

**CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DE EDIFICACIONES DE ALTURA
MEDIA CONSTRUIDAS CON MUROS ESTRUCTURALES EN LA
CIUDAD DE BUCARAMANGA**

Caso de estudio: Proyectos realizados en el periodo 1984 - 1998

**JULIAN MAURICIO CONTRERAS CASTELLANOS
JHON ALEXANDER MOLINA SUPELANO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2007

**CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DE EDIFICACIONES DE ALTURA
MEDIA CONSTRUIDAS CON MUROS ESTRUCTURALES EN LA
CIUDAD DE BUCARAMANGA**

Caso de estudio: Proyectos realizados en el periodo 1984 - 1998

**JULIAN MAURICIO CONTRERAS CASTELLANOS
JHON ALEXANDER MOLINA SUPELANO**

**Proyecto de Grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Directora
ESPERANZA MALDONADO RONDON
Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2007

DEDICATORIA

Ante todo gracias a Dios por regalarme la oportunidad de vivir esta experiencia.

A mi madre, Fabiola quien siempre me apoyo y brindó su comprensión.

Agradecimiento especial a mi hermano Javier, quien desde el cielo me sigue brindando su apoyo.

A mis seres amados, Danna Isabela, Sharik, Daniel, Andrés, Brandon, Sandra, Paola, Paulino, Pilar, Yineth y Javier Molina.

A mis compañeros de carrera y a mis amigos.

JHON ALEXANDER

DEDICATORIA

A Dios, fuente de sabiduría, sin ti no habiéramos podido plasmar ni una sola palabra de este proyecto. Gracias por guiarme en este sendero y llevarlo a su culminación.

A mis padres, Elsa Y Freddy no hay en el mundo personas que merezcan este triunfo tanto como ustedes, Muchas Gracias por guiarme y brindarme el ejemplo que sigo diariamente.

A mis Hermanos, Freddy Esteban y Lina Marcela en la distancia son parte de mi fortaleza.

A Mayo, Amor agradezco tu sincero cuidado y tu hermosa compañía en este tiempo.

A mis Familiares, Compañeros y Amigos. Los que hicieron entretenida y dedicada mi carrera.

JULIÁN MAURICIO

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros agradecimientos:

A ESPERANZA MALDONADO RONDON, Ingeniera Civil, PhD., Directora de la División de Investigación de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander y Directora del presente proyecto.

Al Grupo de Investigación INME de la Universidad Industrial de Santander.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA	
1.1 DESARROLLO DE LAS NORMAS SISMO RESISTENTES COLOMBIANAS	3
1.1.1 Diseño Sismo Resistente	3
1.1.2 Decreto 1400 de 1984	5
1.2 GEOTECNIA	9
1.2.1 Estudio de Zonificación Colombiana	9
1.2.2 Refracción sísmica.	13
CAPITULO 2	
SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES (TÚNEL)	
2.1 OBJETIVOS DEL SISTEMA.	22
2.2 CONFIGURACION GEOMETRICA Y ESTRUCTURAL DEL SISTEMA	25

2.3 MATERIALES Y MANO DE OBRA.	28
--------------------------------	----

CAPITULO 3

INVENTARIO DE EDIFICACIONES

3.1 INSPECCION	32
----------------	----

3.2 INVENTARIO Y LEVANTAMIENTO	32
--------------------------------	----

CAPITULO 4

MARCO TEORICO

4.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES	40
-----------------------------	----

4.1.1 Masa y discretización de masa	40
-------------------------------------	----

4.1.2 Rigidez	42
---------------	----

4.1.3 Amortiguamiento	42
-----------------------	----

4.1.4 Grados de libertad y diafragma rígido	43
---	----

4.2 SISTEMAS CON VARIOS GRADOS DE LIBERTAD	44
--	----

4.2.1 Suposiciones de análisis	44
--------------------------------	----

4.2.2 Ecuación de movimiento	45
------------------------------	----

4.2.3 Modos de vibración y frecuencias naturales	46
--	----

4.2.4 Métodos de combinación de la respuesta modal	48
4.2.5 Máximo valor de contribución modal	49
4.2.6 Calculo de los coeficientes de participación y de las masas efectivas	49
4.3 MÈTODO DE ANÀLISIS DINÀMICO	51
4.4 MÈTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE	52
4.5 ANÀLISIS ESTÀTICO NO LINEAL	54
4.5.1 ANÁLISIS PUSHOVER	54
4.5.2 ANÁLISIS PUSHOVER CON SAP2000	55
4.6 PROGRAMAS DE ANALISIS ESTRUCTURAL	62
4.6.1 GENERALIDADES	62
4.6.2 Software ETABS y SAP2000	63

CAPITULO 5

SISTEMATIZACION DE ANALISIS

5.1 DIGITALIZACIÓN DE PLANOS	64
5.2 EVALUACION DE MASAS	66
5.3 FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE	69

5.4 DEFINICIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA	71
5.5 AVALUO DE CARGAS	72
5.6 MODELACION ESTRUCTURAL	73
5.6.1 Modelo ETABS	73
5.6.2 Modelo SAP 200	75

CAPITULO 6

ANÁLISIS ESTRUCTURAL

6.1 RELACION PORCENTAJE DE MASAS	102
6.2 RELACION ÁREAS	104
6.2.1 Áreas Vs Áreas	104
6.2.2 Área vs Separación	106
6.2.3 Áreas Vs No. Vanos	107
6.3 DERIVAS E INDICES DE MUROS	109
6.4 PERIODOS	112
6.4.1 Periodos Edificación	112
6.4.2. PERIODOS VS MODOS	113
6.5 PORCENTAJES DE PARTICIPACION	116

6.6 DERIVAS	118
6.7 ANALISIS PUSHOVER	121
CAPITULO 7	
OBSERVACIONES	125
CAPITULO 8	
CONCLUSIONES	127
BIBLIOGRAFIA	129

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1- Correlación litológica del estudio de refracción sísmica	16
Tabla 2 - Edificaciones inventariadas.	33
Tabla 3 -Total Edificaciones inventariadas para el macro proyecto.	33
Tabla 4- Propiedades de Materiales	66
Tabla 5- Consideraciones para acabados.	67
Tabla 6- Especificaciones para cada edificio	67
Tabla 7- Especificaciones Propiedades	67
Tabla 8- Especificaciones Módulos de elasticidad	67
Tabla 9- Cálculos Preliminares FHE	70
Tabla 10- Cálculos Cortante Basal de Edificación 3.	70
Tabla 11- Cálculos Centro cortante de Edificación 3.	70
Tabla 12- Avalúo de cargas	72
Tabla 13- Modelos	79
Tabla 14- Porcentaje de Masas de Edificación 5.	103
Tabla 15- Áreas de Edificaciones.	104
Tabla 16- Separación entre muros para cada Edificaciones.	106
Tabla 17- No. de Vanos entre muros para cada Edificaciones.	108
Tabla 18- Índice de Muro para cada Edificaciones.	110
Tabla 19- Derivas Análisis Modal NSR 98.	110

Tabla 20- Ecuaciones Análisis NSR 98.	111
Tabla 21- Ecuaciones Análisis Zona 2.	112
Tabla 22- Ecuaciones Análisis FHE.	112
Tabla 23- Periodos Análisis Dinámico Modal y FHE	112
Tabla 24- Periodos Análisis 15 Modos (ETABS).	114
Tabla 25- Periodos Análisis 15 Modos (SAP 2000).	115
Tabla 26- Periodos Análisis 15 Modos (SAP 2000).	116
Tabla 27- Derivas de Edificación 6 Análisis Modal Espectral.	119
Tabla 28- Derivas de Edificación 6 Análisis FHE.	119
Tabla 29- Resumen nivel de comportamiento PUSH 3	123
Tabla 30- Resumen nivel de comportamiento PUSH 2	124

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Definición de deriva	8
Figura 2 - Principales sistemas de fallamiento en Colombia	9
Figura 3 - Principales sistemas de fallamiento en Colombia (Bucaramanga)	10
Figura 4 - Localización epicentros de sismos con $M_s \geq 4$ (1566-1995)	11
Figura 5 - Mapa de Zonificación Sísmica de Colombia	12
Figura 6 - Mapa de Zonificación Sísmica de Bucaramanga	19
Figura 7 - Espectro de Diseño Propuesto Zonificación Falla Bucaramanga	20
Figura 8 - Espectro de Diseño Propuesto Zonificación Falla frontal	20
Figura 9 - Espectro de Diseño Propuesto Área Metropolitana Bucaramanga	21
Figura 10 - Módulos del sistema túnel utilizados en Edificación 6.	23
Figura 11 - Encofrado para sistema túnel.	23
Figura 12 - Configuración geométrica del sistema Porticado.	25
Figura 13 - Configuración geométrica del sistema Túnel.	25
Figura 14 - Diseño en Planta de la edificación 3.	26
Figura 15 - Las placas transmiten las cargas verticales hasta los muros.	27
Figura 16 - Transmisión de Fuerzas Laterales.	27
Figura 17 - Accesorios utilizados en el sistema túnel	29
Figura 18 - Proceso de desencofrado en Edificación 6	30
Figura 19 -Ubicación de la formaleta en Edificación 6	30
Figura 20 -Puertas y Negativos Edificación 6.	31
Figura 21 - Fundición del Concreto en Edificación 6	31
Figura 22 - Instrucciones para el inventario (a).	34

Figura 23 - Instrucciones para el inventario (b).	35
Figura 24 - Masa en nodos de la estructura (modelo SAP 2000)	40
Figura 25 - Centro de masa de la estructura (modelo ETABS)	42
Figura 26 - Relación fuerza velocidad para un amortiguamiento viscoso	43
Figura 27 - Grados de libertad en placa rígida	44
Figura 28 - Sistema de múltiples grados de libertad sometido a un movimiento en la base.	45
(a) Idealización estructural, (b) Desplazamientos, (c) Diagrama de cuerpo libre.	55
Figura 29 - Diagrama Fuerza – Deformación para rotula pushover	26
Figura 30 - Modelo básico SAP2000 (sin datos pushover)	26
Figura 31 - Frame finge property	57
Figura 32 - Assing pushover hinge	58
Figura 33 - Datos pushover load cases	59
Figura 34 - Curva pushover	59
Figura 35 - Datos tabulados para curva pushover	60
Figura 36 - Curva de capacidad de espectro	61
Figura 37 - Deformaciones y fuerza en los miembros paso a paso para pushover	64
Figura 38 - Planos estructurales: Planta y Perfil de Edificación 1 y 2.	65
Figura 39- Fachada Principal de Edificación 6.	65
Figura 40 - Modelado de Muros Estructurales de Edificación 1.	66
Figura 41- Modelado de Muros en cada dirección de Edificación 1	66
Figura 42 - Cálculo de Áreas aferentes de Edificación 1	71
Figura 43 - Espectro Elástico De Diseño NSR-98	72
Figura 44 - Espectro Elástico Microzonificación Sísmica Área M. Bucaramanga	73
Figura 45 - Modelo de Edificación 1ETABS	74
Figura 46 - Creación de Diafragma Rígido de Edificación 2.	

Figura 47 - Respuesta dinámica Cuarto modo de vibración de Edificación 2.	75
Figura 48 - Frame Properties de los muros de Edificación 2.	76
Figura 49 - Cargas Muertas en los Centroides de muros de Edificación 2	77
Figura 50 - Definición de Rotula (Hinge) de de Edificación 2.	77
Figura 51 - Propiedades de Rotulas de Edificación 2.	78
Figura 52 - Masas Edificios.	102
Figura 53 - Porcentajes de Masas de Edificación 5.	103
Figura 54 - Relación Área Muro de Carga Vs Área Planta.	104
Figura 55 - Relación Área Muro de Rigidez Vs Área Planta.	105
Figura 56 - Relación Área Planta Vs Separación Muro Carga.	106
Figura 57 - Relación Área Planta Vs Separación Muro Rigidez.	107
Figura 58 - Relación Área Planta Vs No. Vanos Carga.	108
Figura 59 - Relación Área Planta Vs No. Vanos Rigidez.	108
Figura 60 - Deriva Vs Índice Muro de Carga (NSR 98).	111
Figura 61 - Deriva Vs Índice Muro de Rigidez (NSR 98).	111
Figura 62 - Periodos Fundamentales Modal y FHE.	113
Figura 63 - Periodo Vs Modos (ETABS).	114
Figura 64 - Periodo Vs Modos (SAP 2000).	115
Figura 65 - Porcentaje Participación Muros de Rigidez de Edificación 6.	117
Figura 66 - Porcentaje Participación Muros de Carga de Edificación 6.	117
Figura 67 - Modos con el 90% de Participación.	118
Figura 68 - Derivas por piso Minuto de Dios Sentido muros de carga.	119
Figura 69 - Derivas por piso Minuto de Dios Sentido muros de rigidez.	119
Figura 70 – Comportamiento de los muros de rigidez.	121
Figura 71 – Comportamiento de los muros de carga	122

LISTA DE ANEXOS



	Pág.
ANEXO 1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL EDIFICACIONES DE ALTURA MEDIA	131
ANEXO 2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL MASAS	232
ANEXO 3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DERIVA - INDICE DE MURO	238
ANEXO 4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL PORCENTAJES DE PARTICIPACION	243
ANEXO 5. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DERIVAS VS. PISOS	252
ANEXO 6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL TODAS LAS EDIFICACIONES	263

RESUMEN

TITULO: CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DE EDIFICACIONES DE ALTURA MEDIA CONSTRUIDAS CON MUROS ESTRUCTURALES EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA (CASO DE ESTUDIO: PROYECTOS REALIZADOS EN EL PERIODO 1984 – 1998)¹.

AUTORES: CONTRERAS CASTELLANOS, Julian Mauricio
MOLINA SUPELANO, Jhon Alexander**

PALABRAS CLAVES: *Caracterización Dinámica, Análisis Modal Espectral, Análisis Fuerza Horizontal Equivalente, Análisis Estático No Lineal, Muros estructurales, Espectro Elástico.*

DESCRIPCION:

Este proyecto consiste en una Caracterización Dinámica detallada para 28 edificaciones diseñadas en muro estructural bajo el periodo normativo del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (CCCSR) vigente en los años 1984 – 1998 en la ciudad de Bucaramanga.

La Caracterización Dinámica consiste en determinar las frecuencias de vibración, periodos, coeficientes de participación y los modos de vibración de todas las estructuras recopiladas.

Se realiza un análisis estructural mas detallado a siete edificaciones de 5 pisos, las cuales se encuentran distribuidas de forma tal que cubren toda el área de Bucaramanga; este análisis consiste en determinar su comportamiento ante una acción sísmica comparando las respuestas dinámicas obtenidas de tres métodos de análisis: Fuerza Horizontal Equivalente (F.H.E), Modal Espectral y Estático No Lineal (PUSH-OVER); se realiza un calculo de deriva para verificar el requisito de seguridad modificado en la Norma sismo resistente vigente; con el análisis estático no lineal Push-over se pretende definir el nivel de comportamiento variando la magnitud de aceleración del terreno y analizando la curva de comportamiento en los dos sentidos principales de la edificación.

Se comprueba que las edificaciones de altura media construidas con el sistema muro de carga "TUNEL" diseñados en el periodo 1984 – 1998 satisfacen los requisitos de seguridad impuestos en deriva por la norma NSR-98.

Se recomienda realizar el análisis modal espectral y el de la F.H.E para el diseño de edificaciones de altura media debido a la semejanza de sus periodos; para edificaciones mayores de 7 pisos se recomienda hacer un análisis modal pues con los valores de periodo obtenidos de la F.H.E se sobre diseñaría la estructura.

¹ Modalidad del Proyecto: Trabajo de investigación.

** Facultad de Ingenierías Físico mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil.
MALDONA RONDON, Esperanza

ABSTRACT

TITLE: DYNAMIC CHARACTERIZATION OF STRUCTURE MIDDLE HIGH CONSTRUCTED WITH STRUCTURAL WALL IN BUCARAMANGA CITY (STUDY CASE: PROYECTS CONSTRUCTED IN THE PERIOD 1984-1998) *.

AUTHOR: CONTRERAS CASTELLANOS, Julian Mauricio
MOLINA SUPELANO, Jhon Alexander**

KEY WORDS: *Dynamic Characterization, Spectral Modal Analysis, Nonlinear Static Pushover Analysis, Nonlinear Static Analysis, Structural Walls, Range Elastic.*

DESCRIPTION:

This project consists in a detailed dynamic characterization for 28 constructions. They have been designed with structural wall, within the normative period of CCCSR. This norm was effectived in 1984 through 1998 in Bucaramanga City.

The dynamic characterization consists in to determine vibration's frequencies, periods, participation's coefficients and vibration's modes about all the structures compiled.

It has been made by means of a deep detailed of structural analysis to seven buildings, each one has five floors. These buildings have been built in whole Bucaramanga's area and it has as propose to determine their behavior in an eventual earthquake's action and to compare the obtained dynamics answers in three analysis' methods: equivalent horizontal force, spectral modal and nonlinear static pushover analysis. Besides, It has been made through a deriva's calculate for to verify the security's requirement, which was modified in the current resistant earthquake norm. Developing the nonlinear static pushover analysis, this project can try to define the behavior's level if it changes the acceleration's magnitude of the land and to analyzing the behavior's curve in the two main directions of the construction.

This project verified that the designed constructions with middle high that have been built with load's wall system during 1984 and 1998 satisfys all the security's requirements about the NSR-98 norm.

This project recommend to do the spectral modal analysis and the equivalent horizontal force in the middle high buildings' design because of the similarity between their periods. For constructions with 7 floors and up, this project recommend to do the modal analysis because with the periods' amount obtained with equivalent horizontal force the structure would be over designed.

* Modality Project: Work Investigation.

** School of Physic – Mechanics Engineering. School of Civil Engineering, MALDONADO RONDON, Esperanza.

INTRODUCCIÓN

El progreso de la construcción colombiana ha sido radical comparado con su comienzo, debido en gran manera a las grandes catástrofes ocurridas en nuestro país iniciando una actividad sísmica el 17 y 18 de octubre de 1992 con el sismo de Atrato Medio (Murindó), entre los departamentos de Chocó y Antioquia; Sismo de Páez el 6 de junio de 1994 entre los departamentos de Cauca y Huila; el sismos de Tauramena (Casanare); teniendo presentes los sismos de Pereira, San Andrés Islas y Pasto, que trajo consigo la preocupación de la labor realizada y con ello la modificación de las normas que regían el diseño y construcción de las edificaciones en nuestro país. Estas tragedias fueron las pautas que nos mostraron el poder de la naturaleza y nos orientaron para el mejoramiento en los diseños de las edificaciones, sin embargo Colombia presenta el 86% de la población en zona de alto e intermedio riesgo sísmico, diversas de estas regiones con alto riesgo sísmico, entre ellas el nororiente colombiano regidos por fallas geológicas que rodean y convergen en el denominado nido sísmico de Bucaramanga en la capital santandereana.

Bajo esta situación, Bucaramanga se encuentra en una zona de diseño de alto riesgo sísmico, es decir todas sus edificaciones deben ser diseñadas para que tengan una capacidad de disipación de energía especial (DES), con objetivo de soportar un ataque sísmico de gran magnitud preservando la estructura en pie, evitando el colapso de esta. Por lo anterior la zona del nido sísmico de Bucaramanga ha sido estudio de zonificaciones sísmicas, con el fin de encontrar un patrón de diseño que pueda ser regido para las construcciones de alta amenaza, bajo la realización de espectros de diseño y clasificación de zonas de común comportamiento de suelo.

Las nuevas tecnologías nos brindan una exactitud muy aceptable en mediciones de aceleraciones sísmicas, con las cuales podemos simular los posibles sismos de riesgo para Bucaramanga, el análisis de un ataque de este es fundamental al saber si las edificaciones se encuentran en capacidad de resistirlo. Por esta razón es necesario un análisis detallado del diseño y construcción de las

edificaciones construidas bajo la normatividad del antiguo código, analizando el cumplimiento de estos para la nueva norma y mas aun para las condiciones que nos muestra la zonificación. Las edificaciones construidas con muro estructural para un caso específico de altura media, fueron estudiadas bajo información recolectada en planeación municipal seleccionando aquellas que generalicen este tipo de estructuras, ubicadas en diferentes puntos de la ciudad, el estudio realizado permitió hacer un análisis de masas y un modelamiento que nos arrojó periodos y derivas, también un análisis de soporte sísmico para cada edificación en cada sentido, con el fin de conocer la capacidad de sismo que puede resistir cada edificación.

El objetivo principal de este proyecto es la determinación de características dinámicas (periodos, modos de vibración, coeficientes sísmicos) para edificaciones de altura media construidas bajo el periodo normativo del **CCCSR** (Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes. 1984), adicional a este estudio realizamos un análisis no lineal de las estructuras. Teniendo como base esto, hacemos un análisis completo para las edificaciones caracterizadas por nosotros y otras de proyectos predecesores, que intenta mostrar un análisis general para la ciudad de Bucaramanga.

El desarrollo del contenido se organiza por capítulos, en el primero se analizan las características generales de la ciudad como su geotecnia la Zonificación Sismo Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga realizada en el año 2001 y un análisis del antiguo código de diseño, el segundo capítulo nos muestra detalladamente las características del sistema túnel y una breve comparación con el sistema tradicional, el tercer capítulo nos muestra la manera en que se inventarió las edificaciones, el cuarto capítulo nos habla de un marco teórico y conceptual en el que se sustenta la caracterización y análisis de este proyecto, el quinto capítulo nos muestra el procedimiento utilizado en la manipulación de datos para realizar la caracterización de cada modelo, el sexto capítulo nos muestra el análisis gráfico y cuántico de los modelos. En los últimos capítulos se muestran las conclusiones y observaciones. El análisis y toda la información detallada de cada edificación se encuentra en los anexos.

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA

La base de nuestro estudio radica directamente en la ciudad de Bucaramanga, por tal razón hacemos un análisis general de infraestructura y geotecnia, así mismo una síntesis de la Zonificación Sismo Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga realizada en el año 2001² y que nos servirá de apoyo para el cálculo de la refracción sísmica y de los espectros de diseño de la ciudad.

1.1 DESARROLLO DE LAS NORMAS SISMO RESISTENTES COLOMBIANAS

1.1.1 Diseño Sismo Resistente

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) ha llevado el liderazgo nacional en este campo. Desde su fundación se preocupó por el desarrollo de una norma nacional de diseño sismo resistente. El primer paso fue la traducción de los Requisitos de la Structural Engineers Association of California, SEAOC, en el año 1976³. Esta traducción tuvo como objetivo demostrar que las fuerzas sísmicas que prescribe el documento de SEAOC están asociadas a unos requisitos de diseño estructural, especialmente en lo concerniente a detalles de refuerzo. De esta manera se pretendió hacer evidente en el medio nacional la necesidad de utilizar detalles de refuerzo mucho más estrictos que los que traía el cuerpo del Código del ACI 318⁴ de ese entonces sin su Apéndice A. Esta traducción, realizada por AIS, se difundió ampliamente en el medio nacional y los 2500 ejemplares que se

² INSTITUTO GEOLOGICO Y DE MINAS. Zonificación Sismo Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga, 2001.

³ SEAOC, (1976), *Recomendaciones para Requisitos de Fuerzas Horizontales, Versión 1974*, Comité de Sismología, Asociación de Ingenieros Estructurales de California, SEAOC, Traducción realizada por la asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá.

⁴ ACI, (1977), *Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-77)*, American Concrete Institute, ACI, Detroit, MI, USA.

editaron se agotaron rápidamente.

A finales del año 1978 llegó al país un ejemplar del documento ATC-3⁵. Este documento reunía en su momento el estado del arte en el área de diseño sísmo resistente. Fue desarrollado por la misma SEAOC, a través de su filial el Applied Technology Council (ATC), bajo auspicios de la National Science Foundation y el National Bureau of Standards. El estudio del documento hizo evidente que era posible lograr una adaptación al país pues la formulación del riesgo sísmico era transportable a otros lugares diferentes a California, lo que no ocurre con el SEAOC, y ya en este momento existía un grupo de personas trabajando en esta área a nivel nacional.

No obstante la posibilidad de adaptación del documento al país, se consideró que era más prudente difundirlo y estudiarlo ampliamente dentro del medio tecnológico nacional antes de proceder a realizar un intento de redacción de norma con base en él. Por esta razón se emprendió, por parte de AIS, la difícil labor de traducir el documento ATC-3 y su Comentario, traducción que se presentó al medio nacional a mediados de 1979, coincidiendo con la ocurrencia de los sismos del 23 de Noviembre de 1979 en la zona del antiguo departamento de Caldas y de Diciembre 12 del mismo año en Tumaco. Su difusión en el medio nacional fue muy amplia, dado el interés en el tema que trajo la ocurrencia de los dos sismos mencionados, e igualmente fue el estudio del documento que realizaron los ingenieros colombianos.

Por la misma época se adelantaron una serie de contactos con algunos de los investigadores que habían desarrollado el ATC-3, contactos que se concretaron en una ayuda directa de estos ingenieros en la adaptación del ATC-3 al medio nacional. Debe destacarse aquí la enorme colaboración que brindaron la Universidad de Illinois (Champaign-Urbana) y la Universidad de los Andes (Bogotá) para que se pudieran llevar a cabo las reuniones

⁵ ATC, (1978), *Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings*, ATC-3-06, Applied Technology Council, ATC, Palo Alto, CA, USA, 505 p.

necesarias para desarrollar los estudios de la adaptación, la cual se concretó en una propuesta de norma de diseño sismo resistente para el medio colombiano. Esta propuesta, después de ser estudiada, debatida y discutida por parte de los miembros de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) se convirtió en la Norma AIS 100-81, "Requisitos Sísmicos para Edificios". Esta Norma fue utilizada de una manera voluntaria por una gran cantidad de ingenieros a nivel nacional.

La ocurrencia del sismo de Popayán el 31 de Marzo de 1983 hizo evidente la necesidad de ampliar el alcance de la Norma AIS 100-81⁶ para que incluyera edificaciones de uno y dos pisos, dentro de las cuales se había presentado enorme daño en Popayán y además la mampostería estructural, dado el enorme auge que había tenido este sistema constructivo en los años inmediatamente anteriores. Por la misma época la AIS, con el auspicio del Departamento Nacional de Planeación, venía desarrollando el Estudio General del Riesgo Sísmico de Colombia, el cual definió los mapas de riesgo sísmico que se incluyeron dentro de esta nueva norma, la cual se denominó "Requisitos Sísmicos para Edificaciones, Norma AIS 100-83"⁷. El cambio de Edificios a Edificaciones estuvo dictado por su mayor amplitud.

1.1.2 Decreto 1400 de 1984

A raíz de la ocurrencia del sismo de Popayán el Congreso de la República expidió la Ley 11 de 1983, por medio de la cual se determinaban las pautas bajo las cuales debía llevarse a cabo la reconstrucción de esta ciudad y las otras zonas afectadas por el sismo. Dentro de uno de los artículos de ésta Ley se autorizaba al Gobierno Nacional para emitir una reglamentación de construcción "antisísmica" y además lo facultaba para hacerla extensiva al resto del país. Esta fue la base jurídica de las primeras normas sísmicas colombianas.

⁶ AIS, (1981), *Requisitos Sísmicos para Edificios - Norma AIS 100-81*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá, Colombia, 58 p.

⁷ AIS, (1983), *Requisitos Sísmicos para Edificaciones - Norma AIS 100-83*, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, AIS, Bogotá.

El Gobierno Nacional encomendó al Ministerio de Obras Públicas y Transporte el desarrollo de esta reglamentación de construcción sísmo resistente. El Ministerio con la asesoría de la Sociedad Colombiana de Ingenieros, cuerpo consultivo del Gobierno, decidió encomendar a la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, la elaboración de la parte técnica del Código, en la cual utilizaría como base la Norma AIS 100-83, la Norma ICONTEC 2000⁸ y el Código de Estructuras Metálicas de FEDESTRUCTURAS⁹.

La Asociación creó una Unidad de Estudio para llevar a cabo la labor de empalme de las normas mencionadas y la definición y redacción de otros temas necesarios para que el documento fuera lo más completo posible. Posteriormente la AIS en conjunto con la Sociedad Colombiana de Ingenieros y otras instituciones como la Asociación de Ingenieros Estructurales de Antioquia, realizó una revisión exhaustiva del documento, el cual se llevó a discusión pública, discusión en la cual participaron numerosos ingenieros, la Cámara Colombiana de la Construcción, CAMACOL, y otras Instituciones y Universidades.

Dentro de las labores que llevó a cabo esta Unidad de Estudio está la actualización de la Norma ICONTEC 2000 al Código ACI 318-83, pues se había utilizado originalmente la versión de 1977 del Código ACI 318-77, la redacción de un Título dedicado a cargas (Título B), diferentes de las solicitaciones sísmica, para lo cual se utilizó como base el documento ANSI A.58¹⁰, y la redacción de unos requisitos simplificados para la construcción de edificaciones de uno y dos pisos (Título E). La definición de las sanciones (Título G) la realizó el Ministerio de Obras Públicas y Transporte.

⁸ ICONTEC, (1983) *Código Colombiano de Estructuras de Hormigón Armado, Norma Icontec-2000*, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, ICONTEC, Bogotá.

⁹ Fedestructuras, (1977), *Código de Construcciones Metálicas Fedestructuras*, Federación Colombiana de Fabricantes de Estructuras Metálicas, Bogotá.

¹⁰ ANSI, (1982), *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures - ANSI A.58.1 -1982*, American National Standards Institute, ANSI, New York, NY, 1982.

Con base en la discusión pública y en la aceptación dada por la Sociedad Colombiana de Ingenieros, el Ministro de Obras Públicas y Transporte recomendó al Presidente de la República la expedición de un Decreto, autorizado por la facultades extraordinarias que le confería la Ley 11 de 1983, por medio del cual se adoptaba para uso obligatorio en todo el territorio nacional el Código. Este es el Decreto 1400 de Junio 7 de 1984, "Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes"¹¹.

Parte textual del documento "Confronting Natural Disasters"¹² producido por el National Research Council, la Academia Nacional de Ciencias y la Academia Nacional de Ingeniería de los Estados Unidos, dice:

"..... las tecnologías desarrolladas para ser utilizadas en un país, con frecuencia se emplean en otro país sin una adaptación. El Applied Technology Council (ATC) desarrolló un conjunto de recomendaciones para la construcción de edificaciones sismo resistentes en los Estados Unidos. Entre quienes las utilizaron primero, aun antes que los Estados Unidos, se encuentra Colombia. Las prácticas de construcción y los materiales colombianos son diferentes, y la naturaleza tectónica de los sismos colombianos se diferencia de la de California, para donde habían sido desarrolladas las recomendaciones del ATC. Afortunadamente, los contactos entre ingenieros colombianos y los ingenieros estadounidenses que desarrollaron el ATC son fuertes. Debido a esto los ingenieros colombianos pudieron llevar a cabo una adaptación de las recomendaciones, con asesoría de los autores norteamericanos, a sus propias necesidades. No todos aquellos que han

¹¹ MOPT, (1984), *Código Colombiano De Construcciones Sismo Resistentes - Decreto 1400 De Junio 7 De 1984*, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Bogotá.

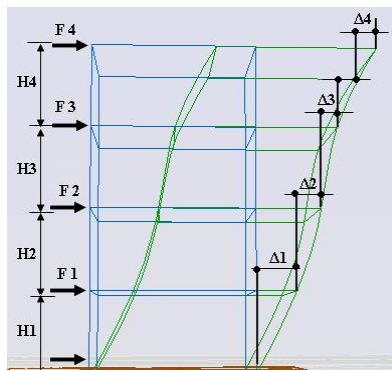
¹² Advisory Committee on the International Decade for Natural Hazard Reduction, (1987), *Confronting Natural Disasters – An International Decade for Natural Hazard Reduction*, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council, U.S. National Academy of Sciences y U.S. National Academy on Engineering, National Academy Press, Washington, DC., USA.

utilizado estas recomendaciones han tenido la misma ventaja."

El Decreto 1400 de 1984 trató de subsanar aquellos aspectos que los sismos del 23 de Noviembre de 1979 en el antiguo Caldas, del 12 de Diciembre de 1979 en Tumaco y del 31 de Marzo de 1983 en Popayán, habían demostrado que eran deficientes dentro de la práctica de construcción nacional. Las deficiencias más notables se pueden resumir en:

- Daño grave y colapso concentrado especialmente en edificios de cinco piso o menos. No sobra recordar que hasta finales de la década de 1970 existía la creencia errada generalizada dentro de los ingenieros nacionales que los edificios de baja altura no requerían diseño sismo resistente.
- Excesiva flexibilidad ante solicitaciones horizontales de las construcciones nacionales. El gran daño a los muros divisorios y fachadas que se presentó en los sismos mencionados se debió a que muchos de los edificios afectados no habían sido diseñados para fuerzas sísmicas, o cuando se había utilizado algún norma sismo resistente como el SEAOC¹³, no se cumplieron los requisitos de deriva (deflexión horizontal relativa entre pisos consecutivos, véase la Figura a continuación:

Figura 1- Definición de deriva.



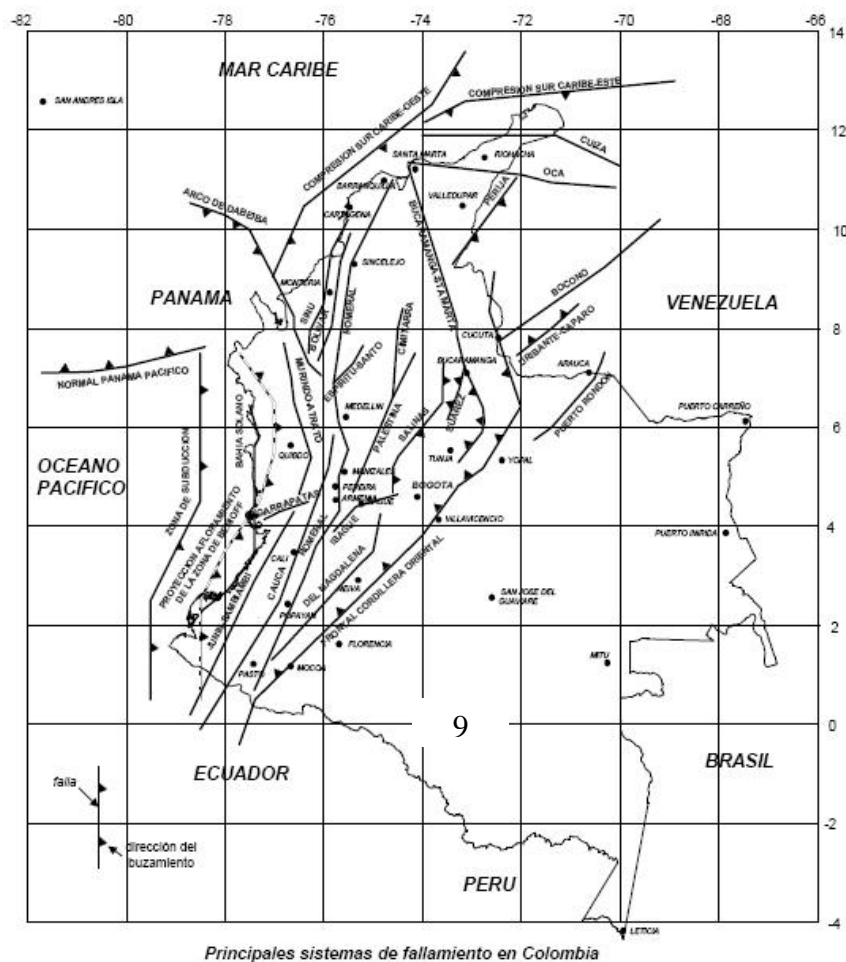
¹³ SEAOC, (1974), *Recommended Lateral Force Requirements and Commentary*, Seismology Committee, Structural Engineers Association of California, SEAOC, San Francisco, CA., USA.

1.2 GEOTECNIA

1.2.1 Estudio de Zonificación Colombiana

“Colombia está localizada dentro de una de las zonas sísmicamente más activas de la tierra, la cual se denomina Anillo Circumpacífico y corresponde a los bordes del Océano Pacífico. El emplazamiento tectónico de Colombia es complejo pues en su territorio convergen la *placa de Nazca*, la *placa Suramericana* y la *placa Caribe*. El límite entre las placas Suramericana y Caribe está aún indefinido”.¹⁴

Figura 2- Principales sistemas de fallamiento en Colombia

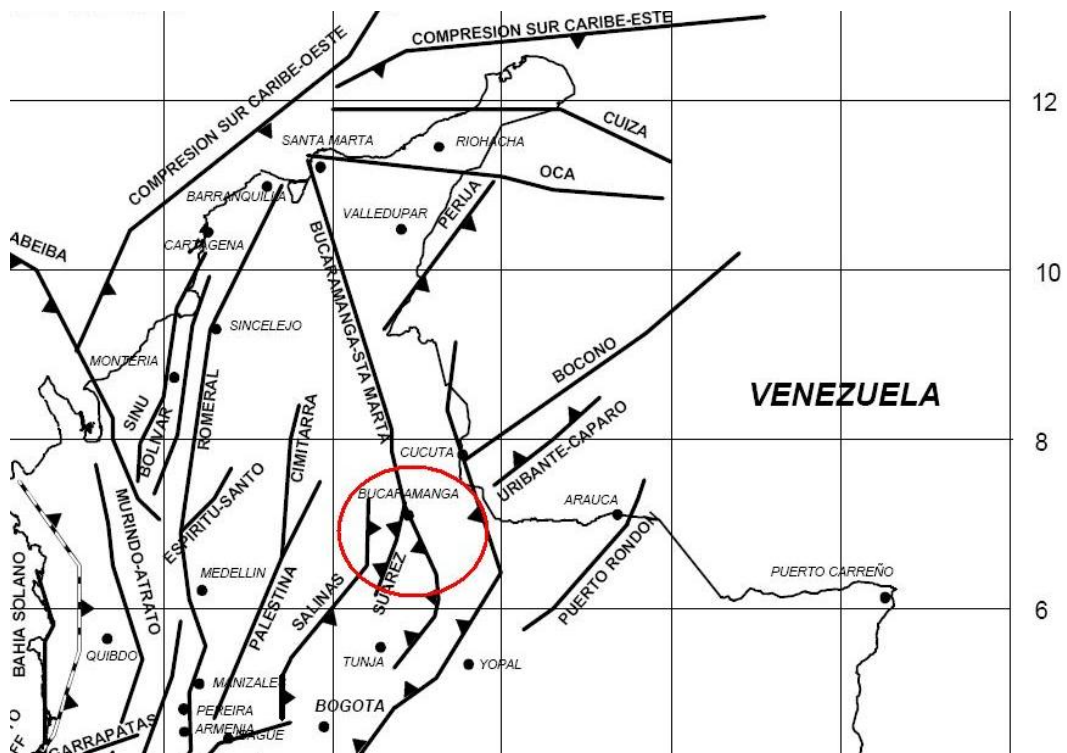


¹⁴ NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE (NSR 98), Prefacio p. ii

El sistemas de fallas dominantes en Colombia esta regida y direccionada en sentido Norte – Sur, coincidiendo directamente con la trayectoria de las tres cordilleras como se observa en la figura 2. El principal accidente sismotectónico es la *zona de subducción en el Océano Pacífico*. Es causada por el doblamiento de la placa de Nazca cuando subduce bajo la placa Suramericana. Además de la zona de subducción existen en el territorio nacional un gran número de fallas geológicas sísmicamente activas.

Analizando directamente el fallamiento presente en el Nororiente colombiano, específicamente sobre la zona del nido sísmico de Bucaramanga, podemos observar en la figura 3:

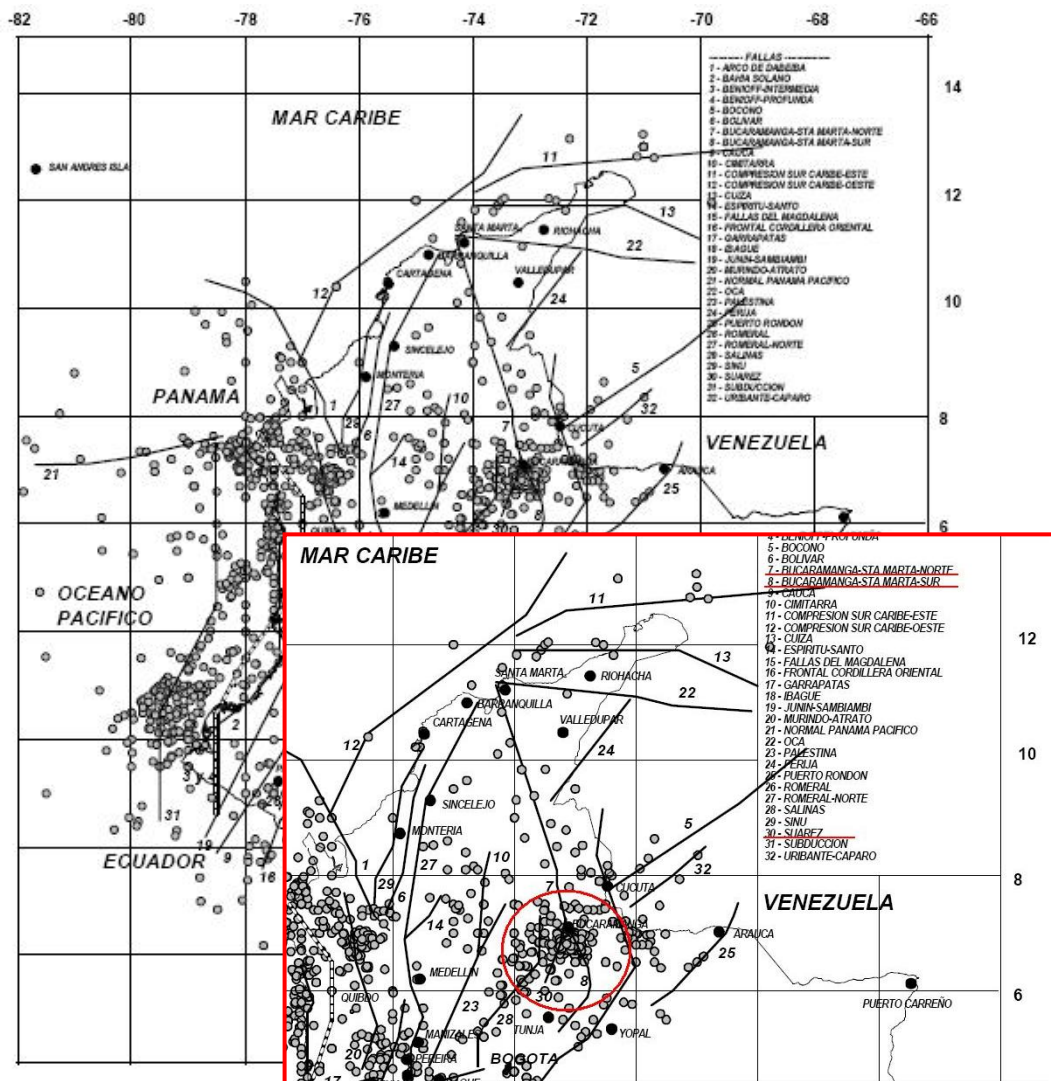
Figura 3- Principales sistemas de fallamiento en Colombia (Bucaramanga)



Coinciden la falla Bucaramanga – Santa Marta con la Falla Suárez; cerca de la falla Salinas y de la frontal cordillera oriental, orientada en dirección a Cúcuta.

Por esta razón, el nido sísmico de Bucaramanga, es la comarca hepcentrica de la mayoría de los sismos de esta zona y una de las mas grandes de Colombia.

Figura 4 - Localización epicentros de sismos con $M_s \geq 4$ (1566-1995)

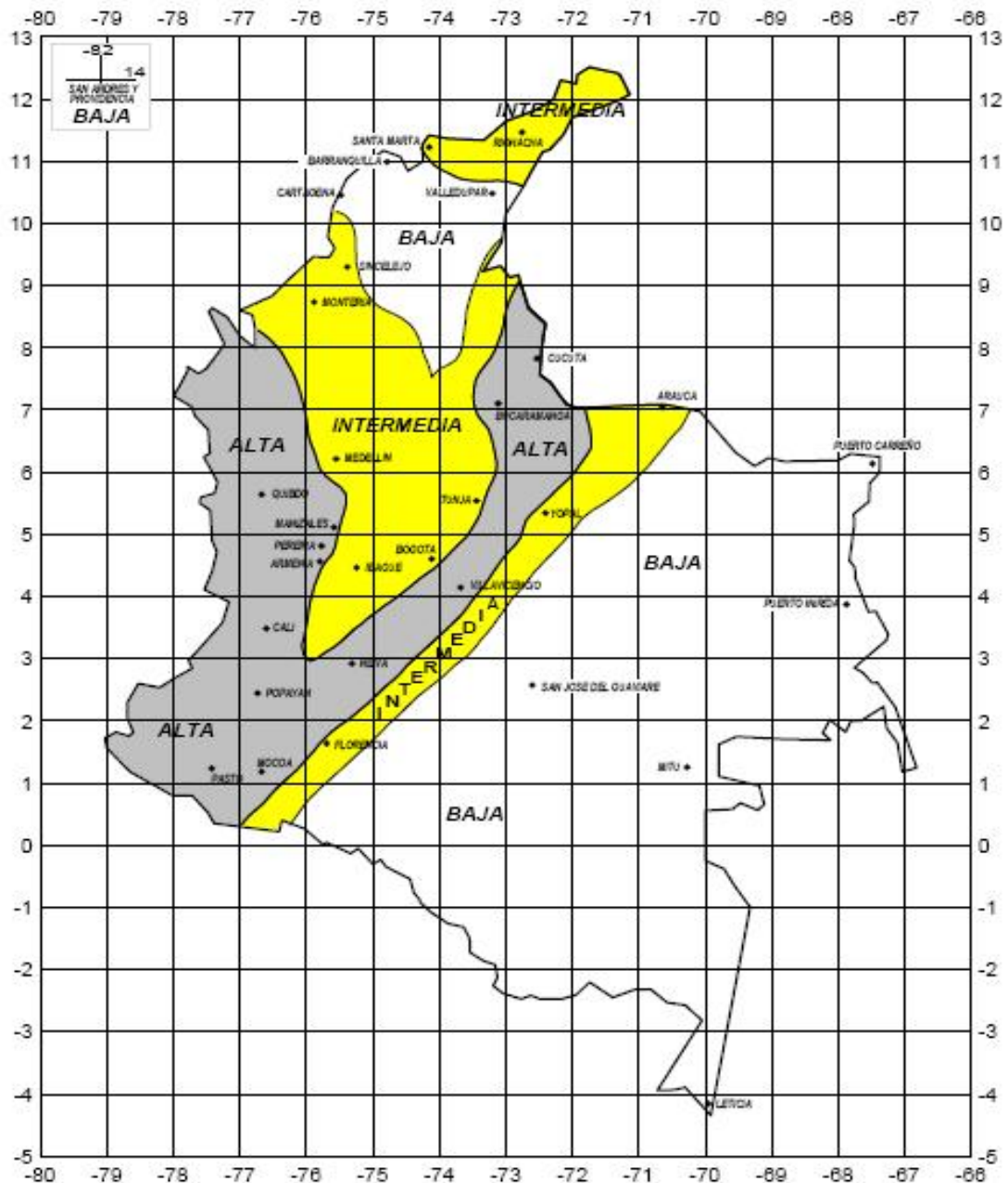


Localización epicentral de los sismos con $M_s \geq 4$ (1566-1995)

Los principales epicentros de la zona del nido sísmico de Bucaramanga, es aquella presentadas bajo las fallas Bucaramanga – Santa Marta Norte y Sur, al igual que la falla Suárez que se desplaza desde el centro del país.

Bajo esta situación es que podemos analizar y catalogar al nororiente colombiano, específicamente la zona comprendida por Bucaramanga y sus municipios aledaños, como zonas de alto riesgo sísmico, relacionada así por la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo resistente. En la figura 5 se detalla la zonificación sísmica de Colombia.

Figura 5 - Mapa de Zonificación Sísmica de Colombia



1.2.2 Refracción sísmica.

La Refracción sísmica intenta determinar la velocidad de propagación de las ondas longitudinales (P) y transversales (S), la profundidad de las diferentes interfases refractadas presentes en la zona y su correlación con los resultados obtenidos en el estudio geológico. Con fin de un análisis detallado de la refracción sísmica, la Zonificación Sismo geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga, sectoriza el espacio de estudio en 6 áreas de propiedades geotécnicas similares, teniendo en cuenta la ubicación de los perfiles sísmicos y la correlación geológica de las diferentes capas del modelo sísmico, con base en estas y centrándonos en nuestro caso de estudio, cubrimos los sectores 3, 4 y 5 de la zonificación. En el análisis y descripción de estos modelos se habla de la profundidad (respecto a la superficie) del tope o techo de cada capa, por esto el espesor de la capa uno será igual a la profundidad del tope de la capa dos y así sucesivamente teniendo en cuenta la refracción producida por el tipo de terreno sobre la velocidad de onda.

- **Sector Tres (Barrios del Norte de Bucaramanga).** En este sector se realizaron cuatro líneas sísmicas, dos en los barrios Villa elena (KR 27 con CI 15AN y KR 25 con CI 18N), una en el barrio Villa Rosa (CI 17N con 19 cerca a la cancha de fútbol) y otra en el barrio José María Córdoba (CI 14N con 26). En los modelos sísmicos de este sector, se detectan tres capas sísmicas a excepción del sector Villa Helena 2 (KR 25 con CI 18N), donde solamente se pudieron detectar dos capas. La tercera capa correlacionable con areniscas, limolitas y arcillolitas de la formación Girón (Jg) se detecta en los barrios Villa Helena (KR 27 con CI 15AN) y Villa Rosa, con velocidad V_p ente 3450 y 3600 m/s y V_s entre 1850 y 1950 m/s, con 33 y 55 m de profundidad del techo. La segunda capa se correlaciona con conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos de la formación Bucaramanga, con velocidad V_p ente 2000 y 2500 m/s y V_s entre 1150 a 1465 m/s, la profundidad de tope oscila entre 6 y 20 metros, lo cual puede corresponder al espesor del deslizamiento activo. En la zona del barrio José María Córdoba, el miembro Órganos (Qbo) es la última capa detectada con una profundidad del techo entre 23

a 32 m y velocidad V_p de 2145 m/s y V_s de 1465 m/s. Encima de ésta se encuentra otra capa con velocidad V_p de 1735 m/s y V_s de 1140 m/s, correlacionable con depósitos de deslizamientos inactivos ó posiblemente sean materiales del Miembro Gravoso, con profundidad de tope entre 7 y 16 metros. La primera capa presenta una velocidad de V_p entre 580 y 790 m/s, V_s entre 355 y 400 m/s, correlacionable con suelos alterados secos, cantos, arenas y arcillas deleznableles.

- **Sector Cuatro (Parte central y sur de Bucaramanga).** En este sector se relacionan cuatro perfiles sísmicos ubicados en el parque de los Niños, parque de la Sociedad de Mejoras Públicas, Ciudadela Real de Minas (Marsella Real) y la zona de Villa Mallorca - Terragona. Al igual que en los anteriores sectores, el proceso de las líneas sísmicas presentadas, muestra un modelo sísmico de tres capas, a excepción del parque de la Sociedad de Mejoras Públicas que presenta dos capas. Este sector según los valores de velocidad obtenida y la correlación litológica de estas velocidades, hace que la zona de Villa Mallorca – Terragona se diferencie de los otros tres sitios. Sin embargo las velocidades de este miembro son muy cercanas a las del miembro Órganos, por lo cual difícilmente se puede diferenciar a que unidad geológica pertenece esta capa. Los conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos, se detecta en los otros tres sitios (parque de los Niños, parque de la Sociedad de Mejoras Públicas y Ciudadela Real de Minas). Este miembro es la última capa que se detecta en estos sitios y es la parte basal del modelo sísmico; presenta velocidad de 2150 a 2585 m/s para onda P y de 1050 a 1450 m/s para la onda S, la profundidad de tope es de 18 a 52 m, siendo la parte más superficial en el parque de la Sociedad de Mejoras Públicas y la más profunda en la Ciudadela Real de Minas (Marsella Real). La primera capa corresponde a la zona de bajas velocidades, con intervalo de velocidades V_p y V_s de 515 a 980 y 330 a 560 m/s respectivamente. Estas velocidades son correlacionables con suelo alterado, arenas, gravas, cantos y limos; en esta capa se involucran materiales de los miembros Limos Rojos y Gravoso pertenecientes a la formación Bucaramanga.

- **Sector Cinco (Parte Oriental de Bucaramanga).** En este sector se relacionan las líneas sísmicas del parque San Pío, el sector de La Albania - Cantabria y el estadio La Flora. El modelo sísmico también se caracteriza por presentar tres capas. La tercera capa presenta velocidades que varían entre 2290 y 3135 m/s para la onda P, y para la onda S de 1370 y 1910 m/s, la profundidad del tope es de 30 a 75 m. Esta capa es correlacionable con rocas ígneas (granodioritas y cuarzomonzonitas), fracturadas y meteorizadas (JRcg). El fracturamiento y el grado de meteorización de estas rocas explica los valores bajos de velocidad de esta capa, ya que es de esperar que para este tipo de rocas la velocidad longitudinal debe ser superior a los 3900 m/s. Teniendo en cuenta el bajo valor de velocidad de las ondas P, en el sector de La Albania - Cantabria, se asume que estas rocas están más meteorizadas que las presentes en el parque San Pío y el estadio La Flora. En este último sitio es probable que esta capa, con velocidad de V_p y V_s de 3135 y 1910 m/s, corresponda a la formación Girón. La segunda capa es correlacionable con rocas ígneas meteorizadas y fracturadas o con depósitos conglomeráticos y arcillas del miembro Órganos, tiene velocidad V_p de 1905 a 2000 m/s y V_s de 950 a 1010 m/s, su profundidad de techo varía entre 9 y 14 metros. En el sector La Albania – Cantabria, la segunda capa tiene velocidad de onda P de 1550 m/s y de 790 m/s de onda S, probablemente asociada con arcilla, limos arenosos y arenas limosas de los miembros Finos y Gravoso con una profundidad de tope de 2 a 8 m. En el sitio del estadio La Flora la velocidad V_p de 1905 m/s también puede correlacionarse con materiales de los miembros Órganos o Finos, difícilmente diferenciables por los valores cercanos de velocidad. La Capa uno es correlacionable con suelos alterados, arenas arcillosas, gravas y limos de los miembros Limos Rojos y Gravoso, con velocidad V_p de 675 a 935 m/s y V_s de 340 a 575 m/s.

A continuación en la tabla 1, se presenta el estudio de correlación litológica de refracción sísmica presentado por la zonificación.

Tabla 1- *Correlación litológica del estudio de refracción sísmica*

Sitio	Longitud Arreglo, m	V	Vp, m/s	Vs, m/s	Profundidad de Tope, m	Unidad	Correlación litológica
Villa Helena 1	185	V1	700	400	-	Qda	Suelos alterados, cantos, arenas, limos y arcillas deleznales
		V2	2000	1150	8 a 20	Qbo	Conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos.
		V3	3450	1950	42 a 54	Jg	Areniscas, limolitas y arcillolitas de la formación Girón
Villa Helena 2	172	V1	790	400	-	Qda	Suelos alterados, cantos, arenas, limos y arcillas deleznales
		V2	2500	1150	14 a 17	Qbo	Conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos.
Villa Rosa	170	V1	670	425	-	Qda	Suelos alterados, cantos, arenas, limos y arcillas deleznales
		V2	2260	1275	6 a 14	Qbo	Conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos.
		V3	3600	1850	33 a 45	Jg	Areniscas, limolitas y arcillolitas de la formación Girón
José María Córdoba	165	V1	580	355	-	Qda	Suelos alterados, cantos, arenas, limos y arcillas deleznales
		V2	1735	1140	7 a 16	Qdi, Qbg?	Cantos, gravas, arenas y arcillas.
		V3	2145	1465	23 a 32	Qbo	Conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos.
Parque de los Niños	152	V1	600	375	-	Qblr, Qbg?	Suelo alterado, arenas arcillas, gravas, limos arenosos y limos.
		V2	1400	810	14 a 17	Qbf	Arcillas y limos arenosos del miembro Finos
		V3	2150	1260	35 a 43	Qbo	Conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos.

Sitio	Longitud Arreglo, m	V	Vp, m/s	Vs, m/s	Profundidad de Tope, m	Unidad	Correlación litológica
-------	---------------------	---	---------	---------	------------------------	--------	------------------------

Parque de Mejoras Públicas	192	V1	760	455	-	Qblr Qbg?	Suelo alterado, arenas arcillosas, gravas y limos del miembro Limos Rojos y miembro Gravoso?.
		V2	2450	1050	18 a 23	Qbo	Conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos.
Marsella Real	215	V1	670	400	-	Qblr Qbg?	Suelo alterado, arenas arcillas, gravas, limos arenosos y limos.
		V2	1900	1020	17 a 22	Qbf, Qbo?	Arcillas y limos arenosos del miembro Finos ó material del miembro Órganos?.
		V3	2585	1450	35 a 52	Qbo	Conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos.
Villa Mallorca – Terragona	290	V1	515	330	-	Qblr	Suelo alterado, arenas arcillosas, gravas y limos del miembro Limos Rojos.
		V2	1850	1240	16 a 20	Qbf, Qbo?	Arcillas y limos arenosos del miembro Finos ó material del miembro Órganos?.
		V3	3300	2250	71 a 88	Jg	Areniscas, limolitas y arcillolitas de la formación Girón.
Parque San Pío	165	V1	830	380	-	Qblr Qbg	Suelo alterado, arenas arcillosas, gravas, limos y limos arenosos.
		V2	2000	950	10 a 13	Qbo	Conglomerados y arcillas arenosas del miembro Órganos.
		V3	3050	1500	38 a 43	JRcg	Rocas ígneas, granitos y cuarzomonzonitas parcialmente meteorizadas.

Sitio	Longitud Arreglo, m	v	Vp, m/s	Vs, m/s	Profundidad de Tope, m	Unidad	Correlación litológica
La Albania – Cantabria	155	V1	670	340	-	Qblr, Qbg	Suelo alterado, arenas arcillosas, gravas, limos y limos arenosos.
		V2	1550	790	2 a 8	Qbf	Arcillas, limos arenosos y arenas limosas del miembro Finos.

		V3	2290	1370	30 a 40	JRcg	Rocas ígneas, granodioritas y cuarzomonzonitas altamente meteorizadas.
Estadio La Flora	290	V1	935	575	-	Qblr	Suelo alterado, arenas arcillosas, gravas y limos del miembro Limos Rojos
		V2	1905	1010	9 a 14	Qbf?, Qbo	Conglomerados y arcillas arenosas o material del miembro Finos?.
		V3	3135	1910	59 a 75	JRcg, Jg?	Rocas ígneas, granodioritas cuarzomonzonitas, meteorizadas.

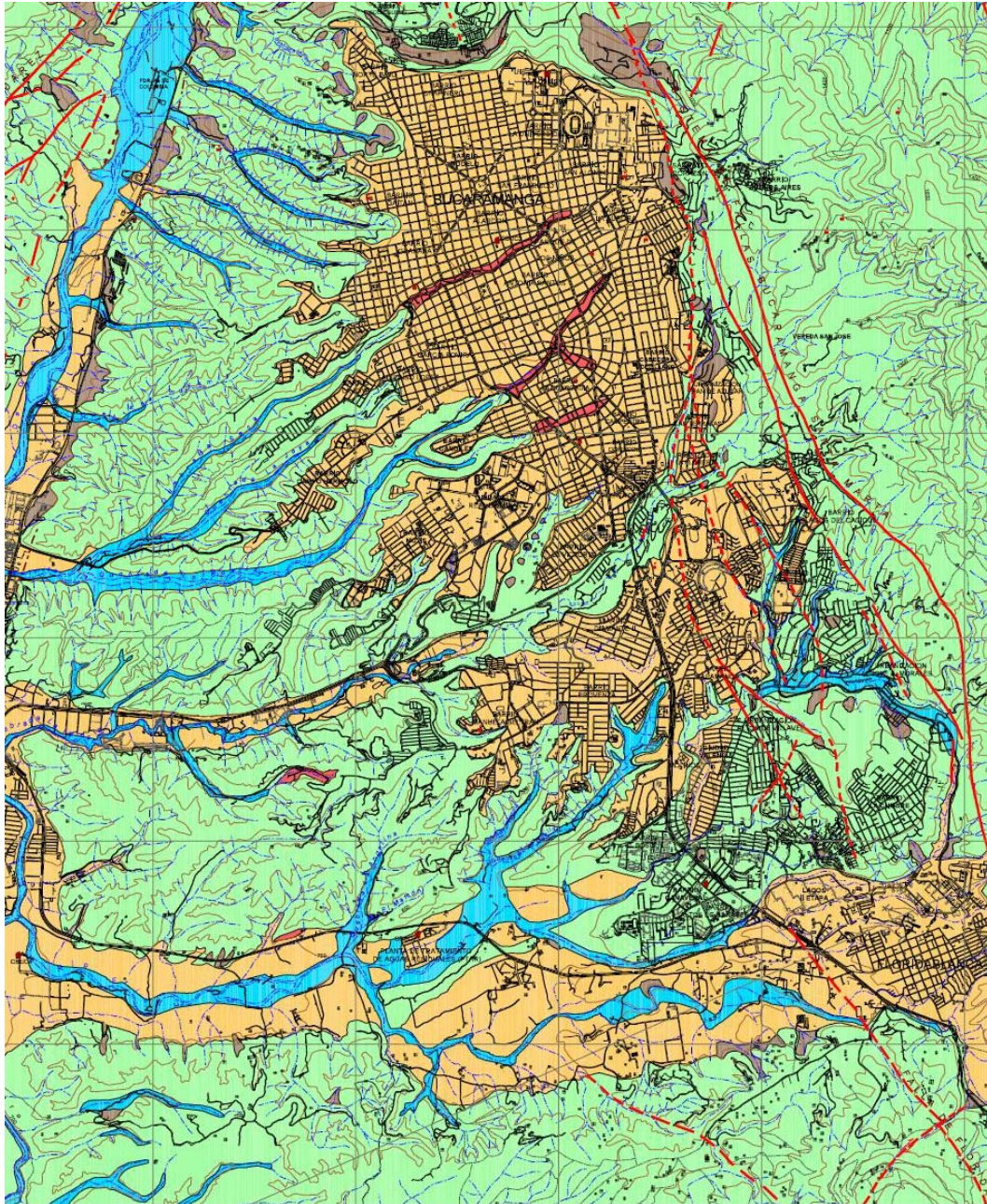
Tomada de la Zonificación Sismo geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga.¹⁵

Bajo este análisis el estudio de zonificación arrojó como conclusión 3 zonas principales, cada una de ellas con un espectro de diseño diferente, con base en los cuales se hace este estudio. Tenemos 3 zonas principales, con una zona 2 dominante sobre la mayoría de la ciudad de Bucaramanga, una zona 1 ubicada en el norte de la ciudad y una zona 3 repartida en la parte central entre Bucaramanga y floridablanca, de la siguiente manera:

LEYENDA	
1	Zona 1 (Roca): Depósitos de roca correspondientes a la formación Girón; roca blanda y/o suelos residuales competentes sobre manto rocoso (Formación Neis, Bad Lands y Cañaveral); y cualquier depósito que se pueda considerar como roca pura (R).
2	Zona 2 (Suelo Rígido): Depósitos de suelo rígido. Reúne las zonas del Abanico de Bucaramanga, Flujos de escombros y Terrazas bajas y medias. Corresponde a las zonas donde se encuentra concentrada la mayor parte de la población del Área Metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga, Florida, Piedecuesta y Girón).
3	Zona 3 (Llenos): Llenos antrópicos y mecánicos.
R	Ronda de río
C	Coluviones

¹⁵ INSTITUTO GEOLOGICO Y DE MINAS. Zonificación Sismo Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga, 2001. p. 83-90

Figura 6 - Mapa de Zonificación Sísmica de Bucaramanga



Teniendo en cuenta las diferentes zonas predominantes en Bucaramanga y sus alrededores, la zonificación analiza cada una de estas para calcular un espectro de diseño sobre las fallas dominantes en el nido sísmico de Bucaramanga, de la siguiente manera:

Figura 7- Espectro de Diseño Propuesto Zonificación Falla Bucaramanga

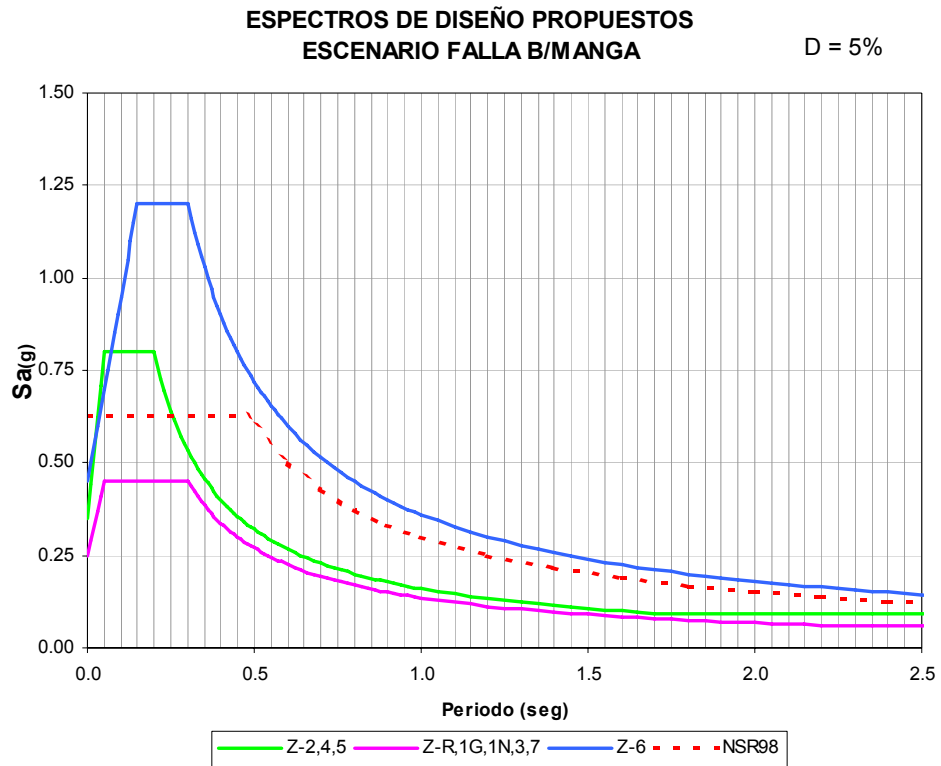


Figura 8 - Espectro de Diseño Propuesto Zonificación Falla frontal

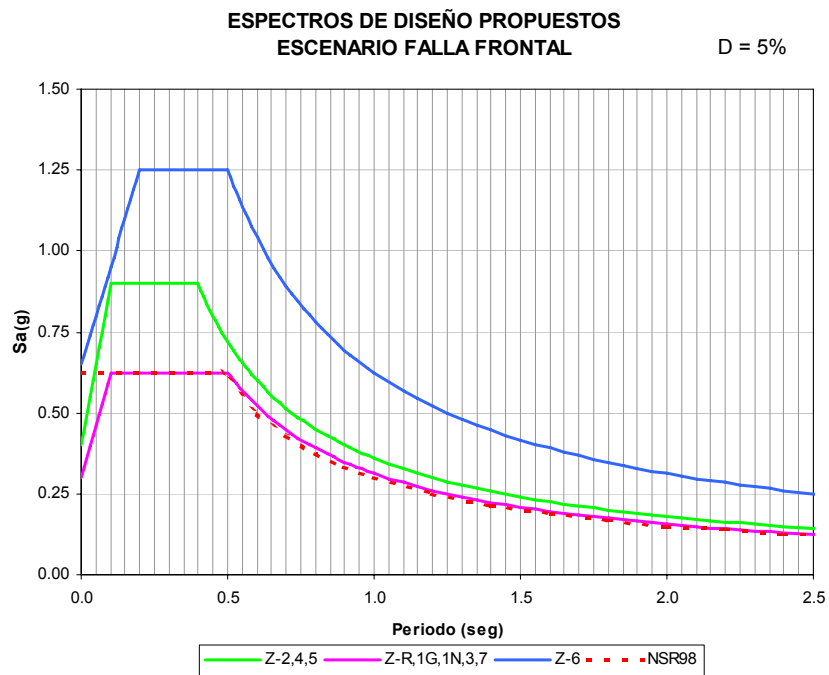
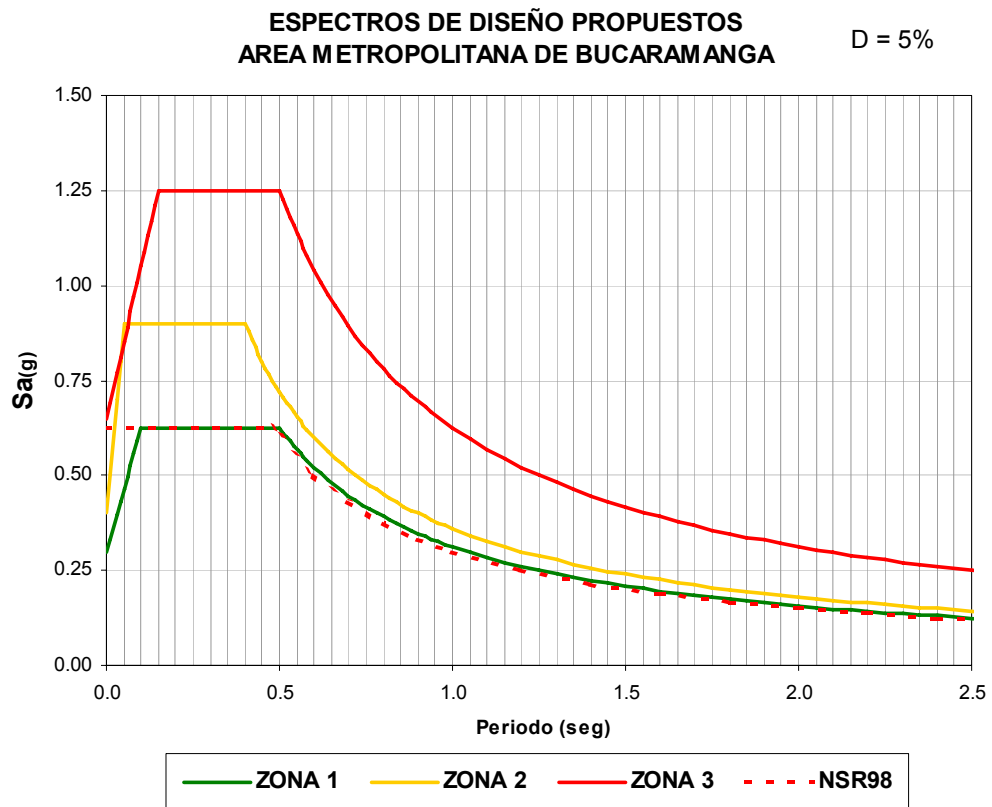


Figura 9 - Espectro de Diseño Propuesto Área Metropolitana Bucaramanga



En este último podemos analizar el espectro de diseño de cada una de las zonas y el propuesto por la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98). Podemos observar que el espectro de diseño propuesto por la norma NSR 98 es muy semejante a la zona 1 de la zonificación, la zona 2 y zona 3 arrojan un espectro con aceleraciones mayores, que producen potencialmente fuerzas sísmicas mas grandes, de aquí la importancia de la zonificación y sus resultados. El presente proyecto analiza cada uno de estos espectros para las edificaciones pertenecientes a cada zona correspondientemente, es decir, catalogamos cada edificación, según la zona sismo geotécnica indicada y la caracterización se hace con base en el espectro perteneciente a ella.

2. SISTEMA DE MUROS ESTRUCTURALES (TÚNEL)

El sistema base de nuestra investigación, fue conocido como **OUTINORD** en su país de origen (Francia), en otros países conocido como: **SCAFOLDIN** (USA), **MACOVEENENDALL** (HOLANDA), **DOKA** (ALEMANIA), en nuestro medio distinguido como sistema constructivo **TÚNEL**.

En nuestra ciudad este sistema comenzó con la Urbanización Bucarica, en donde inicialmente se construyeron 114 edificios de cinco pisos cada uno, con dos apartamentos por piso, para una totalidad de 1140 apartamentos. A su vez la Urbanización Colón con 92 apartamentos y la CDMB estructuraron 30 apartamentos ubicados en el sector el sol de la quebrada la Iglesia, 132 en Carabelas, conucos con 53 apartamentos repartidos en dos torres de 7 pisos y otras 2 de 11 pisos. Con estas construcciones se vio la confiabilidad del sistema y a la fecha es el sistema constructivo mas utilizado en Bucaramanga.

2.1 OBJETIVOS DEL SISTEMA.

Este sistema industrializado nos permite realizar estructuras formadas por placas y muros de concreto reforzados de tal forma que la fundida se hace de forma simultánea, In Situ y de una manera monolítica por ello se utilizan eles invertidas. El encofrado, tiene la resistencia adecuada para no tener deformaciones en muros ni placa y dejar buenos acabados. Las ventajas de este sistema son principalmente velocidad de ejecución y economía en la misma.

El sistema túnel es un proceso industrializado, que utiliza actividades repetitivas, producción masiva y especialización de la mano de obra. La utilización de los encofrados como los mostrados en la Figura 10 y 11 permite la incorporación de cajas eléctricas, pasos de tubería perfectamente ubicados. El sistema tiene un ciclo diario, que se repite a lo largo de toda la obra. Empieza con el desencrofrado, limpieza y aplicación de agente desencrofrante,

reposicionamiento. Las actividades de colocación de refuerzo y ubicación de instalaciones eléctricas se realizan antes de la colocación de los encofrados. Una vez ubicado la formaleta se nivela y ajusta. Se mueven los andamios y pasarelas perimetrales. Finalmente se procede a la fundición de muros, placas e inicios de muro.

Figura 10 - Módulos del sistema túnel utilizados en de Edificación 6.



Figura 11- Encofrado para sistema túnel.



Se mejoran los rendimientos en obra por las actividades repetitivas, se obtienen mejores terminados (ondulaciones en la formaleta de menos de 0.6 mm) que los obtenidos por sistemas tradicionales de construcción. Estas mejoras se reflejan en menores costos financieros e inversiones en reparaciones y resanes. Los ciclos de trabajo permiten realizar una planeación más certera¹⁶.

El sistema túnel permite la construcción de muros en dos direcciones, mejorando su capacidad de resistencia ante carga sísmica y de viento. Sin embargo, la densidad de muros en direcciones perpendiculares es mayor en el sentido del túnel. Generalmente, necesita arriostramiento en el otro sentido.

Al diseñar y construir la vivienda, se deben colocar muros en las dos direcciones y perpendiculares entre si (o aproximadamente perpendiculares) desde la cimentación, para que se comporten como riostras y resistan las fuerzas horizontales producidas por los sismos.

Los muros confinados en una vivienda pueden ser:

- **Muros de carga:** Cuando además de su propio peso, transmiten las cargas típicas que se dan en una vivienda como son: el peso de la losa de entrepiso, del techo o cubierta, de los otros muros y de los enseres que se tienen en la vivienda. Cuando se trate de una vivienda de dos o más pisos, los muros de carga desde el segundo piso deben ser colineales con los del primer piso, es decir, coincidir verticalmente, de lo contrario la transmisión de cargas es peligrosa.
- **Muros divisorios o transversales:** Son los que solo soportan su propio peso y sirven además para darle rigidez a los de carga. Para que no se volteen estos muros, deben estar adheridos a la estructura (losa, techo o muros cargueros), con mortero de pega en los bordes de contacto y deben tener un grueso mínimo de 10 CMS. Las longitudes totales de muros confinados deben ser aproximadamente iguales en las dos direcciones; estos muros se deben colocar preferiblemente en la periferia

¹⁶ www.outinord.net/espanol

de la edificación para conformar el cajón. En esta tesis, estos muros serán denominados Muros de rigidez.

