en la dirección longitudinal considerando también diafragma rígido; en el tercer modelo se ha tomado la mismas consideraciones en el caso de distribución de elementos pero no se ha hecho uso de diafragmas rígidos sino de un diafragma flexible en cada losa.

Para la elaboración de los modelos se ha hecho uso de la geometría y estructuración que figura en los planos del proyecto construido.

I.2 OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es evaluar una estructura educativa en su estado original ante excitaciones sísmicas por medio del movimiento en la base según la Norma Técnica de Diseño Sismo Resistente (N.T.E. E0.30 2003) con el propósito de identificar sus posibles deficiencias y proponer soluciones.

I.3 DOCUMENTACION

Para la elaboración del presente trabajo se contó con los planos del proyecto de INFES llamado MODULO TORRE / 3 PISOS

A continuación se presenta la planta, tal como se detalla en los planos del proyecto.

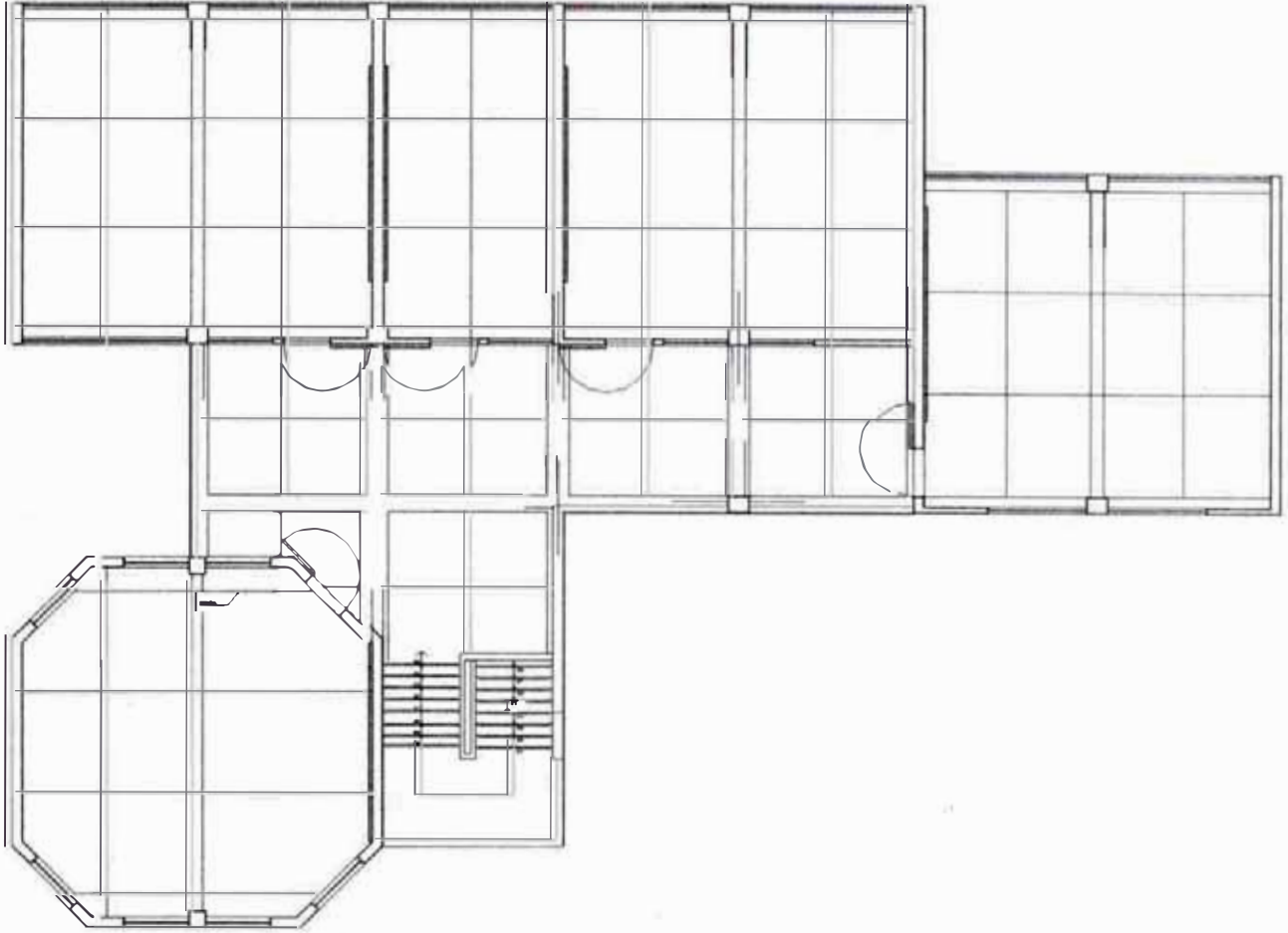


Fig. 1.1 – Planta de la estructura a analizar

I.4 METODOLOGIA

Las etapas seguidas en el presente trabajo fueron:

a) Elaboración del Modelo de la Estructura Original

Se elaboró el modelo de la estructura usando el programa SAP2000 versión 6.11.

b) Análisis de la Estructura Original

Se determinaron los esfuerzos y deformaciones con la configuración de la estructura original.

c) Evaluación de resultados del análisis de la estructura original

Se compararon los resultados obtenidos con la norma vigente.

d) Elaboración del modelo de la estructura modificada (separación de bloques)

Se modificó el modelo de la estructura original separándola en dos bloques, con el propósito de eliminar la irregularidad torsional.

e) Análisis de la Estructura Modificada

Se determinaron los esfuerzos y deformaciones en la estructura modificada.

f) Evaluación de resultados del análisis de la estructura modificada

Se compararon los resultados obtenidos con la norma vigente.

I.5 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA

La estructura a analizar es una edificación que consta de tres niveles, comprendiendo tres aulas regulares y una cuarta en forma octogonal, que se encuentran conectadas por medio de pasadizos. El acceso a los diferentes niveles se realiza por una escalera adyacente al aula octogonal. Los sistemas que se pueden observar en la estructura son: pórticos de concreto armado y muros portantes de albañilería de ladrillo de arcilla en una dirección (transversal) y pórticos de concreto armado en la otra dirección (longitudinal).

La forma del edificio es de aproximadamente una L. El techo es plano formado por losas aligeradas de concreto armado.

La luz del pórtico que recibe la carga de los pisos es de 7.15m. La distancia entre los pórticos y los muros portantes en promedio es de 4.00m. La luz del aula octogonal es de 8.15m.

Del plano proporcionado se puede observar que las columnas que se encuentra en ejes con los muros de albañilería tiene una dimensión de 0.25 x 0.40m. Las columnas que pertenecen a los

pórticos son de 0.40 x 0.50m. Finalmente las columnas que se observan en la torre son de 0.40 x 0.40m. Las vigas portantes son de 0.25 x 0.50m y 0.30 x 0.50m y las vigas secundarias, es decir las menos cargadas, son de 0.25 x 0.50m.

I.6 MODELOS USADOS EN EL ANÁLISIS

Se elaboraron modelos tridimensionales para llevar a cabo el análisis de la estructura. Para representar los elementos de concreto armado se utilizaron elementos lineales. En el cálculo de rigideces se ignoró el refuerzo y la fisuración del concreto. Los muros de albañilería fueron modelados con elementos de cáscara, con rigideces de membrana y de flexión, aún cuando estas últimas son poco significativas. En el primer modelo no se incluyeron las rigideces de los muros en dirección longitudinal, al haberse considerado que estos están separados de los pórticos de concreto, pero si se incluyó su masa.

Para representar en los modelos la gran rigidez de las losas frente a acciones en su plano, se consideraron diafragmas infinitamente rígidos en cada nivel, excepto en el tercer modelo, en el que se emplearon elementos finitos bidimensionales. Esto se hizo con el propósito de estudiar los efectos de la irregularidad y particularmente los esfuerzos cortantes en la zona ubicada entre el bloque rectangular y la torre octogonal.

Modelo 1

A continuación se presenta el primer modelo empleado para el análisis. El modelo esta conformado por 407 elementos de barra y 585 elementos tipo cáscara.

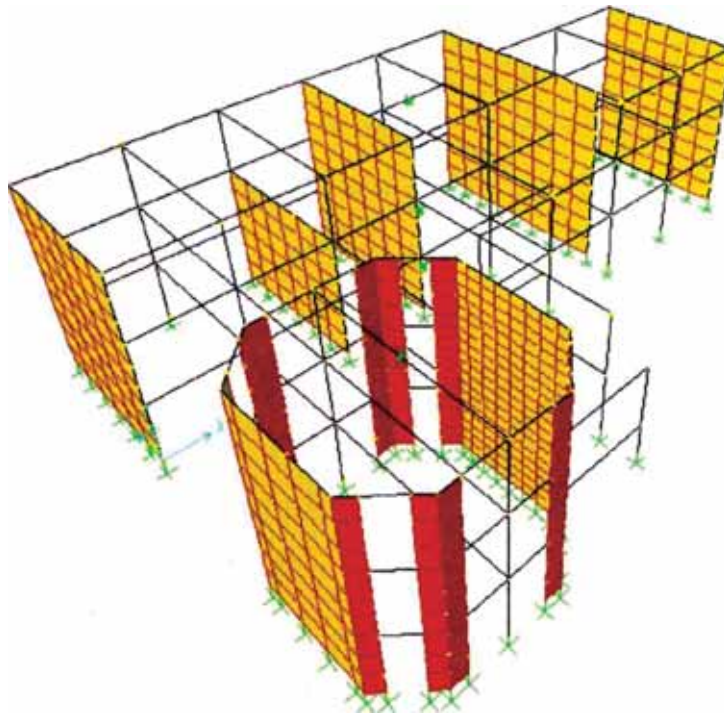


Fig. 1.2 – Modelo 1

Modelo 2

A continuación se presenta el segundo modelo empleado para el análisis, que incluye 981 elementos de barra y 2868 elementos tipo cáscara.

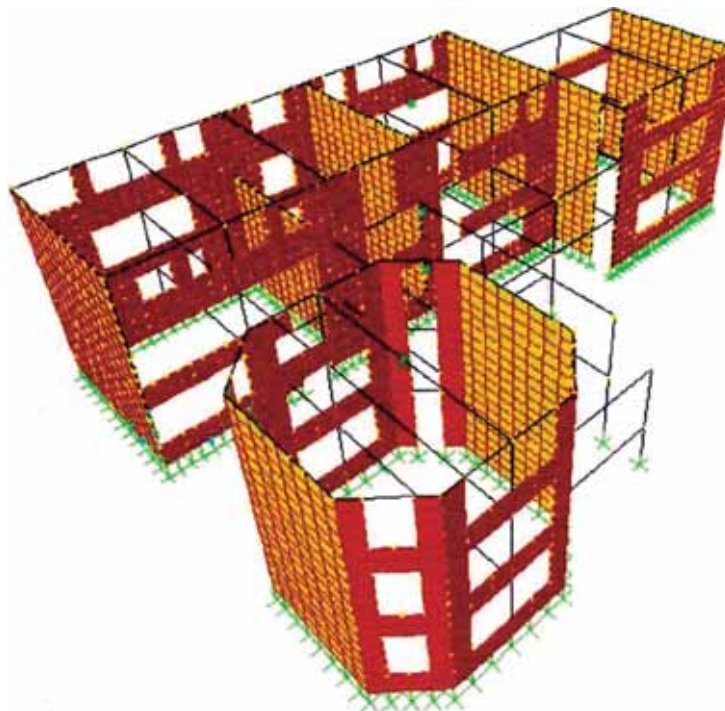


Fig. 1.3 – Modelo 2

Modelo 3

A continuación se presenta el tercer modelo empleado para el análisis, que incluye 1322 elementos de barra y 6015 elementos tipo cáscara.

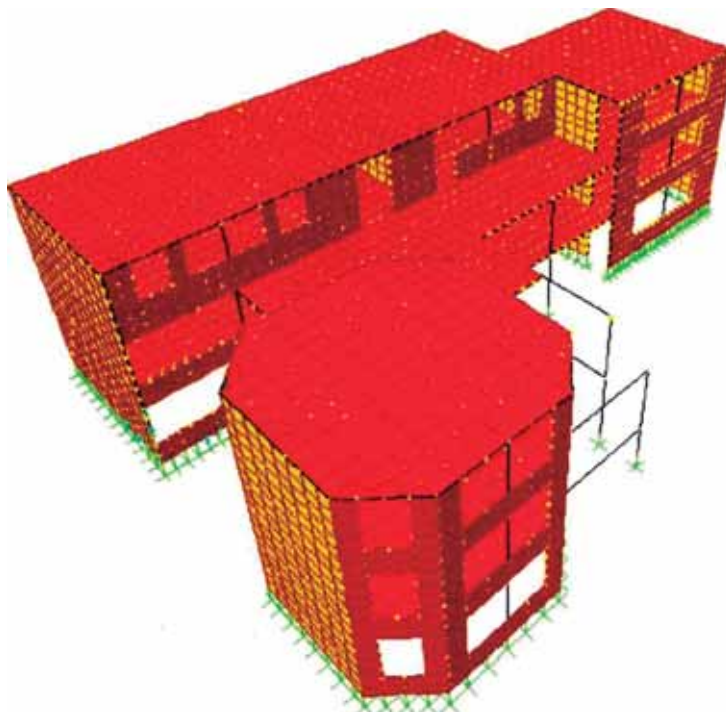


Fig. 1.4 – Modelo 3

I.7 NORMAS APLICADAS

En la elaboración del presente trabajo se han aplicado las siguientes normas:

Reglamento Nacional de Construcciones.	N.T.E. E-020	“Cargas”	Lima, 1985
	N.T.E. E-030	“Diseño Sismo Resistente”	Lima, 2003
	N.T.E. E-060	“Concreto Armado”	Lima, 1989
	N.T.E. E-070	“Albañilería”	Lima, 1989

CAPITULO II

PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS Y ESTIMACIÓN DE CARGAS

II.1 METRADO DE CARGAS EN CADA ENTREPISO

Para realizar el metrado de las masas concentradas en cada entrepiso se ha utilizado la siguiente metodología:

Se calculó las alturas de entrepiso, que son las distancias verticales entre ejes de vigas o en el caso del primer nivel la distancia desde el eje de la vigas hasta la parte superior de los elementos de cimentación.

Debido a que se ha elaborado 3 modelos para el análisis de la estructura original se presentarán 3 cálculos de masas:

II.1.1 CARGAS DEBIDO A PESO PROPIO – MODELO 1

En el caso del peso debido a vigas, columnas y muros de concreto albañilería, el programa considera su peso debido a que han sido definidos los materiales que los conforman, por lo tanto solo faltaría calcular los pesos debido a otros factores como: tabiquería, peso propio de losas, acabados y una fracción de la carga viva.

Peso debido a tabiquería

Para considerar el aporte de la tabiquería en los pesos en cada nivel se ha tenido en cuenta que la tabiquería solo contribuye al peso de la losa en la cual está apoyada. Para la tabiquería se puede considerar un valor de $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$

EJE A

Primer Nivel			
B (m)	h (m)	e (m)	Vol (m ³)
1.5	2.4	0.15	0.54
2.4	0.9	0.15	0.32
2.4	0.9	0.15	0.32
1.5	2.4	0.15	0.54
1.15	2.4	0.15	0.41
1.7	0.9	0.15	0.23
1.15	2.4	0.15	0.41
3.85	0.9	0.15	0.52
3.85	0.9	0.15	0.52
			3.83

Segundo Nivel			
b (m)	h (m)	e (m)	Vol (m ³)
0.9	2.4	0.15	0.32
1.2	1.3	0.15	0.23
0.6	2.4	0.15	0.22
1.2	1.3	0.15	0.23
1.2	1.3	0.15	0.23
0.6	2.4	0.15	0.22
1.2	1.3	0.15	0.23
0.9	2.4	0.15	0.32
1.15	2.4	0.15	0.41
1.7	1.3	0.15	0.33
1.15	2.4	0.15	0.41
0.85	2.4	0.15	0.31
1.2	1.3	0.15	0.23
0.6	2.4	0.15	0.22
1.2	1.3	0.15	0.23
1.2	1.3	0.15	0.23
0.6	2.4	0.15	0.22
1.2	1.3	0.15	0.23
0.85	2.4	0.15	0.31
			5.16

EJE B

Primer Nivel			
B (m)	h (m)	e (m)	Vol (m ³)
3.85	0.9	0.15	0.52
3.85	0.9	0.15	0.52
			1.04

Segundo Nivel			
B (m)	h (m)	e (m)	Vol (m)
3.85	0.9	0.15	0.52
3.85	0.9	0.15	0.52
			1.04

EJE C

Primer Nivel			
b (m)	h (m)	e (m)	Vol (m ³)
3.85	2.4	0.15	1.39
1.5	0.8	0.15	0.18
0.3	2.4	0.15	0.11
1.1	0.4	0.15	0.07
0.85	2.4	0.15	0.31
1.1	2.4	0.15	0.40
1.1	0.4	0.15	0.07
0.35	2.4	0.15	0.13
1.45	0.8	0.15	0.17
1	2.4	0.15	0.36
1.1	0.4	0.15	0.07
0.35	2.4	0.15	0.13
1.45	0.8	0.15	0.17
1.5	0.8	0.15	0.18
2.45	2.4	0.15	0.88
			4.60

Segundo Nivel			
B (m)	h (m)	e (m)	Vol (m ³)
0.9	2.4	0.15	0.32
1.2	1.2	0.15	0.22
0.6	2.4	0.15	0.22
1.2	1.2	0.15	0.22
1.2	1.2	0.15	0.22
0.6	2.4	0.15	0.22
1.2	1.2	0.15	0.22
0.8	2.4	0.15	0.29

1.1	2.4	0.15	0.40
1.6	0.4	0.15	0.10
1.2	2.4	0.15	0.43
1	2.4	0.15	0.36
1.1	0.4	0.15	0.07
0.65	2.4	0.15	0.23
1.15	1.2	0.15	0.21
1.2	1.2	0.15	0.22
0.6	2.4	0.15	0.22
1.2	1.2	0.15	0.22
0.9	2.4	0.15	0.32
			4.67

EJE D

Primer Nivel			
b (m)	h (m)	e (m)	Vol (m ³)
1.5	2.4	0.15	0.54
2.35	0.6	0.15	0.21
2.35	0.6	0.15	0.21
1.5	2.4	0.15	0.54
			1.50

Segundo Nivel			
B (m)	h (m)	e (m)	Vol (m ³)
1.5	2.4	0.15	0.54
2.35	0.6	0.15	0.21
2.35	0.6	0.15	0.21
1.5	2.4	0.15	0.54
			1.50

EJE E y F(OCTOGONO)

Primer Nivel			
b (m)	h (m)	e (m)	Vol (m ³)
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
			2.24

Segundo Nivel			
B (m)	h (m)	e (m)	Vol (m ³)
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
			2.24

Resumen de los pesos de tabiquería:

	Vol.(m3)		Pesos. (t)	
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2
Eje A	3.83	5.16	7.27	9.80
Eje B	1.04	1.04	1.98	1.98
Eje C	4.60	4.67	8.73	8.87
Eje D	1.50	1.50	2.86	2.86
Eje E y F	2.24	2.24	4.26	4.26
	13.20	14.61	25.09	27.76

Peso debido a losa aligerada

Las losas son aligeradas, de 20cm de espesor. Se deberá tomar en cuenta solo el área que es ocupada por la losa y no por las vigas.

Se ha considerado que para la losa de 20cm el peso por unidad de área es de 0.30 t/m².

Primer Nivel
Area (m ²)
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
13.3313
12.9094
25.7814
21.1113
29.226

Segundo Nivel
Area (m ²)
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
28.2425
13.3313
12.9094
25.7814
21.1113
29.226

29.226	29.226
329.2829 m ²	329.2829 m ²
98.78 t	98.78 t

Tercer Nivel - Area (m ²)	
Octógono	Rectángulo
29.226	28.2425
29.226	28.2425
58.452 m ²	28.2425
	28.2425
17.54 t	28.2425
	28.2425
	28.2425
	197.6975 m ²
	59.31 t

Peso debido a acabados

Para el cálculo del peso debido a acabados se ha considerando un valor igual a 0.10 t/m².

	Area (m ²)	Peso
Primer Nivel	371.91	37.19 t
Segundo Nivel	371.91	37.19 t

Peso debido a carga viva

Considerando los valores que se obtienen al revisar la norma:

- 1er y 2do Nivel : S/C = 0.30 t/m² (Se debe tomar el 50%)
 3er Nivel : S/C = 0.10 t/m² (Se debe tomar el 25%)

Con lo cual tendríamos:

	Area (m ²)	Peso
Primer Nivel	371.91	55.79 t
Segundo Nivel	371.91	55.79 t
Tercer Nivel		
Octógono	64.159	1.60 t
Rectángulo	221.97	5.55 t

Pesos concentrados y masas concentradas

En resumen se presentan los pesos concentrados a ser adicionados en cada nivel del modelo.

Considerando un valor de $g = 9.80 \text{ m/s}^2$

		Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel	
				Octógono	Rectángulo
tabiquería	t	25.09	27.76	0.00	0.00
losa	t	98.78	98.78	17.54	59.31
acabados	t	37.19	37.19	0.00	0.00
Sub-Total	t	161.06	163.73	17.54	59.31
Carga Viva	t	55.79	55.79	1.60	5.55
Total	Peso	216.85	219.52	19.14	64.86
	Masa	22.13	22.40	1.95	6.62

Cálculo de masas traslacionales y masas rotacionales

Haciendo uso del cuadro anterior calculamos los valores de masas traslacionales.

Nivel	Area	Jo	Jo/A	Masa	Jm
1	371.91	27823.97	74.81	22.13	1655.44
2	371.91	27823.97	74.81	22.40	1675.82
3	Rectangular	221.97	13474.69	6.62	401.76
	Octogonal	64.159	331.14	1.95	10.08

Donde:

Jm = masa rotacional, calculada suponiendo que la masa está uniformemente distribuida.

$$Jm = Jo * Masa / Area \text{ (t-s}^2/\text{m} \times \text{m}^2)$$

$$Area = \text{Área del nivel (m}^2)$$

$$Jo = \text{Momento polar de inercia del área (m}^4)$$

$$Masa = \text{Masa traslacional (t-s}^2/\text{m)}$$

Ubicación de las masas adicionales

Con referencia al sistema mostrado en la Fig. 1.2

	X	Y
Primer Nivel	12.20	-0.67
Segundo Nivel	12.20	-0.67
Tercer Nivel		
Octógono	4.20	-9.54
Rectángulo	14.70	2.70

II.1.2 CARGAS DEBIDO A PESO PROPIO – MODELO 2

En este caso, los muros de tabiquería ya han sido introducidos al modelo, por lo cual no es necesario su metrado. El resto de valores se mantiene, con lo cual tendríamos:

		Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel	
				Octógono	Rectángulo
Losa	T	98.78	98.78	17.54	59.31
Acabados	T	37.19	37.19	0.00	0.00
Sub-Total	T	135.98	135.98	17.54	59.31
Carga Viva	T	55.79	55.79	1.60	5.55
Total	Peso	191.76	191.76	19.14	64.86
	Masa	19.57	19.57	1.95	6.62

Cálculo de Masas traslacionales y masas rotacionales

Nivel	Area	Jo	Jo/A	Masa	Jm	
1	371.91	27823.97	74.81	19.57	1463.92	
2	371.91	27823.97	74.81	19.57	1463.92	
3	Rectangular	221.97	13474.69	60.71	6.62	401.76
	Octogonal	64.159	331.14	5.16	1.95	10.08

Ubicación de las masas adicionales

Con referencia al sistema mostrado en la figura 1.3.

	X	Y
Primer Nivel	12.20	-0.67
Segundo Nivel	12.20	-0.67
Tercer Nivel		
Octógono	4.20	-9.54
Rectángulo	14.70	2.70

II.1.3 CARGAS DEBIDO A PESO PROPIO – MODELO 3

En el caso del modelo 3 se ha modelado las losas con elementos cáscara y se le ha dado un tratamiento de diafragma flexible. Se han calculado valores equivalentes de peso específico y densidad (material ficticio) que representen los correspondiente a losas, acabados y fracción de carga viva.

Nivel 1 y 2 :

Losa	0.3	t/m ²		
Acabados	0.1	t/m ²		
S/C (50%)	0.15	t/m ²		
	0.55	t/m ²	(Peso Total)	
	0.056		(Masa Total)	

Realizando el análisis en 1 m² :

	Vol. (m ³)	γ (t/m ³)	Peso (t)
En losa de C.A. (5 cm)	0.05	2.4	0.12
En el caso del mat. Ficticio	0.05	11.00	0.55

Nivel 3 :

Losa	0.3	t/m ²		
Acabados	0.1	t/m ²		
S/C (25%)	0.025	t/m ²		
	0.425	t/m ²	(Peso Total)	
	0.043		(Masa Total)	

Realizando el análisis en 1 m² :

	Vol.	γ (t/m ³)	Peso (t)
En losa de C.A. (5 cm)	0.05	2.4	0.12
En el caso del material ficticio	0.05	8.50	0.425

II.2 PARAMETROS DE ANÁLISIS

Igual que en el caso de las cargas se especificará los valores usados para cada modelo.

II.2.1 CALCULO DE PARÁMETROS Z, U, S, T_p, R, C – MODELO 1

- FACTOR DE ZONA “Z”

$$Z = 0.40$$

Ya que la estructura se encuentra ubicada en la zona 3.

- FACTOR DE USO "U"

$$U = 1.50$$

Por tratarse de una edificación de categoría A – Edificación esencial.

- FACTOR DE SUELO

$$S = 1.0$$

$$T_p = 0.4$$

Se considera que la estructura se encuentra ubicada en un suelo bueno.

- FACTOR DE REDUCCIÓN "R"

$$R = 8 \text{ (En la dirección X)}$$

$$R = 3 \text{ (En la dirección Y)}$$

En la dirección X se observa que los pórticos son los que resisten la demanda sísmica, mientras que en dirección Y los elementos que aportan mayor rigidez son los muros de albañilería.

Debido a que la estructura presenta irregularidad en planta, estos valores de R deben ser afectados por $\frac{3}{4}$, lo cual nos daría los siguientes valores:

$$R = 6 \text{ (En la dirección X)}$$

$$R = 2.25 \text{ (En la dirección Y)}$$

- FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA "C"

En la dirección X:

Considerando que:

$$C_t = 35$$

$$H = 8.7\text{m}$$

Podemos dar un valor aproximado del periodo fundamental que sería igual a:

$$T = 0.25\text{s}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right) = 2.5 * \left(\frac{0.4}{0.25} \right) = 4$$

Pero como por requerimientos de la norma $C \leq 2.5$, entonces tenemos:

$$C_x = 2.5$$

En la dirección Y:

Considerando que:

$$C_t = 60$$

$$H = 8.7\text{m}$$

Podemos dar un valor aproximado del periodo principal que sería igual a:

$$T = 0.15\text{s}$$

De donde:

$$C_y = 2.5$$

II.2.2 CALCULO DE PARÁMETROS Z, U, S, T_p, R, C – MODELO 2

- FACTOR DE ZONA “Z”

$$Z = 0.40$$

Ya que la estructura se encuentra ubicada en la zona 3.

- FACTOR DE USO “U”

$$U = 1.50$$

Por tratarse de una edificación de categoría A – Edificación esencial.

- FACTOR DE SUELO

$$S = 1.0$$

$$T_p = 0.4$$

Se considera que la estructura se encuentra ubicada en un suelo bueno.

- FACTOR DE REDUCCIÓN “R”

$$R = 3 \text{ (En la dirección X e Y)}$$

En la dirección X se han adosado la tabiquería a los pórticos por lo cual se considera que estos muros toman la acción sísmica.

En la dirección Y se observa que los muros de albañilería son los encargados de resistir la demanda sísmica.

Debido a que la estructura presenta irregularidad en planta, estos valores de R deben ser afectados por $\frac{3}{4}$, lo cual nos daría los siguientes valores:

$$R = 2.25 \text{ (En la dirección X e Y)}$$

- FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA “C”

En la dirección X e Y:

Considerando que:

$$C_t = 60$$

$$H = 8.7\text{m}$$

Podemos dar un valor aproximado del periodo principal que sería igual a:

$$T = 0.15\text{s}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right) = 2.5 * \left(\frac{0.4}{0.15} \right) = 6.67$$

Pero como por requerimientos de la norma $C \leq 2.5$, entonces tenemos:

$$C_x = C_y = 2.5$$

II.2.3 CALCULO DE PARÁMETROS Z, U, S, T_p, R, C – MODELO 3

Los valores considerados en este modelo son los mismos que los considerados para el modelo 2.

II.2.4 RESUMEN DE PARÁMETROS

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
Z	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
U	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
S	1	1	1	1	1	1
R	6	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
C _t	35	60	60	60	60	60
T _p	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
C	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

Tabla. 2.1 – Resumen de parámetros utilizados en el análisis dinámico

II.3 CALCULO DE FUERZA CORTANTE EN LA BASE

La fuerza total en la base de la estructura se determina según la norma por medio del a siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

Reemplazando los parámetros antes mencionados:

ZUCS/R	0.2500	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667
	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
V (%P)	25.00	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67

Donde P representa el peso total de la estructura.