2.2 CONFIGURACION GEOMETRICA Y ESTRUCTURAL DEL SISTEMA

Mientras el sistema aporticado las características geométricas es la de estar conformados por líneas que se cruzan en su mayoría por ángulos rectos, en los sistemas de muros estructurales los cruces se hacen de una manera continua por planos verticales (Muros) y horizontales (Placas) constituyéndose de esta manera en los elementos básicos del sistema, como se detalla en la Figura 12 y 13.

Figura 12 – Configuración geométrica del sistema Porticado.

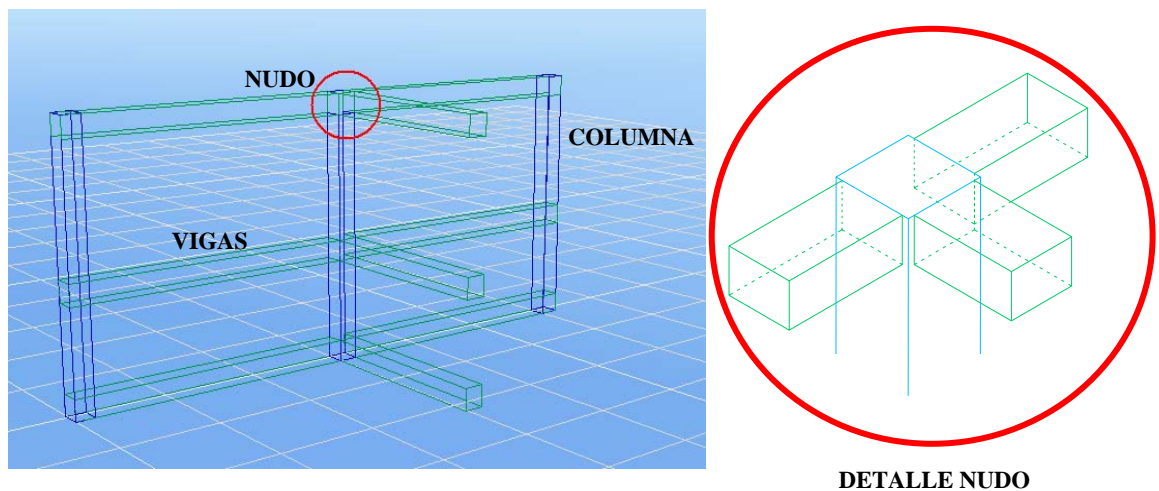
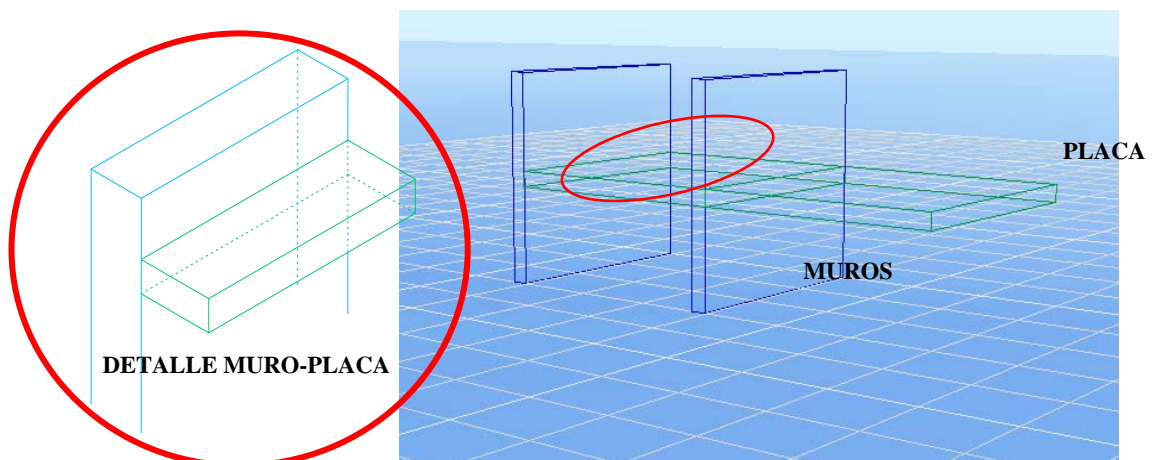


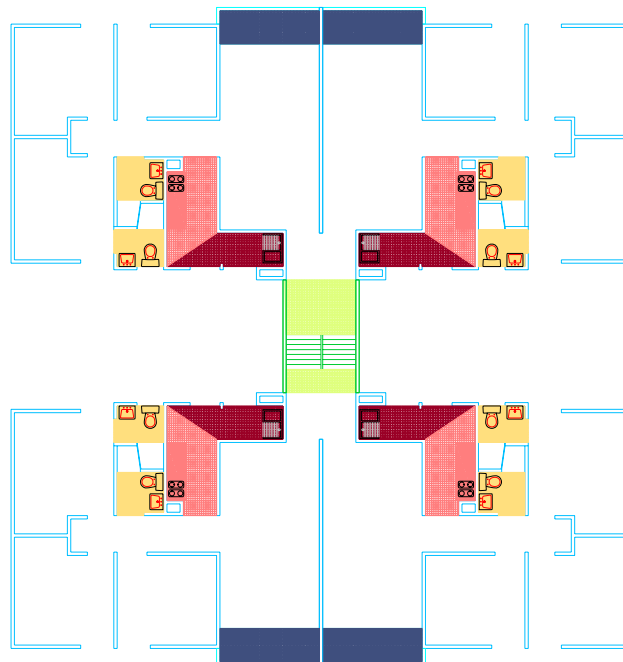
Figura 13 – Configuración geométrica del sistema Túnel.



En el detalle antepuesto se puede precisar sobre lo anteriormente dicho, donde el sistema porticado maneja una menor área de contacto rígido entre los elementos cargueros. En un sistema de pórticos es necesario que los edificios dispongan de líneas de pórticos que garanticen la resistencia y rigidez en dos direcciones principales, ya que las fuerzas laterales debidas a sismos, pueden actuar en una dirección cualquiera aun dentro de un mismo movimiento telúrico.

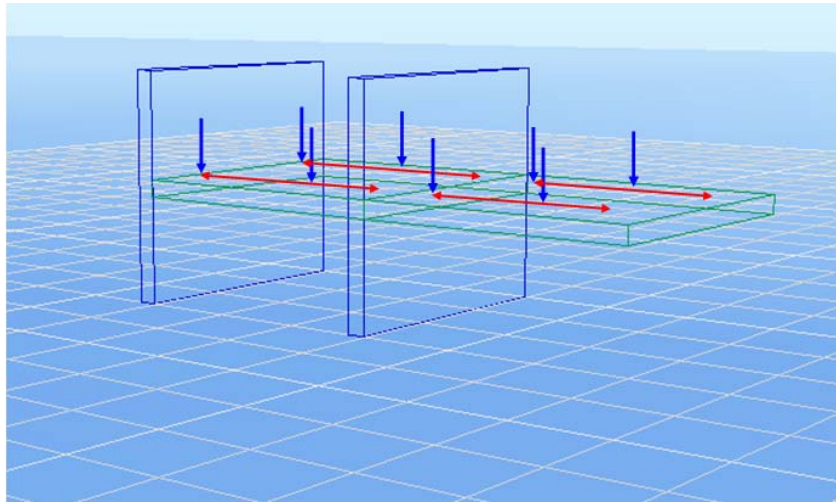
Para los sistemas de muros estructurales, la disposición en planta de los muros debe ser tal que permita una clara transmisión de las caras verticales hasta la cimentación y que dé suficiente rigidez en dos direcciones principales con el fin de poder absorber las fuerzas laterales. No es suficiente con tener muros portantes en una sola dirección, claro ejemplo de ello es el direccionamiento de los diseños del Conjunto residencial Torres de Aragón (Figura 14).

Figura 14 – Diseño en Planta de Edificación 3.



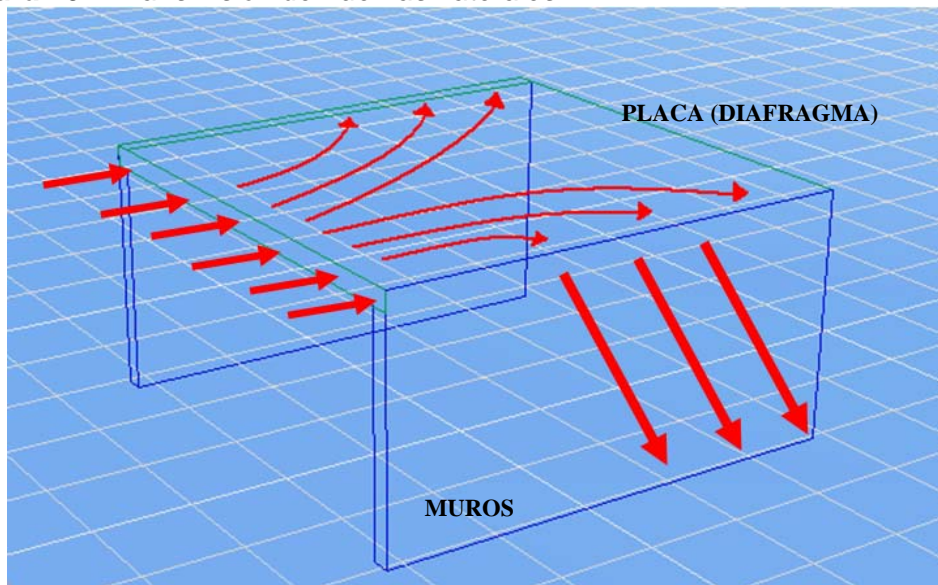
Las placas o entrepisos transmiten las cargas verticales muertas y vivas hasta los muros portantes, por medio de la flexión. Las cargas verticales actúan perpendicularmente al plano de las placas (Figura 15).

Figura 15 – Las placas transmiten las cargas verticales hasta los muros.



Las placas al actuar como diafragma, transmiten las fuerzas laterales a los muros (Figura 16). Las cargas laterales actúan paralelamente al plano de las placas y producen flexión en el plano de estas. Igualmente las placas deben estar en condiciones de absorber las fuerzas internas de tracción, compresión y cortantes producidas por las caras laterales externas.

Figura 16 – Transmisión de Fuerzas Laterales



2.3 MATERIALES Y MANO DE OBRA.

Se utiliza Concreto de 21 MPa a los 28 días, asegurando el fraguado a las 14 horas, cuando es retirada la formaleta y se insertan parales para sostener la placa. El tamaño máximo del agregado es $\frac{3}{4}$ de pulgada a 1.5 pulgadas. La compactación se realiza con vibradores de inmersión. El asentamiento con el cono de Abrahams es de 101 mm. Cuando se trabaja en climas fríos, donde la temperatura ambiente puede llegar a los cero grados centígrados, el sistema provee calefacción para mantener uniforme la temperatura durante el fraguado.

El Acero debe ser de 420 MPa, en mallas electrosoldadas. Las mallas se realizan en planta o en el sitio de trabajo.

La mano de obra no requiere ser especializada, pero si es necesario dar un entrenamiento previo. Para la construcción de una unidad de 90 m² se necesitan aproximadamente 20 personas, en los que se cuentan el maestro, ejeros, personal de colocación de refuerzo y de instalaciones eléctricas.

El sistema túnel se conforma por dos medios túneles o coquillas. Están compuestas por paneles vertical y horizontal. Con ellos se conforma una "L". Uniendo distintos paneles, se obtienen longitudes de túnel. Generalmente se trabaja con dos paneles, esta configuración depende de la capacidad de la grúa.

- **Panel vertical.** La altura del panel es de 2.43 m, alcanzándose alturas de 2.50 m. El sistema da la posibilidad de alcanzar otras alturas de piso desde 2.20 m hasta 3.00 m. El largo de los paneles es de 1.25 m y 2.50 m.
- **Panel Horizontal.** Los paneles horizontales tienen anchos de 1.05 m hasta 2.85 m cada 30 cm. Pero pueden fabricarse como lo requiera el proyecto. El largo es compatible con el del panel vertical.

Las formaletas son construidas en acero de 3 mm de espesor y reforzadas con perfiles en forma de omega. Esta configuración permite resistir una columna de 3 m de concreto fresco (6 t/m²). El peso por metro cuadrado con accesorios es de 65 Kg, llegando a pesar entre 700 y 2000 Kg.

Los accesorios son los elementos necesarios para la correcta configuración de los túneles. Se utilizan ganchos de unión, tacos de posicionamiento, tuercas, tornillos pasadores de rueda rápida con tuercas mariposa. El sistema tiene negativos que se adhieren a la formaleta por medio de imanes. Otra clase de negativos, se utilizan para conformar vanos para puertas y ventanas, fijándose a la formaleta a través de tornillos. En la Figura 17 se observan algunos de los accesorios necesarios en el sistema túnel.

Figura 17. *Accesorios utilizados en el sistema túnel*



GANCHOS DE UNION



ELEMENTOS DE CIERRE

Para conformar un túnel se unen dos "L" mediante cerrojos. En la unión de paneles se utilizan ganchos de unión.

El sistema provee de pasarelas perimetrales y plataformas, que ayudan a configurar todo el piso como área de trabajo. En las figuras 18, 19, 20, 21 se muestra el procedimiento constructivo del sistema.

Figura 18- *Proceso de desencofrado de Edificación 6*



Figura 19- *Ubicación de la formaleta de Edificación 6*



Figura 20- Puertas y Negativos de Edificación 6.



Figura 21- Fundición del Concreto de Edificación 6



3. INVENTARIO DE EDIFICACIONES

Las edificaciones escogidas tienen como características comunes que son del antiguo periodo normativo, son edificaciones de altura media y son construidas con muro estructural. De esta manera seleccionamos muestras representativas en toda la ciudad bajo ciertas pautas mostradas a continuación.

3.3 INSPECCION

Para la selección de las edificaciones a analizar, se tuvo en cuenta una inspección visual inicial, donde las edificaciones se clasificaron según el sistema estructural construido, para nuestro caso muros estructurales, no se tuvo en cuenta la discriminación exacta del sistema estructural, es decir, pretendíamos analizar la mayoría de las edificaciones predominantes con muro estructural sin importar que estas sean dual o combinado, si su entre piso fuera aligerado o rígido. De esta manera tuvimos un levantamiento inicial de edificaciones en diferentes puntos de la ciudad. Posteriormente se consultó en las curadurías de la ciudad, pero el periodo a analizar era entre 1984 y 1998, es decir, las edificaciones construidas con la antigua norma, las curadurías manejan un inventario desde el año 2000. La base de datos de las edificaciones analizadas fue suministrada por planeación municipal, pero estas eran incompletas pues muchas desaparecieron bajo un incendio ocurrido en este plantel. Otra parte de la información fue suministrada directamente por los administradores de las edificaciones, o en el caso del Minuto de Dios, por la gerente de esta entidad.

3.4 INVENTARIO Y LEVANTAMIENTO

Las edificaciones con la información mínima necesaria para este estudio fueron solo 7 nombradas como edificación y numeradas de 1 al 7. Para estas edificaciones hubo la necesidad de digitalizar todos sus planos estructurales existentes, así como intentar analizar y digitalizar toda la información estructural que pudiéramos encontrar. A continuación presentamos los nombres comerciales de las edificaciones

- o

Tabla 2 - Edificaciones inventariadas.

NOMBRE	FECHA	# PISOS
TORRES DE ALEJANDRIA 1 apto	1987	5
TORRES DE ALEJANDRIA 2 apto	1987	5
TORRES DE ARAGON	1985	5
LA CALLEJA	1989	5
TORRES DE LA LADERA	1989	5
MINUTO DE DIOS	1992	5
PALERMO	1993	5

Tabla 3 – Total Edificaciones inventariadas para el macro proyecto.

	NOMBRE	FECHA	# PISOS
1	COLINAS DE MONTEBELLO	1993	11
2	BUCAROS	1994	12
3	BOCA PRADERA 1Apto	1994	12
4	ACROPOLIS 2Aptos	1994	11
5	ACROPOLIS 4Aptos	1994	11
6	ACROPOLIS Ascensor	1994	11
7	MARCELLA REAL 1Apto	1994	13
8	MARCELLA REAL 4Apto	1994	11
9	METROPOLIS I 4Aptos	2000	9
10	METROPOLIS I Ascensor	2000	9
11	METROPOLIS II	1992	7
12	PLAZUELA SANTA CLARA	1993	6
13	CHICO REAL 1Apto	1989	5
14	CHICO REAL 2Apto	1989	5
15	CORVIANDI	-	5
16	JUAN PABLO II 1Aptos	1986	5
17	JUAN PABLO II 2Aptos	1986	5
18	METROPOLIS III 4Aptos	1992	5
19	METROPOLIS III 1Aptos	1992	5
20	PARQUE REAL	1991	5
21	PLAZA SAN MARCOS	1999	5
22	PALERMO	1993	5
23	LA CALLEJA	1989	5
24	MINUTO DE DIOS	1992	5
25	TORRES DE ALEJANDRIA 1 apto	1987	5
26	TORRES DE ALEJANDRIA 2 apto	1987	5
27	TORRES DE ARAGON	1985	5
28	TORRES DE LA LADERA	1989	5

Por esta razón y bajo el estudio que realiza la Ing. Esperanza Maldonado, en el Macro Proyecto investigación “Zonificación del Riesgo Sísmico en Centros Urbanos Utilizando Funciones de Vulnerabilidad Calculadas. Caso de Estudio

Meseta de Bucaramanga” en apoyo por Colciencias, manejamos un formulario para el levantamiento detallado de esas edificaciones, de la siguiente manera:

Figura 22- Instrucciones para el inventario (a).

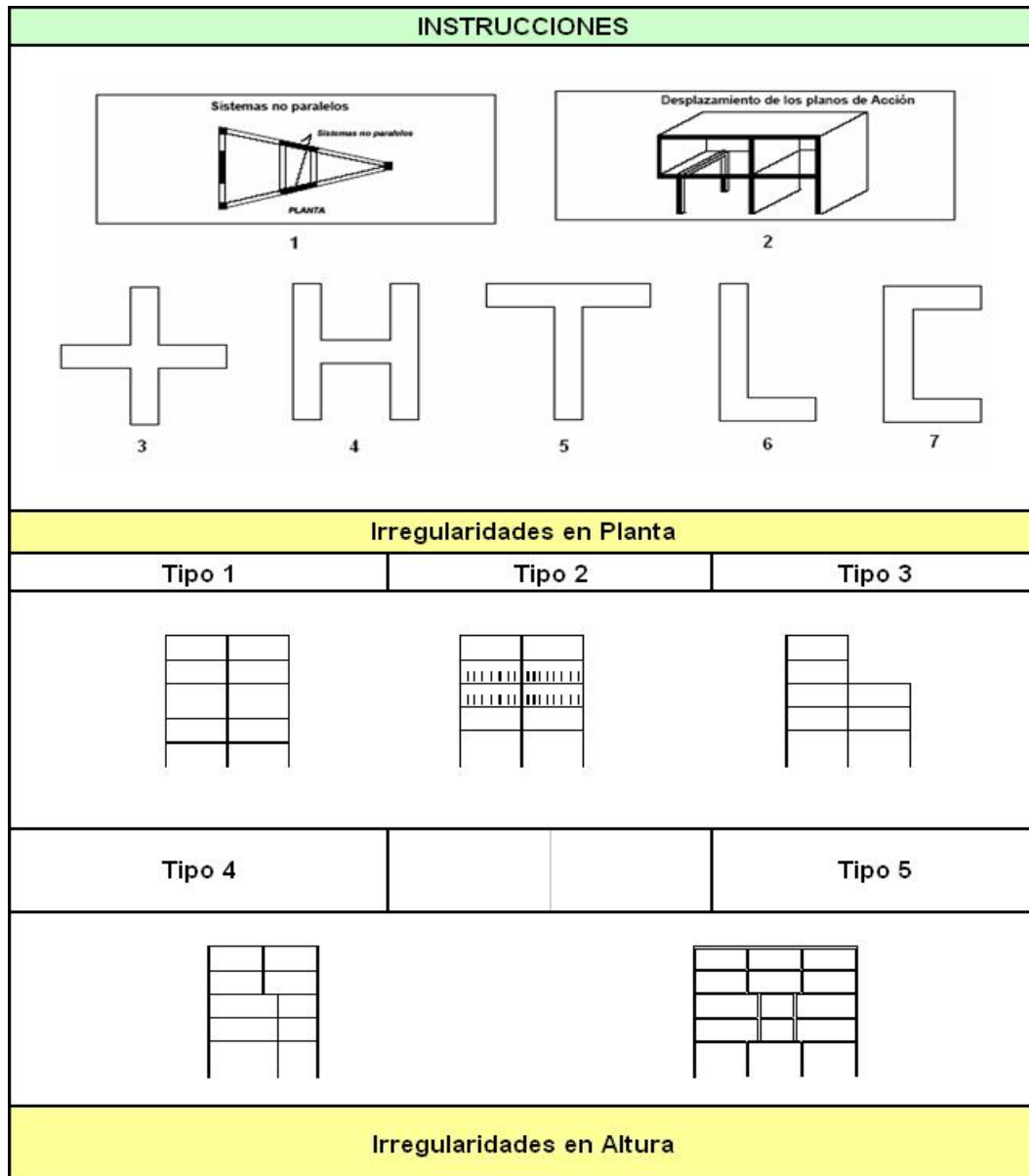


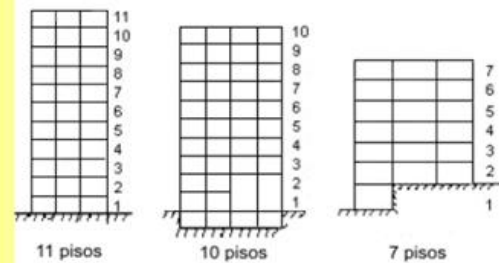
Figura 23- Instrucciones para el inventario (b).

Soporte Tanque Elevado:

- 1.Sin Tanque
- 2.Una Columna
- 3.Un Pórtico
- 4.Varios Pórticos
- 5.Muros

Número de pisos

El número de pisos se debe contar a partir de la planta baja, sin incluir sótanos. En caso de que el edificio se ubique en zonas con pendientes del terreno el número de pisos debe determinarse a partir del piso más bajo (ver figura).



Con base en estas instrucciones y teniendo en cuenta estas posibles irregularidades presentes en las edificaciones, llenamos los formularios para cada estructura, teniendo presente que mucha de la información pedida en estos no existía, mientras unas se podían calcular directamente en los planos, otras eran imposible ya que se necesitaban directamente datos de las memorias de diseños o de planos estructurales inexistentes.

Este formulario¹⁷ es para edificaciones de cualquier sistema estructural, cabe aclarar que solo llenamos los espacios correspondientes al sistema conformado por muros estructurales.

¹⁷ Formulario desarrollado por el Grupo INME de la Universidad Industrial de Santander.

FORMULARIO PARA EL LEVANTAMIENTO DETALLADO DE EDIFICACIONES DE CONCRETO SOBRE PLANOS

Nombre de la Edificación:	
Dirección:	
Constructor:	
Fecha Construcción:	

a. DATOS GENERALES:

No Pisos	-	L _{mayor}	-	Altura 1er Piso	-
No Sótanos	-	L _{menor}	-	Altura Promedio	-
F _c	-	Nejesresist _X	-	Long. Voladizo	-
F _y	-	Nejesresist _Y	-	Irregularidad en Altura	Tipo
F. (estribos)	-	Área en Planta	-	Nivel	-
Es	-	Soporte Tanque Elevado	-	Irregularidad en Planta	-

b. DATOS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL:

Vigas cargueras externas

Luz mín. X	-	ρ^+ (vano int.)	-	Ancho [*]	-
Luz mín. Y	-	ρ^- (vano int.)	-	Alto [*]	-
Luz máx. X	-	ρ^+ (vano Ext.)	-	Sep. Estribos Ext. [*]	-
Luz máx. Y	-	ρ^- (vano Ext.)	-	Sep. Estribos centro [*]	-
Área mín. viga	-	Área máx. viga	-	Recubrimiento [*]	-

Vigas cargueras internas

Luz mín. X	-	ρ^+ (vano int.)	-	Ancho [*]	-
Luz mín. Y	-	ρ^- (vano int.)	-	Alto [*]	-
Luz máx. X	-	ρ^+ (vano Ext.)	-	Sep. Estribos Ext. [*]	-
Luz máx. Y	-	ρ^- (vano Ext.)	-	Sep. Estribos centro [*]	-
Área mín. viga	-	Área máx. viga	-	Recubrimiento [*]	-

Vigas no cargueras

Luz mín. X	-	ρ^+ (vano int.)	-	Ancho [*]	-
Luz mín. Y	-	ρ^- (vano int.)	-	Alto [*]	-
Luz máx. X	-	ρ^+ (vano Ext.)	-	Sep. Estribos Ext. [*]	-
Luz máx. Y	-	ρ^- (vano Ext.)	-	Sep. Estribos centro [*]	-
Área mín. viga	-	Área máx. viga	-	Recubrimiento [*]	-

Columnas externas

Área total columnas	-	ρ_v (1-4 piso)	-	Largo Sección**	-
Área total columnas	-	ρ_v (>4 piso)	-	Ancho Sección**	-
Área máx. col.	-	ρ_n (extremos)	-	Recubrimiento**	-
Área mín. col.	-		-	Sep.	-

* Viga Típica

** Columna Típica

Columnas internas					
Área total columnas	-	ρ_v (1-4 piso)	-	Largo Sección**	-
Área total columnas	-	ρ_v (>4 piso)	-	Ancho Sección**	-
Área máx. col.	-	ρ_h (extremos)	-	Recubrimiento **	-
Área mín. col.	-		-	Sep.	-

Muros			
Área Muros X (m):	-	Área Muros Y (m):	-
F'c (MPa):	-	F'y (MPa):	-

	ID	Cantidad	Longitud	No de mallas	Espesor	Recubrimient	ph	pv
X				-		-	-	-
				-		-	-	-
				-		-	-	-
				-		-	-	-
Y				-		-	-	-
				-		-	-	-
				-		-	-	-
				-		-	-	-
				-		-	-	-
				-		-	-	-
				-		-	-	-
				-		-	-	-

Losa							
				Tipo			
				Aligerada			
				Prefabricada			
				Maciza			
				NOTA			
Altura Alma:		Espesor Alma:		Sep. Viguetas:		Esp Torta Sup:	

Dibujo en Planta Primer piso
NOTA

Dibujo Conexión Tipo Viga-Columna							
Céntrica %						Excéntrica %	

Dibujo Planta Tipo

Tipo de Cimentación				
<input type="radio"/> Zapata individual	<input type="radio"/> Zapata con viga de enlace	<input type="radio"/> Losa de cimentación	<input type="radio"/> No hay datos	
Profundidad promedio de la Cimentación				
<input type="radio"/> 0-1 m	<input type="radio"/> 1-2 m	<input type="radio"/> 2- 3	<input type="radio"/> 3 o más	<input type="radio"/> No hay datos
Diferencia de Altura en la Cimentación				
<input type="radio"/> Si	<input type="radio"/> No	<input type="radio"/> No hay datos		
Tipo de Cubierta				
<input type="radio"/> Pesada	<input type="radio"/> En concreto	<input type="radio"/> Liviana (zinc, eternit)	<input type="radio"/> No hay datos	

OBSERVACIONES

4. MARCO TEORICO

Dentro del análisis de edificaciones podemos encontrar dos tipos de respuestas estructurales dependiendo el origen de la carga que se aplica a la estructura, esta puede ser de naturaleza dinámica o estática, obedeciendo si la fuerza aplicada varia o permanece constante a través del tiempo, existiendo una respuesta diferente para cada instante de tiempo en un análisis dinámico; mientras que la solución de un problema estático presenta una única respuesta, independiente del tiempo.

En este capítulo se describirá las características fundamentales que son propias de cualquier tipo de estructura, las cuales son responsables de su comportamiento y respuesta ante acciones sísmicas, relacionando las propiedades únicas de cada edificación con un modelo de varios grados de libertad representado en una ecuación de movimiento que empieza con una ecuación dinámica simplificándose a un sistema de superposición de las respuestas de cada uno de los modos de vibración.

Para determinar las características dinámicas de las estructuras se indican los procedimientos para calcular los modos de vibración, sus frecuencias naturales, con su máximo valor de contribución modal y el método de combinación de respuesta modal, se calcula los coeficientes de participación y las masas efectivas.

En este proyecto para determinar los efectos dinámicos producidos por un sismo se utilizaron tres métodos de análisis, el dinámico, el de la fuerza horizontal equivalente y el análisis estático no lineal Pushover, explicados en este capítulo.

Para finalizar se hace un resumen de cómo ejecutar el análisis pushover con SAP 2000 y una descripción de los programas estructurales.

El objeto de este capítulo es mostrar muy resumidamente el marco de concepto teórico en el que se desarrolló el proyecto, procurando ser un texto más de tipo orientativo y de ninguna manera se busca ser un texto explicativo, pues esta información se encuentra muy bien especificada en los diferentes libros de texto y en otras tesis de grado.

4.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

4.1.1 Masa y discretización de masa

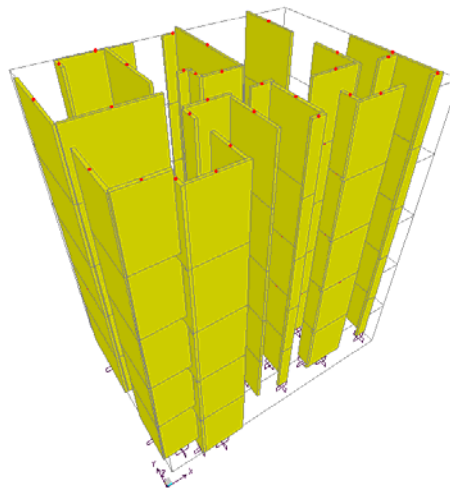
Según una definición estrictamente física, la masa (**m**) representa el coeficiente de inercia de un cuerpo, es decir, la resistencia que el cuerpo opone a las variaciones de su estado de movimiento o de quietud.

La cantidad de masa en las edificaciones depende de la configuración geométrica y de los tipos de materiales que la componga, siendo este último uno de los factores más importantes para la resistencia y comportamiento estructural en el instante de soportar acciones sísmicas o cualquier otro tipo de fuente de carga dinámica.

Para las edificaciones esta masa se puede discretizar de dos maneras:

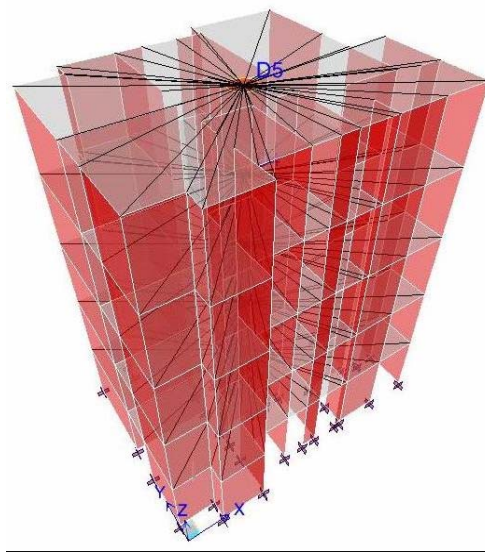
- I. Ubicar los grados de libertad (propiedades de rigidez) en los nodos de la estructura, donde se interconectan los elementos, y trasladar las propiedades de masa a estos grados de libertad.

FIGURA 24. Masa en nodos de la estructura (modelo SAP 2000)



- II. Localizar los grados de libertad en el centro de la masa de la placa de cada piso, trasladando las propiedades de rigidez a estos puntos.

FIGURA 25. Centro de masa de la estructura (modelo ETABS)



La masa de la estructura se puede representar por medio de una matriz de masa. La matriz de masas $[M]$ considerando una placa de entrepiso idealizada como rígida en su propio plano, permite que la posición de cualquier punto sobre el entrepiso pueda definirse a partir de dos desplazamientos horizontales ortogonales y un giro alrededor de cualquier punto, sobre la losa el cual por facilidad se da en el centro de masa. De esta manera en cada losa de entrepiso queda modelada con 3 grados de libertad en su centro de masa representada en la siguiente matriz.

$$[M] = \begin{bmatrix} m_m & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_m & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_m & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & m_{r1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & m_{r1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & m_{r1} \end{bmatrix}_{3n \times 3n}$$

4.1.2 Rigidez

En ingeniería, la rigidez es la capacidad de un objeto o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos. Toda estructura al ser expuesta a una acción externa, bien sea estática o dinámica, se deforma. La relación entre estas acciones externas y las deformaciones que ellas producen en la estructura se define como rigidez.¹⁸

Los coeficientes de rigidez son magnitudes físicas que cuantifican la rigidez de un elemento resistente bajo diversas configuraciones de carga expresándose con la siguiente relación:

$$k = \frac{\textit{FuerzaAplicada}}{\textit{DeformacionSentidofuerza}} \quad (4-1)$$

Para determinar la rigidez estructural se pueden utilizar metodologías de cálculo como el método directo o el método de las fórmulas de Wilbur, en muchas ocasiones es más cómodo y práctico determinar esta propiedad utilizando software de análisis estructural como el SAP 2000 o el ETABS los cuales tienen incorporadas las ecuaciones matriciales de rigidez pues estos programas trabajan con elementos finitos.

4.1.3 Amortiguamiento

Una estructura sometida a la acción sísmica oscila una amplitud constante durante un tiempo determinado; su movimiento tiende a disminuir con el tiempo, debido a la pérdida de energía que se presenta en la estructura. Unas fuerzas llamadas de fricción o de amortiguamiento están siempre presentes y disipan la energía, ya sea cinética o potencial, en otra forma de energía como calor o ruido. El mecanismo de disipación o transformación de energía es bastante complejo y no está totalmente entendido hoy en día. Sin embargo, existen varias formas

¹⁸ MALDONADO, Esperanza y CHIO, Gustavo. Análisis sísmico de edificaciones. Bucaramanga, ediciones UIS, 2004. p. 8

simplificadas de describir estos fenómenos de amortiguamiento que se aproximan al fenómeno real.

El amortiguamiento viscoso, basado en el modelo Kelvin – Voigt, considera que las fuerzas de amortiguación o de fricción son proporcionales a la magnitud de la velocidad y opuesta al movimiento. Luego la fuerza de amortiguación viscosa se puede expresar como

$$F_a = c \dot{u} \quad (4-2)$$

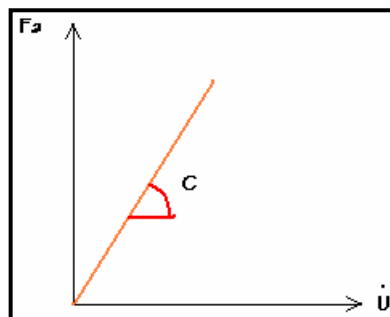
Donde:

F_a = fuerza producida por el amortiguador

c = constante del amortiguador

\dot{u} = velocidad relativa entre los dos extremos del amortiguador

FIGURA 26- Relación fuerza velocidad para un amortiguamiento viscoso



Es muy frecuente usar en la dinámica estructural el concepto de amortiguamiento viscoso, por dos razones. Primero, por ser un modelo muy simple, y segundo, por la suposición que se hace de que ese amortiguamiento caracteriza el amortiguamiento global de toda la estructura.¹⁹

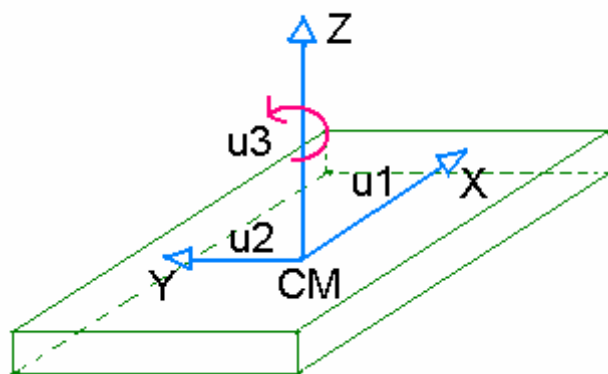
4.1.4 Grados de libertad y diafragma rígido

Una losa idealizada como rígida en su propio plano es un cuerpo que se puede modelar infinitamente rígido para desplazamiento dentro del plano. Si esta aproximación es válida, siempre es posible describir la posición horizontal de

¹⁹ MALDONADO, Esperanza y CHIO, Gustavo. Análisis sísmico de edificaciones. Bucaramanga, ediciones UIS, 2004. p. 11-12

cualquier punto dentro de la losa, o diafragma, a partir de dos desplazamientos horizontales ortogonales, x y y , y un giro alrededor de un eje perpendicular al plano del diafragma, z ; reduciendo de una manera significativa la ecuación dinámica facilitando su calculo, siendo únicamente 3 grados de libertad por piso ubicado en su centro de masa.

FIGURA 27 Grados de libertad en placa rígida



4.2 SISTEMAS CON VARIOS GRADOS DE LIBERTAD

4.2.1 Suposiciones de análisis

Al plantear la ecuación de movimiento de un sistema de múltiples grados de libertad es importante hablar del modelo estructural. Luego, un edificio se puede modelar como un sistema donde cada muro aporta para la rigidez del piso con una losa de entrepiso idealizado como un cuerpo infinitamente rígido para desplazamiento en su propio plano.

Para este fin se debe suponer bajo estas condiciones:

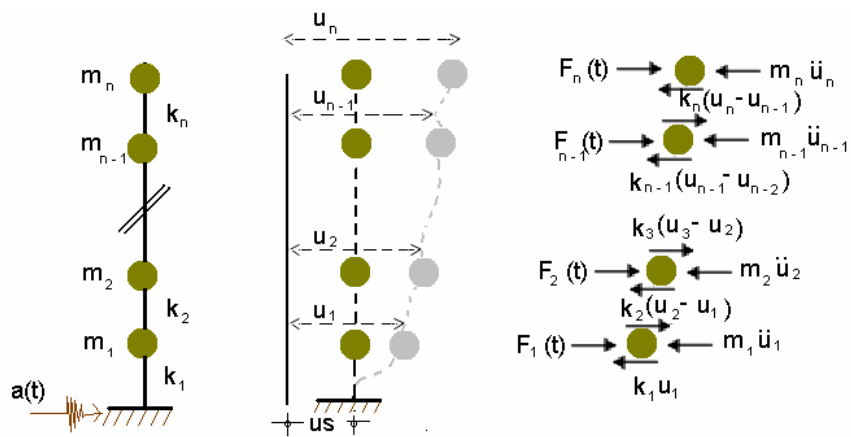
- I. La masa de la estructura esta concentrada al nivel de los pisos.
- II. Todos los puntos sobre una misma placa se desplazan de la misma manera debido a la rigidez infinita del diafragma
- III. Se desprecia la deformación axial de los muros estructurales.

4.2.2 Ecuación de movimiento

Un sistema puede estar sometido a un movimiento en la base, como es el caso de una edificación bajo la acción de un sismo. En dichas circunstancias, la respuesta del sistema puede evaluarse representando la acción por medio de un acelerograma, o mediante un espectro de respuesta.

Suponiendo un edificio modelado como una estructura de n pisos excitados en la base como se muestra en la Figura 28

FIGURA 28 Sistema de múltiples grados de libertad sometido a un movimiento en la base.



(a) Idealización estructural (b) Desplazamientos (c) Diagrama de cuerpo libre

La ecuación de un sistema con movimiento forzado pero sin amortiguamiento puede ser escrita en la siguiente forma:

$$[M] \{\ddot{y}\} + [K] \{y\} = - [M] \{\gamma\} \ddot{u}_s(t) \quad (4-3)$$

En donde:

$\{\gamma\}$ = matriz cuyo tamaño depende de las componentes del acelerograma, $\ddot{u}_s(t)$; es decir si este tiene 2 componentes (x, y) el vector γ tendrá un tamaño de $2 \times n$, siendo n los grados de libertad de la estructura. En otras palabras, sus términos son iguales a 1 si la aceleración del terreno colineal con la aceleración del grado

de libertad que representa la matriz. Si no es colineal se coloca 0 a la componente correspondiente.

$\ddot{u}_s(t)$ = aceleración aplicada a la fundación del edificio, representada por un Acelerograma.

Introduciendo la transformación y derivando dos veces:

$$\{y\} = [\Phi] \{z\} \quad (4-4) \quad \{\ddot{y}\} = [\Phi] \{\ddot{z}\}; \quad (4-5)$$

En donde $[\Phi]$ es la matriz modal obtenida de la solución del problema característico.

Por consiguiente, se obtienen n ecuaciones independientes de un grado de libertad de tipo:

$$z''_i + \omega_i^2 z_i = \Gamma_i \ddot{u}_s(t) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4-6)$$

Donde Γ_i es el factor de participación del modo i, y corresponde a la fila i de la matriz $[\Gamma]$ obtenida de la expresión:

$$[\Gamma] = -[\Phi]^T [M] \{\gamma\} \quad (4-7)$$

El factor de participación define la escala a la que interviene el modo i en el movimiento.

Una vez se obtienen los valores de z_i , para cualquier tiempo t, se pueden obtener los desplazamientos de la estructura para ese instante. Luego la respuesta total es la superposición de las respuestas individuales de cada uno de los modos:

$$\{y\} = [\Phi] \{z\} = \sum_{i=1}^n \{\Phi\}_i Z_i(t) \quad (4-8)$$

4.2.3 Modos de vibración y frecuencias naturales

Es necesario e importante realizar el estudio de una edificación en vibración libre (aún cuando en muy pocas circunstancias este bajo esta condición), porque de esta forma se pueden determinar las propiedades dinámicas más importantes de la estructura, que son la frecuencia natural, periodo y los correspondientes modos de vibración.

Contamos, con el sistema de ecuaciones de equilibrio para vibración libre no amortiguada:

$$[M] \{\ddot{U}\} + [K] \{U\} = 0 \quad (4-9)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones diferenciales simultaneas, y reacomodando términos tenemos:

$$[[K] - \omega^2 [M]] \{a\} = 0 \quad (4-10)$$

Como se puede ver estas ecuaciones de movimiento no dependen del tiempo, y corresponden a un sistema algebraico de n ecuaciones lineales homogéneas con n incógnitas, amplitudes a_i y ω^2 por determinar. La solución a esta formulación matemática, conocida como *problema característico*, requiere que el determinante de la matriz del factor de $\{a\}$ sea igual a cero, es decir, para que el sistema de ecuaciones simultáneas homogéneo ecuación (4-10) tenga solución no trivial, el determinante de la matriz de coeficientes debe ser cero:

$$\Delta = [[K] - \omega^2 [M]] = 0 \quad (4-11)$$

Luego con cada valor de ω_p^2 que satisface la ecuación característica del sistema, se reemplaza en la ecuación (4-10) y se obtiene un sistema de n ecuaciones del tipo:

$$[[K] - \omega_p^2 [M]] \{a\}_p = \{0\} \quad p=1,2,3,\dots,n \quad (4-12)$$

Resolviendo cada ecuación se obtiene para cada ω_p^2 un vector $\{a\}_p$ llamado vector característico, o modo de vibración o eigenvector, en términos de una constante de proporcionalidad arbitraria. Es decir, que los valores $\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}_p$, son reales, pero no tienen un valor determinado, pues cualquier escalar α_p , $\alpha_p \{a\}_p$ también es una solución del sistema de ecuaciones (4-12). Por lo tanto, para cada frecuencia ω_p se tiene un vector $\{a\}_p$ que cuenta con una forma definida pero una amplitud arbitraria²⁰.

4.2.4 Métodos de combinación de la respuesta modal

Una vez se han calculado las respuestas máximas para cada modo, bien sea por el método cronológico o el espectral, se observa que no ocurre al mismo tiempo. Luego para determinar la respuesta máxima tomando la contribución de todos los modos existen varios métodos. A continuación se presentan dos de ellos (suponiendo un sistema de dos grados de libertad):

- I. Sumando los valores absolutos de las contribuciones modales máximas:

$$u_{1\max} = |\varphi_{11} z_{1\max}| + |\varphi_{12} z_{2\max}| \quad (4-13)$$

$$u_{2\max} = |\varphi_{21} z_{1\max}| + |\varphi_{22} z_{2\max}|$$

Como se menciona anteriormente, generalmente cuando la respuesta de un modo llega a su máximo, las otras respuestas modales, en ese instante, no está en su máximo valor. Luego es obvio que ese método de combinación ofrece el límite superior de respuesta.

²⁰ MALDONADO, Esperanza y CHIO, Gustavo. Análisis sísmico de edificaciones. Bucaramanga, ediciones UIS, 2004. p. 122-123

II. Por medio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las contribuciones modales (RCSC):

$$u_{1\max} = \sqrt{(\varphi_{11}z_{1\max})^2 + (\varphi_{12}z_{2\max})^2} \quad (4-14)$$

$$u_{2\max} = \sqrt{(\varphi_{21}z_{1\max})^2 + (\varphi_{22}z_{2\max})^2}$$

Existe otro método que toma en consideración la correlación que existe entre los diferentes modos, y es el método de combinación cuadrática completa (CCC) (Rosenblueth y Elorduy, 1969).²¹

4.2.5 Máximo valor de contribución modal

Dada la ecuación de movimiento

$$[M] \{\ddot{y}\} + [K] \{y\} = - [M] \{\gamma\} \ddot{u}_s(t) \quad (4-3)$$

Utilizando métodos matemáticos los cuales transformaron reemplazando y reduciendo, se llegó a tener n ecuaciones independientes de la forma

$$z_i'' + \omega_i^2 z_i = \Gamma_i \ddot{u}_s \quad (4-6)$$

Siendo Z el coeficiente de contribución modal, se puede leer el máximo valor en el espectro de respuesta del sismo

$$(Z_i)_{\max} = |\Gamma| S_d(T_i, \xi_i) \quad (4-15)$$

Donde $S_d(T_i, \xi_i)$ es el valor del espectro de desplazamiento para un periodo T_i y un amortiguamiento ξ_i .

²¹ MALDONADO, Esperanza y CHIO, Gustavo. Análisis sísmico de edificaciones. Bucaramanga, ediciones UIS, 2004. p. 135

4.2.6 Cálculo de los coeficientes de participación y de las masas efectivas

Aplicando la propiedad de ortogonalidad de los modos normales, la cual normaliza los modos con respecto a la masa del sistema:

$$\varphi = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n m_k a_{kj}^2}} \quad (4-16)$$

Siendo φ la componente normalizada i del vector modal j

Con base en lo anterior y cumpliendo la condición de ortogonalidad de los modos de vibración, obtenemos:

$$[I] \times [\omega^2] = [\Gamma] \quad (4-17)$$

Donde Γ_i es el factor de participación del modo i , y corresponde a la fila i de la matriz $[\Gamma]$.

El vector de ubicación del acelerograma $\{\gamma\}$ define la colinealidad con los grados de libertad de la estructura, siendo 1 si la aceleración del terreno tiene la misma dirección que el grado de libertad que representa la matriz, y en caso contrario se coloca un 0 a la componente correspondiente.

A su vez, la masa total de la estructura esta dada por la contribucion de cada masa individual:

$$[M]_{TOTAL} = [\Gamma]^T [I] [\Gamma] = \left| \sum \Gamma_i^2 \right| \quad (4-18)$$

Entonces, la masa total en cada direccion principal corresponde a la suma de los cuadrados de los coeficientes de participacion modal, Γ_i , en esa dirección. El valor de Γ^2 de cada modo es llamada la *masa efectiva modal*, y puede

entenderse como la fracción de la masa total que se activa en ese modo al vibrar debido a la excitación en la base.

En los casos donde los modos de vibración no son ortogonales, los coeficientes de participación se definen de la siguiente manera:

$$\Gamma_i = -\frac{\{\phi^i\}^T [M] \{\gamma\}}{\{\phi^i\} [M] \{\phi^i\}} = \frac{\sum_{j=1}^n (\phi_j^i m_j)}{\sum_{j=1}^n m_j (\phi_j^i)^2} \quad (4-19)$$

$$m_{efeci} = -\frac{(\{\phi^i\}^T [M] \{\gamma\})^2}{\{\phi^i\} [M] \{\phi^i\}} = \frac{\left[\sum_{j=1}^n (\phi_j^i m_j) \right]^2}{\sum_{j=1}^n m_j (\phi_j^i)^2} \quad (4-20)$$

4.3 MÉTODO DE ANÁLISIS DINÁMICO

El análisis sísmico corresponde al método del Análisis Dinámico Modal Espectral, aplicando el procedimiento RCSC para la combinación de la respuesta modal y usando como excitación el espectro de diseño NSR-98 y micro zonificación sísmica de Bucaramanga.

La respuesta máxima del sistema se obtiene combinando las respuestas máximas calculadas para cada uno de sus modos más significativos, en base a una acción sísmica caracterizada por su espectro de respuesta.

Para describir la distribución espacial de la masa se utilizara modelo tridimensional con diafragma rígido, En este tipo de modelo los entrepisos se consideran diafragmas infinitamente rígidos en su propio plano. La masa de cada diafragma se considera concentrada en su centro de masa. Los efectos

torsionales accidentales pueden ser incluidos haciendo ajustes apropiados en la localización de los centros de masa de los diafragmas.

La rigidez del sistema se llevara al centro de masas y será correspondiente a los métodos dinámicos elásticos e inelásticos, siendo consistente con el grado de capacidad de disipación de energía del material, con los niveles esperados de deformación y con las secuencia de esfuerzos y deformaciones que se presente durante la respuesta. Al ser modelos de muros estructurales se trabajaran con las ecuaciones del programa comercial de elementos finitos ETABS (Computers & Structures, 2002).

4.4 MÉTODO DE LA FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Existe un método aproximado para determinar las fuerzas sísmicas horizontales de diseño, que no requiere realizar un análisis dinámico completo de la estructura. Este método se conoce o es llamado *método de la fuerza horizontal equivalente*.²²

Este método, como su nombre lo dice, consiste en definir una fuerza horizontal estática que representa la acción sísmica, reduciendo el problema dinámico a uno estático.

El método lleva implícitas ciertas aproximaciones:

- I. Limita la respuesta sísmica al primer modo de vibración
- II. Iguala la masa efectiva del primer modo (modo fundamental) a la masa de la estructura, para compensar la ausencia de los otros modos.
- III. El periodo de vibración fundamental aproximado con el cual se determina el valor de la aceleración espectral (en fracción de la gravedad) se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

²² MALDONADO, Esperanza y CHIO, Gustavo. Análisis sísmico de edificaciones. Bucaramanga, ediciones UIS, 2004. p. 231

$$T_a = C_t (h_n)^{3/4} \quad (4-21)$$

Donde

C_t es el coeficiente que depende del material y sistema estructural,

h_n es la altura en metros, medida desde la base hasta la cubierta de la estructura.

Los valores de C_t según el capítulo A.4, sección A4.2.2 de la NSR-98 son:

$C_t = 0.08$ para pórticos resistentes a momentos de concreto reforzado y para pórticos de acero estructural con diagonales excéntricas.

$C_t = 0.09$ para pórticos resistentes a momentos acero estructural.

$C_t = 0.05$ para otros tipos de resistencia sísmica.

Por consiguiente, de acuerdo con las aproximaciones enunciadas anteriormente, podemos el cortante sísmico en la base

$$V_s = M_T S_a(T_1, \xi_1)(g) \quad (4-22)$$

Donde

V_s es el cortante sísmico en la base, producidos por los movimientos sísmicos de diseño, en la dirección de estudio;

S_a es el valor del espectro elástico de aceleraciones como fracción de la gravedad determinado a partir del periodo fundamental aproximado calculado con la ecuación (4-21).

Definiendo C_{vj} como la fracción del cortante basal que se aplica a cada piso mediante,

$$C_{vj} = \frac{m_j h_j^k}{\sum_{m=1}^n m_m h_m^k} \quad (4-23)$$

Donde

n es el numero de pisos de la estructura

m_j, m_m es la masa total que esta colocada en el nivel **j** ó **m**

h_j, h_m es la altura media desde la base al nivel **j** ó **m**

k es el exponente relacionado con el periodo fundamental aproximado de la estructura, el cual puede tomar los siguientes valores:

para $T \leq 0.5$ s, $k = 1.0$,

para $T \leq 2.5$ s, $k = 2.0$,

para $0.5 \text{ s} \leq T \leq 2.5 \text{ s}$, $k = 0.75 + 0.5Ta$

La fuerza en cualquier nivel **j** y aplicada en el centro de cortante causada por el primer modo es

$$F_j = C_{vj} V_s \quad (4-24)$$

4.5 ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL

4.5.1 ANÁLISIS PUSHOVER

El análisis pushover es un procedimiento estático, no lineal en el cual la magnitud de la carga estructural se aumenta incrementalmente de acuerdo con un cierto patrón predefinido. Con el incremento en la magnitud de la carga, las conexiones dediles y los modos de fallo de la estructura son encontrados. La carga es monotónica con los efectos de conducta cíclica y carga retornante que son estimados usando criterios de repeticiones modificados de fuerza – deformación y con aproximaciones relativas.

El análisis estático pushover es un intento para que los profesionales en ingeniería estructural evalúen la fuerza real de la estructura y prometa ser una herramienta útil y efectiva para el diseño basado en el funcionamiento.

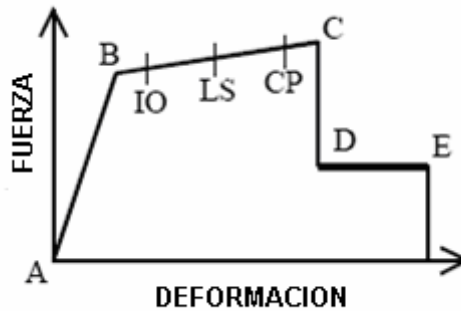
Los documentos ATC - 40 y FEMA - 273 han desarrollado modelos de procedimiento, procedimientos de criterio y análisis aceptados para análisis pushover. Estos documentos definen criterios fuerza-deformación para rotulas usados en análisis pushover. Como se muestra en la figura 29, cinco puntos etiquetados A, B, C, D y E son utilizados para definir el comportamiento de deflexión de la rotula y tres puntos nombrados IO, LS, CP se utilizan para definir los criterios de aceptación de la rotula.

- **IO** Immediate Occupancy – Ocupación Inmediata,
- **LS** Life Safety – Seguridad de la Vida, y
- **CP** Collapse Prevention – Prevención al Colapso

Los valores asignados a cada uno de estos puntos varían dependiendo del tipo de miembro así como muchos otros parámetros definidos en los documentos ATC-40 y FEMA-273.²³

²³ Fragmento traducido de la publicación *Structure Magazine*, Winter, 1998

FIGURA 29 Diagrama Fuerza – Deformación para rotula pushover



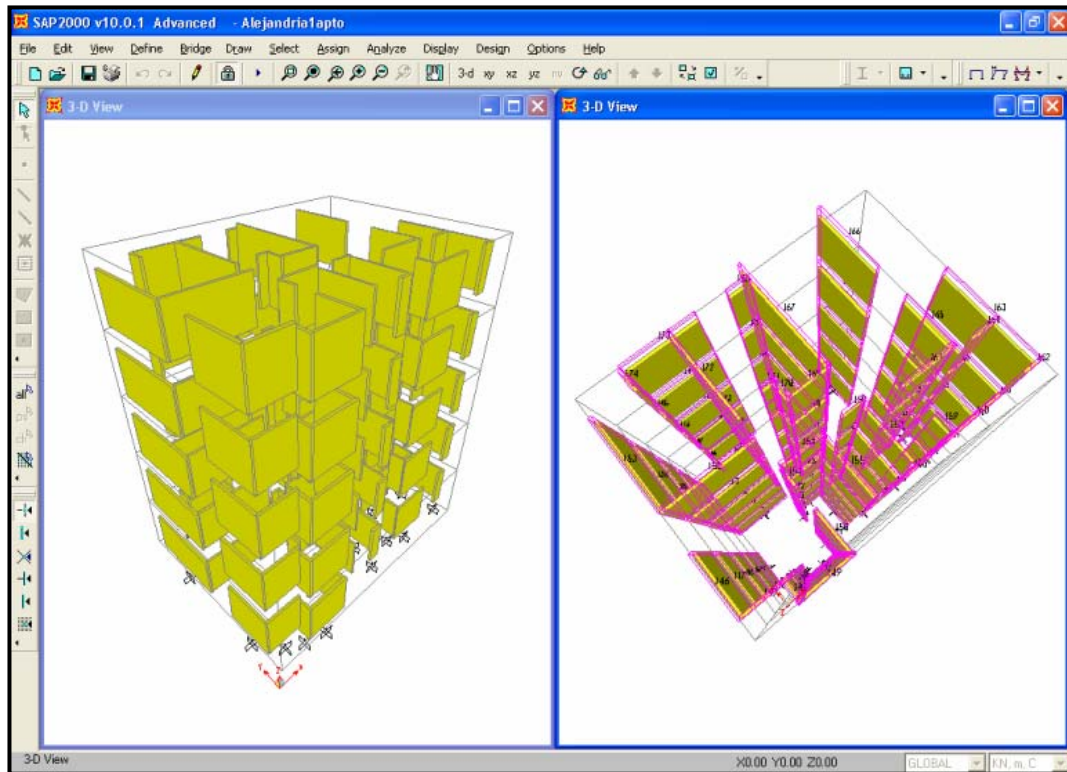
4.5.2 ANÁLISIS PUSHOVER CON SAP 2000

A continuación se darán los pasos necesarios usados en la ejecución de un análisis pushover para un edificio de varios pisos. SAP2000, un programa estructural avanzado, de propósitos generales, análisis estructural tridimensional, es utilizado como herramienta para realizar el pushover. Las capacidades del análisis estático pushover SAP2000, las cuales son integradas completamente en el programa, permite la puesta en práctica rápida y fácil de los procedimientos del pushover preescrito en los documentos ATC-40 y FEMA-273 para edificaciones tridimensionales.

Los siguientes pasos están incluidos en el análisis pushover. Los pasos 1 al 4 se analiza como introducir el modelo, el paso 5 se corre el análisis, y del paso 6 al 10 se revisan los resultados del análisis pushover.

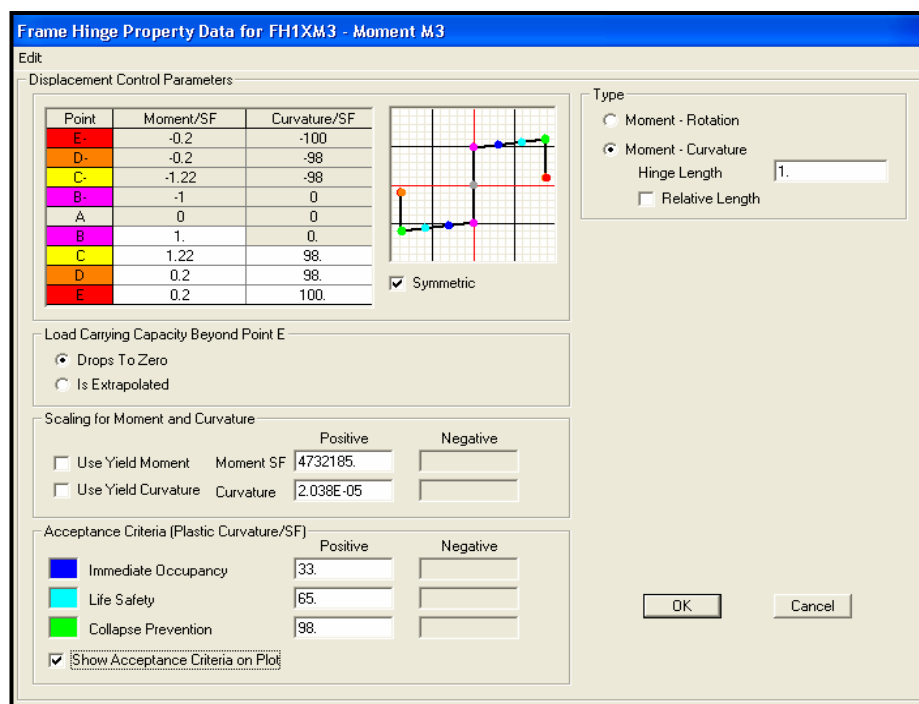
1. Creación del modelo estructural (sin los datos del pushover) de la forma tradicional, ya sea utilizando plantillas o desde una grilla con la interfaz que ofrece el SAP2000.

FIGURA 30 Modelo básico SAP2000 (sin datos pushover)



- Definición de propiedades y criterio de aceptación para las rotulas del pushover como lo muestra la figura 31.

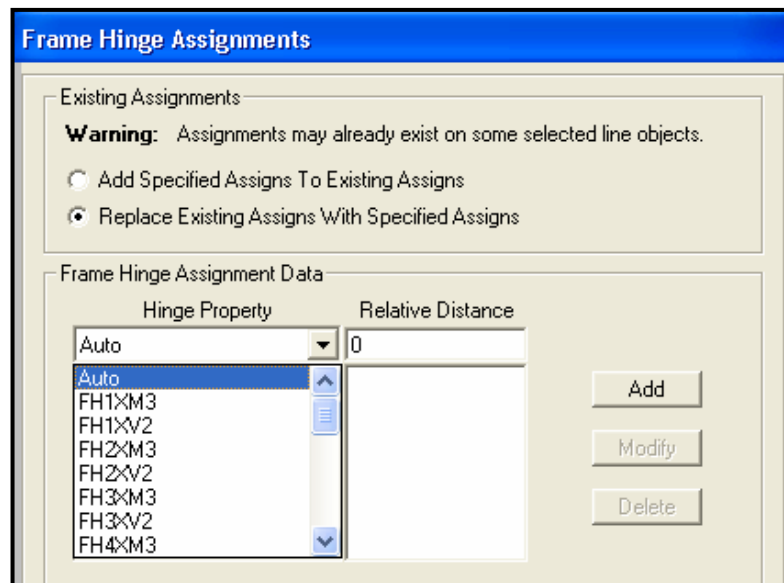
FIGURA 31 Frame hinge property



El programa incluye varias características incorporadas por defecto de la rotula que se basan en los valores medios ATC-40 para los miembros concretos y los valores medios de FEMA-273 para los miembros de acero. Estas características construidas pueden ser útiles para análisis preliminares pero las características definidas por el usuario (userdefined) se recomiendan para los análisis finales. Este ejemplo utiliza características userdefined.

3. Situé las rotulas del pushover en el modelo seleccionado a uno o mas elementos y asignándole luego una o mas propiedades de rotula asígnelas a la estructura. Como se muestra en la figura 32.

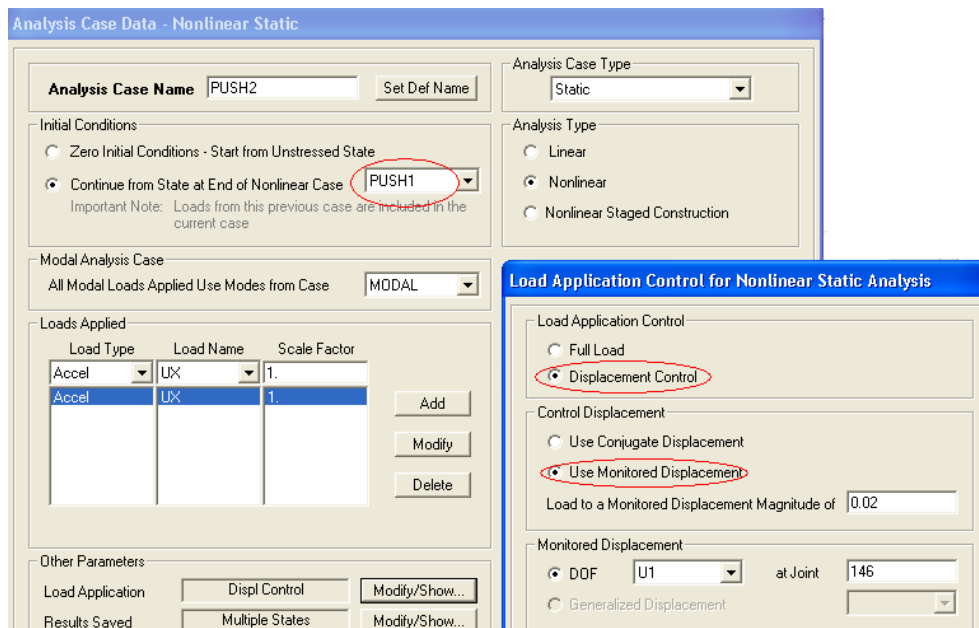
FIGURA 32 *Assing pushover hinge*



4. Defina los casos de carga (load cases) del pushover. En SAP2000 se puede utilizar mas de un caso de carga pushover para un mismo análisis. También un caso de carga del pushover puede empezar con las condiciones finales de otro caso de carga del pushover que fue utilizado previamente en el mismo análisis. Típicamente el primer caso de carga del pushover se utiliza para aplicar la carga de gravedad y entonces los casos laterales subsecuentes de la carga del pushover se especifican para empezar con las condiciones finales del pushover de gravedad. Los

casos de carga pushover pueden ser fuerza controlada, es decir, empujada a un cierto nivel definido de fuerza, o puede ser desplazamiento controlado, es decir, se empuja hasta un desplazamiento específico. Típicamente la carga por gravedad del pushover es una fuerza controlada y los pushovers laterales son desplazamientos controlados. ASP200 permite la distribución de la fuerza lateral usada en el pushover basada en una aceleración uniforme en una dirección específica, una forma específica del modo, o una fuerza estática definida por el usuario. La caja de dialogo mostrada en la figura 33 muestra como el desplazamiento controlado de una carga lateral pushover que se basa en una carga lateral definida por el usuario la cual es enlazada con una carga de gravedad nombrada push1.

FIGURA 33 Datos pushover load cases



5. Corra el análisis estático básico y, si desea, el análisis dinámico. Luego corra el análisis estático no lineal del pushover.

6. En display se exhibe la curva del pushover como muestra la figura 34. El menú file en esta ventana de display permite que vea y si decide, imprimir a una impresora o a un archivo ASCII, una tabla la cual da las coordenadas de cada paso de la curva pushover y resume el numero de

rotulas en cada estado según lo definido en la figura 29 (por ejemplo, entre IO y LS, o entre D y E). Esta tabla se muestra en la figura 35

FIGURA 34 Curva pushover

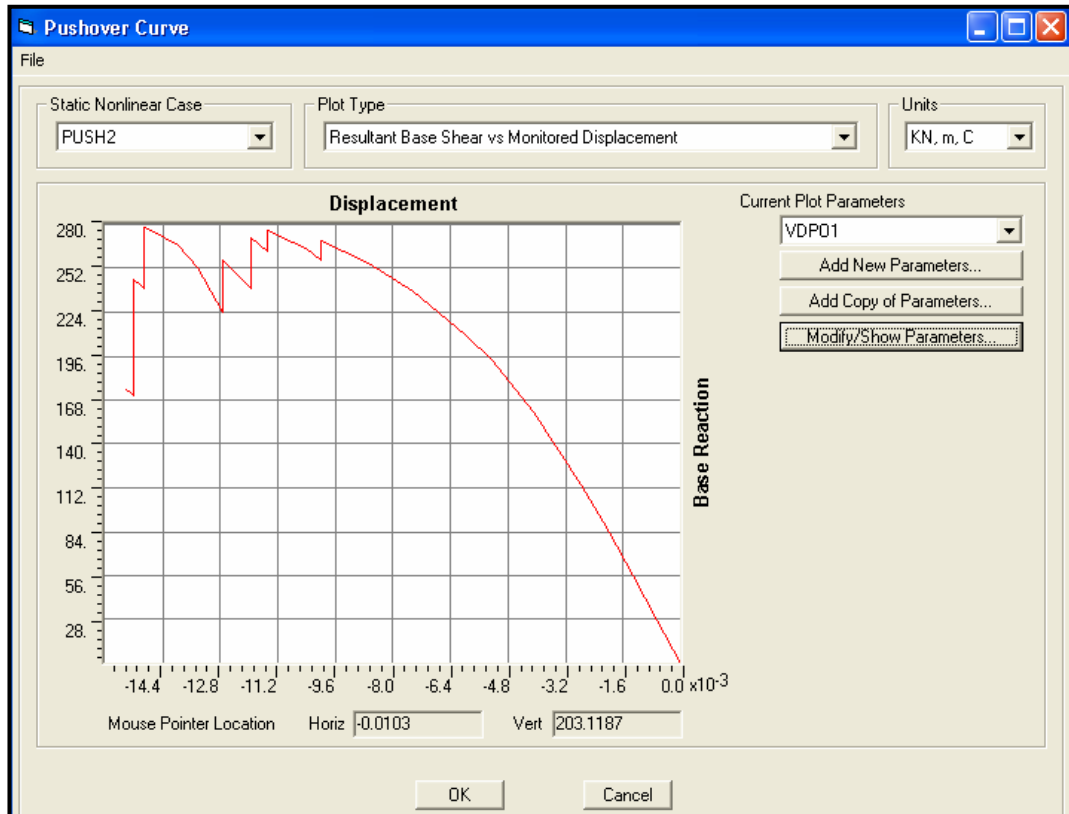


Table Display

File Edit

Pushover Curve - PUSH2

	Step	Displacement	BaseFor	AtoB	BtoIO	IOtoLS	LStoCP	CPtoC	CtoD	DtoE	BeyondE	Total
▶	0	0.000000	0.00	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	1	-0.000667	27.78	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	2	-0.001333	55.57	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	3	-0.002000	83.35	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	4	-0.002040	85.04	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	5	-0.002771	113.9	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	6	-0.004103	160.1	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	7	-0.005271	193.1	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	8	-0.005955	208.3	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	9	-0.006757	224.2	290	0	0	0	0	0	0	0	290
	10	-0.007423	237.3	290	0	0	0	0	0	0	0	290

Current Sort String:

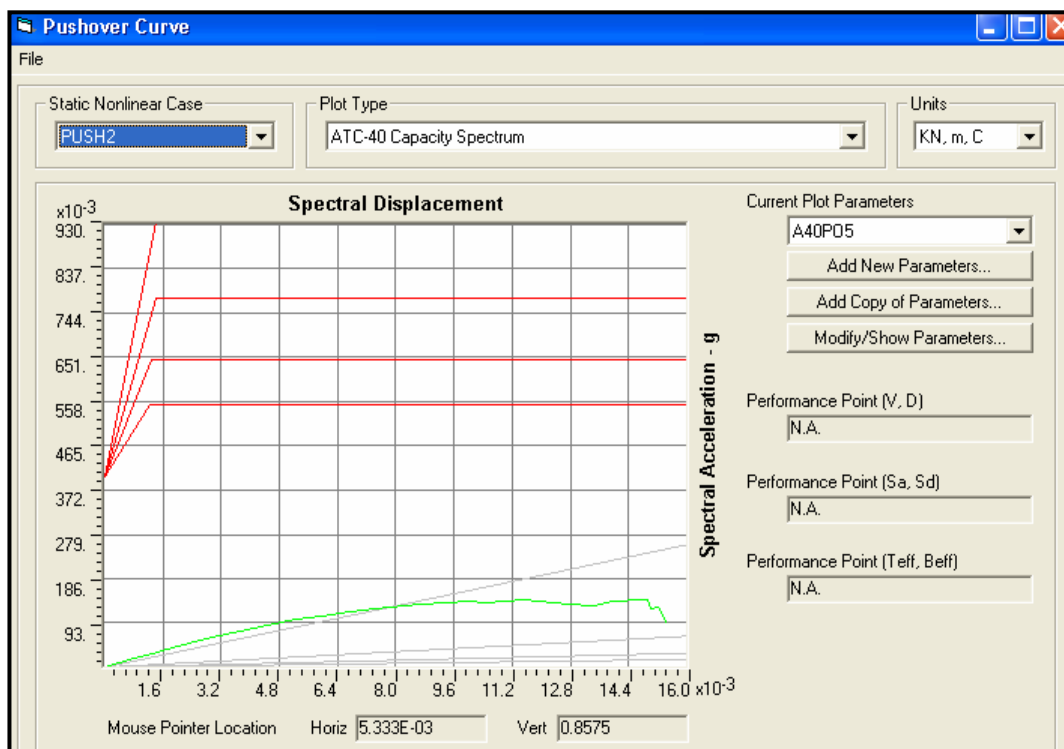
Current Filter String:

Done

FIGURA 35 Datos tabulados para curva pushover

- El display muestra la curva de capacidad de espectro como se muestra en la figura 36 observe que usted puede modificar interactivamente la magnitud del sismo y la información relativa sobre esta forma y ver inmediatamente el nuevo diagrama de capacidad del espectro. El punto de funcionamiento para un sistema dado de valores es definido por la intersección de la curva de capacidad (verde) y de la sola curva del espectro de demanda (amarillo). También, el menú File en este display permite que usted imprima los coordenadas de la curva de la capacidad y de la curva de la demanda así como la otra información usada para convertir la curva \ddot{u}_g shover al formato del espectro de la respuesta de la Aceleración – Desplazamiento

FIGURA 36 Curva de capacidad de espectro

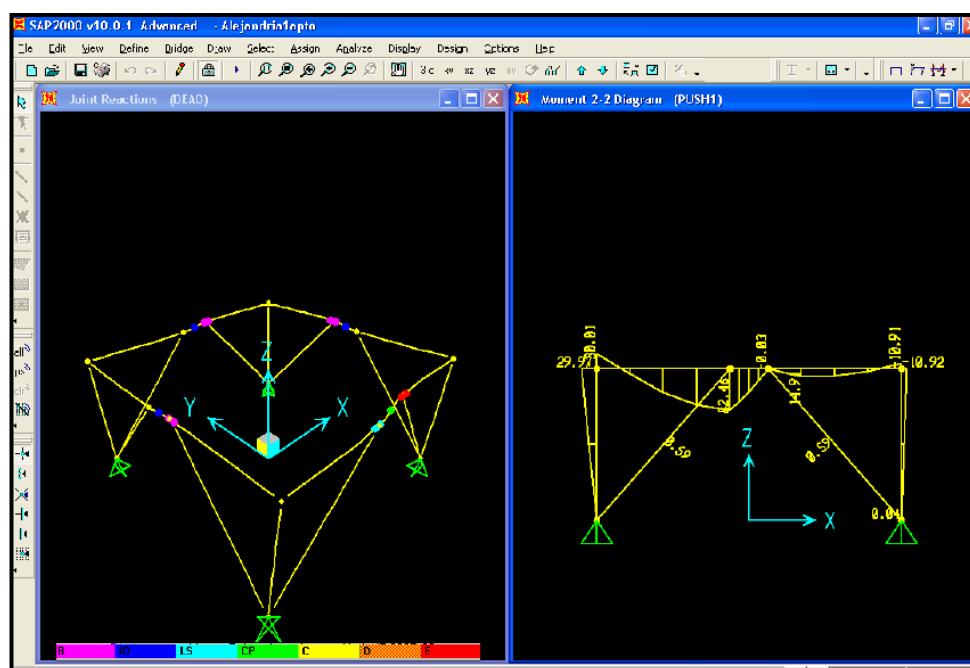


- Revise la forma y la secuencia de desplazamiento pushover de la formación de la rotula sobre una base paso a paso según lo demostrado

en el lado izquierdo de la figura 37. Las flechas en la esquina inferior derecha de la pantalla permite que usted se mueva con el paso-por-paso del pushover. Las rotulas aparecen cuando rinden y son color cifrado basado en su estado (véase la leyenda en la parte inferior de la pantalla).

9. Revise la fuerza de los miembros sobre una base paso a paso según lo mostrado en el lado derecho de la figura 37. A menudo es útil ver el modelo en dos ventanas en las cual en una se aprecie la forma desplazada y en otra la fuerza de los miembros figura 37, estas ventanas pueden ser sincronizadas para los mismos pasos, realizando así la comprensión de los análisis pushover.
10. La salida para el análisis del pushover se puede imprimir en una forma tabular para el modelo entero o para los elementos seleccionados del modelo. Los tipos de salida disponibles en esta forma incluyen desplazamiento de nodo en cada paso del pushover, las fuerzas del miembro del marco en cada paso del pushover, fuerza de la rotula, desplazamiento y estado en cada paso del pushover.

FIGURA 37 *Deformaciones y fuerza en los miembros paso a paso para pushover*



4.6 PROGRAMAS DE ANALISIS EST ⁶² RAL

4.6.1 GENERALIDADES

En la actualidad se ha hecho más común y necesaria la utilización de herramientas computacionales, las cuales, han facilitado la creación del modelo, los casos de análisis y la manipulación de resultados de cualquier tipo de estructura en tres dimensiones, dejando de ser un problema tedioso, como el que enfrentaban los ingenieros estructurales de otras décadas. A su vez este avance permite reducir las aproximaciones y técnicas utilizadas para disminuir cálculos y abre la posibilidad de crear cualquier tipo de estructura sin importar su complejidad. La precisión de estos modelos es basada en la posibilidad que tiene de procesar gran número de información en un tiempo muy corto utilizando métodos numéricos muy elaborados, las ecuaciones de estos métodos son relacionadas y acopladas a un solo sistema con la técnica de elementos finitos.

El método de los elementos finitos es un procedimiento numérico empleado para resolver problemas físicos gobernados por ecuaciones diferenciales con apropiadas condiciones de frontera, en el cual el dominio físico del problema es dividido en una serie de subregiones conocidas como elementos finitos, lugares en donde se aplica la(s) ecuación(es) diferencial(es) y sus condiciones (llevadas a una expresión única de forma integral), luego la(s) variable(s) dependiente(s) se reemplaza(n) por una función de aproximación y posteriormente mediante un procedimiento matemático se lleva la formulación integral sobre cada elemento a un sistema de ecuaciones lineales, para luego mediante la conectividad entre elementos vecinos ensamblar todos los sistemas generados por los elementos, obteniéndose un sistema general que permite hallar el valor de la(s) variable(s) dependiente(s) en puntos comunes de los elementos conocidos como nodos; en esencia este método consiste en resolver el problema no para todo el dominio sino sólo para una cantidad finita de puntos o “nodos”, extendiendo la solución al resto del dominio por medio de funciones de interpolación.

4.6.2 Software ETABS y SAP2000

Los programas de análisis estructural utilizado en este proyecto son **ETABS** y **SAP2000** paquetes de Computers and Structures, Inc (CSI), para análisis y diseño estructural. Cada paquete es un sistema integrado completo para modelar, analizar, diseñar y optimizar estructuras de un tipo en particular:

- **SAP2000** para estructuras en general, incluyendo puentes, estadios, torres, plantas industriales, estructuras costeras, sistema de tubería, presas, edificios, suelos, partes de maquinas y otras cosas.
- **ETABS** para edificaciones únicamente.

Los conceptos teóricos e interfaces graficas son tratados y descritos con detalle en el manual para cada programa.

5. SISTEMATIZACIÓN DEL ANALISIS

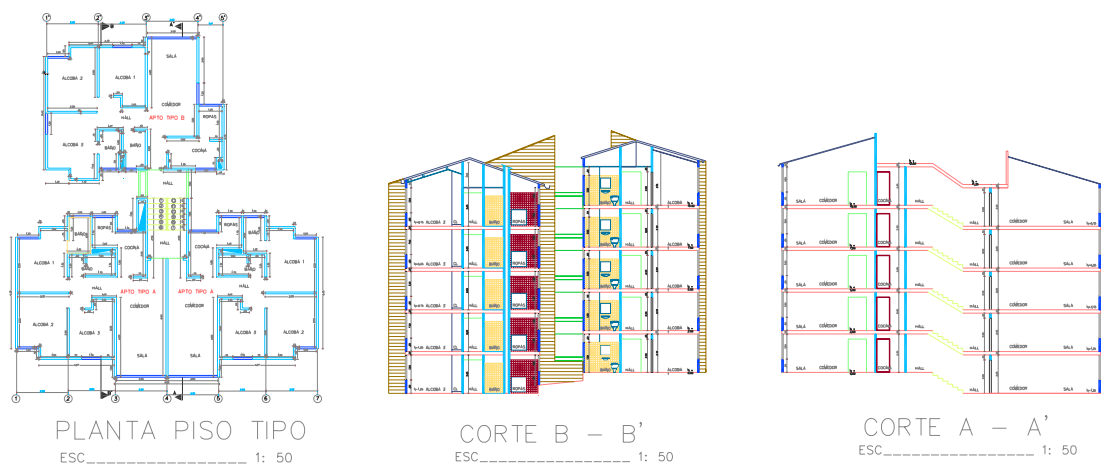
Para poder dar inicio al objetivo del proyecto se hizo necesario restituir digitalmente toda la información existente, a demás de hacer cálculos de diseño para el modelamiento de las edificaciones, por esta razón abarcamos desde la digitalización de los planos, haciendo cálculos de masas, cargas, definiendo la acción sísmica y explicando la inclusión de valores de cada método de análisis de una manera detallada e indicativa como procedimiento para el modelamiento de cada estructura.

A continuación presentamos el procedimiento de nuestro análisis paso a paso.

5.1 DIGITALIZACIÓN DE PLANOS

Los planos de las edificaciones estudiadas se encontraban en forma impresa, por esta razón, tuvimos que digitalizar todos los planos necesarios para nuestro estudio. Aproximadamente 4 planos por edificio, mediante la utilización de la herramienta AutoCAD.

Figura 38 - Planos estructurales: Planta y Perfil de Edificación 1 y 2.



Digitalizamos la parte estructural de cada edificación catalogada en su planta con la respectiva distribución arquitectónica y su perfil, aunque alguna de ella carezca de perfil, por la inexistencia de esos planos.

Para algunas edificaciones también realizamos la digitalización de su fachada²⁴.

Figura 39 - *Fachada Principal de Edificación 6.*

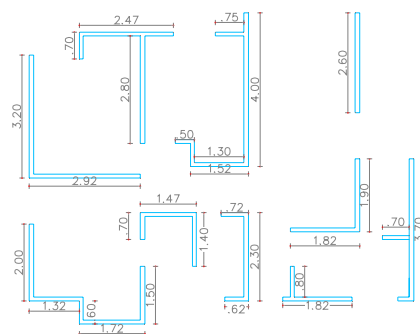


FACHADA PRINCIPAL

La digitalización de cada estructura se hizo exactamente igual a la de los planos, todas las distancias digitalizadas coinciden directamente con las originales, por lo tanto los planos cerraron perfectamente.

Adicional a lo anterior, se analizaron y digitalizaron solo la parte estructural correspondientes a muros, descartando los muros ventanas, puertas, ventanales y demás estructuras que no aportaban a la rigidez y carga del edificio. De esta manera se estudió los muros de carga (muros en la dirección principal de vanos) y los muros de rigidez (muros en sentido perpendicular a los muros de carga), que son los que están orientados en la otra dirección para rigidizar la estructura.

Figura 40 - *Modelado de Muros Estructurales de Edificación 1.*



PLANO MODELADO MUROS

²⁴ Ver Anexo 1, p 129

Figura 41 - Modelado de Muros en cada dirección de Edificación 3

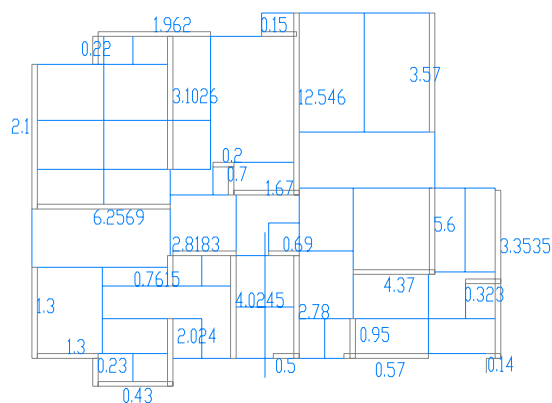


MUROS RESISTENTES EN Y

MUROS RESISTENTES EN X

Con el fin de cálculos posteriores, se tuvo la necesidad de calcular el área aferente de cada muro de la estructura, teniendo en cuenta el área de placa compartida por otros muros y el área correspondiente a cada muro.

Figura 42 - Cálculo de Áreas aferentes de Edificación 1



5.2 EVALUACION DE MASAS²⁵

Para hacer la evaluación de masas tuvimos en cuenta las siguientes propiedades de materiales:

Tabla 4 - Propiedades de Materiales

Concreto Reforzado =	2.4 Mg/m ³
Concreto Simple =	2.3 Mg/m ³
Mortero Pega =	2.1 Mg/m ³

²⁵ Ver Anexo 2. p.230

Así también, para los acabados:

Tabla 5 - Consideraciones para acabados.

ACABADOS				
Mortero de Nivelación=	0.02	m	-----	2cm de Mortero
Enchape Cerámica=	0.017	Mg/m ²		
Friso Inferior=	0.03	m	-----	3cm de Friso

Cada edificio tenía su geometría correspondiente, teniendo en cuenta principalmente los siguientes datos:

Tabla 6 - Especificaciones para cada edificio

ESPECIFICACIONES	
No. PISOS	- Unid.
Dimensión Muros	- m
Área Piso Tipo	- m ²
Perímetro Piso tipo	- m
Altura Entrepiso	- m

Las propiedades de los materiales utilizados en cálculos posteriores, son las siguientes:

Tabla 7 - Especificaciones Propiedades

PROPIEDADES		
Acero (fy)	420	Mpa
Concreto (fc)	21	Mpa

Tabla 8 - Especificaciones Módulos de elasticidad

MODULOS DE ELASTICIDAD		
Acero (fy)	200000	Mpa
Concreto (fc)	18840	Mpa

Mediante la herramienta Microsoft Excel y mediante hojas de cálculo, se realizó la evaluación de masas:

- **Masas Acabados**

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	FRISO Mg

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	MORTERO NIVELACION Mg

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	ENCHAPE PISO Mg

PISO (UNID)	Perim. Baño m	ALTURA PISO m	ENCHAPE BAÑO Mg

PISO (UNID)	LONG. m	ALTURA PUERTA m	VOLUMEN PUERTA m ³	No. PUERTAS (UNID)	VOLUMEN TOTAL m ³	PESO PUERTAS Mg
TOTAL						

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA VENTANA m	No. VENTANAS (UNID)	AREA TOTAL m ²	PESO VENTANA Mg
TOTAL					

PISO (UNID)	SANITARIO		LAVAMANOS		COCINA INTEGRAL		LAVADERO		PESO TOTAL Mg
	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	

- **Masas Estructurales**

MASAS ESTRUCTURALES						

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	PESO MUROS Mg

ENTREPISO

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	PESO ENTREPISO Mg

5.3 FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Como una opción aproximada y más sencilla para el análisis de derivas en edificaciones que presenten regularidad tanto en planta como en altura, indicado en el Capítulo A.3 de la norma NSR-98. Y adicionalmente siendo edificaciones de altura media, podemos hacer una simplificación al movimiento ocasionado por un evento sísmico suponiendo que el esfuerzo cortante en la base de la edificación se puede distribuir proporcionalmente en cada entrepiso por una fuerza estática aplicada en su centro de cortante.

El procedimiento y valores obtenidos se explican de la siguiente manera:

- La acción sísmica la definimos mediante el espectro elástico de diseño planteado en la norma NSR-98 Capítulo A.2
- Para el calculo del periodo fundamental se tomaron los siguientes valores
 - El valor de $C_t = 0.05$ correspondiente a edificaciones con muros de carga Capítulo A.4, sección A4.2.2 de la NSR-98
 - La altura $h_n = 12m$ para todas las edificaciones.
 - El valor del periodo aproximado fundamental $T_a = 0.32$ segundos

- Con base en lo anterior calculamos el valor del espectro elástico de aceleraciones ($S_a=0.625$) para el periodo fundamental aproximado.
- Con el valor de la masa total y el valor del espectro elástico de aceleraciones obtenemos el cortante basal. $V_s = 4684.98 \text{ KN}$
- Se define la fracción del cortante basal correspondiente a cada entrepiso con la formula (4-34) y a su vez la fuerza calculada con la ecuación (4-33). El procedimiento se desarrollo mediante la siguiente hoja de cálculo²⁶.

Tabla 9 - Cálculos Preliminares FHE

ALTURA ENTREPISO	2.40 m
ALTURA TOTAL DEL EDIFICIO	12.00 m
PERIODO T_a (s)	0.32 s
VALOR ESPECTRO NSR-98 S_a	0.125
CORTANTE BASAL V_s	1015.21 KN

Tabla 10 - Cálculos Cortante Basal de Edificación 3.

NIVEL	h_j (m)	m_j (Mg)	$m_j (h_j)^k$	C_{vj} (KN)	F_j (KN)	V_j (KN)
TOTALES	12	827.89	52611.84	1	1015.21	

- Estas fuerzas se aplican al centro de cortante

Tabla 11 - Cálculos Centro cortante de Edificación 3

X' (m)	Y' (m)	$F \cdot X'$ (KN m)	$F \cdot Y'$ (KN m)	$\sum F \cdot X'$ (KN m)	$\sum F \cdot Y'$ (KN m)	C_{vx} (m)	C_{vy} (m)

²⁶ Ver Anexo 1.p.129

5.4 DEFINICIÓN DE LA ACCIÓN SÍSMICA

Los movimientos sísmicos para el análisis dinámico modal se expresan como un espectro elástico de aceleraciones, para un coeficiente de amortiguamiento crítico de cinco por ciento (5%).

Cada modelo se analizó con dos espectros de diseño diferente, el primero correspondiente a el espectro del Título A de la norma NSR-98 utilizando los siguientes parámetros $Aa = 0.25$ para zona amenaza sísmica alta, perfil del suelo S_2 para un coeficiente de sitio $S = 1.2$, grupo de uso I – Estructuras de ocupación normal con un coeficiente de importancia $I = 1$. La forma del espectro se ve en la figura 47. El segundo espectro corresponde al estudio de zonificación sismo geotécnica indicativa de área metropolitana de Bucaramanga figura 48.

FIGURA 43- Espectro Elástico De Diseño NSR-98

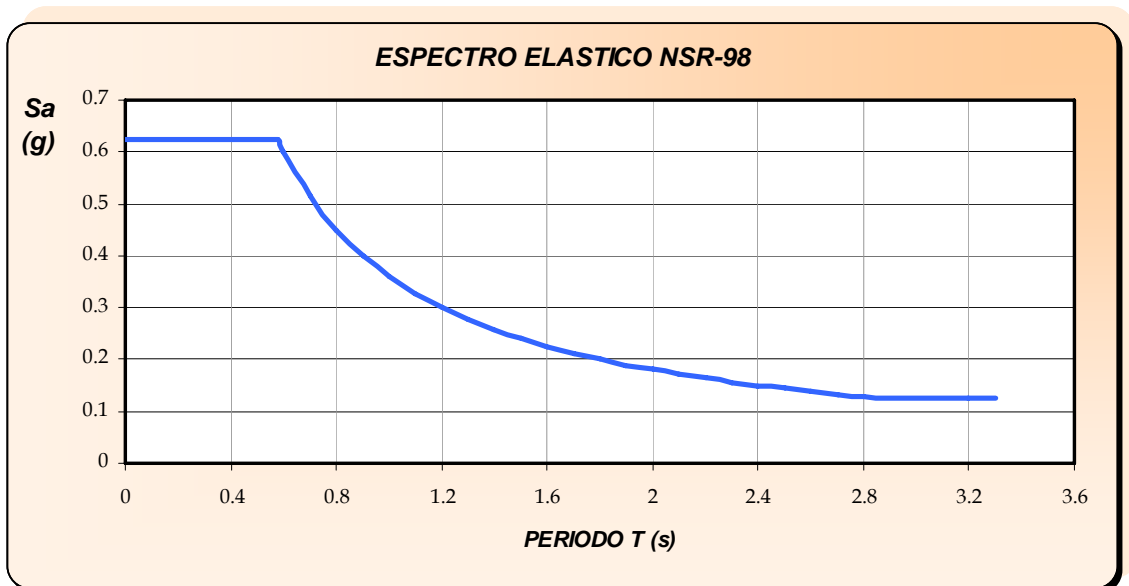
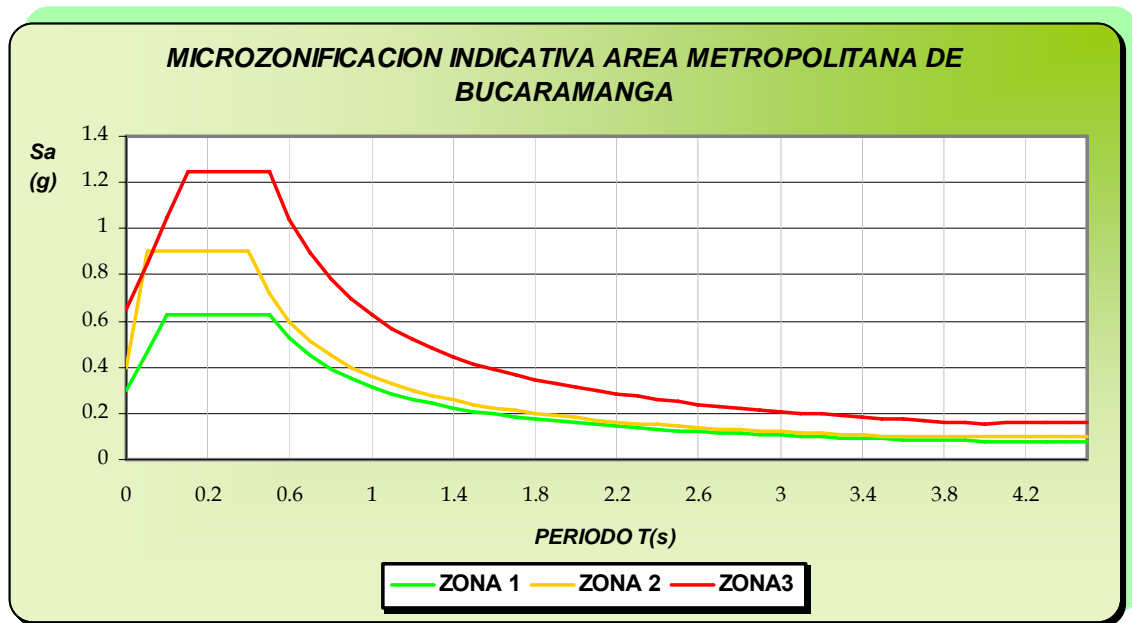


FIGURA 44- Espectro Elástico Microzonificación Sísmica Área M. Bucaramanga



5.5 AVALUO DE CARGAS

El uso de las edificaciones tratadas en este proyecto es de tipo residencial, por lo tanto el avalúo de las cargas corresponde al caso típico de un edificio de apartamentos como se describe en la Tabla 12 donde el peso propio es asumido por el programa comercial de elementos finitos ETABS (Computers & Structures, 2002).

TABLA 12- Avalúo de cargas

CARGA DE ENTREPISOS		
CARGA MUERTA	210 Kg / m²	2.06 KN / m²
Peso Propio	—	—
Acabados	150 Kg / m ²	1.47 KN / m ²
Otras Cargas	60 Kg / m ²	0.59 KN / m ²
CARGA VIVA (NSR-98 B.4.2)	180 Kg / m²	1.77 KN / m²
CARGA DE CUBIERTA		
CARGA MUERTA	110 Kg / m²	1.08 KN / m²
Peso Propio	—	—
Acabados (cielo)	55 Kg / m ²	0.54 KN / m ²
Impermeabilizacion	15 Kg / m ²	0.15 KN / m ²
Otras Cargas	40 Kg / m ²	0.39 KN / m ²
CARGA VIVA (NSR-98 B.4.2)	180 Kg / m²	1.77 KN / m²

5.6 MODELACION ESTRUCTURAL

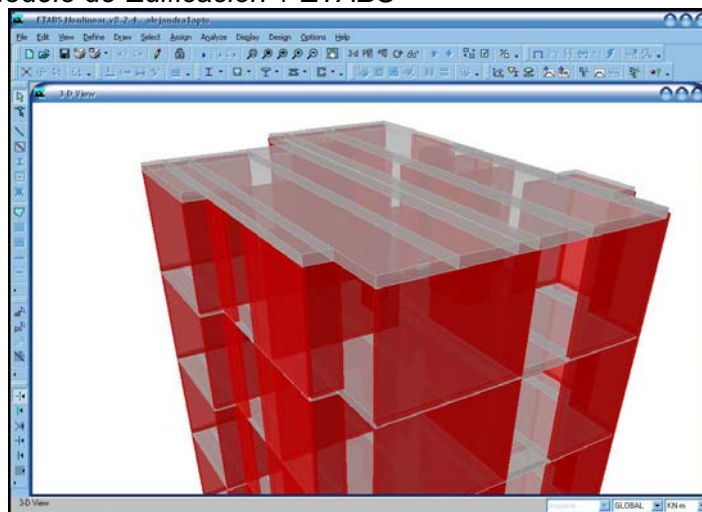
5.6.1 Modelo ETABS²⁷

Este software fue creado por Computers & Structures²⁸ solo con el objetivo de analizar y diseñar edificaciones, por esta razón nos brinda facilidad en el modelamiento e inclusión de datos, ventaja apreciable en el modelamiento de muros estructurales objetivo de nuestro análisis.

Para empezar con el modelo es necesario definir las unidades de trabajo las cuales se asignan al inicio del programa (KN-m), aprovechando la ventaja que nos brinda el programa al importar datos subimos un archivo .DXF procedente de autocad que nos define una grilla en el modelo ETABS, luego de editar los pisos con las alturas correspondientes, definimos las propiedades de los materiales y las secciones de los muros y placas, los muros son elementos área (Wall) tipo membrana y el entrepiso (Slab) tipo membrana usando la distribución de la carga en un sentido.

Mediante la herramienta Draw definimos la geometría de cada edificación, teniendo en cuenta únicamente los muros de carga y de rigidez, la placa se dibujo teniendo en cuenta el patrón de puntos perimetrales y con un sentido único de distribución de carga.

Figura 45- Modelo de Edificación 1 ETABS



²⁷ Ver Anexo 1. p.129

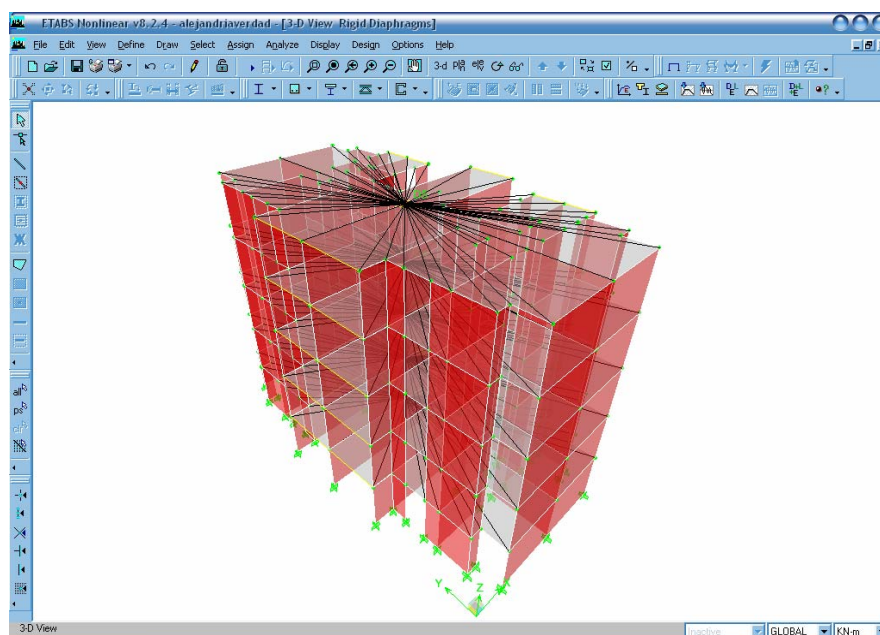
²⁸ Computer and Structures, Inc. 1995 University Ave. Berkeley, CA.

Para los casos de carga estática se definen las cargas muertas y vivas aplicadas en el entrepiso y las cargas de sismo aplicadas en el centro de cortante para cada eje principal.

Para el análisis dinámico se definen dos espectros de respuesta cada uno correspondiente respectivamente a la norma NSR-98 y el asignado a la microzonificación del área metropolitana de Bucaramanga, para cada caso de respuesta se definen un sismo con incidencia del 100% en un sentido con la participación del 30% en el otro sentido como lo indica la norma NSR-98, en ambos casos se maneja un porcentaje de excentricidad del 5% para incluir los efectos de torsión accidental.

Todos los puntos de un entrepiso incluyendo el nodo del centro de cortante son amarrados con un diafragma rígido para poder hacer la simplificación de análisis y así dejar tres grados de libertad por piso siendo 2 desplazamientos traslacionales en cada eje principal y un giro alrededor de una normal al entrepiso, por lo tanto al definir los parámetros dinámicos asignamos 15 modos de vibración por edificación.

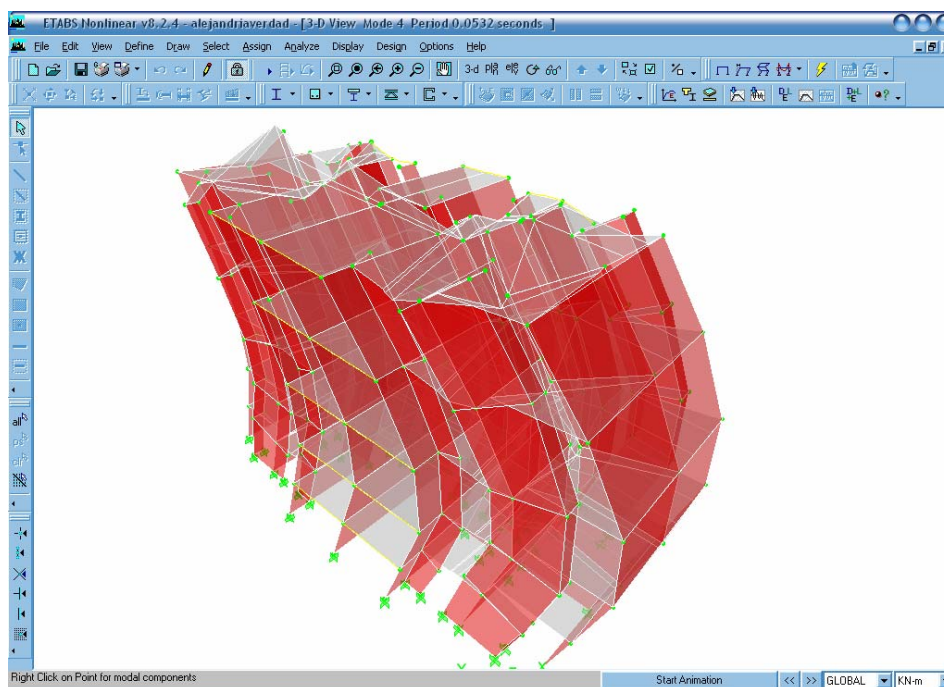
Figura 46 - Creación de Diafragma Rígido de Edificación 2.



La fuerza horizontal equivalente fue colocada en el mismo modelo, aplicado sobre el centro de cortante con la misma combinación e incidencia de sismo en cada eje principal de entrepiso.

Para ver los resultados se corre el modelo obteniendo los periodos de cada modo de vibración, a su vez se puede hacer el análisis de derivas por cada caso de estudio incluido.

Figura 47 - Respuesta dinámica Cuarto modo de vibración de Edificación 2.



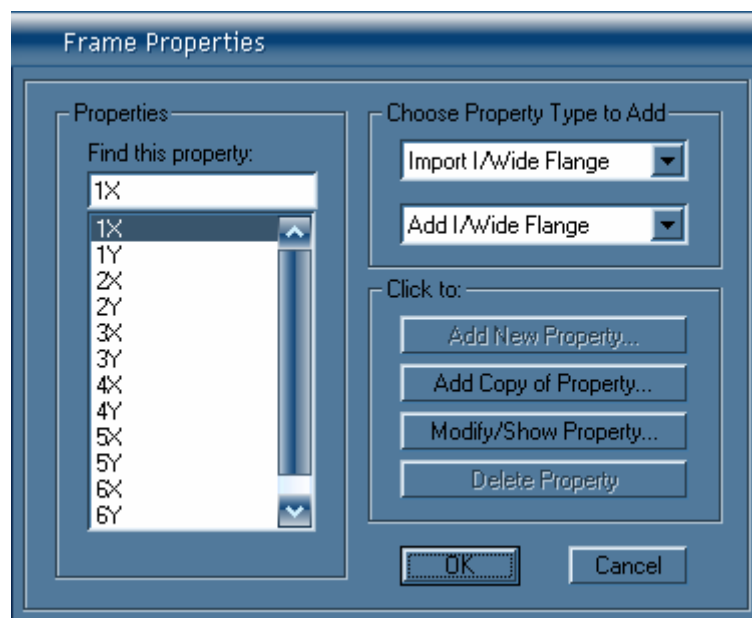
5.6.2 Modelo SAP 2000²⁹

El modelo realizado en SAP 2000 es muy similar al explicado en el numeral anterior mediante la herramienta ETABS ya que estos son de la misma firma digital. El modelamiento en SAP se hizo por la necesidad de análisis no lineal que requerían las edificaciones; por esta razón nuestro modelamiento se hace con base en este análisis.

²⁹ Ver Anexo 1. p.129

El análisis no lineal de las edificaciones requerían que estas tuvieran una rotulación en sus muros, es decir estos tenían que comportarse como elementos frame y no como elementos shell, por esta razón, concentramos las áreas aferentes calculadas inicialmente en Autocad para cada muro en los puntos centroides de cada uno. Es decir, ubicamos el centroide de cada muro y lo modelamos en SAP como un elemento frame de dimensiones determinadas (muros), así en cada dirección de los ejes de la grilla.

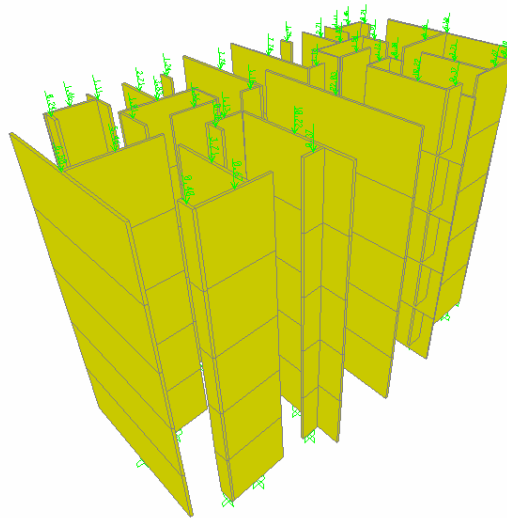
Figura 48 - *Frame Properties de los muros de Edificación 2.*



Las secciones de los elementos frame los nombramos como ya se habían bautizado en el formulario de levantamiento de las edificaciones³⁰. Cabe resaltar que cada uno de ellos tiene materiales con propiedades definidas inicialmente. Los muros fueron cargados en sus centroides con carga muerta y viva, según los estudios y cálculos realizados inicialmente.

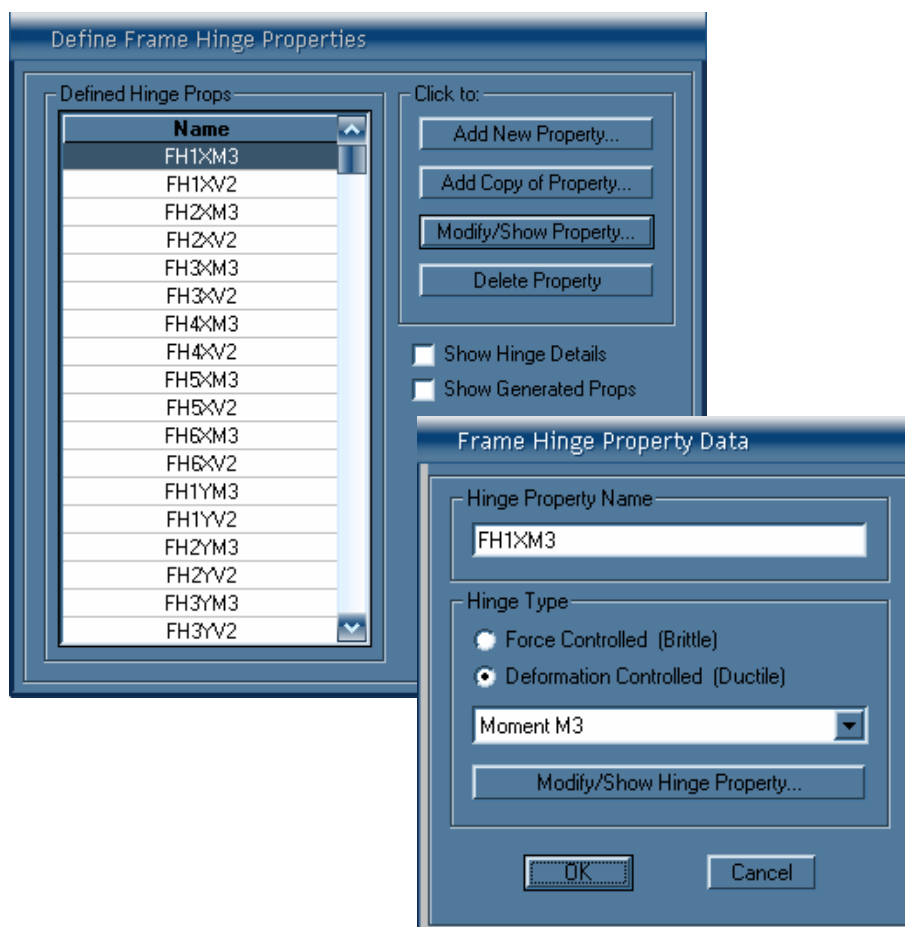
³⁰ Capitulo 3. p.36-37

Figura 49. Cargas Muertas en los Centroides de Edificación 2.



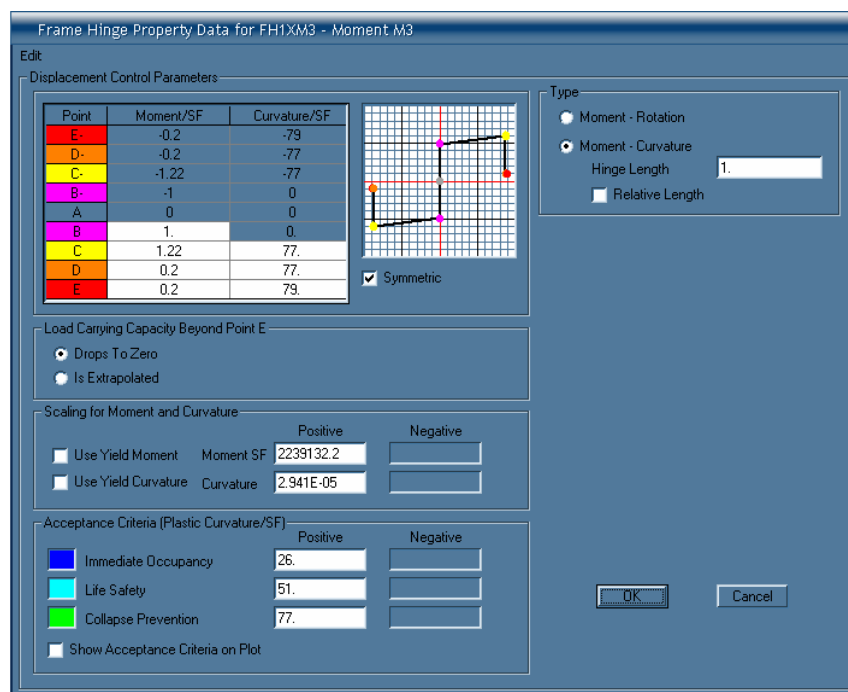
Para poder modelar las rotulas tuvimos que definir las:

Figura 50- Definición de Rotula (Hinge) de Edificación 2 .



Definimos rotulas para el Momento 3 y para el Cortante 2, para cada muro de la edificación, en todos sus pisos. Para la definición de estas rotulas nos vimos en la necesidad de definir las propiedades de cada una de estas rotula, estas van directamente relacionada con las dimensiones del muro, así como con todo lo relacionado a su diseño, numero de mallas y cantidad. Estos cálculos de diseño fueron realizados por los autores de la presente tesis, pues esta información es inexistente en las memorias de las edificaciones. Las propiedades de las rotulas de un muro se muestran a continuación:

Figura 51- Propiedades de Rotulas de Edificación 2.


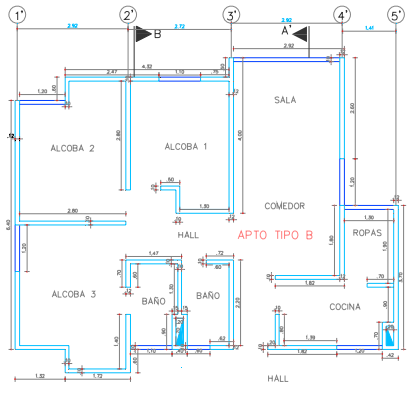
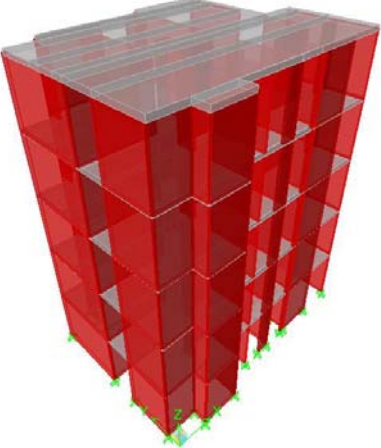
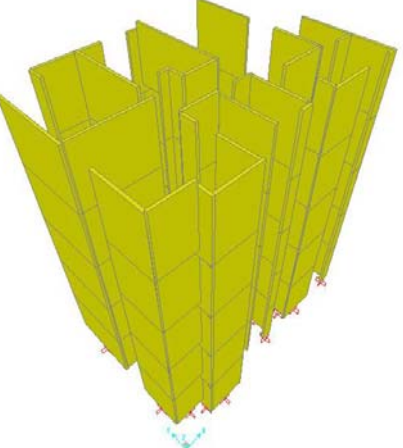

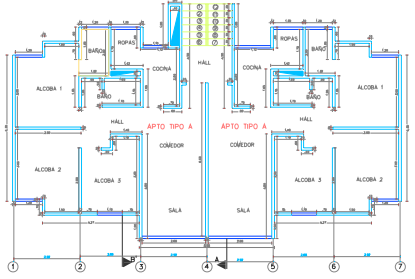
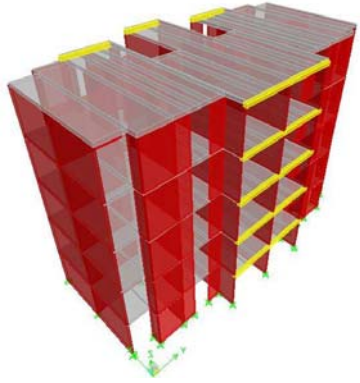
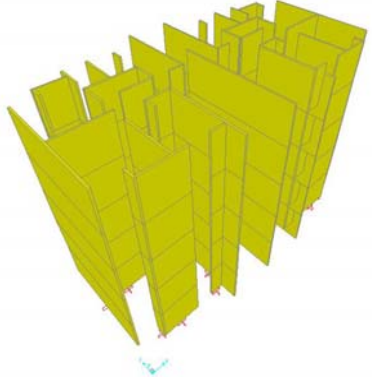


Teniendo definidas las rotulas para todos los muros de las edificaciones, podemos correr el modelo con el espectro de diseño de la NSR 98, el análisis finaliza cuando se tienen las curvas pushover.

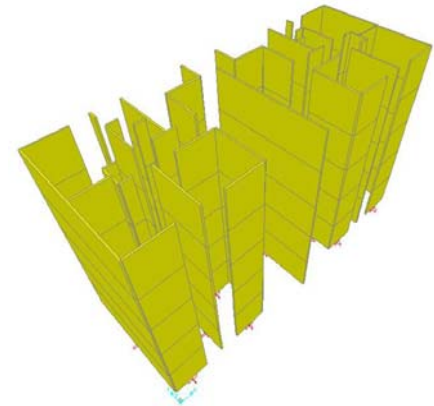
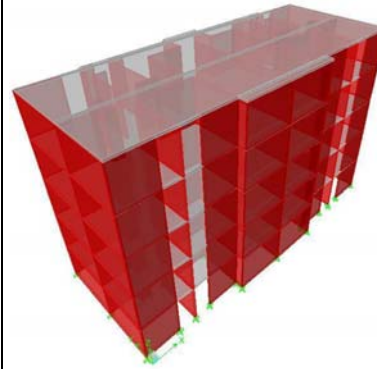
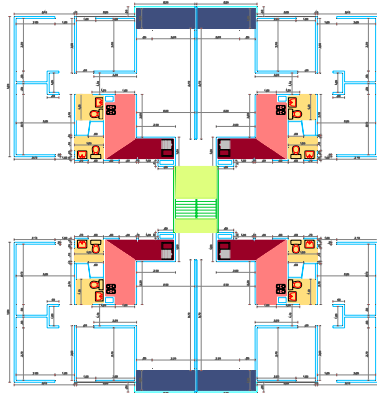
Por medio de este análisis detallado realizamos la caracterización dinámica para cada edificación y como anteriormente se expuso también se realizó un análisis no lineal de las estructuras³¹. Las edificaciones modeladas son las siguientes:

³¹ Ver Anexo 1. p.129

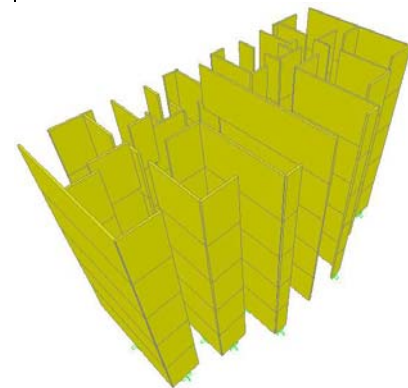
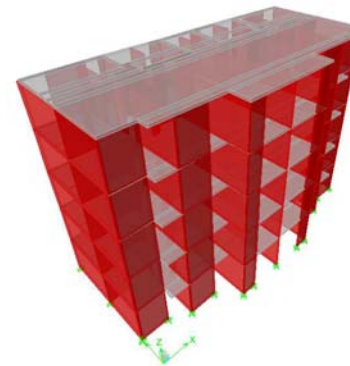
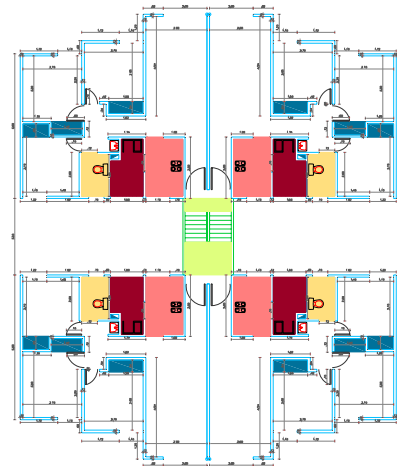
Tabla 13. Modelos

FOTO	PLANTA	ETABS	MODELO SAP 2000
EDIFICACIÓN 1			
			
EDIFICACIÓN 2			
			

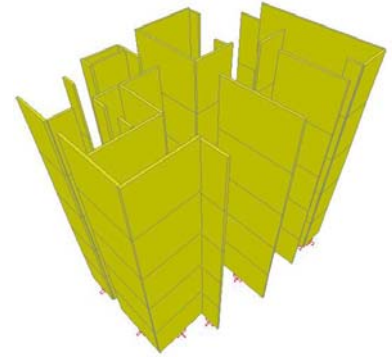
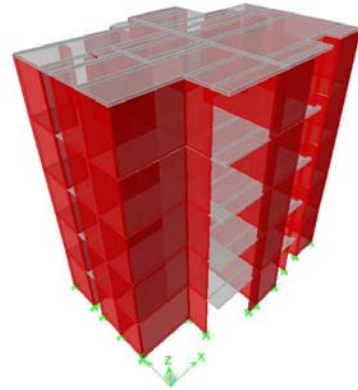
EDIFICACIÓN 3



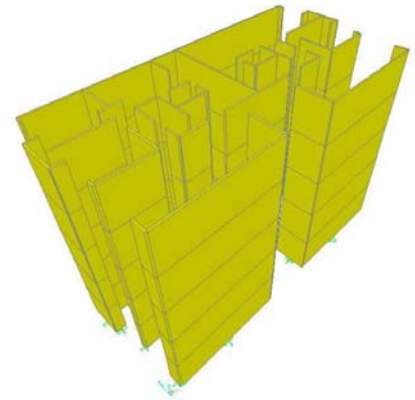
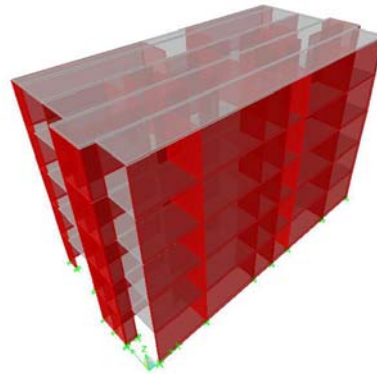
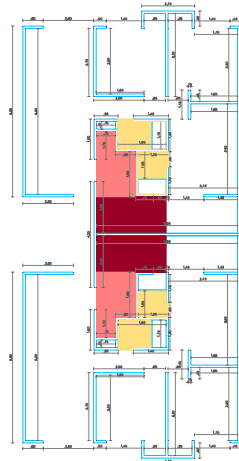
EDIFICACIÓN 5



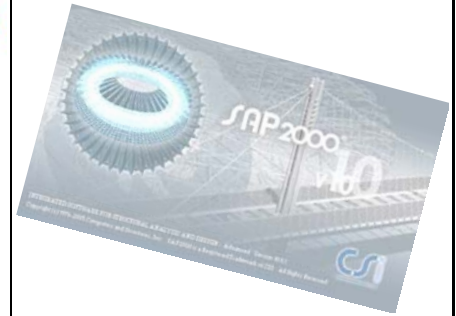
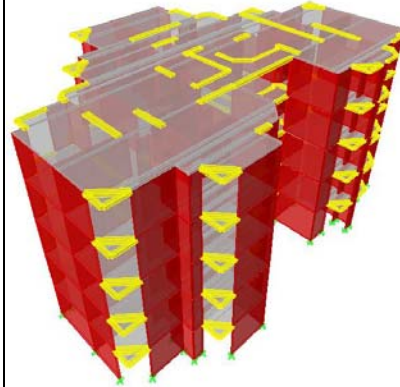
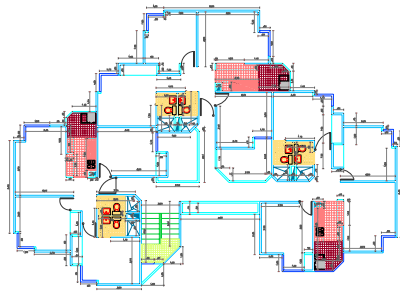
EDIFICACIÓN 4



EDIFICACIÓN 7



EDIFICACIÓN 6

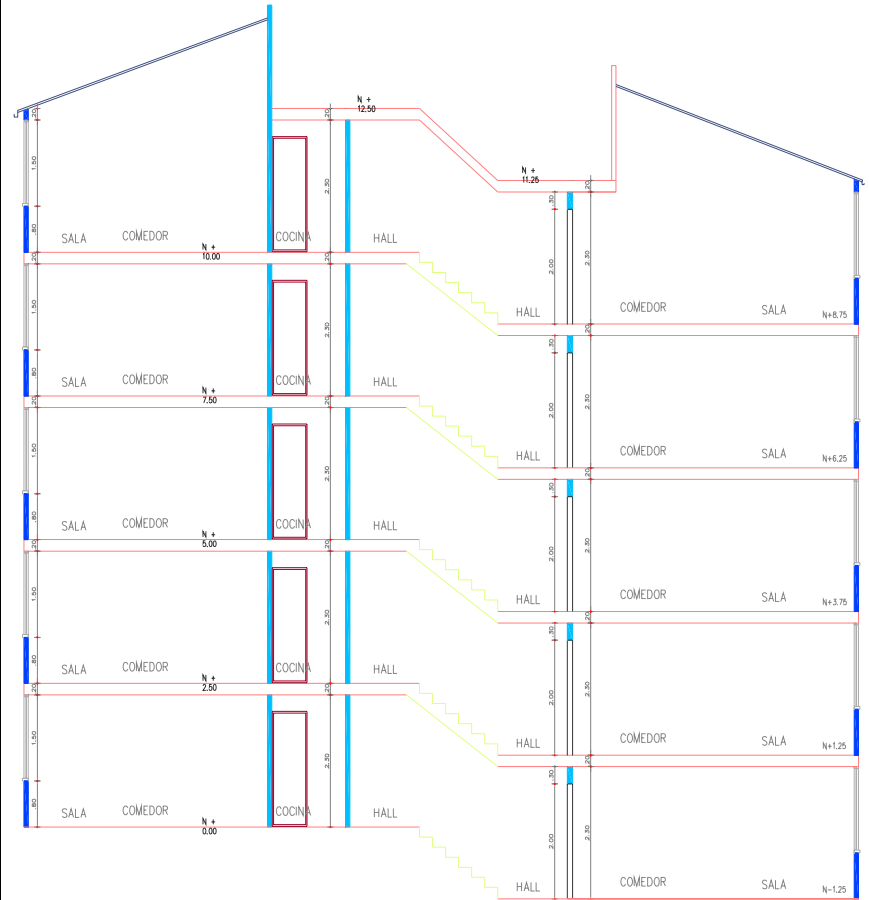


A continuación se presenta el modelo de Edificación 2, con base en lo explicado en el presente capítulo.



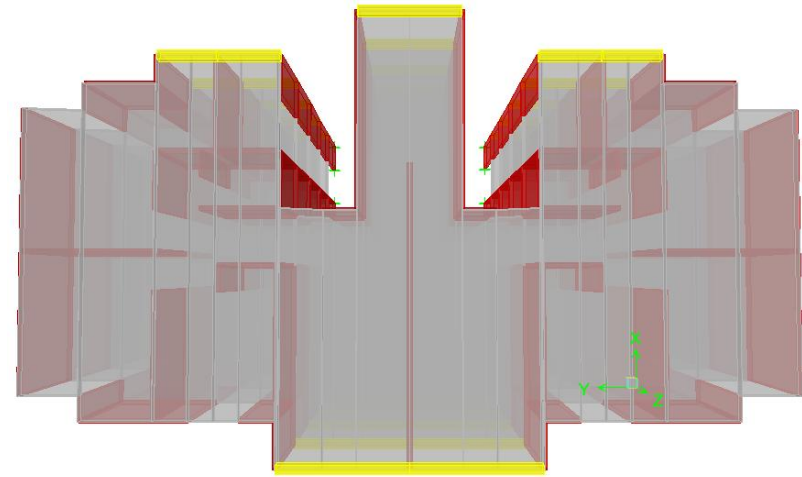
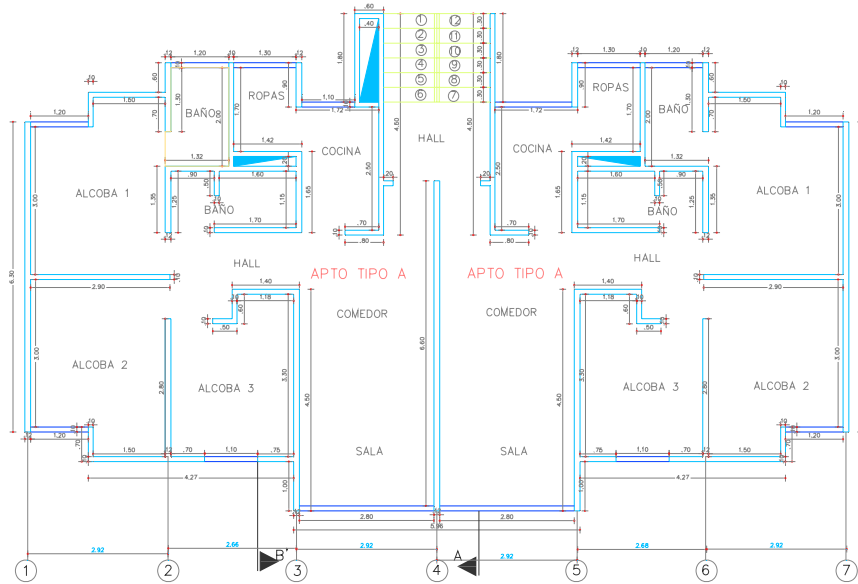
EDIFICACIÓN 2

FACHADA Y PERFIL AUTOCAD

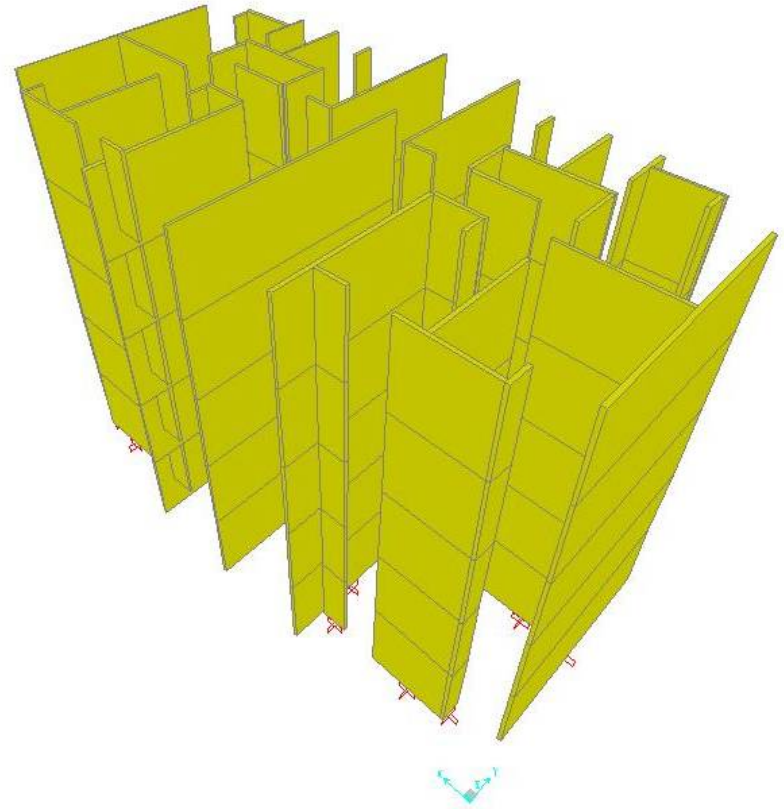
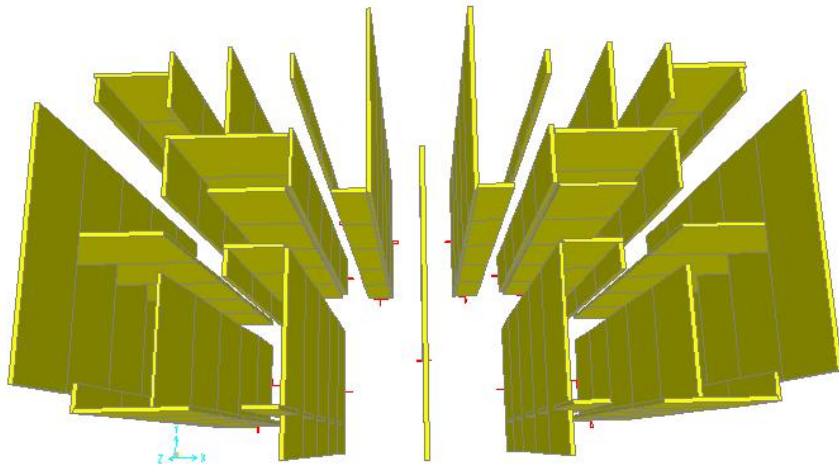


CORTE A - A'

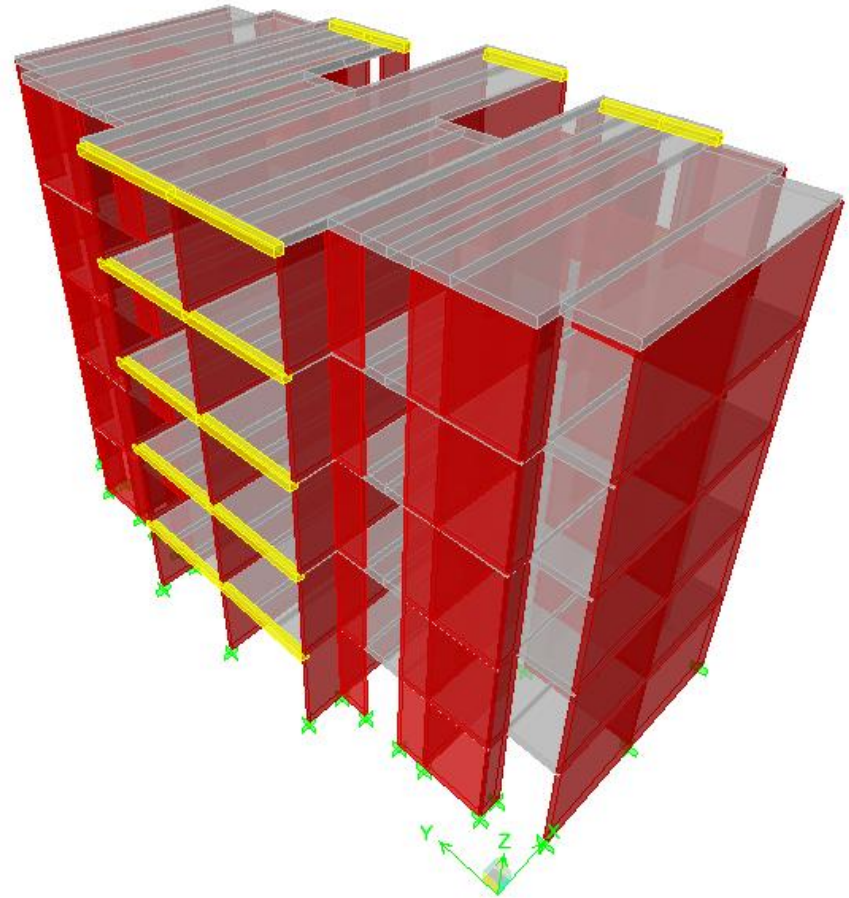
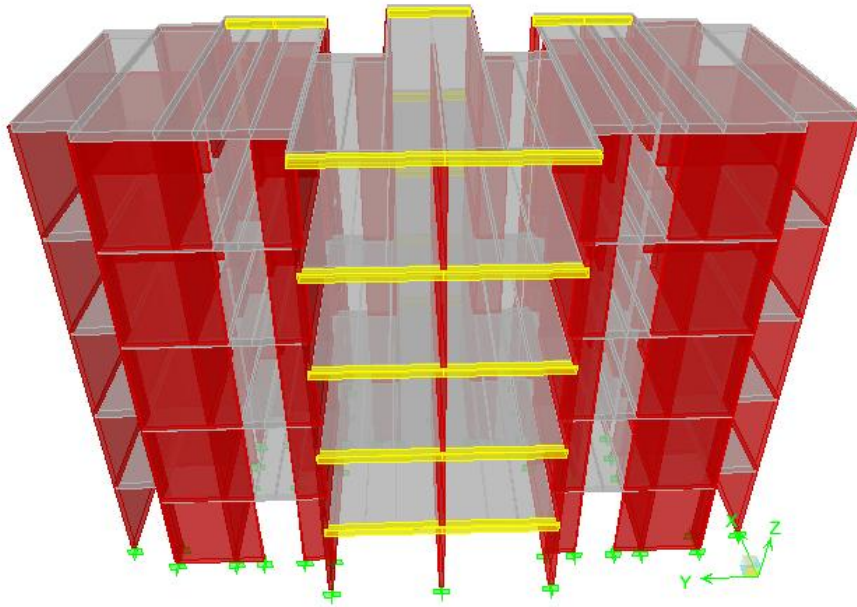
VISTA EN PLANTA



MODELAMIENTO SAP 2000 V 10.0.1

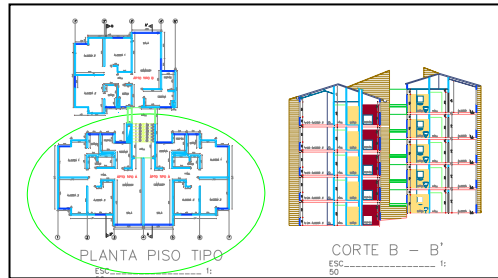


MODELAMIENTO ETABS 8.2.4



EDIFICACIÓN 2

ESPECIFICACIONES		
No. PISOS	5	Unid.
Dimension Muros	0.1	m
Area Piso Tipo	117.54	m ²
Perimetro Piso tipo	162.84	m
Altura Entrepiso	2.4	m



PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS (m)	ALTURA PISO (m)	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO (m)	ALTURA VENTANA (m)	FRISO (Mg)
1	162.84	2.40	117.54	19.88	1.5	22.74
2	162.84	2.40	117.54	19.88	1.5	22.74
3	162.84	2.40	117.54	19.88	1.5	22.74
4	162.84	2.40	117.54	19.88	1.5	22.74
5	162.84	2.40	117.54	19.88	1.5	22.74

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	MORTERO NIVELACION (Mg)
1	117.54	4.94
2	117.54	4.94
3	117.54	4.94
4	117.54	4.94
5	117.54	4.94

CUBIERTA		
PISO	AREA	PESO NETO
5	117.54	1.7631

ESCALERAS		
PISO	VOLUMEN	PESO NETO
1-5	2.8	6.72

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	ENCHAPE PISO Mg
1	117.54	1.99818
2	117.54	1.99818
3	117.54	1.99818
4	117.54	1.99818
5	117.54	1.99818

PISO (UNID)	Perim. Baño m	ALTURA PISO m	ENCHAPE BAÑO Mg
1	30.68	2.40	1.251744
2	30.68	2.40	1.251744
3	30.68	2.40	1.251744
4	30.68	2.40	1.251744
5	30.68	2.40	1.251744

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA PUERTA m	VOLUMEN PUERTA m ³	No. PUERTAS (UNID)	VOLUMEN TOTAL m ³	PESO PUERTAS Mg
1-5	0.7	2.00	0.42	3	1.26	0.63
1-5	0.8	2.00	0.48	8	3.84	1.92
1-5	1	2.00	0.6	3	1.8	0.9
						3.45

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA VENTANA m	No. VENTANAS (UNID)	AREA TOTAL m ²	PESO VENTANA Mg
1-5	0.6	1.50	1	0.9	0.00657
1-5	1.1	1.50	3	4.95	0.036135
1-5	1.2	1.50	8	14.4	0.10512
1-5	1.3	1.50	2	3.9	0.02847
1-5	2.8	1.50	2	8.4	0.06132
					0.237615

PISO (UNID)	SANITARIO		LAVAMANOS		COCINA INTEGRAL		LAVADERO		PESO TOTAL Mg
	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	
1-5	0.03	4	0.015	4	0.12	2	0.06	2	0.54

MASAS ESTRUCTURALES

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	PESO PISO Mg
1	162.84	2.40	117.54	31.70	1.5	82.38
2	162.84	2.40	117.54	31.70	1.5	82.38
3	162.84	2.40	117.54	31.70	1.5	82.38
4	162.84	2.40	117.54	31.70	1.5	82.38
5	162.84	2.40	117.54	31.70	1.5	82.38

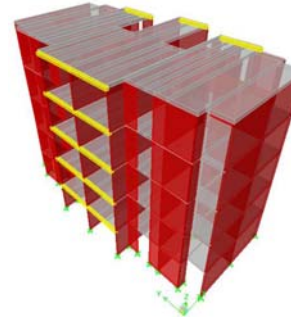
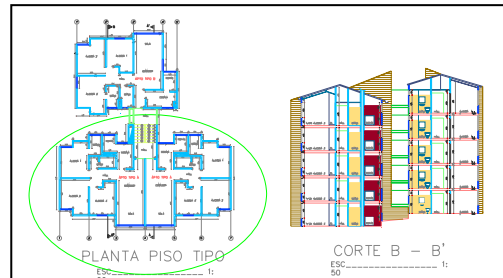
ENTREPISO

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	PESO PISO Mg
1-5	117.54	28.2096

CALCULO DE MASAS TOTAL

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	28.2096	28.2096	28.2096	28.2096	28.2096	141.05	18.45899833
Muros Estructurales	82.38	82.38	82.38	82.38	82.38	411.92	53.9080017
Cubierta	0	0	0	0	1.7631	1.76	0.230737479
Escaleras	6.72	6.72	6.72	6.72	6.72	34	4.397243093
Acabados	35.16	35.16	35.16	35.16	35.16	175.78	23.00501939
Masa Total	152.470407	152.470407	152.470407	152.470407	154.233507	764.115	100

EDIFICACIÓN 2



CALCULO DE MASAS TOTALES

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	28.2096	28.2096	28.2096	28.2096	28.2096	141.048	18.45899833
Muros Estructurales	82.38384	82.38384	82.38384	82.38384	82.38384	411.9192	53.9080017
Cubierta	0	0	0	0	1.7631	1.7631	0.230737479
Escaleras	6.72	6.72	6.72	6.72	6.72	33.6	4.397243093
Acabados	35.156967	35.156967	35.156967	35.156967	35.156967	175.784835	23.00501939
Masa Total	152.470407	152.470407	152.470407	152.470407	154.233507	764.115135	100

ALTURA ENTREPISO	2.40 m
ALTURA TOTAL DEL EDIFICIO	12.00 m
PERIODO T_a (s)	0.32 s
VALOR ESPECTRO NSR-98 S_a	0.625
CORTANTE BASAL V_s	4684.98 KN

NIVEL	h _j (m)	m _j (Mg)	m _j (h _j) ^k	C _{vj} (KN)	F _j (KN)	V _j (KN)	X' (m)	Y' (m)	F*X' (KN m)	F*Y' (KN m)	ΣF*X' (KN m)	ΣF*Y' (KN m)	C _{vx} (m)	C _{vy} (m)
QUINTO	12	154.23	22209.63	0.457	2142.90	2142.90	4.62	8.51	9900.19	18236.07	9900.19	18236.07	4.62	8.51
CUARTO	9.6	152.47	14051.67	0.289	1355.78	3498.68	4.62	8.51	6263.69	11537.67	16163.88	29773.73	4.62	8.51
TERCERO	7.2	152.47	7904.07	0.163	762.62	4261.30	4.62	8.51	3523.33	6489.94	19687.21	36263.67	4.62	8.51
SEGUNDO	4.8	152.47	3512.92	0.072	338.94	4600.24	4.62	8.51	1565.92	2884.42	21253.13	39148.08	4.62	8.51
PRIMERO	2.4	152.47	878.23	0.018	84.74	4684.98	4.62	8.51	391.48	721.10	21644.61	39869.19	4.62	8.51
TOTALES	12	764.12	48556.51	1.000	4684.98									

ANALISIS DINAMICO MODAL (ETABS)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PARTICIPACION ACUMULADA		COEF. ACEL. ESPECTRAL	
			UX	UY	SumUX	SumUY	Sa NSR-98	Sa Zon2
1	0.256876	24.46	0.000	68.911	0.000	68.911	0.625	0.9
2	0.141895	44.28	0.057	0.352	0.057	69.263	0.625	0.9
3	0.131547	47.76	70.227	0.000	70.284	69.263	0.625	0.9
4	0.053185	118.14	0.000	21.284	70.284	90.547	0.625	0.9
5	0.031244	201.10	0.008	0.155	70.292	90.702	0.625	0.71244
6	0.029217	215.05	21.922	0.000	92.213	90.702	0.625	0.69217
7	0.023716	264.94	0.000	6.122	92.213	96.824	0.625	0.63716
8	0.015245	412.15	0.000	2.449	92.213	99.273	0.625	0.55245
9	0.01484	423.40	0.001	0.001	92.214	99.274	0.625	0.5484
10	0.013943	450.63	5.327	0.000	97.541	99.274	0.625	0.53943
11	0.011834	530.94	0.000	0.722	97.541	99.996	0.625	0.51834
12	0.010158	618.55	0.000	0.004	97.542	100.000	0.625	0.50158
13	0.009551	657.86	1.869	0.000	99.411	100.000	0.625	0.49551
14	0.008189	767.27	0.000	0.000	99.411	100.000	0.625	0.48189
15	0.007672	818.98	0.589	0.000	100.000	100.000	0.625	0.47672

ANALISIS ESTATICO NO LINEAL (SAP2000)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PARTICIPACION ACUMULADA	
			UX	UY	SumUX	SumUY
1	0.321146	19.56	0.681	0.000	0.681	0.000
2	0.120232	52.26	0.000	0.687	0.681	0.687
3	0.119518	52.57	0.000	0.024	0.681	0.710
4	0.060178	104.41	0.222	0.000	0.903	0.710
5	0.028629	219.47	0.000	0.002	0.903	0.712
6	0.028052	223.98	0.000	0.219	0.903	0.931
7	0.025823	243.32	0.068	0.000	0.971	0.931
8	0.023778	264.24	0.000	0.000	0.971	0.931
9	0.023778	264.24	0.000	0.000	0.971	0.931
10	0.023207	270.75	0.000	0.000	0.971	0.931
11	0.023207	270.75	0.000	0.000	0.971	0.931
12	0.022678	277.06	0.000	0.000	0.971	0.931
13	0.022678	277.06	0.000	0.000	0.971	0.931
14	0.022481	279.49	0.000	0.000	0.971	0.931
15	0.021822	287.93	0.000	0.000	0.971	0.931

ANALISIS MODAL ESPECTRAL NORMA NSR-98

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0039	0.0044	0.0001	0.0059	0.0016	0.07	OK
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0012	0.0147	0.0002	0.0147	0.0039	0.16	OK
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0029	0.0032	0.0001	0.0043	0.0015	0.06	OK
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0009	0.0108	0.0001	0.0108	0.0038	0.16	OK
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0019	0.0021	0.0000	0.0028	0.0013	0.06	OK
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0006	0.0070	0.0001	0.0070	0.0034	0.14	OK
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0010	0.0011	0.0000	0.0015	0.0011	0.04	OK
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0003	0.0036	0.0001	0.0036	0.0025	0.10	OK
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0003	0.0003	0.0000	0.0004	0.0004	0.02	OK
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0001	0.0011	0.0000	0.0011	0.0011	0.05	OK

ANALISIS MODAL ESPECTRAL MICROZONIFICACION ZONA 2

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	ZONA2DERX	0.0056	0.0063	0.0001	0.0084	0.0022	0.09	OK
STORY5	D5	ZONA2DERY	0.0017	0.0211	0.0003	0.0212	0.0056	0.23	OK
STORY4	D4	ZONA2DERX	0.0041	0.0047	0.0001	0.0062	0.0022	0.09	OK
STORY4	D4	ZONA2DERY	0.0012	0.0155	0.0002	0.0155	0.0054	0.23	OK
STORY3	D3	ZONA2DERX	0.0027	0.0030	0.0000	0.0040	0.0019	0.08	OK
STORY3	D3	ZONA2DERY	0.0008	0.0101	0.0001	0.0101	0.0049	0.20	OK
STORY2	D2	ZONA2DERX	0.0014	0.0016	0.0000	0.0021	0.0014	0.06	OK
STORY2	D2	ZONA2DERY	0.0004	0.0052	0.0001	0.0052	0.0037	0.15	OK
STORY1	D1	ZONA2DERX	0.0005	0.0005	0.0000	0.0007	0.0007	0.03	OK
STORY1	D1	ZONA2DERY	0.0001	0.0015	0.0000	0.0015	0.0015	0.06	OK

ANALISIS ESTATICO METODO FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE (FHE)

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	FHEDERX	0.0082	0.0093	-0.0001	0.0124	0.0033	0.14	OK
STORY5	D5	FHEDERY	0.0024	0.0312	-0.0003	0.0313	0.0085	0.36	OK
STORY4	D4	FHEDERX	0.0060	0.0068	-0.0001	0.0091	0.0032	0.13	OK
STORY4	D4	FHEDERY	0.0018	0.0227	-0.0002	0.0228	0.0081	0.34	OK
STORY3	D3	FHEDERX	0.0039	0.0044	0.0000	0.0059	0.0029	0.12	OK
STORY3	D3	FHEDERY	0.0012	0.0146	-0.0002	0.0146	0.0072	0.30	OK
STORY2	D2	FHEDERX	0.0020	0.0022	0.0000	0.0030	0.0021	0.09	OK
STORY2	D2	FHEDERY	0.0006	0.0074	-0.0001	0.0074	0.0052	0.22	OK
STORY1	D1	FHEDERX	0.0006	0.0006	0.0000	0.0008	0.0008	0.04	OK
STORY1	D1	FHEDERY	0.0002	0.0022	0.0000	0.0022	0.0022	0.09	OK

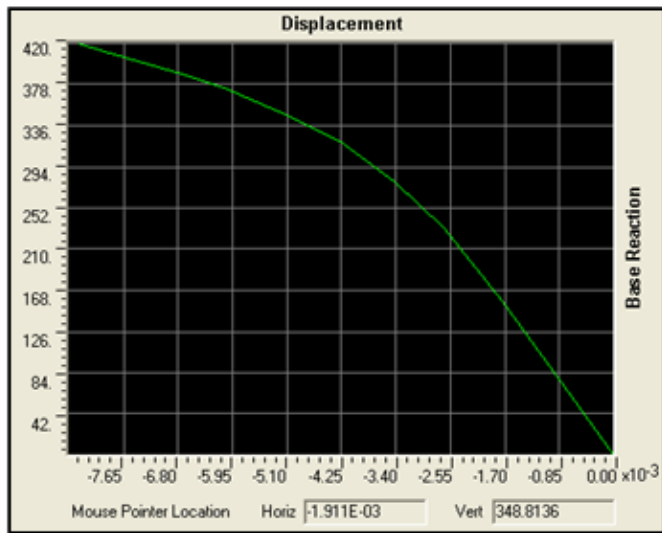
ANÁLISIS PUSHOVER

NIVEL DE COMPORTAMIENTO MODELO EDIFICACIÓN 2

Aa (g)		V (kN)	D (m)	Numero de Rotulas	Estado de Rotulas
0.25	x Push 2	N.A	N.A	410	
	y Push 3	2163.28	-3.30E-03	410	
0.2	x Push 2	N.A	N.A	410	
	y Push 3	1730.62	-2.64E-03	410	
0.15	x Push 2	N.A	N.A	410	
	y Push 3	1967.96	-1.92E-03	410	
0.1	x Push 2	N.A	N.A	410	
	y Push 3	865.31	-1.32E-03	410	
0.05	x Push 2	325.39	-4.46E-03	410	
	y Push 3	432.66	-6.60E-04	410	
0.02	x Push 2	170.71	-1.91E-03	410	
	y Push 3	173.02	-2.64E-04	410	