Se puede hacer un estimado de las pesos de columnas, vigas y muros y así adicionarlos a los pesos ya encontrados para calcular el peso total de la estructura y calcular el cortante estático en la base:

Areas (m²):

Primer Nivel	371.91
Segundo Nivel	371.91
Tercer Nivel	
Octógono	64.159
Rectángulo	221.97
	286.129

Factor de Columnas : 0.11 t/m²

Factor de Vigas : 0.13 t/m²

Factor de Muros : 0.15 t/m²

Pesos por Niveles :

		Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel
Columnas	t	40.91	40.91	31.47
Vigas	t	48.35	48.35	37.20
Muros	t	55.79	55.79	0.00
Tabiquería	t	25.09	27.76	0.00
Losa	t	98.78	98.78	76.84
Acabados	t	37.19	37.19	0.00
Sub-Total	t	306.11	308.78	145.52
carga viva	t	55.79	55.79	7.15

Total t 361.89 364.56 152.67

$$P = 879.13 \quad t$$

Lo cual nos representa aproximadamente una carga por área construida por nivel:

Primer Nivel	0.97 t/m ²
Segundo Nivel	0.98 t/m ²
Tercer Nivel	0.53 t/m ²

Con lo cual tendríamos los siguientes cortantes en la base para los modelos analizados:

	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3	
	Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y	Dir. X	Dir. Y
V (t)	219.78	586.09	586.09	586.09	586.09	586.09

Tabla. 2.2 – Cortante en la base dado por la norma para los tres modelos en las direcciones X e Y

II.4 CALCULO DEL ESPECTRO DE SEUDO ACELERACIONES PARA EL ANÁLISIS DINAMICO DE LA ESTRUCTURA

Para definir la acción sísmica se usará el espectro dado por la norma:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

Los valores de Z, U, S y R los tomamos de los cálculos anteriores, en cambio, el cálculo de del valor de C, se debe determinar como una función del período, con lo cual tendríamos:

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

El valor de T_p depende del tipo de suelo y por lo tanto, al haber considerado el mismo tipo de suelo en todos los modelos, sería un valor constante.

A continuación se presentan los valores de los espectros de seudo aceleración usados en cada modelo.

II.4.1 ESPECTRO DE SEUDO ACELERACIÓN - MODELO 1

Dirección X:

T (s)	C	Sa (cm/s ²)
0.0	2.50	2.45
0.1	2.50	2.45
0.2	2.50	2.45
0.3	2.50	2.45
0.4	2.50	2.45
0.5	2.00	1.96
0.6	1.67	1.63
0.7	1.43	1.40
0.8	1.25	1.23
0.9	1.11	1.09
1.0	1.00	0.98
1.1	0.91	0.89
1.2	0.83	0.82
1.3	0.77	0.75
1.4	0.71	0.70
1.5	0.67	0.65
1.6	0.63	0.61
1.7	0.59	0.58
1.8	0.56	0.54

Tabla. 2.3 – Espectro de seudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo 1

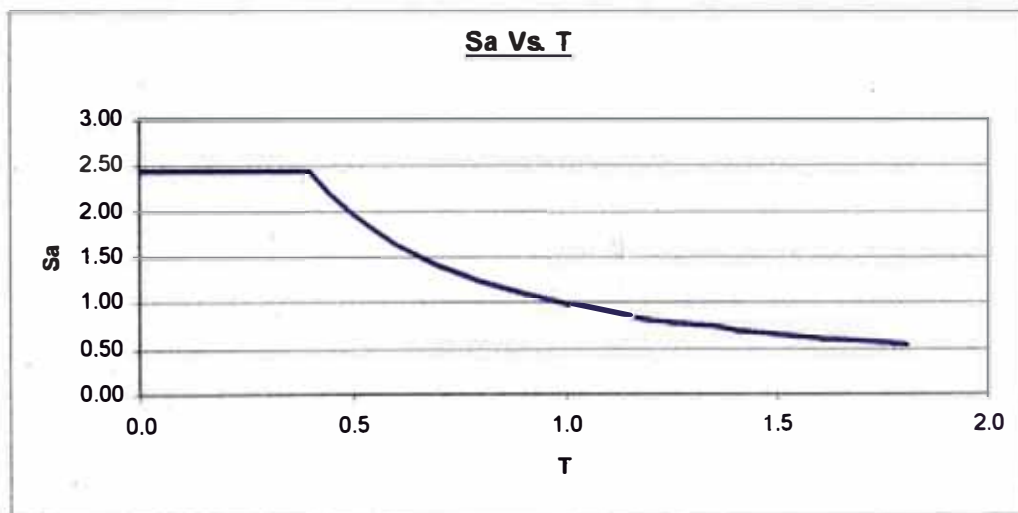


Fig. 2.1 – Gráfica del espectro de seudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo 1

Dirección Y:

T (s)	C	Sa (m/s ²)
0.0	2.50	6.53
0.1	2.50	6.53
0.2	2.50	6.53
0.3	2.50	6.53
0.4	2.50	6.53
0.5	2.00	5.23
0.6	1.67	4.36
0.7	1.43	3.73
0.8	1.25	3.27
0.9	1.11	2.90
1.0	1.00	2.61
1.1	0.91	2.38
1.2	0.83	2.18
1.3	0.77	2.01
1.4	0.71	1.87
1.5	0.67	1.74
1.6	0.63	1.63
1.7	0.59	1.54
1.8	0.56	1.45

Tabla. 2.4 – Espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo 1

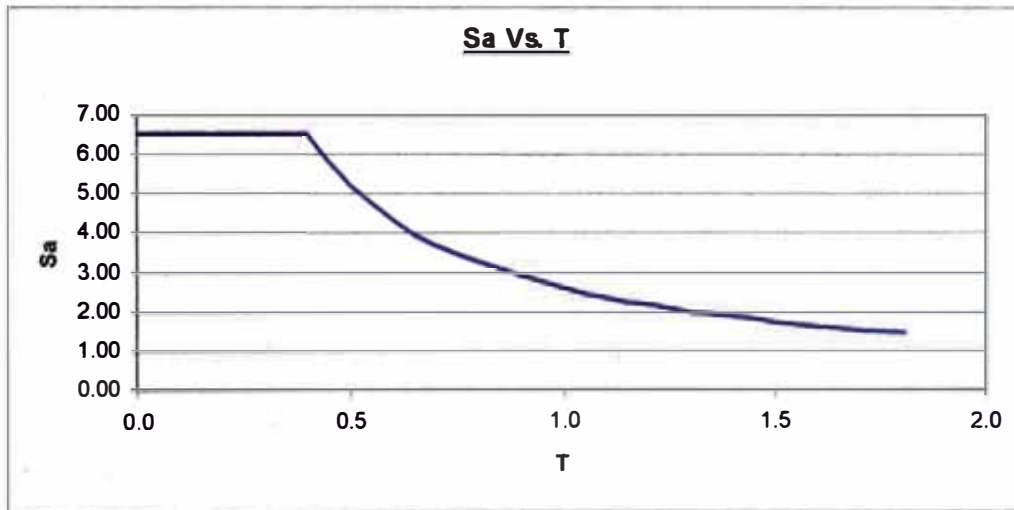


Fig. 2.2 – Gráfica del espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo 1

II.4.2 ESPECTRO DE SEUDO ACELERACIÓN - MODELOS 2 Y 3

Dirección X e Y:

T (s)	C	Sa (cm/s ²)
0.0	2.50	6.53
0.1	2.50	6.53
0.2	2.50	6.53
0.3	2.50	6.53
0.4	2.50	6.53
0.5	2.00	5.23
0.6	1.67	4.36
0.7	1.43	3.73
0.8	1.25	3.27
0.9	1.11	2.90
1.0	1.00	2.61
1.1	0.91	2.38
1.2	0.83	2.18
1.3	0.77	2.01
1.4	0.71	1.87
1.5	0.67	1.74
1.6	0.63	1.63
1.7	0.59	1.54
1.8	0.56	1.45

Tabla. 2.5 – Espectro de seudo aceleraciones – direcciones X e Y – usado en el modelo 2

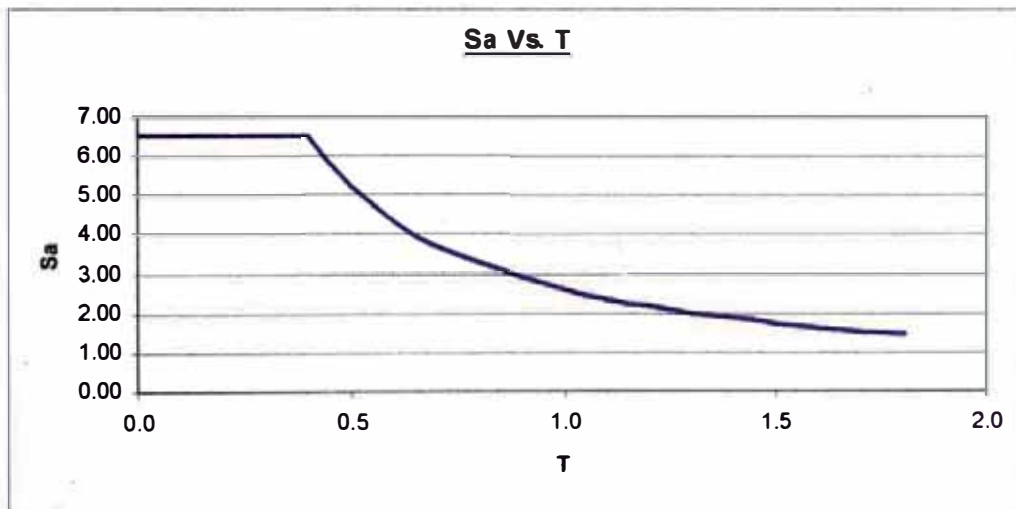


Fig. 2.3 – Gráfica del espectro de seudo aceleraciones – direcciones X e Y – usado en el modelo 2

ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ORIGINAL

III.1 ANALISIS DINAMICO

Se debe tomar en cuenta que a pesar de ser una estructura de tres niveles se justifica realizar un análisis más detallado de lo que se acostumbra comúnmente por su clasificación como esencial y por la evidente irregularidad en planta.

Para llevar a cabo este análisis dinámico se procederá a someter a la estructura a un espectro de pseudo aceleraciones en ambas direcciones, con lo cual se podrá calcular los desplazamientos que se producirán en la estructura.

Para llevar a cabo el análisis dinámico se ha hecho uso del programa SAP2000 ver 6.11.

III.2 CALCULO DE LAS CARASTERISTICAS FÍSICAS DEL SISTEMA

Se sabe que las formas de modo que adopta una estructura son una característica propia que presenta el sistema y por lo tanto no dependen de las cargas que se le apliquen a la estructura. A continuación se presentan los 12 primeros modos que presentan los Modelos 1 y 2 y los 20 primeros modos obtenidos con el modelo 3.

En cada caso (Modelo) se presentan los siguientes resultados:

Tabla - 1:

En la primera columna se observa el número del modo calculado (n), en la segunda columna se aprecian los valores de los periodos (T) para cada forma de modo, en la tercera columna se observan las frecuencias (1/T), en la cuarta columna se observan las frecuencias angulares y finalmente en la última columna se observan los valores de la frecuencia angular al cuadrado.

Tabla - 2:

En la primera columna se observa el número del modo calculado (n), en la segunda columna se aprecian los valores de los periodos (T) para cada forma de modo, en la tres siguientes columnas se observan los porcentajes de participación de masas en cada dirección. Estos valores nos proporcionan una medida de cuan importante es el modo en el cálculo de las fuerzas resultantes en la base. Finalmente, en las tres últimas columnas se observan los los porcentajes de participación de masas acumulados en cada dirección; estas resultados son indicativos de cuantos modos se requieren para alcanzar un cierto nivel de exactitud en la respuesta.

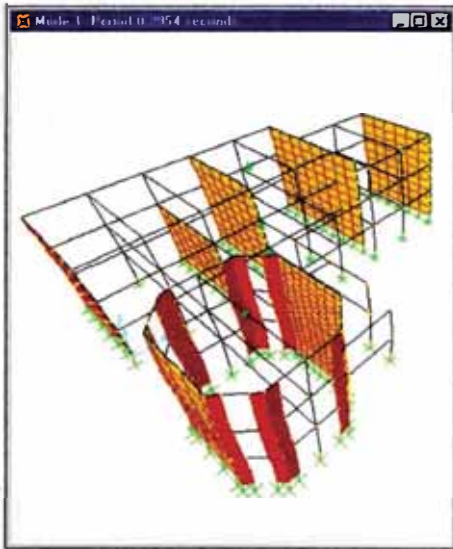
III.2.1 CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL MODELO 1

MODO	PERIODO (s)	FRECUENCIA (1/s)	FRECUENCIA CIRCULAR (Rad/s)	EIGENVALOR (Rad/s)**2
1	0.295	3.385	21.27	452.47
2	0.227	4.389	27.58	760.81
3	0.133	7.513	47.21	2228.80
4	0.126	7.912	49.71	2471.83
5	0.116	8.570	53.84	2899.75
6	0.069	14.345	90.13	8124.56
7	0.053	18.636	117.09	13712.20
8	0.051	19.492	122.47	14999.45
9	0.051	19.607	123.19	15176.80
10	0.050	19.886	124.94	15612.18
11	0.049	20.227	127.09	16151.91
12	0.048	20.481	128.68	16561.05

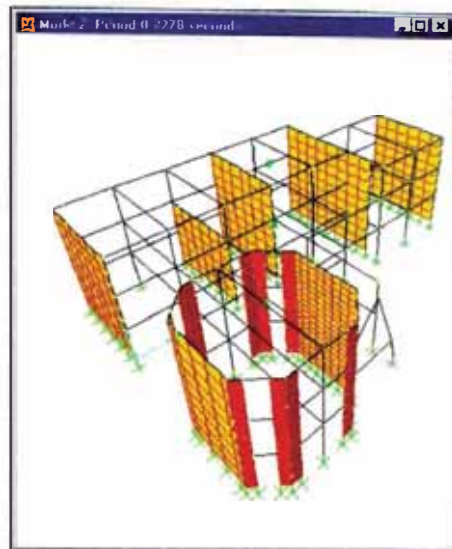
Tabla 3.1 – Periodos y frecuencias – modelo 1

MODO	PERIODO	MODO INDIVIDUAL (%)			SUMA ACUMULADA (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.295	77.54	0.00	0.00	77.54	0.00	0.00
2	0.227	0.00	0.19	0.00	77.54	0.19	0.00
3	0.133	8.42	4.20	0.00	85.97	4.39	0.00
4	0.126	0.84	70.19	0.00	86.81	74.58	0.00
5	0.116	0.29	10.33	0.00	87.11	84.92	0.00
6	0.069	9.39	0.00	0.00	96.51	84.92	0.00
7	0.053	0.00	0.02	0.17	96.51	84.95	0.17
8	0.051	0.00	0.05	0.00	96.51	85.00	0.17
9	0.051	0.01	0.02	0.00	96.53	85.03	0.17
10	0.050	0.08	0.00	0.00	96.62	85.03	0.17
11	0.049	0.01	5.70	0.00	96.63	90.74	0.17
12	0.048	0.00	0.00	0.51	96.63	90.74	0.68

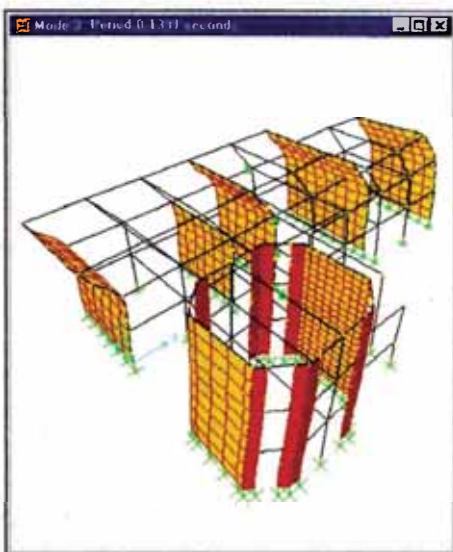
Tabla 3.2 – Porcentajes de participación de masas – modelo 1



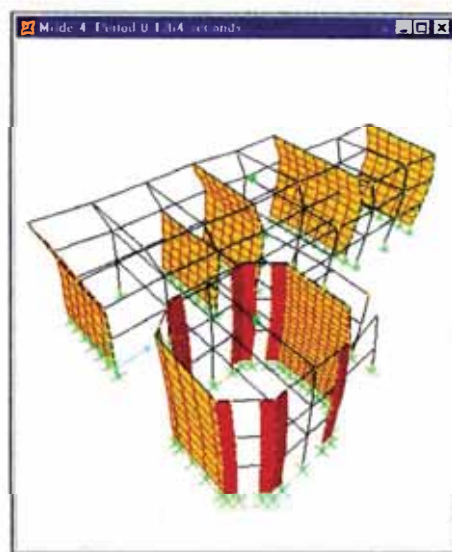
T1 = 0.295



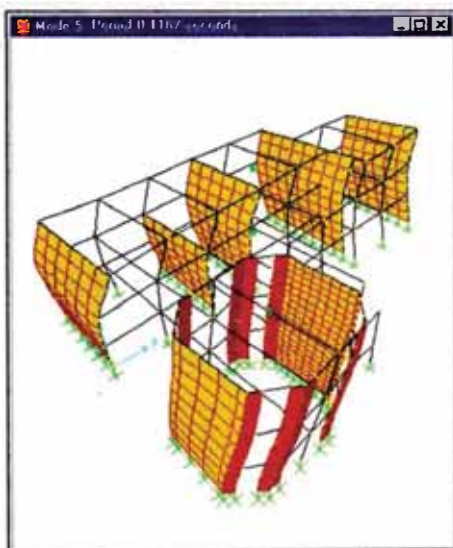
T2 = 0.227



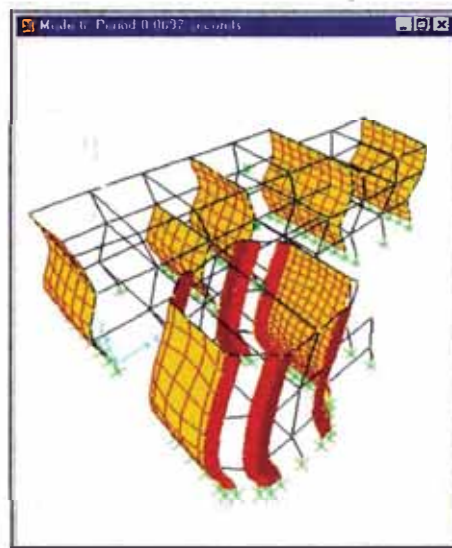
T3 = 0.133



T4 = 0.116



T5 = 0.116



T6 = 0.069

Fig. 3.1 – Formas de modo – modelo 1

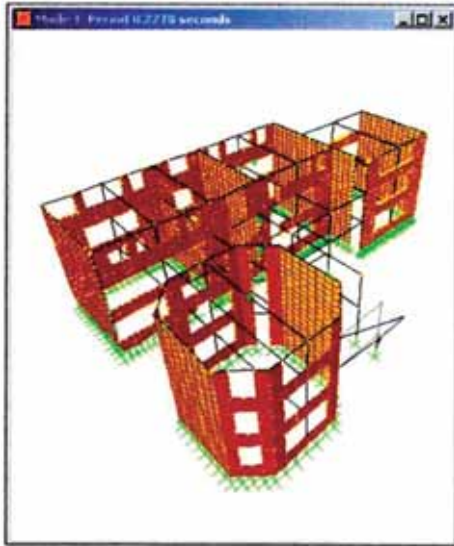
III.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MODELO 2

MODO	PERIODO (s)	FRECUENCIA (1/s)	FRECUENCIA CIRCULAR (Rad/s)	EIGENVALOR (Rad/s)**2
1	0.227	4.390	27.58	761.04
2	0.202	4.947	31.08	966.22
3	0.126	7.889	49.57	2457.52
4	0.114	8.762	55.05	3031.11
5	0.072	13.869	87.14	7594.53
6	0.058	17.157	107.80	11621.88
7	0.056	17.828	112.02	12548.55
8	0.053	18.639	117.11	13716.27
9	0.052	19.124	120.16	14439.77
10	0.050	19.686	123.69	15300.70
11	0.050	19.966	125.45	15738.55
12	0.050	19.984	125.56	15767.54

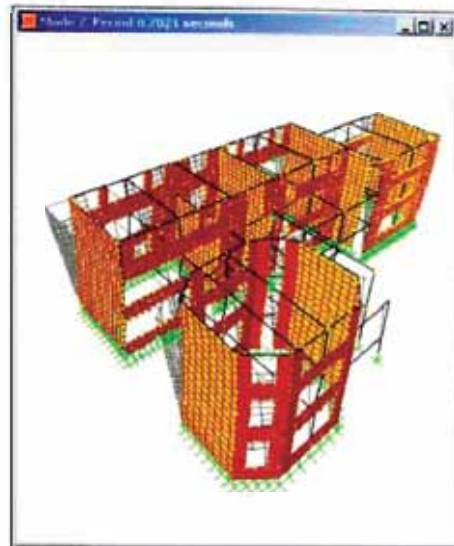
Tabla 3.3 – Periodos y frecuencias – modelo 2

MODO	PERIODO	MODO INDIVIDUAL (%)			SUMA ACUMULADA (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.227	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.00
2	0.202	81.47	0.02	0.00	81.47	0.21	0.00
3	0.126	0.27	73.49	0.00	81.75	73.71	0.00
4	0.114	1.03	9.39	0.00	82.79	83.10	0.00
5	0.072	5.76	0.01	0.00	88.55	83.11	0.00
6	0.058	0.00	0.01	0.00	88.56	83.12	0.00
7	0.056	4.90	0.01	0.00	93.46	83.13	0.00
8	0.053	0.00	0.03	0.13	93.47	83.17	0.13
9	0.052	0.06	0.92	0.00	93.53	84.10	0.13
10	0.050	0.00	2.61	0.00	93.53	86.71	0.13
11	0.050	0.00	0.00	0.00	93.53	86.71	0.13
12	0.050	0.01	0.00	0.00	93.55	86.71	0.13

Tabla 3.4 – Porcentajes de participación de masas – modelo 2



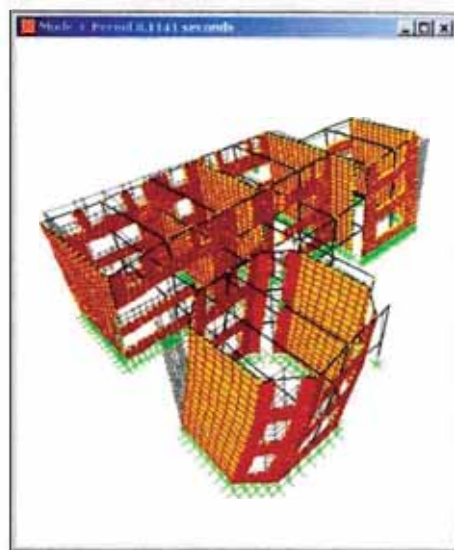
T1 = 0.227



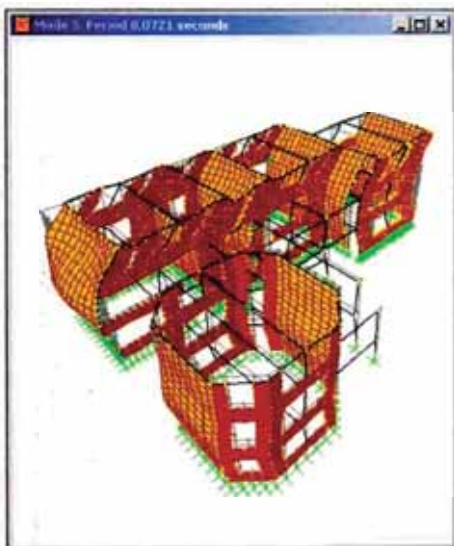
T2 = 0.202



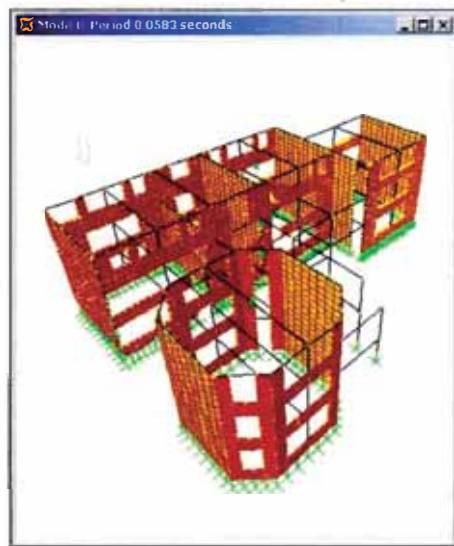
T3 = 0.126



T4 = 0.114



T5 = 0.072



T6 = 0.058

Fig. 3.2 – Formas de modo – modelo 2

III.2.3 CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL MODELO 3

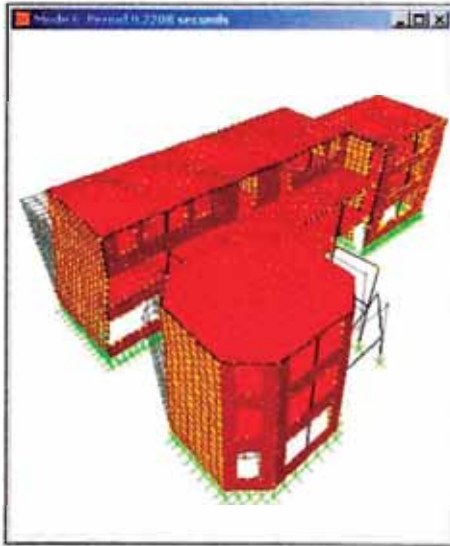
MODO	PERIODO (s)	FRECUENCIA (1/s)	FRECUENCIA CIRCULAR (Rad/s)	EIGENVALOR (Rad/s)**2
1	0.241	4.144	26.04	678.21
2	0.239	4.184	26.28	691.09
3	0.234	4.271	26.83	720.26
4	0.229	4.362	27.41	751.43
5	0.227	4.401	27.65	764.71
6	0.221	4.509	28.33	802.95
7	0.213	4.693	29.49	869.81
8	0.202	4.948	31.09	966.71
9	0.182	5.481	34.44	1186.34
10	0.165	6.057	38.06	1448.80
11	0.143	6.993	43.94	1930.75
12	0.137	7.294	45.83	2100.73
13	0.132	7.540	47.37	2244.82
14	0.123	8.129	51.08	2609.26
15	0.090	11.010	69.18	4785.87
16	0.081	12.303	77.30	5975.69
17	0.065	15.204	95.53	9126.82
18	0.055	18.020	113.22	12820.78
19	0.036	27.338	171.77	29505.87
20	0.031	31.975	200.90	40363.23

Tabla 3.5 – Periodos y frecuencias – modelo 3

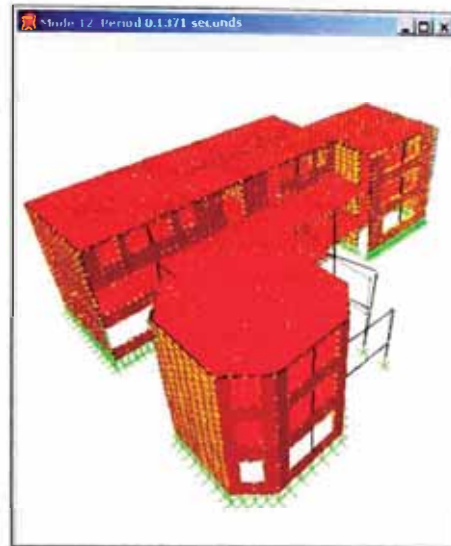
MODO	PERIODO	MODO INDIVIDUAL (%)			SUMA ACUMULADA (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.241	0.00	0.00	1.22	0.00	0.00	1.22
2	0.239	0.46	0.00	0.06	0.46	0.00	1.29
3	0.234	0.63	0.00	1.21	1.10	0.00	2.51
4	0.229	0.00	0.01	5.73	1.10	0.01	8.24
5	0.227	0.11	0.17	0.39	1.21	0.18	8.63
6	0.221	78.01	0.01	0.00	79.22	0.20	8.63
7	0.213	0.47	0.00	0.06	79.70	0.20	8.69
8	0.202	0.00	0.00	0.91	79.70	0.20	9.61
9	0.182	0.01	0.00	0.09	79.72	0.20	9.70
10	0.165	0.00	0.13	0.00	79.72	0.33	9.71
11	0.143	0.27	0.31	0.53	80.00	0.65	10.24
12	0.137	0.62	45.99	0.29	80.62	46.65	10.53
13	0.132	0.02	28.46	0.55	80.65	75.11	11.09
14	0.123	1.98	5.24	0.10	82.63	80.35	11.20
15	0.090	4.19	0.34	0.02	86.82	80.70	11.22
16	0.081	2.03	2.23	0.00	88.86	82.94	11.22
17	0.065	4.31	0.92	0.00	93.18	83.86	11.22

18	0.055	0.35	7.86	0.00	93.53	91.73	11.23
19	0.036	1.94	2.91	0.00	95.48	94.64	11.23
20	0.031	1.22	2.18	0.05	96.70	96.82	11.29

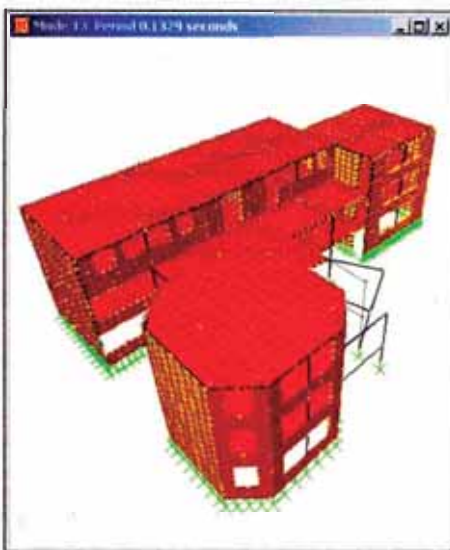
Tabla 3.6 – Porcentajes de participación de masas – modelo 3



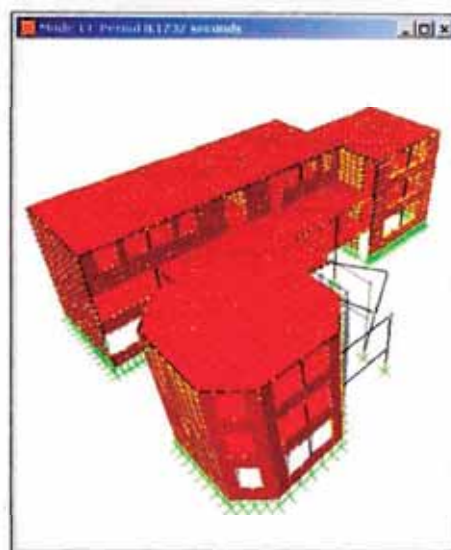
T6 = 0.221



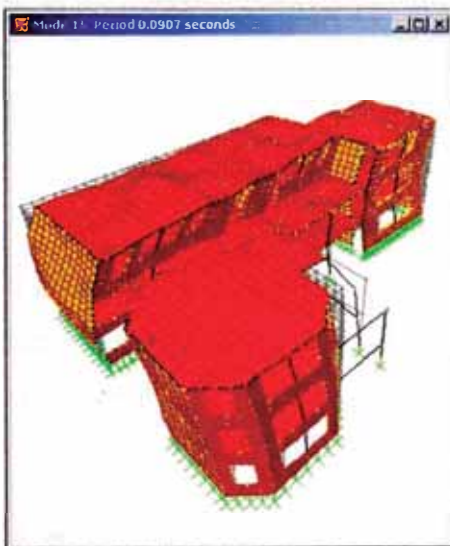
T12 = 0.137



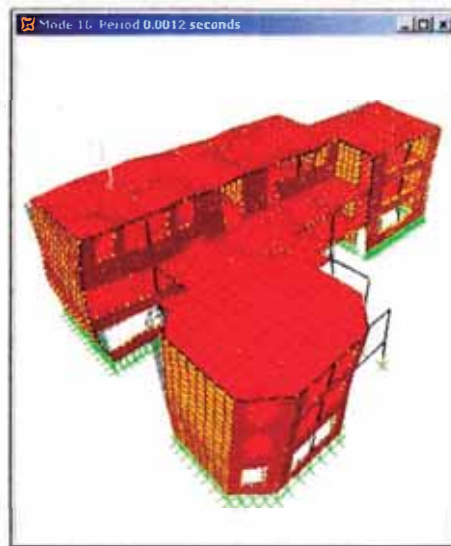
T13 = 0.132



T14 = 0.123



T15 = 0.090



T16 = 0.08

Fig. 3.3 - Formas de modo – modelo 3

III.3 ANALISIS DINAMICO DE LOS MODELOS

Con los modelos y espectros de aceleraciones antes presentados se procede a llevar a cabo el análisis dinámico con el programa SAP2000, el cual nos da los siguientes resultados:

III.3.1 CORTANTE EN LA BASE – MODELO 1

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	190.59	0.34	-0.04	-1.32	1175.86	-35.63
2	0.00	0.01	0.00	-0.04	0.00	0.12
3	20.71	14.62	-0.04	-88.62	46.07	431.83
4	2.08	-18.97	0.01	114.62	-0.93	-252.90
5	0.73	4.31	0.01	-26.00	-6.78	-10.19
6	23.09	-0.36	0.01	0.38	7.37	22.15
7	0.00	-0.00	-0.01	0.11	0.18	-0.09
8	0.00	-0.03	-0.00	-0.01	0.02	-0.21
9	0.04	0.05	-0.00	0.04	-0.10	0.59
10	0.21	0.03	0.00	0.07	-0.35	1.01
11	0.02	-0.61	-0.00	-0.60	0.20	-6.23
12	0.00	-0.00	0.01	-0.12	-0.18	-0.01

Tabla 3.7 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	193.77	10.09	0.06	60.80	1177.27	282.70

Tabla 3.8 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

De este resultado se puede observar que el cortante en la base de la estructuras es de 193.77 t; este valor debe ser comparado con una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 219.78 t.