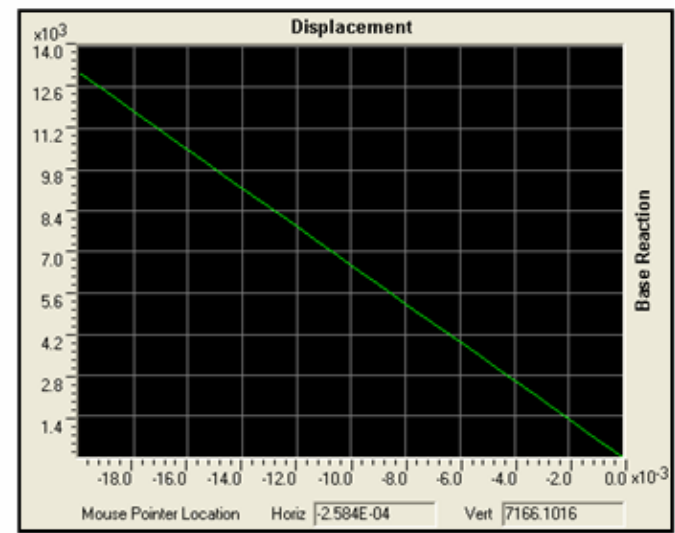
PUSH 2

Resultante Base Shear vs monitored Displacement

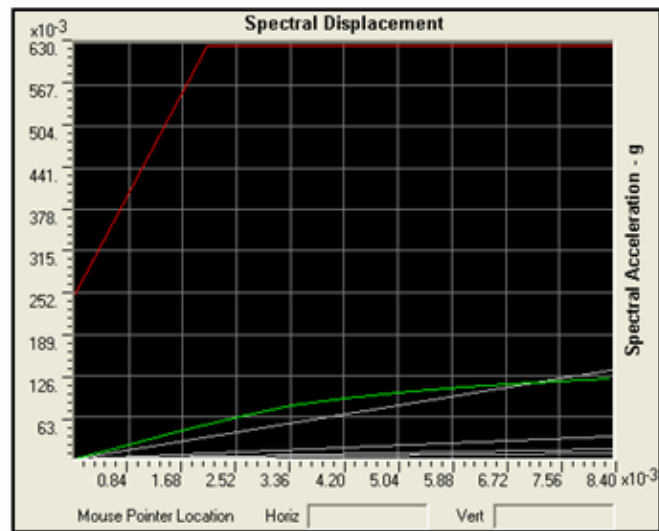


PUSH 3

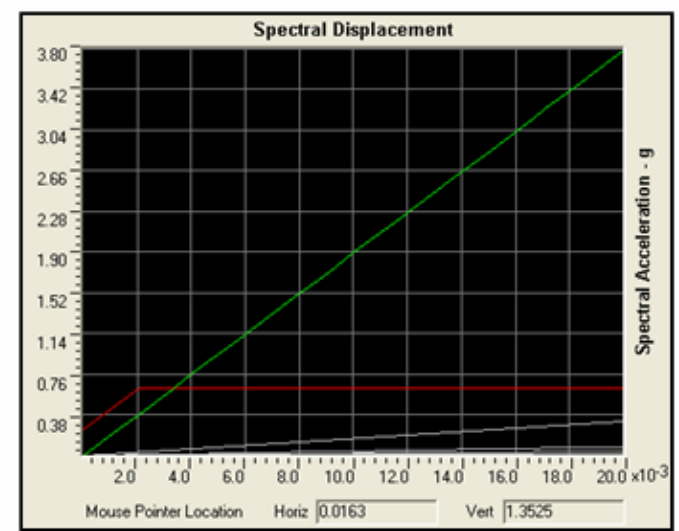
Resultante Base Shear vs monitored Displacement

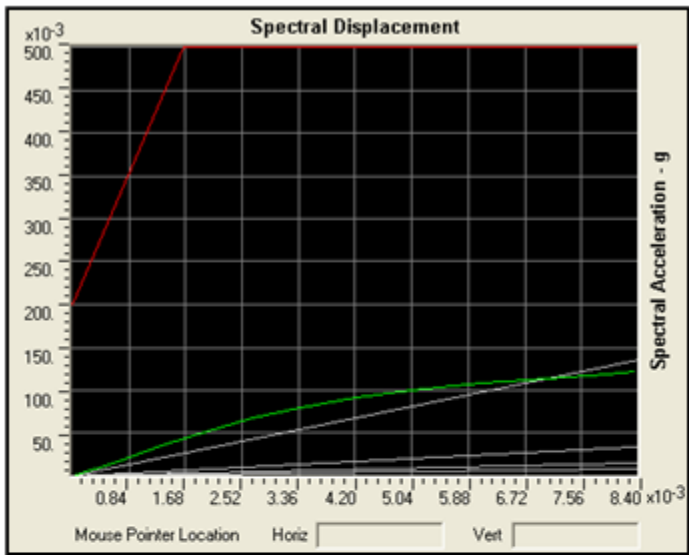


CAPACIDAD ESPECTRO ATC - 40

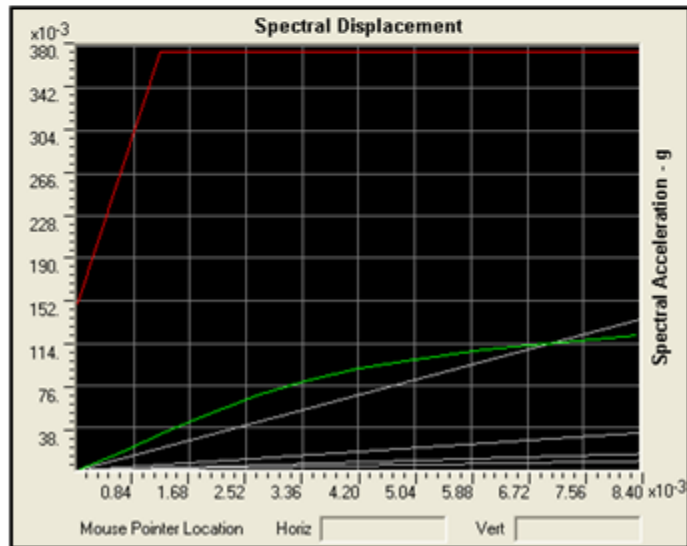
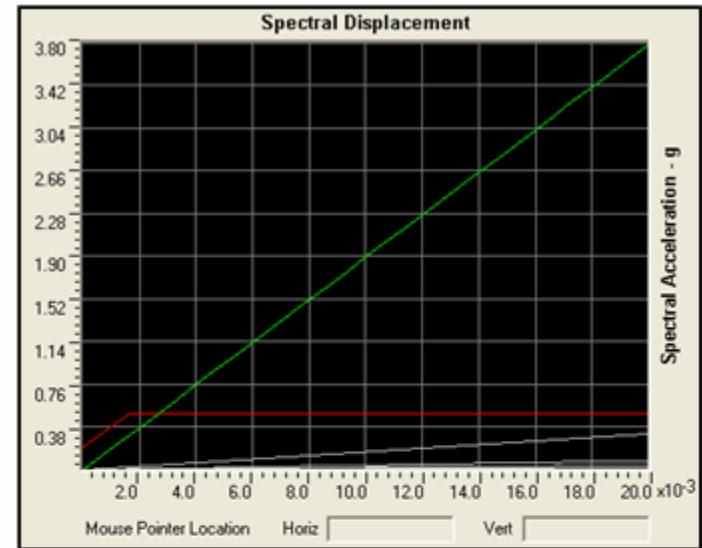


$A_a = 0.25$

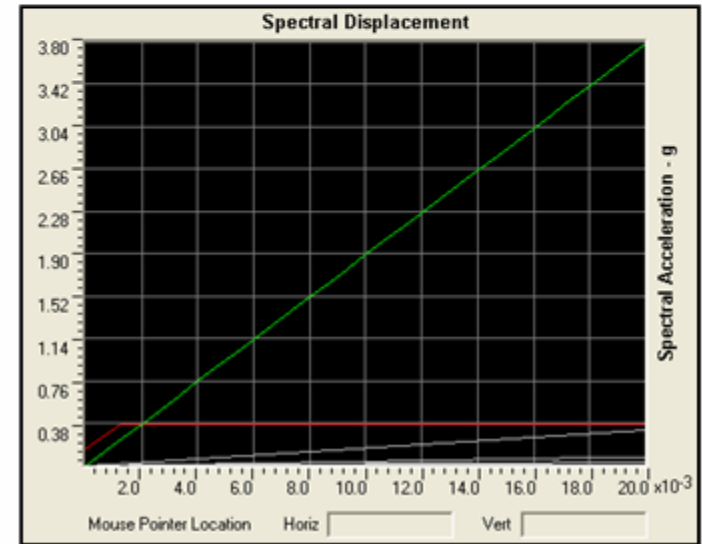


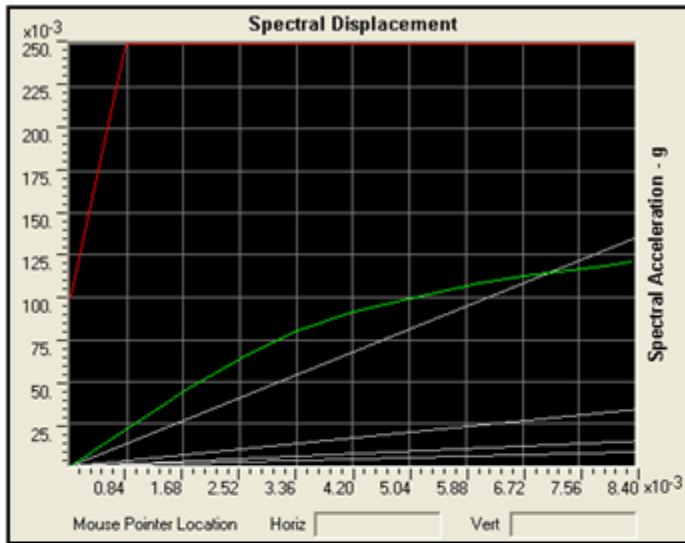


Aa = 0.20

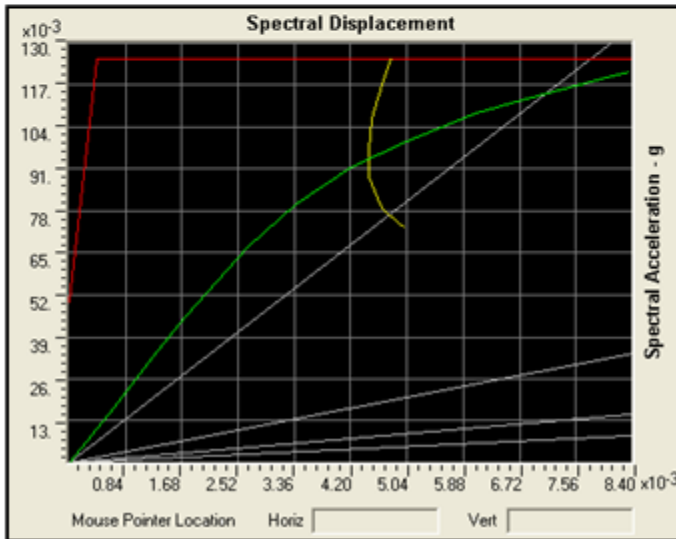
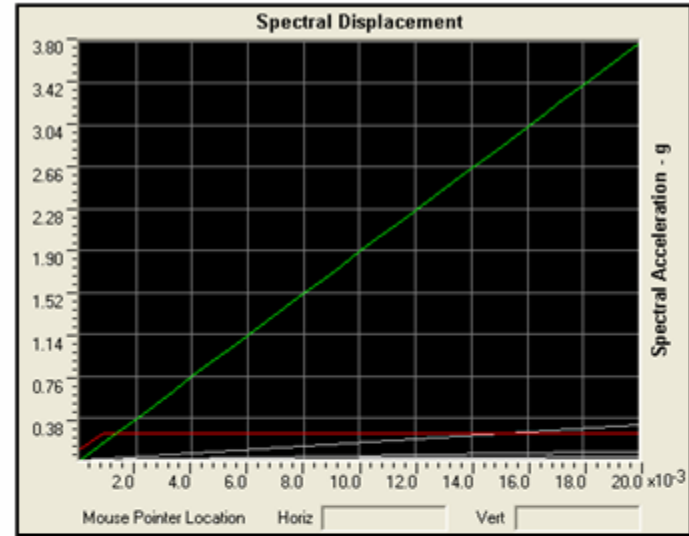


Aa = 0.15

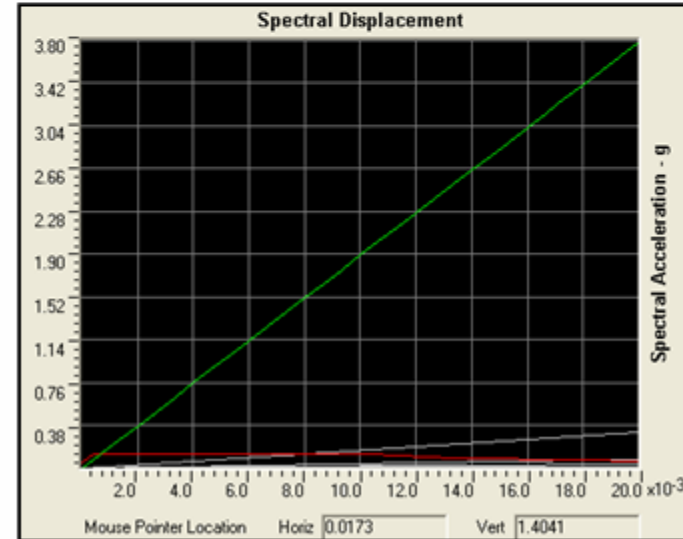


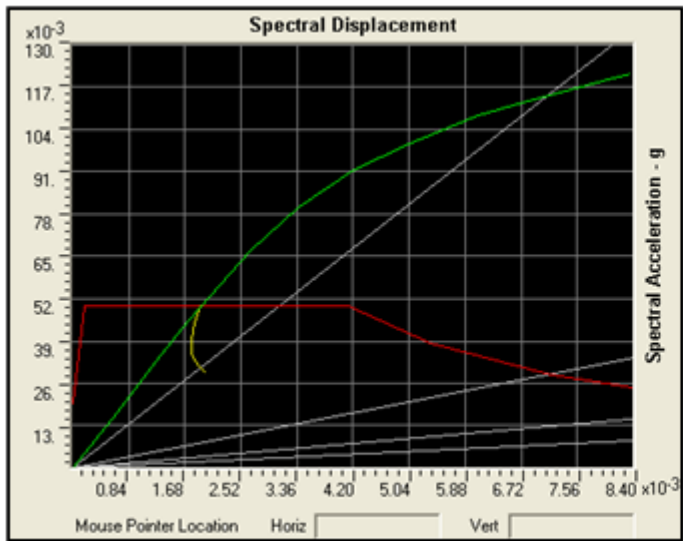


$A_a = 0.10$

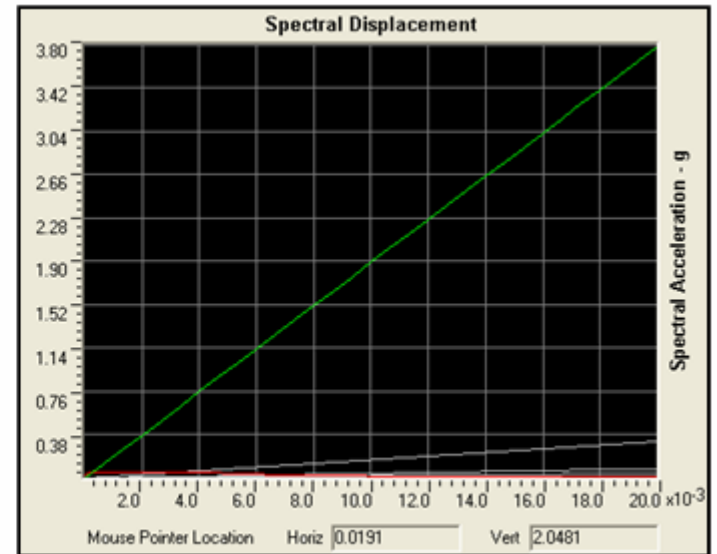


$A_a = 0.05$





$A_a = 0.02$



6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

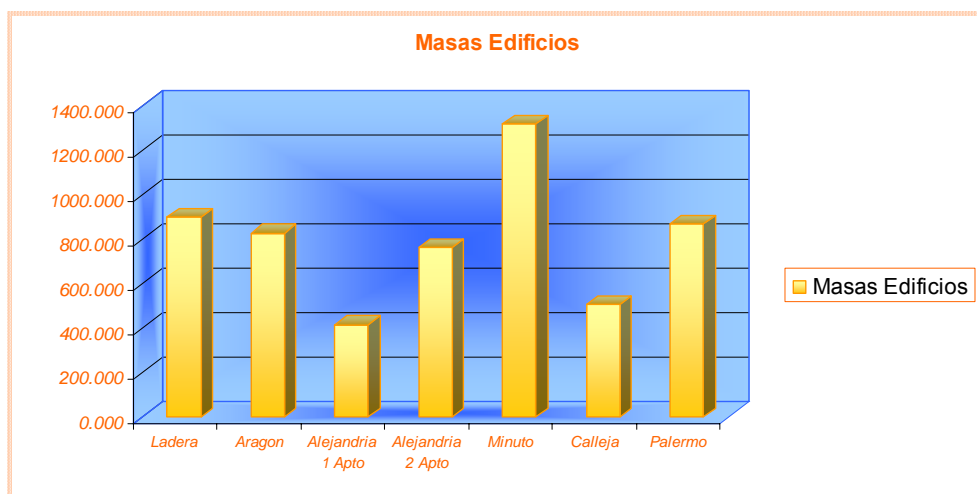
Los estudios realizados a cada edificación en los capítulos anteriores tienen como objetivo una caracterización dinámica que nos arroje conclusiones lo mas clara posible acerca de un comportamiento homogéneo entre ellas, por esta razón, realizamos este análisis dinámico, teniendo en cuenta que las edificaciones base de nuestro proyecto fueron seis, sin embargo realizamos un análisis con 28 edificaciones³² entre las que se encuentran nuestras ya citadas edificaciones y otras estudiadas por proyectos de grados predecesores con fin de un mayor cubrimiento para un análisis estándar sobre todos los datos de la ciudad de Bucaramanga.

En este capítulo observaremos el análisis de las seis edificaciones umbral de nuestro proyecto.

6.1 RELACION PORCENTAJE DE MASAS

La masa calculada anteriormente³³ para cada edificación se encuentra en la unidad (Mg), con base en formatos generales para cada edificación podemos relacionar los porcentajes de masa que aportan cada elemento estructural a cada edificación. Los principales elementos estructurales que aportan masa a la estructura son: *Placa Entrepiso, Muros Estructurales, Cubierta, Escaleras y Acabados*. Presentamos la relación de masa total para cada edificación como se muestra en la Figura 52:

Figura 52 Masas Edificios.



³² Análisis 28 edificaciones. Ver Anexo 6 p.261

³³ Capitulo 5. Pág. 66. Anexo 1. p 129

Para un análisis detallado calculamos los porcentajes de masa por elemento estructural, para cada una de las edificaciones como se muestra en la Tabla 14 y la Figura 53 (Ver análisis completo³⁴).

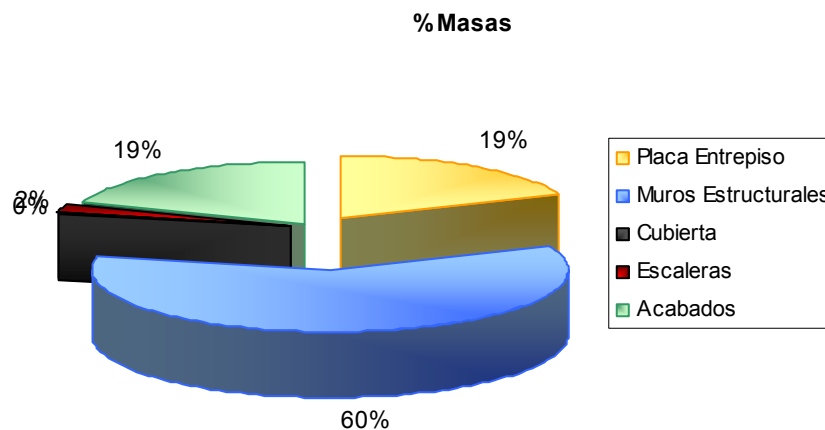
Los porcentajes de masas detallados para cada edificación son los siguientes:

(Unidad Mg)

Tabla 14- Porcentaje de Edificación 5.

% MASAS EDIFICIOS							
Edificación 5							
ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	33.37056	33.37056	33.37056	33.37056	33.37056	166.85	18.56960753
Muros Estructurales	107.53	107.53	107.53	107.53	107.53	537.64	59.8355801
Cubierta	0	0	0	0	1.73805	1.74	0.193433412
Escaleras	4	4	4	4	4	21	2.310450003
Acabados	34.31	34.31	34.31	34.31	34.31	171.54	19.09092896
Masa Total	179.357642	179.357642	179.357642	179.357642	181.095692	898.526	100

Figura 53- Porcentajes de Masas de Edificación 5.



Este análisis detallado nos permite analizar la masa de cada elemento estructural y compararlos entre si. La Placa de Entrepiso por ejemplo oscila entre el 18% y 19% de la masa total de la edificación, mientras que los Muros estructurales permanecen muy cercanos al 60% de la masa total. Este detalle permite que la estructura sea casi en su

³⁴ Ver Anexo 2. p.230

totalidad autoportante, ya que la mayoría de su masa la sostienen los muros cargueros y de rigidez, dejando así solo un pequeño porcentaje de masa para ser transmitida a los muros.

6.2 RELACION ÁREAS

6.2.1 Áreas Vs Áreas

Mediante herramientas de diseño y digitalización calculamos las áreas en planta, las áreas de los muros de carga y muros de rigidez (Tabla 15). Con fin de comparar y encontrar una relación entre estos (Figura 54).

Tabla 15- Áreas de Edificaciones.

EDIFICACION	AREA PLANTA	AREA MUROS CARGA	AREAS MUROS RIGIDEZ
EDIFICACIÓN 2	117.54	7.22	2.85
EDIFICACIÓN 1	60.9	3.47	1.8
EDIFICACIÓN 7	133.2	6.23	3.68
EDIFICACIÓN 4	71.46	3.29	2.44
EDIFICACIÓN 5	115.87	6.76	2.99
EDIFICACIÓN 3	129.36	4.85	3.13
EDIFICACIÓN 6	212.38	7.17	6.51

Figura 54- Relación Área Muro de Carga Vs Área Planta.

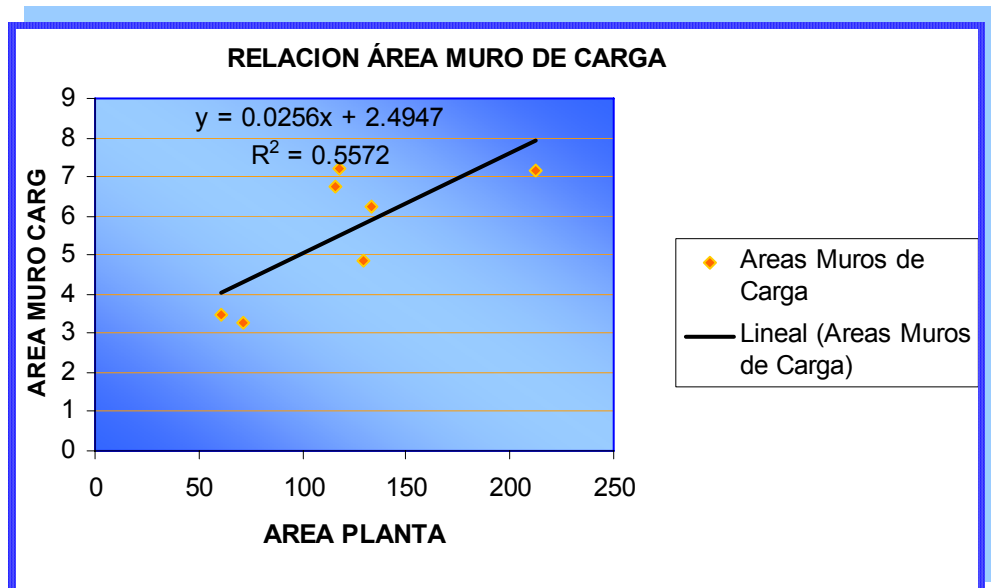
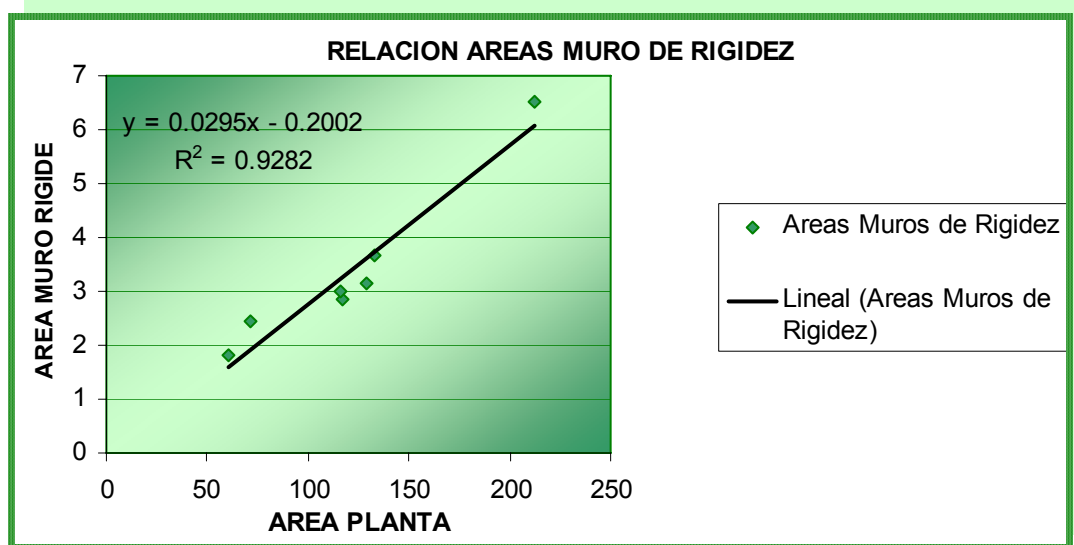


Figura 55- Relación Área Muro de Rigidez Vs Área Planta.



El análisis de áreas se hizo mediante mediciones de área para cada muro, definiendo los muros³⁵ de carga como los muros en el sentido principal de la edificación y encargados de soportar la fuerza vertical, son muros autoportantes que definen los vanos principales de la edificación. Mientras los muros de rigidez (Figura 55) son los muros perpendiculares a los de carga y son aquellos que brindan la rigidez y resistencia a la acción sísmica en ese sentido de la estructura. Observemos que el área de los muros de carga sigue una regresión lineal que esta en el rango medio regida por la ecuación $y = 0.0256x + 2.4947$ con un $R^2 = 0.5572$, si analizáramos una relación directa entre áreas de muros de cargas / área en planta (piso tipo), obtendríamos un índice de muro que en forma indicativa nos mostraría el aprovechamiento estructural de los muros, es decir, No podemos catalogar que la regresión obtenida en este análisis presentan un aprovechamiento estructural del 100% para todos los muros de carga por ello la correlación tan baja, si tenemos en cuenta que el diseño estructural tiene sustento en el diseño arquitectónico; bajo esta razón hay edificaciones donde un muro soporta un área aferente mayor que otro y esta soportando máximos esfuerzos, mientras que por razones arquitectónicas hay muros que no están soportando esfuerzos máximos lo que con lleva a someter a la edificación a una cantidad mayor de muros estructurales. La relación de Muros de Rigidez nos brinda una excelente regresión regida por una ecuación lineal de la

³⁵ Ver Capítulo 2. p 24

siguiente forma $y = 0.0295x - 0.2002$ con un $R^2 = 0.9282$ valor muy alto para edificaciones con diseño arquitectónico y estructural heterogéneo. Estas relaciones nos dan pautas para un seguimiento estructural a edificaciones mediante analogías de áreas. Hay que tener en cuenta que este análisis es solo para edificaciones de altura media, en nuestro caso todos de 5 pisos.

6.2.2 Área vs Separación

Con la necesidad de encontrar una relación entre la distancia normal a la que se encontrarían los muros entre si, hicimos mediciones para cada tipo de muro (Carga y Rigidez) con fin de encontrar un dimensionamiento lineal en relación al área, es decir, medimos la distancia promedio de los vanos en cada sentido (Tabla 16).

Tabla 16- Separación entre muros para cada Edificaciones.

EDIFICACION	AREA PLANTA	SEPAR. MUROS CARGA	SEPAR. MUROS RIGIDEZ
EDIFICACIÓN 2	117.54	2.84	3.2
EDIFICACIÓN 1	60.9	2.5	3.2
EDIFICACIÓN 7	133.2	2.13	2.1
EDIFICACIÓN 4	71.46	2.85	2.1
EDIFICACIÓN 5	115.87	2.85	1.7
EDIFICACIÓN 3	129.36	3.1	1.8
EDIFICACIÓN 6	212.38	2.02	2.1

Figura 56- Relación Área Planta Vs Separación Muro Carga.

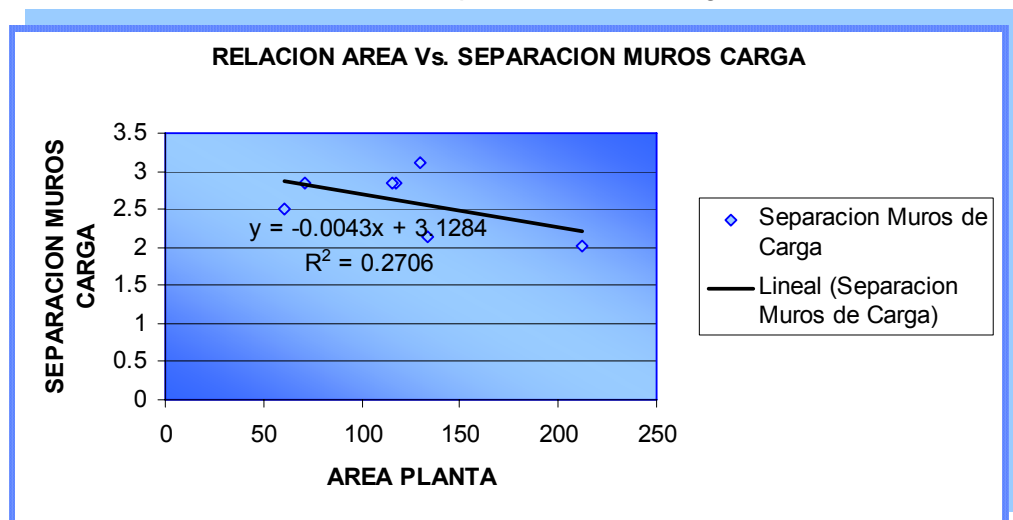
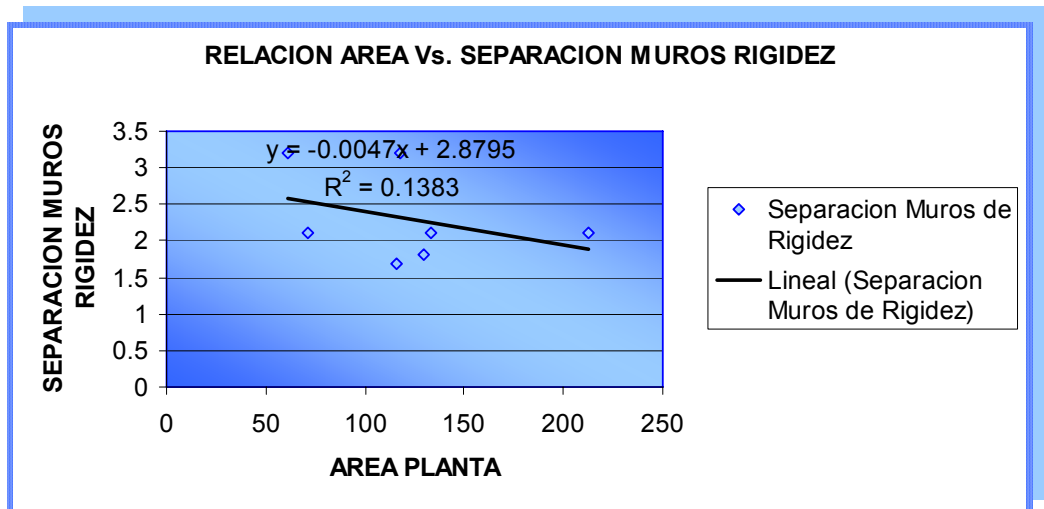


Figura 57- Relación Área Planta Vs Separación Muro Rigidez.



El dimensionamiento entre ejes de muros tiene muy poca relación con el área en planta de cada edificación, como observamos para cada tipo de muros en las Figuras 56 y 57, por ello la relación tan baja de R^2 . La configuración de los muros de rigidez, no están sobre ejes definidos y no podemos asegurar que para las edificaciones de altura media exista una relación coherente entre la separación de muros y su área en planta, pues estas dimensiones casi siempre se hacen bajo una óptica arquitectónica especial para cada edificación. La separación de muros es un agente propio de relación entre ingeniero y arquitecto, por ende no podemos marcar una relación de diseño estrictamente estructural.

6.2.3 Áreas Vs No. Vanos

De una manera similar a la anterior contamos los números de vanos en sentido de cada dirección de muro. Es decir, catalogamos los vanos principales como los vanos marcados entre ejes de los muros de carga, y los vanos secundarios como los vanos entre los ejes de los muros de rigidez. Relacionándolos con el área en planta del piso tipo (Tabla 17).

Tabla 17- No. de Vanos entre muros para cada Edificaciones.

EDIFICACION	AREA PLANTA	No. VANOS CARGA	No. VANOS RIGIDEZ
EDIFICACIÓN 2	117.54	6	2
EDIFICACIÓN 1	60.9	4	2
EDIFICACIÓN 7	133.2	4	4
EDIFICACIÓN 4	71.46	4	4
EDIFICACIÓN 5	115.87	6	5
EDIFICACIÓN 3	129.36	6	4
EDIFICACIÓN 6	212.38	10	4

Figura 58- Relación Área Planta Vs No. Vanos Carga.

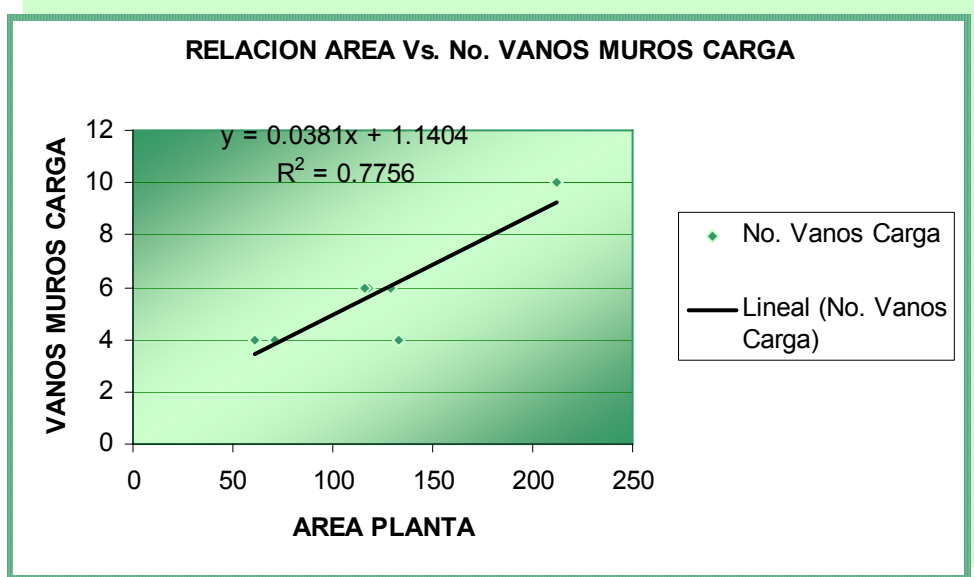
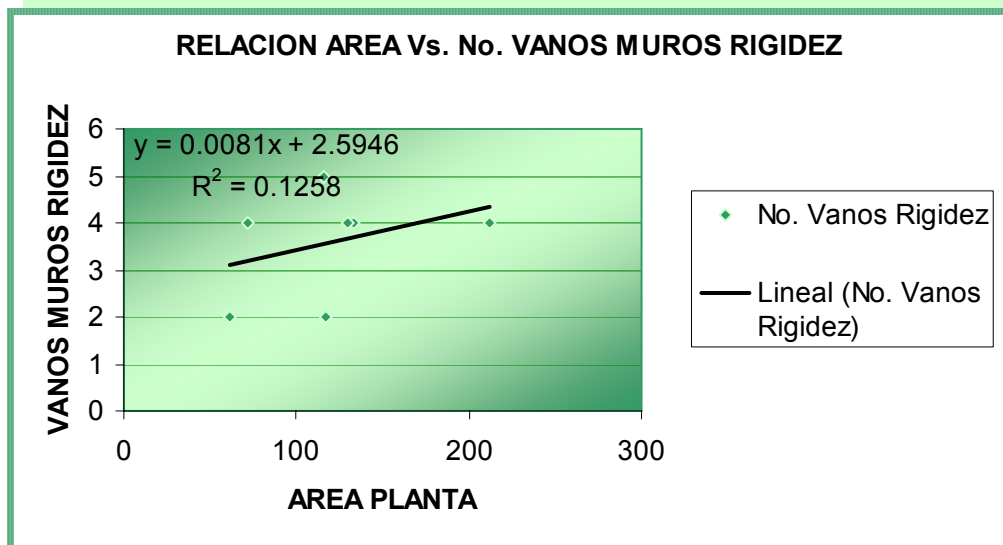


Figura 59- Relación Área Planta Vs No. Vanos Rigidez.



Con estas gráficas podemos ver que no existe ninguna relación entre el área en planta y los vanos de los muros de rigidez, pues estos muros no están dispuestos sobre ejes específicos, mas bien son colocados en sitios donde halla necesidad estructural de soportar cargas sísmicas en ese sentido, siendo este un criterio del diseñador estructural y dejando a un lado cualquier tendencia en el criterio de colocación de estos elementos estructurales.

La relación del número de vanos de muros de carga con el área en planta no es una medida coherente pues ya que su separación va directamente relacionada con la distancia perpendicular total del piso tipo.

6.3 DERIVAS E INDICES DE MUROS

Una manera de clasificar la cantidad de muros en una edificación es expresarla a través de la relación del área de la sección transversal de todos los muros en un sentido y el área total del piso del edificio. Este parámetro es conocido con el nombre de índice de muros = $\Sigma A_i / A$.

Con el índice de muros se tiene en cuenta la cantidad y la rigidez que los muros proporcionan a la edificación y se analiza con el desplazamiento horizontal que se da con la deriva.

El análisis sísmico fue realizado teniendo en cuenta la programación en Etabs 8 Nonlinear³⁶, se hizo un análisis modal para un espectro de diseño planteado por la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98), otro basado en la Zonificación Sismo Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga³⁷ y un ultimo análisis basado en las derivas de los modelos trabajados bajo el Método de Fuerza Horizontal Equivalente. Para cada uno de estos métodos se calculó la deriva por piso en cada uno de los direccionamientos (Sentido Muros Carga y Rigidez), pero se seleccionaron las derivas máximas en cada sentido, es decir, no podemos catalogar un sentido X y otro Y, ya que el sentido lo marca la dirección en la

³⁶ Computer and Structures, Inc. 1995 University Ave. Berkeley, CA

³⁷ INSTITUTO GEOLOGICO Y DE MINAS. Zonificación Sismo Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga, 2001.

que se encuentre los muros, son ellos los que intentamos analizar, deseamos encontrar las derivas predominantes en cada sentido de muros, de esta manera podemos ver si los muros de carga y de rigidez son suficientes para controlar los efectos dinámicos ejercido sobre la edificación. Téngase en cuenta que estas edificaciones se hicieron bajo el código **CCCSR** (Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes. 1984)³⁸ y vamos a evaluarlas según la nueva normatividad colombiana.

Estas derivas serán objeto de comparación con un índice de muro, que se calcula con base en las áreas de los muros del piso tipo sobre el área total del piso tipo, así para cada tipo de muro (Carga Y Rigidez).

Tabla 18- Índice de Muro para cada Edificaciones.

EDIFICACION	INDICE MURO CARGA	INDICE MURO RIGIDEZ
EDIFICACIÓN 2	0.061425898	0.024247065
EDIFICACIÓN 1	0.056978654	0.02955665
EDIFICACIÓN 7	0.046771772	0.027627628
EDIFICACIÓN 4	0.046039743	0.034144976
EDIFICACIÓN 5	0.058341244	0.025804781
EDIFICACIÓN 3	0.03749227	0.024196042
EDIFICACIÓN 6	0.033760241	0.030652604

Tabla 19- Derivas Análisis Modal NSR 98.

EDIFICACION	ANÁLISIS MODAL NSR 98	
	DERIVA MAX CARGA (mm)	DERIVA MAX RIGIDEZ (mm)
EDIFICACIÓN 2	14.7	3.9
EDIFICACIÓN 1	17.5	6.7
EDIFICACIÓN 7	4.2	4.2
EDIFICACIÓN 4	6.9	1.6
EDIFICACIÓN 5	13.6	2.5
EDIFICACIÓN 3	11.6	2.2
EDIFICACIÓN 6	3.4	3

³⁸Decreto 1400 de 1984.

Figura 60- Deriva Vs Índice Muro de Carga (NSR 98).

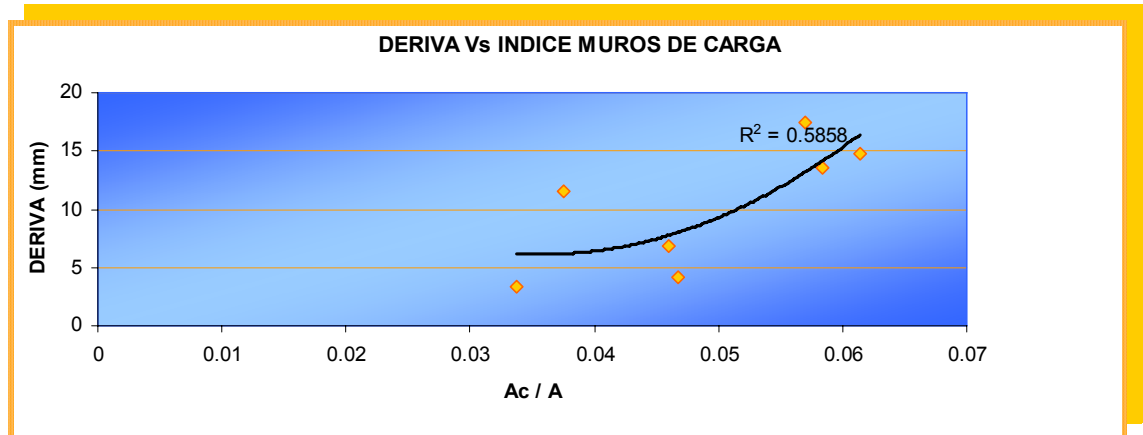
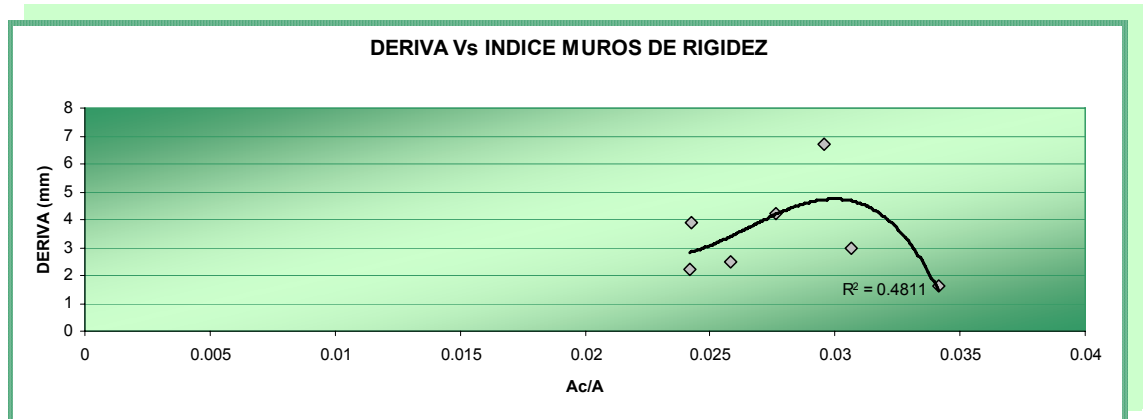


Figura 61- Deriva Vs Índice Muro de Rigidez (NSR 98).



Las derivas producidas por el espectro de diseño de la NSR 98 y por la zonificación Zona 2, son semejantes y la relación R^2 es muy similar. Las ecuaciones de las regresiones son las siguientes:

Tabla 20- Ecuaciones Análisis NSR 98.

ANÁLISIS MODAL NSR 98	
DERIVA CARGA (mm)	DERIVA RIGIDEZ (mm)
$y = 15767x^2 - 1131.4x + 26.44$	$y = -1E + 07x^3 + 1E + 06x^2 - 27262x + 237.28$

Tabla 21- Ecuaciones Análisis Zona 2.

ANÁLISIS MODAL MICROZONIFICACION ZONA 2	
DERIVA CARGA (mm)	DERIVA RIGIDEZ (mm)
$y = 18759x^2 - 1220.7x + 27.647$	$y = -234865x^2 + 13704x - 190.75$

Tabla 22- Ecuaciones Análisis FHE.

ANÁLISIS FHE	
DERIVA CARGA (mm)	DERIVA RIGIDEZ (mm)
$y = 29598x^2 - 2167.1x + 60.774$	$y = -515445x^2 + 30550x - 432.83$

A pesar de que las ecuaciones para las derivas de los muros de carga tienen un R^2 muy similar, no se puede decir que estas ecuaciones rijan la relación inexistente entre las derivas y los índices de muros (Ver todas las graficas)³⁹.

6.4 PERIODOS

6.4.1 Periodos Edificación

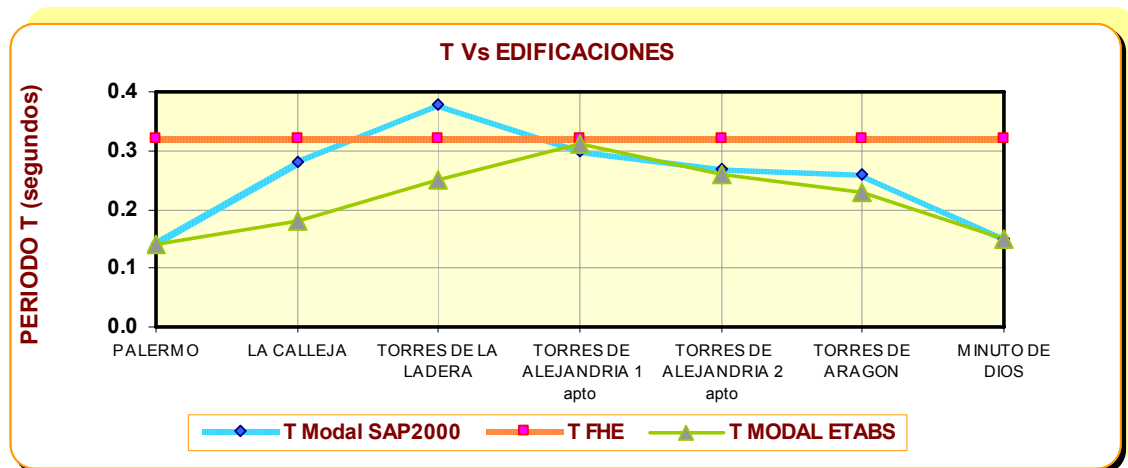
Los periodos de las edificaciones se obtuvieron teniendo en cuenta el análisis dinámico modal realizado por el programa ETABS y por el análisis estático No lineal realizado en SAP 2000, de esta manera se comparó con el periodo obtenido por el análisis de la Fuerza Horizontal equivalente, que en nuestro caso es constante ya que todas las edificaciones son de la misma altura, en las Figuras 62, observamos estas comparaciones:

Tabla 23- Periodos Análisis Dinámico Modal y FHE

NOMBRE	PERIODO FUNDAMENTAL (segundos)		
	DINAMICO MODAL SAP2000	FHE Ta	DINAMICO MODAL ETABS
EDIFICACIÓN 7	0.14	0.32	0.14
EDIFICACIÓN 4	0.28	0.32	0.18
EDIFICACIÓN 5	0.38	0.32	0.25
EDIFICACIÓN 1	0.30	0.32	0.31
EDIFICACIÓN 2	0.27	0.32	0.26
EDIFICACIÓN 3	0.26	0.32	0.23
EDIFICACIÓN 6	0.15	0.32	0.15

³⁹ Ver Anexo 3 p. 236

Figura 62- Periodos Fundamentales Modal y FHE.



Con esta grafica se observa que los periodos hallados con el método de la fuerza horizontal equivalente son en un 93 % mayores a los calculados con el método modal espectral, demostrando que al diseñar una estructura de altura media con el método simplificado FHE estamos garantizando lo requisitos de deriva para los análisis modales, pero de cualquier manera para obtener la fuerza sísmica de diseño se recomienda los dos métodos de análisis para mayor seguridad en los cálculos.

6.4.2. PERIODOS VS MODOS

Los periodos de las estructuras fueron analizadas bajo un análisis modal por dos programas diferentes (ETABS y SAP 2000), todas las edificaciones son de 5 pisos y teniendo en cuenta que cada piso es regido por 3 grados de libertad tendríamos 15 modos para cada edificación, de esta manera podemos hacer cada uno de estos modos comparables con el mismo modo de las demás edificaciones, a continuación presentamos las tablas que nos muestra este análisis.

Tabla 24- Periodos Análisis 15 Modos (ETABS).

ANÁLISIS DINÁMICO MODAL (ETABS)							
Periodos Modal							
Mode	Edificación 6	Edificación 1	Edificación 2	Edificación 4	Edificación 7	Edificación 5	Edificación 3
1	0.145166	0.310743	0.297565	0.176701	0.137866	0.247002	0.225761
2	0.121325	0.178206	0.181273	0.116755	0.107059	0.106456	0.097991
3	0.109147	0.149569	0.152609	0.097924	0.068806	0.10163	0.07807
4	0.033498	0.057487	0.05501	0.036789	0.036093	0.052965	0.045181
5	0.02958	0.035599	0.035455	0.030082	0.02859	0.025728	0.025316
6	0.027032	0.032746	0.030602	0.024398	0.020695	0.025284	0.02223
7	0.015808	0.024212	0.02304	0.016737	0.01747	0.023334	0.019775
8	0.014406	0.015934	0.022155	0.014707	0.01465	0.014408	0.012658
9	0.013373	0.015121	0.021501	0.012105	0.011504	0.012673	0.012563
10	0.010535	0.014856	0.020684	0.011013	0.011115	0.012642	0.011717
11	0.009882	0.01132	0.019887	0.009815	0.010195	0.010568	0.009602
12	0.009346	0.010394	0.019781	0.008681	0.008924	0.008951	0.008818
13	0.0083	0.009731	0.018862	0.008439	0.008225	0.008848	0.008497
14	0.007962	0.008144	0.018504	0.007575	0.007982	0.007335	0.00717
15	0.007618	0.007647	0.018456	0.006839	0.006527	0.007192	0.007078

Figura 63- Periodo Vs Modos (ETABS).

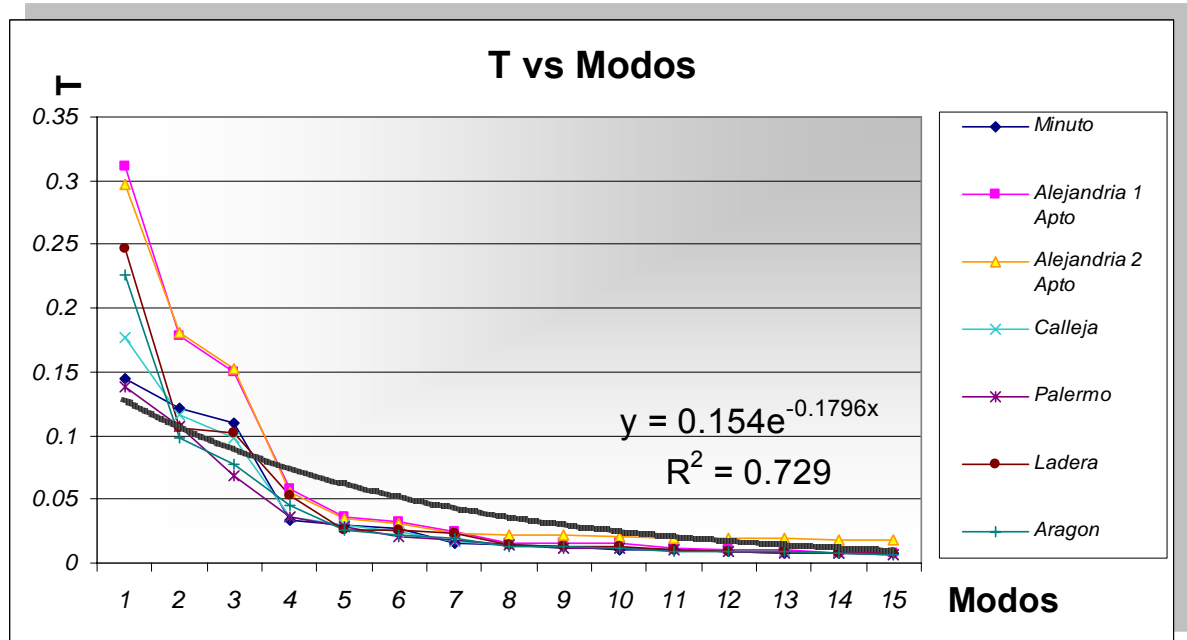
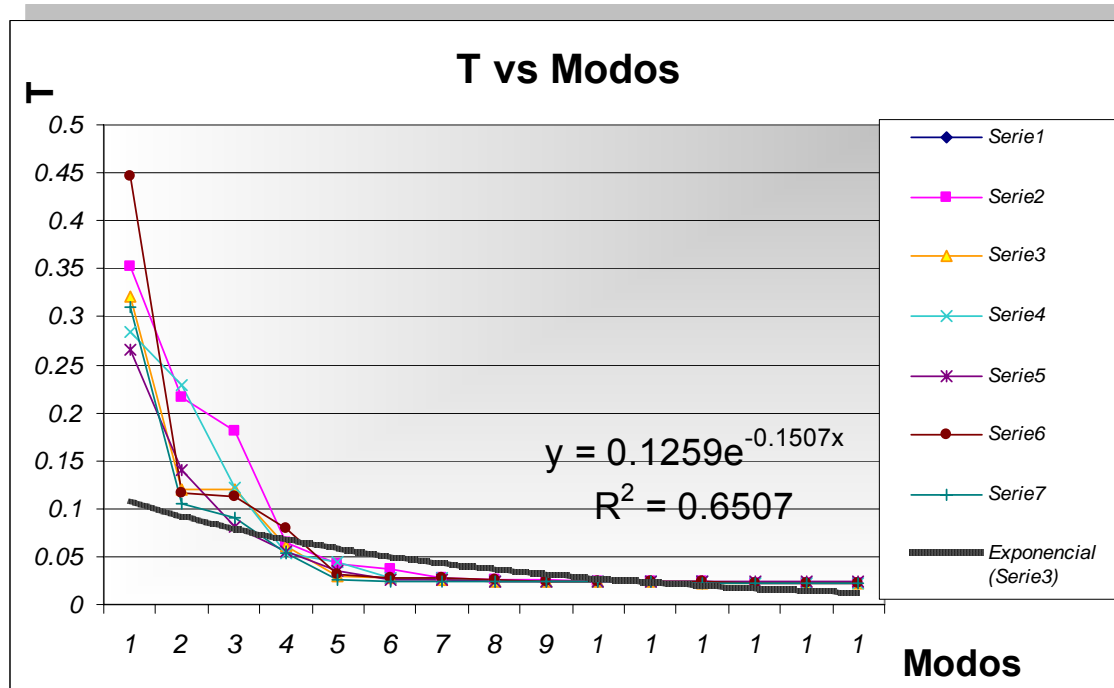


Tabla 25- Periodos Análisis 15 Modos (SAP 2000).

ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL (SAP 2000)						
Periodos Modal						
Mode	Edificación 1	Edificación 2	Edificación 4	Edificación 7	Edificación 5	Edificación 3
1	0.352868	0.321146	0.284045	0.265359	0.446985	0.310571
2	0.215068	0.120232	0.229436	0.140023	0.116924	0.105299
3	0.180974	0.119518	0.12114	0.081857	0.112218	0.09112
4	0.065226	0.060178	0.053178	0.055692	0.078552	0.053842
5	0.042058	0.028629	0.044236	0.034319	0.031633	0.026465
6	0.036287	0.028052	0.028021	0.025226	0.028282	0.024349
7	0.027321	0.025823	0.02781	0.025143	0.027293	0.024349
8	0.02622	0.023778	0.024663	0.024291	0.02624	0.024009
9	0.025453	0.023778	0.0246	0.024291	0.024424	0.024009
10	0.024495	0.023207	0.02451	0.024241	0.024424	0.023752
11	0.02356	0.023207	0.023842	0.023728	0.023703	0.02349
12	0.023436	0.022678	0.023801	0.023728	0.02355	0.02302
13	0.022359	0.022678	0.023033	0.023407	0.022979	0.022555
14	0.021939	0.022481	0.022879	0.023407	0.022979	0.022555
15	0.021883	0.021822	0.022378	0.023236	0.022494	0.022523

Figura 64- Periodo Vs Modos (SAP 2000).



Los periodos de los modelos nos muestran una tendencia característica para cada modo, teniendo en cuenta que estos modos son comparables para todas las edificaciones, podemos tener una idea clara de los periodos que encontramos en cada piso (para cada grado de libertad) de la edificación. Bajo una regresión exponencial aceptable podemos concluir como los periodos manejan un rango corto (a excepción de los 3 primeros modos), generalizando de esta manera los periodos para edificaciones de altura media.

6.5 PORCENTAJES DE PARTICIPACION

El porcentaje de participación es la cantidad de masa utilizada por cada modo en su vibración y con las siguientes graficas se quería determinar hasta que modo se excitaba por lo menos el 90% de masa total de la edificación, y así garantizar la correcta utilización de una superposición de efectos tal como lo indica la NSR-98.

Los porcentajes de participación en relación a los modos de vibración son presentados por su cuantía (Tabla 26) y gráficamente (Figura 65 y 66). En azul caracterizamos el 90% del porcentaje de participación para el sentido de los muros de carga (MC) y en verde los muros de rigidez. (MK)

Tabla 26- Periodos Análisis 15 Modos (SAP 2000).

Edificación
6

Mode	Periodo	U Muros K	U Muros C	Sum U MK	Sum UMC
1	0.145166	50.057	1.297	50.057	1.297
2	0.121325	4.860	65.210	54.918	66.508
3	0.109147	17.013	5.758	71.931	72.265
4	0.033498	15.960	0.707	87.891	72.972
5	0.02958	1.658	18.348	89.549	91.319
6	0.027032	2.721	1.366	92.270	92.685
7	0.015808	4.420	0.219	96.690	92.904
8	0.014406	0.376	4.563	97.066	97.467
9	0.013373	0.464	0.284	97.530	97.752
10	0.010535	1.698	0.068	99.227	97.820
11	0.009882	0.097	1.623	99.324	99.442
12	0.009346	0.117	0.072	99.441	99.514
13	0.0083	0.518	0.019	99.958	99.533
14	0.007962	0.028	0.450	99.986	99.983
15	0.007618	0.014	0.017	100.000	100.000

Figura 65- Porcentaje Participación Muros de Rigidez Edificación 6.

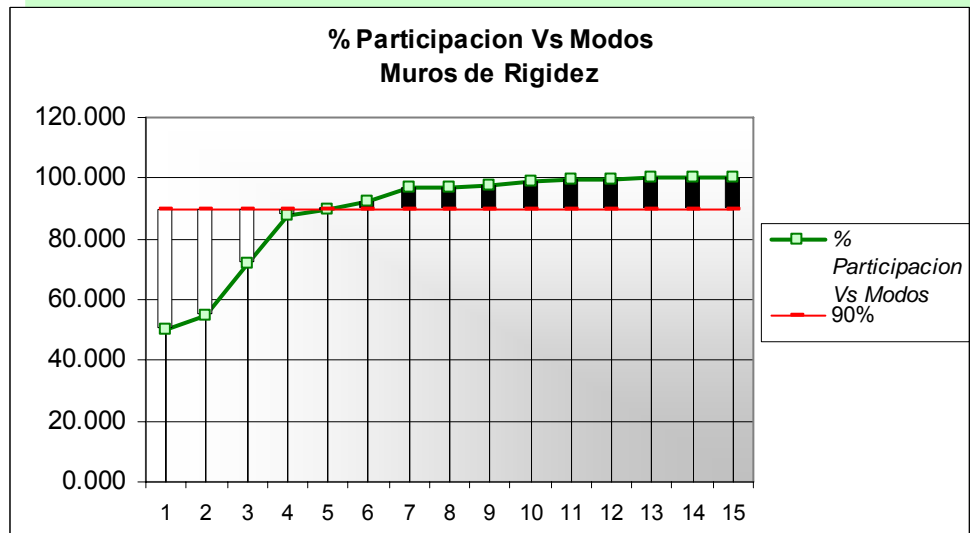
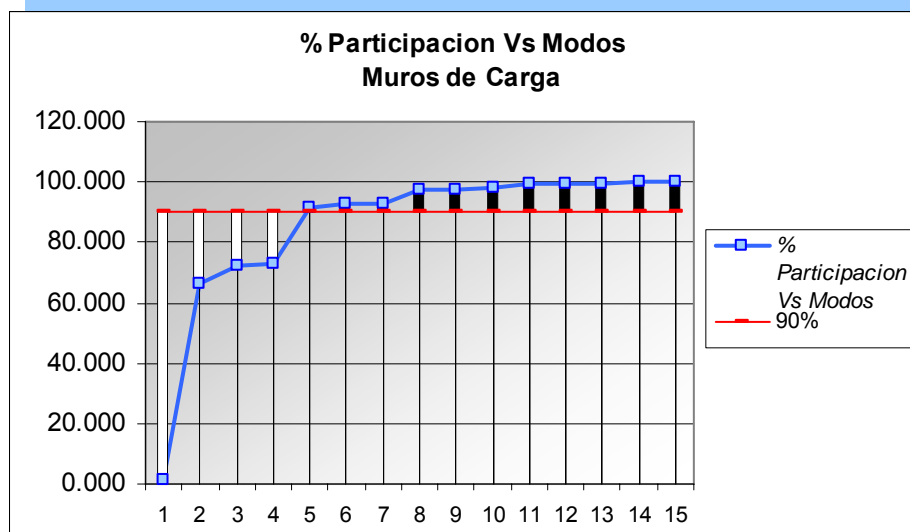


Figura 66- Porcentaje Participación Muros de Carga Edificación 6.

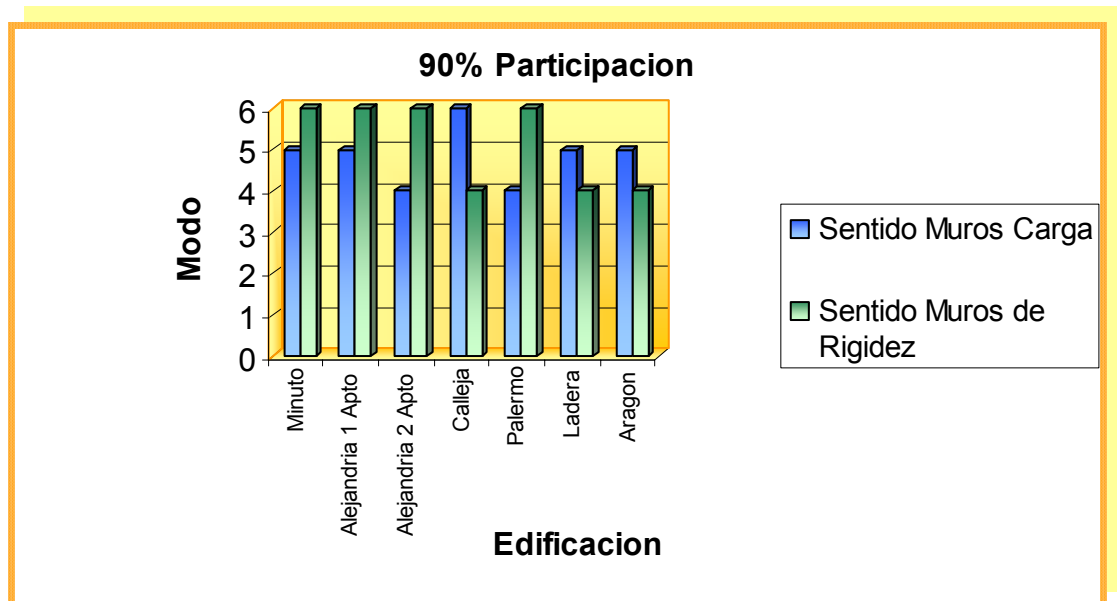


Las graficas anteriores corresponden a los resultados obtenidos para el Edificación 6⁴⁰. El análisis se basa en el cálculo del 90% de la masa que se encuentra en vibración, por esta razón la Tabla 26 se encuentra sombreada por azul y verde (Azul

⁴⁰ Ver los resultados de todas las edificaciones. Anexo 6 p. 261

indica el modo donde cumple para sentido de los muros de carga y verde en el sentido de muros de rigidez). De una manera general podemos concluir que las edificaciones tienen el 90% de la masa total de la edificación en vibración entre los modos 4 y 6, con predominio del modo 5 para aquellos que se encuentran en sentido de los muros de carga y para los muros de rigidez oscilan entre el 4 y 6. De una manera más detallada lo observamos a continuación en la figura 67.

Figura 67 – Modos con el 90% de Participación.



6.6 DERIVAS

Las derivas de las edificaciones estudiadas fueron realizadas mediante un análisis modal espectral y un análisis de FHE realizado por el programa Etabs 8.0. Por esta razón, hacemos una comparación detallada de las derivas de cada piso de cada edificación por ambos métodos, los cálculos fueron determinados también para cada dirección de la edificación, es decir, definimos las derivas para sentido de muros de carga y sentido de muro de rigidez, en la Tabla 27 se puede observar unas filas sombreadas indicando (Al igual que en el numeral anterior) azul para sentido de muros de carga y verde para sentido de muros de rigidez.

Tabla 27- Derivas Edificación 6 Análisis Modal Espectral.

ANÁLISIS DINÁMICO MODAL (ETABS)							
Edificación 6							
Story	Diaphrag	Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZ	DERIVA (m)	DERIVA (%)
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0034	0.0014	0.003676955	0.000891278	0.037
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0015	0.003	0.003354102	0.000804592	0.034
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0026	0.001	0.002785678	0.0009472	0.039
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0011	0.0023	0.00254951	0.000803085	0.033
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0017	0.0007	0.001838478	0.000853592	0.036
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0007	0.0016	0.001746425	0.000761539	0.032
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0009	0.0004	0.000984886	0.000668658	0.028
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0004	0.0009	0.000984886	0.000668658	0.028
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0003	0.0001	0.000316228	0.000316228	0.013
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0001	0.0003	0.000316228	0.000316228	0.013

Tabla 28- Derivas Edificación 6 Análisis FHE.

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE					
Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
FHEDERX	0.013	0.0029	0.013319535	0.00339482	0.141
FHEDERY	0.0037	0.0102	0.010850346	0.00278499	0.116
FHEDERX	0.0097	0.0021	0.009924717	0.00337338	0.141
FHEDERY	0.0027	0.0076	0.008065358	0.00265703	0.111
FHEDERX	0.0064	0.0014	0.006551336	0.00305849	0.127
FHEDERY	0.0018	0.0051	0.005408327	0.00252909	0.105
FHEDERX	0.0034	0.0008	0.00349285	0.00235267	0.098
FHEDERY	0.001	0.0027	0.002879236	0.00193055	0.080
FHEDERX	0.0011	0.0003	0.001140175	0.00114018	0.048
FHEDERY	0.0003	0.0009	0.000948683	0.00094868	0.040

Figura 68 – Derivas por piso Edificación 6 Sentido muros de carga.

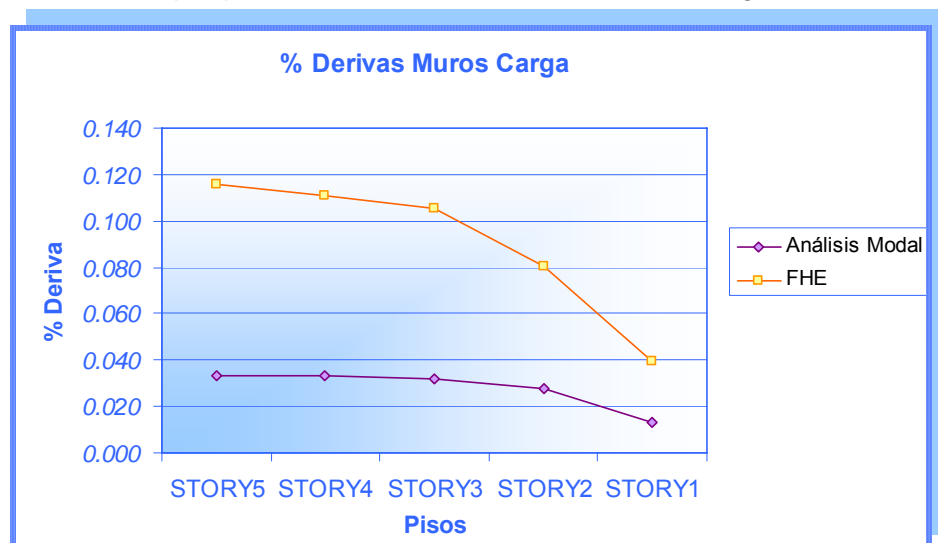
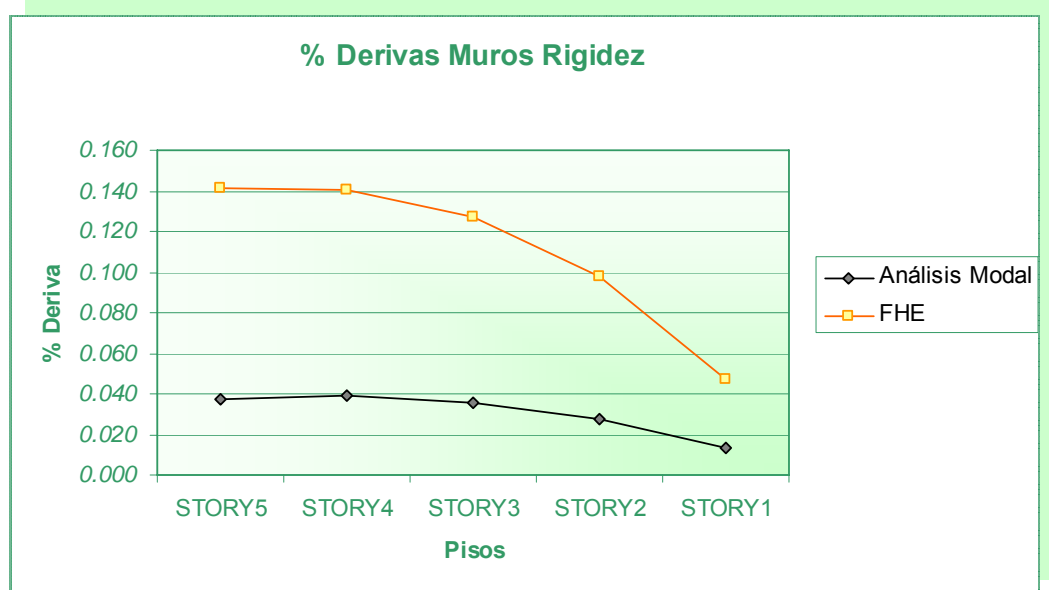


Figura 69 – Derivas por piso Edificación 6 Sentido muros de rigidez.



El análisis dinámico objeto de este proyecto, busca la comprobación de derivas ante un evento sísmico para las edificaciones construidas en el antiguo periodo normativo. Bajo estos modelos podemos observar que la deriva cumple claramente con el antiguo y con el presente código, ya que ante un evento sísmico regido por el espectro de la NSR98 las estructuras se comportan de una manera segura con derivas muy por debajo de los rangos críticos (1.0% NSR98 y 1.5% CCCSR) y aun si son diseñadas por el método de la FHE. Para todas las edificaciones⁴¹ las derivas bajo el método de la FHE son mayores que para el método modal espectral y aun así no son críticas en ningún sentido, pero siendo siempre mayores en el sentido de los muros de rigidez.

⁴¹ Ver los resultados de todas las edificaciones. Anexo 5 p. 250

6.7 ANÁLISIS PUSHOVER

Con el análisis estático no lineal se busca analizar el comportamiento de las edificaciones simulando daños debido a un material que después de estar en un estado elástico fluye, con ello podemos analizar el daño estructural acumulado y comparar su respuesta ante diferentes capacidades del espectro de diseño de la NSR-98 del Título A.

El análisis se hace para los dos sentidos de muros, encontrándose la siguiente tendencia como se presenta en la Figura 70 y 71, la cual muestra el comportamiento de los muros a resistir esfuerzos en un rango elástico y hasta que deformación puede llegar sin presentar fluencia y por lo tanto deterioro estructural

Las graficas 70 y 71 muestran el resultado tipo de relacionar el esfuerzo cortante en la base y los desplazamientos monitoreados para PUSH 2 (Muros rigidez) y PUSH3 (Muro de carga)

Figura 70 – *Comportamiento de los muros de rigidez.*

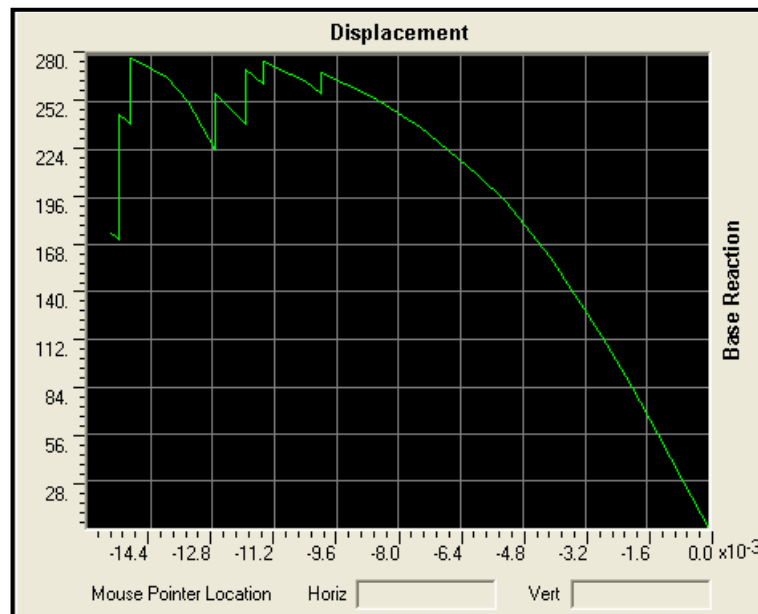
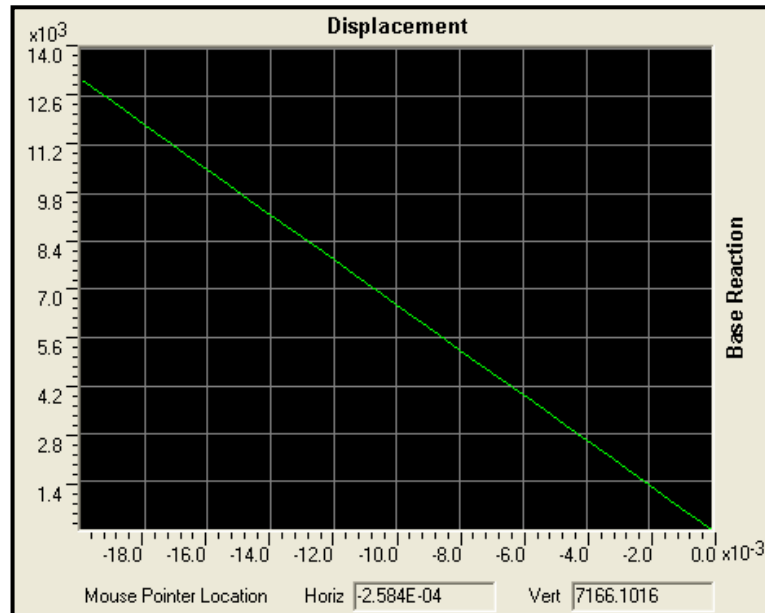


Figura 71 – Comportamiento de los muros de carga



Las graficas completas del comportamiento estructural se muestran en forma detallada en los Anexos⁴², pero la tendencia es que los muros de carga tiene un comportamiento lineal para desplazamientos considerables que están mas halla de los valores de deriva calculados, mientras que los muros de rigidez muestra mas debilidad y menos capacidad de resistir cargas sísmicas altas, esto demostrado en el resumen de nivel de comportamiento variando la capacidad del espectro de diseño mostrados en la Tabla 29 y 30

⁴² Ver Anexo 1. p. 129

Tabla 29- Resumen nivel de comportamiento PUSH 3

MUROS DE CARGA		TABLA RESUMEN NIVEL DE COMPORTAMIENTO PARA PUSH 3 EDIFICACIONES ANALIZADAS					
Aa (g)	CORTANTE BASE - V DESPLAZAMIENTO - D	EDIFICACIÓN 1	EDIFICACIÓN 2	EDIFICACIÓN 3	EDIFICACIÓN 4	EDIFICACIÓN 5	EDIFICACIÓN 7
0.25	V (KN)	1,214.95	2163.28	2214.47	1457.43	2218.49	2611.32
	D (mm)	-11.00	-3.30	-2.48	3.32	-3.10	-3.16
0.20	V (KN)	971.96	1730.62	1751.57	1158.32	1774.79	2089.06
	D (mm)	-9.06	-2.64	-1.99	2.68	-2.48	-2.53
0.15	V (KN)	729.97	1967.96	1328.68	869.21	1331.09	1566.79
	D (mm)	-6.80	-1.92	-1.49	2.03	1.86	-1.90
0.10	V (KN)	485.98	865.31	885.79	578.97	887.40	1044.53
	D (mm)	-4.53	-1.32	-0.993	1.35	-1.24	-1.27
0.05	V (KN)	242.99	432.66	442.89	289.49	443.70	522.26
	D (mm)	-2.27	-0.66	-0.497	0.68	-6.20	-0.63
0.02	V (KN)	97.20	173.02	177.16	115.79	177.47	208.91
	D (mm)	-0.91	-0.26	-0.199	0.27	-0.25	-0.25

Tabla 30- Resumen nivel de comportamiento PUSH 2

MUROS DE RIGIDEZ		TABLA RESUMEN NIVEL DE COMPORTAMIENTO PARA PUSH 2 EDIFICACIONES ANALIZADAS					
Aa (g)	CORTANTE BASE - V	EDIFICACIÓN 1	EDIFICACIÓN 2	EDIFICACIÓN 3	EDIFICACIÓN 4	EDIFICACIÓN 5	EDIFICACIÓN 7
	DESPLAZAMIENTO - D						
0.25	V (KN)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	D (mm)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
0.20	V (KN)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	D (mm)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
0.15	V (KN)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
	D (mm)	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
0.10	V (KN)	272.26	N.A	595.49	N.A	N.A	N.A
	D (mm)	-12.00	N.A	-9.22	N.A	N.A	N.A
0.05	V (KN)	198.86	325.39	381.33	242.147	418.16	379.3
	D (mm)	-5.53	-4.46	-4.44	-3.60	-9.03	-5.62
0.02	V (KN)	96.05	170.71	172.43	115.79	177.48	136.97
	D (mm)	-2.32	-1.91	-1.76	-1.53	-3.73	-1.36

7. OBSERVACIONES



El sistema constructivo ha demostrado tener la rigidez suficiente y necesaria para satisfacer los requisitos de deriva impuestos por la NSR-98 en edificios con altura entre los 4 y 7 pisos en toda el área metropolitana de Bucaramanga. Las edificaciones con alturas mayores de 9 pisos por estar en una zona de amenaza sísmica alta requieren aumentar su rigidez dando más área transversal o aumentando la cantidad de sus muros para garantizar las solicitaciones impuestas por el código, pero de todas formas sigue siendo uno de los sistemas más eficientes para garantizar resistencia ante una acción sísmica.



Se recomienda hacer la modelación de las estructuras con el programa comercial de elementos finitos ETABS (Computers y Structures, 2002), el cual ofrece sencillez y facilidad para la inclusión y manipulación de los datos.





En el presente trabajo se utilizaron 3 grados de libertad por piso correspondiendo a 2 desplazamiento traslacionales y una rotación en sentido normal a la placa, para el caso específico de las edificaciones de altura media se tomo como representativa las construcciones de 5 niveles por ser la que mas se hallo en la muestra recolectada en la investigación, de esta manera se obtienen 15 modos de vibración para realizar la superposición modal aplicando el procedimiento SRSS, cumpliendo el requisito de la NSR-98 que indica que se debe excitar al menos el 90% de la masa total de la edificación, encontramos que con mínimo 6 modos cumplimos lo pedido en el código.





La búsqueda de información de las edificaciones que cumplieran con el requisito objetivo de este proyecto de grado los cuales constituía en ser construcciones de altura media y estar en el periodo normativo del CCCSR, se dificultó pues el ente recolector de la información Gobernación de Santander tubo un incidente el cual produjo la pérdida de gran cantidad de información impidiendo aumentar el tamaño de la muestra, de todas formas se logró conseguir información representativa y bien distribuida dentro de la zona metropolitana de Bucaramanga la cual permitiera la realización de este proyecto.


8. CONCLUSIONES


 Se encontró que las edificaciones de altura media construidas dentro del periodo normativo del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes (CCCSR) efectivo en los años 1984 – 1998 satisface los requisitos actuales de deriva estipulados por la NSR-98, concluyendo que estas construcciones satisfacen las necesidades de seguridad que se requiere para amparar el bienestar común de nuestros habitantes.

 Las derivas halladas en edificaciones de altura media con sistema constructivo tipo muro de carga, se caracterizaron por ser estructuras capaces de resistir las acciones sísmicas de diseño, simuladas con métodos elásticos, como el análisis modal espectral y el análisis estático de la fuerza horizontal equivalente, demostrando que las propiedades geométricas y mecánicas de estas edificaciones cumplen con el propósito y expectativas de sus diseñadores los cuales siguieron su respectivo código normativo de diseño sismoresistente, evidenciándose con este trabajo que sigue ajustado a los requisitos actuales exigidos por la NSR-98, demostrado en sus pequeños valores de desplazamiento horizontal.

 Se encontró que para hallar valores mas precisos de las cargas horizontales a la que estaría sometida las edificaciones con altura mayor de los 7 pisos se debe hacer uso de un análisis dinámico. La variación de los periodos de vibración calculados con el análisis dinámico y el método de la fuerza horizontal equivalente mostraron gran variación, evidenciándose en valores de periodo de hasta 6 veces el periodo de la estructura que predice el análisis modal en relación al calculado con el método simplificado. En edificaciones de altura media esta relación no presenta una importancia significativa alternando sus valores de edificación en edificación, por esta razón se recomienda realizar los dos análisis para decidir cual produce efectos más importantes y tomarlo como valores de diseño.

 El inconveniente de utilizar el método simplificado de la fuerza horizontal equivalente en edificaciones de altura mayor de 7 pisos y evidenciando su importancia al incrementar sus pisos dando mas altura, es el de diseñar una estructura con un periodo bajo comparado al modal, indicando un diseño con un valor de aceleración espectral mayor, que obtendría cargas sísmicas altas, que en realidad no tomaría la estructura al estar sometida al espectro de diseño del código, produciendo un sobre diseño innecesario desde el punto de vista económico.

 El comportamiento de las edificaciones modeladas con rotulas, analizadas con el método estático no lineal pushover mostraron una tendencia de resistencia en un rango elástico en la dirección que están dispuestos los muros de carga demostrando la suficiencia para resistir un sismo de las características presentadas por el espectro de diseño de la NSR-98, por otro lado según el análisis pushover las estructuras no resiste sismos con valores mayores de $A_a = 0.10$ en sentido de sus muros de rigidez por lo cual hay que analizar el daño progresivo de sus rotulas cuantificando el daño estructural al que esta sometida estas edificaciones.

 Las edificaciones de altura media presentaron una tendencia de ocupación del área de sus muros estructurales correspondiente al intervalo de 6 al 9 % por ciento de su área en planta, relación conocida como índice de muros, correspondiendo estos muros a un intervalo del 30 a 60 % por ciento de la masa total de la edificación la cual en este tipo de sistema constructivo es auto portante, demostrando la efectividad del sistema, el cual ofrece gran rigidez para soportar cargas sísmicas aprovechando una pequeña porción del área utilizable.

BIBLIOGRAFIA

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. Bogotá: Imprenta nacional de Colombia, 1998.

ABREO, Glitza y ARGUERLLO, Sergio. Caracterización Dinámica De Las Edificaciones Ubicadas En El Sector De Ciudadela Real De Minas, 2003. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil.

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA. Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes. Bogotá: Legis, 1984.

ALCALDIA DE BUCARAMANGA. Planeación Municipal.

COMPUTERS AND STRUCTURES, INC. Basic analysis reference SAP 2000 Version 10.01. University of Berkeley, 1998.

COMPUTERS AND STRUCTURES, INC. Extended 3D Analysis of Building Systems ETABS Nonlinear Version 8.2.4. University of Berkeley, 1995.

<http://www.outinord.net/español>

INSTITUTO GEOLOGICO Y DE MINAS. Zonificación Sismo Geotécnica Indicativa del Área Metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga, 2001.

MALDONADO, Esperanza y CHIO, Gustavo. Diseño sísmico de edificios. Bucaramanga, ediciones UIS, 2004. 298 p.

MUÑOZ, Fernando y PEÑA, Juan Carlos. Descripción del Sistema Constructivo Túnel y Comparación con el Sistema Tradicional. Bucaramanga, 1993, 326 p. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil.

SARRIA, Alberto. Ingeniería Sísmica. Santa Fé de Bogotá D.C.: Uniandes, 1995.

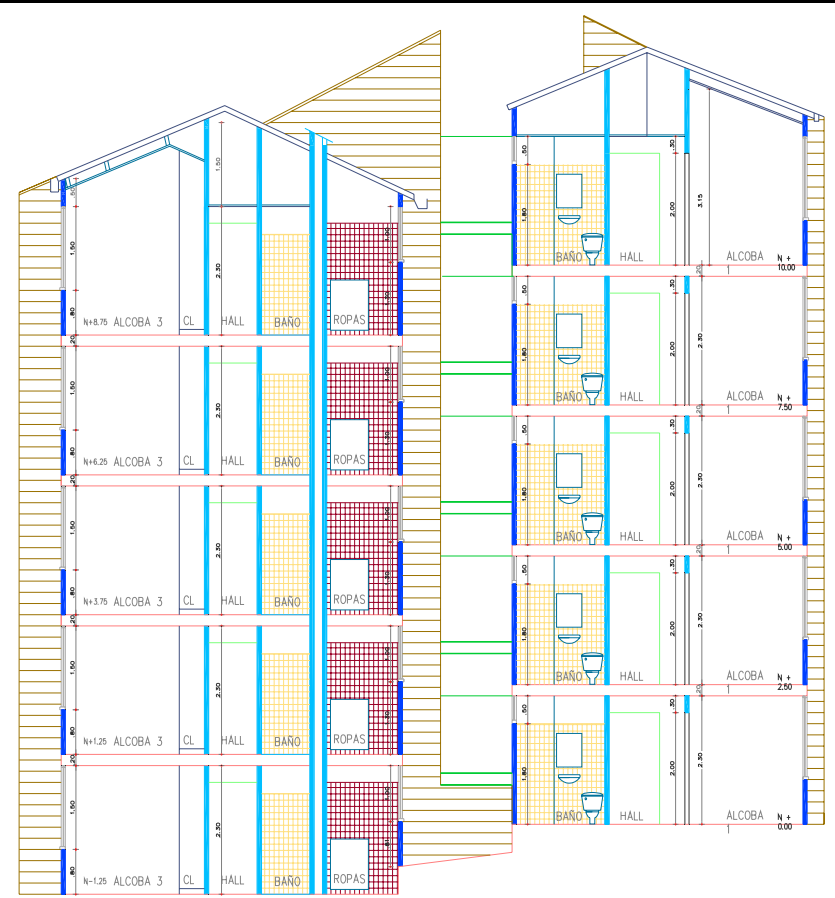
Anexo 1

ANÁLISIS ESTRUCTURAL EDIFICACIONES ALTURA MEDIA

A 3D architectural rendering of a building floor plan. The walls are shown in a semi-transparent red color, revealing the internal layout of rooms and corridors. The plan is viewed from an isometric perspective, tilted slightly. In the center of the plan, the text "EDIFICACIÓN 1" is displayed in a bold, black, sans-serif font. Below the text is a horizontal line with a repeating geometric pattern. In the bottom-left corner of the floor plan, there is a small 3D coordinate system with red, green, and blue axes.

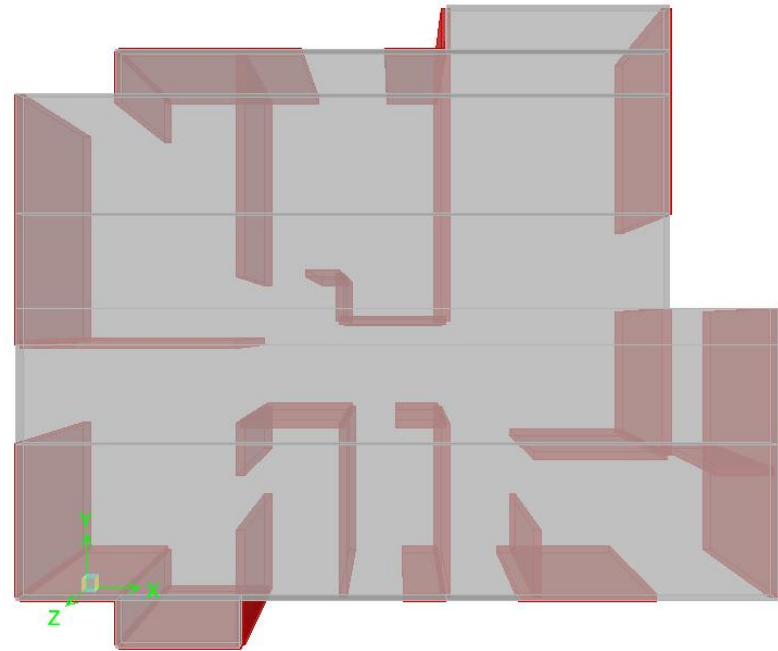
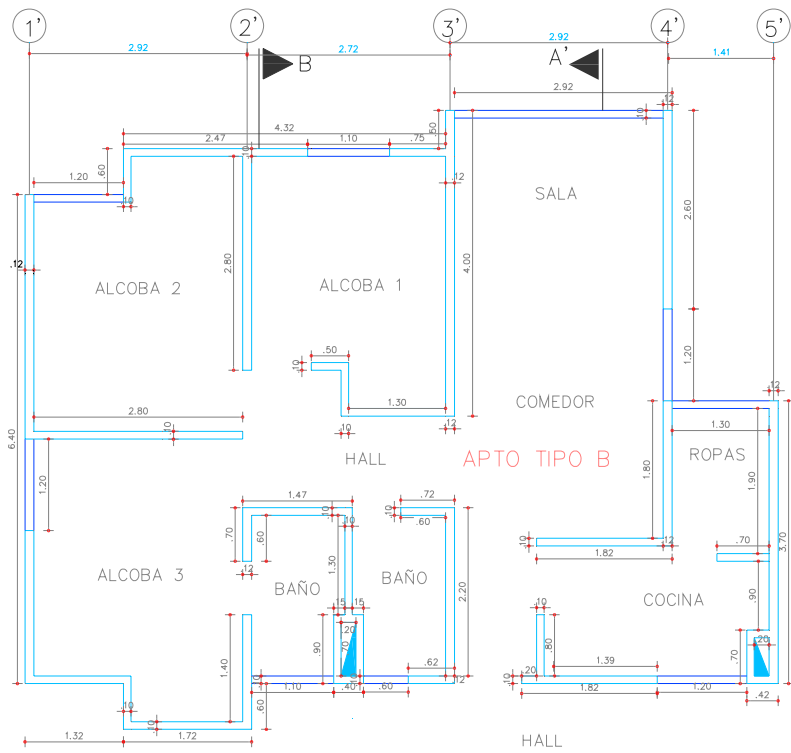
EDIFICACIÓN 1

FACHADA Y PERFIL AUTOCAD

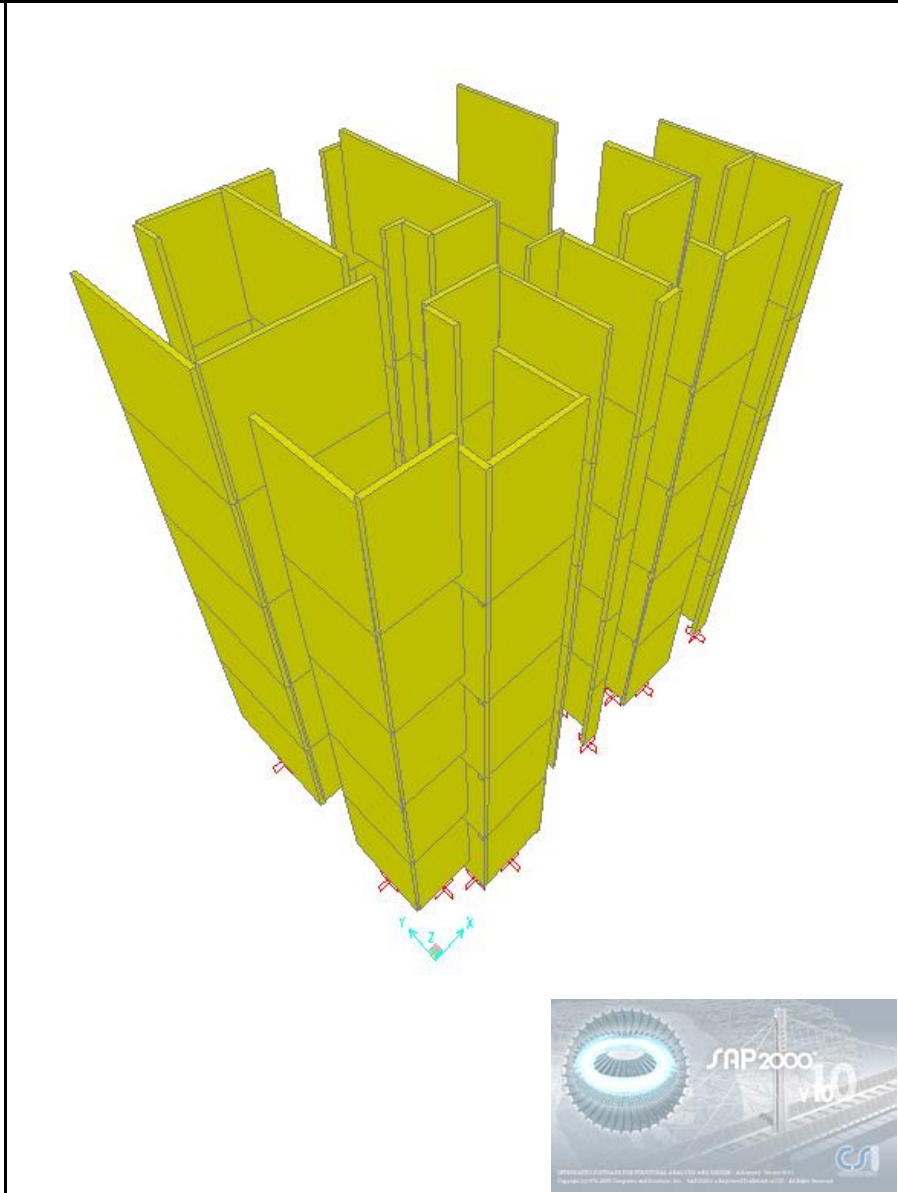
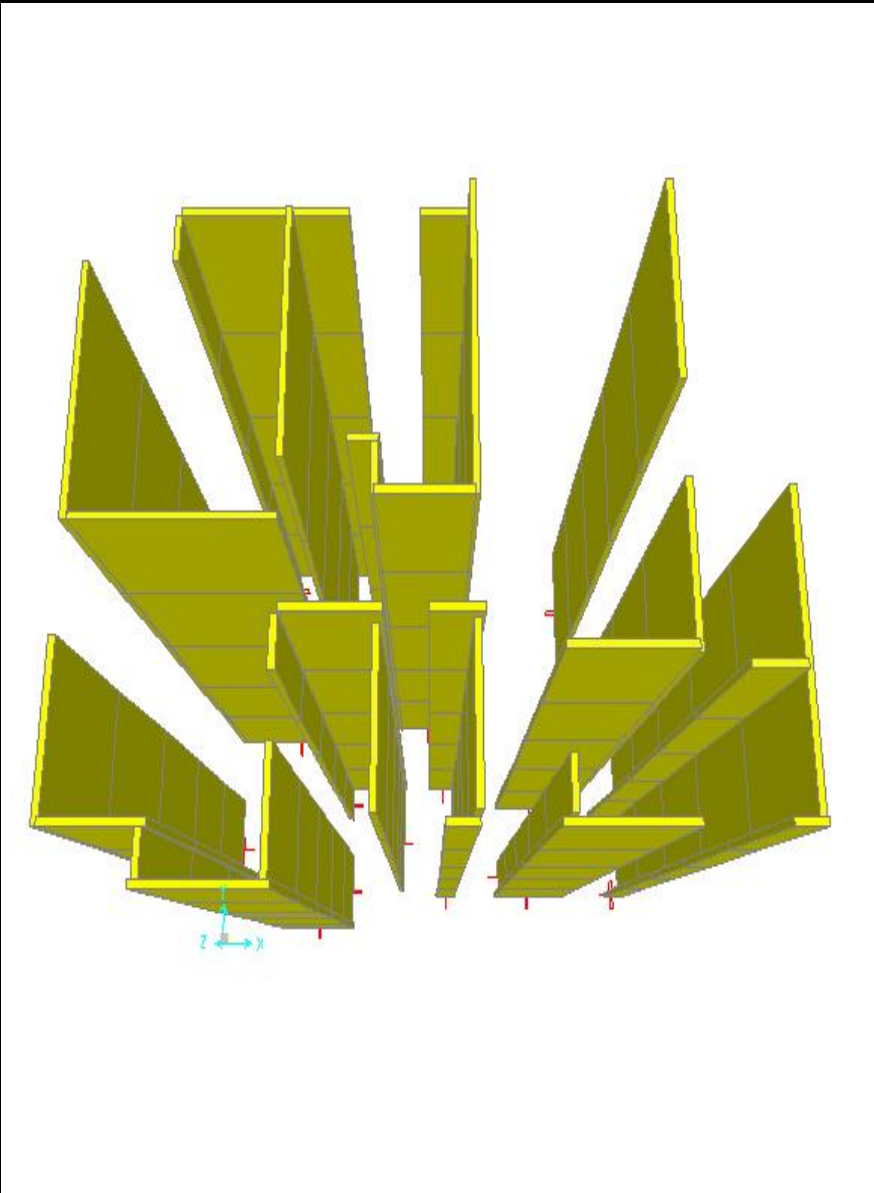


CORTE B - B''

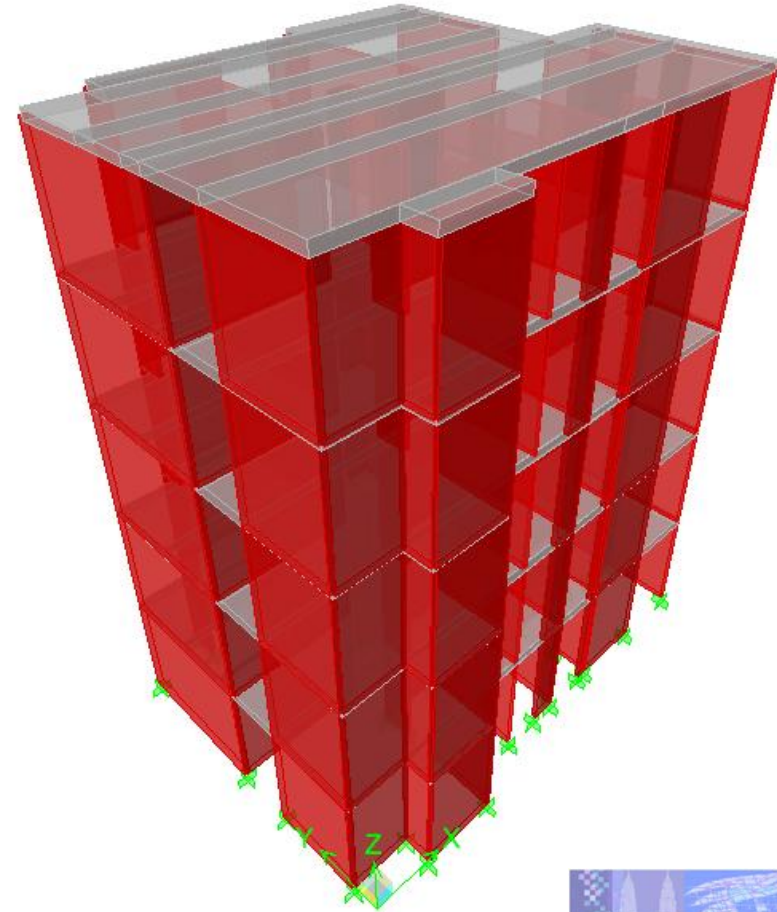
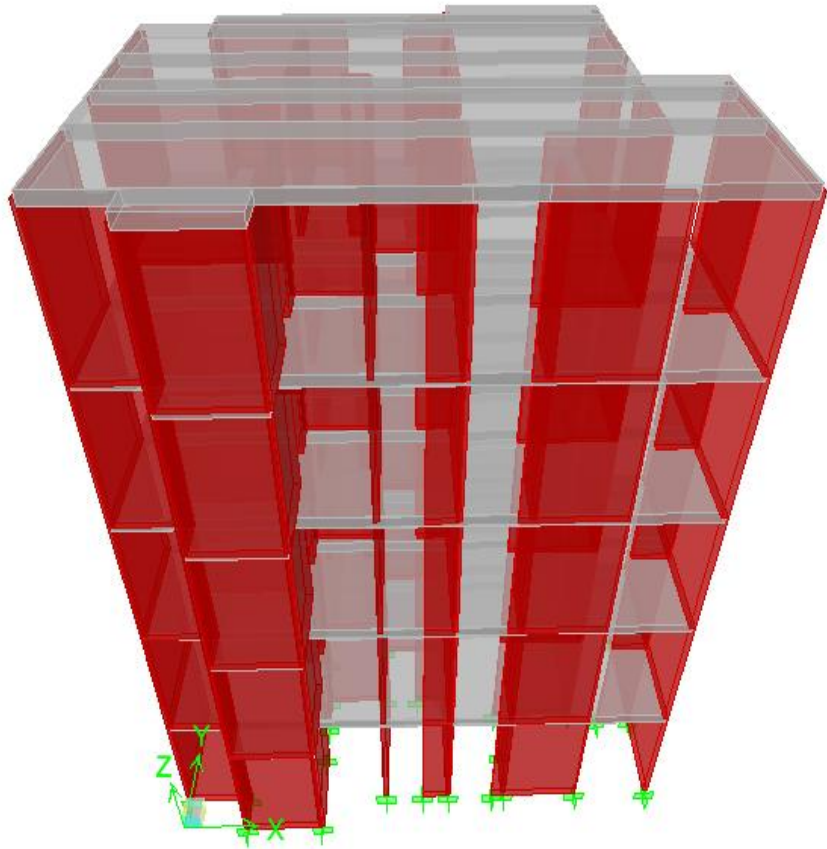
VISTA EN PLANTA



MODELAMIENTO SAP 2000 V 10.0.1

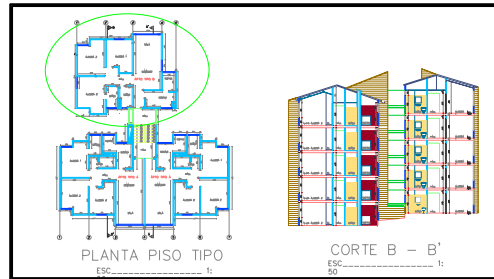


MODELAMIENTO ETABS 8.2.4



EDIFICACIÓN 1

ESPECIFICACIONES		
No. PISOS	5	Unid.
Dimension Muros	0.1	m
Area Piso Tipo	60.90	m ²
Perimetro Piso tipo	84.06	m
Altura Entrepiso	2.4	m



PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS (m)	ALTURA PISO (m)	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO (m)	ALTURA VENTANA (m)	FRISO (Mg)
1	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	11.59
2	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	11.59
3	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	11.59
4	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	11.59
5	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	11.59

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	MORTERO NIVELACION (Mg)
1	60.90	2.56
2	60.90	2.56
3	60.90	2.56
4	60.90	2.56
5	60.90	2.56

CUBIERTA		
PISO	AREA	PESO NETO
5	60.90	0.9135

ESCALERAS		
PISO	VOLUMEN	PESO NETO
1-5	2.8	6.72

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	ENCHAPE PISO Mg
1	60.90	1.0353
2	60.90	1.0353
3	60.90	1.0353
4	60.90	1.0353
5	60.90	1.0353

PISO (UNID)	Perim. Baño m	ALTURA PISO m	ENCHAPE BAÑO Mg
1	13.80	2.40	0.56304
2	13.80	2.40	0.56304
3	13.80	2.40	0.56304
4	13.80	2.40	0.56304
5	13.80	2.40	0.56304

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA PUERTA m	VOLUMEN PUERTA m ³	No. PUERTAS (UNID)	VOLUMEN TOTAL m ³	PESO PUERTAS Mg
1-5	0.7	2.00	0.42	1	0.42	0.21
1-5	0.8	2.00	0.48	4	1.92	0.96
1-5	1	2.00	0.6	1	0.6	0.3
						1.47

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA VENTANA m	No. VENTANAS (UNID)	AREA TOTAL m ²	PESO VENTANA Mg
1-5	0.6	1.50	1	0.9	0.00657
1-5	1.1	1.50	1	1.65	0.012045
1-5	1.2	1.50	4	7.2	0.05256
1-5	1.3	1.50	1	1.95	0.014235
1-5	2.8	1.50	1	4.2	0.03066
					0.11607

PISO (UNID)	SANITARIO		LAVAMANOS		COCINA INTEGRAL		LAVADERO		PESO TOTAL Mg
	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	
1-5	0.03	2	0.015	2	0.12	1	0.06	1	0.27

MASAS ESTRUCTURALES

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	PESO PISO Mg
1	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	44.16
2	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	44.16
3	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	44.16
4	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	44.16
5	84.06	2.40	60.90	11.82	1.5	44.16

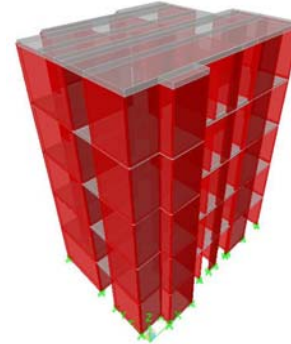
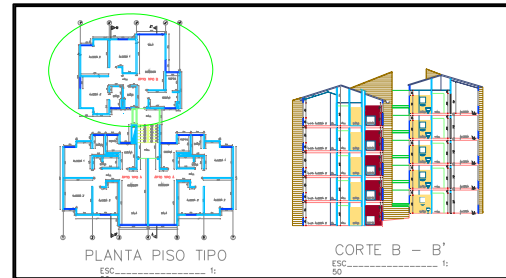
ENTREPISO

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	PESO PISO Mg
1-5	60.90	14.616

CALCULO DE MASAS TOTAL

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	14.616	14.616	14.616	14.616	14.616	73.08	17.54892519
Muros Estructurales	44.16	44.16	44.16	44.16	44.16	220.82	53.02541741
Cubierta	0	0	0	0	0.9135	0.91	0.219361565
Escaleras	6.72	6.72	6.72	6.72	6.72	34	8.068471353
Acabados	17.61	17.61	17.61	17.61	17.61	88.03	21.13782448
Masa Total	83.104452	83.104452	83.104452	83.104452	84.017952	416.436	100

EDIFICACIÓN 1



ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	14.616	14.616	14.616	14.616	14.616	73.08	17.54892519
Muros Estructurales	44.16336	44.16336	44.16336	44.16336	44.16336	220.8168	53.02541741
Cubierta	0	0	0	0	0.9135	0.9135	0.219361565
Escaleras	6.72	6.72	6.72	6.72	6.72	33.6	8.068471353
Acabados	17.605092	17.605092	17.605092	17.605092	17.605092	88.02546	21.13782448
Masa Total	83.104452	83.104452	83.104452	83.104452	84.017952	416.43576	100

ALTURA ENTREPISO	2.40	m
ALTURA TOTAL DEL EDIFICIO	12.00	m
PERIODO Ta (s)	0.32	s
VALOR ESPECTRO NSR-98 Sa	0.625	
CORTANTE BASAL Vs	2553.27	KN

NIVEL	hj (m)	mj (Mg)	mj (hj) ^k	Cvj (KN)	Fj (KN)	Vj (KN)	X' (m)	Y' (m)	F*X' (KN m)	F*Y' (KN m)	ΣF*X' (KN m)	ΣF*Y' (KN m)	Cvx (m)	Cvy (m)
QUINTO	12	84.02	12098.59	0.457	1167.50	1167.50	4.75	3.93	5545.63	4588.28	5545.63	4588.28	4.75	3.93
CUARTO	9.6	83.10	7658.91	0.289	739.08	1906.58	4.75	3.93	3510.62	2904.57	9056.25	7492.86	4.75	3.93
TERCERO	7.2	83.10	4308.13	0.163	415.73	2322.31	4.75	3.93	1974.72	1633.82	11030.97	9126.68	4.75	3.93
SEGUNDO	4.8	83.10	1914.73	0.072	184.77	2507.08	4.75	3.93	877.65	726.14	11908.63	9852.82	4.75	3.93
PRIMERO	2.4	83.10	478.68	0.018	46.19	2553.27	4.75	3.93	219.41	181.54	12128.04	10034.36	4.75	3.93
TOTALES	12	416.44	26459.03	1.000	2553.27									

ANALISIS DINAMICO MODAL (ETABS)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PATICIPACION ACUMULADA		COEF. ACEL. ESPECTRAL	
			UX	UY	SumUX	SumUY	Sa NSR-98	Sa Zon2
1	0.310743	20.22	54.332	1.303	54.332	1.303	0.625	0.9
2	0.178206	35.26	0.038	64.144	54.370	65.447	0.625	0.9
3	0.149569	42.01	14.784	3.487	69.154	68.934	0.625	0.9
4	0.057487	109.30	18.170	0.430	87.324	69.364	0.625	0.9
5	0.035599	176.50	0.364	21.202	87.688	90.566	0.625	0.75599
6	0.032746	191.88	3.192	0.013	90.880	90.579	0.625	0.72746
7	0.024212	259.51	5.339	0.148	96.219	90.727	0.625	0.64212
8	0.015934	394.33	0.446	5.103	96.664	95.830	0.625	0.55934
9	0.015121	415.53	2.128	0.900	98.792	96.730	0.625	0.55121
10	0.014856	422.94	0.265	0.149	99.057	96.879	0.625	0.54856
11	0.01132	555.05	0.871	0.000	99.928	96.879	0.625	0.5132
12	0.010394	604.50	0.027	1.626	99.954	98.506	0.625	0.50394
13	0.009731	645.69	0.030	0.776	99.985	99.282	0.625	0.49731
14	0.008144	771.51	0.008	0.417	99.993	99.699	0.625	0.48144
15	0.007647	821.66	0.007	0.301	100.000	100.000	0.625	0.47647

ANALISIS ESTATICO NO LINEAL (SAP2000)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PARTICIPACION ACUMULADA	
			UX	UY	SumUX	SumUY
1	0.352868	17.81	0.677	0.000	0.677	0.000
2	0.215068	29.21	0.000	0.368	0.677	0.368
3	0.180974	34.72	0.000	0.316	0.677	0.685
4	0.065226	96.33	0.222	0.000	0.899	0.685
5	0.042058	149.39	0.000	0.127	0.899	0.812
6	0.036287	173.15	0.000	0.099	0.899	0.911
7	0.027321	229.98	0.069	0.000	0.968	0.911
8	0.02622	239.63	0.000	0.000	0.968	0.911
9	0.025453	246.85	0.000	0.000	0.968	0.911
10	0.024495	256.51	0.000	0.000	0.968	0.911
11	0.02356	266.69	0.000	0.000	0.968	0.911
12	0.023436	268.10	0.000	0.000	0.968	0.911
13	0.022359	281.01	0.000	0.000	0.968	0.911
14	0.021939	286.39	0.000	0.000	0.968	0.911
15	0.021883	287.13	0.000	0.000	0.968	0.911

ANALISIS MODAL ESPECTRAL NORMA NSR-98

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0175	0.0034	0.0023	0.0178	0.0050	0.21	OK
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0059	0.0067	0.0009	0.0089	0.0024	0.10	OK
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0126	0.0025	0.0017	0.0128	0.0046	0.19	OK
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0043	0.0049	0.0007	0.0065	0.0023	0.10	OK
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0081	0.0016	0.0010	0.0083	0.0041	0.17	OK
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0027	0.0032	0.0004	0.0042	0.0021	0.09	OK
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0041	0.0008	0.0005	0.0042	0.0030	0.12	OK
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0014	0.0016	0.0002	0.0021	0.0015	0.06	OK
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0012	0.0002	0.0001	0.0012	0.0012	0.05	OK
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0004	0.0005	0.0001	0.0006	0.0006	0.03	OK

ANALISIS MODAL ESPECTRAL MICROZONIFICACION ZONA 2

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	ZONA2DERX	0.0250	0.0048	0.0033	0.0255	0.0070	0.29	OK
STORY5	D5	ZONA2DERY	0.0085	0.0096	0.0013	0.0128	0.0035	0.15	OK
STORY4	D4	ZONA2DERX	0.0181	0.0036	0.0024	0.0185	0.0067	0.28	OK
STORY4	D4	ZONA2DERY	0.0061	0.0070	0.0010	0.0093	0.0033	0.14	OK
STORY3	D3	ZONA2DERX	0.0115	0.0023	0.0015	0.0117	0.0058	0.24	OK
STORY3	D3	ZONA2DERY	0.0039	0.0045	0.0006	0.0060	0.0029	0.12	OK
STORY2	D2	ZONA2DERX	0.0058	0.0012	0.0007	0.0059	0.0042	0.17	OK
STORY2	D2	ZONA2DERY	0.0020	0.0023	0.0003	0.0030	0.0021	0.09	OK
STORY1	D1	ZONA2DERX	0.0017	0.0003	0.0002	0.0017	0.0017	0.07	OK
STORY1	D1	ZONA2DERY	0.0006	0.0007	0.0001	0.0009	0.0009	0.04	OK

ANALISIS ESTATICO METODO FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE (FHE)

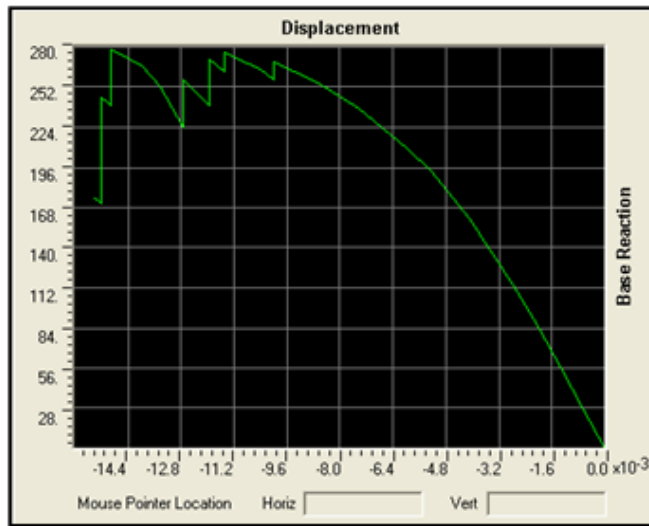
Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	FHEDERX	0.0431	0.0095	-0.0041	0.0441	0.0123	0.51	OK
STORY5	D5	FHEDERY	0.0169	0.0177	-0.0014	0.0245	0.0067	0.28	OK
STORY4	D4	FHEDERX	0.0311	0.0069	-0.0029	0.0319	0.0117	0.49	OK
STORY4	D4	FHEDERY	0.0122	0.0129	-0.0010	0.0178	0.0065	0.27	OK
STORY3	D3	FHEDERX	0.0197	0.0044	-0.0018	0.0202	0.0101	0.42	OK
STORY3	D3	FHEDERY	0.0077	0.0082	-0.0006	0.0112	0.0057	0.24	OK
STORY2	D2	FHEDERX	0.0098	0.0022	-0.0009	0.0100	0.0072	0.30	OK
STORY2	D2	FHEDERY	0.0038	0.0041	-0.0003	0.0056	0.0040	0.17	OK
STORY1	D1	FHEDERX	0.0028	0.0006	-0.0002	0.0029	0.0029	0.12	OK
STORY1	D1	FHEDERY	0.0011	0.0012	-0.0001	0.0016	0.0016	0.07	OK

ANÁLISIS PUSHOVER

NIVEL DE COMPORTAMIENTO MODELO EDIFICACIÓN 1					
Aa (g)		V (kN)	D (m)	Numero de Rotulas	Estado de Rotulas
0.25	x Push 2	N.A	N.A	290	
	y Push 3	1214.951	-0.011	290	
0.2	x Push 2	N.A	N.A	290	
	y Push 3	971.96	-9.06E-03	290	
0.15	x Push 2	N.A	N.A	290	
	y Push 3	729.97	-6.80E-03	290	
0.1	x Push 2	272.26	-0.012	290	
	y Push 3	485.98	-4.53E-03	290	
0.05	x Push 2	198.86	-5.53E-03	290	
	y Push 3	242.99	-2.27E-03	290	
0.02	x Push 2	96.052	-2.32E-03	290	
	y Push 3	97.196	-9.06E-04	290	

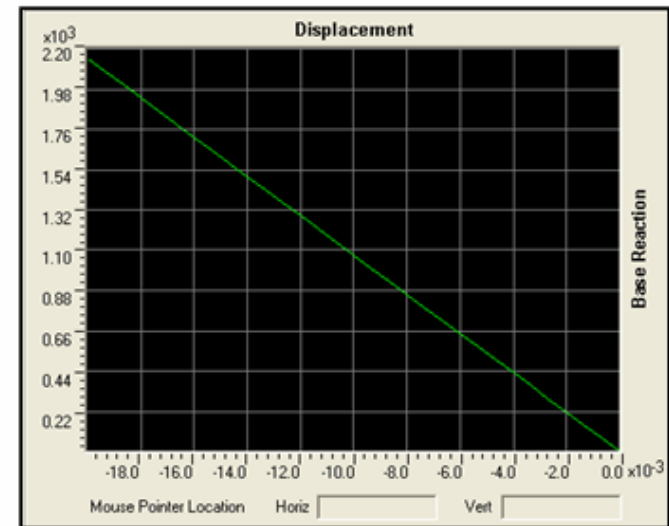
PUSH 2

Resultante Base Shear vs monitored Displacement

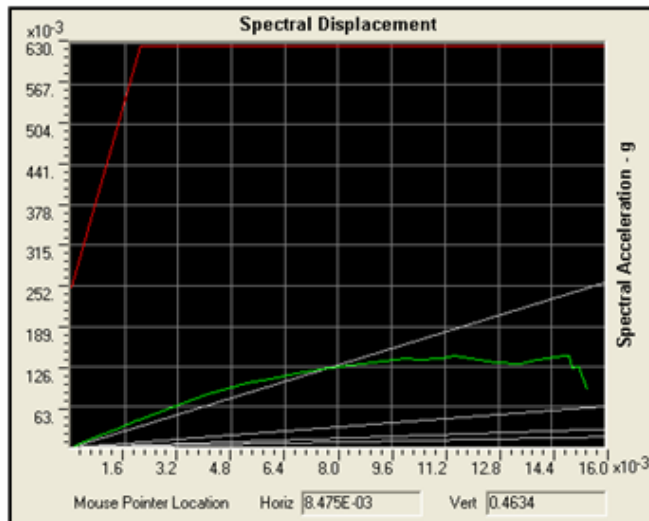


PUSH 3

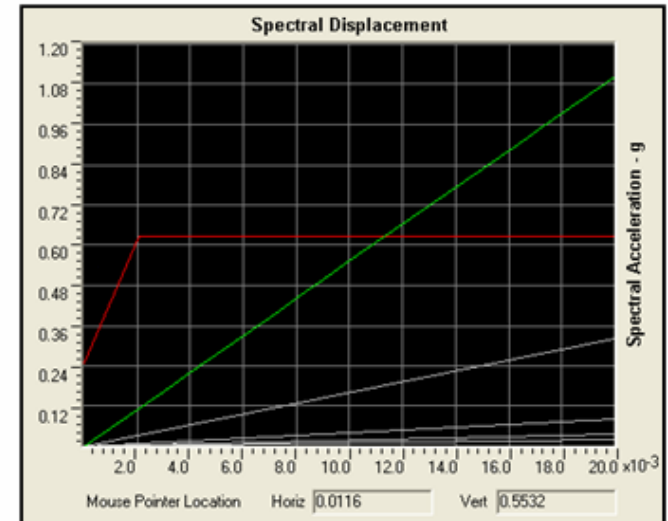
Resultante Base Shear vs monitored Displacement

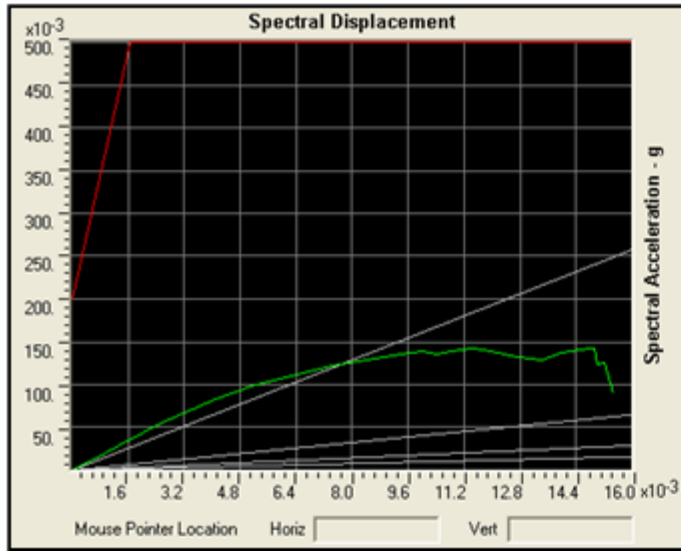


CAPACIDAD ESPECTRO ATC - 40

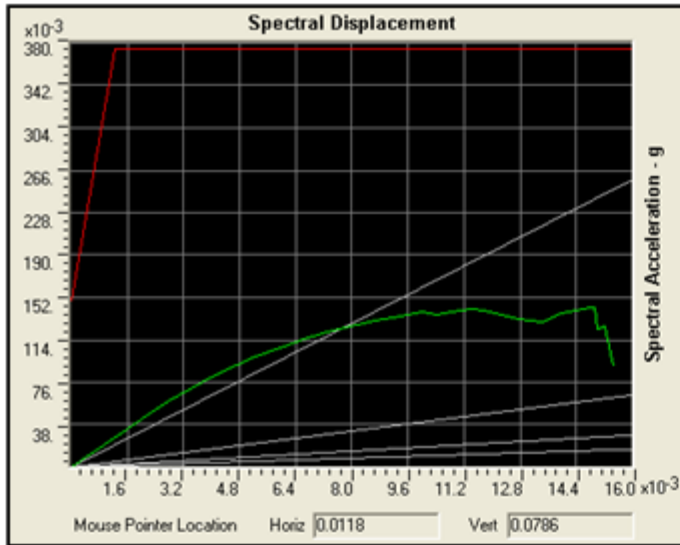
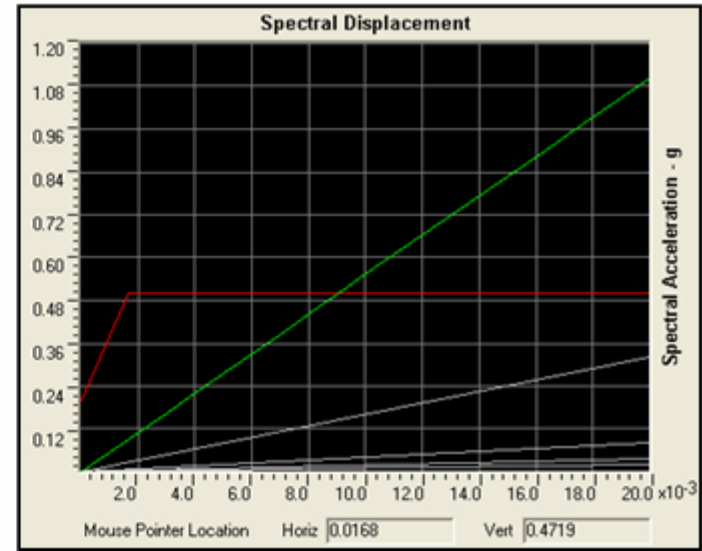


$A_a = 0.25$

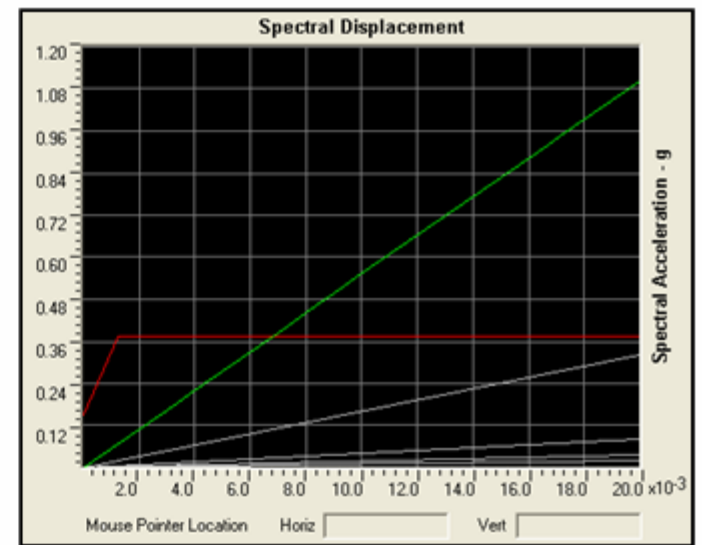


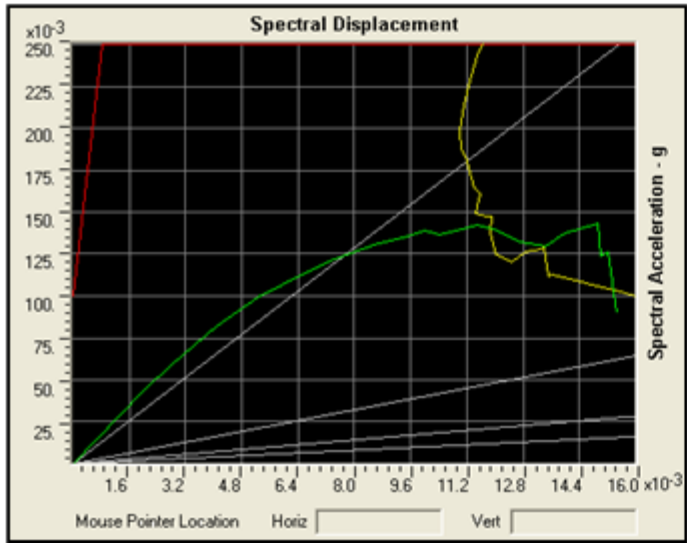


$A_a = 0.20$

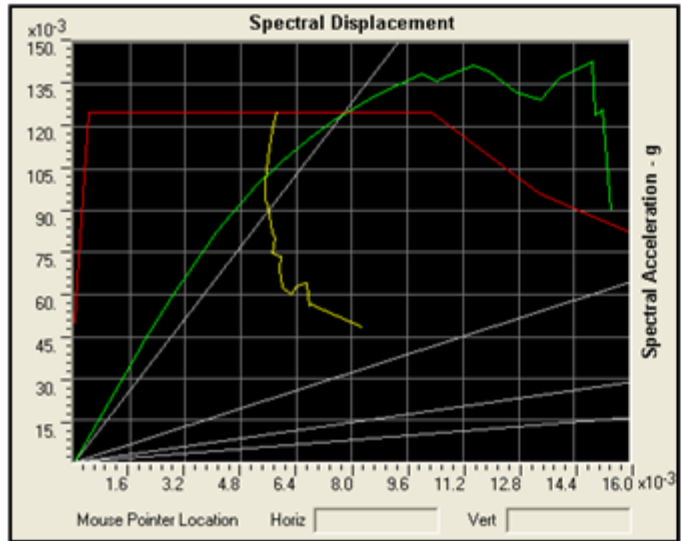
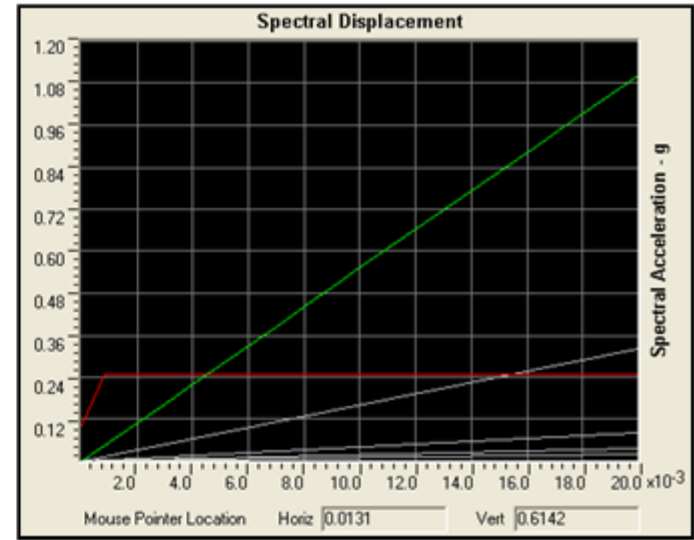


$A_a = 0.15$

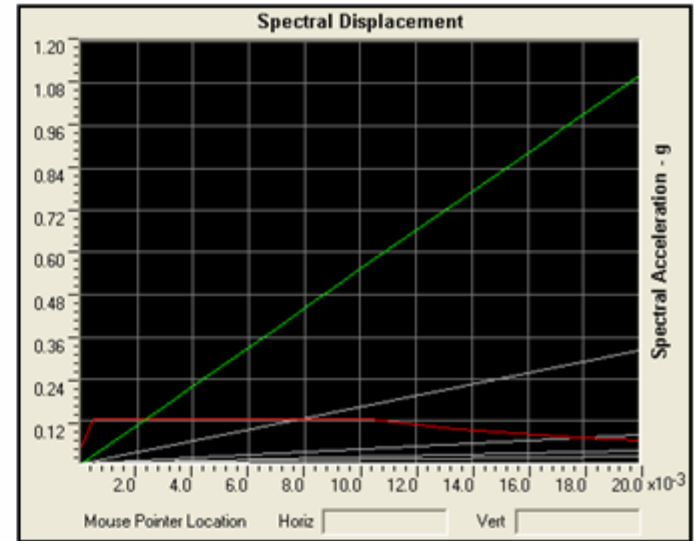


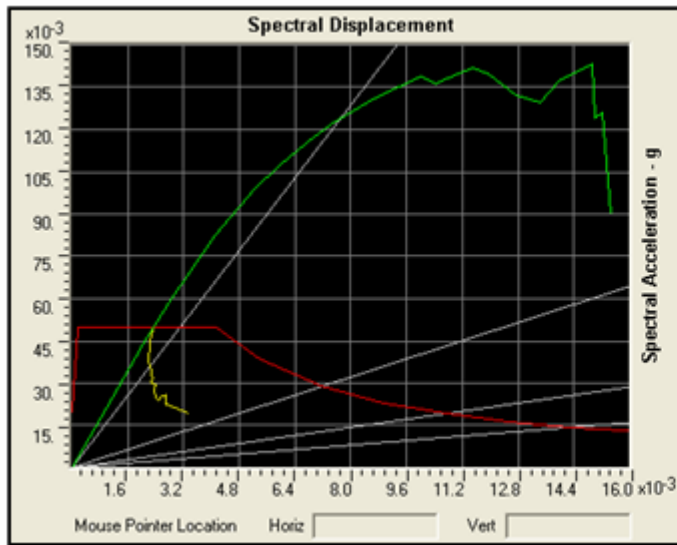


$A_a = 0.10$

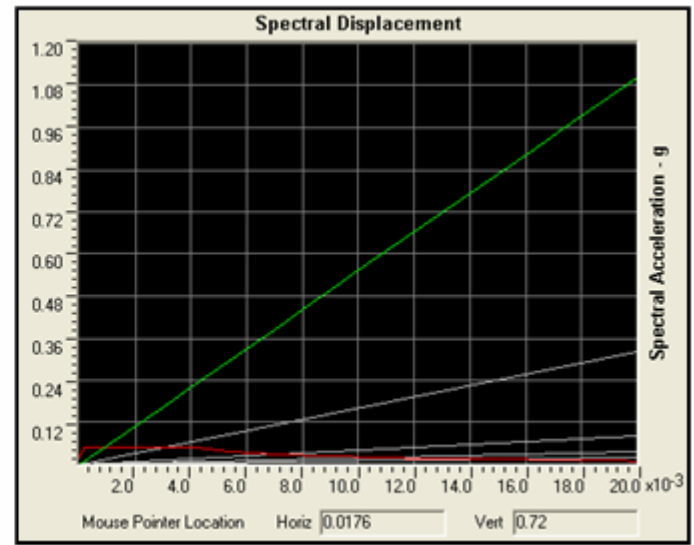


$A_a = 0.05$



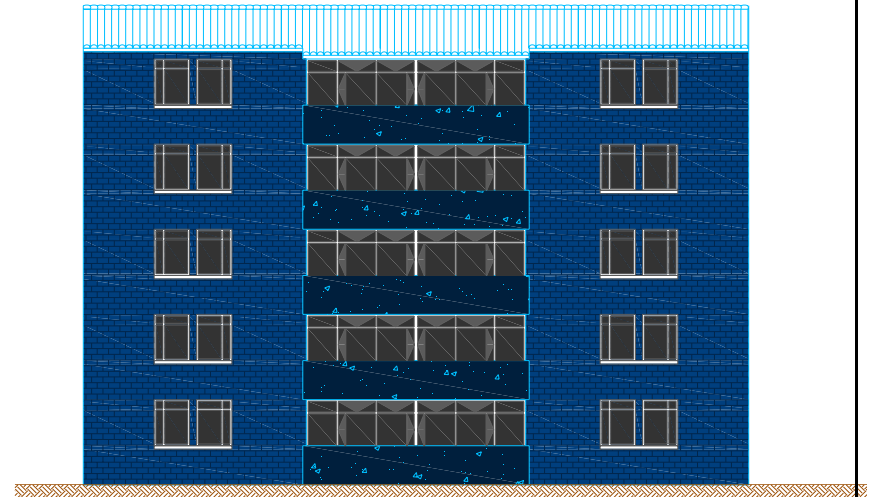


$$A_a = 0.02$$

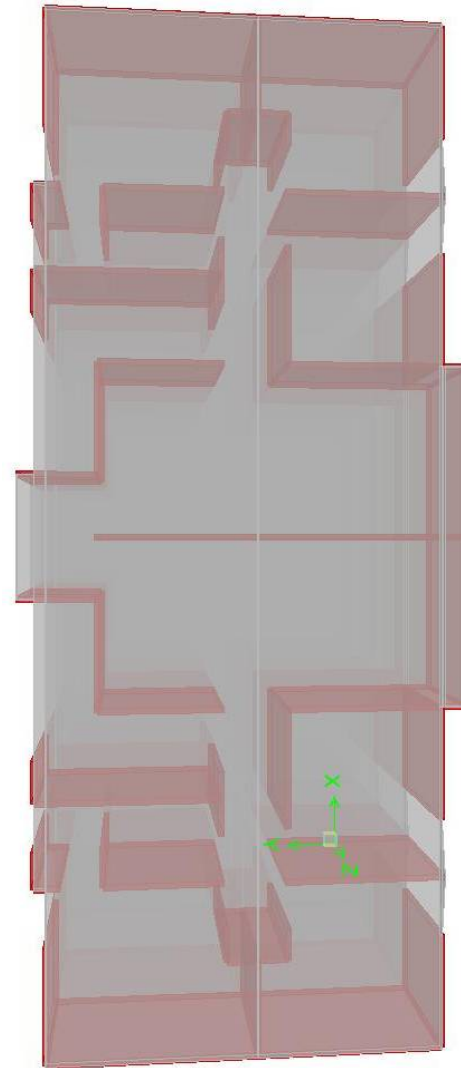
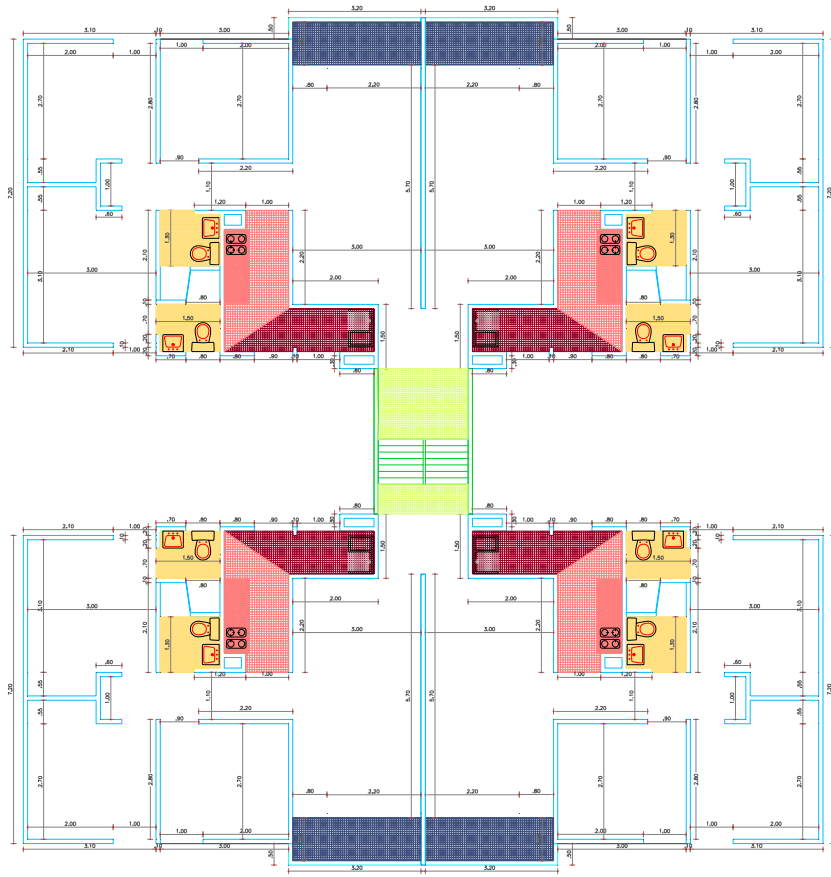




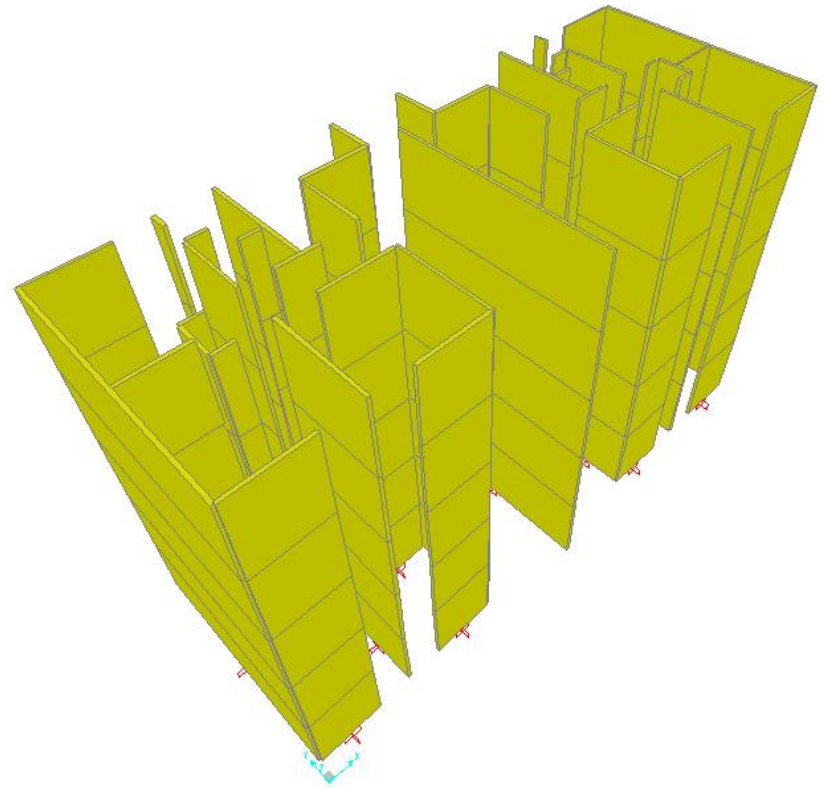
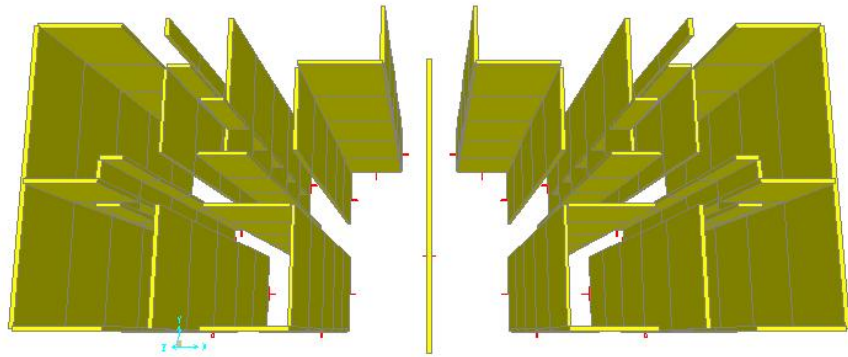
FACHADA Y PERFIL AUTOCAD



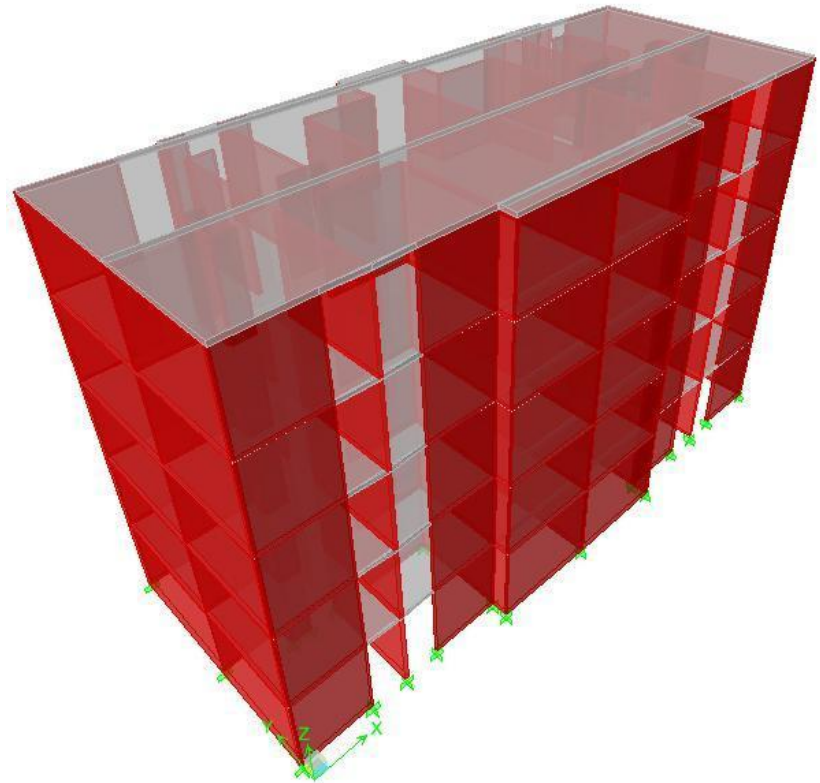
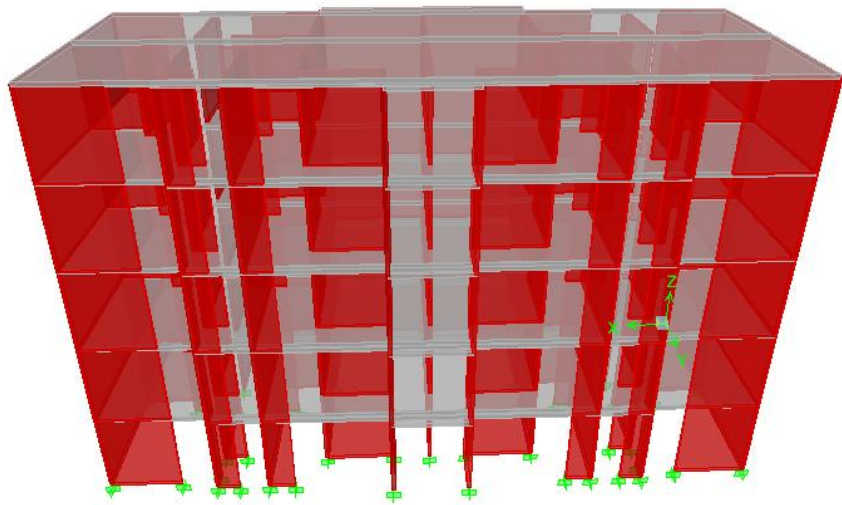
VISTA EN PLANTA



MODELAMIENTO SAP 2000 V 10.0.1



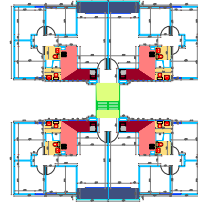
MODELAMIENTO ETABS 8.2.4



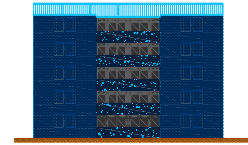
EDIFICACIÓN 3

ESPECIFICACIONES

No. PISOS	5	Unid.
Dimension Muros	0.1	m
Area Piso Tipo	129.36	m ²
Perimetro Piso tipo	178.59	m
Altura Entrepiso	2.4	m



PLANTA



FACHADA PRINCIPAL

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	FRISO Mg
1	178.59	2.40	129.36	15.80	1.3	25.71
2	178.59	2.40	129.36	15.80	1.3	25.71
3	178.59	2.40	129.36	15.80	1.3	25.71
4	178.59	2.40	129.36	15.80	1.3	25.71
5	178.59	2.40	129.36	15.80	1.3	25.71

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	MORTERO NIVELACION Mg
1	129.36	5.43
2	129.36	5.43
3	129.36	5.43
4	129.36	5.43
5	129.36	5.43

CUBIERTA		
PISO	AREA	PESO NETO
5	129.36	1.9404

ESCALERAS		
PISO	VOLUMEN	PESO NETO
1-5	0.8431	2.02344

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	ENCHAPE PISO Mg
1	129.36	2.19912
2	129.36	2.19912
3	129.36	2.19912
4	129.36	2.19912
5	129.36	2.19912

PISO (UNID)	Perim. Baño m	ALTURA PISO m	ENCHAPE BAÑO Mg
1	21.6	2.40	0.88128
2	21.6	2.40	0.88128
3	21.6	2.40	0.88128
4	21.6	2.40	0.88128
5	21.6	2.40	0.88128

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA PUERTA m	VOLUMEN PUERTA m ³	No. PUERTAS (UNID)	VOLUMEN TOTAL m ³	PESO PUERTAS Mg
1-5	0.7	2.00	0.42	2	0.84	0.42
1-5	0.8	2.00	0.48	6	2.88	1.44
1-5	0.9	2.00	0.54	4	2.16	1.08
1-5	1	2.00	0.6	2	1.2	0.6
1-5	1.1	2.00	0.66	2	1.32	0.66
						4.2

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA VENTANA m	No. VENTANAS (UNID)	AREA TOTAL m ²	PESO VENTANA Mg
1-5	0.8	1.30	2	2.08	0.015184
1-5	0.9	1.30	2	2.34	0.017082
1-5	1	1.30	8	10.4	0.07592
1-5	2.2	1.30	2	5.72	0.041756
					0.149942

PISO (UNID)	SANITARIO		LAVAMANOS		COCINA INTEGRAL		LAVADERO		PESO TOTAL Mg
	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	
1-5	0.03	4	0.015	4	0.12	2	0.06	2	0.54

MASAS ESTRUCTURALES

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	PESO PISO Mg
1	178.59	2.40	129.36	31.60	1.3	93.01
2	178.59	2.40	129.36	31.60	1.3	93.01
3	178.59	2.40	129.36	31.60	1.3	93.01
4	178.59	2.40	129.36	31.60	1.3	93.01
5	178.59	2.40	129.36	31.60	1.3	93.01

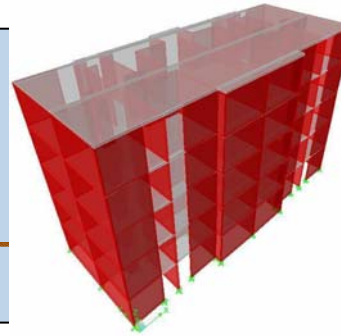
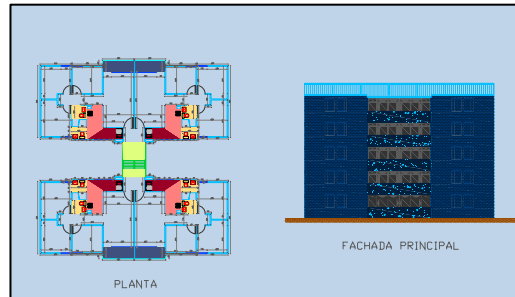
ENTREPISO

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	PESO PISO Mg
1-5	129.36	31.0464

CALCULO DE MASAS TOTAL

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	31.0464	31.0464	31.0464	31.0464	31.0464	155.23	18.75022535
Muros Estructurales	93.01	93.01	93.01	93.01	93.01	465.04	56.17182537
Cubierta	0	0	0	0	1.9404	1.94	0.234377817
Escaleras	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	10	1.222040429
Acabados	39.11	39.11	39.11	39.11	39.11	195.56	23.62153104
Masa Total	165.19073	165.19073	165.19073	165.19073	167.13113	827.894	100