Según el artículo Capítulo 4 - Artículo 18.2 c de la norma N.T.E E.030 Sismorresistente el cortante en la base no podrá ser menor que el 90% del obtenido según el método estático, con lo cual obtendríamos:

90%V Estático (t)	197.80
V Dinámico (t)	193.77

Por lo cual se deberían escalar los valores de las fuerzas por un factor igual a 1.02, cabe indicar que este factor no afecta a los desplazamientos.

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	0.91	0.00	-0.00	-0.00	5.66	-0.17
2	0.02	1.28	0.00	-5.33	0.18	16.00
3	38.99	27.53	-0.08	-166.82	86.72	812.84
4	-50.59	460.05	-0.43	-2779.53	22.77	6132.43
5	11.49	67.71	0.16	-408.50	-106.51	-160.17
6	-0.97	0.01	-0.00	-0.01	-0.31	-0.93
7	-0.02	0.17	0.30	-2.33	-3.89	2.07
8	-0.08	0.36	0.00	0.19	-0.24	2.47
9	0.15	0.19	-0.00	0.14	-0.33	1.94
10	0.09	0.01	0.00	0.03	-0.15	0.45
11	-1.63	37.38	0.31	36.72	-12.42	379.78
12	-0.00	0.01	-0.16	1.32	2.06	0.12

Tabla 3.9 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	26.89	527.48	0.60	3176.02	114.18	6712.89

Tabla 3.10 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

De este resultado se puede observar que el cortante en la base de la estructuras es de 527.48 t; este valor debe ser comparado con una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 586.09 t.

Según el artículo Capítulo 4 - Artículo 18.2 c de la norma N.T.E E.030 Sismorresistente el cortante en la base no podrá ser menor que el 90% del obtenido según el método estático, con lo cual obtendríamos:

90%V Estático (t)	527.48
V Dinámico (t)	527.48

Debido a que el Cortante Dinámico es igual al 90% del Cortante Estático no es necesario escalar las fuerzas.

III.3.2 CORTANTE EN LA BASE – MODELO 2

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	0.00	-0.09	0.00	0.41	0.04	-1.24
2	558.55	-9.73	-0.30	60.95	3357.48	-290.28
3	1.91	31.02	-0.03	-188.38	12.78	457.79
4	7.12	-21.42	-0.06	129.63	44.12	159.56
5	39.52	1.72	0.19	-11.10	-77.61	27.82
6	0.02	-0.04	-0.00	0.14	0.01	-0.59
7	33.60	-1.54	-0.13	1.60	0.88	-11.55
8	0.05	-0.11	-0.16	1.21	2.03	-1.32
9	0.46	-1.70	0.02	-0.43	0.26	-17.07
10	0.00	-0.37	0.00	-0.25	0.09	-4.11
11	0.00	-0.00	0.00	0.01	0.00	-0.07
12	0.09	0.00	-0.00	-0.08	0.14	0.63

Tabla 3.11 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	562.12	29.74	0.44	179.99	3359.92	614.27

Tabla 3.12 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

De este resultado se puede observar que el cortante en la base de la estructuras es de 562.12 t; este valor debe ser comparado con una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 586.09 t.

Según el artículo Capítulo 4 - Artículo 18.2 c de la norma N.T.E E.030 Sismorresistente el cortante en la base no podrá ser menor que el 90% del obtenido según el método estático, con lo cual obtendríamos:

90%V Estático (t)	527.48
V Dinámico (t)	562.12

Debido a que el Cortante Dinámico es mayor que el 90% del Cortante Estático no es necesario escalar las fuerzas.

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	-0.09	1.28	0.00	-5.31	-0.58	16.03
2	-9.73	0.16	0.00	-1.06	-58.53	5.06
3	31.02	503.89	-0.59	-3059.22	207.53	7434.14
4	-21.42	64.40	0.19	-389.68	-132.64	-479.62
5	1.72	0.07	0.00	-0.48	-3.37	1.21
6	-0.04	0.08	0.00	-0.25	-0.03	1.03
7	-1.54	0.07	0.00	-0.07	-0.04	0.53
8	-0.11	0.26	0.36	-2.77	-4.64	3.02
9	-1.70	6.32	-0.09	1.60	-0.97	63.22
10	-0.37	17.93	-0.10	12.15	-4.67	195.20
11	-0.00	0.02	-0.00	-0.05	-0.00	0.29
12	0.00	0.00	-0.00	-0.00	0.01	0.05

Tabla 3.13 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	29.74	538.36	0.57	3262.61	193.58	7226.36

Tabla 3.14 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

De este resultado se puede observar que el cortante en la base de la estructuras es de 538.37 t; este valor debe ser comparado con una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 586.09 t.

Según el artículo Capítulo 4 - Artículo 18.2 c de la norma N.T.E E.030 Sismorresistente el cortante en la base no podrá ser menor que el 90% del obtenido según el método estático, con lo cual obtendríamos:

90%V Estático (t)	527.48
V Dinámico (t)	538.37

Debido a que el Cortante Dinámico es mayor que el 90% del Cortante Estático no es necesario escalar las fuerzas.

III.3.3 CORTANTE EN LA BASE – MODELO 3

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	0.00	-0.00	0.28	-4.43	-0.18	-0.07
2	3.31	-0.04	1.27	0.08	-8.88	-3.24
3	4.59	-0.20	-6.33	23.73	91.30	-6.63
4	0.00	-0.00	-0.18	-0.15	2.05	-0.11
5	0.82	-1.00	1.52	5.95	-11.25	-13.04
6	561.49	-8.10	3.45	27.66	3489.55	-716.86
7	3.41	0.00	1.23	2.56	-65.46	1.64
8	0.04	-0.02	-0.54	2.04	2.78	-0.43
9	0.10	0.00	-0.26	-0.50	2.56	-5.09
10	0.00	-0.00	-0.00	-0.00	0.01	-0.02
11	1.98	2.13	-2.75	1.60	51.46	146.28
12	4.47	38.50	3.06	-250.12	-18.59	711.92
13	0.20	-6.51	0.91	38.91	-13.08	-46.65
14	14.25	-23.18	-3.30	142.59	138.14	398.20
15	30.20	-8.67	2.18	60.06	-17.52	-386.20
16	14.68	15.38	-0.18	-75.38	-34.85	95.54
17	31.08	-14.38	-1.07	14.70	-15.83	88.55
18	2.54	11.99	-0.41	18.87	8.60	170.90
19	13.97	-17.13	0.13	-4.32	20.06	-163.47
20	8.78	11.74	1.80	-4.41	-12.55	153.69

Tabla 3.15 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	575.53	43.29	5.16	221.42	3499.17	1305.04

Tabla 3.16 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

De este resultado se puede observar que el cortante en la base de la estructuras es de 575.53 t; este valor debe ser comparado con una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 586.09 t.

Según el artículo Capítulo 4 - Artículo 18.2 c de la norma N.T.E E.030 Sismorresistente el cortante en la base no podrá ser menor que el 90% del obtenido según el método estático, con lo cual obtendríamos:

90%V Estático (t)	527.48
V Dinámico (t)	432.11

Debido a que el Cortante Dinámico es mayor que el 90% del Cortante Estático no es necesario escalar las fuerzas.

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	-0.00	0.00	-0.15	2.38	0.10	0.03
2	-0.04	0.00	-0.01	-0.00	0.10	0.03
3	-0.20	0.00	0.28	-1.05	-4.05	0.29
4	-0.00	0.10	2.12	1.79	-23.65	1.31
5	-1.00	1.22	-1.86	-7.26	13.74	15.93
6	-8.10	0.11	-0.04	-0.39	-50.39	10.35
7	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.05	0.00
8	-0.02	0.01	0.36	-1.35	-1.84	0.28
9	0.00	0.00	-0.02	-0.04	0.21	-0.42
10	-0.00	0.95	0.25	4.35	-7.29	11.80
11	2.13	2.29	-2.96	1.72	55.29	157.17
12	38.50	331.03	26.35	-2150.17	-159.86	6119.98
13	-6.51	204.87	-28.64	-1224.24	411.59	1467.99
14	-23.18	37.72	5.37	-232.01	-224.76	-647.91
15	-8.67	2.49	-0.62	-17.25	5.03	110.92
16	15.38	16.11	-0.19	-78.98	-36.52	100.09
17	-14.38	6.65	0.49	-6.80	7.32	-40.97
18	11.99	56.59	-1.97	89.08	40.61	806.56
19	-17.13	20.99	-0.16	5.30	-24.59	200.35
20	11.74	15.69	2.41	-5.90	-16.77	205.39

Tabla 3.17 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	43.29	552.75	10.13	3429.49	241.40	7373.80

Tabla 3.18 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

De este resultado se puede observar que el cortante en la base de la estructuras es de 552.76 t; este valor debe ser comparado con una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 586.09 t.

Según el artículo Capítulo 4 - Artículo 18.2 c de la norma N.T.E E.030 Sismorresistente el cortante en la base no podrá ser menor que el 90% del obtenido según el método estático, con lo cual obtendríamos:

90%V Estático (t)	527.48
V Dinámico (t)	552.76

Debido a que el Cortante Dinámico es mayor que el 90% del Cortante Estático no es necesario escalar las fuerzas.

III.4 CALCULO DE DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES DE ENTREPISO

A continuación se presentan los valores de los desplazamientos de los centros de masa de cada uno de los diafragmas considerados en los modelos 1 y 2 así como también de puntos extremos en el modelo.

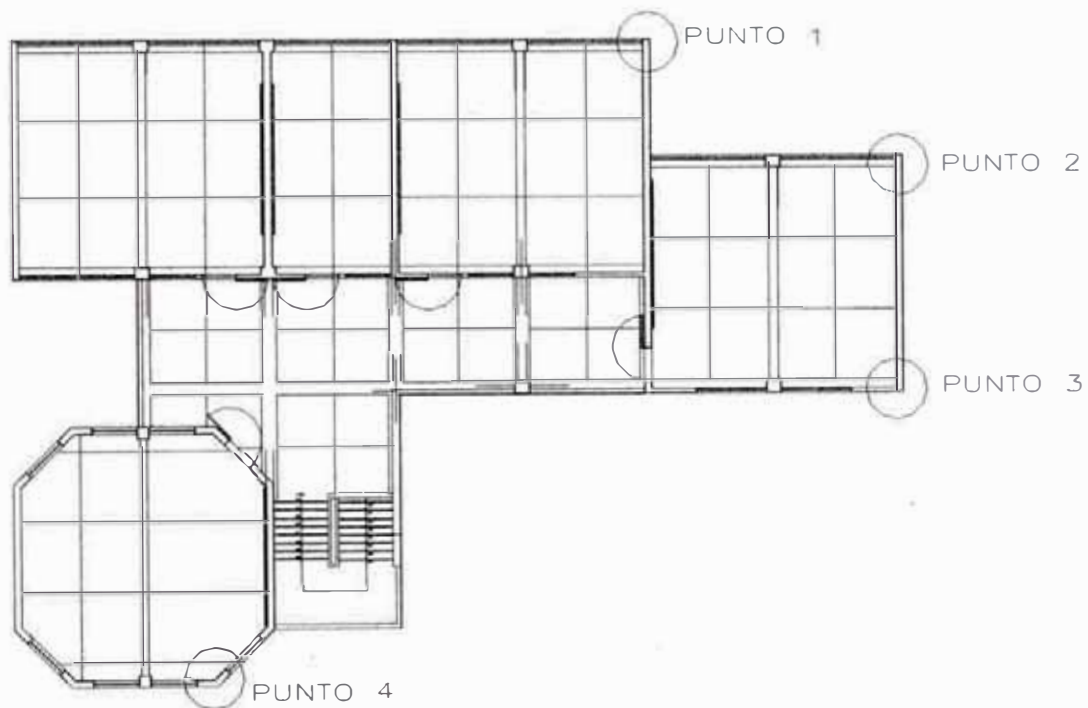


Fig. 3.4 – Disposición de puntos considerados en el análisis de desplazamientos – modelos 1 y 2

III.4.1 DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES – MODELO 1

SISMO EN X

	NUDO	CARGA	UX (cm)	UY	UZ	RX	RY	RZ
Nivel 1	374	SX	0.2170	0.0026	0	0	0	3.1450E-05
Nivel 2	375	SX	0.5024	0.0052	0	0	0	6.4430E-05
Nivel 3 REC	376	SX	0.8344	0.0183	0	0	0	7.4870E-05
Nivel 3 OCT	377	SX	0.5801	0.0609	0	0	0	7.4270E-05

Tabla 3.19 – Desplazamientos del C.M. debido al sismo en dirección X

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.2425	0.2308	0.2074	0.1768
Piso 2	0.5543	0.5305	0.4829	0.4206
Piso 3	0.8703	0.8424	0.7866	0.5501

Tabla 3.20 – Desplazamientos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Se puede observar Cuando el sismo actúa en la dirección X los desplazamientos laterales en la dirección Y no son significativos (Tabla 3.19).

La norma indica que estos desplazamientos deben ser multiplicados por 0.75R, y después con estos valores se calcularían las distorsiones de entrepiso, con lo cual tendríamos:

	NUDO	UX (cm)	ΔX (cm)	Distorsión
Nivel 1	374	0.98	0.98	0.00337
Nivel 2	375	2.26	1.28	0.00443
Nivel 3 REC	376	3.75	1.49	0.00515
Nivel 3 OCT	377	2.61	0.35	0.00121

Tabla 3.21 – Desplazamientos y distorsiones en el C.M. corregidos debido al sismo en dirección X

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	1.09	1.04	0.93	0.80
Piso 2	2.49	2.39	2.17	1.89
Piso 3	3.92	3.79	3.54	2.48

Tabla 3.22 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

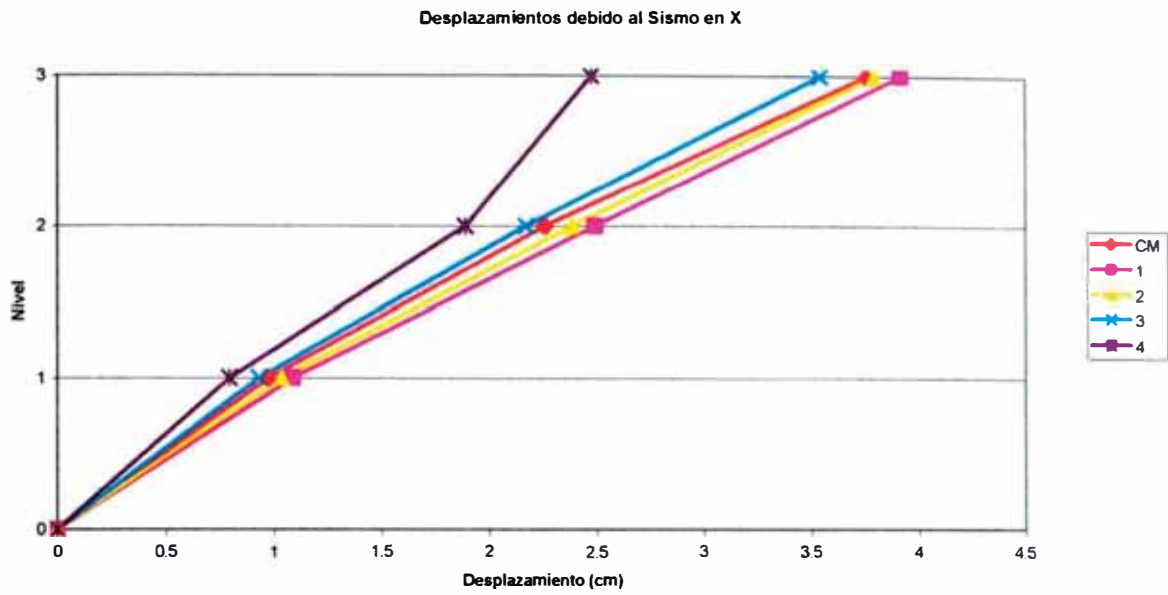


Fig. 3.5 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Nivel	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
1	0.0038	0.0036	0.0032	0.0027
2	0.0048	0.0047	0.0043	0.0038
3	0.0049	0.0048	0.0047	0.0020

Tabla 3.23 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

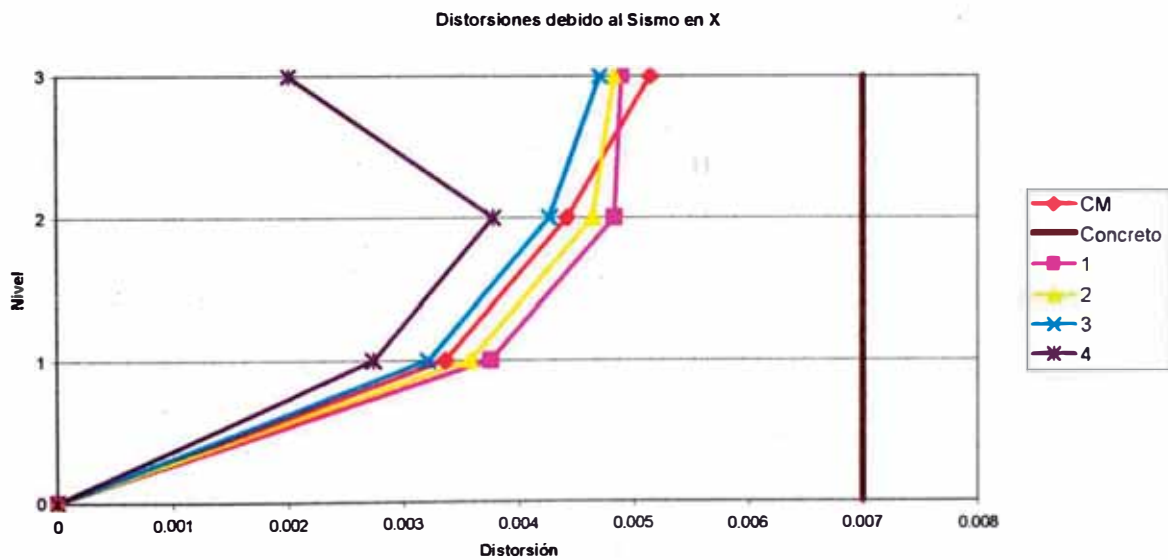


Fig. 3.6 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

La norma en su Capítulo 3 - Artículo 15.1 da como límite de distorsión de entrepiso el valor de **0.007** en el caso de que el material preponderante sea concreto.

Observamos que en esta dirección la estructura cumple con las exigencias de la norma actual.

De la tabla 3.23 se puede observar que la distorsión de entrepiso que presenta el octógono es menor a la que presenta el segundo nivel lo cual indica la gran rigidez del octógono.

A continuación se presentan las rotaciones (totales y relativas) de cada nivel en el C.M.:

NIVEL	RZ	ΔRZ
Nivel 1	0.000142	0.000142
Nivel 2	0.000290	0.000148
Nivel 3 REC	0.000337	0.000047
Nivel 3 OCT	0.000334	0.000044

Tabla 3.24 – Rotaciones en el modelo debido al sismo en dirección X

Se puede observar que el octógono del tercer nivel gira menos en comparación con el giro relativo de los niveles 1 y 2.

SISMO EN Y

	NUDO	CARGA	UX	UY (cm)	UZ	RX	RY	RZ
Nivel 1	374	SY	0.0270	0.1278	0	0	0	3.79E-05
Nivel 2	375	SY	0.0303	0.2533	0	0	0	7.14E-05
Nivel 3 REC	376	SY	0.0824	0.3568	0	0	0	8.97E-05
Nivel 3 OCT	377	SY	0.0996	0.2894	0	0	0	8.38E-05

Tabla 3.25 – Desplazamientos en el modelo debido al sismo en dirección Y

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.1480	0.1712	0.1712	0.1180
Piso 2	0.2883	0.3295	0.3295	0.2371
Piso 3	0.3822	0.4255	0.4255	0.2944

Tabla 3.26 – Desplazamientos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

En la tabla 3.25 se puede observar cuando el sismo actúa en la dirección Y los desplazamientos laterales en la dirección X no son considerables.

La norma indica que estos desplazamientos deben ser multiplicados por 0.75R, y después con estos valores se calcularían las distorsiones de entrepiso, con lo cual tendríamos:

	NUDO	UY (cm)	ΔY (cm)	Distorsión
Nivel 1	374	0.22	0.22	0.00074
Nivel 2	375	0.43	0.21	0.00073
Nivel 3 REC	376	0.60	0.17	0.00060
Nivel 3 OCT	377	0.49	0.06	0.00021

Tabla 3.27 – Desplazamientos y distorsiones en el C.M. corregidos debido al sismo en dirección Y

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.2498	0.2889	0.2889	0.1991
Piso 2	0.4865	0.5560	0.5560	0.4001
Piso 3	0.6450	0.7180	0.7180	0.4968

Tabla 3.28 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

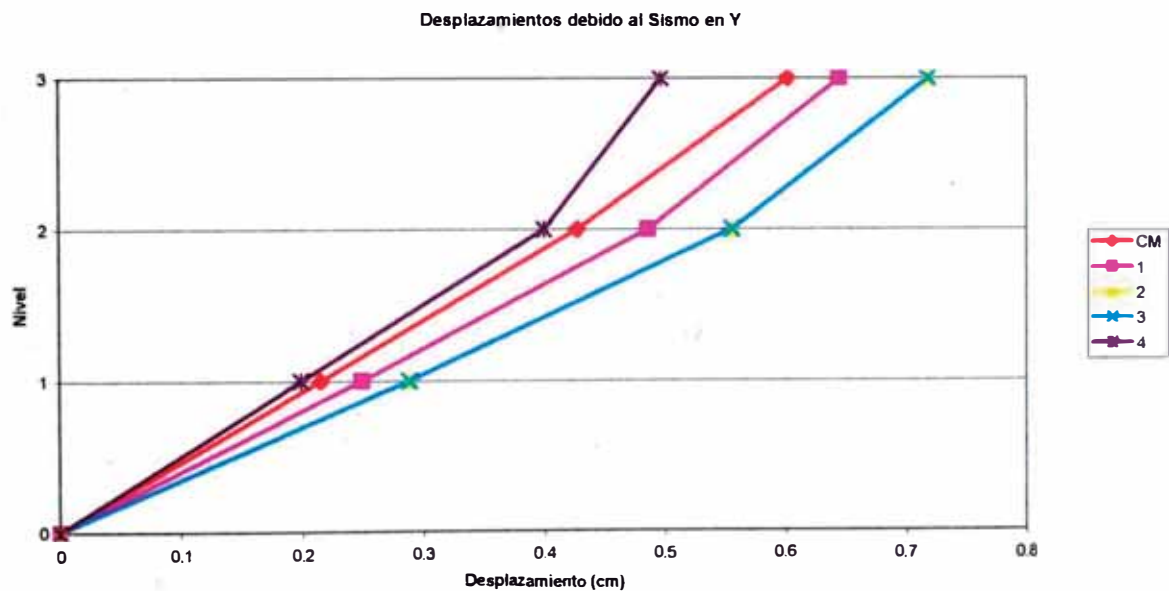


Fig. 3.7 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Nivel	CM	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
1	0.0007	0.0009	0.0010	0.0010	0.0007
2	0.0007	0.0008	0.0009	0.0009	0.0007
3	0.0006	0.0005	0.0006	0.0006	0.0003

Tabla 3.29 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

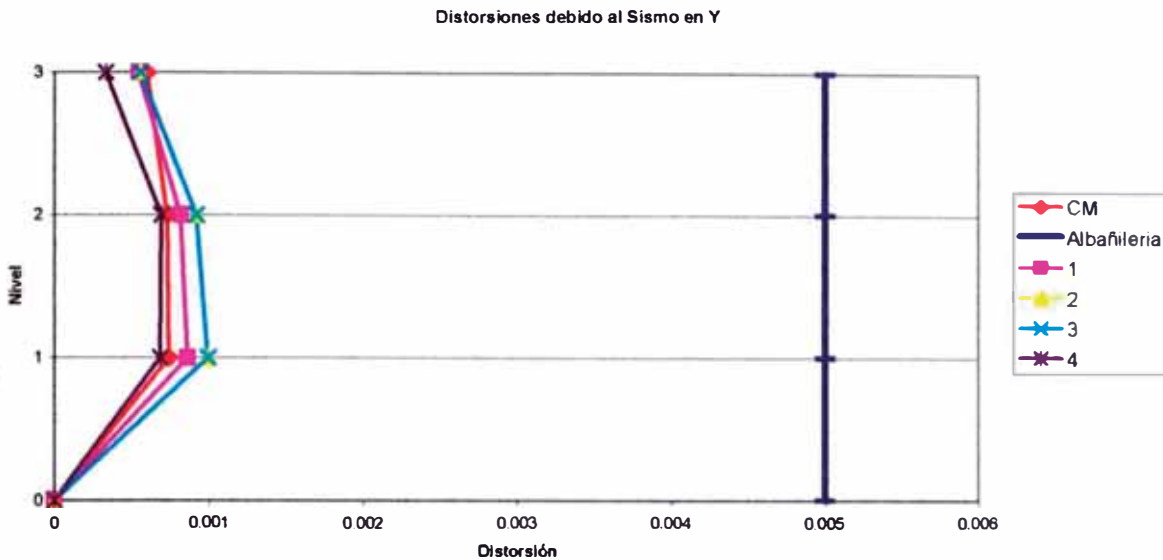


Fig. 3.8 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

La norma en su Capítulo 3 - Artículo 15.1 da como límite de distorsión de entrepiso el valor de **0.005** en el caso de que el material preponderante sea albañilería.

Observamos que en esta dirección la estructura cumple con las exigencias de la norma actual.

En la tabla 3.29 se puede observar que las distorsiones del octógono del último nivel con respecto a los niveles 1 y 2 es menor, lo cual demuestra la rigidez del octógono.

A continuación se presentan las rotaciones (totales y relativas) de cada nivel:

NIVEL	RZ	ΔRZ
Nivel 1	0.000064	0.000064
Nivel 2	0.000120	0.000057
Nivel 3 REC	0.000151	0.000031
Nivel 3 OCT	0.000141	0.000021

Tabla 3.30 – Rotaciones en el modelo debido al sismo en dirección Y

Se puede observar que el octógono del tercer nivel gira menos en comparación con el giro relativo de los niveles 1 y 2.

III.4.2 DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES – MODELO 2

SISMO EN X

	NUDO	CARGA	UX (cm)	UY	UZ	RX	RY	RZ
Nivel 1	718	SX	0.3386	0.0089	0	0	0	5.26E-05
Nivel 2	730	SX	0.6975	0.0176	0	0	0	9.37E-05
Nivel 3 REC	733	SX	0.9177	0.0442	0	0	0	1.05E-04
Nivel 3 OCT	734	SX	0.7796	0.0708	0	0	0	1.05E-04

Tabla 3.31 – Desplazamientos en el modelo debido al sismo en dirección X

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.3806	0.3613	0.3227	0.2725
Piso 2	0.7718	0.7376	0.6695	0.5808
Piso 3	0.9661	0.9284	0.8535	0.7381

Tabla 3.32 – Desplazamientos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

En la tabla 3.31 se puede observar Cuando el sismo actúa en la dirección X los desplazamientos laterales en la dirección Y no son significativos.

La norma indica que estos desplazamientos deben ser multiplicados por 0.75R, y después con estos valores se calcularían los distorsiones de entrepiso, con lo cual tendríamos:

	NUDO	UX (cm)	ΔX (cm)	Distorsión
Nivel 1	718	0.57	0.57	0.00197
Nivel 2	730	1.18	0.61	0.00209
Nivel 3 REC	733	1.55	0.37	0.00128
Nivel 3 OCT	734	1.32	0.14	0.00048

Tabla 3.33 – Desplazamientos y Distorsiones en el C.M. corregidos debido al sismo en dirección X

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.6423	0.6097	0.5446	0.4598
Piso 2	1.3024	1.2447	1.1298	0.9801
Piso 3	1.6303	1.5667	1.4403	1.2455

Tabla 3.34 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

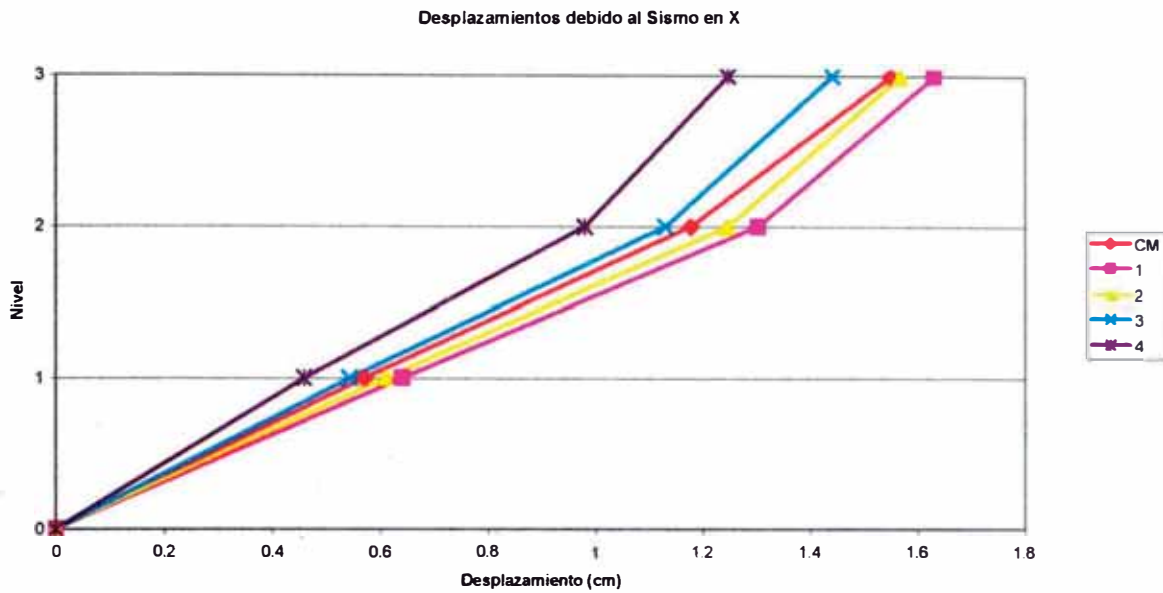


Fig. 3.9 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

Nivel	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
1	0.0022	0.0021	0.0019	0.0016
2	0.0023	0.0022	0.0020	0.0018
3	0.0011	0.0011	0.0011	0.0009

Tabla 3.35 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

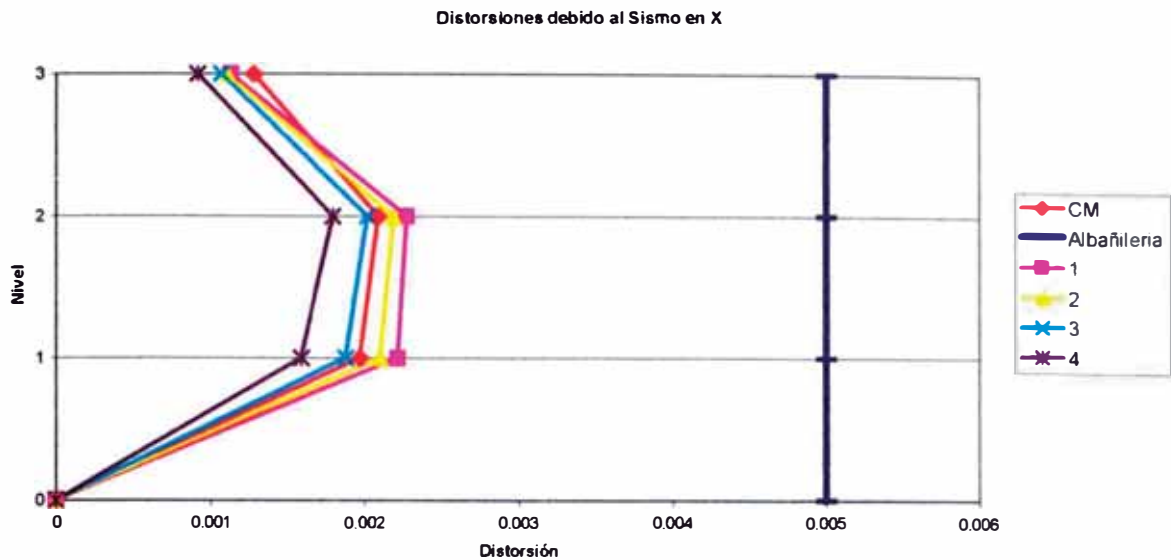


Fig. 3.10 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección X

La norma en su Capítulo 3 - Artículo 15.1 da como límite de distorsión de entrepiso el valor de **0.005** en el caso de que el material preponderante sea albañilería.

Observamos que en esta dirección la estructura cumple con las exigencias de la norma actual.

En la tabla 3.35 se puede observar que la distorsión del octógono del último nivel con respecto a los niveles 1 y 2 es menor lo cual demuestra la rigidez del octógono.

A continuación se presentan las rotaciones (totales y relativas) de cada nivel:

LEVEL	RZ	ΔRZ
Nivel 1	0.000089	0.000089
Nivel 2	0.000158	0.000069
Nivel 3 REC	0.000178	0.000019
Nivel 3 OCT	0.000177	0.000019

Tabla 3.36 – Rotaciones en el modelo debido al sismo en dirección X

En esta ocasión se observa también que el giro del octógono es menor que el ocurre en los niveles 1 y 2.

SISMO EN Y

	NUDO	CARGA	UX	UY (cm)	UZ	RX	RY	RZ
Nivel 1	718	SY	0.0073	0.1285	0	0	0	3.98E-05
Nivel 2	730	SY	0.0187	0.2519	0	0	0	7.85E-05
Nivel 3 REC	733	SY	0.0259	0.3572	0	0	0	9.45E-05
Nivel 3 OCT	734	SY	0.1189	0.2691	0	0	0	9.05E-05

Tabla 3.37 – Desplazamientos en el modelo debido al sismo en dirección Y

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.1527	0.1791	0.1791	0.1160
Piso 2	0.2983	0.3497	0.3497	0.2283
Piso 3	0.3928	0.4482	0.4482	0.2781

Tabla 3.38 – Desplazamientos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Se puede observar cuando el sismo actúa en la dirección Y los desplazamientos laterales en la dirección X no son significativos.

La norma indica que estos desplazamientos deben ser multiplicados por $0.75R$, y después con estos valores se calcularían las distorsiones de entrepiso, con lo cual tendríamos:

	NUDO	UY (cm)	ΔY (cm)	Distorsión
Nivel 1	718	0.22	0.22	0.00075
Nivel 2	730	0.43	0.21	0.00072
Nivel 3 REC	733	0.60	0.18	0.00061
Nivel 3 OCT	734	0.45	0.03	0.00010

Tabla 3.39 – Desplazamientos y distorsiones en el C.M. corregidos debido al sismo en dirección Y

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.2577	0.3022	0.3022	0.1958
Piso 2	0.5034	0.5901	0.5901	0.3853
Piso 3	0.6629	0.7563	0.7563	0.4693

Tabla 3.40 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

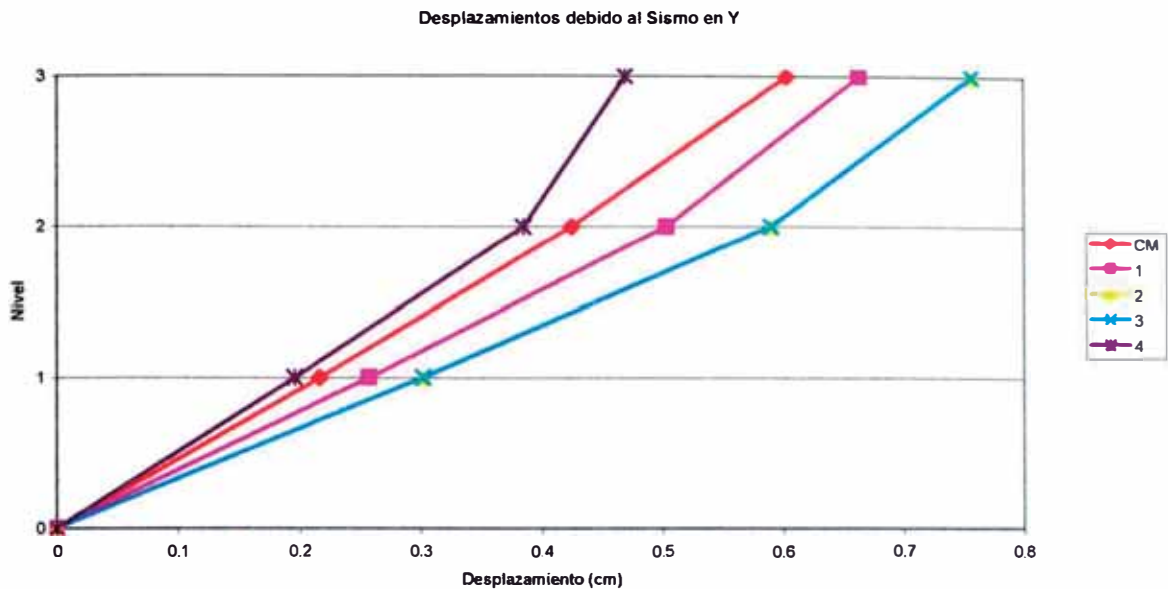


Fig. 3.11 – Desplazamientos corregidos de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

Nivel	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
1	0.0009	0.0010	0.0010	0.0007
2	0.0008	0.0010	0.0010	0.0007
3	0.0005	0.0006	0.0006	0.0003

Tabla 3.41 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

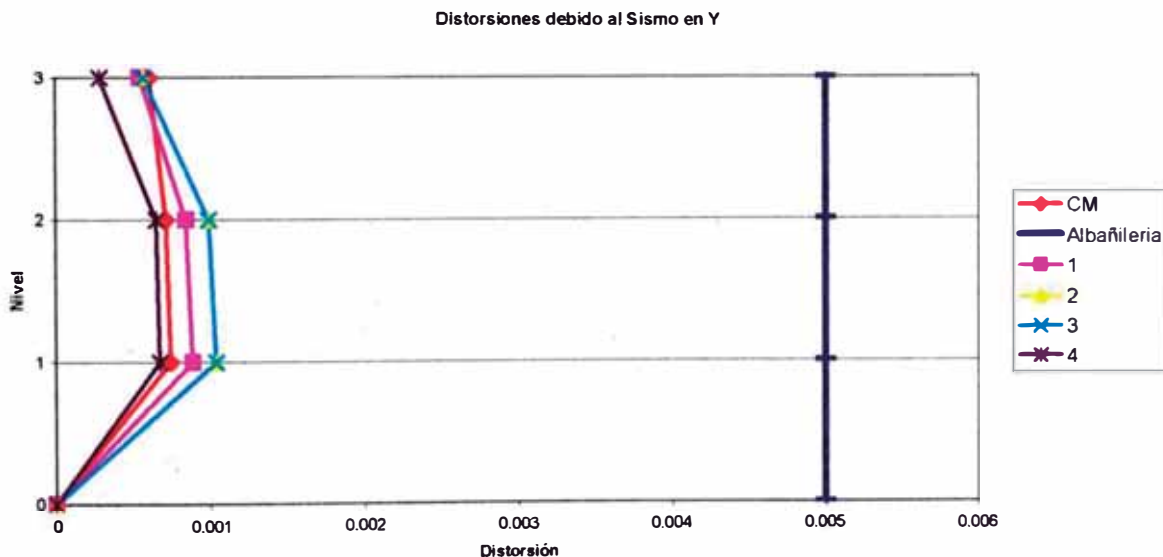


Fig. 3.12 – Distorsiones de diferentes puntos en la estructura debido al sismo en dirección Y

La norma en su Capítulo 3 - Artículo 15.1 da como límite de distorsión de entrepiso el valor de **0.005** en el caso de que el material preponderante sea albañilería.

Observamos que en esta dirección la estructura cumple con las exigencias de la norma actual.

Se puede observar que la distorsión del octógono en el último nivel es menor que en los niveles 1 y 2 lo cual se debe a la rigidez del octógono y a la irregularidad en los niveles inferiores.

A continuación se presentan las rotaciones (totales y relativas) de cada nivel:

LEVEL	RZ	ΔRZ
Nivel 1	0.000067	0.000067
Nivel 2	0.000132	0.000065
Nivel 3 REC	0.000160	0.000027
Nivel 3 OCT	0.000153	0.000020

Tabla 3.42 – Rotaciones en el modelo debido al sismo en dirección Y

A continuación mostraremos unos gráficos donde se compararan los desplazamientos y distorsiones para el sismo en cada dirección para los modelos 1 y 2 considerando los C.M.

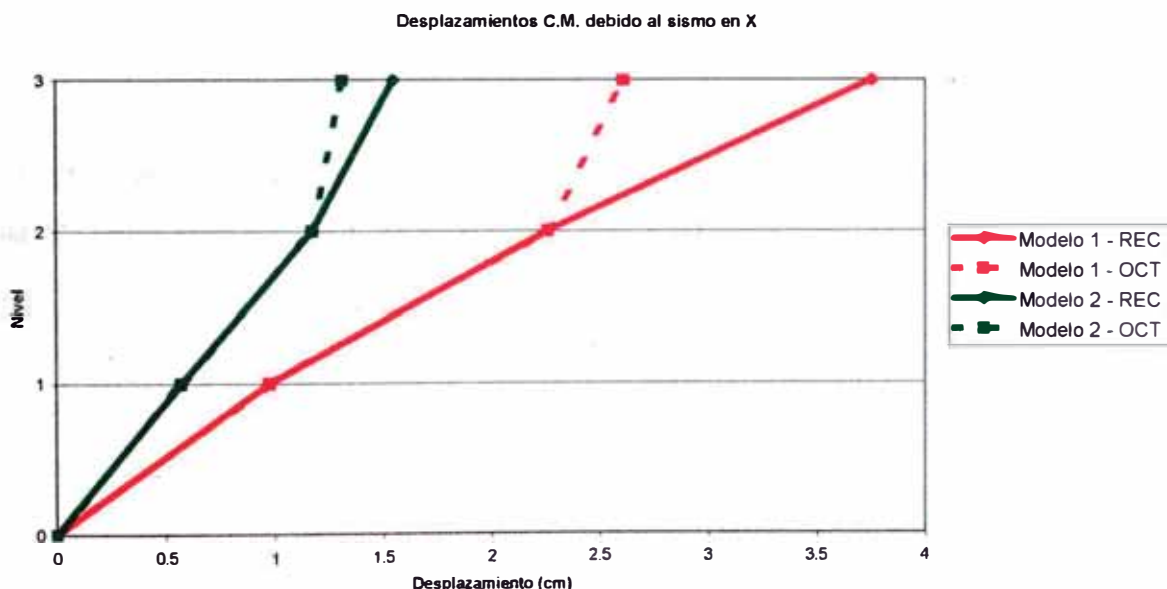


Fig. 3.13 – Desplazamientos en modelos 1 y 2 debido al sismo en X

En esta gráfica observamos que cuando el sismo actúa en la dirección X el modelo 1 (donde no se han considerado los muros adosados) presenta mayor desplazamiento que en el modelo 2 (donde si se han considerado los muros adosados) lo cual evidencia que la adición de dichos elementos resulta en una mayor rigidez en esa dirección. Lo mismo se puede observar en la gráfica siguiente (Distorsiones).

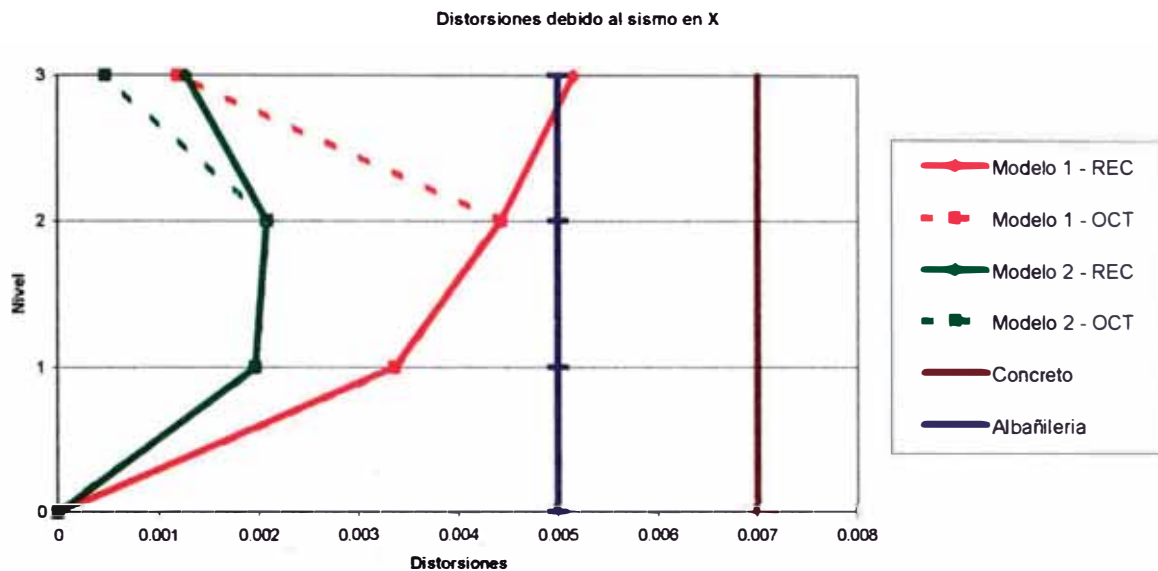


Fig. 3.14 – Distorsiones en modelos 1 y 2 debido al sismo en X

En la gráfica anterior se puede observar que el octógono en el tercer nivel se desplaza menos que en los otros niveles (1 y 2).

A continuación se presentan las gráficas de desplazamientos y distorsiones cuando el sismo actúa en la dirección Y.

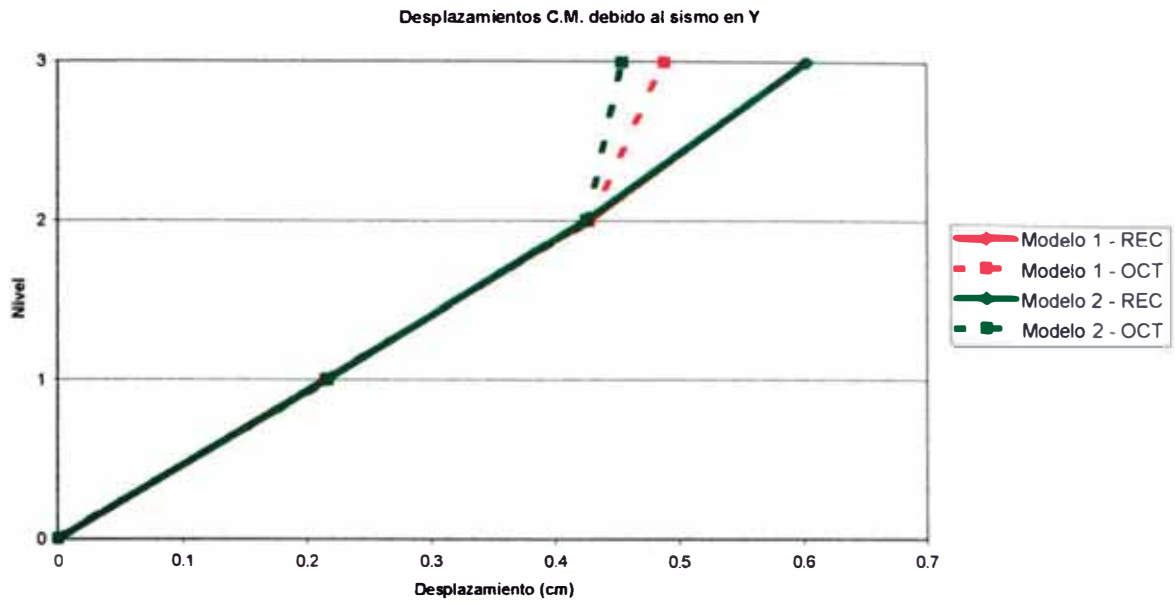


Fig. 3.15 – Desplazamientos en modelos 1 y 2 debido al sismo en Y

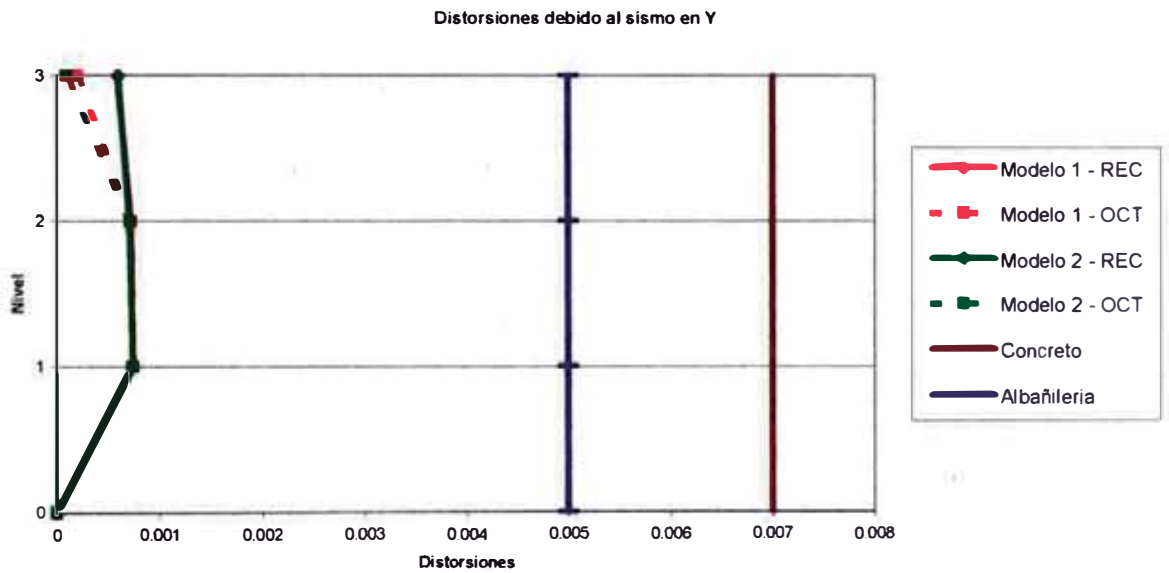


Fig. 3.16 – Distorsiones en modelos 1 y 2 debido al sismo en Y

No se observan cambios significativos en los resultados debido a que en esta dirección no ha habido adición de muros adosados.

III.5 ESFUERZOS EN LA ALBAÑILERÍA

A continuación se presentan las gráficas y las tablas de los modelos con los máximos esfuerzos de corte que se producen en la albañilería debido tanto al sismo en la dirección X como el sismo en la dirección Y.

III.5.1 ESFUERZOS EN LA ALBAÑILERÍA – MODELO 1

Sismo en X :

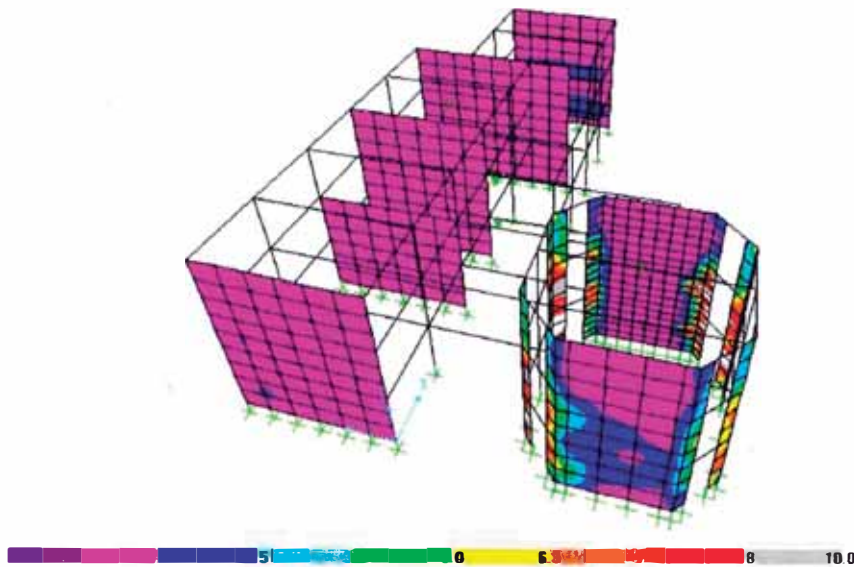


Fig. 3.17 Gráfica de esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 1 – sismo X.

Dirección del Sismo	Eje	S12 (Kg/cm ²)
X	X = 0.00	5.15
	X = 8.40	10.00
	X = 12.6	0.56
	X = 21.0	1.15
	X = 29.4	1.85

Tabla 3.43 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – Modelo 1 – Sismo X.

Sismo en Y :

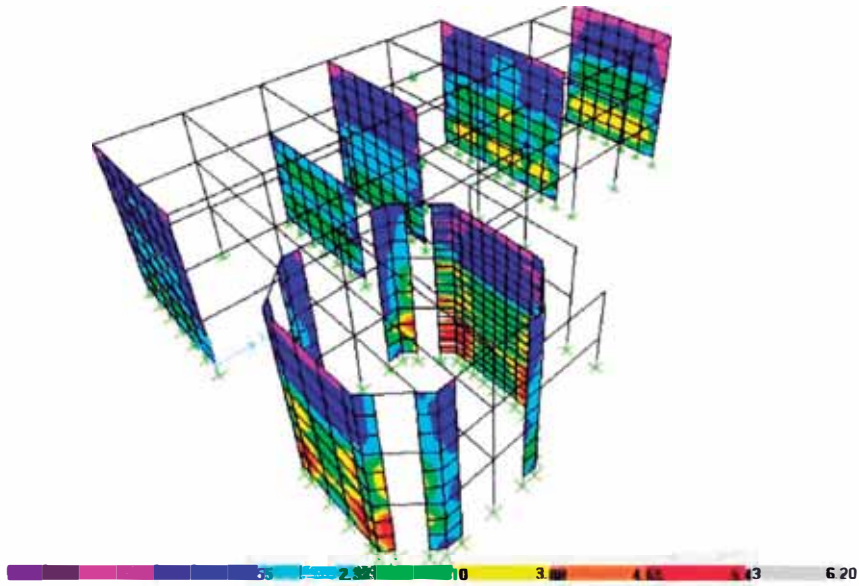


Fig. 3.18 – Gráfica de esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 1 – sismo Y.

Dirección del Sismo	Eje	S12 (Kg/cm ²)
Y	X = 0.00	7.85
	X = 8.40	8.30
	X = 12.6	4.00
	X = 21.0	5.25
	X = 29.4	5.35

Tabla 3.44 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – Modelo 1 – Sismo Y.