EDIFICACIÓN 3



CALCULO DE MASAS TOTALES

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	31.0464	31.0464	31.0464	31.0464	31.0464	155.232	18.75022535
Muros Estructurales	93.00864	93.00864	93.00864	93.00864	93.00864	465.0432	56.17182537
Cubierta	0	0	0	0	1.9404	1.9404	0.234377817
Escaleras	2.02344	2.02344	2.02344	2.02344	2.02344	10.1172	1.222040429
Acabados	39.11225	39.11225	39.11225	39.11225	39.11225	195.56125	23.62153104
Masa Total	165.19073	165.19073	165.19073	165.19073	167.13113	827.89405	100

ALTURA ENTREPISO	2.40 m
ALTURA TOTAL DEL EDIFICIO	12.00 m
PERIODO Ta (s)	0.32 s
VALOR ESPECTRO NSR-98 Sa	0.625

NIVEL	hj (m)	mj (Mg)	mj (hj) ^k	Cvj (KN)	Fj (KN)	Vj (KN)	X' (m)	Y' (m)	F*X' (KN m)	F*Y' (KN m)	ΣF*X' (KN m)	ΣF*Y' (KN m)	Cvx (m)	Cvy (m)
QUINTO	12	167.13	24066.88	0.457	2321.99	2321.99	9.30	4.05	21594.50	9404.05	21594.50	9404.05	9.30	4.05
CUARTO	9.6	165.19	15223.98	0.289	1468.82	3790.81	9.30	4.05	13660.02	5948.72	35254.52	15352.77	9.30	4.05
TERCERO	7.2	165.19	8563.49	0.163	826.21	4617.02	9.30	4.05	7683.76	3346.15	42938.28	18698.93	9.30	4.05
SEGUNDO	4.8	165.19	3805.99	0.072	367.20	4984.22	9.30	4.05	3415.01	1487.18	46353.28	20186.11	9.30	4.05
PRIMERO	2.4	165.19	951.50	0.018	91.80	5076.03	9.30	4.05	853.75	371.79	47207.04	20557.90	9.30	4.05
TOTALES	12	827.89	52611.84	1.000	5076.03									

ANALISIS DINAMICO MODAL (ETABS)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PATICIPACION ACUMULADA		COEF. ACEL. ESPECTRAL	
			UX	UY	SumUX	SumUY	Sa NSR-98	Sa Zon2
1	0.225761	27.83	69.114	0.000	69.114	0.000	0.625	0.9
2	0.097991	64.12	0.000	73.385	69.114	73.385	0.625	0.9
3	0.07807	80.48	0.006	0.000	69.120	73.385	0.625	0.9
4	0.045181	139.07	21.559	0.000	90.679	73.385	0.625	0.85181
5	0.025316	248.19	0.000	19.767	90.679	93.151	0.625	0.65316
6	0.02223	282.65	0.021	0.000	90.699	93.151	0.625	0.6223
7	0.019775	317.73	6.239	0.000	96.939	93.151	0.625	0.59775
8	0.012658	496.38	0.000	4.722	96.939	97.873	0.625	0.52658
9	0.012563	500.14	2.326	0.000	99.265	97.873	0.625	0.52563
10	0.011717	536.25	0.005	0.000	99.269	97.873	0.625	0.51717
11	0.009602	654.36	0.730	0.000	99.999	97.873	0.625	0.49602
12	0.008818	712.54	0.000	1.680	99.999	99.554	0.625	0.48818
13	0.008497	739.46	0.001	0.000	100.000	99.554	0.625	0.48497
14	0.00717	876.32	0.000	0.446	100.000	100.000	0.625	0.4717
15	0.007078	887.71	0.000	0.000	100.000	100.000	0.625	0.47078

ANALISIS ESTATICO NO LINEAL (SAP2000)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PATICIPACION ACUMULADA	
			UX	UY	SumUX	SumUY
1	0.310571	20.23	0.741	0.000	0.741	0.000
2	0.105299	59.67	0.000	0.782	0.741	0.782
3	0.09112	68.96	0.000	0.000	0.741	0.782
4	0.053842	116.70	0.204	0.000	0.946	0.782
5	0.026465	237.42	0.000	0.000	0.946	0.782
6	0.024349	258.05	0.000	0.000	0.946	0.782
7	0.024349	258.05	0.000	0.000	0.946	0.782
8	0.024009	261.70	0.000	0.000	0.946	0.782
9	0.024009	261.70	0.000	0.000	0.946	0.782
10	0.023752	264.53	0.000	0.000	0.946	0.782
11	0.02349	267.48	0.000	0.000	0.946	0.782
12	0.02302	272.95	0.000	0.182	0.946	0.964
13	0.022555	278.57	0.000	0.000	0.946	0.964
14	0.022555	278.57	0.000	0.000	0.946	0.964
15	0.022523	278.97	0.000	0.000	0.946	0.964

ANALISIS MODAL ESPECTRAL NORMA NSR-98

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0116	0.0006	0.0000	0.0116	0.0031	0.13	OK
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0035	0.0022	0.0000	0.0041	0.0010	0.04	OK
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0085	0.0005	0.0000	0.0085	0.0030	0.13	OK
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0026	0.0017	0.0000	0.0031	0.0011	0.05	OK
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0055	0.0003	0.0000	0.0055	0.0026	0.11	OK
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0017	0.0011	0.0000	0.0020	0.0009	0.04	OK
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0029	0.0002	0.0000	0.0029	0.0020	0.08	OK
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0009	0.0006	0.0000	0.0011	0.0007	0.03	OK
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0009	0.0001	0.0000	0.0009	0.0009	0.04	OK
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0003	0.0002	0.0000	0.0004	0.0004	0.02	OK

ANALISIS MODAL ESPECTRAL MICROZONIFICACION ZONA 2

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	ZONA2DERX	0.0166	0.0009	0.0000	0.0166	0.0044	0.18	OK
STORY5	D5	ZONA2DERY	0.0050	0.0031	0.0000	0.0059	0.0015	0.06	OK
STORY4	D4	ZONA2DERX	0.0122	0.0007	0.0000	0.0122	0.0043	0.18	OK
STORY4	D4	ZONA2DERY	0.0037	0.0024	0.0000	0.0044	0.0015	0.06	OK
STORY3	D3	ZONA2DERX	0.0079	0.0005	0.0000	0.0079	0.0038	0.16	OK
STORY3	D3	ZONA2DERY	0.0024	0.0016	0.0000	0.0029	0.0014	0.06	OK
STORY2	D2	ZONA2DERX	0.0041	0.0003	0.0000	0.0041	0.0029	0.12	OK
STORY2	D2	ZONA2DERY	0.0012	0.0009	0.0000	0.0015	0.0010	0.04	OK
STORY1	D1	ZONA2DERX	0.0012	0.0001	0.0000	0.0012	0.0012	0.05	OK
STORY1	D1	ZONA2DERY	0.0004	0.0003	0.0000	0.0005	0.0005	0.02	OK

ANALISIS ESTADICO METODO FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE (FHE)

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	FHEDERX	0.0377	0.0020	0.0001	0.0378	0.0103	0.43	OK
STORY5	D5	FHEDERY	0.0113	0.0067	0.0000	0.0131	0.0035	0.15	OK
STORY4	D4	FHEDERX	0.0274	0.0015	0.0001	0.0274	0.0098	0.41	OK
STORY4	D4	FHEDERY	0.0082	0.0050	0.0000	0.0096	0.0033	0.14	OK
STORY3	D3	FHEDERX	0.0176	0.0010	0.0000	0.0176	0.0087	0.36	OK
STORY3	D3	FHEDERY	0.0053	0.0034	0.0000	0.0063	0.0030	0.12	OK
STORY2	D2	FHEDERX	0.0089	0.0006	0.0000	0.0089	0.0063	0.26	OK
STORY2	D2	FHEDERY	0.0027	0.0019	0.0000	0.0033	0.0023	0.10	OK
STORY1	D1	FHEDERX	0.0026	0.0002	0.0000	0.0026	0.0026	0.11	OK
STORY1	D1	FHEDERY	0.0008	0.0006	0.0000	0.0010	0.0010	0.04	OK

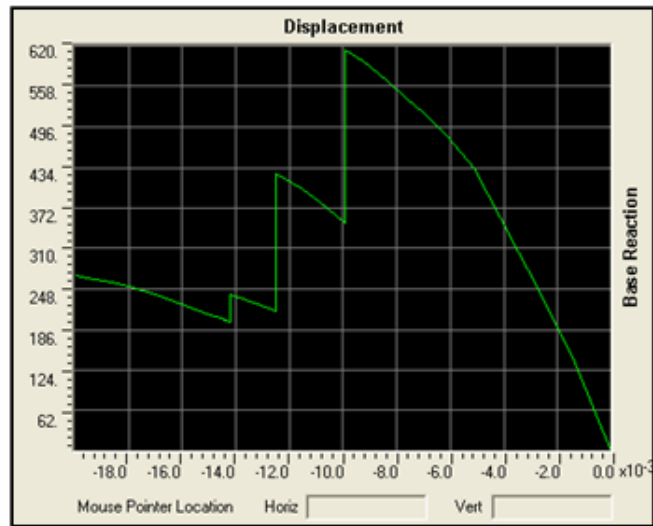
ANÁLISIS PUSHOVER

NIVEL DE COMPORTAMIENTO MODELO EDIFICACIÓN 3

Aa (g)		V (kN)	D (m)	Numero de Rotulas	Estado de Rotulas
0.25	x Push 2	N.A	N.A	410	
	y Push 3	2214.47	-2.48E-03	410	
0.2	x Push 2	N.A	N.A	410	
	y Push 3	1751.57	-1.99E-03	410	
0.15	x Push 2	N.A	N.A	410	
	y Push 3	1328.68	-1.49E-03	410	
0.1	x Push 2	595.49	-9.22E-03	410	
	y Push 3	885.79	-9.93E-04	410	
0.05	x Push 2	381.33	-4.44E-03	410	
	y Push 3	442.89	-4.97E-04	410	
0.02	x Push 2	172.43	-1.76E-03	410	
	y Push 3	177.16	-1.99E-04	410	

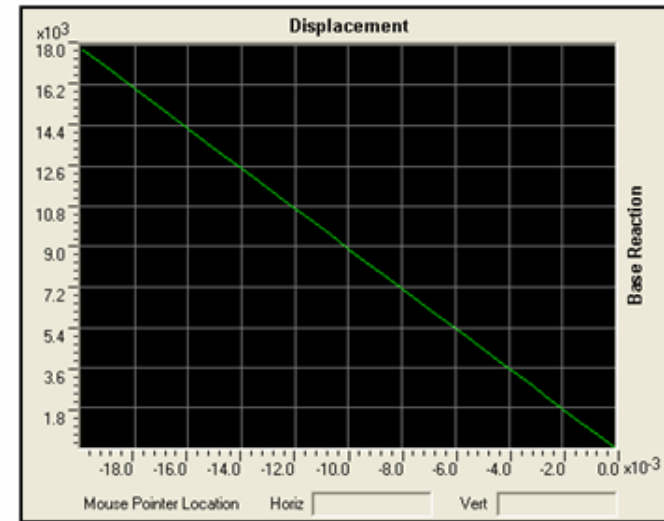
PUSH 2

Resultante Base Shear vs monitored Displacement

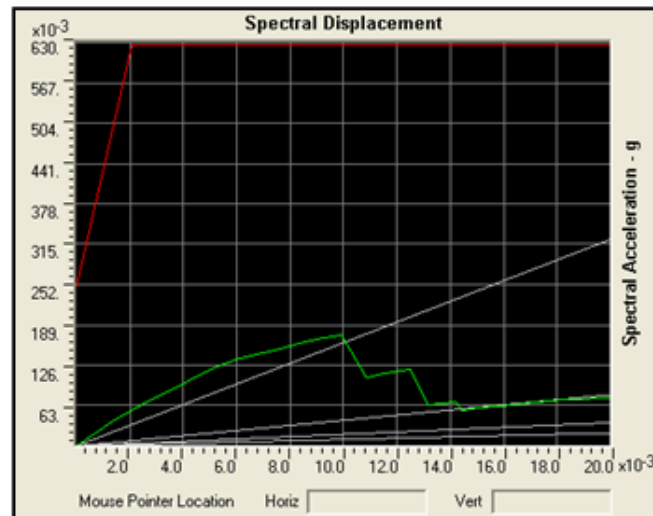


PUSH 3

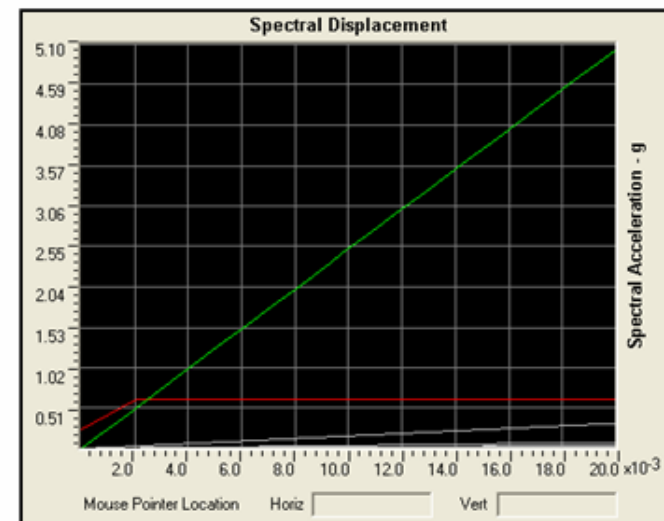
Resultante Base Shear vs monitored Displacement

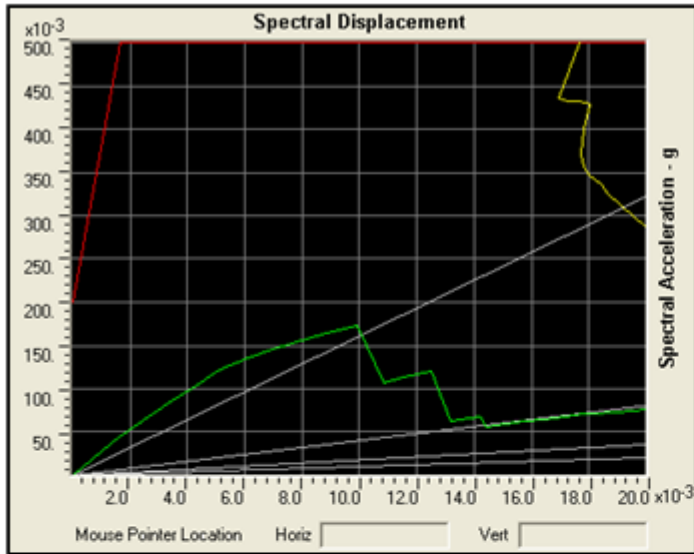


CAPACIDAD ESPECTRO ATC - 40

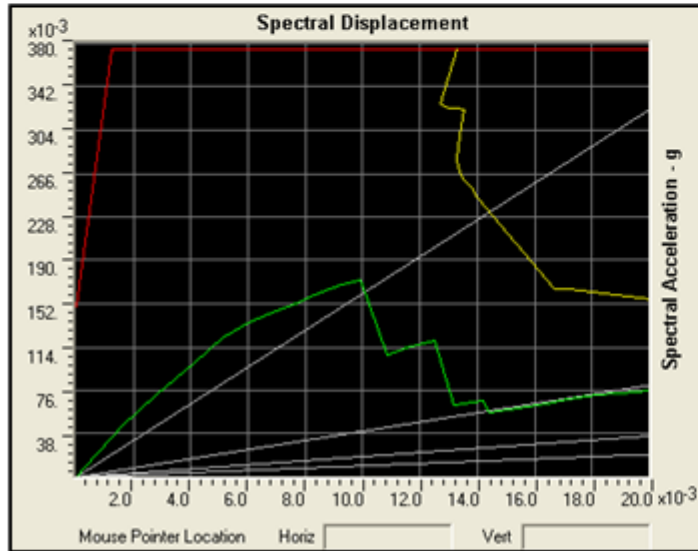
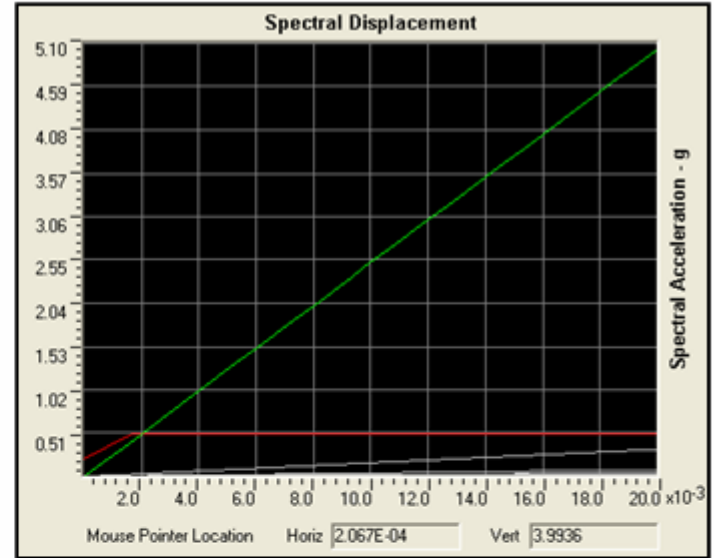


$A_a = 0.25$

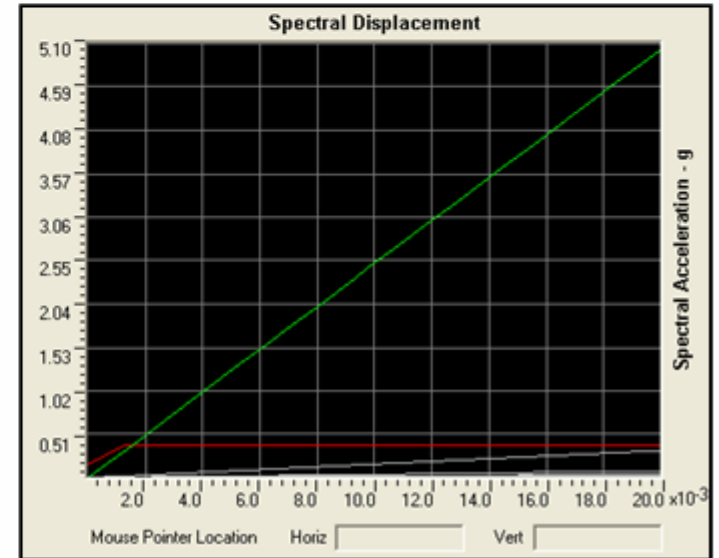


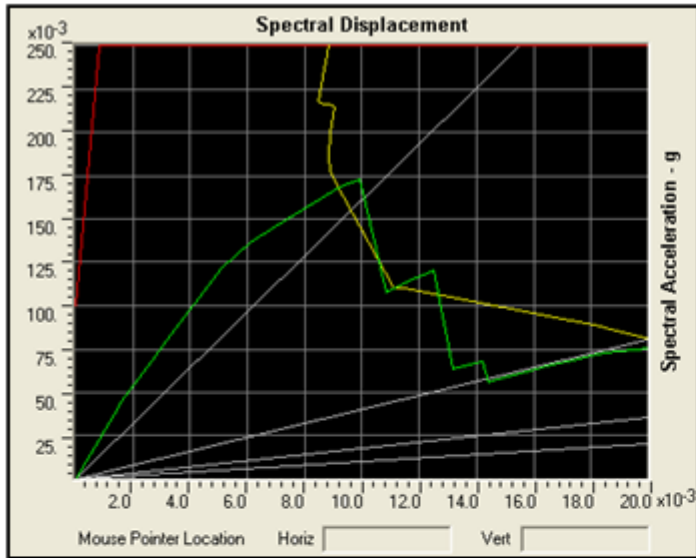


$A_a = 0.20$

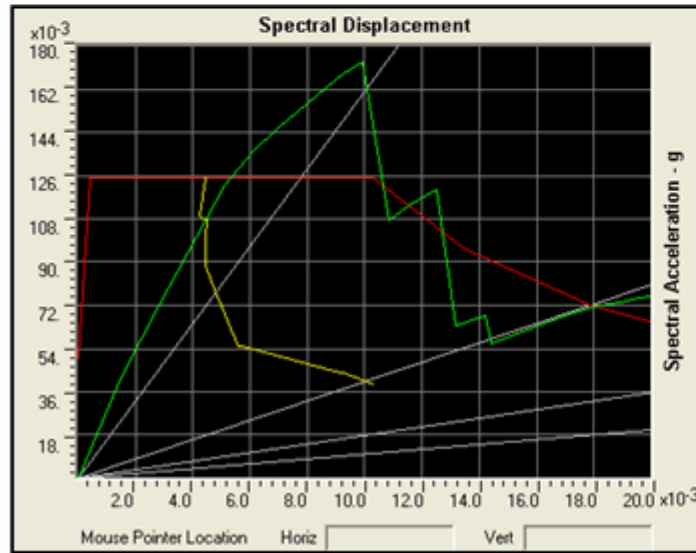
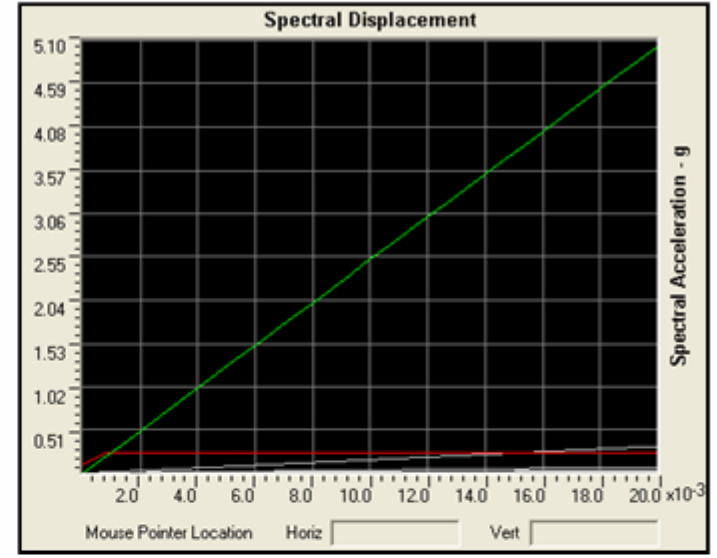


$A_a = 0.15$

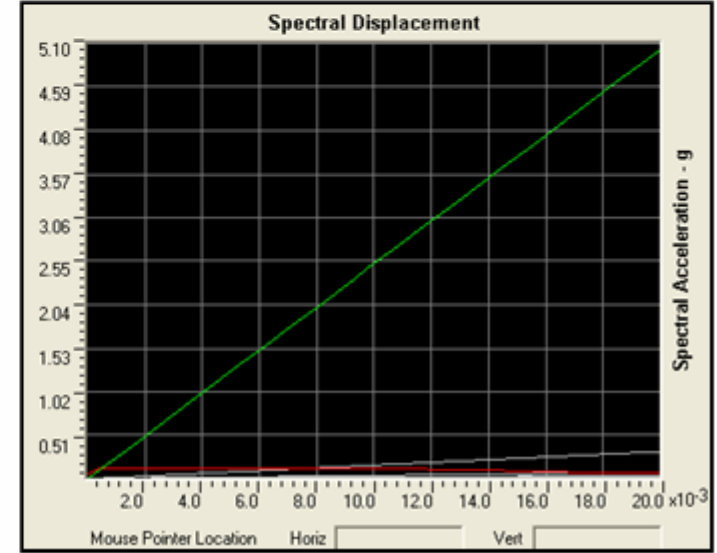


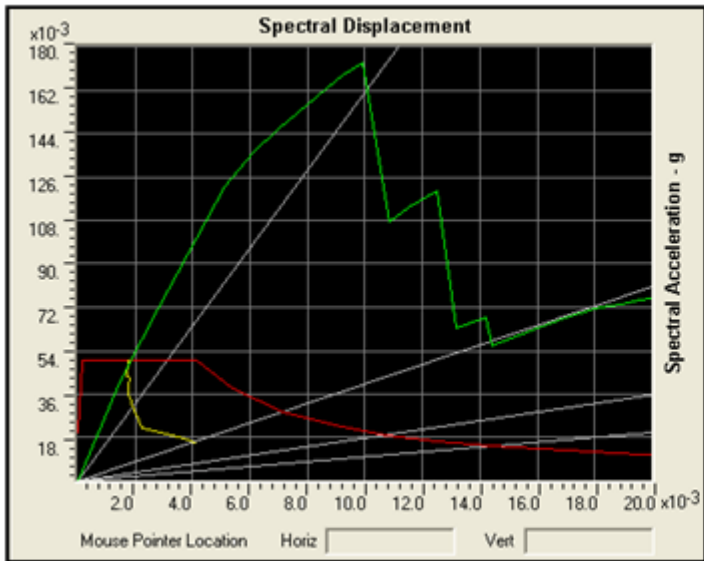


$A_a = 0.10$

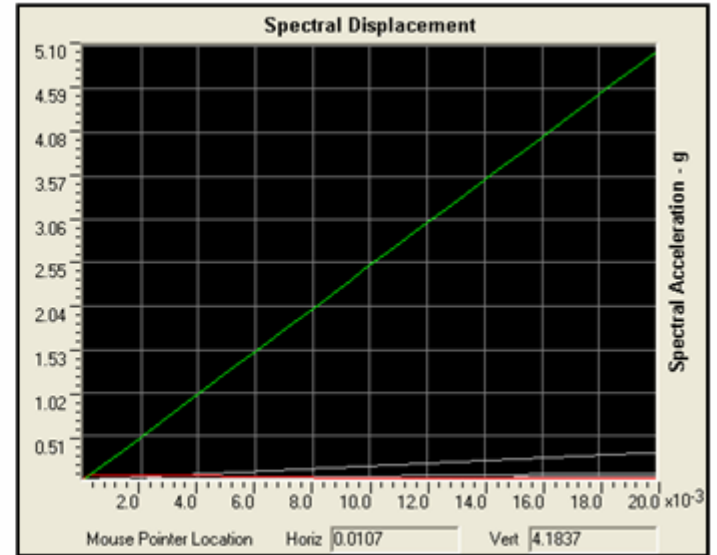


$A_a = 0.05$





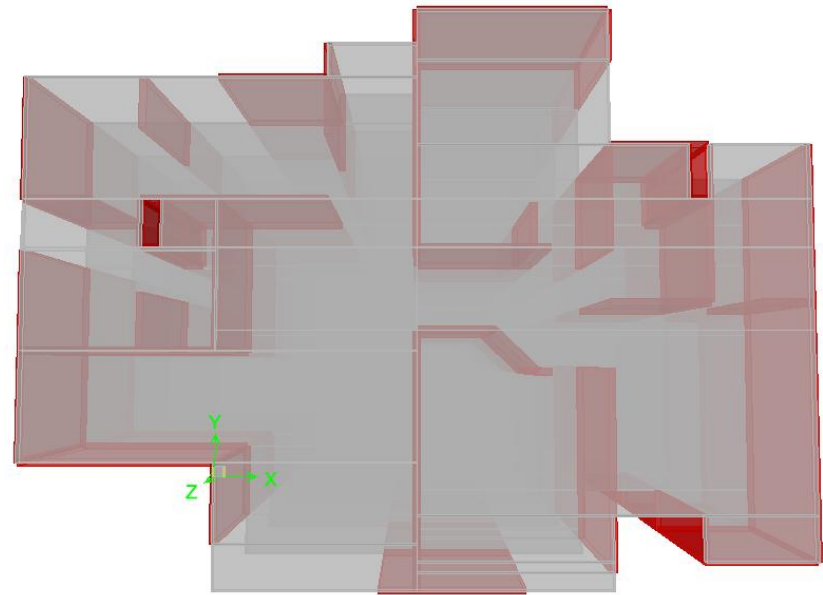
$$A_a = 0.02$$



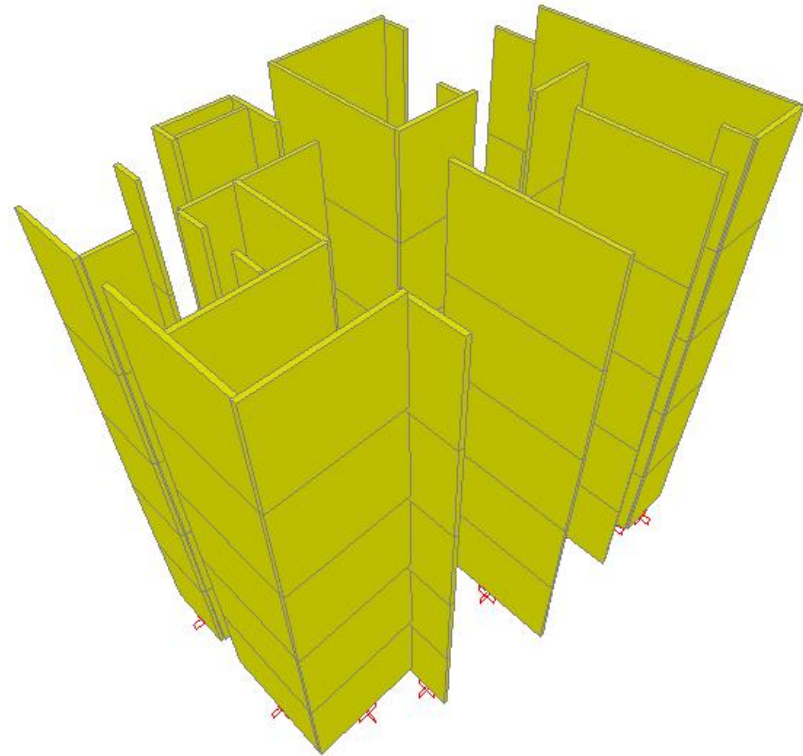
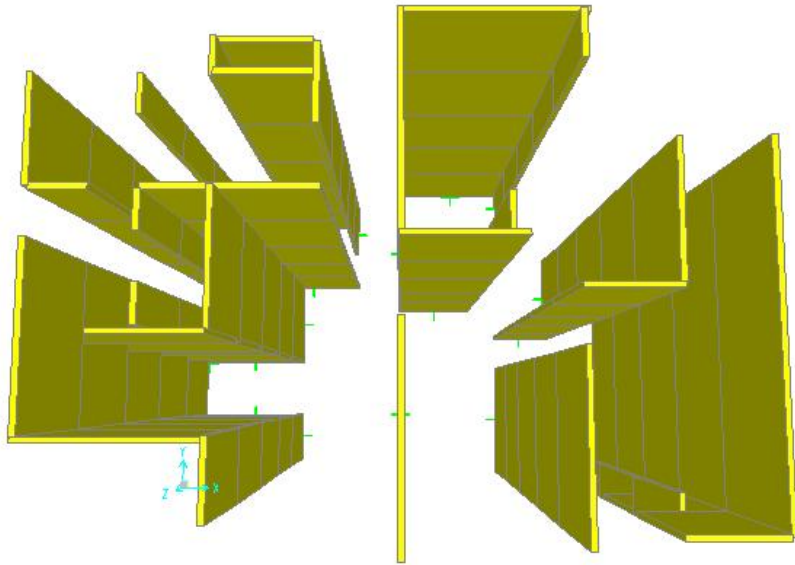


EDIFICACIÓN 4

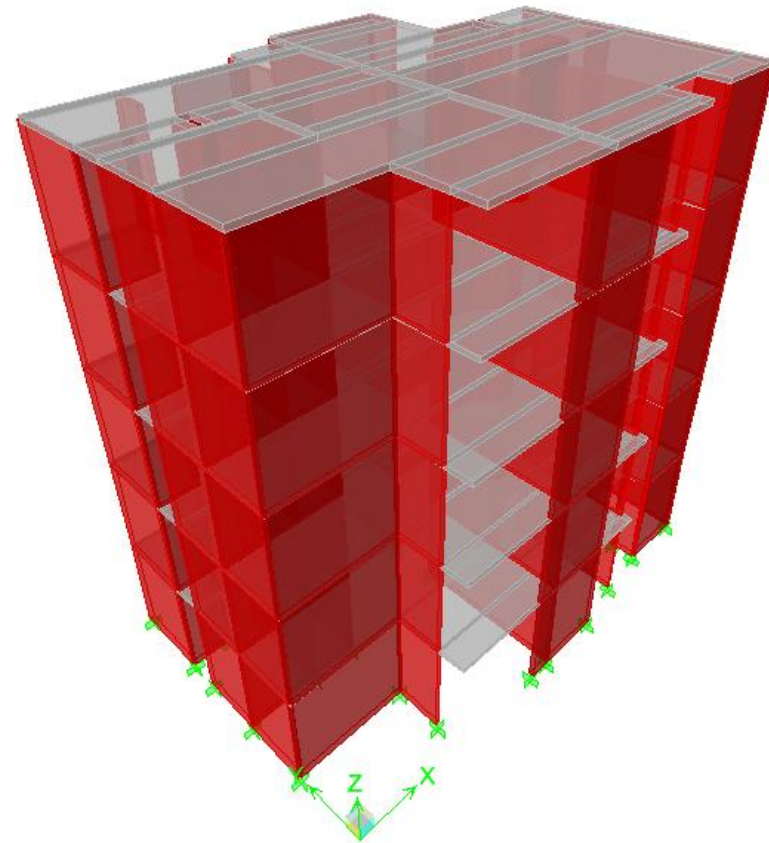
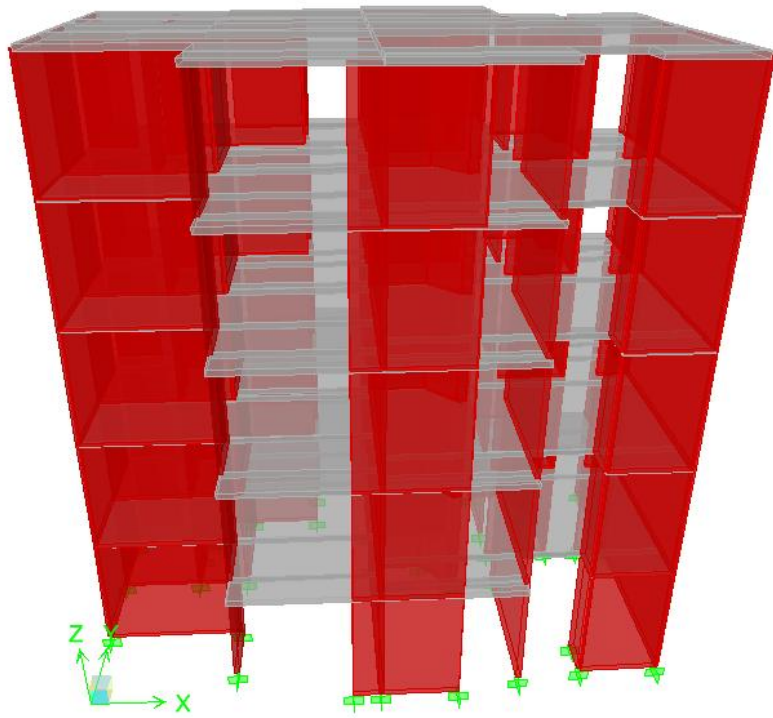
VISTA EN PLANTA



MODELAMIENTO SAP 2000 V 10.0.1

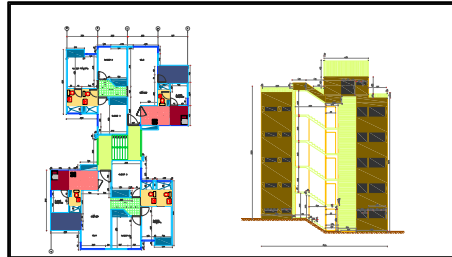


MODELAMIENTO ETABS 8.2.4



EDIFICACIÓN 4

ESPECIFICACIONES		
No. PISOS	5	Unid.
Dimension Muros	0.1	m
Area Piso Tipo	73.20	m ²
Perimetro Piso tipo	105.99	m
Altura Entrepiso	2.4	m



PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	FRISO Mg
1	105.99	2.40	73.20	13.60	1	15.17
2	105.99	2.40	73.20	13.60	1	15.17
3	105.99	2.40	73.20	13.60	1	15.17
4	105.99	2.40	73.20	13.60	1	15.17
5	105.99	2.40	73.20	13.60	1	15.17

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	MORTERO NIVELACION Mg
1	73.20	3.07
2	73.20	3.07
3	73.20	3.07
4	73.20	3.07
5	73.20	3.07

CUBIERTA		
PISO	AREA	PESO NETO
5	73.20	1.098

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	ENCHAPE PISO Mg
1	73.20	1.2444
2	73.20	1.2444
3	73.20	1.2444
4	73.20	1.2444
5	73.20	1.2444

ESCALERAS		
PISO	VOLUMEN	PESO NETO
1-5	1.06	2.54

PISO (UNID)	Perim. Baño m	ALTURA PISO m	ENCHAPE BAÑO Mg
1	17.30	2.40	0.70584
2	17.30	2.40	0.70584
3	17.30	2.40	0.70584
4	17.30	2.40	0.70584
5	17.30	2.40	0.70584

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA PUERTA m	VOLUMEN PUERTA m³	No. PUERTAS (UNID)	VOLUMEN TOTAL m³	PESO PUERTAS Mg
1-5	0.6	2.00	0.36	1	0.36	0.18
1-5	0.7	2.00	0.42	5	2.1	1.05
1-5	0.8	2.00	0.48	2	0.96	0.48
1-5	0.9	2.00	0.54	1	0.54	0.27
1-5	1	2.00	0.6	1	0.6	0.3
						2.28

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA VENTANA m	No. VENTANAS (UNID)	AREA TOTAL m²	PESO VENTANA Mg
1-5	0.2	1.00	1	0.2	0.00146
1-5	0.3	1.00	1	0.3	0.00219
1-5	0.7	1.00	2	1.4	0.01022
1-5	0.8	1.00	1	0.8	0.00584
1-5	1	1.00	1	1	0.0073
1-5	1.05	1.00	1	1.05	0.007665
1-5	1.2	1.00	3	3.6	0.02628
1-5	1.35	1.00	1	1.35	0.009855
1-5	1.6	1.00	1	1.6	0.01168
1-5	2.3	1.00	1	2.3	0.01679
					0.09928

PISO (UNID)	SANITARIO		LAVAMANOS		COCINA INTEGRAL		LAVADERO		PESO TOTAL Mg
	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	
1-5	0.03	3	0.015	3	0.12	1	0.06	1	0.315

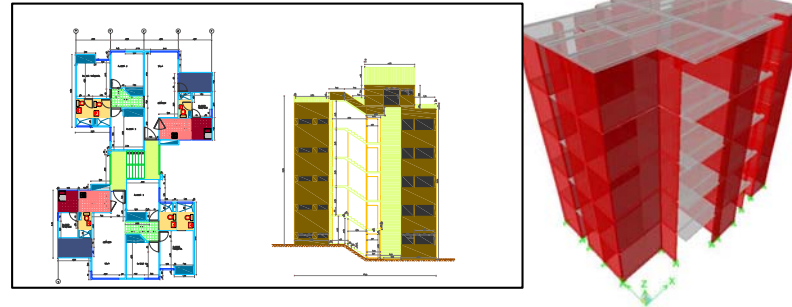
MASAS ESTRUCTURALES						

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	PESO PISO Mg
1	105.99	2.40	73.20	13.60	1	57.79
2	105.99	2.40	73.20	13.60	1	57.79
3	105.99	2.40	73.20	13.60	1	57.79
4	105.99	2.40	73.20	13.60	1	57.79
5	105.99	2.40	73.20	13.60	1	57.79

ENTREPISO

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	PESO PISO Mg
1-5	73.20	17.568

EDIFICACIÓN 4



CALCULO DE MASAS TOTALES

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	17.568	17.568	17.568	17.568	17.568	87.84	17.39308677
Muros Estructurales	57.78624	57.78624	57.78624	57.78624	57.78624	288.9312	57.21089973
Cubierta	0	0	0	0	1.098	1.098	0.217413585
Escaleras	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	12.72	2.518671035
Acabados	22.887808	22.887808	22.887808	22.887808	22.887808	114.43904	22.65992888
Masa Total	100.786048	100.786048	100.786048	100.786048	101.884048	505.02824	100
ALTURA ENTREPISO	2.40 m						
ALTURA TOTAL DEL EDIFICIO	12.00 m						
PERIODO Ta (s)	0.32 s						
VALOR ESPECTRO NSR-98 Sa	0.625						
CORTANTE BASAL Vs	3096.45 KN						

NIVEL	hj (m)	mj (Mg)	mj (hj) ^k	Cvj (KN)	Fj (KN)	Vj (KN)	X' (m)	Y' (m)	F*X' (KN m)	F*Y' (KN m)	ΣF*X' (KN m)	ΣF*Y' (KN m)	Cvx (m)	Cvy (m)
QUINTO	12	101.88	14671.30	0.457	1415.80	1415.80	5.77	4.03	8169.18	5705.68	8169.18	5705.68	5.77	4.03
CUARTO	9.6	100.79	9288.44	0.289	896.35	2312.15	5.77	4.03	5171.93	3612.28	13341.10	9317.96	5.77	4.03
TERCERO	7.2	100.79	5224.75	0.163	504.20	2816.35	5.77	4.03	2909.21	2031.91	16250.31	11349.87	5.77	4.03
SEGUNDO	4.8	100.79	2322.11	0.072	224.09	3040.43	5.77	4.03	1292.98	903.07	17543.30	12252.94	5.77	4.03
PRIMERO	2.4	100.79	580.53	0.018	56.02	3096.45	5.77	4.03	323.25	225.77	17866.54	12478.71	5.77	4.03
TOTALES	12	505.03	32087.13	1.000	3096.45									

ANALISIS DINAMICO MODAL (ETABS)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PATICIPACION ACUMULADA		COEF. ACEL. ESPECTRAL	
			UX	UY	SumUX	SumUY	Sa NSR-98	Sa Zon2
1	0.176701	35.56	66.925	2.615	66.925	2.615	0.625	0.9
2	0.116755	53.82	2.666	55.975	69.591	58.590	0.625	0.9
3	0.097924	64.16	0.305	14.059	69.896	72.649	0.625	0.9
4	0.036789	170.79	21.392	0.334	91.287	72.983	0.625	0.76789
5	0.030082	208.87	0.156	14.282	91.443	87.265	0.625	0.70082
6	0.024398	257.53	0.048	5.112	91.491	92.377	0.625	0.64398
7	0.016737	375.41	5.850	0.019	97.341	92.396	0.625	0.56737
8	0.014707	427.23	0.000	3.709	97.341	96.104	0.625	0.54707
9	0.012105	519.06	0.002	1.260	97.344	97.364	0.625	0.52105
10	0.011013	570.53	2.070	0.001	99.414	97.364	0.625	0.51013
11	0.009815	640.16	0.001	1.484	99.415	98.848	0.625	0.49815
12	0.008681	723.79	0.572	0.004	99.987	98.852	0.625	0.48681
13	0.008439	744.54	0.010	0.493	99.997	99.345	0.625	0.48439
14	0.007575	829.47	0.000	0.497	99.997	99.843	0.625	0.47575
15	0.006839	918.73	0.003	0.157	100.000	100.000	0.625	0.46839

ANALISIS ESTADICO NO LINEAL (SAP2000)

Mode	Period	Frecuencia Angular	%PARTICIPACION MASA		PATICIPACION ACUMULADA	
			UX	UY	SumUX	SumUY
1	0.284045	22.12	0.674	0.004	0.674	0.004
2	0.229436	27.39	0.009	0.442	0.682	0.446
3	0.12114	51.87	0.000	0.249	0.683	0.695
4	0.053178	118.15	0.218	0.002	0.901	0.697
5	0.044236	142.04	0.003	0.145	0.904	0.842
6	0.028021	224.23	0.000	0.077	0.904	0.919
7	0.02781	225.93	0.000	0.000	0.904	0.919
8	0.024663	254.76	0.000	0.000	0.904	0.919
9	0.0246	255.41	0.000	0.000	0.904	0.919
10	0.02451	256.35	0.000	0.000	0.904	0.919
11	0.023842	263.53	0.000	0.000	0.904	0.919
12	0.023801	263.99	0.000	0.000	0.904	0.919
13	0.023033	272.79	0.000	0.000	0.904	0.919
14	0.022879	274.63	0.065	0.001	0.970	0.919
15	0.022378	280.78	0.000	0.000	0.970	0.919

ANALISIS MODAL ESPECTRAL NORMA NSR-98

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0069	0.0016	0.0001	0.0071	0.0018	0.08	OK
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0069	0.0016	0.0001	0.0071	0.0018	0.08	OK
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0051	0.0012	0.0001	0.0052	0.0018	0.08	OK
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0051	0.0012	0.0001	0.0052	0.0018	0.08	OK
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0033	0.0008	0.0001	0.0034	0.0016	0.07	OK
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0033	0.0008	0.0001	0.0034	0.0016	0.07	OK
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0017	0.0004	0.0000	0.0017	0.0012	0.05	OK
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0017	0.0004	0.0000	0.0017	0.0012	0.05	OK
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0005	0.0001	0.0000	0.0005	0.0005	0.02	OK
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0005	0.0001	0.0000	0.0005	0.0005	0.02	OK

ANALISIS MODAL ESPECTRAL MICROZONIFICACION ZONA 2

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	ZONA2DERX	0.0098	0.0023	0.0002	0.0101	0.0027	0.11	OK
STORY5	D5	ZONA2DERY	0.0036	0.0035	0.0005	0.0050	0.0012	0.05	OK
STORY4	D4	ZONA2DERX	0.0072	0.0017	0.0001	0.0074	0.0026	0.11	OK
STORY4	D4	ZONA2DERY	0.0027	0.0027	0.0004	0.0038	0.0013	0.06	OK
STORY3	D3	ZONA2DERX	0.0047	0.0011	0.0001	0.0048	0.0023	0.09	OK
STORY3	D3	ZONA2DERY	0.0017	0.0018	0.0003	0.0025	0.0011	0.05	OK
STORY2	D2	ZONA2DERX	0.0025	0.0006	0.0001	0.0026	0.0017	0.07	OK
STORY2	D2	ZONA2DERY	0.0009	0.0010	0.0002	0.0013	0.0009	0.04	OK
STORY1	D1	ZONA2DERX	0.0008	0.0002	0.0000	0.0008	0.0008	0.03	OK
STORY1	D1	ZONA2DERY	0.0003	0.0003	0.0001	0.0004	0.0004	0.02	OK

ANALISIS ESTADICO METODO FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE (FHE)

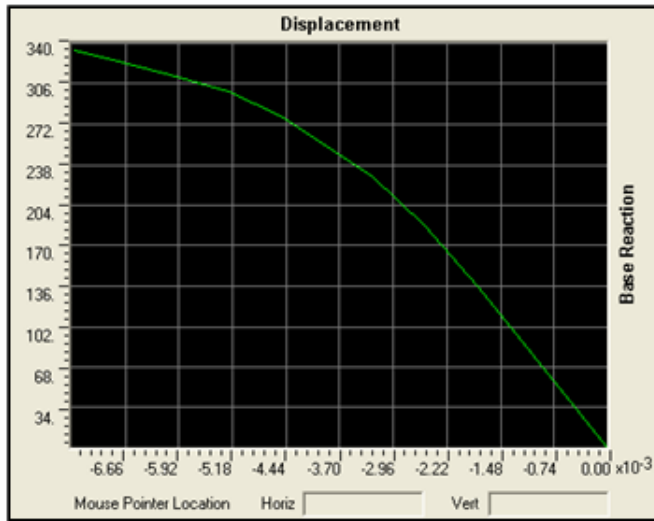
Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	FHEDERX	0.0201	0.0001	0.0000	0.0201	0.0054	0.22	OK
STORY5	D5	FHEDERY	0.0037	0.0082	-0.0002	0.0090	0.0022	0.09	OK
STORY4	D4	FHEDERX	0.0147	0.0002	0.0000	0.0147	0.0052	0.22	OK
STORY4	D4	FHEDERY	0.0028	0.0062	-0.0002	0.0068	0.0023	0.10	OK
STORY3	D3	FHEDERX	0.0095	0.0003	0.0000	0.0095	0.0046	0.19	OK
STORY3	D3	FHEDERY	0.0019	0.0041	-0.0001	0.0045	0.0020	0.08	OK
STORY2	D2	FHEDERX	0.0049	0.0002	0.0000	0.0049	0.0034	0.14	OK
STORY2	D2	FHEDERY	0.0010	0.0023	-0.0001	0.0025	0.0017	0.07	OK
STORY1	D1	FHEDERX	0.0015	0.0001	0.0000	0.0015	0.0015	0.06	OK
STORY1	D1	FHEDERY	0.0003	0.0008	0.0000	0.0009	0.0009	0.04	OK

ANÁLISIS PUSHOVER

NIVEL DE COMPORTAMIENTO MODELO EDIFICACIÓN 4					
Aa (g)		V (kN)	D (m)	Numero de Rotulas	Estado de Rotulas
0.25	x Push 2	N.A	N.A	288	
	y Push 3	1457.43	3.32E-03	288	
0.2	x Push 2	N.A	N.A	288	
	y Push 3	1158.32	2.68E-03	288	
0.15	x Push 2	N.A	N.A	288	
	y Push 3	869.21	2.03E-03	288	
0.1	x Push 2	N.A	N.A	288	
	y Push 3	578.97	1.35E-03	288	
0.05	x Push 2	242.147	-3.60E-03	288	
	y Push 3	289.49	6.77E-04	288	
0.02	x Push 2	115.79	-1.53E-03	288	
	y Push 3	115.79	2.71E-04	288	

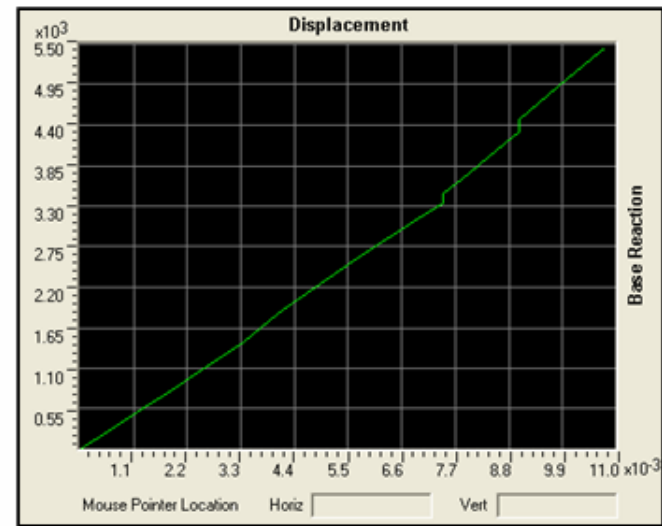
PUSH 2

Resultante Base Shear vs monitored Displacement



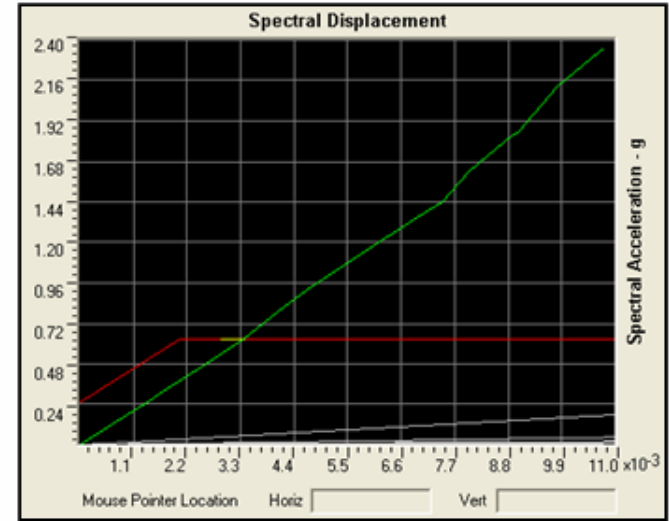
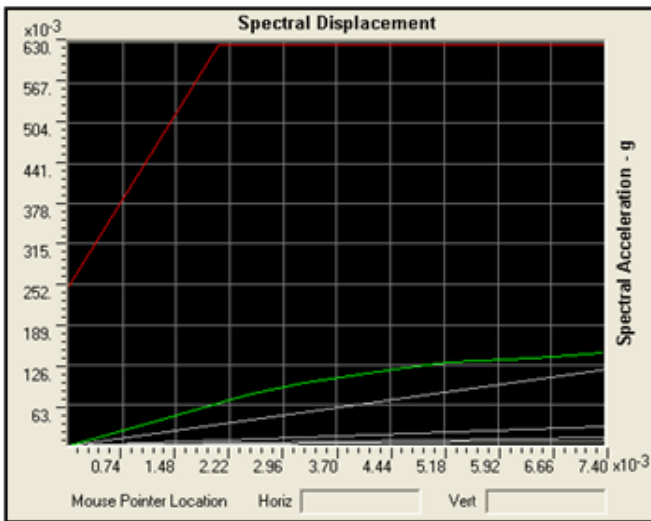
PUSH 3

Resultante Base Shear vs monitored Displacement

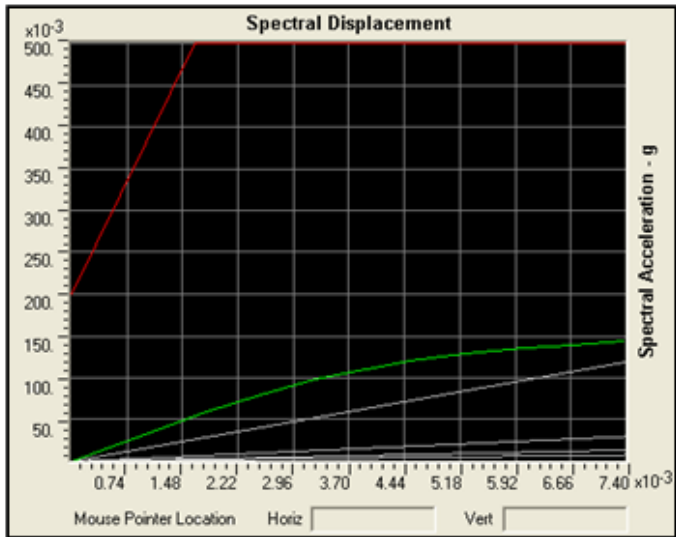


CAPACIDAD ESPECTRO ATC - 40

$A_a = 0.25$

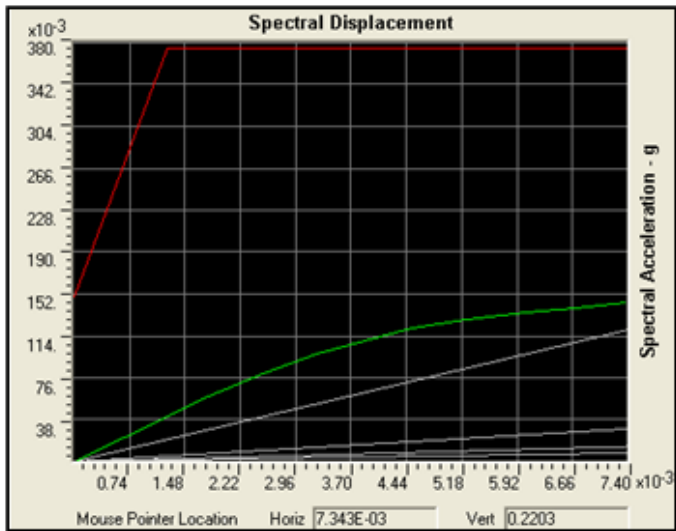
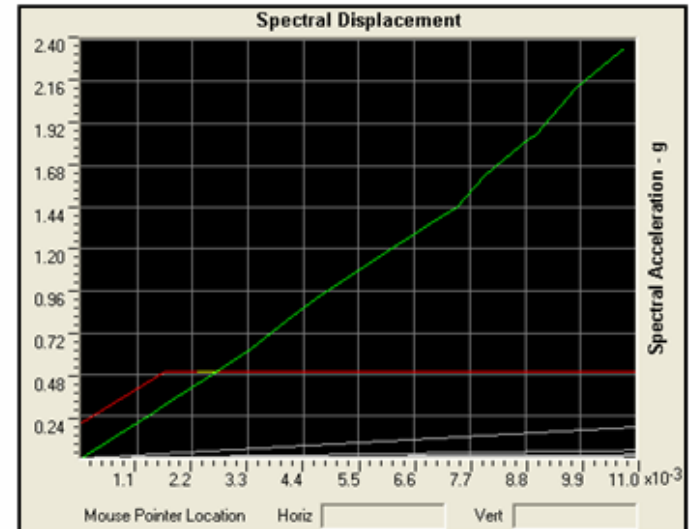


PUSH 2
Resultante Base Shear vs monitored Displacement

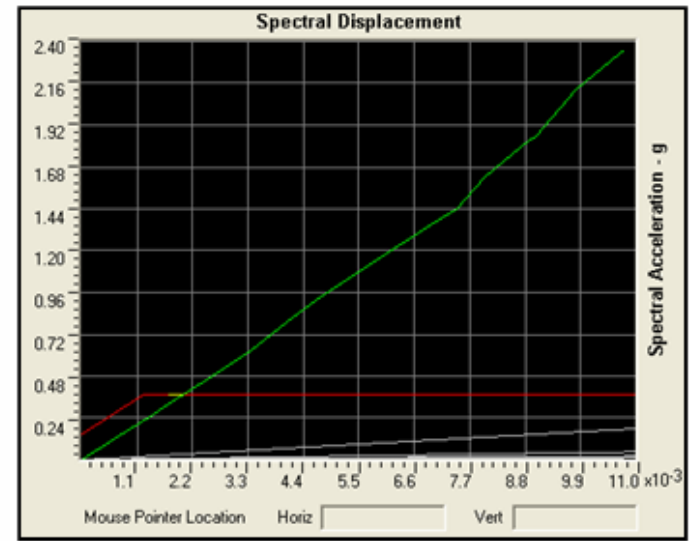


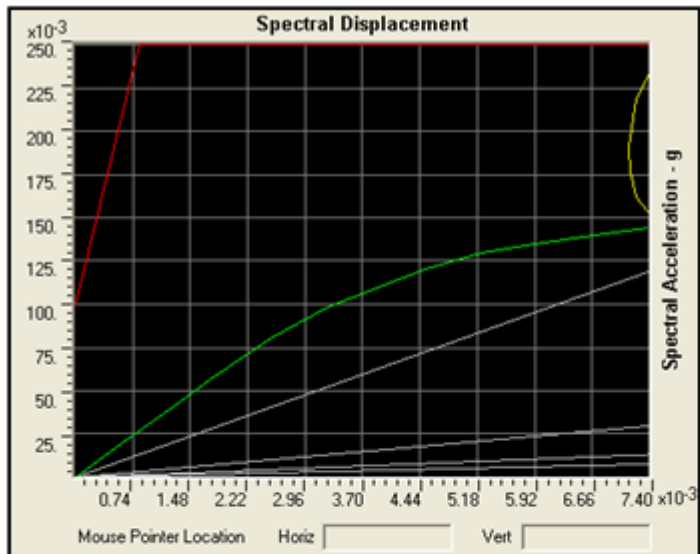
$A_a = 0.20$

PUSH 3
Resultante Base Shear vs monitored Displacement

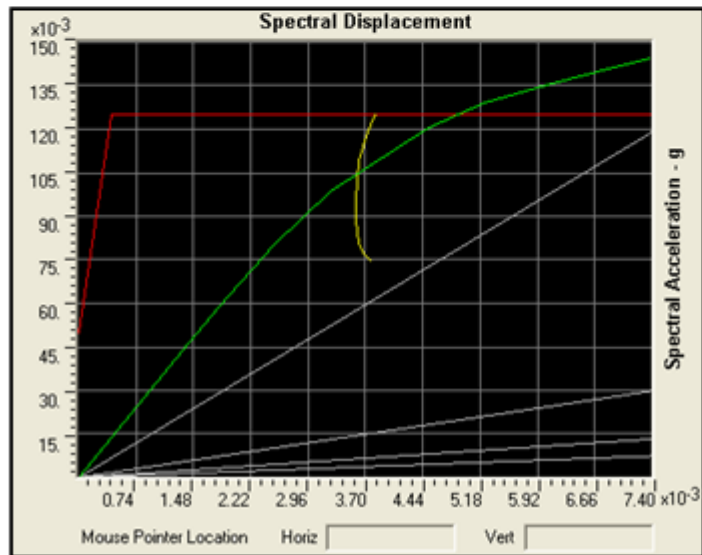
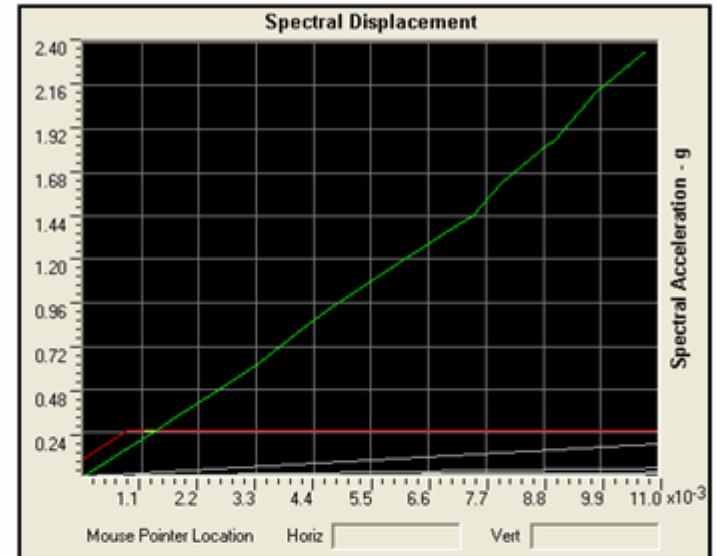


$A_a = 0.15$

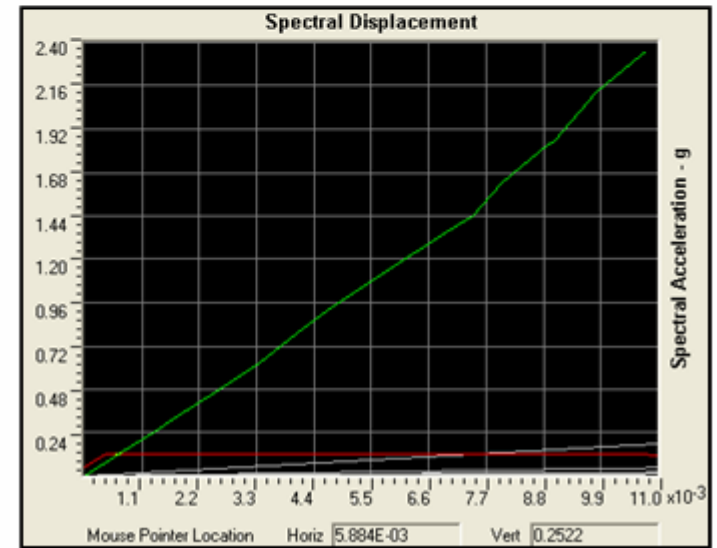


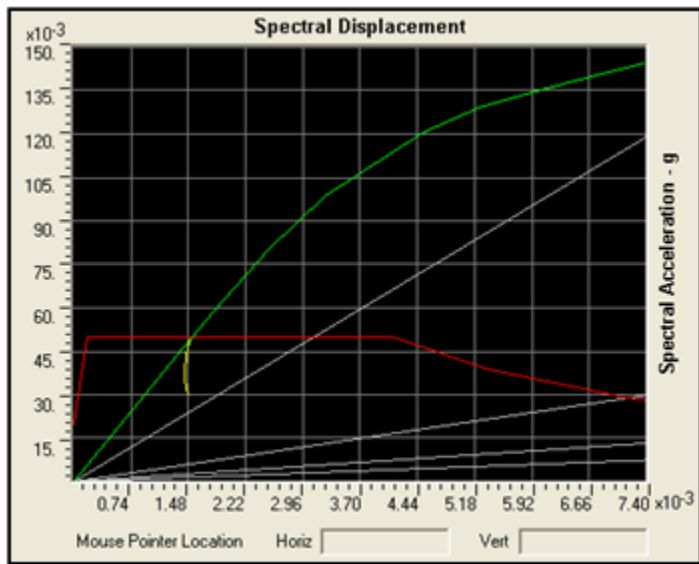


$A_a = 0.10$

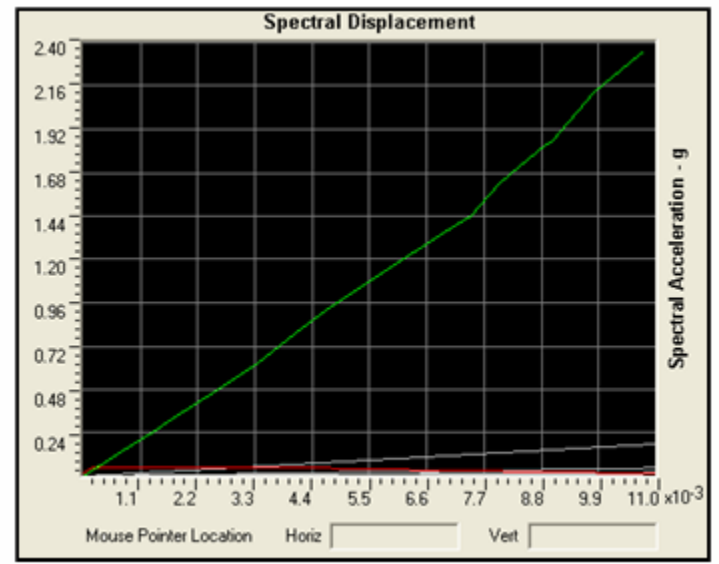


$A_a = 0.05$





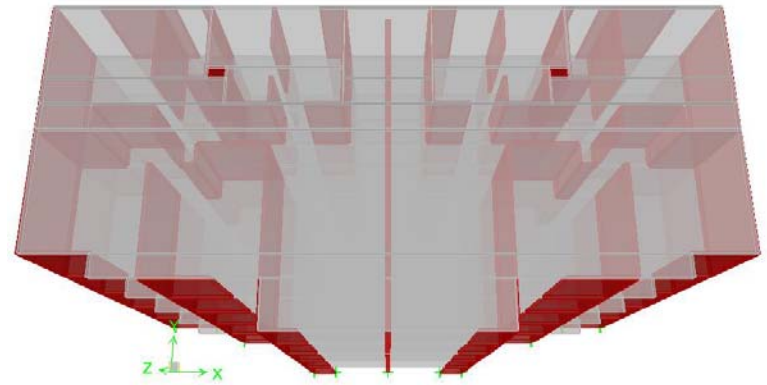
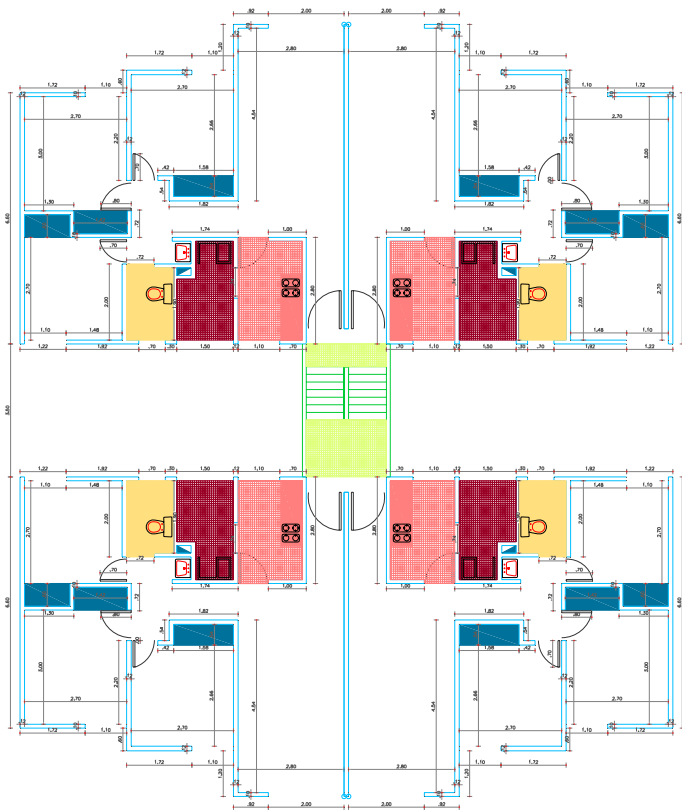
$A_a = 0.02$



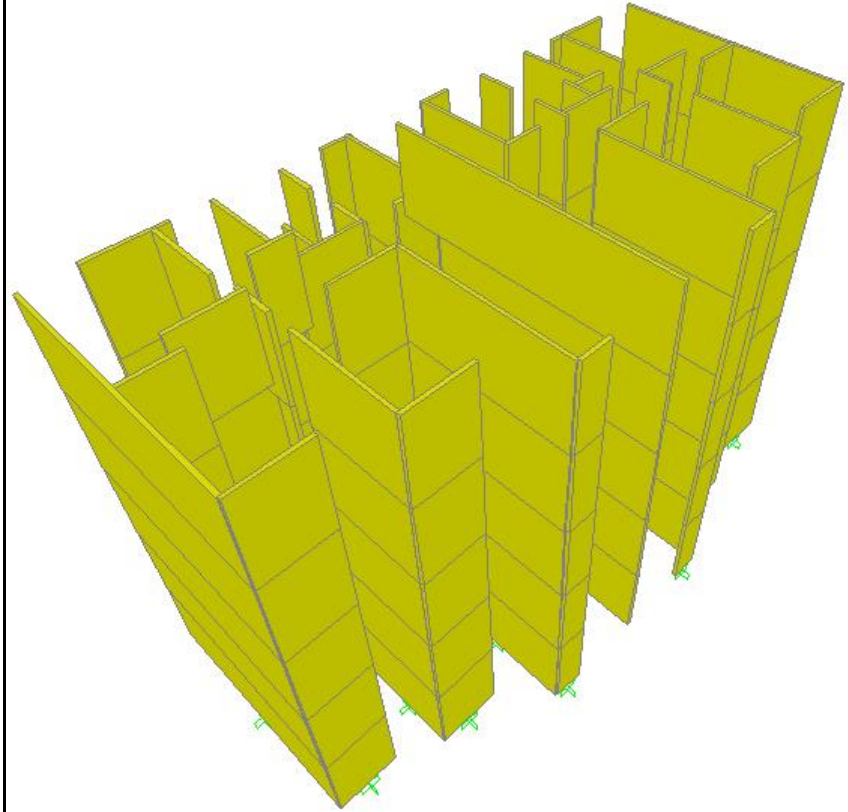
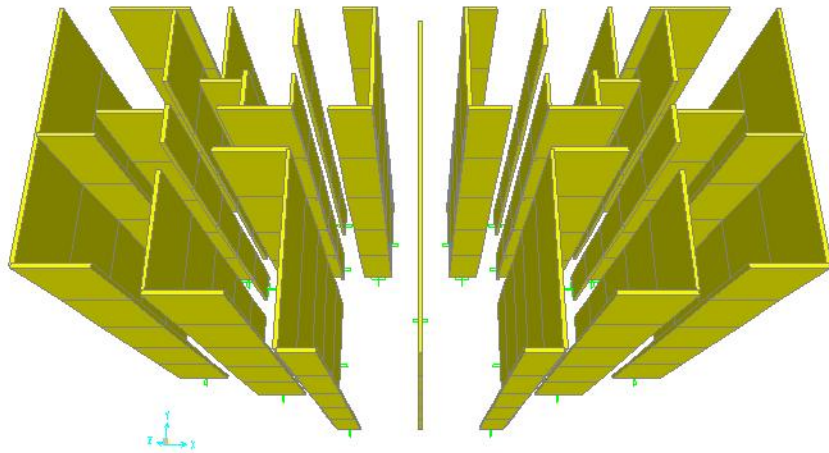


EDIFICACIÓN 5

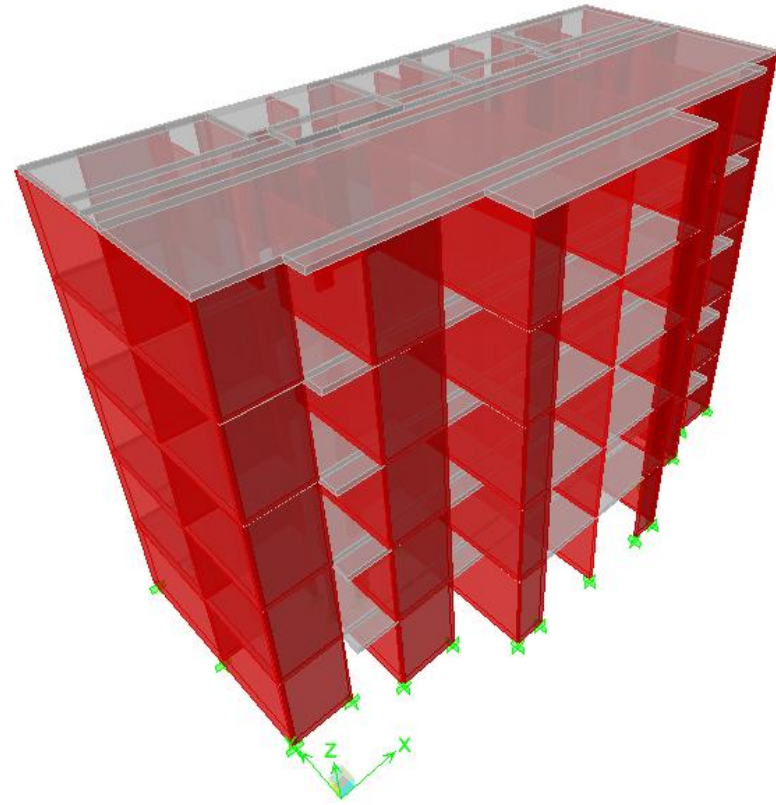
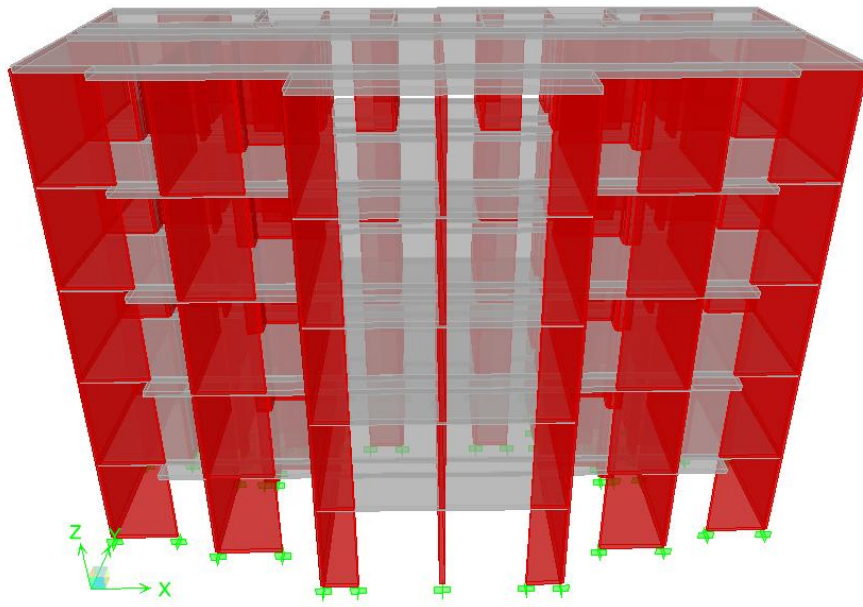
VISTA EN PLANTA



MODELAMIENTO SAP 2000 V 10.0.1



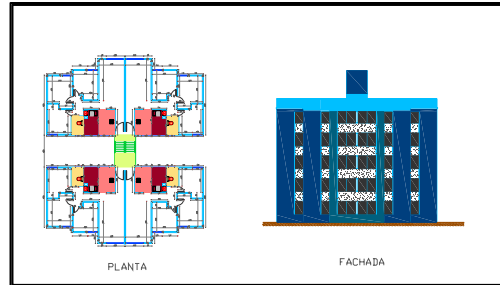
MODELAMIENTO ETABS 8.2.4



EDIFICACIÓN 5

ESPECIFICACIONES

No. PISOS	5	Unid.
Dimension Muros	0.12	m
Area Piso Tipo	115.87	m²
Perimetro Piso tipo	165.6	m
Altura Entrepiso	2.4	m



PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	FRISO Mg
1	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	23.52
2	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	23.52
3	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	23.52
4	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	23.52
5	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	23.52

PISO (UNID)	AREA PISO (m²)	MORTERO NIVELACION Mg
1	115.87	4.87
2	115.87	4.87
3	115.87	4.87
4	115.87	4.87
5	115.87	4.87

CUBIERTA		
PISO	AREA	PESO NETO
5	115.87	1.73805

ESCALERAS		
PISO	VOLUMEN	PESO NETO
1-5	1.73	4

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	ENCHAPE PISO Mg
1	115.87	1.96979
2	115.87	1.96979
3	115.87	1.96979
4	115.87	1.96979
5	115.87	1.96979

PISO (UNID)	Perim. Baño m	ALTURA PISO m	ENCHAPE BAÑO Mg
1	12.88	2.30	0.503608
2	12.88	3.30	0.722568
3	12.88	3.30	0.722568
4	12.88	3.30	0.722568
5	12.88	3.30	0.722568

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA PUERTA m	VOLUMEN PUERTA m ³	No. PUERTAS (UNID)	VOLUMEN TOTAL m ³	PESO PUERTAS Mg
1-5	0.7	2.00	0.42	6	2.52	1.26
1-5	0.8	2.00	0.48	4	1.92	0.96
1-5	1	2.00	0.6	2	1.2	0.6
						2.82

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA VENTANA m	No. VENTANAS (UNID)	AREA TOTAL m ²	PESO VENTANA Mg
1-5	0.7	1.40	2	1.96	0.014308
1-5	1.1	1.40	8	12.32	0.089936
1-5	1.5	1.40	2	4.2	0.03066
1-5	2	1.40	2	5.6	0.04088
					0.175784

PISO (UNID)	SANITARIO		LAVAMANOS		COCINA INTEGRAL		LAVADERO		PESO TOTAL Mg
	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	
1-5	0.03	2	0.015	2	0.12	2	0.06	2	0.45

MASAS ESTRUCTURALES

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	PESO MUROS Mg
1	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	107.53
2	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	107.53
3	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	107.53
4	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	107.53
5	165.60	2.40	115.87	17.20	1.4	107.53

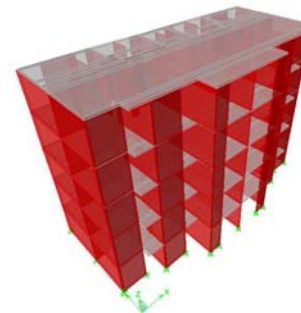
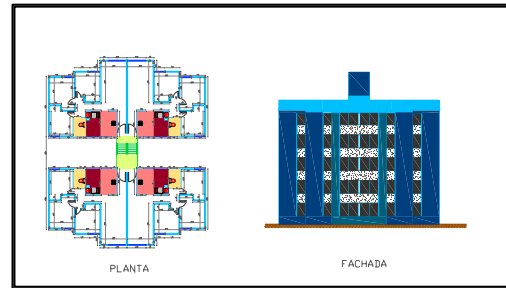
ENTREPISO

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	PESO ENTREPISO Mg
1-5	115.87	33.37056

CALCULO DE MASAS TOTAL

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	33.37056	33.37056	33.37056	33.37056	33.37056	166.85	18.56960753
Muros Estructurales	107.53	107.53	107.53	107.53	107.53	537.64	59.8355801
Cubierta	0	0	0	0	1.73805	1.74	0.193433412
Escaleras	4	4	4	4	4	21	2.310450003
Acabados	34.31	34.31	34.31	34.31	34.31	171.54	19.09092896
Masa Total	179.357642	179.357642	179.357642	179.357642	181.095692	898.526	100

EDIFICACIÓN 5



CALCULO DE MASAS TOTALES

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	33.37056	33.37056	33.37056	33.37056	33.37056	166.8528	18.56960753
Muros Estructurales	107.52768	107.52768	107.52768	107.52768	107.52768	537.6384	59.8355801
Cubierta	0	0	0	0	1.73805	1.73805	0.193433412
Escaleras	4.152	4.152	4.152	4.152	4.152	20.76	2.310450003
Acabados	34.307402	34.307402	34.307402	34.307402	34.307402	171.53701	19.09092896
Masa Total	179.357642	179.357642	179.357642	179.357642	181.095692	898.52626	100

ALTURA ENTREPISO	2.40	m
ALTURA TOTAL DEL EDIFICIO	12.00	m
PERIODO Ta (s)	0.32	s
VALOR ESPECTRO NSR-98 Sa	0.625	
CORTANTE BASAL Vs	5509.09	KN

NIVEL	hj (m)	mj (Mg)	mj (hj) ^k	Cvj (KN)	Fj (KN)	Vj (KN)	X' (m)	Y' (m)	F*X' (KN m)	F*Y' (KN m)	ΣF*X' (KN m)	ΣF*Y' (KN m)	Cvx (m)	Cvy (m)
QUINTO	12	181.10	26077.78	0.457	2517.31	2517.31	8.56	4.18	21548.17	10522.35	21548.17	10522.35	8.56	4.18
CUARTO	9.6	179.36	16529.60	0.290	1595.62	4112.93	8.56	4.18	13658.47	6669.67	35206.64	17192.03	8.56	4.18
TERCERO	7.2	179.36	9297.90	0.163	897.53	5010.46	8.56	4.18	7682.89	3751.69	42889.53	20943.72	8.56	4.18
SEGUNDO	4.8	179.36	4132.40	0.072	398.90	5409.36	8.56	4.18	3414.62	1667.42	46304.15	22611.14	8.56	4.18
PRIMERO	2.4	179.36	1033.10	0.018	99.73	5509.09	8.56	4.18	853.65	416.85	47157.80	23027.99	8.56	4.18
TOTALES	12	898.53	57070.78	1.000	5509.09									

ANALISIS DINAMICO MODAL (ETABS)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PARTICIPACION ACUMULADA		COEF. ACEL. ESPECTRAL	
			UX	UY	SumUX	SumUY	Sa NSR-98	Sa Zon2
1	0.247002	25.44	69.437	0.000	69.437	0.000	0.625	0.9
2	0.106456	59.02	0.000	71.618	69.438	71.618	0.625	0.9
3	0.10163	61.82	0.326	0.214	69.764	71.833	0.625	0.9
4	0.052965	118.63	20.460	0.000	90.224	71.833	0.625	0.9
5	0.025728	244.22	0.000	21.099	90.224	92.931	0.625	0.65728
6	0.025284	248.50	0.277	0.035	90.500	92.966	0.625	0.65284
7	0.023334	269.27	5.897	0.000	96.398	92.967	0.625	0.63334
8	0.014408	436.09	2.623	0.000	99.020	92.967	0.625	0.54408
9	0.012673	495.79	0.000	4.837	99.020	97.804	0.625	0.52673
10	0.012642	497.01	0.006	0.011	99.026	97.815	0.625	0.52642
11	0.010568	594.55	0.974	0.000	100.000	97.815	0.625	0.50568
12	0.008951	701.96	0.000	0.000	100.000	97.815	0.625	0.48951
13	0.008848	710.13	0.000	1.687	100.000	99.503	0.625	0.48848
14	0.007335	856.61	0.000	0.000	100.000	99.503	0.625	0.47335
15	0.007192	873.64	0.000	0.497	100.000	100.000	0.625	0.47192

ANALISIS ESTATICO NO LINEAL (SAP2000)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PARTICIPACION ACUMULADA	
			UX	UY	SumUX	SumUY
1	0.446985	14.06	0.678	0.000	0.678	0.000
2	0.116924	53.74	0.000	0.721	0.678	0.721
3	0.112218	55.99	0.000	0.000	0.678	0.721
4	0.078552	79.99	0.216	0.000	0.894	0.721
5	0.031633	198.63	0.070	0.000	0.964	0.721
6	0.028282	222.16	0.000	0.213	0.964	0.933
7	0.027293	230.21	0.000	0.000	0.964	0.934
8	0.02624	239.45	0.000	0.000	0.964	0.934
9	0.024424	257.26	0.000	0.000	0.964	0.934
10	0.024424	257.26	0.000	0.000	0.964	0.934
11	0.023703	265.08	0.000	0.000	0.964	0.934
12	0.02355	266.80	0.000	0.000	0.964	0.934
13	0.022979	273.43	0.000	0.000	0.964	0.934
14	0.022979	273.43	0.000	0.000	0.964	0.934
15	0.022494	279.33	0.000	0.000	0.964	0.934

ANALISIS MODAL ESPECTRAL NORMA NSR-98

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0136	0.0008	0.0002	0.0136	0.0035	0.15	OK
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0041	0.0025	0.0001	0.0048	0.0013	0.05	OK
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0101	0.0006	0.0001	0.0101	0.0035	0.15	OK
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0030	0.0019	0.0001	0.0036	0.0012	0.05	OK
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0066	0.0004	0.0001	0.0066	0.0031	0.13	OK
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0020	0.0013	0.0000	0.0024	0.0012	0.05	OK
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0035	0.0002	0.0001	0.0035	0.0025	0.10	OK
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0010	0.0007	0.0000	0.0012	0.0009	0.04	OK
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0010	0.0001	0.0000	0.0010	0.0010	0.04	OK
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0003	0.0002	0.0000	0.0004	0.0004	0.02	OK

ANALISIS MODAL ESPECTRAL MICROZONIFICACION ZONA 2

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	ZONA2DERX	0.0196	0.0011	0.0003	0.0196	0.0050	0.21	OK
STORY5	D5	ZONA2DERY	0.0059	0.0036	0.0001	0.0069	0.0017	0.07	OK
STORY4	D4	ZONA2DERX	0.0146	0.0008	0.0002	0.0146	0.0051	0.21	OK
STORY4	D4	ZONA2DERY	0.0044	0.0027	0.0001	0.0052	0.0017	0.07	OK
STORY3	D3	ZONA2DERX	0.0095	0.0006	0.0001	0.0095	0.0045	0.19	OK
STORY3	D3	ZONA2DERY	0.0029	0.0018	0.0000	0.0034	0.0016	0.07	OK
STORY2	D2	ZONA2DERX	0.0050	0.0003	0.0001	0.0050	0.0035	0.15	OK
STORY2	D2	ZONA2DERY	0.0015	0.0010	0.0000	0.0018	0.0012	0.05	OK
STORY1	D1	ZONA2DERX	0.0015	0.0001	0.0000	0.0015	0.0015	0.06	OK
STORY1	D1	ZONA2DERY	0.0005	0.0003	0.0000	0.0006	0.0006	0.02	OK

ANALISIS ESTATICO METODO FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE (FHE)

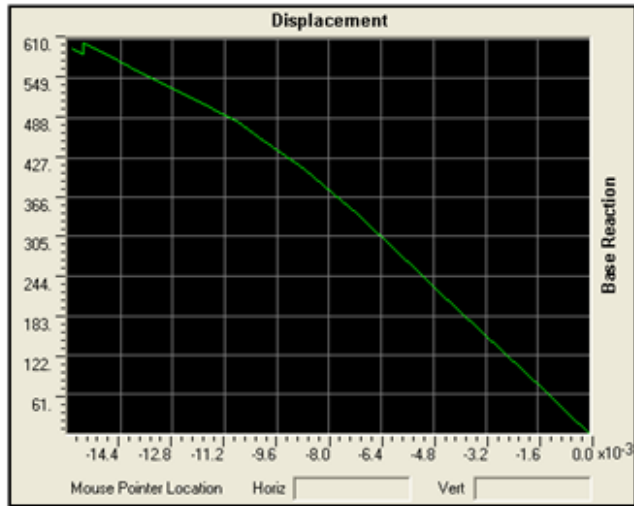
Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	FHEDERX	0.0405	0.0023	-0.0003	0.0406	0.0108	0.45	OK
STORY5	D5	FHEDERY	0.0122	0.0075	-0.0001	0.0143	0.0038	0.16	OK
STORY4	D4	FHEDERX	0.0297	0.0017	-0.0002	0.0297	0.0105	0.44	OK
STORY4	D4	FHEDERY	0.0089	0.0056	-0.0001	0.0105	0.0036	0.15	OK
STORY3	D3	FHEDERX	0.0192	0.0011	-0.0002	0.0192	0.0093	0.39	OK
STORY3	D3	FHEDERY	0.0058	0.0037	0.0000	0.0069	0.0033	0.14	OK
STORY2	D2	FHEDERX	0.0099	0.0006	-0.0001	0.0099	0.0070	0.29	OK
STORY2	D2	FHEDERY	0.0030	0.0020	0.0000	0.0036	0.0025	0.11	OK
STORY1	D1	FHEDERX	0.0029	0.0002	0.0000	0.0029	0.0029	0.12	OK
STORY1	D1	FHEDERY	0.0009	0.0006	0.0000	0.0011	0.0011	0.05	OK

ANÁLISIS PUSHOVER

NIVEL DE COMPORTAMIENTO MODELO EDIFICACIÓN 5					
Aa (g)		V (kN)	D (m)	Numero de Rotulas	Estado de Rotulas
0.25	x Push 2	N.A	N.A	408	
	y Push 3	2218.49	-3.10E-03	408	
0.2	x Push 2	N.A	N.A	408	
	y Push 3	1774.79	-2.48E-03	408	
0.15	x Push 2	N.A	N.A	408	
	y Push 3	1331.09	1.86E-03	408	
0.1	x Push 2	N.A	N.A	408	
	y Push 3	887.4	-1.24E-03	408	
0.05	x Push 2	418.16	-9.03E-03	408	
	y Push 3	443.7	-6.20E-03	408	
0.02	x Push 2	177.48	-3.73E-03	408	
	y Push 3	177.47	-2.48E-04	408	

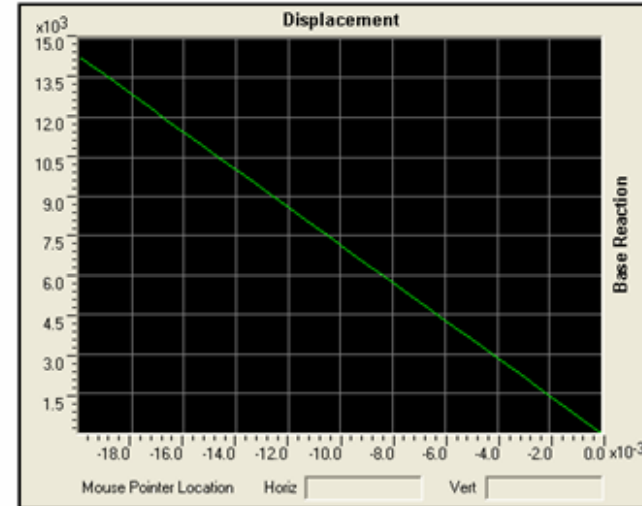
PUSH 2

Resultante Base Shear vs monitored Displacement



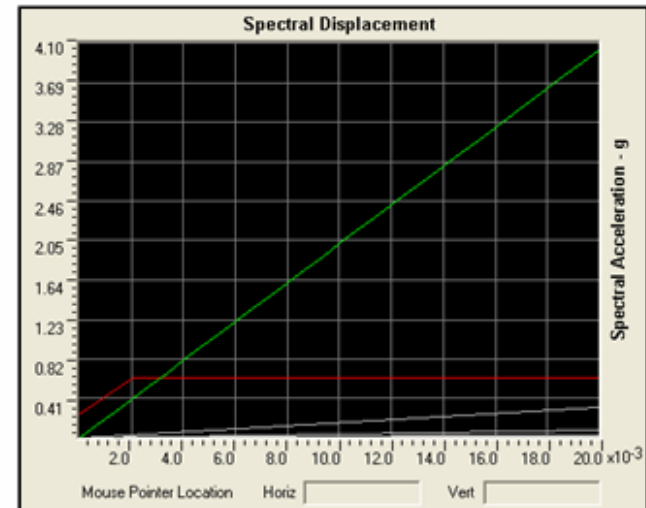
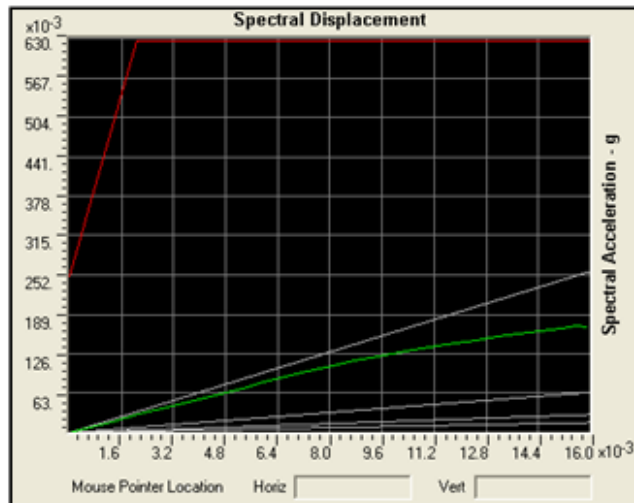
PUSH 3

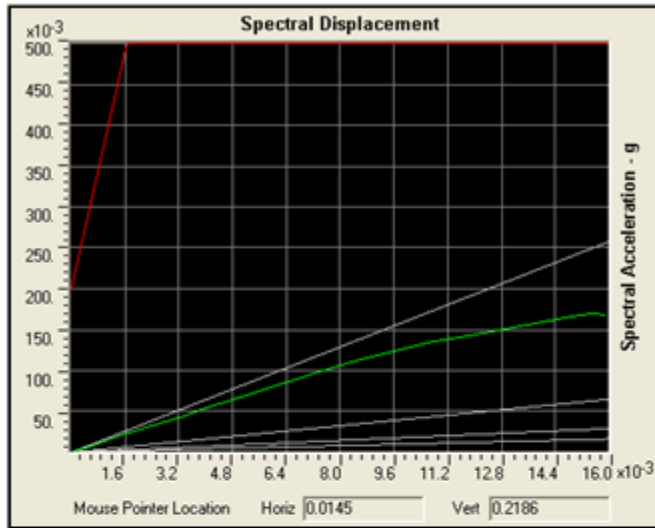
Resultante Base Shear vs monitored Displacement



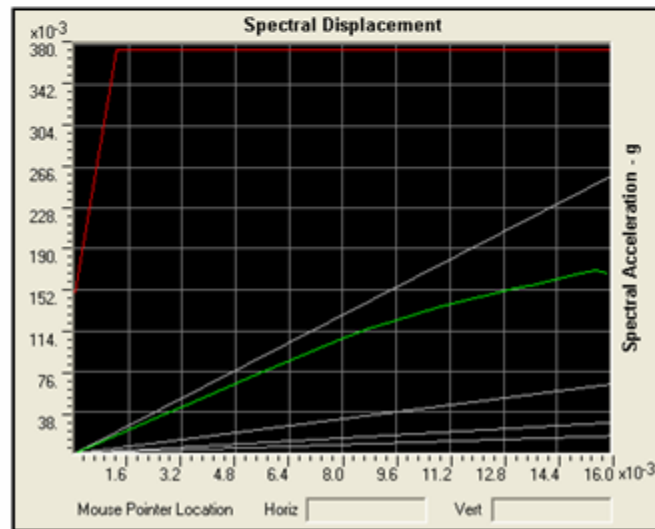
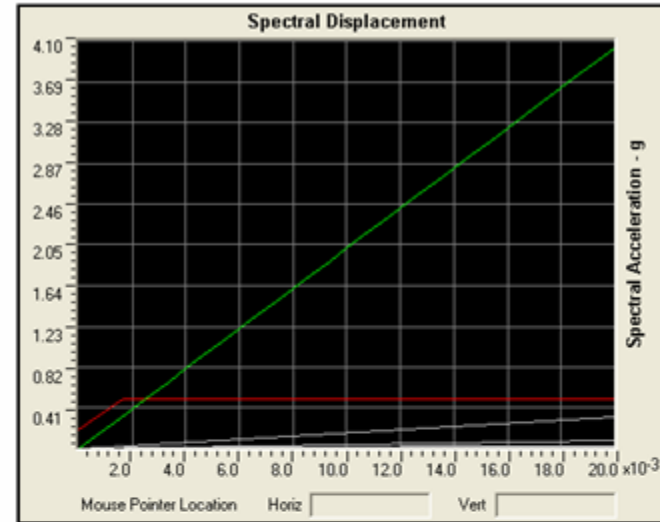
CAPACIDAD ESPECTRO ATC - 40

$A_a = 0.25$

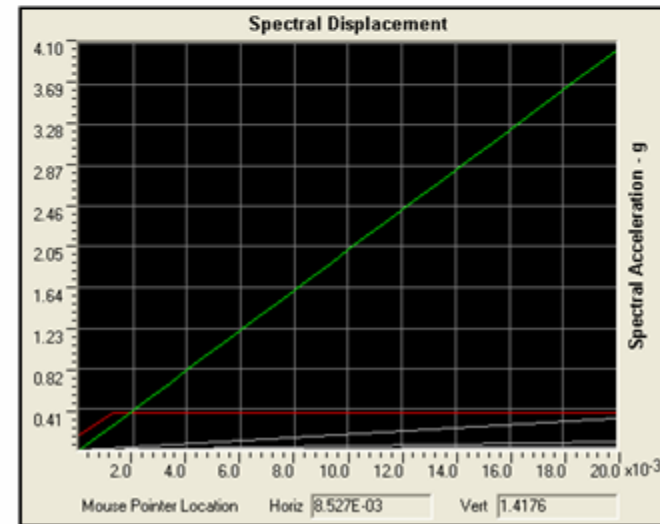


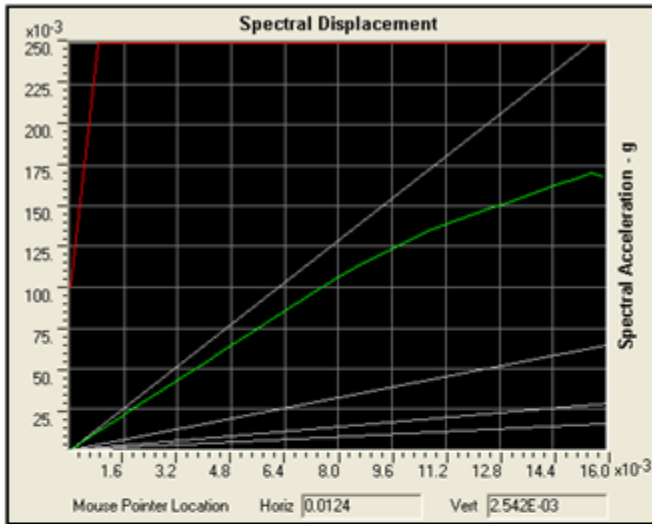


Aa = 0.20

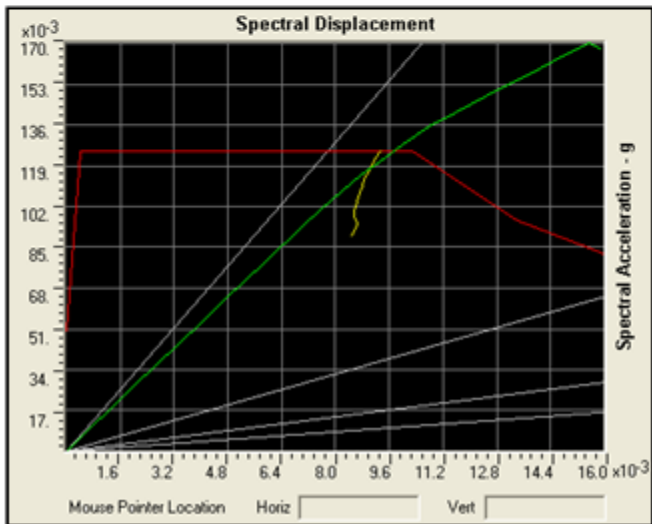
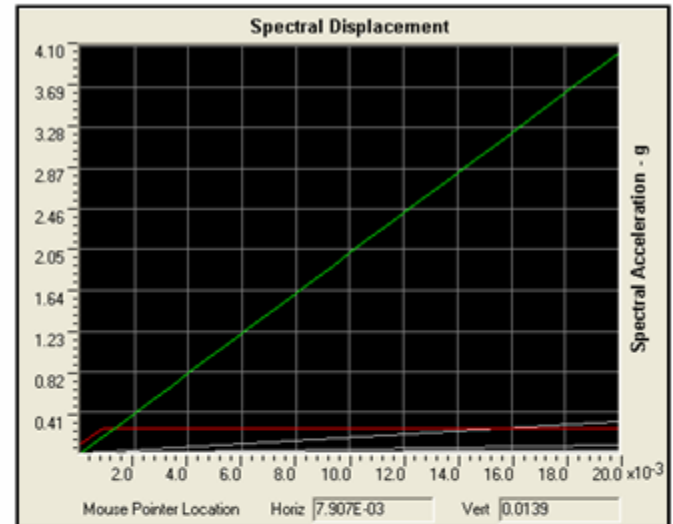


Aa = 0.15

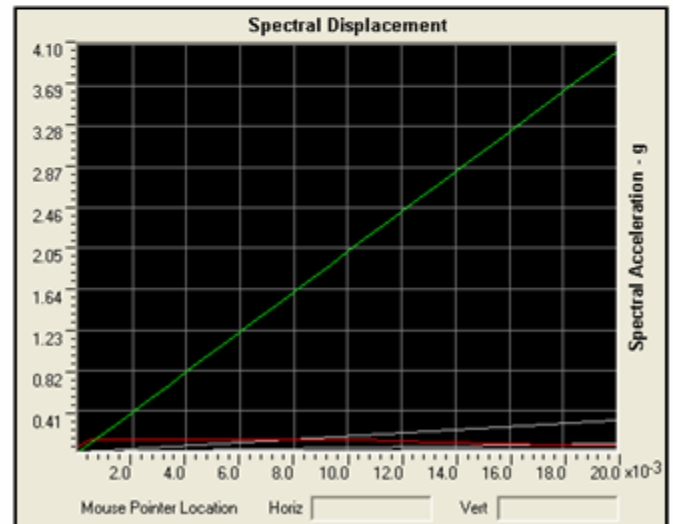


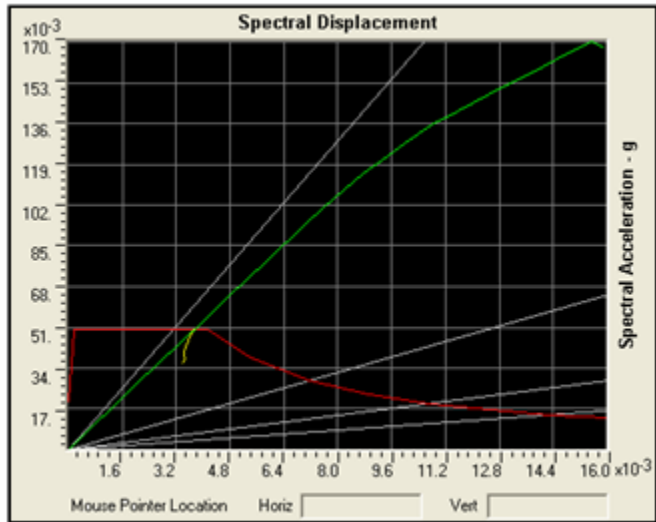


Aa = 0.10

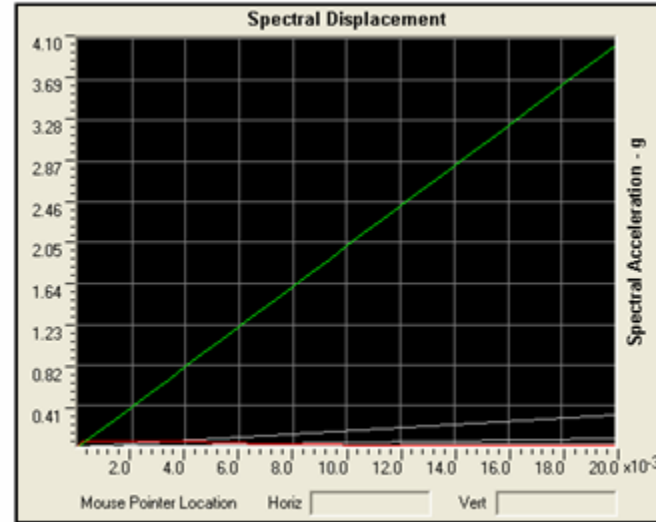


Aa = 0.05





$A_a = 0.02$



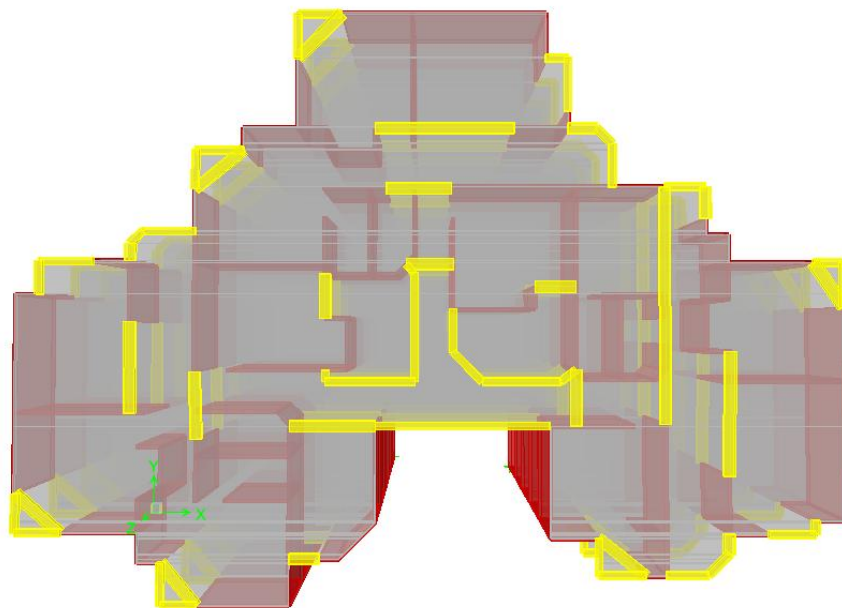
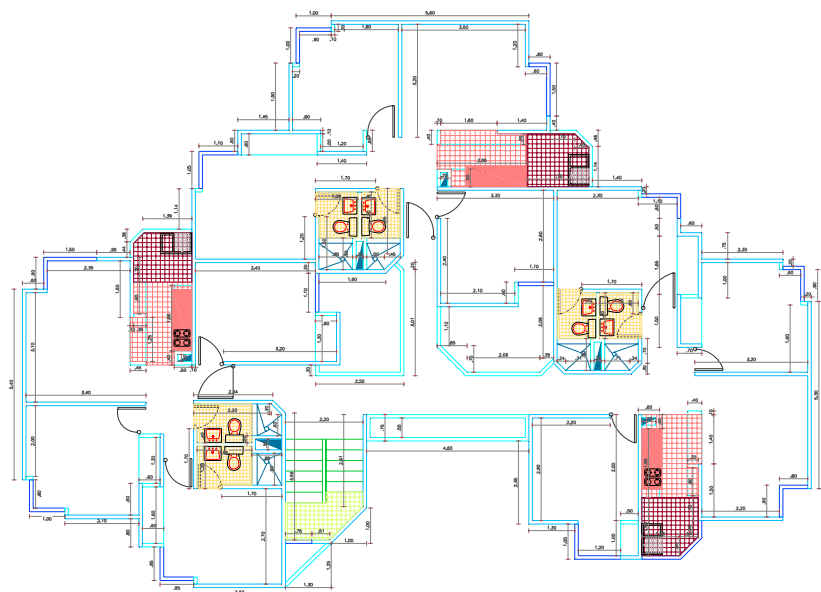


EDIFICACIÓN 6

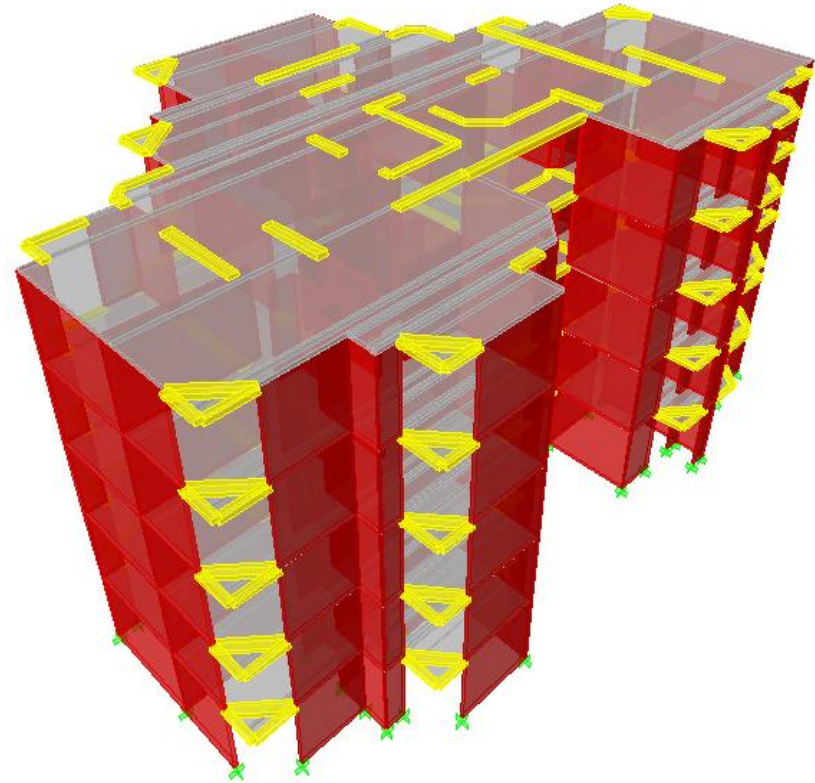
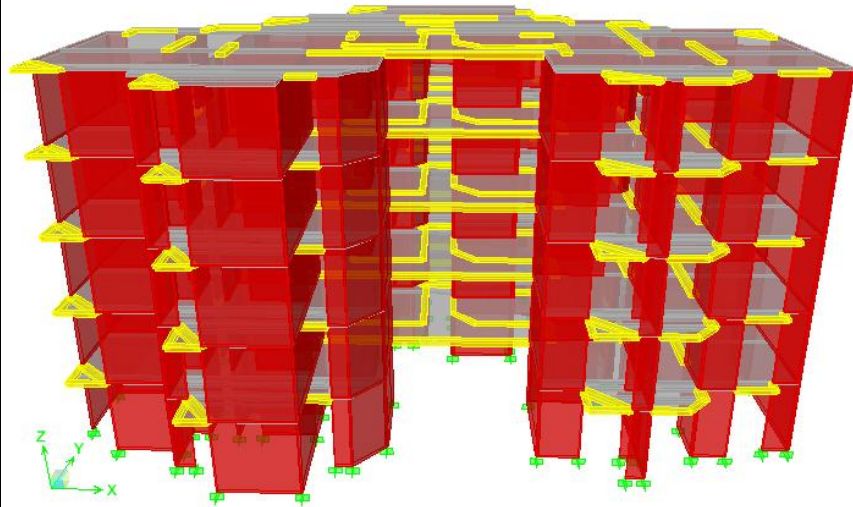
FACHADA Y PERFIL AUTOCAD



VISTA EN PLANTA

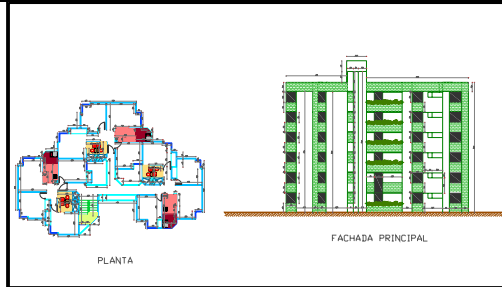


MODELAMIENTO ETABS 8.2.4



EDIFICACIÓN 6

ESPECIFICACIONES		
No. PISOS	5	Unid.
Dimension Muros	0.1	m
Area Piso Tipo	212.38	m ²
Perimetro Piso tipo	275.08	m
Altura Entrepiso	2.4	m



PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS (m)	ALTURA PISO (m)	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO (m)	ALTURA VENTANA (m)	FRISO (Mg)
1	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	39.70
2	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	39.70
3	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	39.70
4	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	39.70
5	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	39.70

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	MORTERO NIVELACION (Mg)
1	212.38	8.92
2	212.38	8.92
3	212.38	8.92
4	212.38	8.92
5	212.38	8.92

CUBIERTA		
PISO	AREA	PESO NETO
5	212.38	3.1857

ESCALERAS		
PISO	VOLUMEN	PESO NETO
1-5	0.46	1.104

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	ENCHAPE PISO (Mg)
1	212.38	3.61046
2	212.38	3.61046
3	212.38	3.61046
4	212.38	3.61046
5	212.38	3.61046

PISO (UNID)	Perim. Baño m	ALTURA PISO m	ENCHAPE BAÑO Mg
1	30.00	2.40	1.224
2	30.00	2.40	1.224
3	30.00	2.40	1.224
4	30.00	2.40	1.224
5	30.00	2.40	1.224

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA PUERTA m	VOLUMEN PUERTA m ³	No. PUERTAS (UNID)	VOLUMEN TOTAL m ³	PESO PUERTAS Mg
1-5	0.7	2.00	0.42	4	1.68	0.84
1-5	0.8	2.00	0.48	12	5.76	2.88
1-5	1	2.00	0.6	4	2.4	1.2
						4.92

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA VENTANA m	No. VENTANAS (UNID)	AREA TOTAL m ²	PESO VENTANA Mg
1-5	0.5	1.20	1	0.6	0.00438
1-5	0.6	1.20	1	0.72	0.005256
1-5	0.7	1.20	2	1.68	0.012264
1-5	0.75	1.20	1	0.9	0.00657
1-5	0.8	1.20	2	1.92	0.014016
1-5	0.9	1.20	3	3.24	0.023652
1-5	0.95	1.20	2	2.28	0.016644
1-5	1	1.20	7	8.4	0.06132
1-5	1.1	1.20	4	5.28	0.038544
1-5	1.2	1.20	1	1.44	0.010512
1-5	1.5	1.20	2	3.6	0.02628
					0.219438

PISO (UNID)	SANITARIO		LAVAMANOS		COCINA INTEGRAL		LAVADERO		PESO TOTAL Mg
	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	
1-5	0.03	6	0.015	6	0.12	3	0.06	3	0.81

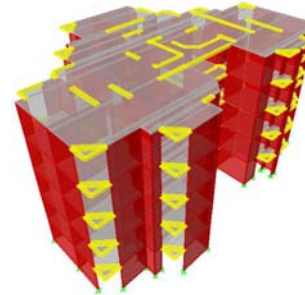
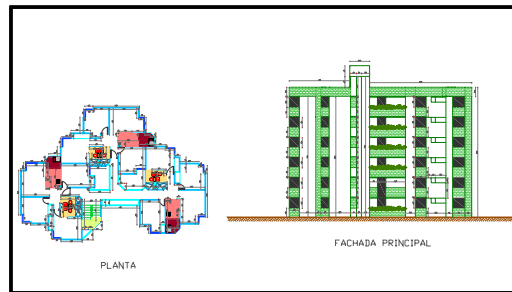
MASAS ESTRUCTURALES									

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	PESO PISO Mg
1	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	151.25
2	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	151.25
3	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	151.25
4	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	151.25
5	275.08	2.40	212.38	25.00	1.2	151.25

ENTREPISO

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	PESO PISO Mg
1-5	212.38	50.9712

EDIFICACIÓN 6



CALCULO DE MASAS TOTALES

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	50.9712	50.9712	50.9712	50.9712	50.9712	254.856	19.35387054
Muros Estructurales	151.24608	151.24608	151.24608	151.24608	151.24608	756.2304	57.42845082
Cubierta	0	0	0	0	3.1857	3.1857	0.241923382
Escaleras	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	5.52	0.419191094
Acabados	59.405954	59.405954	59.405954	59.405954	59.405954	297.02977	22.55656416
Masa Total	262.727234	262.727234	262.727234	262.727234	265.912934	1316.82187	100

ALTURA ENTREPISO	2.40 m
ALTURA TOTAL DEL EDIFICIO	12.00 m
PERIODO T_a (s)	0.32 s
VALOR ESPECTRO NSR-98 S_a	0.625
CORTANTE BASAL V_s	8073.76 KN

NIVEL	h _j (m)	m _j (Mg)	m _j (h _j) ^k	C _{vj} (KN)	F _j (KN)	V _j (KN)	X' (m)	Y' (m)	F*X' (KN m)	F*Y' (KN m)	ΣF*X' (KN m)	ΣF*Y' (KN m)	C _{vx} (m)	C _{vy} (m)
QUINTO	12	265.91	38291.46	0.458	3694.03	3694.03	11.00	7.39	40634.35	27298.90	40634.35	27298.90	11.00	7.39
CUARTO	9.6	262.73	24212.94	0.289	2335.86	6029.89	11.00	7.39	25694.43	17261.98	66328.78	44560.88	11.00	7.39
TERCERO	7.2	262.73	13619.78	0.163	1313.92	7343.81	11.00	7.39	14453.12	9709.87	80781.90	54270.75	11.00	7.39
SEGUNDO	4.8	262.73	6053.24	0.072	583.96	7927.77	11.00	7.39	6423.61	4315.50	87205.50	58586.24	11.00	7.39
PRIMERO	2.4	262.73	1513.31	0.018	145.99	8073.76	11.00	7.39	1605.90	1078.87	88811.40	59665.12	11.00	7.39
TOTALES	12	1316.82	83690.73	1.000	8073.76									

ANALISIS DINAMICO MODAL (ETABS)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PATICIPACION ACUMULADA		COEF. ACEL. ESPECTRAL	
			UX	UY	SumUX	SumUY	Sa NSR-98	Sa Zon1
1	0.145166	43.28	50.057	1.297	50.057	1.297	0.625	0.63
2	0.121325	51.79	4.860	65.210	54.918	66.508	0.625	0.63
3	0.109147	57.57	17.013	5.758	71.931	72.265	0.625	0.63
4	0.033498	187.57	15.960	0.707	87.891	72.972	0.625	0.41
5	0.02958	212.41	1.658	18.348	89.549	91.319	0.625	0.4
6	0.027032	232.44	2.721	1.366	92.270	92.685	0.625	0.39
7	0.015808	397.47	4.420	0.219	96.690	92.904	0.625	0.35
8	0.014406	436.15	0.376	4.563	97.066	97.467	0.625	0.35
9	0.013373	469.84	0.464	0.284	97.530	97.752	0.625	0.34
10	0.010535	596.41	1.698	0.068	99.227	97.820	0.625	0.33
11	0.009882	635.82	0.097	1.623	99.324	99.442	0.625	0.33
12	0.009346	672.29	0.117	0.072	99.441	99.514	0.625	0.33
13	0.0083	757.01	0.518	0.019	99.958	99.533	0.625	0.33
14	0.007962	789.15	0.028	0.450	99.986	99.983	0.625	0.33
15	0.007618	824.78	0.014	0.017	100.000	100.000	0.625	0.33

ANALISIS MODAL ESPECTRAL NORMA NSR-98

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0034	0.0014	0.0003	0.0037	0.0009	0.04	OK
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0015	0.0030	0.0002	0.0034	0.0008	0.03	OK
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0026	0.0010	0.0003	0.0028	0.0009	0.04	OK
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0011	0.0023	0.0001	0.0025	0.0008	0.03	OK
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0017	0.0007	0.0002	0.0018	0.0009	0.04	OK
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0007	0.0016	0.0001	0.0017	0.0008	0.03	OK
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0009	0.0004	0.0001	0.0010	0.0007	0.03	OK
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0004	0.0009	0.0000	0.0010	0.0007	0.03	OK
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0003	0.01	OK
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0001	0.0003	0.0000	0.0003	0.0003	0.01	OK

ANALISIS MODAL ESPECTRAL MICROZONIFICACION ZONA 1

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	ZONA1DERX	0.0034	0.0014	0.0003	0.0037	0.0009	0.04	OK
STORY5	D5	ZONA1DERY	0.0015	0.0030	0.0002	0.0034	0.0008	0.03	OK
STORY4	D4	ZONA1DERX	0.0026	0.0010	0.0003	0.0028	0.0009	0.04	OK
STORY4	D4	ZONA1DERY	0.0011	0.0023	0.0001	0.0025	0.0008	0.03	OK
STORY3	D3	ZONA1DERX	0.0017	0.0007	0.0002	0.0018	0.0009	0.04	OK
STORY3	D3	ZONA1DERY	0.0007	0.0016	0.0001	0.0017	0.0008	0.03	OK
STORY2	D2	ZONA1DERX	0.0009	0.0004	0.0001	0.0010	0.0007	0.03	OK
STORY2	D2	ZONA1DERY	0.0004	0.0009	0.0000	0.0010	0.0007	0.03	OK
STORY1	D1	ZONA1DERX	0.0003	0.0001	0.0000	0.0003	0.0003	0.01	OK
STORY1	D1	ZONA1DERY	0.0001	0.0003	0.0000	0.0003	0.0003	0.01	OK

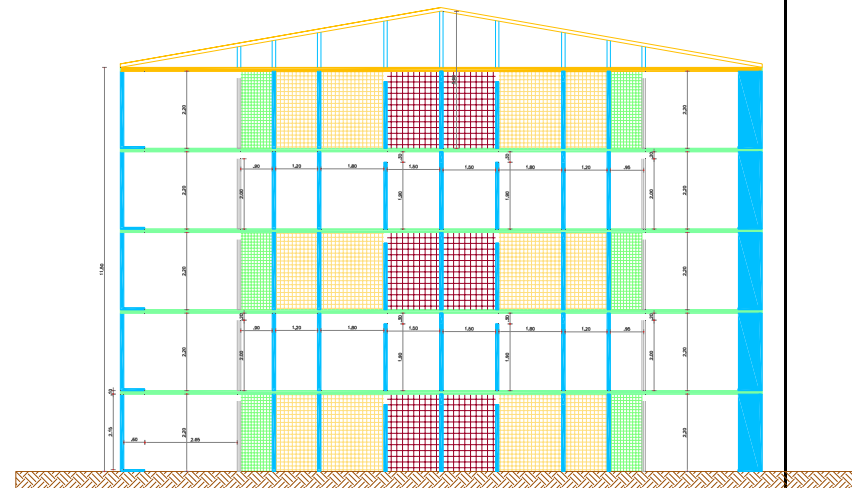
ANALISIS ESTATICO METODO FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE (FHE)

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	FHEDERX	0.0130	0.0029	0.0004	0.0133	0.0034	0.14	OK
STORY5	D5	FHEDERY	0.0037	0.0102	0.0000	0.0109	0.0028	0.12	OK
STORY4	D4	FHEDERX	0.0097	0.0021	0.0003	0.0099	0.0034	0.14	OK
STORY4	D4	FHEDERY	0.0027	0.0076	0.0000	0.0081	0.0027	0.11	OK
STORY3	D3	FHEDERX	0.0064	0.0014	0.0002	0.0066	0.0031	0.13	OK
STORY3	D3	FHEDERY	0.0018	0.0051	0.0000	0.0054	0.0025	0.11	OK
STORY2	D2	FHEDERX	0.0034	0.0008	0.0001	0.0035	0.0024	0.10	OK
STORY2	D2	FHEDERY	0.0010	0.0027	0.0000	0.0029	0.0019	0.08	OK
STORY1	D1	FHEDERX	0.0011	0.0003	0.0000	0.0011	0.0011	0.05	OK
STORY1	D1	FHEDERY	0.0003	0.0009	0.0000	0.0009	0.0009	0.04	OK

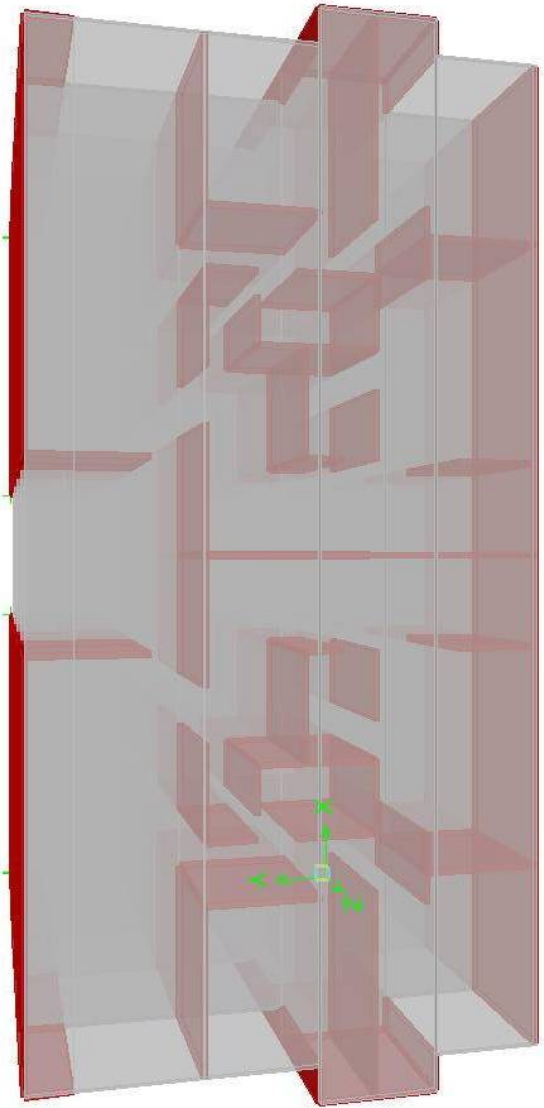
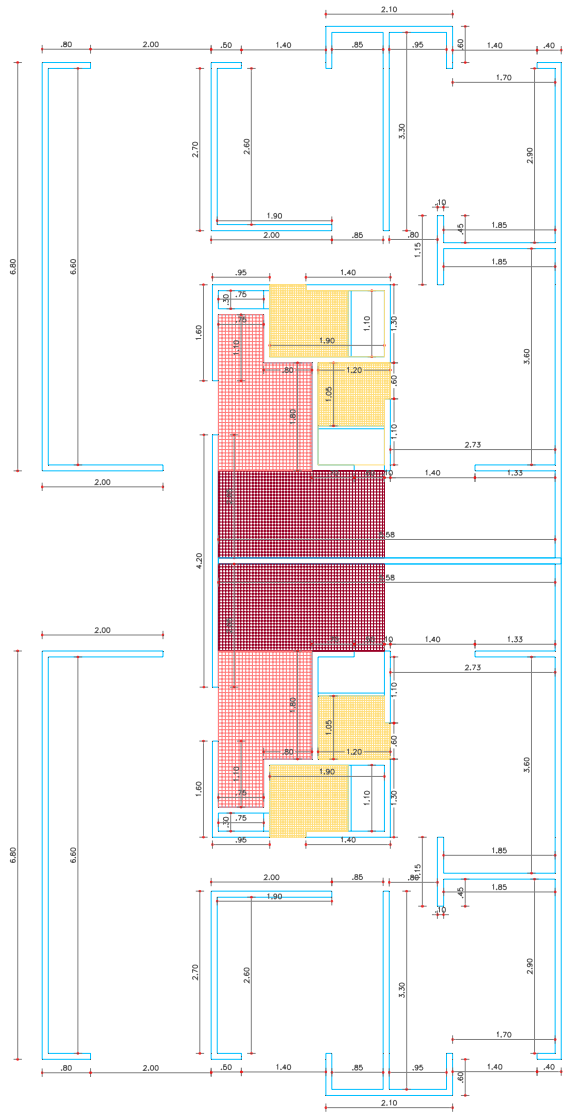


EDIFICACIÓN 7

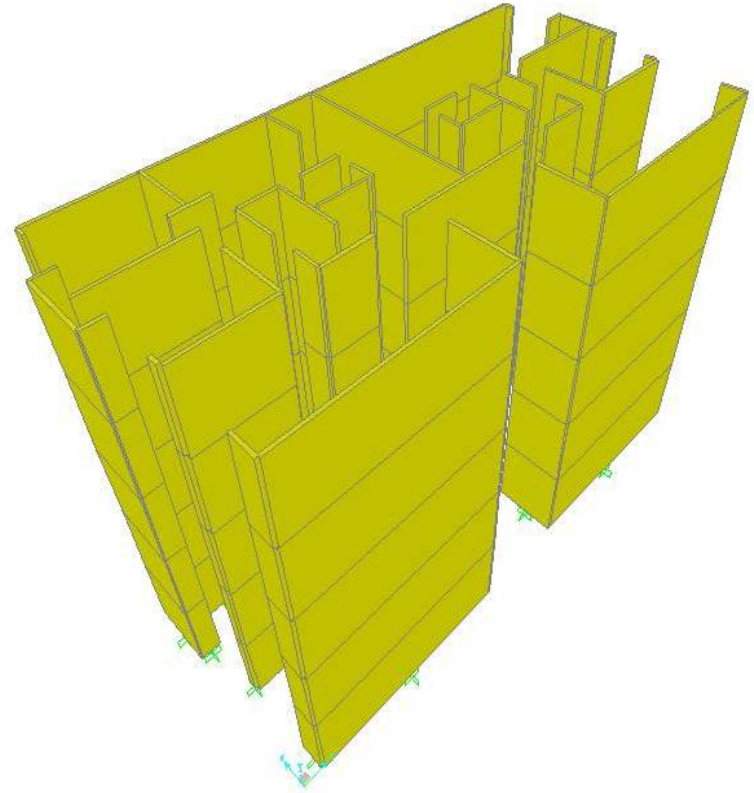
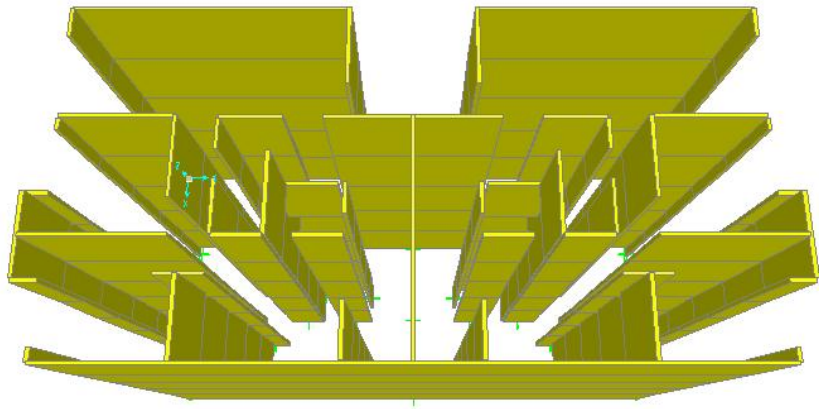
FACHADA Y PERFIL AUTOCAD



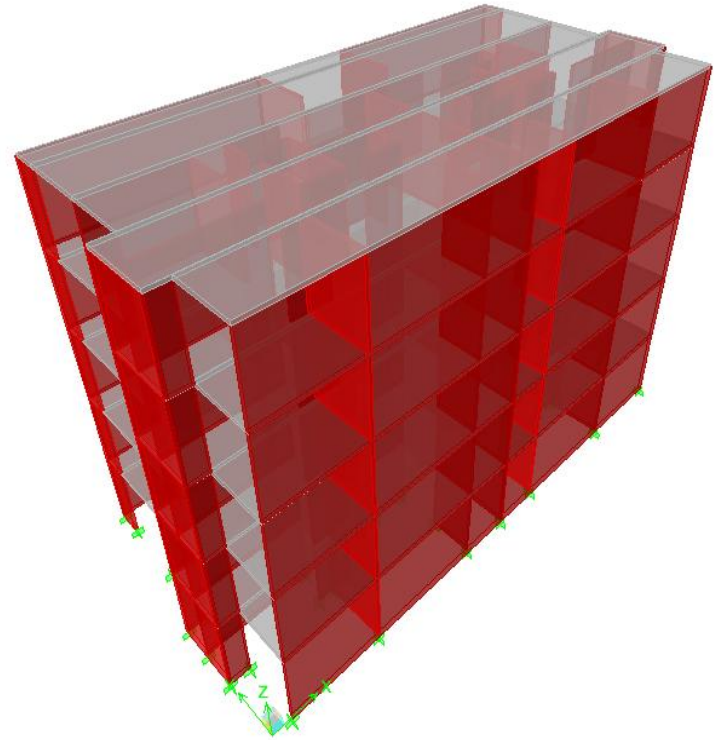
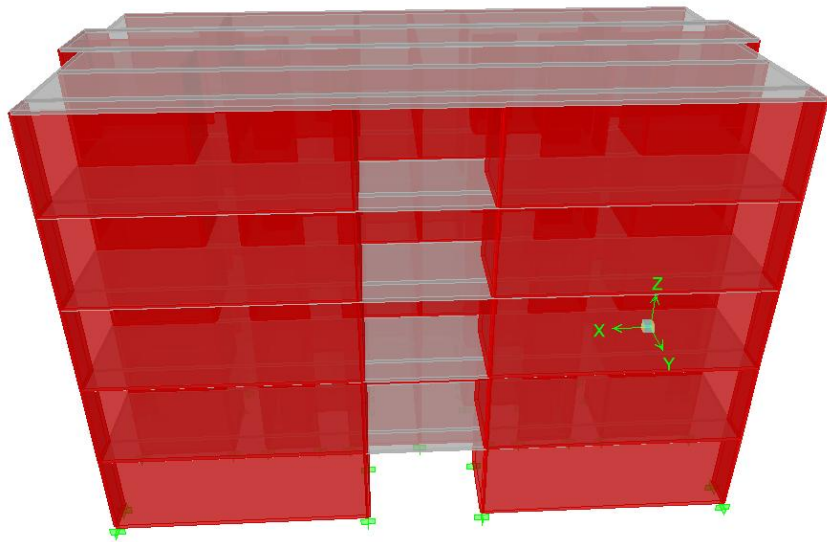
VISTA EN PLANTA



MODELAMIENTO SAP 2000 V 10.0.1

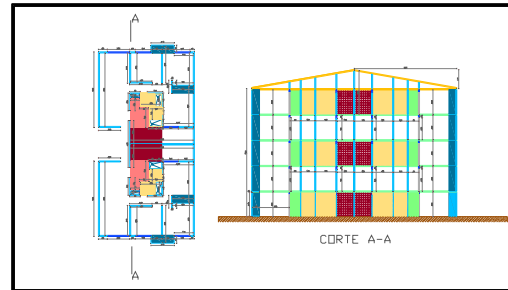


MODELAMIENTO ETABS 8.2.4



EDIFICACIÓN 7

ESPECIFICACIONES		
No. PISOS	5	Unid.
Dimension Muros	0.1	m
Area Piso Tipo	133.20	m ²
Perimetro Piso tipo	186.91	m
Altura Entrepiso	2.4	m



PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	FRISO Mg
1	186.91	2.40	133.20	14.00	2	26.50
2	186.91	2.40	133.20	14.00	2	26.50
3	186.91	2.40	133.20	14.00	2	26.50
4	186.91	2.40	133.20	14.00	2	26.50
5	186.91	2.40	133.20	14.00	2	26.50

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	MORTERO NIVELACION Mg
1	133.20	5.59
2	133.20	5.59
3	133.20	5.59
4	133.20	5.59
5	133.20	5.59

CUBIERTA		
PISO	AREA	PESO NETO
5	133.20	1.998

ESCALERAS		
PISO	VOLUMEN	PESO NETO
1-5	1.05	2.52

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	ENCHAPE PISO Mg
1	133.20	2.2644
2	133.20	2.2644
3	133.20	2.2644
4	133.20	2.2644
5	133.20	2.2644

PISO (UNID)	Perim. Baño m	ALTURA PISO m	ENCHAPE BAÑO Mg
1	24	2.40	0.9792
2	24	2.40	0.9792
3	24	2.40	0.9792
4	24	2.40	0.9792
5	24	2.40	0.9792

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA PUERTA m	VOLUMEN PUERTA m ³	No. PUERTAS (UNID)	VOLUMEN TOTAL m ³	PESO PUERTAS Mg
1-5	0.6	2.00	0.36	4	1.44	0.72
1-5	0.8	2.00	0.48	6	2.88	1.44
						2.16

PISO (UNID)	LONGITUD m	ALTURA VENTANA m	No. VENTANAS (UNID)	AREA TOTAL m ²	PESO VENTANA Mg
1-5	0.3	2.00	2	1.2	0.00876
1-5	0.5	2.00	2	2	0.0146
1-5	1.4	2.00	6	16.8	0.12264
1-5	2	2.00	2	8	0.0584
					0.2044

PISO (UNID)	SANITARIO		LAVAMANOS		COCINA INTEGRAL		LAVADERO		PESO TOTAL Mg
	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	Peso	Cant.	
1-5	0.03	4	0.015	4	0.12	2	0.06	2	0.54

MASAS ESTRUCTURALES									

PISO (UNID)	PERIMETRO MUROS m	ALTURA PISO m	AREA PISO (m ²)	PERIMETRO VENTANA MURO m	ALTURA VENTANA m	PESO PISO Mg
1	186.91	2.40	133.20	14.00	2	100.94
2	186.91	2.40	133.20	14.00	2	100.94
3	186.91	2.40	133.20	14.00	2	100.94
4	186.91	2.40	133.20	14.00	2	100.94
5	186.91	2.40	133.20	14.00	2	100.94

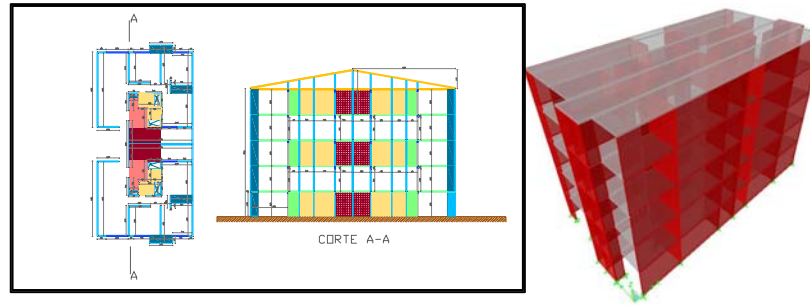
ENTREPISO

PISO (UNID)	AREA PISO (m ²)	PESO PISO Mg
1-5	133.20	31.968

CALCULO DE MASAS TOTAL

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	31.968	31.968	31.968	31.968	31.968	159.84	18.36534715
Muros Estructurales	100.94	100.94	100.94	100.94	100.94	504.70	57.989273
Cubierta	0	0	0	0	1.998	2.00	0.229566839
Escaleras	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	13	1.447718806
Acabados	38.24	38.24	38.24	38.24	38.24	191.20	21.96809421
Masa Total	173.667352	173.667352	173.667352	173.667352	175.665352	870.335	100

EDIFICACIÓN 7



CALCULO DE MASAS TOTALES

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	31.968	31.968	31.968	31.968	31.968	159.84	18.36534715
Muros Estructurales	100.94016	100.94016	100.94016	100.94016	100.94016	504.7008	57.989273
Cubierta	0	0	0	0	1.998	1.998	0.229566839
Escaleras	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	12.6	1.447718806
Acabados	38.239192	38.239192	38.239192	38.239192	38.239192	191.19596	21.96809421
Masa Total	173.667352	173.667352	173.667352	173.667352	175.665352	870.33476	100

ALTURA ENTREPISO	2.40 m
ALTURA TOTAL DEL EDIFICIO	12.00 m
PERIODO Ta (s)	0.32 s
VALOR ESPECTRO NSR-98 Sa	0.625
CORTANTE BASAL Vs	5336.24 KN

NIVEL	h _j (m)	m _j (Mg)	m _j (h _j) ^k	C _{vj} (KN)	F _j (KN)	V _j (KN)	X' (m)	Y' (m)	F*X' (KN m)	F*Y' (KN m)	ΣF*X' (KN m)	ΣF*Y' (KN m)	C _{vx} (m)	C _{vy} (m)
QUINTO	12	175.67	25295.81	0.457	2440.71	2440.71	8.85	4.23	21600.24	10324.18	21600.24	10324.18	8.85	4.23
CUARTO	9.6	173.67	16005.18	0.289	1544.28	3984.99	8.85	4.23	13666.92	6532.33	35267.17	16856.51	8.85	4.23
TERCERO	7.2	173.67	9002.92	0.163	868.66	4853.65	8.85	4.23	7687.64	3674.43	42954.81	20530.94	8.85	4.23
SEGUNDO	4.8	173.67	4001.30	0.072	386.07	5239.72	8.85	4.23	3416.73	1633.08	46371.54	22164.02	8.85	4.23
PRIMERO	2.4	173.67	1000.32	0.018	96.52	5336.24	8.85	4.23	854.18	408.27	47225.72	22572.30	8.85	4.23
TOTALES	12	870.33	55305.53	1.000	5336.24									

ANALISIS DINAMICO MODAL (ETABS)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PATICIPACION ACUMULADA		COEF. ACEL. ESPECTRAL	
			UX	UY	SumUX	SumUY	Sa NSR-98	Sa Zon2
1	0.137866	45.57	0.000	73.633	0.000	73.633	0.625	0.9
2	0.107059	58.69	10.916	0.000	10.916	73.633	0.625	0.9
3	0.068806	91.32	65.438	0.000	76.354	73.633	0.625	0.9
4	0.036093	174.08	0.000	18.229	76.354	91.862	0.625	0.76093
5	0.02859	219.77	2.043	0.000	78.397	91.862	0.625	0.6859
6	0.020695	303.61	15.566	0.000	93.962	91.862	0.625	0.60695
7	0.01747	359.66	0.000	5.331	93.962	97.193	0.625	0.5747
8	0.01465	428.89	0.154	0.000	94.116	97.193	0.625	0.5465
9	0.011504	546.18	0.000	2.142	94.116	99.335	0.625	0.51504
10	0.011115	565.29	3.926	0.000	98.042	99.335	0.625	0.51115
11	0.010195	616.30	0.040	0.000	98.082	99.335	0.625	0.50195
12	0.008924	704.08	0.000	0.665	98.082	100.000	0.625	0.48924
13	0.008225	763.91	0.000	0.000	98.082	100.000	0.625	0.48225
14	0.007982	787.17	1.458	0.000	99.540	100.000	0.625	0.47982
15	0.006527	962.65	0.460	0.000	100.000	100.000	0.625	0.46527

ANALISIS ESTATICO NO LINEAL (SAP2000)

Mode	Period	Frecuencia Angular	% PARTICIPACION MASA		PATICIPACION ACUMULADA	
			UX	UY	SumUX	SumUY
1	0.265359	23.68	0.695	0.000	0.695	0.000
2	0.140023	44.87	0.000	0.163	0.695	0.163
3	0.081857	76.76	0.000	0.598	0.695	0.761
4	0.055692	112.82	0.217	0.000	0.912	0.761
5	0.034319	183.08	0.000	0.039	0.912	0.800
6	0.025226	249.08	0.060	0.000	0.972	0.800
7	0.025143	249.90	0.000	0.144	0.972	0.944
8	0.024291	258.66	0.000	0.000	0.972	0.944
9	0.024291	258.66	0.000	0.000	0.972	0.944
10	0.024241	259.20	0.000	0.000	0.972	0.944
11	0.023728	264.80	0.000	0.000	0.972	0.944
12	0.023728	264.80	0.000	0.000	0.972	0.944
13	0.023407	268.43	0.000	0.000	0.972	0.944
14	0.023407	268.43	0.000	0.000	0.972	0.944
15	0.023236	270.41	0.000	0.000	0.972	0.944

ANALISIS MODAL ESPECTRAL NORMA NSR-98

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0010	0.0013	0.0002	0.0016	0.0004	0.01	OK
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0003	0.0042	0.0001	0.0042	0.0009	0.04	OK
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0008	0.0010	0.0001	0.0013	0.0004	0.01	OK
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0002	0.0033	0.0000	0.0033	0.0010	0.04	OK
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0006	0.0007	0.0001	0.0009	0.0004	0.02	OK
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0002	0.0023	0.0000	0.0023	0.0010	0.04	OK
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0003	0.0004	0.0001	0.0005	0.0004	0.01	OK
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0001	0.0013	0.0000	0.0013	0.0009	0.04	OK
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.01	OK
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0000	0.0004	0.0000	0.0004	0.0004	0.02	OK

ANALISIS MODAL ESPECTRAL MICROZONIFICACION ZONA 2

Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	ZONA2DERX	0.0014	0.0018	0.0002	0.0023	0.0005	0.02	OK
STORY5	D5	ZONA2DERY	0.0004	0.0061	0.0001	0.0061	0.0014	0.06	OK
STORY4	D4	ZONA2DERX	0.0011	0.0014	0.0002	0.0018	0.0005	0.02	OK
STORY4	D4	ZONA2DERY	0.0003	0.0047	0.0001	0.0047	0.0014	0.06	OK
STORY3	D3	ZONA2DERX	0.0008	0.0010	0.0001	0.0013	0.0005	0.02	OK
STORY3	D3	ZONA2DERY	0.0002	0.0033	0.0000	0.0033	0.0014	0.06	OK
STORY2	D2	ZONA2DERX	0.0005	0.0006	0.0001	0.0008	0.0005	0.02	OK
STORY2	D2	ZONA2DERY	0.0001	0.0019	0.0000	0.0019	0.0013	0.05	OK
STORY1	D1	ZONA2DERX	0.0002	0.0002	0.0000	0.0003	0.0003	0.01	OK
STORY1	D1	ZONA2DERY	0.0001	0.0006	0.0000	0.0006	0.0006	0.03	OK

ANALISIS ESTATICO METODO FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE (FHE)

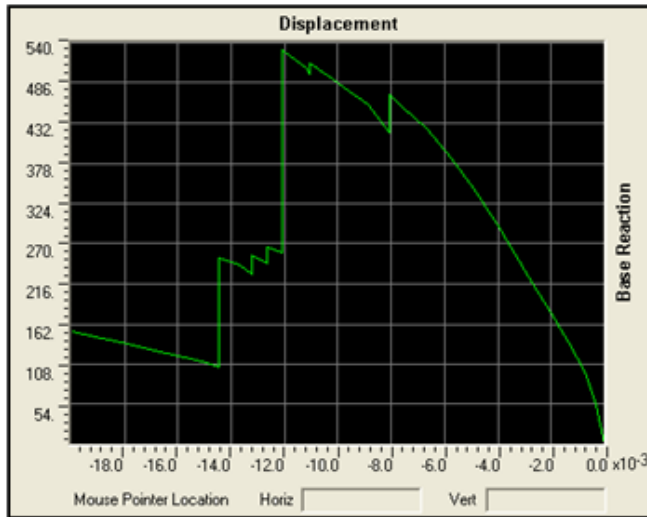
Story	Diaphragm	Load	UX	UY	RZ	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)	CUMPLE
STORY5	D5	FHEDERX	0.0042	0.0038	-0.0004	0.0057	0.0013	0.06	OK
STORY5	D5	FHEDERY	0.0013	0.0126	-0.0001	0.0127	0.0029	0.12	OK
STORY4	D4	FHEDERX	0.0032	0.0029	-0.0003	0.0043	0.0013	0.06	OK
STORY4	D4	FHEDERY	0.0010	0.0097	-0.0001	0.0098	0.0031	0.13	OK
STORY3	D3	FHEDERX	0.0022	0.0020	-0.0002	0.0030	0.0013	0.05	OK
STORY3	D3	FHEDERY	0.0007	0.0066	-0.0001	0.0066	0.0030	0.13	OK
STORY2	D2	FHEDERX	0.0013	0.0011	-0.0001	0.0017	0.0011	0.04	OK
STORY2	D2	FHEDERY	0.0004	0.0036	0.0000	0.0036	0.0024	0.10	OK
STORY1	D1	FHEDERX	0.0005	0.0004	0.0000	0.0006	0.0006	0.03	OK
STORY1	D1	FHEDERY	0.0001	0.0012	0.0000	0.0012	0.0012	0.05	OK

ANÁLISIS PUSHOVER

NIVEL DE COMPORTAMIENTO MODELO EDIFICACIÓN 7					
Aa (g)		V (kN)	D (m)	Numero de Rotulas	Estado de Rotulas
0.25	x Push 2	N.A	N.A	470	
	y Push 3	2611.32	-3.16E-03	470	
0.2	x Push 2	N.A	N.A	470	
	y Push 3	2089.06	-2.53E-03	470	
0.15	x Push 2	N.A	N.A	470	
	y Push 3	1566.79	-1.90E-03	470	
0.1	x Push 2	N.A	N.A	470	
	y Push 3	1044.53	-1.27E-03	470	
0.05	x Push 2	379.3	-5.62E-03	470	
	y Push 3	522.26	-6.32E-04	470	
0.02	x Push 2	136.97	-1.36E-03	470	
	y Push 3	208.91	-2.53E-04	470	

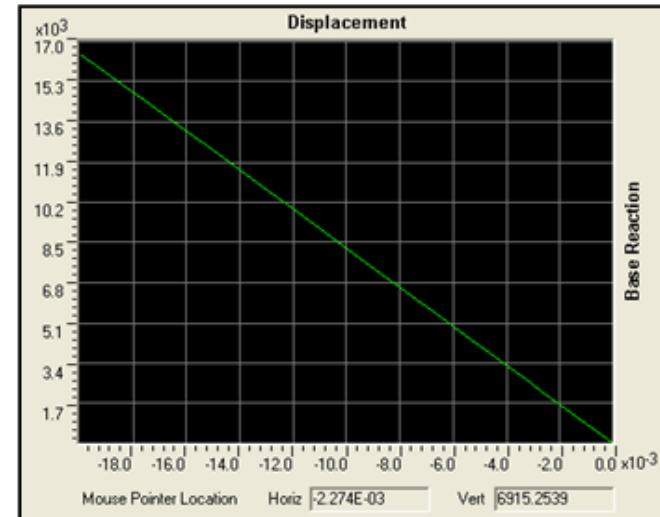
PUSH 2

Resultante Base Shear vs monitored Displacement

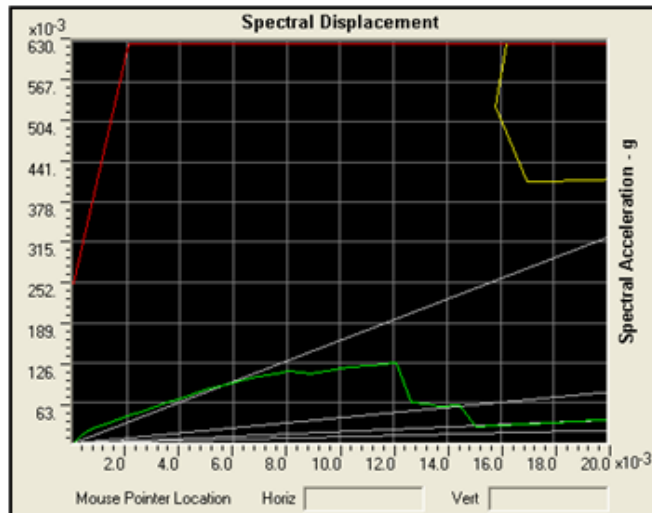


PUSH 3

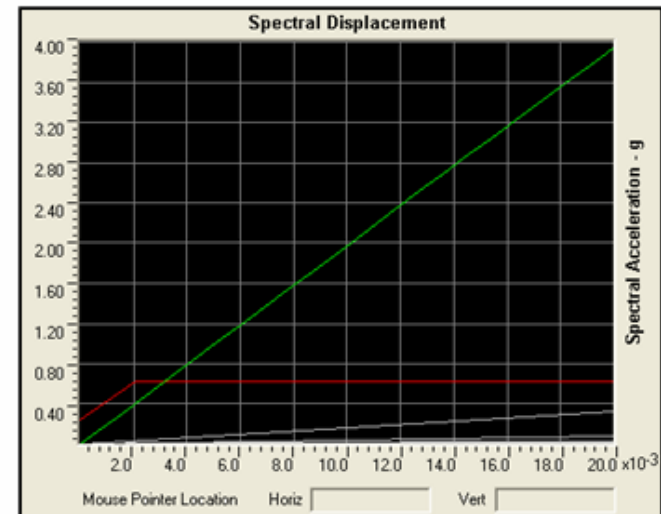
Resultante Base Shear vs monitored Displacement