III.5.2 ESFUERZOS EN LA ALBAÑILERÍA – MODELO 2

Sismo en X :

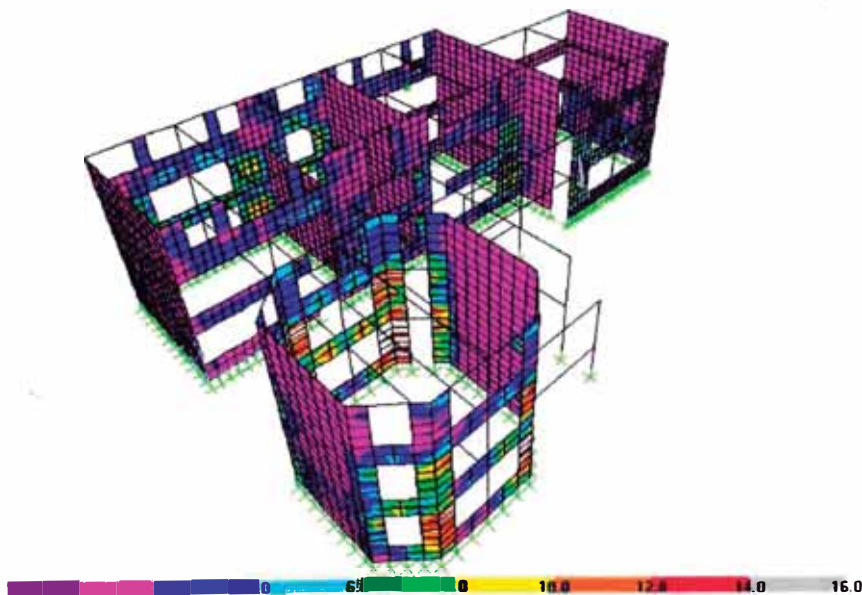


Fig. 3.19 – Gráfica de esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 2 – sismo X.

Dirección del Sismo	Eje	S12 (Kg/cm ²)
X	X = 0.00	7.20
	X = 8.40	12.00
	X = 12.6	1.82
	X = 21.0	2.52
	X = 29.4	3.55
	Y = 7.55	11.25
	Y = 3.775	4.00
	Y = 0.0	10.00
	Y = -3.775	9.00
	Y = -5.325	13.70
	Y = -13.725	10.90

Tabla 3.45 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 2 – sismo X.

Sismo en Y :

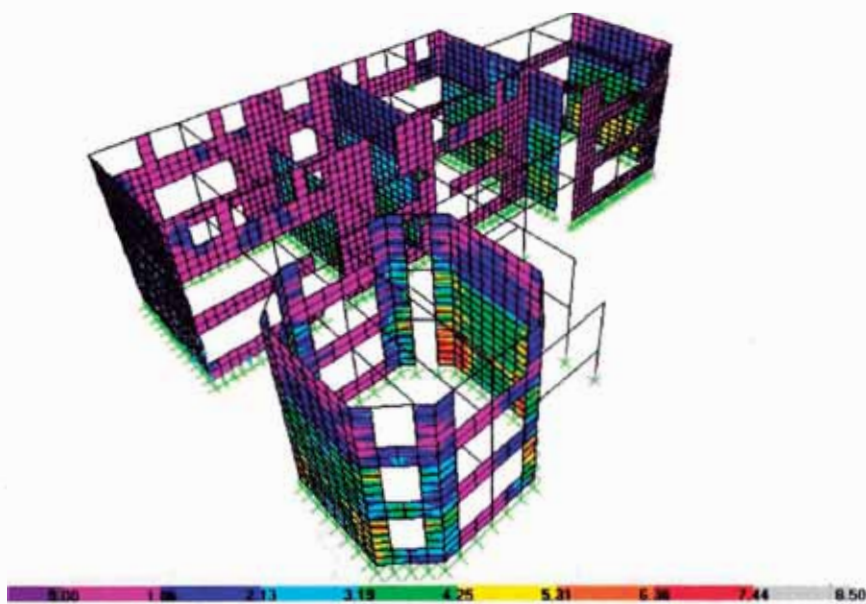


Fig. 3.20 – Gráfica de esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 2 – sismo Y.

Dirección del Sismo	Eje	S12 (Kg/cm ²)
Y	X = 0.00	6.80
	X = 8.40	8.50
	X = 12.6	4.20
	X = 21.0	5.40
	X = 29.4	5.80
	Y = 7.55	1.70
	Y = 3.775	2.50
	Y = 0	2.00
	Y = -3.775	1.95
	Y = -5.325	1.75
	Y = -13.725	3.15

Tabla 3.46 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo 2 – sismo Y.

Debido a que se trata de una mampostería confinada y que los esfuerzos verticales son bajos se puede considerar que el esfuerzo cortante admisible en condiciones de servicio es de aproximadamente 1.8 Kg/cm^2 .

Los esfuerzos obtenidos con la norma E-030 deberían ser divididos por un factor de carga para poder expresarlo en condiciones de servicio. Tomando un factor de carga igual a 2 en la dirección de los muros se puede observar que los esfuerzos que se producen en la albañilería son mayores al esfuerzo cortante admisible.

III.6 ESFUERZOS EN LOSAS

El objetivo del modelo 3 fue analizar los esfuerzos de corte que se producen en las losas.

A continuación se muestran los máximos esfuerzos de corte que se presentan en las losas de cada piso debido tanto al sismo actuando en la dirección X como en la dirección Y.

III.6.1 ESFUERZOS EN LOSAS DEBIDO AL SISMO EN X

Losa del Primer Nivel :

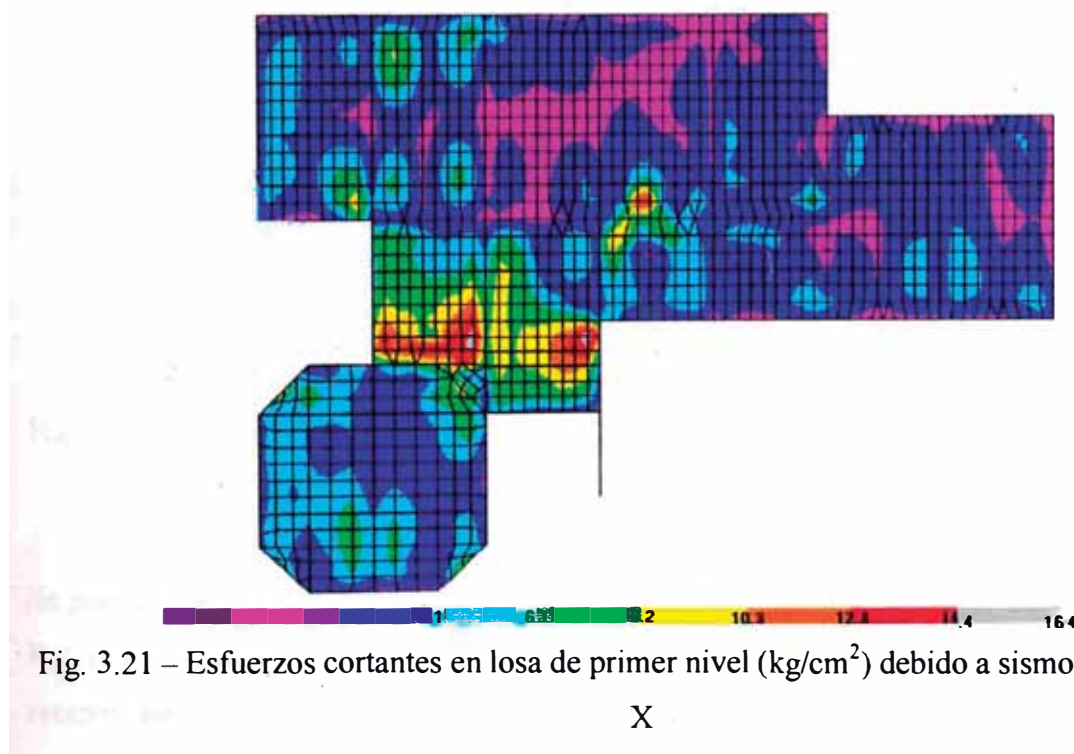


Fig. 3.21 – Esfuerzos cortantes en losa de primer nivel (kg/cm^2) debido a sismo en dirección

X

Se puede observar que los esfuerzos de corte alcanzan un valor de aproximadamente de 16.40 Kg/cm² y se encuentra localizado en la losa del pasadizo que une el bloque rectangular y el bloque octogonal, lo cual podría producir fisuramiento en el caso de sismo.

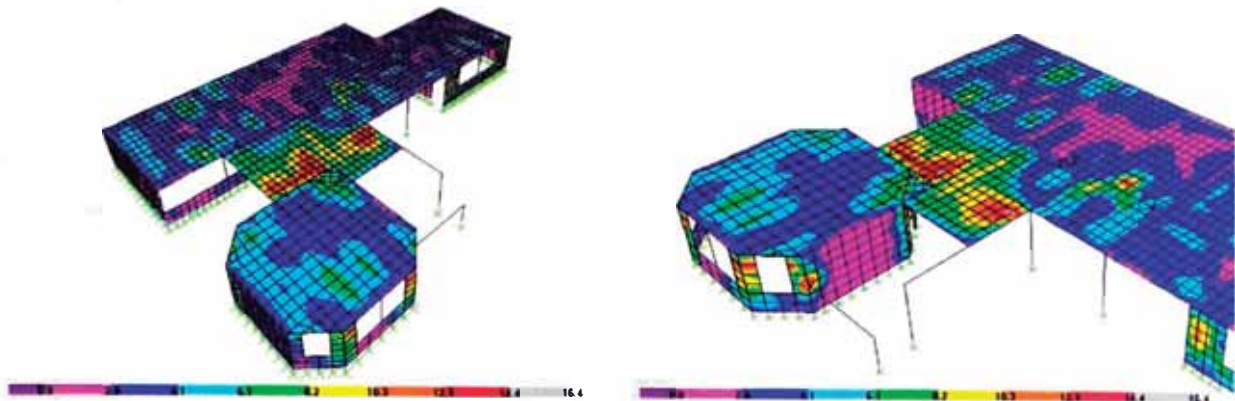


Fig. 3.22 - Esfuerzo de corte en losa de primer nivel – sismo en X

Losa del Segundo Nivel :

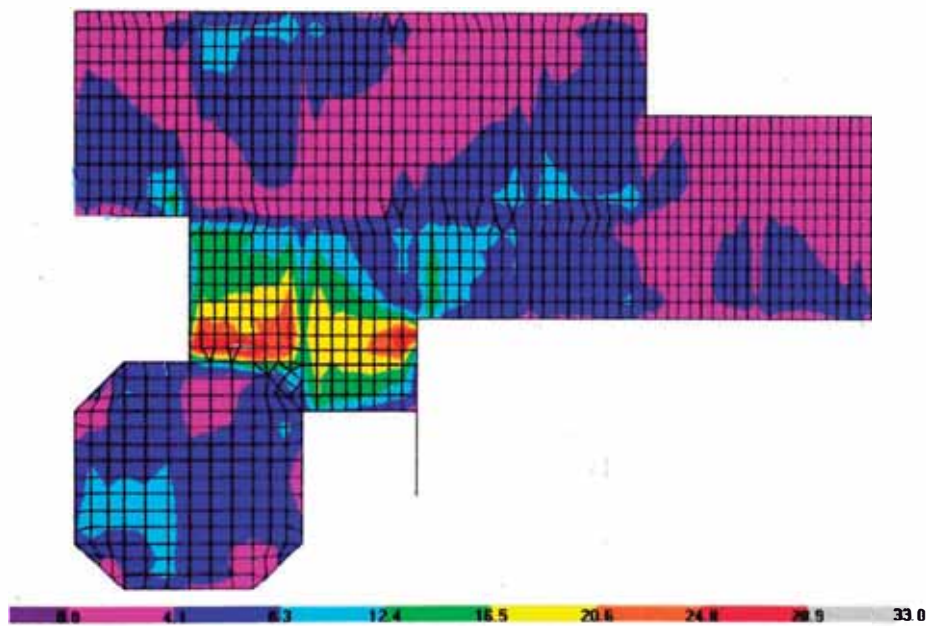


Fig. 3.23 – Esfuerzos cortantes en losa de segundo nivel (kg/cm²) debido a sismo en dirección X

Se puede observar que en el segundo nivel el esfuerzo de corte llega a alcanzar un valor de 33 Kg/cm², y también se encuentra localizado en la losa del pasadizo que une el bloque rectangular y el bloque octogonal, lo cual podría producir fisuramiento en el caso de sismo.

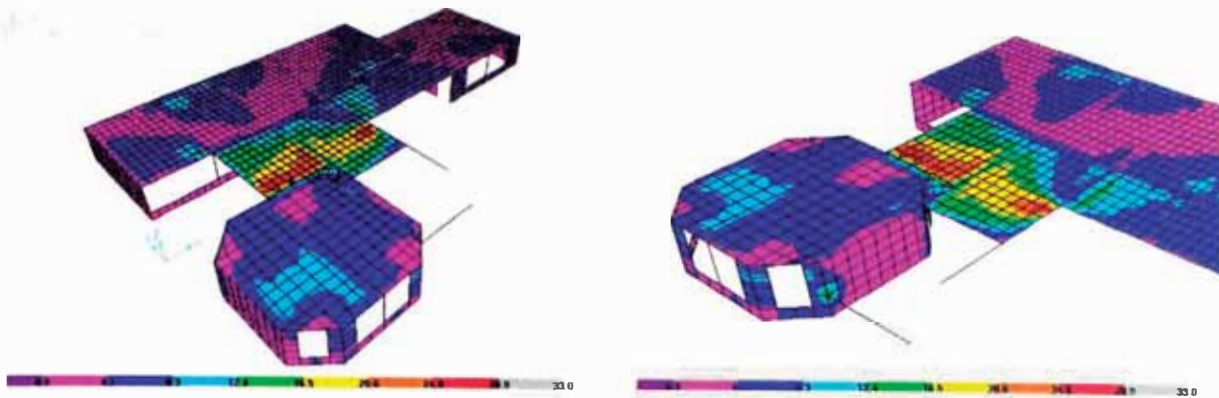
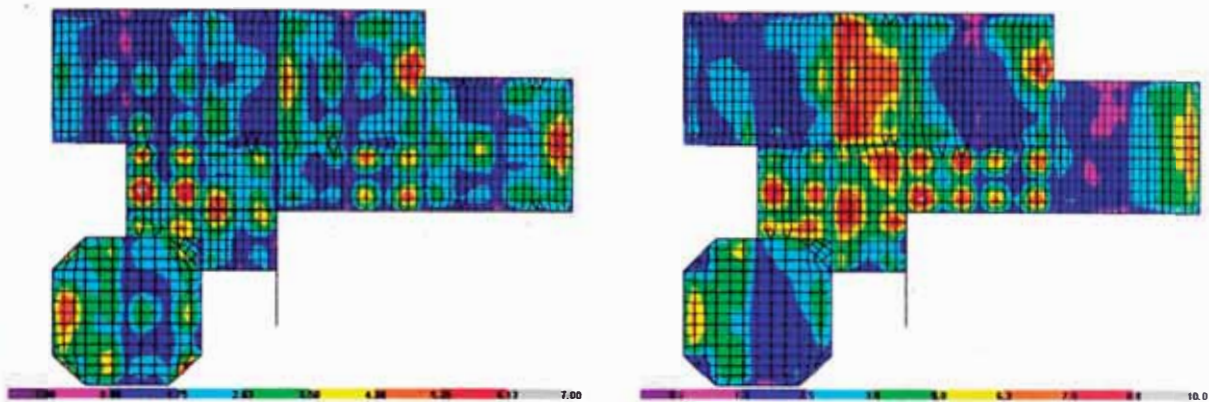


Fig. 3.24 – Esfuerzo de corte en losa de segundo nivel – sismo en X

III.6.2 ESFUERZOS EN LOSAS DEBIDO AL SISMO EN Y



Primer Nivel

$S_{12} = 7.00 \text{ Kg/cm}^2$

Segundo Nivel

$S_{12} = 10.00 \text{ Kg/cm}^2$

Fig. 3.25 – Esfuerzos cortantes en losa de primer nivel y segundo nivel (kg/cm^2) debido a sismo en dirección Y

Se puede observar que en el caso del sismo actuando en la dirección Y los esfuerzos de corte que se producen en la losa son menores.

De las gráficas antes mostradas podemos elaborar la siguiente tabla resumen:

Sismo	Nivel	$S_{12} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$
X	1	16.40
	2	33.00
Y	1	7.00
	2	10.00

Podemos estimar la capacidad al corte de la losa en su plano como la capacidad del concreto del concreto.

En el análisis se ha considerado un concreto cuya resistencia es de 210 Kg/cm^2 , cuya capacidad al corte es de aproximadamente de 7.68 Kg/cm^2 .

A esta capacidad le aplicamos un factor al corte de 0.85 obteniendo un cortante de 6.53 Kg/cm^2

Comparando esta capacidad admisible con los resultados obtenidos del análisis dinámico se observa que es inferior a los esfuerzos que aparecen debido a la acción del sismo.

Cabe anotar que las losas de alguna estructuras con similares características a la estudiada han sido efectivamente dañadas por sismos mas pequeños que el evento de diseño.

ALTERNATIVAS DE SEPARACIÓN EN BLOQUES

IV.1 INTRODUCCION

Como observación inicial se puede indicar que la norma vigente indica que para un colegio (estructura esencial) no está permitida una configuración irregular. La estructura analizada no cumple la norma. El objetivo principal de un trabajo de reparación o reforzamiento debería ser entonces eliminar este defecto de estructuración de carácter global.

De los planos con que se contó para el análisis se puede deducir que la edificación en su diseño original fue planteada como aporticada en la dirección longitudinal (Eje X) y de muros de corte de albañilería en la dirección transversal (Eje Y) (Modelo 1).

Sin embargo, debido al proceso constructivo seguido, en muchos se observa que casos los muros de albañilería de diferentes alturas colocados en la dirección longitudinal no tienen una separación sísmica adecuada, ya sea por que esta es de espesor insuficiente o porque ha sido rellena con un mortero rígido. Esto permite la transmisión de algunos esfuerzos de compresión y corte entre las columnas y muros. Este contacto entre muros y columnas genera el problema de columna corta. (Modelo 2).

Para poder analizar los esfuerzos de corte en las losas de la estructura con los muros acoplados se decidió modelar dichos elementos con elementos de cáscara. (Modelo 3).

Del análisis del Modelo 1 se pudo observar que los desplazamientos y las distorsiones cumplían con los requerimientos de la norma. Al verificar los esfuerzos de corte en los muros de albañilería se pudo observar que en algunos casos estos sobrepasaban el valor admisible.

Del análisis del Modelo 2 se pudo observar que los desplazamientos y las distorsiones cumplen con los requerimientos de la norma, pero esta rigidez generada por el contacto de los muros de tabiquería produce el problema de columna corta (fallas en los nudos superiores de

las columnas), lo cual se ha observado en muchos colegios que presentan la misma configuración del modelo analizado.

Del análisis del Modelo 3 se pudo observar que los esfuerzos de corte que aparecen en las losas de la estructura son mayores que el valor admisible en zonas muy localizadas como en el contacto con el bloque octogonal, lo cual indica que ante la ocurrencia de un sismo estas losas podían fisurarse.

IV.2 SEPARACION DE LA ESTRUCTURA EN DOS BLOQUES

A continuación se presenta una de las múltiples soluciones que se le ha dado a este problema: Separación de la estructura original en dos bloques, un bloque octogonal y otro bloque rectangular.

La separación de bloques se hizo en la losa que une ambas partes para lo cual se tuvo que adicionar algunos elementos de cierre en las losas de la zona aledaña al bloque octogonal.

Esta solución permite que los esfuerzos de corte en la losa que une el bloque octogonal y el bloque rectangular disminuyan.

IV.3 BLOQUE OCTOGONAL

Del análisis en los capítulos anteriores se pudo observar que el bloque octogonal posee cierta rigidez suficiente, por lo cual no se necesita adicionar elementos.

Con dicha premisa se usará la planta del módulo considerada en los análisis previos.

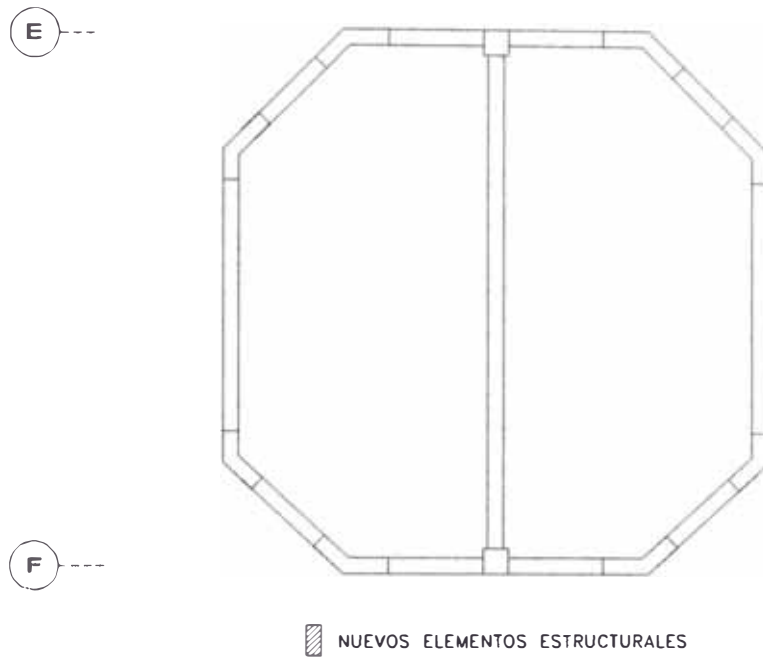


Fig. 4.1 – Planta del módulo octogonal a analizar

En el capítulo V se presentará en análisis de este bloque.

IV.4 BLOQUE RECTANGULAR

Del análisis de los capítulos anteriores se pudo observar que el bloque rectangular posee cierta rigidez que no permite que se desplace excesivamente en la dirección transversal en la que se tienen muros de albañilería, pero en la dirección longitudinal el bloque está conformado por pórticos de concreto armado, los cuales no poseen la misma rigidez que los muros de albañilería, por lo que si se necesita adicionar elementos que aumenten la rigidez en dicha dirección.

Por lo tanto, la planta del bloque utilizado en los análisis previos variará con la adición de vigas, columnas y placas.

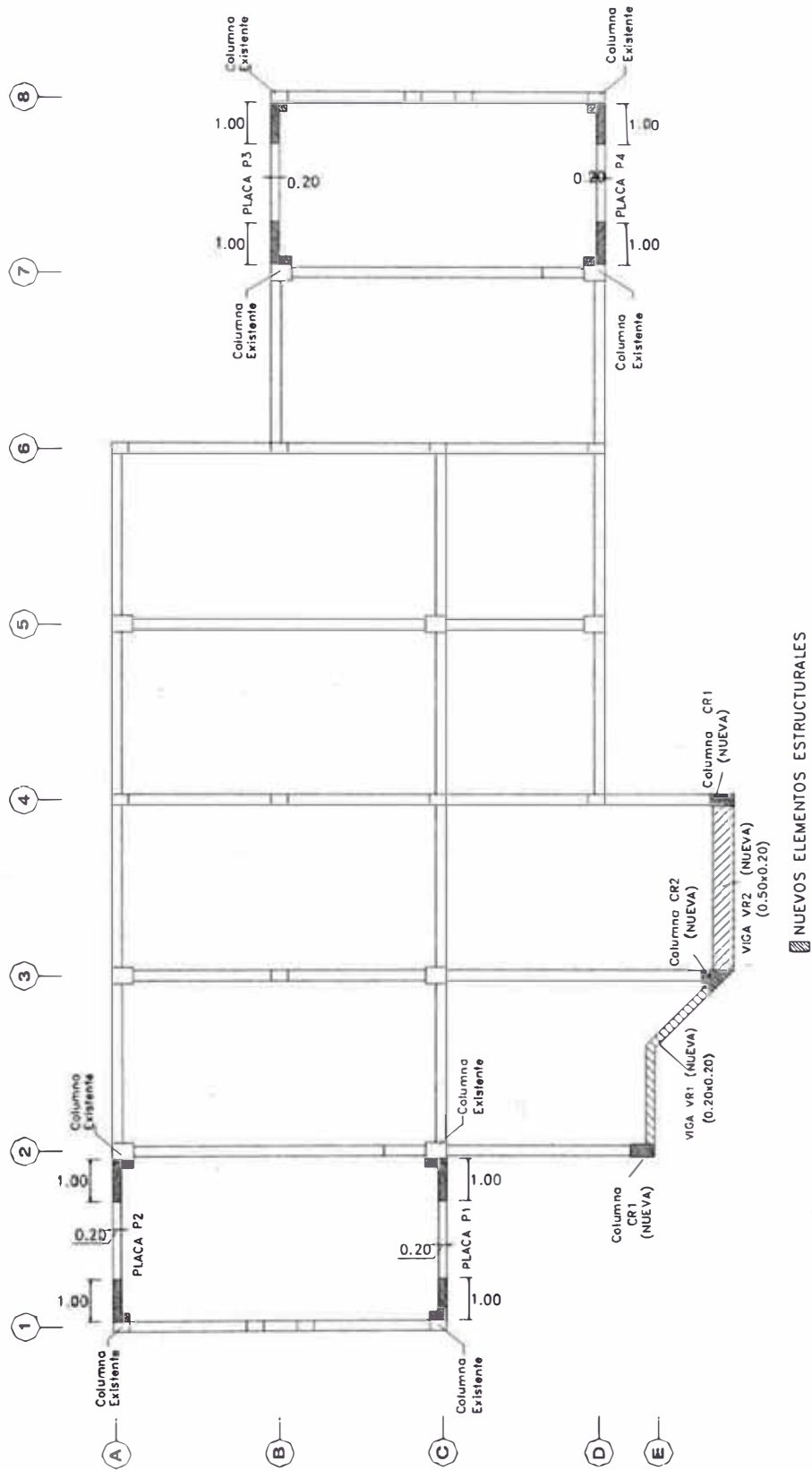


Fig. 4.2 – Planta del módulo rectangular a analizar

A continuación se bosquejan algunas características de los elementos adicionados al bloque original:





		CUADRO DE VIGAS NUEVAS	
		VR1	VR2
1er PISO	$b \times t$ \varnothing 	$.20 \times .20$ $4 \varnothing 1/2''$ $2 \varnothing 3/8'' : 1 \varnothing 0.05, 6 \varnothing 0.10$ Rto $\varnothing 0.15$	$.50 \times .20$ $8 \varnothing 1/2''$ $2 \varnothing 3/8'' : 1 \varnothing 0.05, 8 \varnothing 0.10$ Rto $\varnothing 0.15$
2do PISO	$b \times t$ \varnothing 	$.20 \times .20$ $4 \varnothing 1/2''$ $2 \varnothing 3/8'' : 1 \varnothing 0.05, 6 \varnothing 0.10$ Rto $\varnothing 0.15$	$.50 \times .20$ $8 \varnothing 1/2''$ $2 \varnothing 3/8'' : 1 \varnothing 0.05, 8 \varnothing 0.10$ Rto $\varnothing 0.15$
			

Fig. 4.3 – Cuadro de vigas adicionadas al bloque rectangular (Ver Fig. 4.2 para ubicación de elementos nuevos)



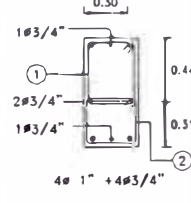
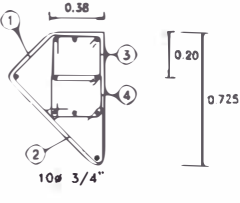
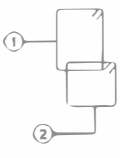
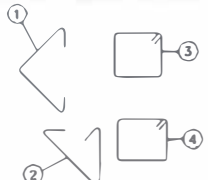
		CUADRO DE COLUMNAS NUEVAS	
		CR1	CR2
1er PISO	$b \times t$ \varnothing 	$.30 \times .60$ $4 \varnothing 1''$ $4 \varnothing 3/4''$ $2 \varnothing 3/8'' \varnothing 0.30$	Ver Sección $10 \varnothing 3/4''$ $4 \varnothing 3/8'' \varnothing 0.30$
2do PISO	$b \times t$ \varnothing 	$.30 \times .60$ $4 \varnothing 1''$ $4 \varnothing 3/4''$ $2 \varnothing 3/8'' \varnothing 0.30$	Ver Sección $10 \varnothing 3/4''$ $4 \varnothing 3/8'' \varnothing 0.30$
		 <p>Nota: Ver detalles de estribos</p>	 <p>Nota: Ver detalles de estribos</p>
			
DETALLES DE ESTRIBOS			

Fig. 4.4 – Cuadro de columnas adicionadas al bloque rectangular (Ver Fig. 4.2 para ubicación de elementos nuevos)

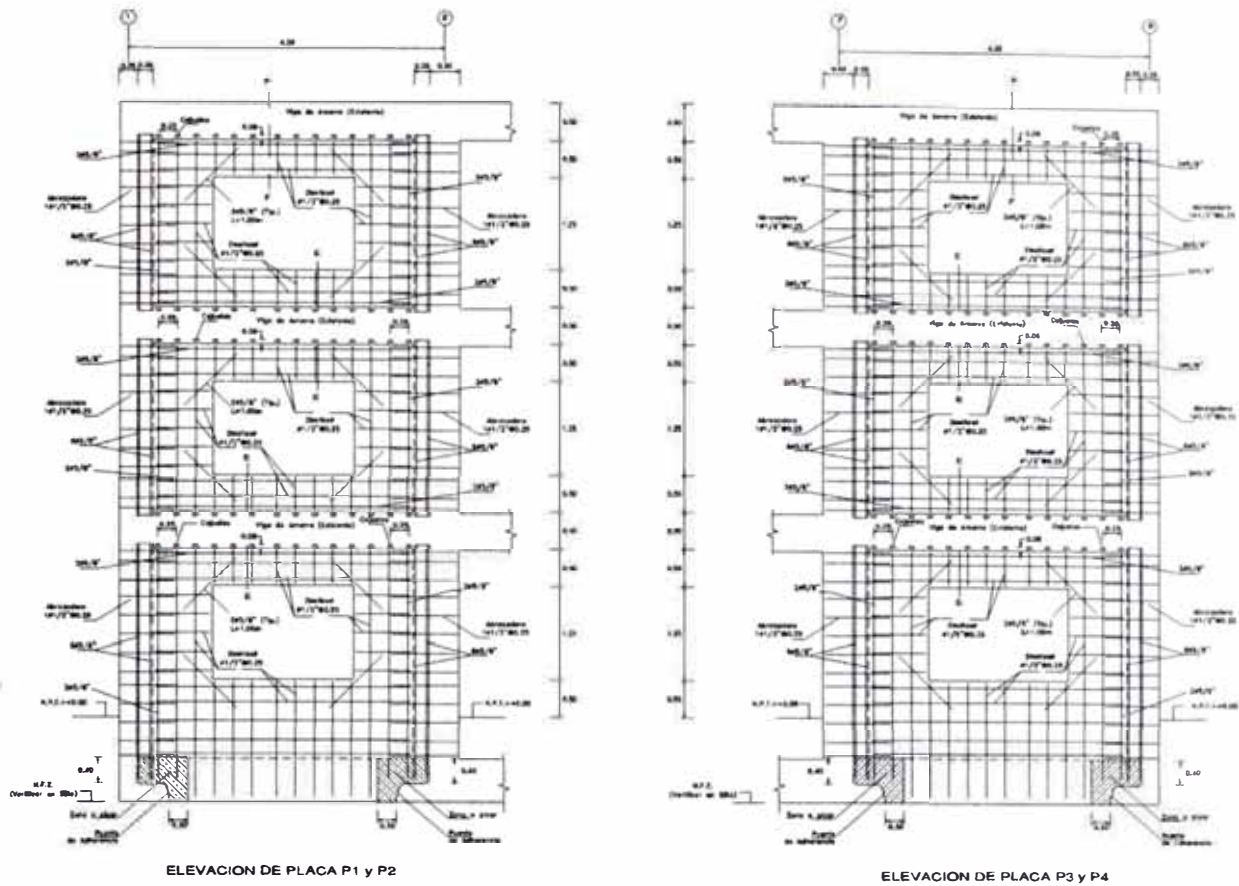


Fig. 4.5 – Cuadro de placas adicionadas al bloque rectangular (Ver Fig. 4.2 para ubicación de elementos nuevos)

El dimensionamiento y diseño de estos elementos fue propuesto por el CISMID. (Ref. 1)

En el capítulo VI se presentará en análisis de este bloque.

ANÁLISIS SISMICO PARA EL BLOQUE OCTOGONAL

V.1 INTRODUCCION

En el presente capítulo se analizará el primer bloque resultante de la separación de la estructura original.

V.2 CALCULO DEL PESO DE LA ESTRUCTURA

En el caso del peso debido a vigas, columnas y muros de concreto albañilería, el programa considera su peso debido a que han sido definidos los materiales que los conforman; por lo tanto solo faltaría calcular los pesos debido a otros factores como: tabiquería, peso propio de losas, acabados y fracción de carga viva.

Peso debido a tabiquería

Para considerar el efecto de la tabiquería en los pesos concentrados en los entrepisos se ha tenido en cuenta que la tabiquería solo contribuye al peso de la losa en la cual está apoyada.

Para la tabiquería se puede considerar un peso específico $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$

EJE E y F (OCTOGONO)

Primer Nivel	B	h	e	Vol
	1.6	0.8	0.25	0.32
	1.6	0.8	0.25	0.32
	1.6	0.8	0.25	0.32
	1.6	0.8	0.25	0.32
	1.6	0.8	0.25	0.32
	1.6	0.8	0.25	0.32
	1.6	0.8	0.25	0.32
				2.24

Segundo Nivel			
b	h	e	Vol
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
1.6	0.8	0.25	0.32
			2.24

Resumen:

	Vol.(m3)		Pesos. (t)	
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2
Eje E y F	2.24	2.24	4.26	4.26
Total	2.24	2.24	4.26	4.26

Peso debido a losa aligerada

En el caso de las losas de cada nivel se ha tomado en cuenta que se trata de una losa aligerada de 20cm de espesor, se deberá considerar solo el área que es ocupada por la losa y no por las vigas.

Se ha supuesto que el peso por unidad de área es de 0.30 t/m^2 .

Peso de losa = 0.3 t/m^2

Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel
29.226	29.226	29.226
29.226	29.226	29.226
58.452 m ²	58.452 m ²	58.452 m ²
17.54 t	17.54 t	17.54 t

Peso debido a acabados

Para el cálculo del peso debido a acabados se ha considerando un valor igual a 0.10 t/m^2 , obteniéndose :

	Area	Peso
Primer Nivel	64.16	6.42 t
Segundo Nivel	64.16	6.42 t

Carga viva

Considerando los valores que se obtienen al revisar la norma:

- 1er y 2do Nivel : S/C = 0.30 t/m² (Se debe tomar el 50%)
 3er Nivel : S/C = 0.10 t/m² (Se debe tomar el 25%)

Con lo cual tendríamos:

	Area	Peso
Primer Nivel	64.16	9.62 t
Segundo Nivel	64.16	9.62 t
Tercer Nivel	64.16	1.60 t

Pesos concentrados y masas concentradas

En resumen se presentan los pesos concentrados a ser adicionados al modelo.

		Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel
tabiquería	t	4.26	4.26	0.00
losa	t	17.54	17.54	17.54
acabados	t	6.42	6.42	0.00
sub-Total	t	28.21	28.21	17.54
Carga Viva	t	9.62	9.62	1.60
Total	t	37.83	37.83	19.14
	Masa	3.86	3.86	1.95

Cálculo de masas traslacionales y masas rotacionales

Haciendo uso del cuadro anterior calculamos los valores de masas traslacionales y rotacionales.

Considerando un valor de $g = 9.80 \text{ m/s}^2$

Nivel	Área (m ²)	Jo (En el origen)	Jo/A	Masa	Jm
1	64.16	331.14	5.16	3.860	19.92
2	64.16	331.14	5.16	3.860	19.92
3	64.16	331.14	5.16	1.953	10.08

Donde:

J_m = masa rotacional

$J_m = J_o * Masa / Area$ ($t \cdot s^2 / m \times m^2$)

Area = Área del nivel (m^2)

J_o = Momento polar de inercia (m^4)

Masa = Masa traslacional ($t \cdot s^2 / m$)

Ubicación de las masas adicionales

Dada la uniformidad de esta estructura, el centro de masas en los tres niveles tiene las mismas coordenadas $X = 2.0$, $Y = -9.54$

V.3 MODELO

A continuación se presenta el primer modelo empleado para el análisis. El modelo esta conformado por 420 Nudos, 111 elementos de barra y 315 elementos tipo cáscara.

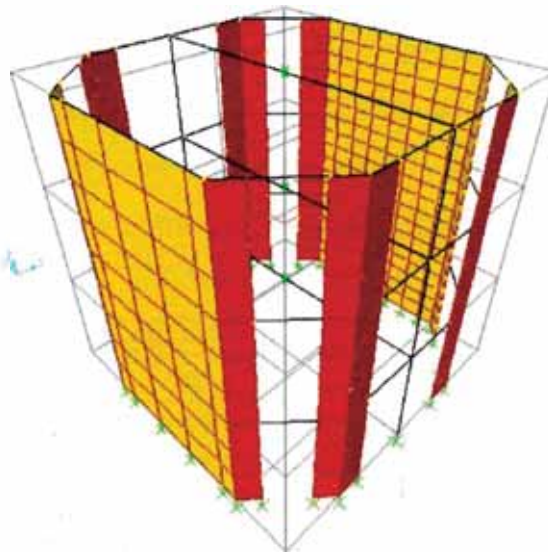


Fig. 5.1 – Modelo – Bloque Octogonal

V.4 CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL SISTEMA

MODO	PERIODO (s)	FRECUENCIA (1/s)	FRECUENCIA CIRCULAR (Rad/s)	EIGENVALOR (Rad/s)**2
1	0.163	6.127	38.49	1481.85
2	0.107	9.353	58.76	3453.21
3	0.071	14.108	88.64	7857.89
4	0.049	20.418	128.29	16457.59
5	0.037	27.080	170.15	28950.84
6	0.036	28.145	176.84	31271.53
7	0.035	28.973	182.04	33139.76
8	0.033	30.599	192.26	36962.46
9	0.031	32.699	205.46	42212.45

Tabla. 5.1 – Características físicas del modelo octogonal

En la siguiente tabla se puede observar: en la primera columna se indica el número del modo (n), en la segunda columna se aprecian los valores de los periodos (T) para cada forma de modo y en la tres siguientes columnas se observan los porcentajes de participación de masas en cada dirección. Estos valores nos proporcionan una medida de cuan importante es el modo en el cálculo de las fuerzas resultantes en la base en cada una de las tres direcciones. Finalmente, en las tres últimas columnas se listan las los porcentajes de participación de masas acumulados en cada dirección. Estas son indicativas de cuantos modos se requieren para alcanzar un cierto grado de exactitud en los resultados del análisis dinámico.

MODO	PERIODO	MODO INDIVIDUAL (%)			SUMA ACUMULADA (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.163	78.71	0.17	0.00	78.71	0.17	0.00
2	0.107	0.15	83.38	0.00	78.86	83.56	0.00
3	0.071	0.02	0.13	0.00	78.88	83.68	0.00
4	0.049	13.08	0.02	0.00	91.96	83.70	0.00
5	0.037	0.29	0.04	0.00	92.25	83.75	0.00
6	0.036	0.02	10.69	0.00	92.27	94.44	0.00
7	0.035	0.71	0.16	0.00	92.98	94.60	0.00
8	0.033	0.49	0.00	0.00	93.47	94.60	0.00
9	0.031	0.99	0.00	0.00	94.45	94.60	0.00

Tabla. 5.2 – Factores de participación de modelo octogonal

En las siguientes figuras se presenta las principales formas de modo para el modelo octogonal

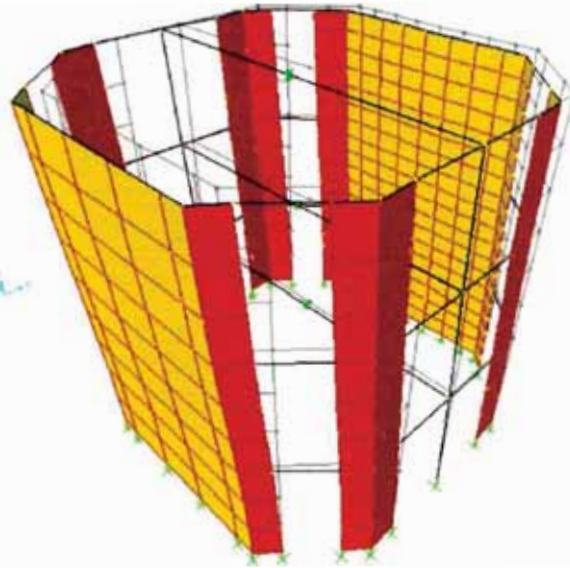


Fig. 5.2 – Modelo Octogonal – modo 1 (longitudinal) $T = 0.163$ s

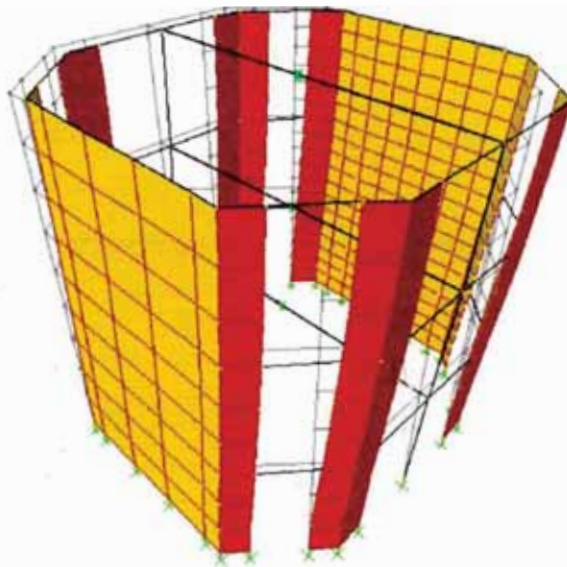


Fig. 5.3 – Modelo octogonal – modo 2 (transversal) $T = 0.109$ s

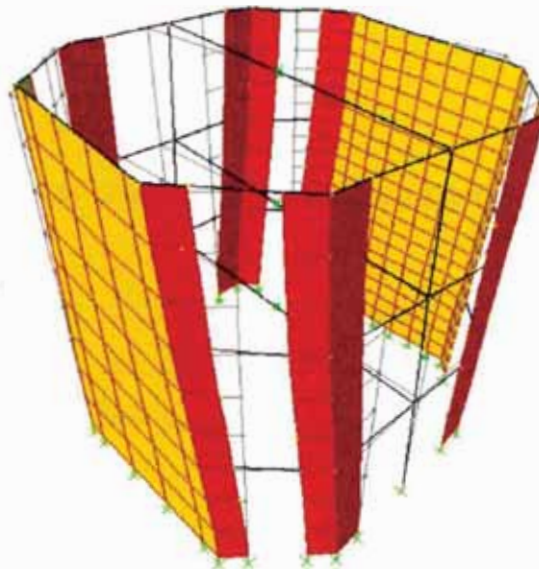


Fig. 5.4 – Modelo octogonal – modo 3 (torsional) $T = 0.071$ s

V.5 ANALISIS DINAMICO

Para llevar a cabo este análisis dinámico se procederá a someter a la estructura a un espectro de pseudo aceleraciones en ambas direcciones, con lo cual se podrá calcular los desplazamientos que se producirán en la estructura así como también los esfuerzos en los muros.

V.5.1 ESPECTRO UTILIZADO

Se hará uso del espectro especificado en la norma vigente para lo cual se determinarán los parámetros necesarios.

V.5.1.1 PARÁMETROS Z , U , S , T_p , R , C

- FACTOR DE ZONA “Z”

$$Z = 0.40$$

Ya que la estructura se encuentra ubicada en la zona 3.

- FACTOR DE USO “U”

$$U = 1.50$$

Por tratarse de una edificación de categoría A – Edificación esencial.

- FACTOR DE SUELO

$$S = 1.0$$

$$T_p = 0.4$$

Se considera que la estructura se encuentra ubicada en un suelo bueno.

- FACTOR DE REDUCCIÓN "R"

$$R = 8 \text{ (En la dirección X)}$$

$$R = 3 \text{ (En la dirección Y)}$$

En la dirección X se observa que los pórticos son los que resisten la demanda sísmica mientras que en la dirección Y son los muros de albañilería los que resisten la demanda sísmica.

En ambos casos la estructura se puede considerar regular.

- FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA "C"

En la dirección X:

Considerando que:

$$C_t = 35$$

$$H = 8.7\text{m}$$

Podemos dar un valor aproximado del periodo fundamental que sería igual a:

$$T = 0.25\text{s}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right) = 2.5 * \left(\frac{0.4}{0.25} \right) = 4$$

Pero como por requerimientos de la norma $C \leq 2.5$, entonces tenemos:

$$C_x = 2.5$$

En la dirección Y:

Considerando que:

$$C_t = 60$$

$$H = 8.7\text{m}$$

$$T = 0.15\text{s}$$

En consecuencia se tiene:

$$C_y = 2.5$$

V.5.2 CALCULO DE FUERZA CORTANTE EN LA BASE

La fuerza total en la base de la estructura se determina según la norma por medio de la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R}P$$

Donde P representa el peso total de la estructura.

Reemplazando los parámetros antes mencionados:

	Dir. X	Dir. Y	
Z	0.4	0.4	(Capítulo 2 - Art. 5)
U	1.5	1.5	(Capítulo 3 - Art. 10)
S	1	1	(Capítulo 2 - Art. 6)
R	8	3	(Capítulo 3 - Art. 12)
Ct	35	60	(Capítulo 4 - Art. 17.2)
Tp	0.4	0.4	(Capítulo 2 - Art. 6)
C	2.5	2.5	(Capítulo 2 - Art. 7)

Tabla. 5.3 – Resumen de parámetros utilizados en el análisis del modelo octogonal

	Dir. X	Dir. Y
V (%P)	18.75	50

Tabla. 5.4 – Cortante en la base del modelo octogonal expresado como porcentaje del peso

Se puede hacer un estimado de los pesos de columnas, vigas y muros y así adicionarlos a los pesos ya encontrados para calcular el peso total de la estructura y calcular el cortante estático en la base:

<u>Areas :</u>	
Primer Nivel	64.159
Segundo Nivel	64.159
Tercer Nivel	64.159
Factor de Columnas : 0.11 t/m ²	
Factor de Vigas : 0.13 t/m ²	
Factor de Muros : 0.15 t/m ²	

Pesos por niveles :

		Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel
Columnas	t	7.06	7.06	7.06
Vigas	t	8.34	8.34	8.34
Muros	t	9.62	9.62	0.00
Tabaquería	t	4.26	4.26	0.00
Losa	t	17.54	17.54	17.54
Acabados	t	6.42	6.42	0.00
Sub-Total	t	53.23	53.23	32.93
Carga Viva	t	9.62	9.62	1.60
Total	t	62.85	62.85	34.54

P = 160.24 t

Con lo cual tendríamos los siguientes cortantes en la base para los modelos analizados:

	Dir. X	Dir. Y	
V (t)	30.05	80.12	(V. Estático)

V.5.3 CALCULO DEL ESPECTRO DE SEUDO ACELERACIONES

Para definir la acción sísmica se usará el espectro dado por la norma:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

Los valores de Z, U, S y R los tomamos de los cálculos anteriores, en cambio, el valor de C se debe determinar como una función del período, con lo cual tendríamos:

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

El valor de T_p depende del tipo de suelo.

A continuación se presentan los valores de los espectros de pseudo aceleración usados en el modelo.

Dirección X:

T (s)	C	Sa (m/s ²)
0.0	2.50	1.84
0.1	2.50	1.84
0.2	2.50	1.84
0.3	2.50	1.84
0.4	2.50	1.84
0.5	2.00	1.47
0.6	1.67	1.23
0.7	1.43	1.05
0.8	1.25	0.92
0.9	1.11	0.82
1.0	1.00	0.74
1.1	0.91	0.67
1.2	0.83	0.61
1.3	0.77	0.57
1.4	0.71	0.53
1.5	0.67	0.49
1.6	0.63	0.46
1.7	0.59	0.43
1.8	0.56	0.41

Tabla. 5.5 – Espectro de seudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo octogonal

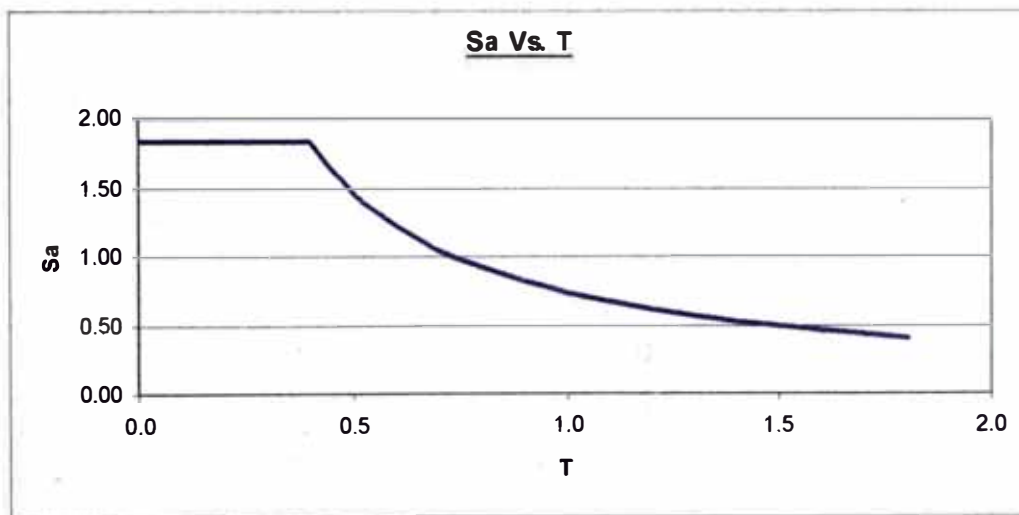


Fig. 5.5 – Gráfica del espectro de seudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo octogonal

Dirección Y:

T (s)	C	Sa (m/s ²)
0.0	2.50	4.90
0.1	2.50	4.90
0.2	2.50	4.90
0.3	2.50	4.90
0.4	2.50	4.90
0.5	2.00	3.92
0.6	1.67	3.27
0.7	1.43	2.80
0.8	1.25	2.45
0.9	1.11	2.18
1.0	1.00	1.96
1.1	0.91	1.78
1.2	0.83	1.63
1.3	0.77	1.51
1.4	0.71	1.40
1.5	0.67	1.31
1.6	0.63	1.23
1.7	0.59	1.15
1.8	0.56	1.09

Tabla. 5.6 – Espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo octogonal

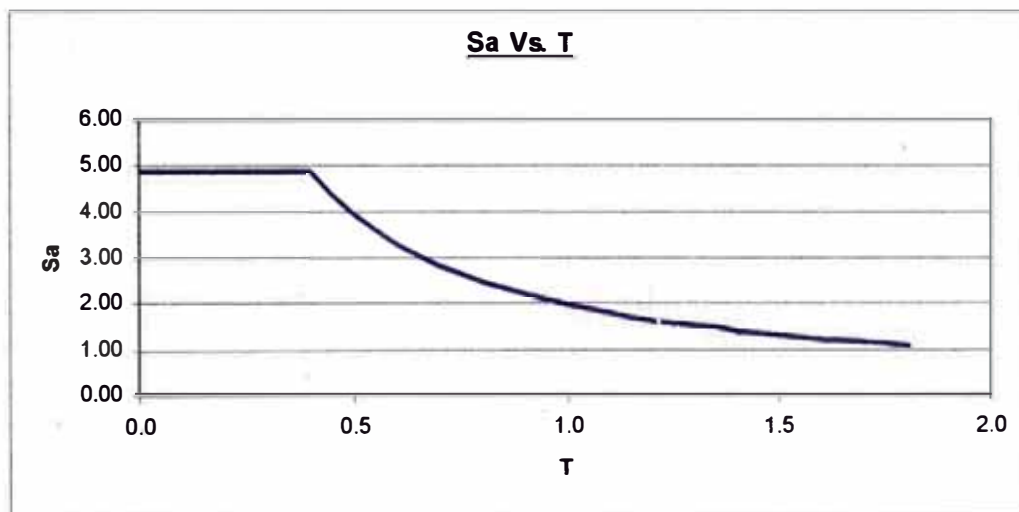


Fig. 5.6 – Gráfica del espectro de pseudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo octogonal

V.6 CALCULO DE FUERZA, DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES DE ENTREPISO

Con el modelo y espectros de aceleraciones antes presentados se procede a llevar a cabo el análisis dinámico con el programa SAP2000, el cual nos da los siguientes resultados:

V.6.1 FUERZAS EN LA BASE

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	31.97	1.49	0.00	-9.15	202.90	312.89
2	0.05	-1.41	0.00	8.77	0.40	-5.26
3	0.00	-0.01	0.00	0.12	0.07	-1.46
4	5.31	0.21	0.00	0.65	-0.27	51.21
5	0.11	0.04	0.00	0.05	-0.05	1.32
6	0.00	-0.16	0.00	-0.22	-0.02	-0.61
7	0.28	-0.13	0.00	-0.17	-0.13	2.18
8	0.19	0.00	0.00	-0.01	0.38	1.93
9	0.40	0.00	0.00	0.01	0.75	3.88

Tabla 5.7 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	32.46	2.03	0.00	12.37	202.92	317.23

Tabla 5.8 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

De este resultado se puede observar que el corte en la base de la estructuras es de 32.46 t; este valor debe ser comparado con el una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 24.04 t.

Según el artículo Capítulo 4 - Artículo 18.2 c de la norma N.T.E E.030 Sismorresistente el cortante en la base no podrá ser menor que el 80% del obtenido según el método estático, con lo cual obtendríamos:

	Dir. X	
80%V (t)	24.04	(80% Estatico)
V (t)	32.46	(Dinamico - SAP)

Debido a que el Cortante Dinámico es mayor que el 80% del Cortante Estático no es necesario escalar las fuerzas.

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	3.99	0.18	-0.00	-1.14	25.34	39.08
2	-3.78	90.33	0.10	-558.48	-26.04	335.00
3	-0.05	0.13	0.00	-0.88	-0.53	10.52
4	0.57	0.02	0.00	0.07	-0.02	5.51
5	0.12	0.04	0.00	0.05	-0.06	1.37
6	-0.43	11.58	-0.12	16.15	1.50	43.36
7	-0.36	0.17	-0.00	0.21	0.17	-2.76
8	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.11
9	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10

Tabla 5.9 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	5.42	91.19	0.16	558.72	35.45	343.09

Tabla 5.10 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

De este resultado se puede observar que el cortante en la base de la estructuras es de 91.20 t; este valor debe ser comparado con una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 80.12 t.

	Dir. Y	
80%V (t)	64.10	(80% Estatico)
V (t)	91.20	(Dinamico - SAP)

Debido a que el Cortante Dinámico es mayor que el 80% del Cortante Estático no es necesario escalar las fuerzas.

V.6.2 DESPLAZAMIENTOS DEL CENTRO DE MASA

Se presentan a continuación los valores de los desplazamientos de los centros de masa (cm) de cada uno de los diafragmas considerados en el modelo; esto debido a que podemos considerar el desplazamiento de los centros de masa como el desplazamiento representativo de entepiso.

SISMO - X

	Modelo
Piso 1	0.0486
Piso 2	0.1187
Piso 3	0.1686

SISMO - Y

	Modelo
Piso 1	0.0691
Piso 2	0.1439
Piso 3	0.1874

Tabla. 5.11 – Desplazamientos en el modelo octogonal debido al sismo en X e Y

Cálculo de desplazamientos Reales (Capítulo 4 - Artículo 16.4)

La norma indica que estos desplazamientos deben ser multiplicados por 0.75R, y después con estos valores se calcularían los distorsiones de entrepiso, con lo cual tendríamos:

SISMO - X

	Modelo
Piso 1	0.2916
Piso 2	0.7122
Piso 3	1.0116

SISMO - Y

	Modelo
Piso 1	0.1555
Piso 2	0.3238
Piso 3	0.4217

Tabla. 5.12 – Desplazamientos reales en el modelo octógono debido al sismo en X e Y

Desplazamientos C.M. debido al Sismo en X

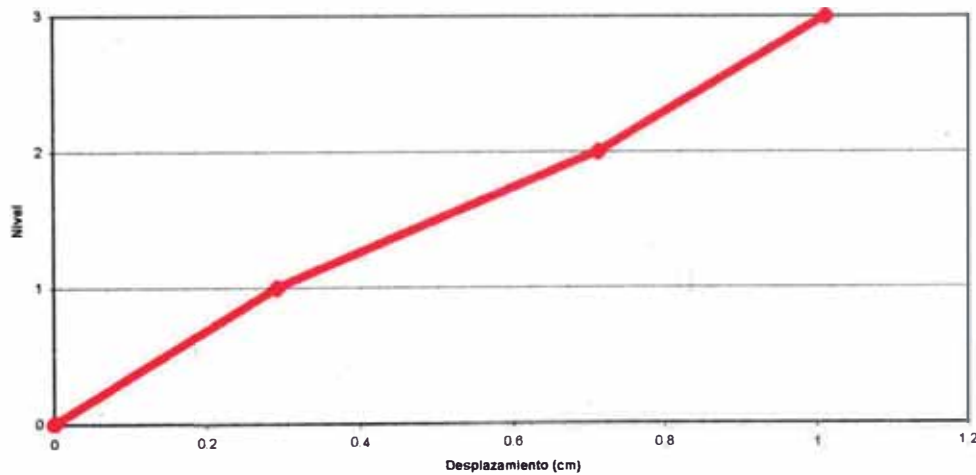


Fig. 5.7 – Desplazamientos del modelo octogonal debido al sismo en X

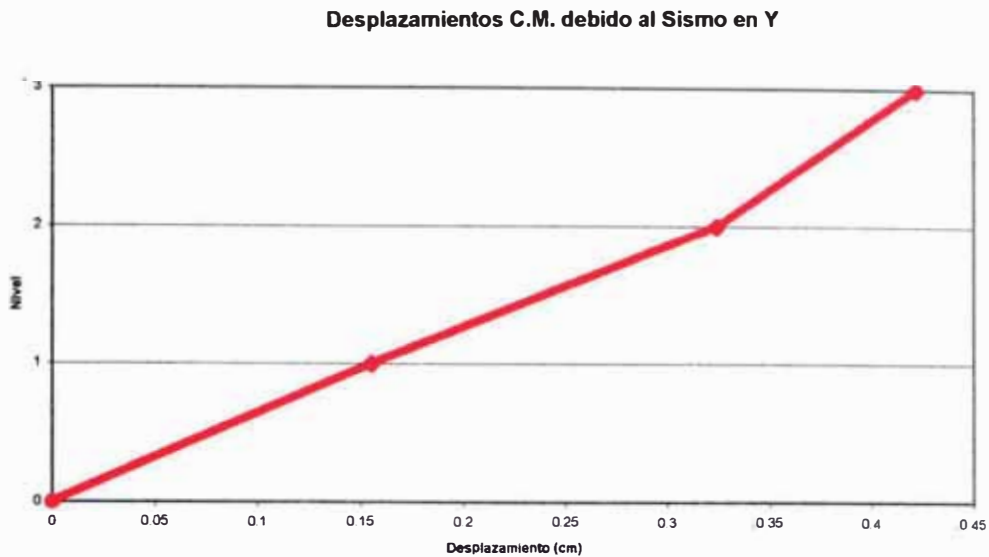


Fig. 5.8 – Desplazamientos del modelo octogonal debido al sismo en Y

V.6.3 DISTORSIONES

Con los valores antes presentados calculamos las distorsiones de entrepiso debidas a la acción del sismo en las direcciones X e Y.

Sismo X

Nivel	Distorsiones
0	0
1	0.0010
2	0.0015
3	0.0010

Tabla. 5.13 – Distorsiones en el modelo octogonal debido al sismo en X

La norma en su Capítulo 3 - Artículo 15.1 da como límite de distorsión de entrepiso el valor de 0.007 en el caso de que el material preponderante sea concreto.

Observamos que en esta dirección la estructura cumple con las exigencias de la norma actual.

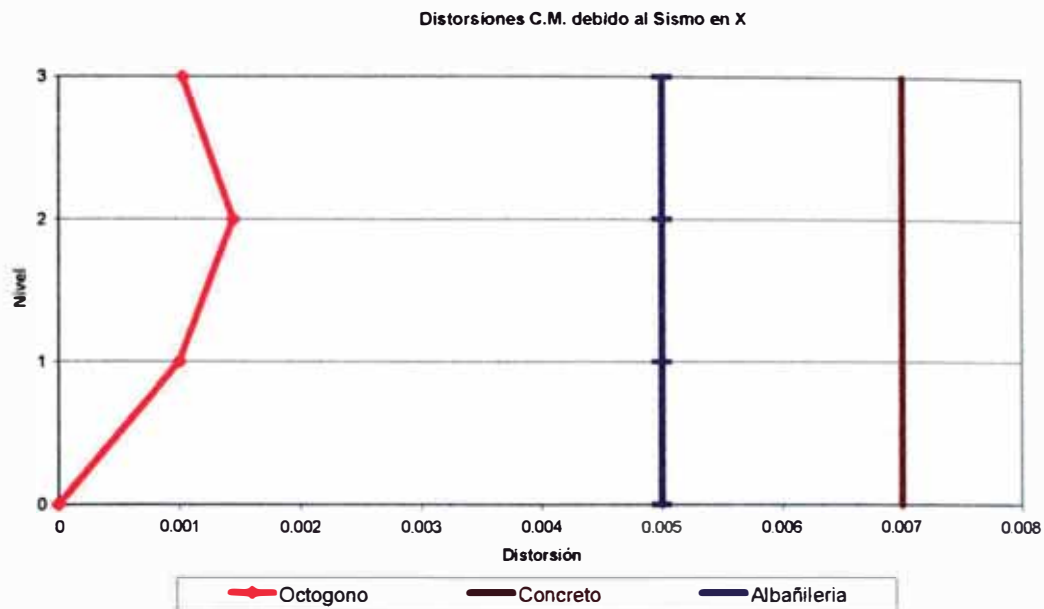


Fig. 5.9 – Gráfico de distorsiones en el modelo octogonal debido al sismo en X

Sismo Y

Nivel	Distorsiones
0	0
1	0.0005
2	0.0006
3	0.0003

Tabla. 5.14 – Distorsiones en el modelo octógono debido al sismo en Y

La norma en su Capítulo 3 - Artículo 15.1 da como límite de distorsión de entrepiso el valor de 0.005 en el caso de que el material preponderante sea albañilería.

Observamos que en esta dirección la estructura cumple con las exigencias de la norma actual.

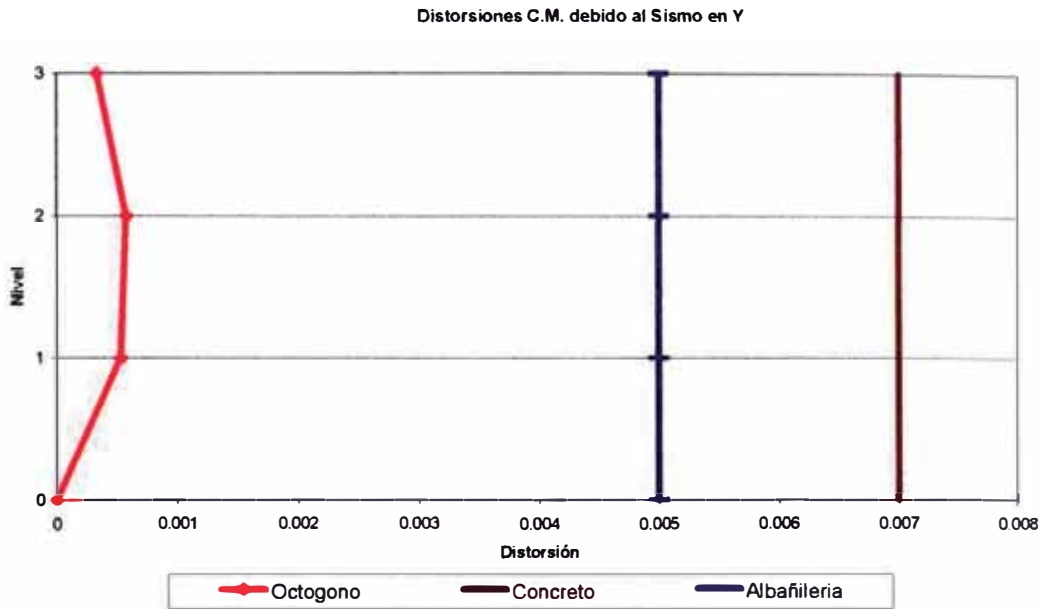


Fig. 5.10 – Gráfico de distorsiones en el modelo octogonal debido al sismo en Y

V.7 ESFUERZOS EN LA ALBAÑILERÍA

A continuación se presentan las gráficas y las tablas del modelo con los máximos esfuerzos de corte que aparecen en la albañilería debido tanto al sismo en la dirección X como el sismo en la dirección Y.

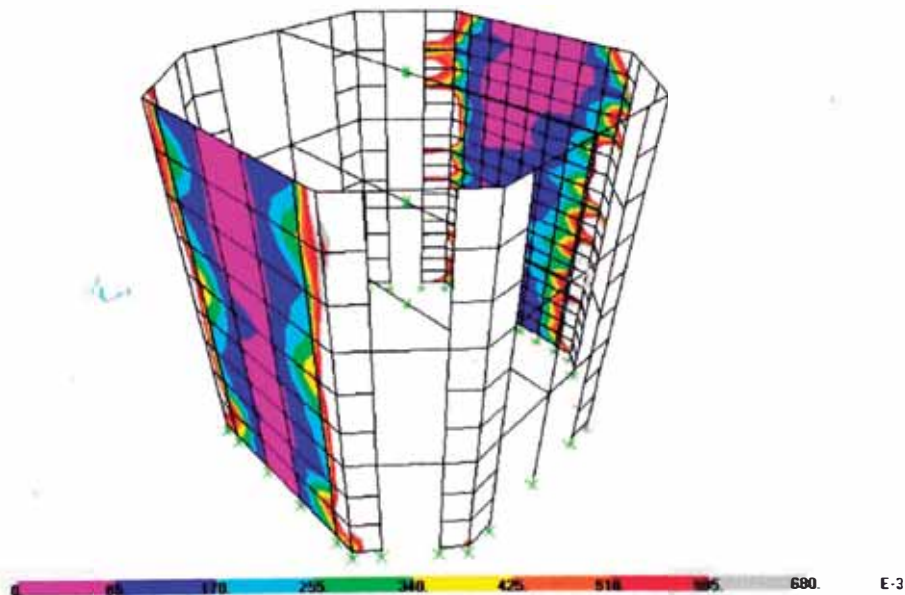


Fig. 5.11 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo octogonal – sismo X.

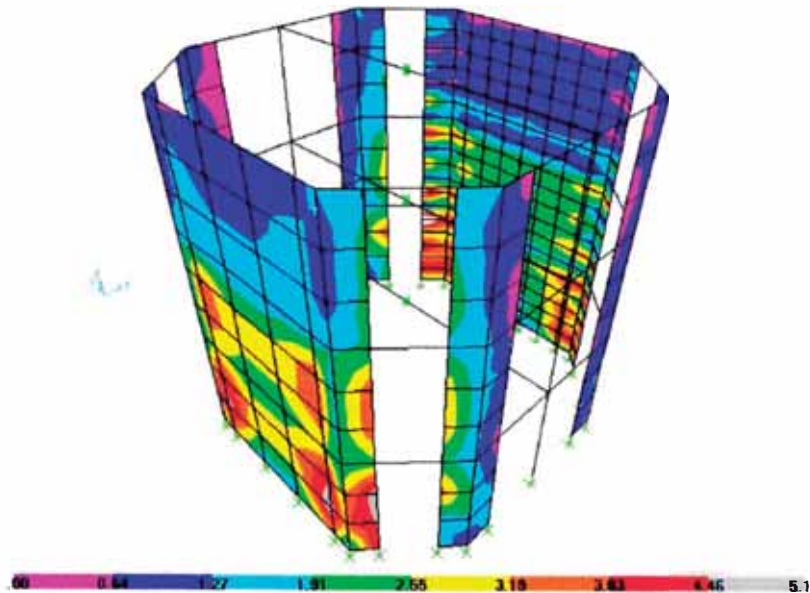


Fig. 5.13 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo octogonal – sismo Y.

De las gráficas anteriores podemos obtener el siguiente cuadro resumen donde presentamos los máximos valores de esfuerzo cortante que se presenta en la albañilería.

	S12 (Kg/cm ²)
Sismo X	0.75
Sismo Y	5.00

Debido a que se trata de mampostería confinada y que los esfuerzos verticales son bajos se puede considerar que el esfuerzo cortante admisible en condiciones de servicio es de aproximadamente 1.8 Kg/cm².

Los esfuerzos cortantes promedio en una sección están dentro de lo admisible.

CAPITULO VI

ANÁLISIS SISMICO PARA EL BLOQUE RECTANGULAR

VI.1 INTRODUCCION

En el presente capítulo se analizará el segundo bloque resultante de la separación de la estructura original.

VI.2 CALCULO DEL PESO DE LA ESTRUCTURA

En el caso del peso debido a vigas, columnas y muros de concreto albañilería, el programa considera su peso debido a que han sido definidos los materiales que los conforman, por lo tanto solo faltaría calcular los pesos debido a otros factores como: tabiquería, peso propio de losas, acabados y fracción de carga viva.

Peso debido a tabiquería

La tabiquería solo contribuye al peso de la losa sobre la cual se apoya. Para la tabiquería se puede considerar un valor de peso específico $\gamma = 1900 \text{ Kg/m}^3$

Resumen:

	Vol.(m3)		Pesos. (t)	
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2
Eje A	3.83	5.16	7.27	9.80
Eje B	1.04	1.04	1.98	1.98
Eje C	4.60	4.67	8.73	8.87
Eje D	1.50	1.50	2.86	2.86
	10.96	12.37	20.83	23.50

Peso debido a losa aligerada

Debido a que se ha considerado una losa de 20cm de espesor, el peso por unidad de área es de 0.30 t/m².

Peso de losa = 0.3 t/m²

Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel - Area (m ²)
Area (m ²)	Area (m ²)	Rectángulo
28.24	28.24	28.24
28.24	28.24	28.24
28.24	28.24	28.24
28.24	28.24	28.24
28.24	28.24	28.24
28.24	28.24	28.24
28.24	28.24	28.24
13.33	13.33	197.70
12.90	12.90	
25.02	25.02	
19.96	19.96	
268.93	268.93	
		59.31
80.68 t	80.68 t	

Peso debido a acabados

Para el cálculo del peso de acabados se ha considerando un valor igual a 0.10 t/m².

Peso de acabados = 0.1 t/m²

	Area	Peso
Primer Nivel	304.91	30.49 t
Segundo Nivel	304.91	30.49 t

Carga viva

Considerando los valores que se obtienen al aplicar la norma:

- 1er y 2do Nivel : S/C = 0.30 t/m² (Se debe tomar el 50%)
- 3er Nivel : S/C = 0.10 t/m² (Se debe tomar el 25%)

Con lo cual tendríamos:

	Area	Peso
Primer Nivel	304.91	45.74 t
Segundo Nivel	304.91	45.74 t
Tercer Nivel		
Rectangulo	221.97	5.55 t

Pesos concentrados y masas concentradas

En resumen se presentan los pesos concentrados a ser adicionados al modelo.

		Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel
				Rectángulo
Tabiquería	t	20.83	23.50	0.00
Losa	t	80.68	80.68	59.31
Acabados	t	30.49	30.49	0.00
Sub-Total	t	132.00	134.67	59.31
S/C	t	45.74	45.74	5.55
Total	t	177.74	180.41	64.86
	Masa	18.14	18.41	6.62

Cálculo de masas traslacionales y masas rotacionales

Haciendo uso del cuadro anterior calculamos los valores de masas.

Considerando un valor de $g = 9.80 \text{ m/s}^2$

Nivel	Area	Jo (En el origen)	Jo/A	Masa	Jm
1	304.91	16844.77	55.24	18.14	1001.94
2	304.91	16844.77	55.24	18.41	1017.00
3	221.97	13474.69	60.71	6.62	401.76

Donde:

Jm = masa rotacional

$$Jm = Jo * Masa / Area \text{ (t-s}^2/\text{m} \times \text{m}^2)$$

$$Area = \text{Área del nivel (m}^2)$$

$$Jo = \text{Momento polar de inercia (m}^4)$$

$$Masa = \text{Masa traslacional (t-s}^2/\text{m)}$$

Ubicación de las masas adicionales

	X	Y
Primer Nivel	13.91	1.25
Segundo Nivel	13.91	1.25
Tercer Nivel		
Rectángulo	14.70	2.70

VI.3 MODELO

A continuación se presenta el primer modelo empleado para el análisis. Esta conformado por 992 Nudos, 461 elementos de barra y 724 elementos tipo cáscara.

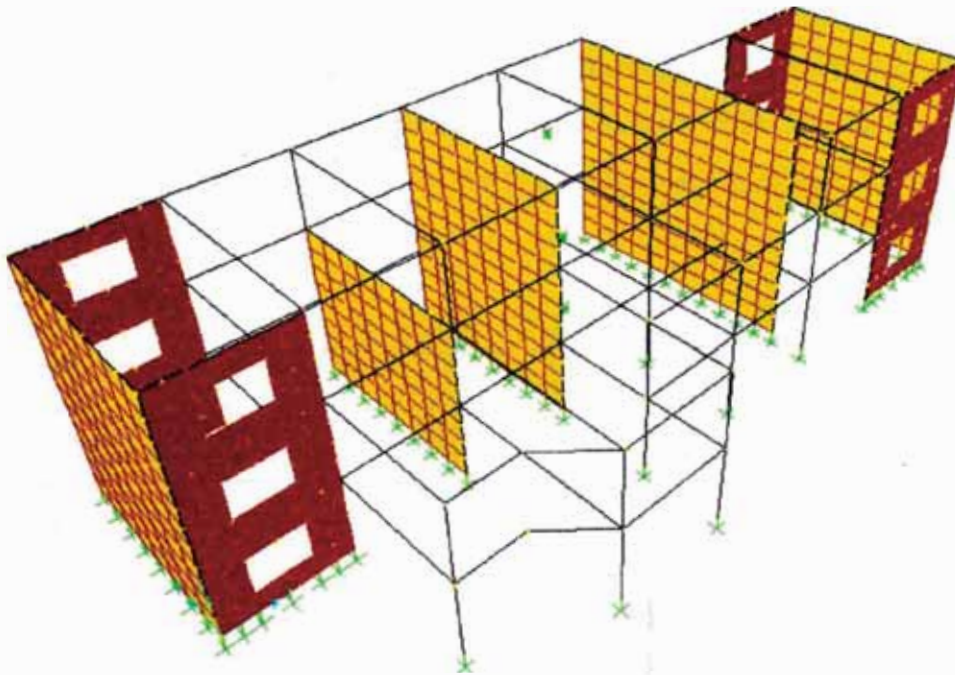


Fig. 6.1 – Modelo – bloque rectangular

VI.4 CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL SISTEMA

Se sabe que las formas son una característica propia del sistema y que por lo tanto no dependen de las cargas aplicadas. A continuación se presentan los 9 primeros modos del modelo analizado.

MODO	PERIODO (s)	FRECUENCIA (1/s)	FRECUENCIA CIRCULAR (Rad/s)	EIGENVALOR (Rad/s)**2
1	0.142	7.00	44.03	1938.68
2	0.130	7.68	48.25	2329.01
3	0.104	9.58	60.25	3630.44
4	0.059	16.69	104.88	11000.33
5	0.058	16.97	106.63	11370.52
6	0.051	19.43	122.14	14918.75
7	0.049	20.13	126.49	16001.37
8	0.048	20.41	128.26	16452.67
9	0.047	20.86	131.07	17181.14

Tabla. 6.1 – Características físicas del modelo rectangular

En la siguiente tabla se puede observar:

En la primera columna se indica el número del modo (n), en la segunda columna se listan los valores de los periodos (T) para cada forma de modo, en la tres siguientes columnas se observan los porcentajes de participación de masas en cada dirección. Finalmente, en las tres últimas columnas se indican las los porcentajes de participación de masas acumulados en cada dirección.

MODO	PERIODO	MODO INDIVIDUAL (%)			SUMA ACUMULADA (%)		
		UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
1	0.142	80.22	0.01	0.00	80.22	0.01	0.00
2	0.130	0.01	86.16	0.00	80.24	86.18	0.00
3	0.104	0.05	0.09	0.00	80.29	86.28	0.00
4	0.059	0.00	0.00	0.02	80.30	86.28	0.02
5	0.058	0.00	0.00	0.10	80.30	86.28	0.13
6	0.051	4.63	0.00	0.00	84.93	86.29	0.13
7	0.049	0.75	0.00	0.00	85.68	86.29	0.13
8	0.048	0.00	0.03	0.00	85.68	86.33	0.13
9	0.047	0.00	9.30	0.00	85.68	95.63	0.13

Tabla. 6.2 – Factores del participación del modelo rectangular

En las siguientes figuras se presentan las principales formas de modo para el modelo Rectángulo

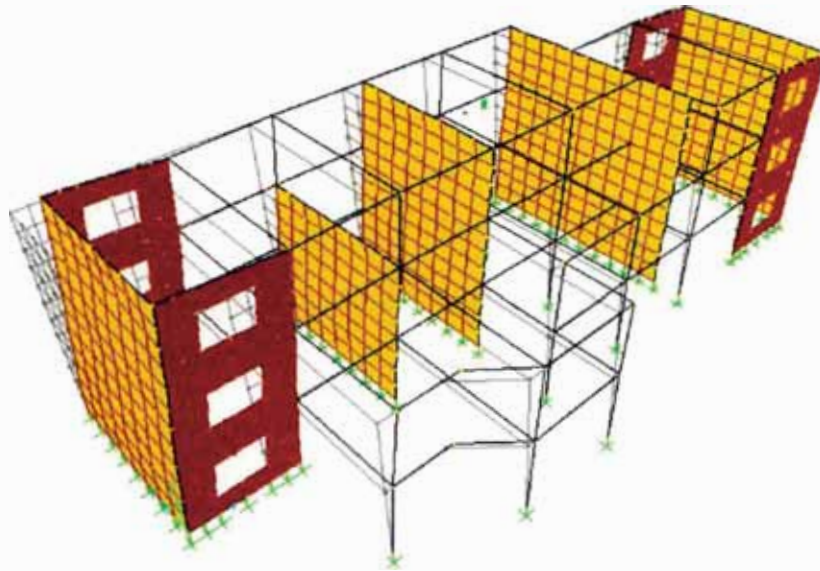


Fig. 6.2 – Modelo rectangular – modo 1 (longitudinal) $T = 0.142$ s

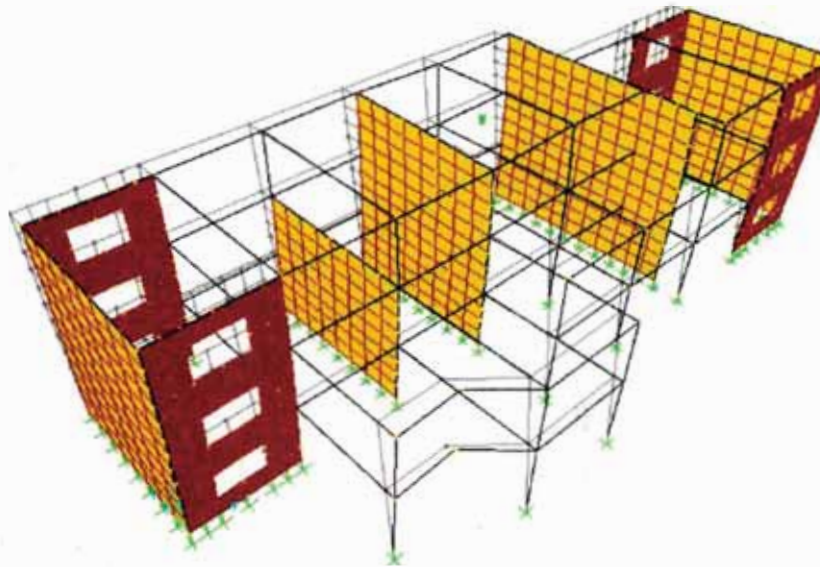


Fig. 6.3 – Modelo rectángulo – modo 2 (transversal) $T = 0.130$ s

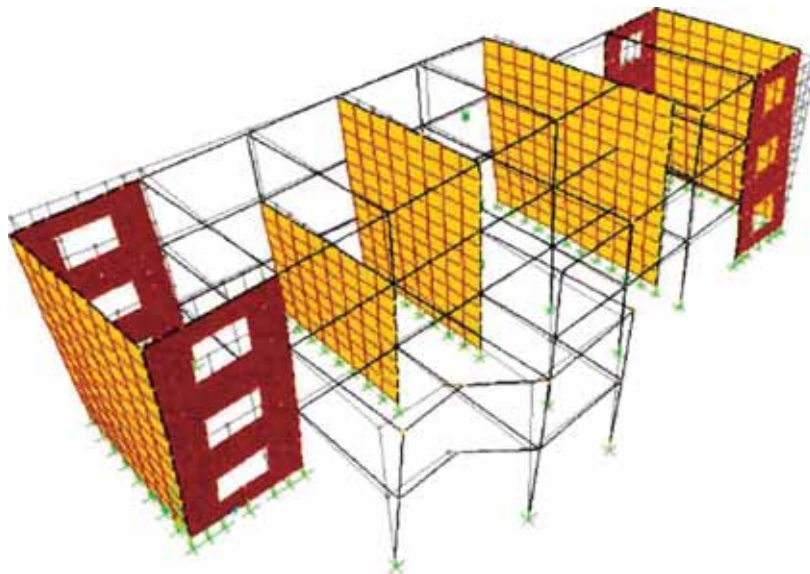


Fig. 6.4 – Modelo rectángulo – modo 3 (torsional) $T = 0.104$ s

VI.5 ANALISIS DINAMICO

Para llevar a cabo el análisis dinámico se consideraran espectros de pseudo-aceleraciones en ambas direcciones, con lo cual se podrán calcular los desplazamientos que se producirán en la estructura, así como también los esfuerzos en los muros.

VI.5.1 ESPECTRO UTILIZADO

Se hará uso del espectro especificado en la norma vigente, para lo cual se determinarán los parámetros necesarios.

VI.5.1.1 CALCULO DE PARÁMETROS Z , U , S , T_p , R , C

- FACTOR DE ZONA “Z”

$$Z = 0.40$$

Ya que la estructura se encuentra ubicada en la zona 3.

- FACTOR DE USO “U”

$$U = 1.50$$

Por tratarse de una edificación de categoría A – Edificación esencial.

- FACTOR DE SUELO

$$S = 1.0$$

$$T_p = 0.4$$

Se considera que la estructura se encuentra ubicada en un suelo bueno.

- FACTOR DE REDUCCIÓN "R"

$$R = 6 \text{ (En la dirección X)}$$

$$R = 3 \text{ (En la dirección Y)}$$

En la dirección X se observa que las placas de concreto armado son los elementos que resisten la mayor parte de la acción sísmica, mientras que en la dirección Y (transversal) los elementos principales resistentes son los muros de albañilería.

En ambos casos la estructura se puede aun considerar irregular aún cuando la importancia de las irregularidades se ha reducido drásticamente. La norma vigente indica que los valores de R deben ser afectados por un factor de $\frac{3}{4}$, con lo cual obtendríamos los siguientes resultados:

$$R = 4.5 \text{ (En la dirección X)}$$

$$R = 2.25 \text{ (En la dirección Y)}$$

- FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA "C"

En la dirección X:

Considerando que:

$$C_t = 35$$

$$H = 8.7\text{m}$$

Podemos dar un valor aproximado del periodo principal que sería igual a:

$$T = 0.25\text{s}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right) = 2.5 * \left(\frac{0.4}{0.25} \right) = 4$$

Pero por requerimientos de la norma:

$$C_x = 2.5$$

En la dirección Y:

Considerando que:

$$C_t = 60$$

$$H = 8.7\text{m}$$

Podemos dar un valor aproximado del periodo fundamental que sería igual a:

$$T = 0.15\text{s}$$

De donde:

$$C_y = 2.5$$

VI.5.2 CALCULO DE FUERZA CORTANTE EN LA BASE

La fuerza total en la base de la estructura se determina según la norma por medio de la siguiente expresión:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

Reemplazando los parámetros antes mencionados:

	Dir. X	Dir. Y	
Z	0.4	0.4	(Capítulo 2 - Art. 5)
U	1.5	1.5	(Capítulo 3 - Art. 10)
S	1	1	(Capítulo 2 - Art. 6)
R	4.5	2.25	(Capítulo 3 - Art. 12)
C _t	35	60	(Capítulo 4 - Art. 17.2)
T _p	0.4	0.4	(Capítulo 2 - Art. 6)
C	2.5	2.5	(Capítulo 2 - Art. 7)

Tabla. 6.3 – Resumen de parámetros utilizados en el análisis del modelo rectangular

	Dir. X	Dir. Y
V (%P)	25.00	26.67

Tabla. 6.4 – Cortante en la base del modelo rectangular como porcentaje del peso

Donde P representa el peso total de la estructura.

Se puede hacer un estimado de las pesos de columnas, vigas y muros y así adicionarlos a los pesos ya encontrados, para calcular el peso total de la estructura y calcular el cortante estático en la base:

Areas :

Primer Nivel	304.91
Segundo Nivel	304.91
Tercer Nivel	221.97

Factor de Columnas : 0.11 t/m²

Factor de Vigas : 0.13 t/m²

Factor de Muros : 0.15 t/m²

Pesos por Niveles :

		Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel
Columnas	t	33.54	33.54	24.42
Vigas	t	39.64	39.64	28.86
Muros	t	45.74	45.74	0.00
Tabiqueria	t	20.83	23.50	0.00
Losa	t	80.68	80.68	59.31
Acabados	t	30.49	30.49	0.00
Sub-Total	t	250.92	253.59	112.58
S/C	t	45.74	45.74	5.55
Total	t	296.65	299.32	118.13

P = 714.11 t

Con lo cual tendríamos los siguientes cortantes en la base para el modelo analizado:

	Dir. X	Dir. Y	
V (t)	238.04	476.07	(V. Estático)

VI.5.3 CALCULO DEL ESPECTRO DE SEUDO ACELERACIONES

Según la norma vigente:

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$$

Los valores de Z, U, S y R los tomamos de los cálculos anteriores, en cambio, el cálculo de del valor de C, se debe determinar como una función del periodo, con lo cual tendríamos:

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right) \leq 2.5$$

A continuación se presentan los valores de los espectros de seudo aceleración usados en el modelo.

Dirección X:

T (s)	C	Sa (m/s ²)
0.0	2.50	3.27
0.1	2.50	3.27
0.2	2.50	3.27
0.3	2.50	3.27
0.4	2.50	3.27
0.5	2.00	2.61
0.6	1.67	2.18
0.7	1.43	1.87
0.8	1.25	1.63
0.9	1.11	1.45
1.0	1.00	1.31
1.1	0.91	1.19
1.2	0.83	1.09
1.3	0.77	1.01
1.4	0.71	0.93
1.5	0.67	0.87
1.6	0.63	0.82
1.7	0.59	0.77
1.8	0.56	0.73

Tabla. 6.5 – Espectro de seudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo rectangular

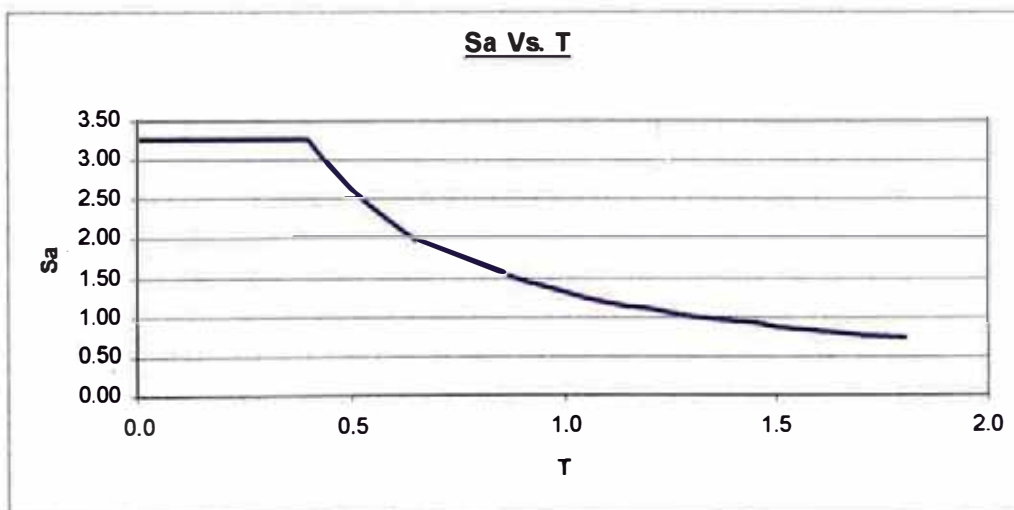


Fig. 6.5 – Gráfica del espectro de seudo aceleraciones – dirección X – usado en el modelo rectangular

Dirección Y:

T (s)	C	Sa (m/s ²)
0.0	2.50	6.53
0.1	2.50	6.53
0.2	2.50	6.53
0.3	2.50	6.53
0.4	2.50	6.53
0.5	2.00	5.23
0.6	1.67	4.36
0.7	1.43	3.73
0.8	1.25	3.27
0.9	1.11	2.90
1.0	1.00	2.61
1.1	0.91	2.38
1.2	0.83	2.18
1.3	0.77	2.01
1.4	0.71	1.87
1.5	0.67	1.74
1.6	0.63	1.63
1.7	0.59	1.54
1.8	0.56	1.45

Tabla. 6.6 – Espectro de seudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo rectangular

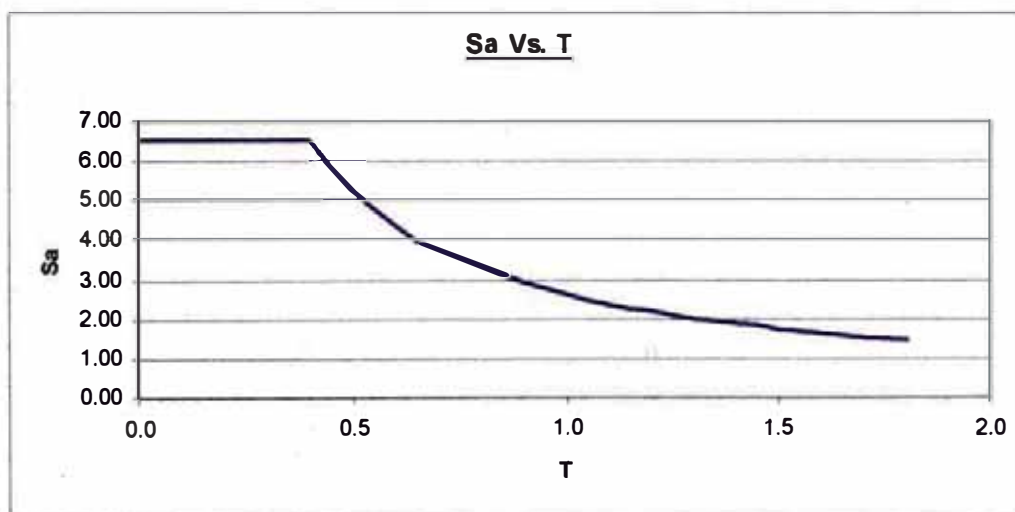


Fig. 6.6 – Gráfica del espectro de seudo aceleraciones – dirección Y – usado en el modelo rectangular

VI.6 CALCULO DE FUERZA, DESPLAZAMIENTOS Y DISTORSIONES DE ENTREPISO

Con el modelo y los espectros de aceleraciones antes presentados se procede a llevar a cabo el análisis dinámico con el programa SAP2000, el cual nos da los siguientes resultados:

VI.6.1 FUERZAS EN LA BASE

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	219.76	2.99	-0.05	-14.47	1362.09	-370.41
2	0.05	-3.34	0.00	19.71	0.22	-47.53
3	0.16	0.21	-0.01	-1.71	0.49	38.52
4	0.00	0.00	0.01	-0.05	-0.06	0.04
5	0.00	0.00	0.01	-0.07	-0.07	0.02
6	12.69	0.40	0.02	-0.30	-4.78	-16.72
7	2.06	-0.04	0.00	-0.29	-1.34	-3.62
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	0.01	0.46	0.00	0.88	-0.09	6.19

Tabla 6.7 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SX

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	220.40	3.12	0.06	16.88	1362.22	396.46

Tabla 6.8 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SX

De este resultado se puede observar que el cortante en la base de la estructuras es de 220.40 t; este valor debe ser comparado con una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 178.53 t.

Según el artículo Capítulo 4 - Artículo 18.2 c de la norma N.T.E E.030 Sismorresistente el cortante en la base no podrá ser menor que el 90% del obtenido según el método estático, con lo cual obtendríamos:

	Dir. X	
90%V (t)	214.23	(90% Estatico)
V (t)	220.40	(Dinamico - SAP)

Debido a que el Cortante Dinámico es mayor que el 90% del Cortante Estático no es necesario escalar las fuerzas.

MODO	F1	F2	F3	M1	M2	M3
1	5.97	0.08	0.00	-0.39	37.02	-10.07
2	-6.67	471.60	-0.27	-2783.21	-31.15	6709.79
3	0.42	0.55	-0.04	-4.49	1.28	100.76
4	0.01	0.01	0.02	-0.12	-0.15	0.10
5	0.00	0.01	0.05	-0.30	-0.30	0.09
6	0.80	0.03	0.00	-0.02	-0.30	-1.05
7	-0.09	0.00	0.00	0.01	0.06	0.16
8	0.00	0.22	0.00	0.39	0.00	2.55
9	0.91	50.94	0.31	98.19	-9.81	688.43

Tabla 6.9 – Reacciones en la base para cada modo debido al espectro SY

	F1	F2	F3	M1	M2	M3
SPEC	6.23	474.91	0.43	2785.13	34.46	6762.96

Tabla 6.10 – Combinación de las reacciones en la base para el espectro SY

De este resultado se puede observar que el cortante en la base de la estructuras es de 474.91 t; este valor debe ser comparado con una fracción del cortante en la base calculado por el método estático que fue de 476.07 t.

Según el artículo Capítulo 4 - Artículo 18.2 c de la norma N.T.E E.030 Sismorresistente el cortante en la base no podrá ser menor que el 90% del obtenido según el método estático, con lo cual obtendríamos:

	Dir. Y	
90%V (t)	428.47	(90% Estatico)
V (t)	471.91	(Dinamico - SAP)

Debido a que el Cortante Dinámico es mayor que el 90% del Cortante Estático no es necesario escalar las fuerzas.

VI.6.2 DESPLAZAMIENTOS

Se presentan a continuación los valores de los desplazamientos de los centros de masa (cm) de cada uno de los diafragmas considerados y en puntos extremos de la estructura calculados con el programa

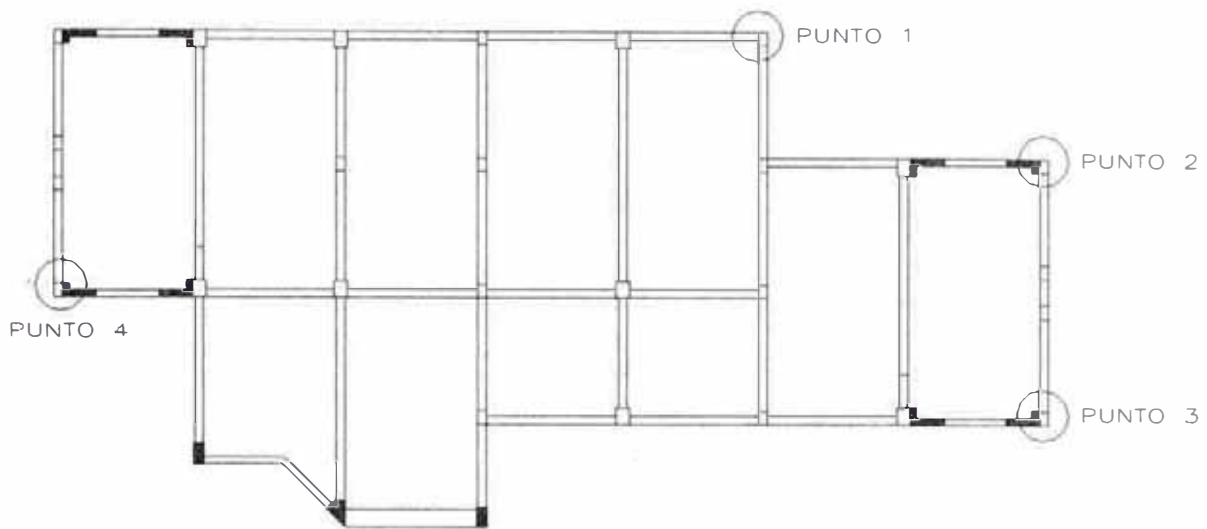


Fig. 6.7 – Disposición de puntos considerados en el análisis de desplazamientos – modelos rectangular

	CM	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.073	0.073	0.073	0.072	0.073
Piso 2	0.165	0.166	0.165	0.165	0.165
Piso 3	0.237	0.238	0.237	0.235	0.236

Tabla. 6.11 – Desplazamientos en el modelo rectangular debido al sismo en X

	CM	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.155	0.151	0.146	0.146	0.163
Piso 2	0.295	0.287	0.277	0.277	0.311
Piso 3	0.377	0.365	0.350	0.350	0.404

Tabla. 6.12 – Desplazamientos en el modelo rectangular debido al sismo en Y

Cálculo de desplazamientos Reales (Capítulo 4 - Artículo 16.4)

La norma indica que estos desplazamientos deben ser multiplicados por $0.75R$, y después con estos valores se calcularían las distorsiones de entrepiso, con lo cual tendríamos:

	CM	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.246	0.247	0.247	0.246	0.246
Piso 2	0.559	0.561	0.560	0.557	0.558
Piso 3	0.800	0.804	0.801	0.795	0.798

Tabla. 6.13 – Desplazamientos reales en el modelo rectangular debido al sismo en X

	CM	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
Piso 1	0.262	0.255	0.246	0.246	0.276
Piso 2	0.498	0.484	0.468	0.468	0.525
Piso 3	0.636	0.616	0.591	0.591	0.682

Tabla. 6.14 – Desplazamientos reales en el modelo rectangular debido al sismo en Y

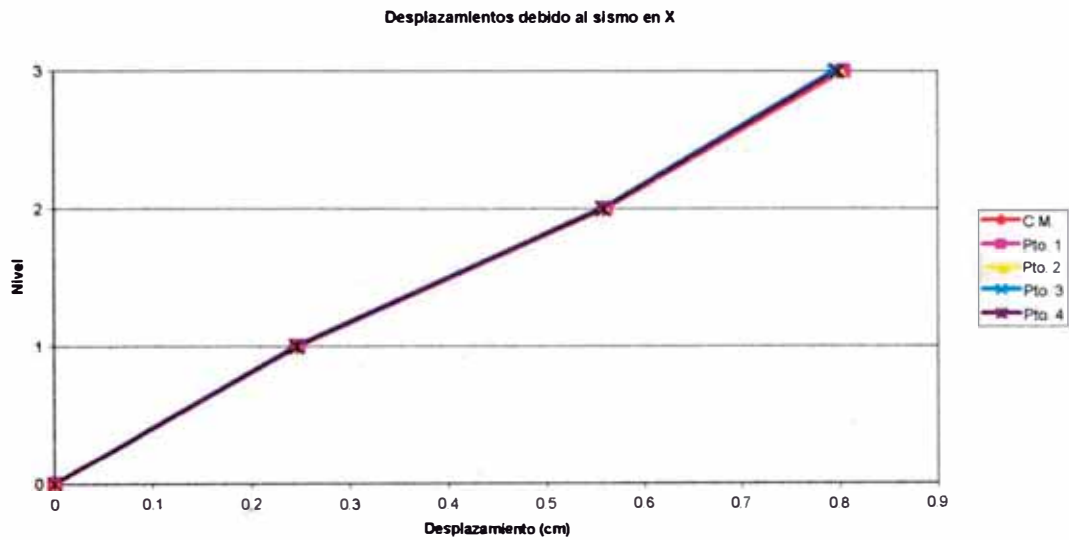


Fig. 6.8 – Desplazamientos del modelo rectangular debido al sismo en X

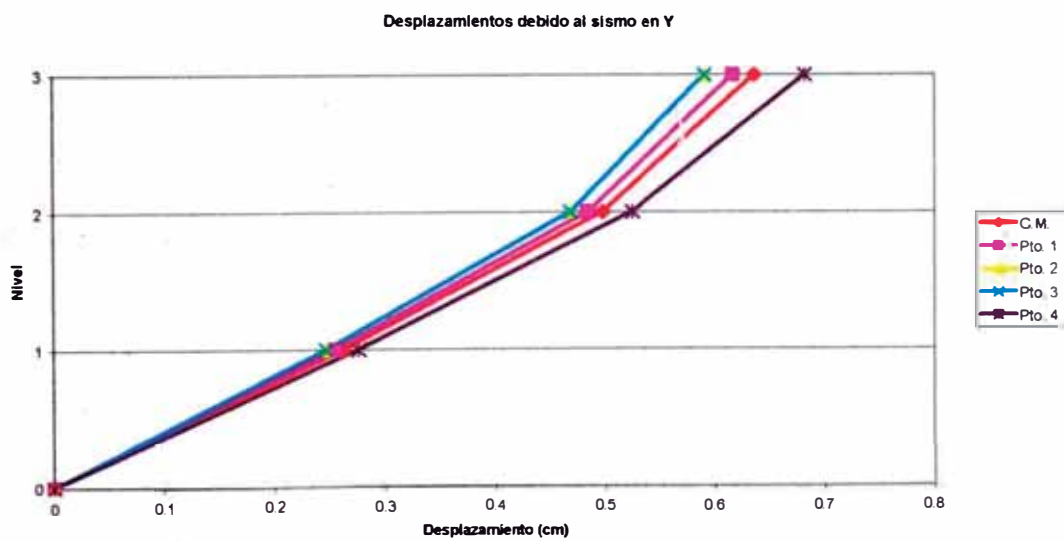


Fig. 6.9 – Desplazamientos del modelo rectangular debido al sismo en Y

VI.6.3 DISTORSIONES

Con los valores antes presentados calculamos las distorsiones de entrepiso debidas a la acción del sismo en las direcciones X e Y.

Sismo X

Nivel	CM	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
1	0.0008	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008
2	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011
3	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008

Tabla. 6.15 – Distorsiones en el modelo rectangular debido al sismo en X

La norma en su Capítulo 3 - Artículo 15.1 da como límite de distorsión de entrepiso el valor de 0.007 en el caso de que el material preponderante sea concreto.

Observamos que en esta dirección la estructura cumple con las exigencias de la norma actual.

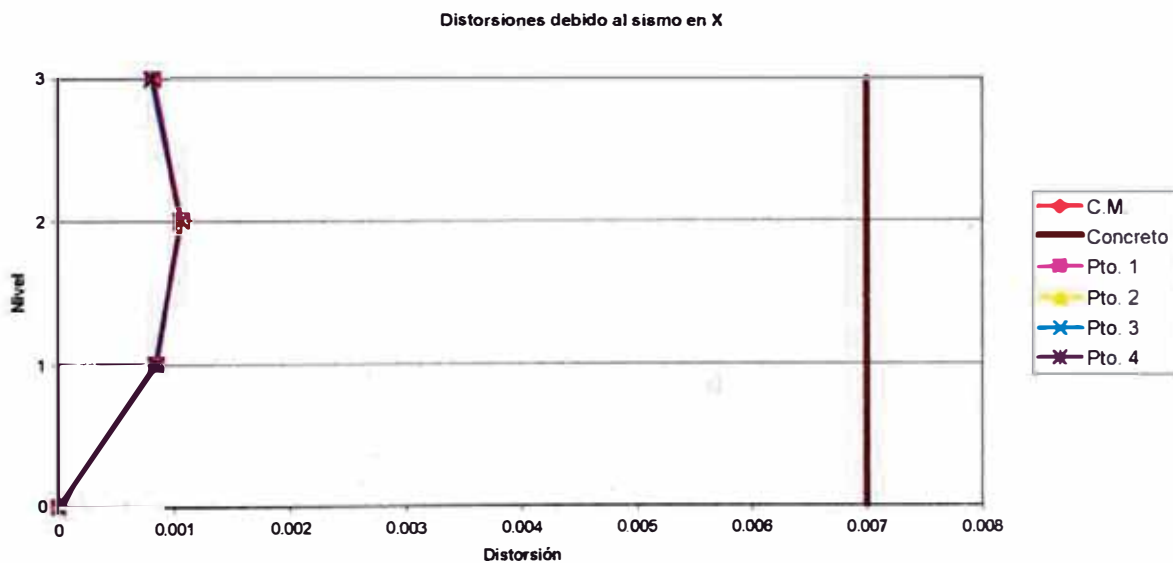


Fig. 6.10 – Gráfico de distorsiones en el modelo rectangular debido al sismo en X

Sismo Y

Nivel	CM	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4
1	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0010
2	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0009
3	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0005

Tabla. 6.16 – Distorsiones en el modelo rectangular debido al sismo en Y

La norma en su Capítulo 3 - Artículo 15.1 da como límite de distorsión de entrepiso el valor de 0.005 en el caso de que el material preponderante sea albañilería.

Observamos que en esta dirección la estructura cumple con las exigencias de la norma actual.

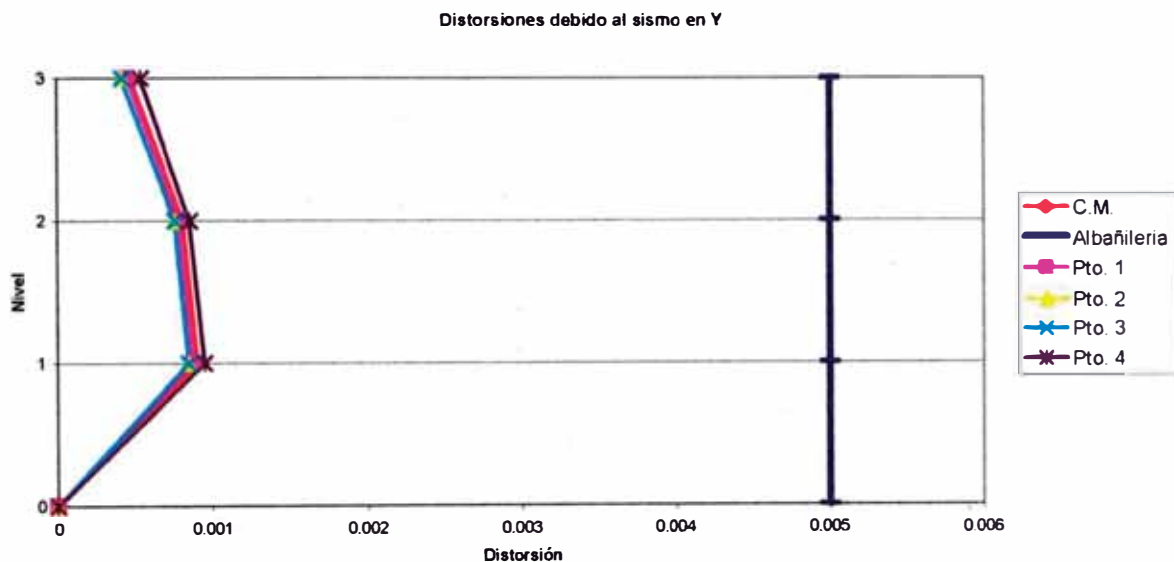


Fig. 6.11 – Gráfico de distorsiones en el modelo rectangular debido al sismo en Y

VI.7 ESFUERZOS EN LA ALBAÑILERÍA

A continuación se presentan las gráficas y las tablas con los máximos esfuerzos de corte que se obtienen en la albañilería debido tanto al sismo en la dirección X como el sismo en la dirección Y.

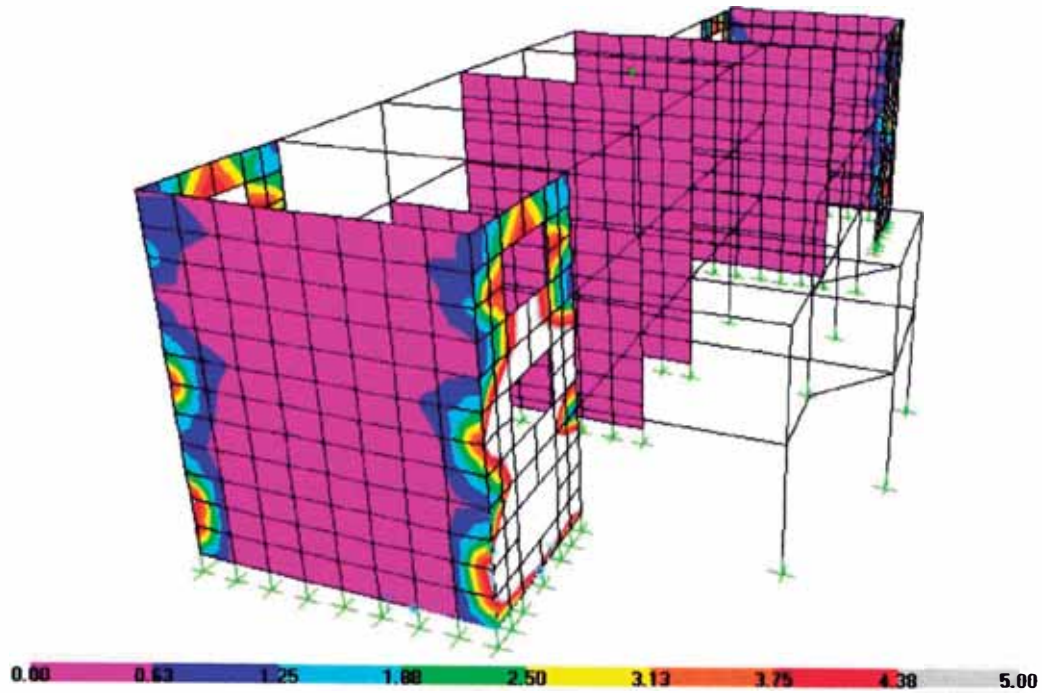


Fig. 6.12 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo rectangular – sismo X.

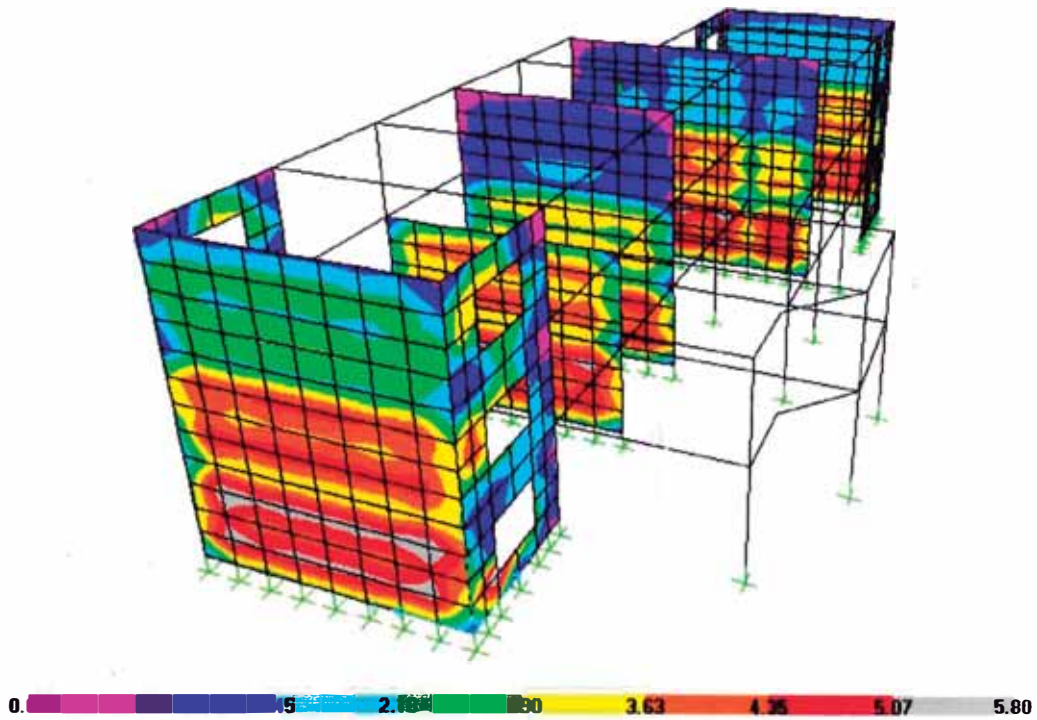


Fig. 6.13 – Esfuerzos cortantes máximos en la albañilería – modelo rectangular – sismo Y.

De las gráficas anteriores podemos obtener el siguiente cuadro resumen donde presentamos los máximos valores de esfuerzo cortante que se presenta en la albañilería.

	S12 (Kg/cm ²)
Sismo X	5.00
Sismo Y	5.80

Debido a que se trata de una mampostería confinada y que los esfuerzos verticales son bajos se puede considerar que el esfuerzo cortante admisible en condiciones de servicio es de aproximadamente 1.8 Kg/cm².

Los esfuerzos obtenidos con la norma E-030 deberían ser divididos por un factor de carga para poder expresarlo en condiciones de servicio. Tomando un factor de carga igual a 2 en la dirección de los muros se puede observar que los esfuerzos promedio que se producen en la albañilería se encuentran dentro de los valores admisibles.

CONCLUSIONES

- De una inspección inicial de los planos de la estructura se puede observar una irregularidad en planta, lo cual no es permitido por la norma vigente para este tipo de estructuras. Desde este punto de vista la estructura no cumple con los requerimientos primarios de la norma.
- La estructura en su concepción inicial y considerando que las losas formaban diafragmas rígidos (modelo 1) presentó un periodo longitudinal de 0.30 s. mientras que el periodo en la dirección transversal fue de 0.13 s.
- La misma estructura con los muros adosados en la dirección longitudinal (modelo 2) presentó un periodo de 0.20 en la dirección longitudinal mientras que en la dirección transversal el periodo no varió.
- Al considerar las losas flexibles y el efecto de los muros adosados en la dirección longitudinal (modelo 3) se calculó un periodo longitudinal de 0.22 s. En la dirección transversal el periodo calculado fue de 0.14 s.
- De los valores antes presentados se observa que el periodo de la estructura en la dirección longitudinal varía entre 0.20 s y 0.30 s , mientras que en la dirección transversal el periodo varía entre 0.12 s y 0.14 s.
- Del análisis dinámico para los modelos 1, 2 y 3 se muestra que si se considera el aporte de los muros a la rigidez de la estructura el cortante en la base para la dirección longitudinal aumenta de 194 t a 562 t.
- Las distorsiones máximas que se obtuvieron para el modelo 1 fueron de 0.005 en la dirección longitudinal y de 0.001 en la dirección transversal, que son menores a los valores permitidos por la norma vigente (0.007 en la dirección longitudinal y 0.005 en la dirección transversal). Las distorsiones en el modelo 2 fueron de 0.002 y de 0.001 en las dirección longitudinal y transversal respectivamente; dichos valores son también menores que los permitidos en la norma vigente.
- En los modelos 1 y 2 se observó que el octógono del tercer nivel gira menos en comparación con el giro relativo de los niveles 1 y 2.

- En los modelos 1 y 2 se pudo observar que los esfuerzos de corte que se producen en los muros de albañilería en servicio superan los valores admisibles.
- Mediante el modelo 3 se observó que las losas de transición de los niveles 1 y 2 entre los bloques rectangular y octogonal podría sufrir fisuramiento ante la ocurrencia de un sismo ya que se producen esfuerzos cortantes altos. Esto se debe a la mayor rigidez del bloque octogonal de la estructura.
- Debido a lo observado, se presentó una solución elaborada por el CISMID en la cual se trató de eliminar esta irregularidad de carácter global.
- Se separó la estructura en dos bloques: uno octogonal (regular) y otro rectangular (ligeramente irregular) con lo cual se eliminó la deficiencia más significativa, de carácter global, de la estructura.
- El periodo longitudinal del bloque octogonal fue de 0.16 s. El periodo en la dirección transversal fue de 0.11 s.
- Las distorsiones que presentó el bloque octogonal fueron de 0.0015 en la dirección longitudinal y de 0.0006 en la dirección transversal.
- Los esfuerzos de corte promedio en servicio que se presentaron en el bloque octogonal se encontraron dentro de los valores admisibles.
- El periodo longitudinal del bloque rectangular fue de 0.14 s. El periodo en la dirección transversal fue de 0.13 s. Estos valores se consideran adecuados.
- Las distorsión que presentó el bloque rectangular fue de 0.001 en ambas direcciones. Este valor se encuentra dentro de lo permitido por la norma.
- Los esfuerzos promedio que se producen en la albañilería del bloque rectangular se encuentran también dentro de los valores admisibles.
- Por lo expuesto anteriormente se observa que la separación de bloques es conveniente debido a que prácticamente se elimina la irregularidad torsional, los esfuerzos en los muros de albañilería se encuentran dentro de los rangos admisibles y también que con el agregado de pocos elementos adicionales se pueden satisfacer los requerimientos de las norma E-030 en cuanto a distorsiones.
- Debe evitarse la configuración irregular. La norma explícitamente lo prohíbe en estructuras de la categoría A, pero además puede observarse que la irregularidad da lugar a una distribución no uniforme de esfuerzos. En tales condiciones el análisis no es tan buen estimador del comportamiento, al tenerse no linealidades que reducen de modo no uniforme las rigideces relativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (2000). Análisis Dinámico y Técnicas de Reforzamiento en Estructuras de Infraestructura Educativa. Lima. CISMID-FIC-UNI.
2. Computers and Structures Inc. (2003). Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures. Analysis Reference – Volume 1. NonLinear Version 6.11.
3. ININVI (1985). Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E-020 Cargas.
4. ININVI (1989). Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E-060 Concreto Armado.
5. ININVI (1989). Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E-070 Albañilería.
6. SENCICO (2003). Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación E-030 Diseño Sismo Resistente.