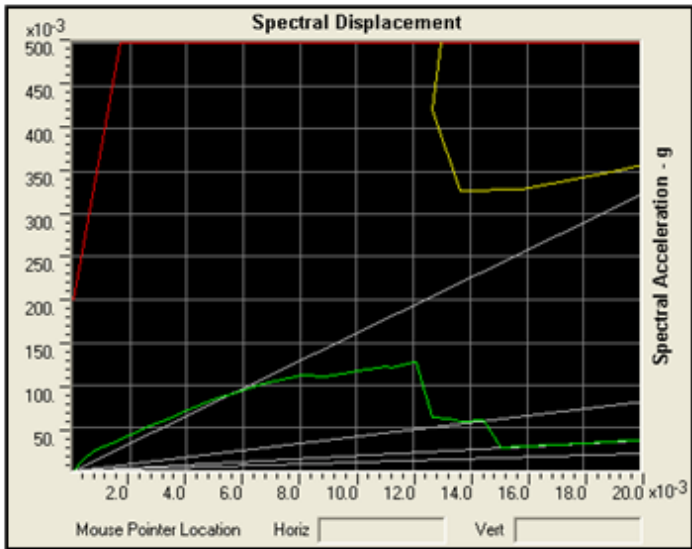


CAPACIDAD ESPECTRO ATC - 40

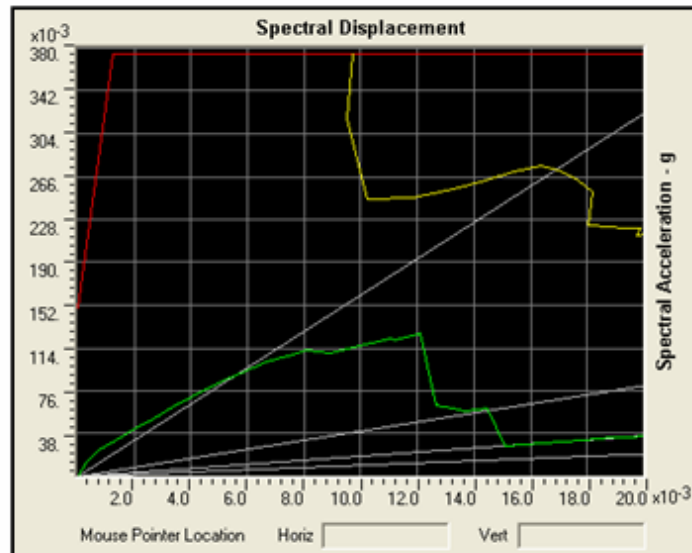
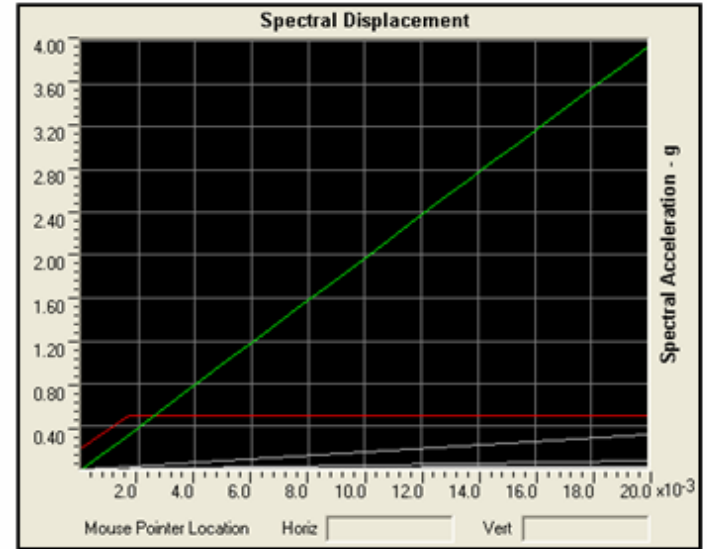


$A_a = 0.25$

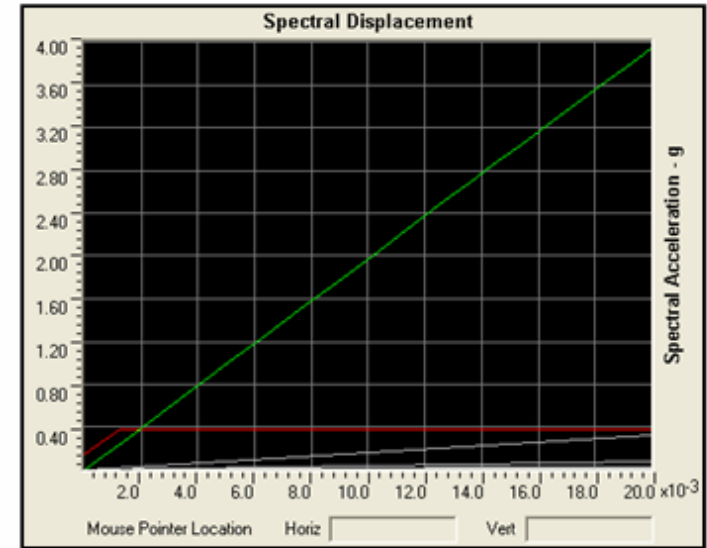


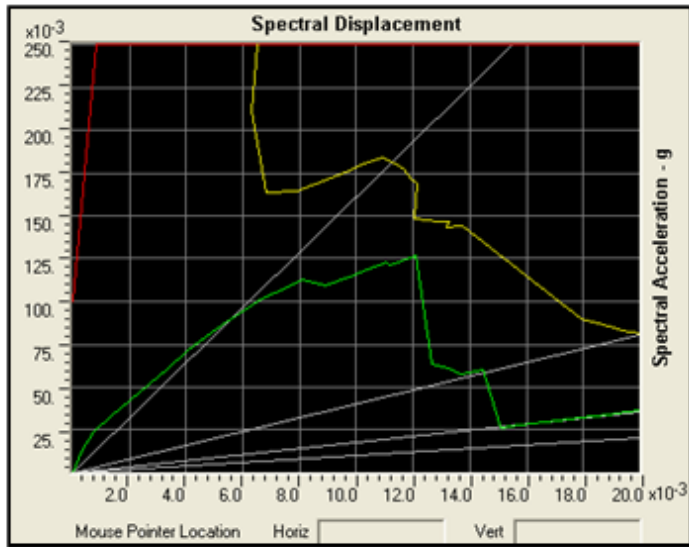


$A_a = 0.20$

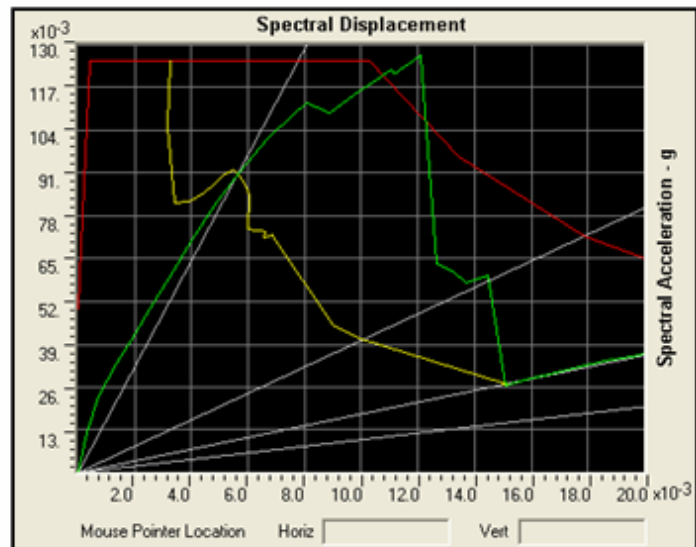
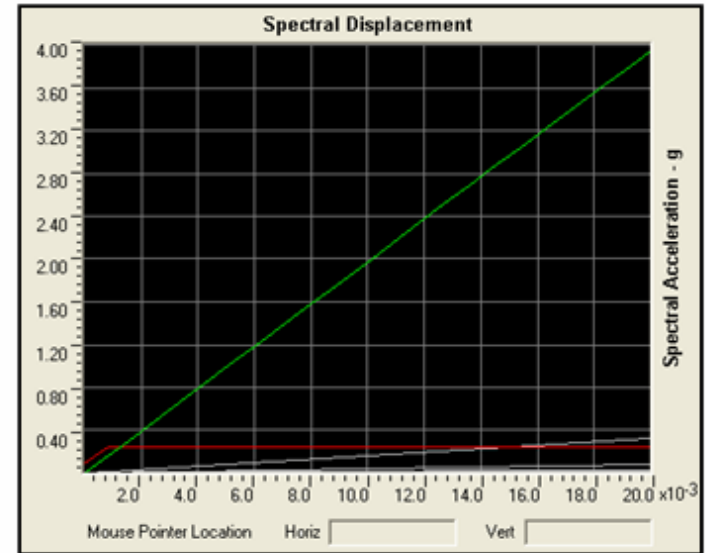


$A_a = 0.15$

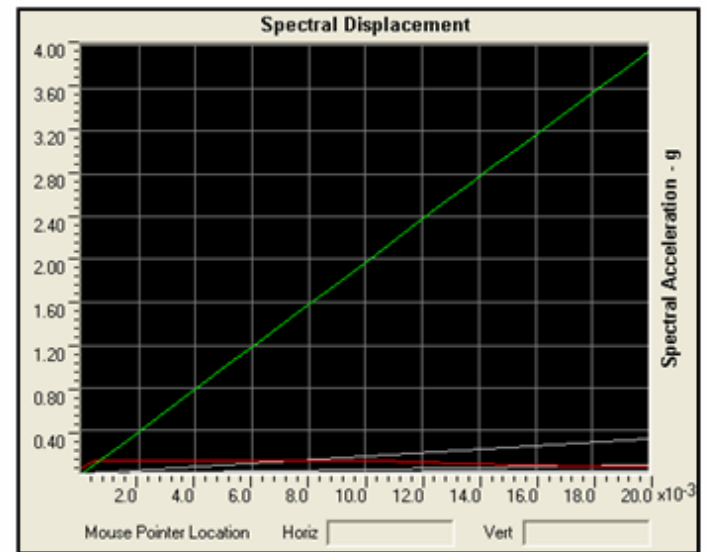


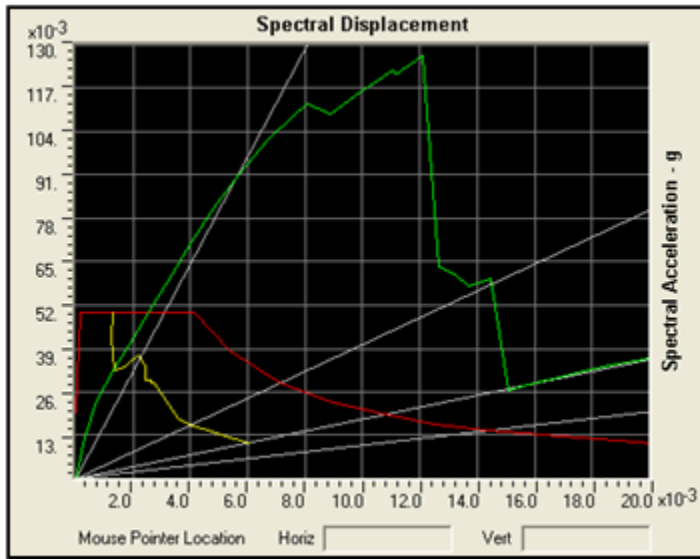


$A_a = 0.10$

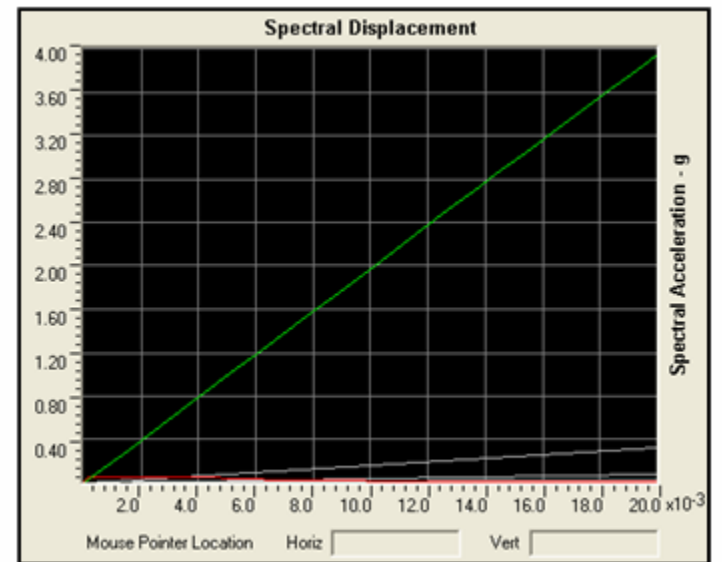


$A_a = 0.05$





$A_a = 0.02$



Anexo 2

ANÁLISIS ESTRUCTURAL MASAS

ANÁLISIS ESTRUCTURAL MASAS

(Unidad Mg)

Tabla 20- Porcentaje de Masas Torres de Ladera.

% MASAS EDIFICIOS							
Ladera							
ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	33.37056	33.37056	33.37056	33.37056	33.37056	166.85	18.56960753
Muros Estructurales	107.53	107.53	107.53	107.53	107.53	537.64	59.8355801
Cubierta	0	0	0	0	1.73805	1.74	0.193433412
Escaleras	4	4	4	4	4	21	2.310450003
Acabados	34.31	34.31	34.31	34.31	34.31	171.54	19.09092896
Masa Total	179.357642	179.357642	179.357642	179.357642	181.095692	898.526	100

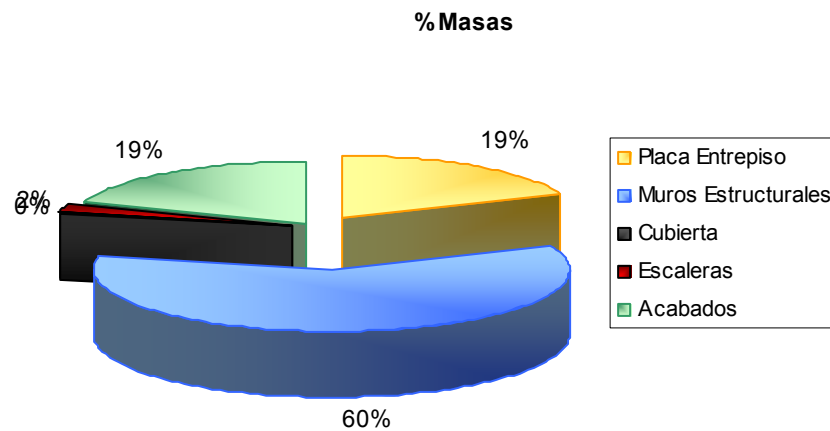


Figura 30- Porcentajes de Masas Torres de Ladera.

Tabla 20- Porcentaje de Masas Torres de Aragón.

Aragon							
ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	31.0464	31.0464	31.0464	31.0464	31.0464	155.23	18.75022535
Muros Estructurales	93.01	93.01	93.01	93.01	93.01	465.04	56.17182537
Cubierta	0	0	0	0	1.9404	1.94	0.234377817
Escaleras	2	2	2	2	2	10	1.222040429
Acabados	39.11	39.11	39.11	39.11	39.11	195.56	23.62153104
Masa Total	165.19073	165.19073	165.19073	165.19073	167.13113	827.894	100

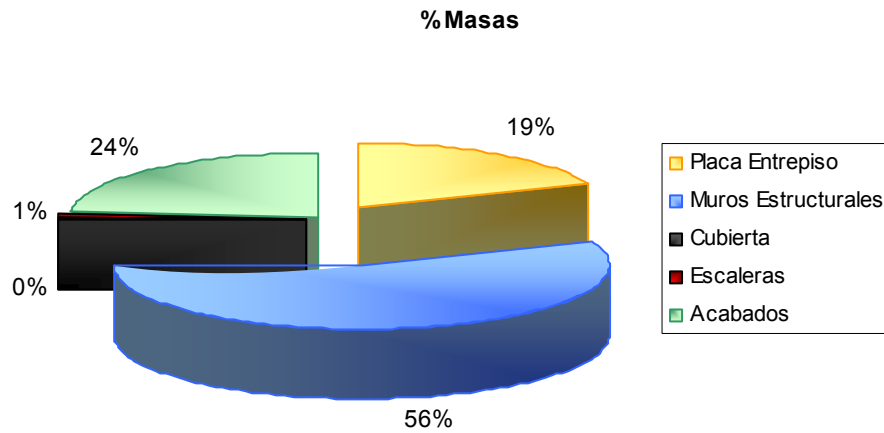


Figura 30- Porcentajes de Masas Torres de Aragón.

Tabla 20- Porcentaje de Masas Torres de Alejandría 1 Apto.

Alejandría 1 Apto

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	14.616	14.616	14.616	14.616	14.616	73.08	17.54892519
Muros Estructurales	44.16	44.16	44.16	44.16	44.16	220.82	53.02541741
Cubierta	0	0	0	0	0.9135	0.91	0.219361565
Escaleras	7	7	7	7	7	34	8.068471353
Acabados	17.61	17.61	17.61	17.61	17.61	88.03	21.13782448
Masa Total	83.104452	83.104452	83.104452	83.104452	84.017952	416.436	100

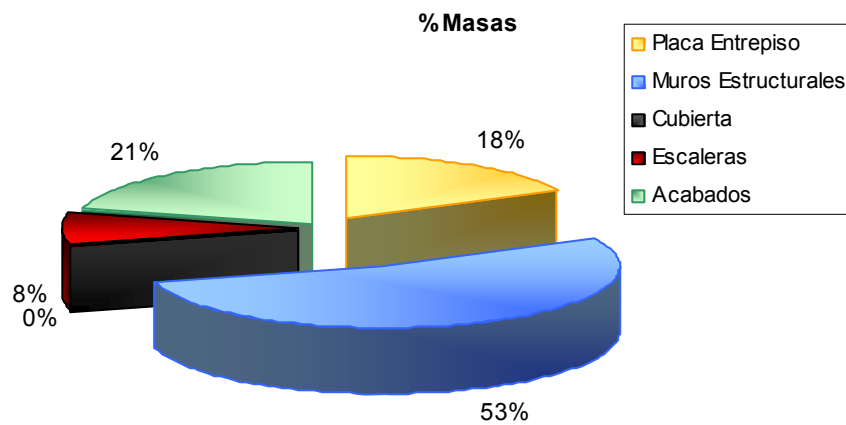


Figura 30- Porcentajes de Masas Torres de Alejandría 1 Apto.

Tabla 20- Porcentaje de Masas Torres de Alejandría 2 Apto.

Alejandría 2 Apto

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	28.2096	28.2096	28.2096	28.2096	28.2096	141.05	18.45899833
Muros Estructurales	82.38	82.38	82.38	82.38	82.38	411.92	53.9080017
Cubierta	0	0	0	0	1.7631	1.76	0.230737479
Escaleras	7	7	7	7	7	34	4.397243093
Acabados	35.16	35.16	35.16	35.16	35.16	175.78	23.00501939
Masa Total	152.470407	152.470407	152.470407	152.470407	154.233507	764.115	100

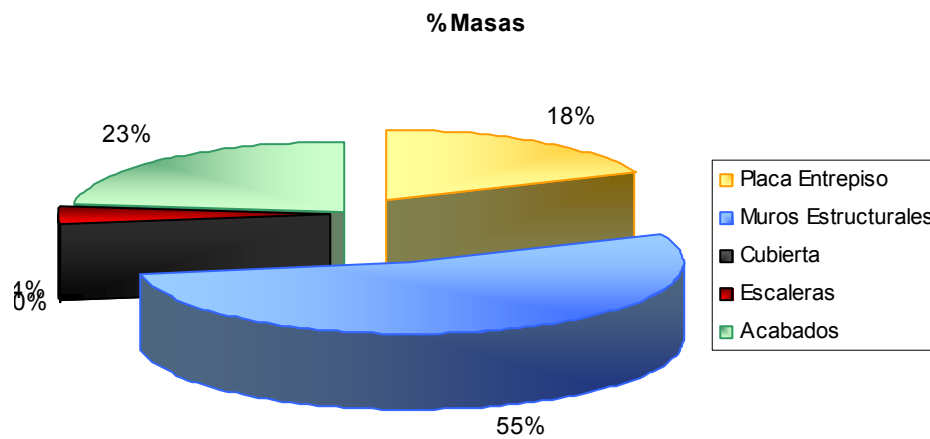


Figura 30- Porcentajes de Masas Torres de Alejandría 2 Apto.

Tabla 20- Porcentaje de Masas Minuto de Dios.

Minuto

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	50.9712	50.9712	50.9712	50.9712	50.9712	254.86	19.35387054
Muros Estructurales	151.25	151.25	151.25	151.25	151.25	756.23	57.42845082
Cubierta	0	0	0	0	3.1857	3.19	0.241923382
Escaleras	1	1	1	1	1	6	0.419191094
Acabados	59.41	59.41	59.41	59.41	59.41	297.03	22.55656416
Masa Total	262.727234	262.727234	262.727234	262.727234	265.912934	1316.822	100

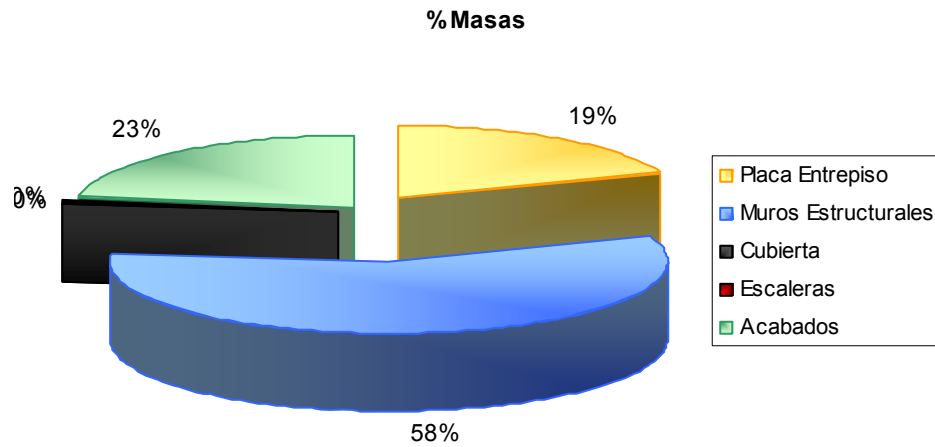


Figura 30- Porcentajes de Masas Minuto de Dios

Tabla 20- Porcentaje de Masas La Calleja.

Calleja

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	17.568	17.568	17.568	17.568	17.568	87.84	17.39308677
Muros Estructurales	57.79	57.79	57.79	57.79	57.79	288.93	57.21089973
Cubierta	0	0	0	0	1.098	1.10	0.217413585
Escaleras	3	3	3	3	3	13	2.518671035
Acabados	22.89	22.89	22.89	22.89	22.89	114.44	22.65992888
Masa Total	100.786048	100.786048	100.786048	100.786048	101.884048	505.028	100

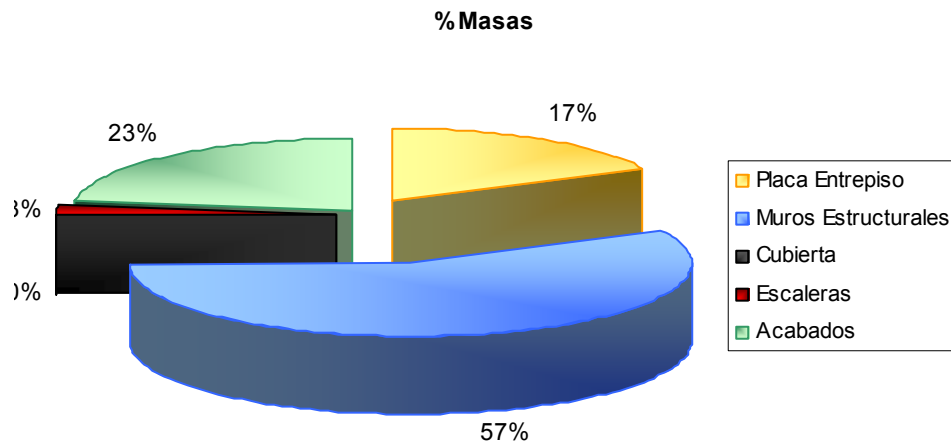


Figura 30- Porcentajes de Masas La Calleja.

Tabla 20- Porcentaje de Masas Palermo.

Palermo

ELEMENTO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO	MASA	% MASA TOTAL
Placa Entrepiso	31.968	31.968	31.968	31.968	31.968	159.84	18.36534715
Muros Estructurales	100.94	100.94	100.94	100.94	100.94	504.70	57.989273
Cubierta	0	0	0	0	1.998	2.00	0.229566839
Escaleras	3	3	3	3	3	13	1.447718806
Acabados	38.24	38.24	38.24	38.24	38.24	191.20	21.96809421
Masa Total	173.667352	173.667352	173.667352	173.667352	175.665352	870.335	100

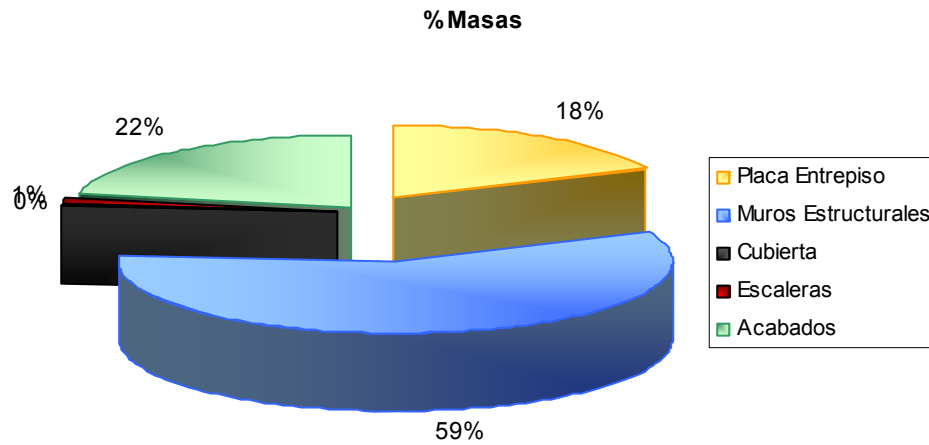


Figura 30- Porcentajes de Masas Palermo.

Anexo 3

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DERIVA – INDICE DE MURO

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DERIVA – INDICE DE MURO

Tabla 20- Índice de Muro para cada Edificaciones.

EDIFICACION	INDICE MURO CARGA	INDICE MURO RIGIDEZ
ALEJANDRIA 2 APTO	0.061425898	0.024247065
ALEJANDRIA 1 APTO	0.056978654	0.029556665
PALERMO	0.046771772	0.027627628
LA CALLEJA	0.046039743	0.034144976
LADERA	0.058341244	0.025804781
ARAGON	0.03749227	0.024196042
MINUTO	0.033760241	0.030652604

Tabla 20- Derivas Análisis Modal NSR 98.

EDIFICACION	ANÁLISIS MODAL NSR 98	
	DERIVA MAX CARGA (mm)	DERIVA MAX RIGIDEZ (mm)
ALEJANDRIA 2 APTO	14.7	3.9
ALEJANDRIA 1 APTO	17.5	6.7
PALERMO	4.2	4.2
LA CALLEJA	6.9	1.6
LADERA	13.6	2.5
ARAGON	11.6	2.2
MINUTO	3.4	3

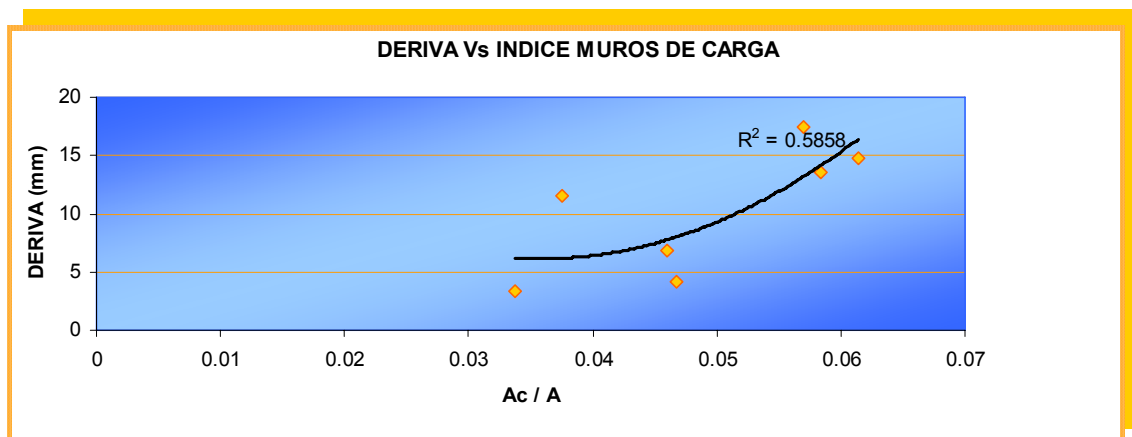


Figura 31- Deriva Vs Índice Muro de Carga (NSR 98).

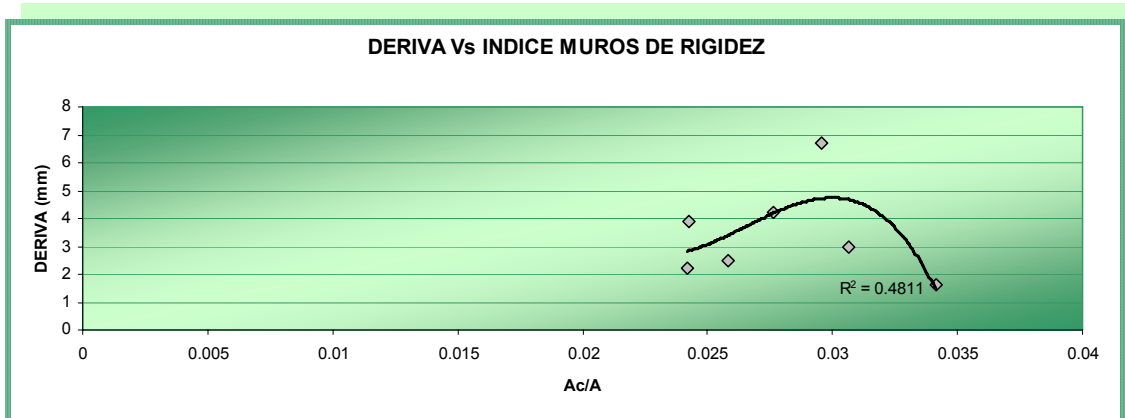


Figura 31- Deriva Vs Índice Muro de Rigidez (NSR 98).

Tabla 20- Derivas Análisis Modal Zona 2.

EDIFICACION	ANÁLISIS MODAL MICROZONIFICACION ZONA 2	
	DERIVA MAX CARGA (mm)	DERIVA MAX RIGIDEZ (mm)
ALEJANDRIA 2 APTO	21.1	5.6
ALEJANDRIA 1 APTO	25	18.1
PALERMO	6.1	6.1
LA CALLEJA	9.8	3.5
LADERA	19.6	3.6
ARAGON	16.6	3.1
MINUTO	3.4	3

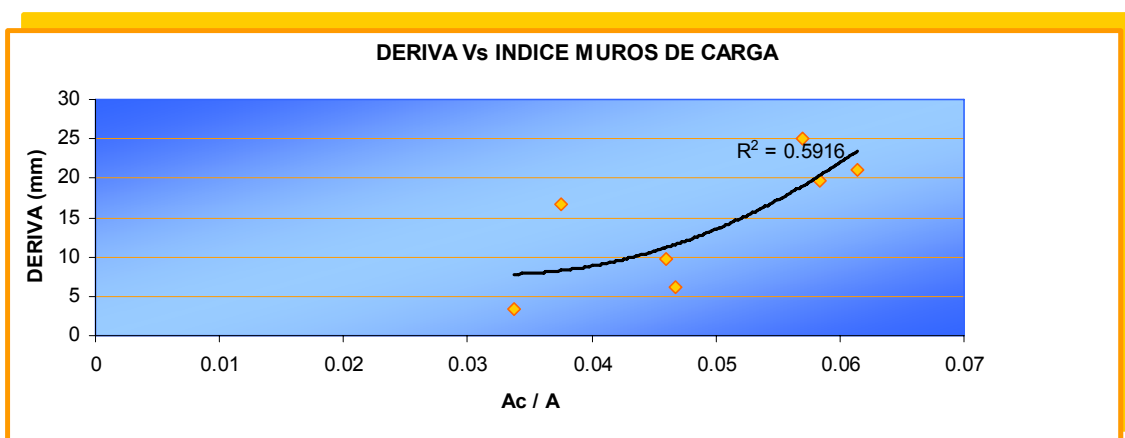


Figura 31- Deriva Vs Índice Muro de Carga (Zona 2).

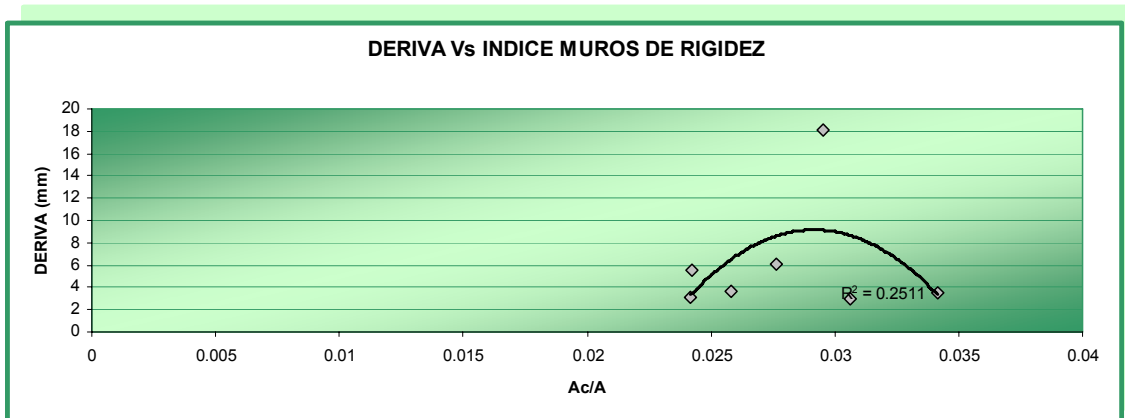


Figura 31- Deriva Vs Índice Muro de Rigidez (Zona 2).

Tabla 20- Derivas Análisis FHE.

EDIFICACION	ANÁLISIS FHE	
	DERIVA MAX CARGA (mm)	DERIVA MAX RIGIDEZ (mm)
ALEJANDRIA 2 APTO	31.2	8.2
ALEJANDRIA 1 APTO	43.1	43.1
PALERMO	12.6	4.2
LA CALLEJA	20.1	8.2
LADERA	40.5	7.5
ARAGON	37.7	6.7
MINUTO	13	10.2

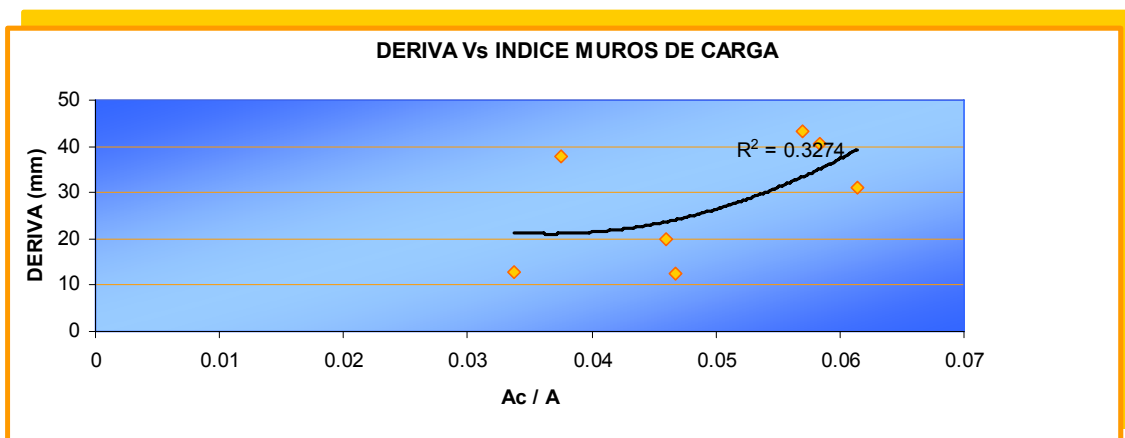


Figura 31- Deriva Vs Índice Muro de Carga (FHE).

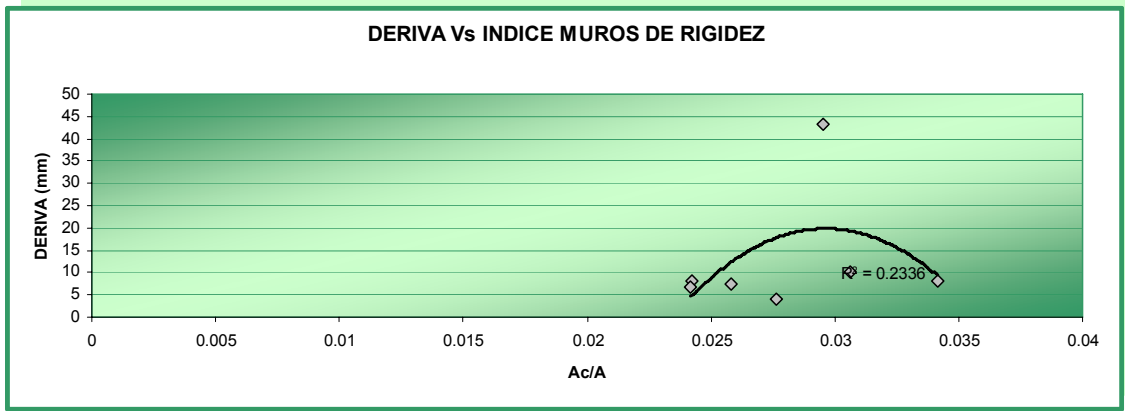


Figura 31- Deriva Vs Índice Muro de Rigidez (FHE).

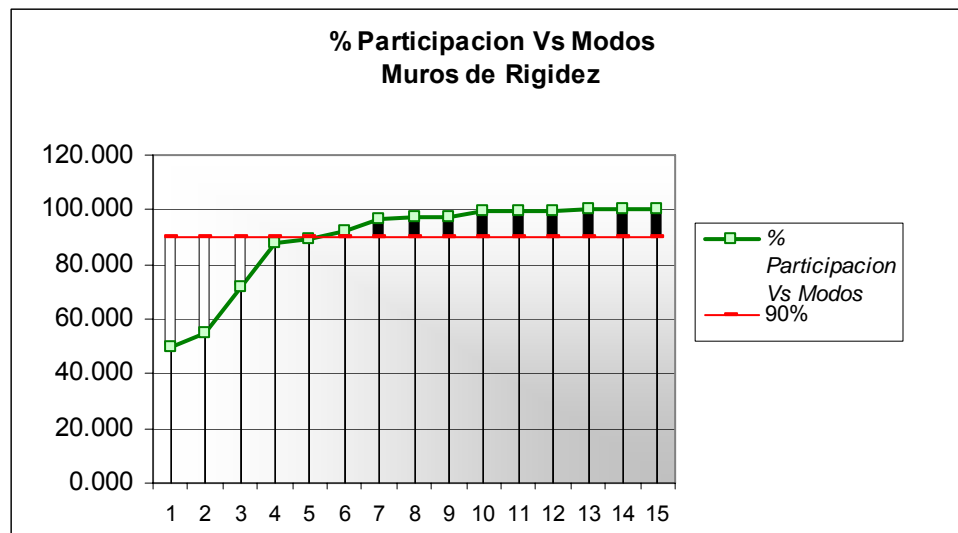
Anexo 4

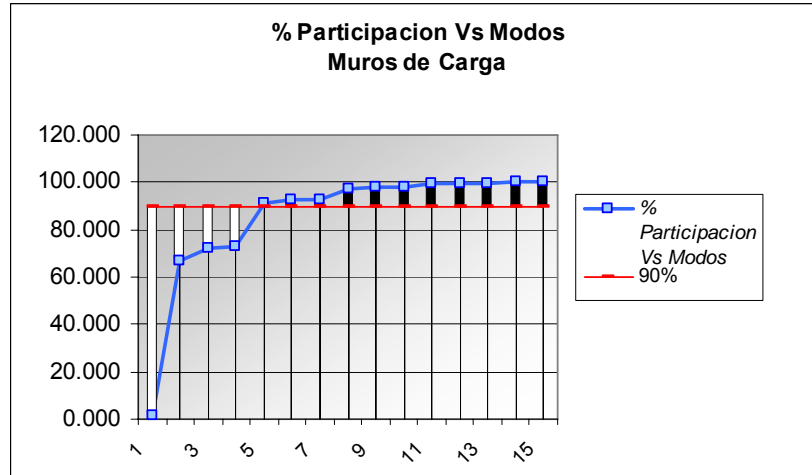
ANÁLISIS ESTRUCTURAL PORCENTAJES DE PARTICIPACION

ANÁLISIS ESTRUCTURAL PORCENTAJES DE PARTICIPACION

Las figuras de líneas azules corresponden a las graficas de porcentaje de participación para el sentido de los muros de carga, las líneas verdes indican el sentido de los muros de rigidez.

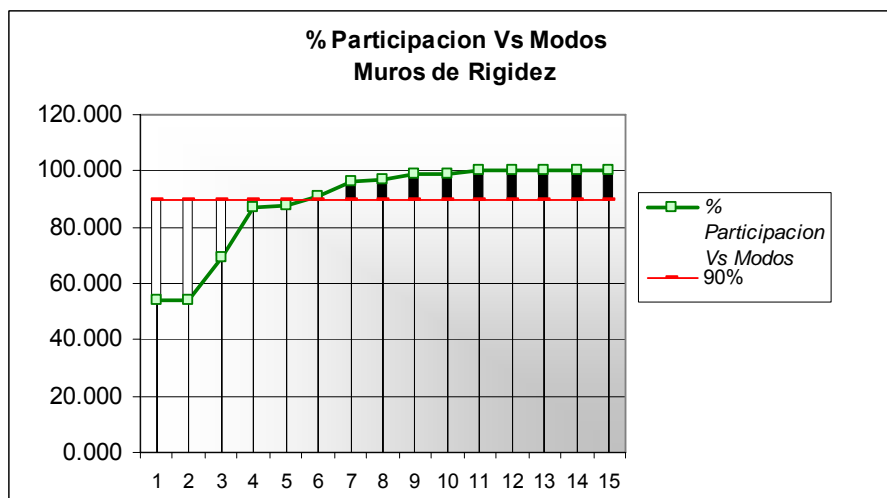
Minuto					
Mode	Period	U Muros K	U Muros C	Sum U MK	Sum UMC
1	0.145166	50.057	1.297	50.057	1.297
2	0.121325	4.860	65.210	54.918	66.508
3	0.109147	17.013	5.758	71.931	72.265
4	0.033498	15.960	0.707	87.891	72.972
5	0.02958	1.658	18.348	89.549	91.319
6	0.027032	2.721	1.366	92.270	92.685
7	0.015808	4.420	0.219	96.690	92.904
8	0.014406	0.376	4.563	97.066	97.467
9	0.013373	0.464	0.284	97.530	97.752
10	0.010535	1.698	0.068	99.227	97.820
11	0.009882	0.097	1.623	99.324	99.442
12	0.009346	0.117	0.072	99.441	99.514
13	0.0083	0.518	0.019	99.958	99.533
14	0.007962	0.028	0.450	99.986	99.983
15	0.007618	0.014	0.017	100.000	100.000

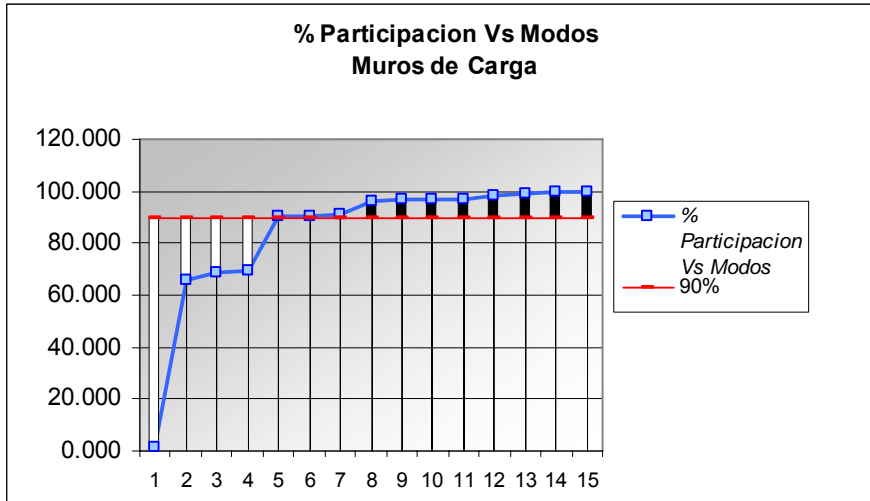




Aleandría 1 Apto

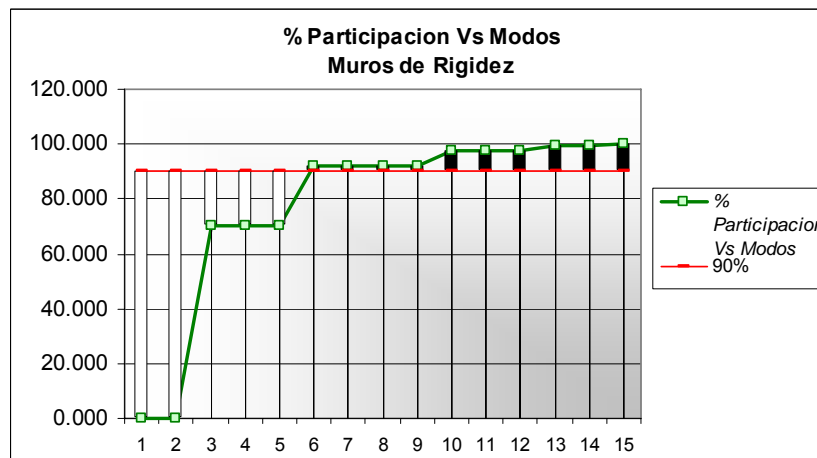
Mode	Periodo	U Muros K	U Muros C	Sum U MK	Sum UMC
1	0.310743	54.332	1.303	54.332	1.303
2	0.178206	0.038	64.144	54.370	65.447
3	0.149569	14.784	3.487	69.154	68.934
4	0.057487	18.170	0.430	87.324	69.364
5	0.035599	0.364	21.202	87.688	90.566
6	0.032746	3.192	0.013	90.880	90.579
7	0.024212	5.339	0.148	96.219	90.727
8	0.015934	0.446	5.103	96.664	95.830
9	0.015121	2.128	0.900	98.792	96.730
10	0.014856	0.265	0.149	99.057	96.879
11	0.01132	0.871	0.000	99.928	96.879
12	0.010394	0.027	1.626	99.954	98.506
13	0.009731	0.030	0.776	99.985	99.282
14	0.008144	0.008	0.417	99.993	99.699
15	0.007647	0.007	0.301	100.000	100.000

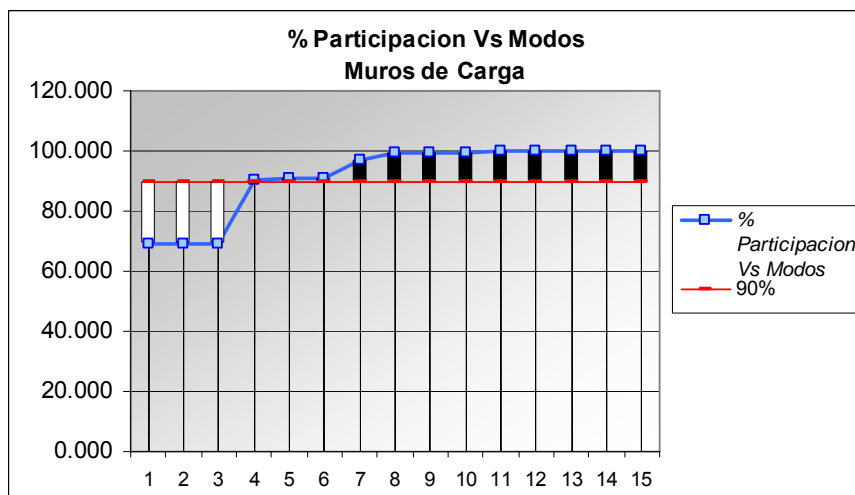




Alejandria 2 Apto

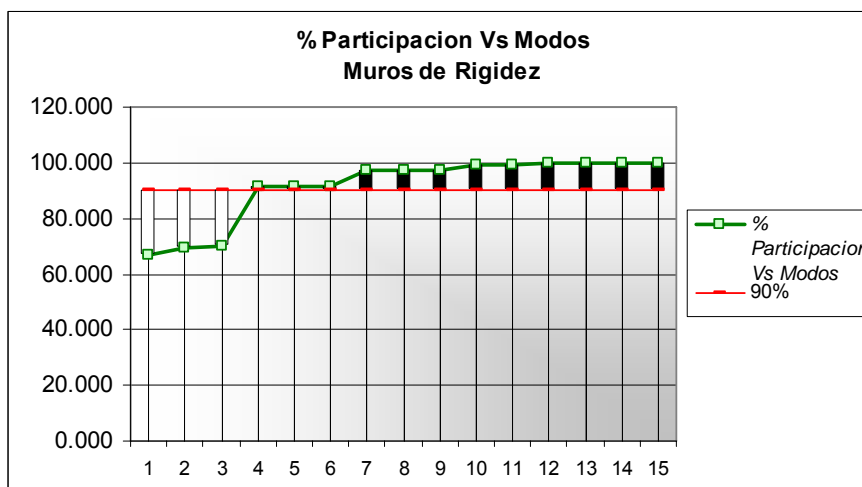
Mode	Periodo	U Muros C	U Muros K	Sum U MC	SumU MK
1	0.270761	68.911	0.000	68.911	0.000
2	0.101368	0.352	0.057	69.263	0.057
3	0.100745	0.000	70.227	69.263	70.284
4	0.050736	21.284	0.000	90.547	70.284
5	0.024132	0.155	0.008	90.702	70.292
6	0.02365	0.000	21.922	90.702	92.213
7	0.02177	6.122	0.000	96.824	92.213
8	0.020073	2.449	0.000	99.273	92.213
9	0.020073	0.001	0.001	99.274	92.214
10	0.019586	0.000	5.327	99.274	97.541
11	0.019586	0.722	0.000	99.996	97.541
12	0.019135	0.004	0.000	100.000	97.542
13	0.019135	0.000	1.869	100.000	99.411
14	0.018967	0.000	0.000	100.000	99.411
15	0.018404	0.000	0.589	100.000	100.000

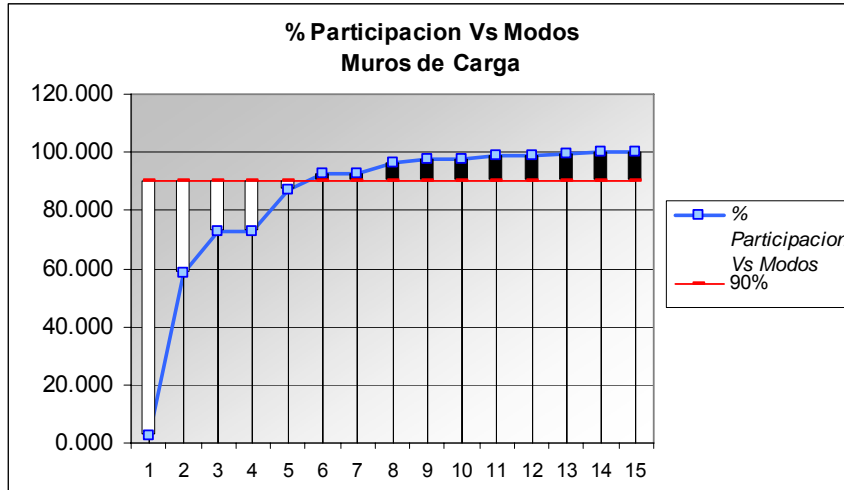




Calleja

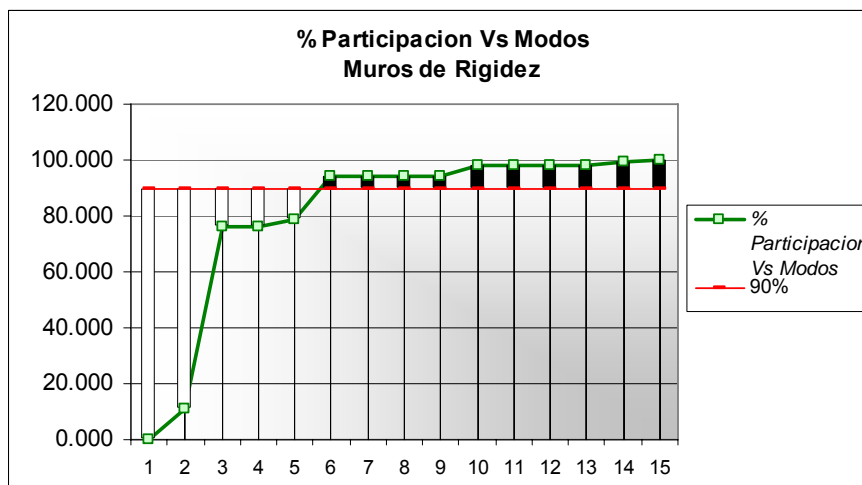
Mode	Period	U Muros K	U Muros C	Sum U MK	Sum UMC
1	0.176701	66.925	2.615	66.925	2.615
2	0.116755	2.666	55.975	69.591	58.590
3	0.097924	0.305	14.059	69.896	72.649
4	0.036789	21.392	0.334	91.287	72.983
5	0.030082	0.156	14.282	91.443	87.265
6	0.024398	0.048	5.112	91.491	92.377
7	0.016737	5.850	0.019	97.341	92.396
8	0.014707	0.000	3.709	97.341	96.104
9	0.012105	0.002	1.260	97.344	97.364
10	0.011013	2.070	0.001	99.414	97.364
11	0.009815	0.001	1.484	99.415	98.848
12	0.008681	0.572	0.004	99.987	98.852
13	0.008439	0.010	0.493	99.997	99.345
14	0.007575	0.000	0.497	99.997	99.843
15	0.006839	0.003	0.157	100.000	100.000

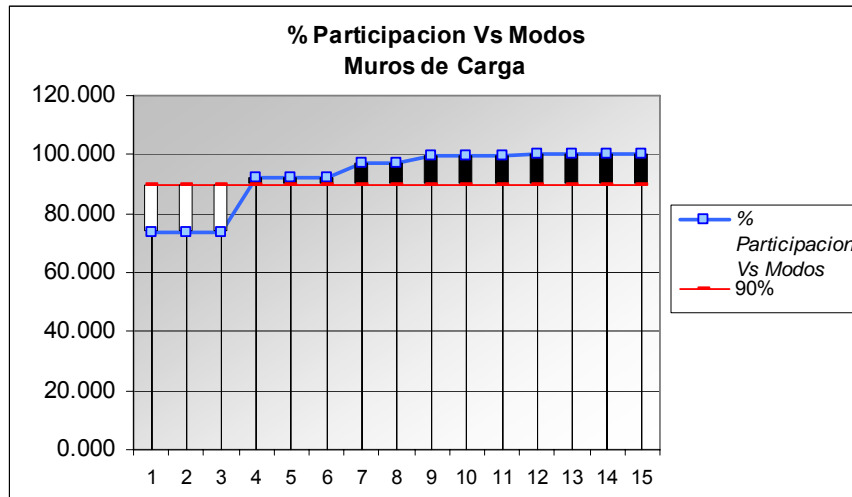




Palermo

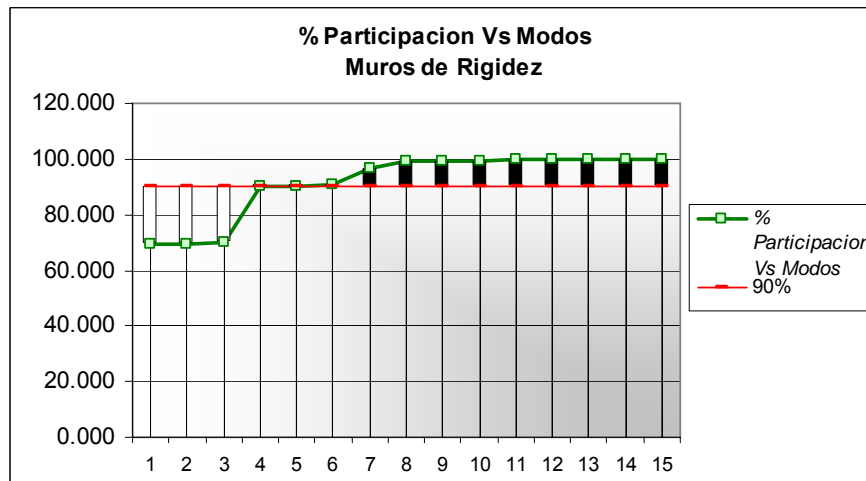
Mode	Periodo	U Muros C	U Muros K	Sum U MC	SumU MK
1	0.137866	73.633	0.000	73.633	0.000
2	0.107059	0.000	10.916	73.633	10.916
3	0.068806	0.000	65.438	73.633	76.354
4	0.036093	18.229	0.000	91.862	76.354
5	0.02859	0.000	2.043	91.862	78.397
6	0.020695	0.000	15.566	91.862	93.962
7	0.01747	5.331	0.000	97.193	93.962
8	0.01465	0.000	0.154	97.193	94.116
9	0.011504	2.142	0.000	99.335	94.116
10	0.011115	0.000	3.926	99.335	98.042
11	0.010195	0.000	0.040	99.335	98.082
12	0.008924	0.665	0.000	100.000	98.082
13	0.008225	0.000	0.000	100.000	98.082
14	0.007982	0.000	1.458	100.000	99.540
15	0.006527	0.000	0.460	100.000	100.000

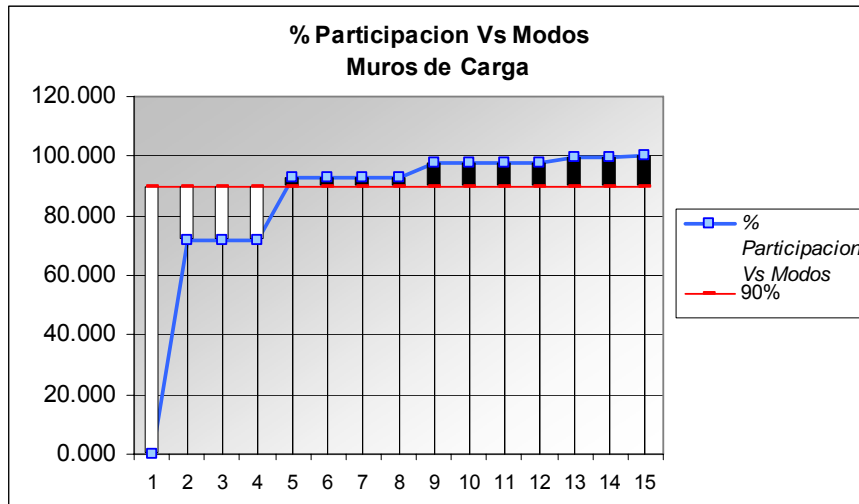




Ladera

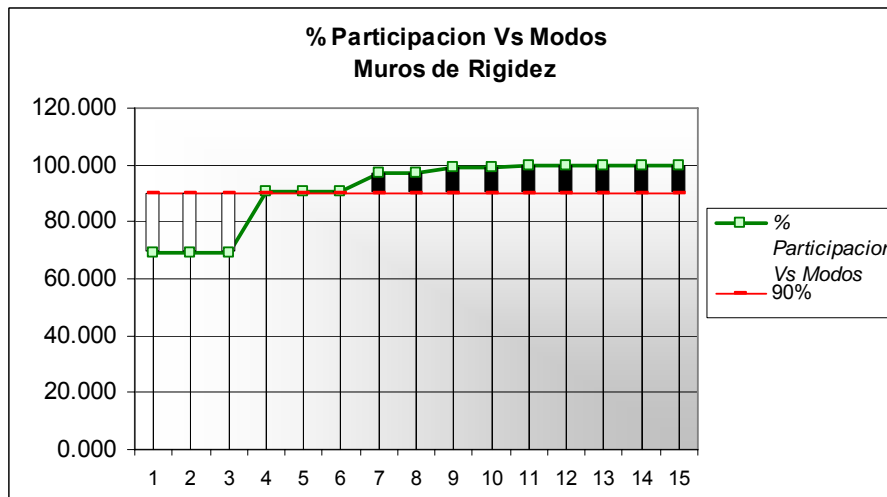
Mode	Period	U Muros K	U Muros C	Sum U MK	Sum UMC
1	0.247002	69.437	0.000	69.437	0.000
2	0.106456	0.000	71.618	69.438	71.618
3	0.10163	0.326	0.214	69.764	71.833
4	0.052965	20.460	0.000	90.224	71.833
5	0.025728	0.000	21.099	90.224	92.931
6	0.025284	0.277	0.035	90.500	92.966
7	0.023334	5.897	0.000	96.398	92.967
8	0.014408	2.623	0.000	99.020	92.967
9	0.012673	0.000	4.837	99.020	97.804
10	0.012642	0.006	0.011	99.026	97.815
11	0.010568	0.974	0.000	100.000	97.815
12	0.008951	0.000	0.000	100.000	97.815
13	0.008848	0.000	1.687	100.000	99.503
14	0.007335	0.000	0.000	100.000	99.503
15	0.007192	0.000	0.497	100.000	100.000

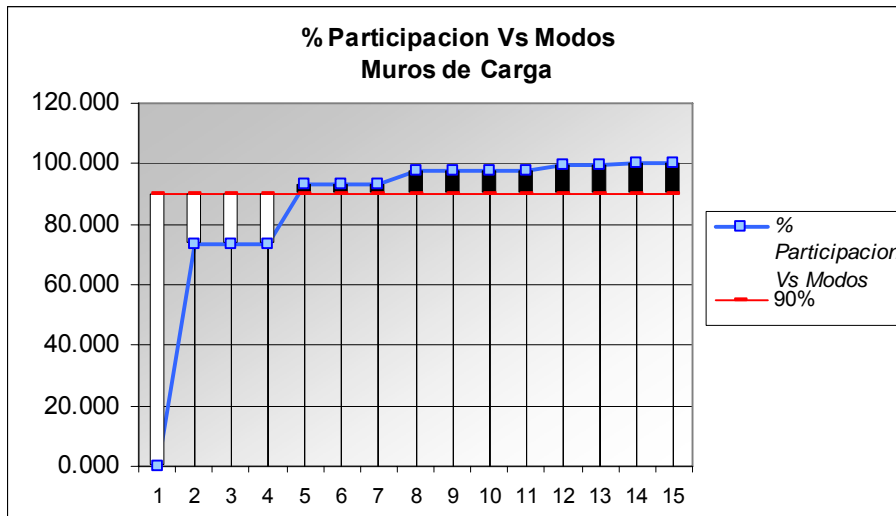




Aragon

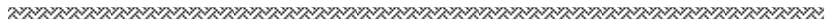
Mode	Period	U Muros K	U Muros C	Sum U MK	Sum UMC
1	0.225761	69.114	0.000	69.114	0.000
2	0.097991	0.000	73.385	69.114	73.385
3	0.07807	0.006	0.000	69.120	73.385
4	0.045181	21.559	0.000	90.679	73.385
5	0.025316	0.000	19.767	90.679	93.151
6	0.02223	0.021	0.000	90.699	93.151
7	0.019775	6.239	0.000	96.939	93.151
8	0.012658	0.000	4.722	96.939	97.873
9	0.012563	2.326	0.000	99.265	97.873
10	0.011717	0.005	0.000	99.269	97.873
11	0.009602	0.730	0.000	99.999	97.873
12	0.008818	0.000	1.680	99.999	99.554
13	0.008497	0.001	0.000	100.000	99.554
14	0.00717	0.000	0.446	100.000	100.000
15	0.007078	0.000	0.000	100.000	100.000





Anexo 5

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DERIVAS VS PISOS



DERIVAS VS No. PISOS

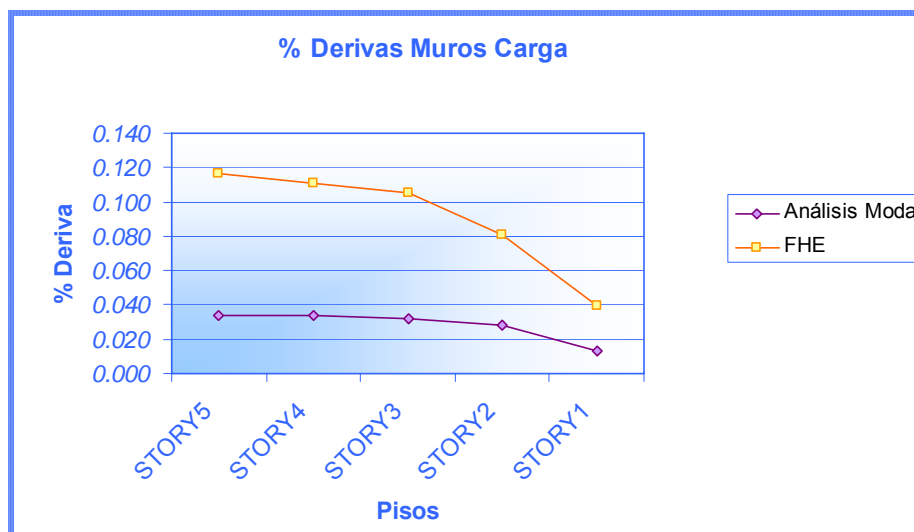
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL (ETABS)

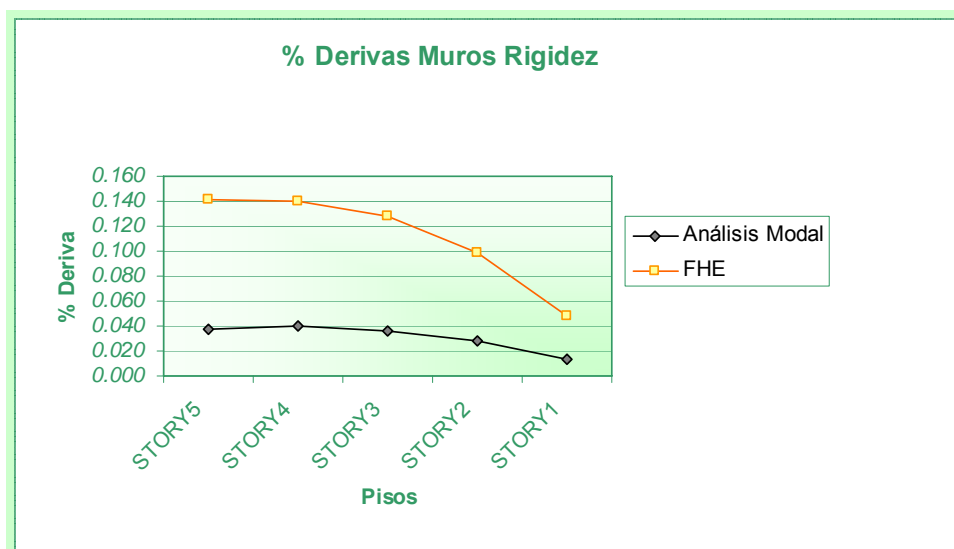
Minuto

Story	Diaphragm	Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0034	0.0014	0.003676955	0.000891278	0.037
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0015	0.003	0.003354102	0.000804592	0.034
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0026	0.001	0.002785678	0.0009472	0.039
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0011	0.0023	0.00254951	0.000803085	0.033
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0017	0.0007	0.001838478	0.000853592	0.036
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0007	0.0016	0.001746425	0.000761539	0.032
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0009	0.0004	0.000984886	0.000668658	0.028
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0004	0.0009	0.000984886	0.000668658	0.028
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0003	0.0001	0.000316228	0.000316228	0.013
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0001	0.0003	0.000316228	0.000316228	0.013

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
FHEDERX	0.013	0.0029	0.013319535	0.00339482	0.141
FHEDERY	0.0037	0.0102	0.010850346	0.00278499	0.116
FHEDERX	0.0097	0.0021	0.009924717	0.00337338	0.141
FHEDERY	0.0027	0.0076	0.008065358	0.00265703	0.111
FHEDERX	0.0064	0.0014	0.006551336	0.00305849	0.127
FHEDERY	0.0018	0.0051	0.005408327	0.00252909	0.105
FHEDERX	0.0034	0.0008	0.00349285	0.00235267	0.098
FHEDERY	0.001	0.0027	0.002879236	0.00193055	0.080
FHEDERX	0.0011	0.0003	0.001140175	0.00114018	0.048
FHEDERY	0.0003	0.0009	0.000948683	0.00094868	0.040





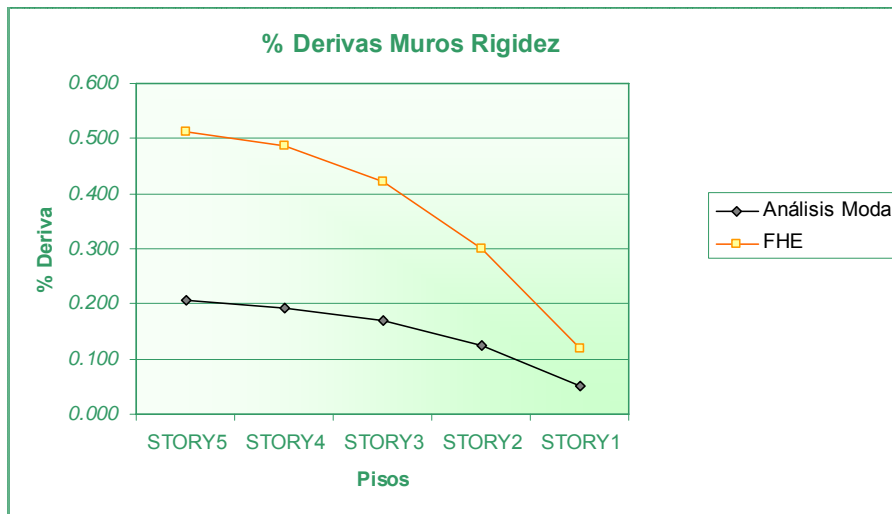
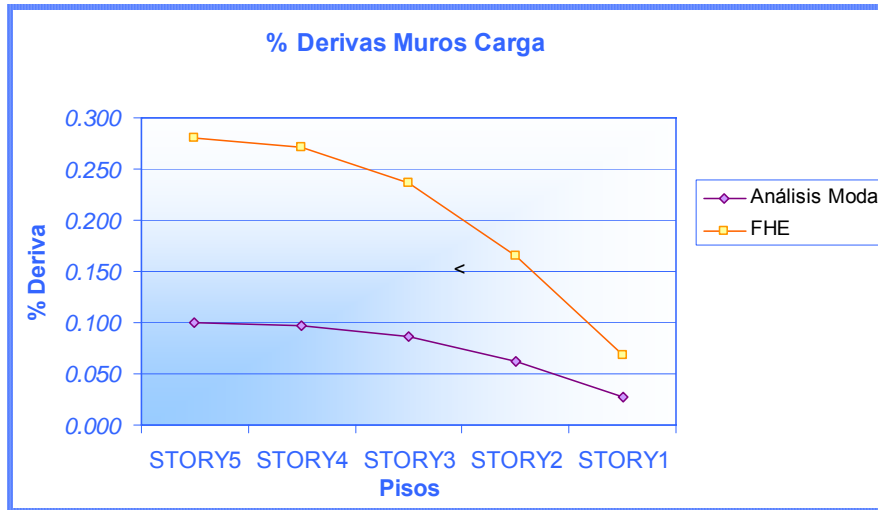
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL (ETABS)

Alejandro 1 Apto

Story	Diaphragm	Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0175	0.0034	0.017827226	0.004981605	0.208
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0059	0.0067	0.008927486	0.002408283	0.100
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0126	0.0025	0.012845622	0.004589109	0.191
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0043	0.0049	0.006519202	0.002332318	0.097
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0081	0.0016	0.008256513	0.004079193	0.170
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0027	0.0032	0.004186884	0.002060855	0.086
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0041	0.0008	0.00417732	0.002960767	0.123
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0014	0.0016	0.002126029	0.001485717	0.062
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0012	0.0002	0.001216553	0.001216553	0.051
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0004	0.0005	0.000640312	0.000640312	0.027

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
FHEDERX	0.0431	0.0095	0.044134567	0.01227833	0.512
FHEDERY	0.0169	0.0177	0.024472433	0.00671715	0.280
FHEDERX	0.0311	0.0069	0.03185624	0.01167085	0.486
FHEDERY	0.0122	0.0129	0.017755281	0.00650673	0.271
FHEDERX	0.0197	0.0044	0.020185391	0.01014149	0.423
FHEDERY	0.0077	0.0082	0.011248555	0.00565839	0.236
FHEDERX	0.0098	0.0022	0.010043904	0.00718034	0.299
FHEDERY	0.0038	0.0041	0.00559017	0.00396229	0.165
FHEDERX	0.0028	0.0006	0.002863564	0.00286356	0.119
FHEDERY	0.0011	0.0012	0.001627882	0.00162788	0.068



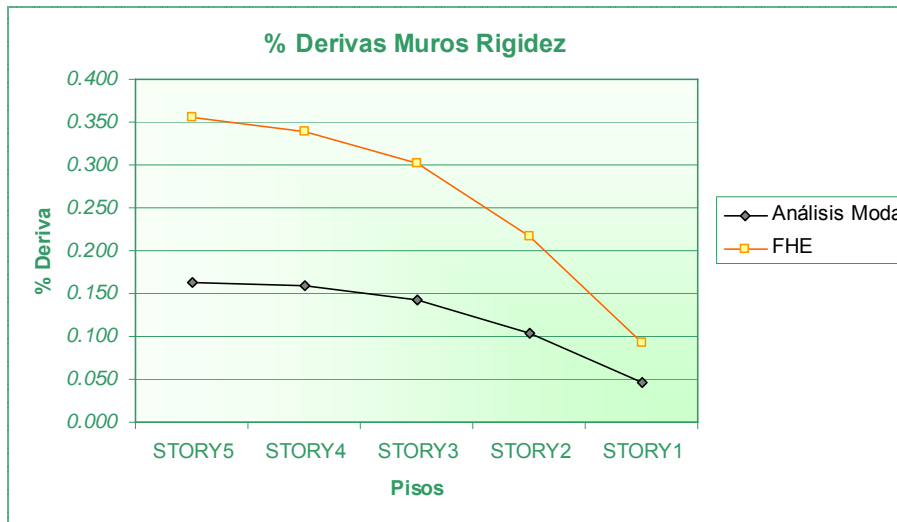
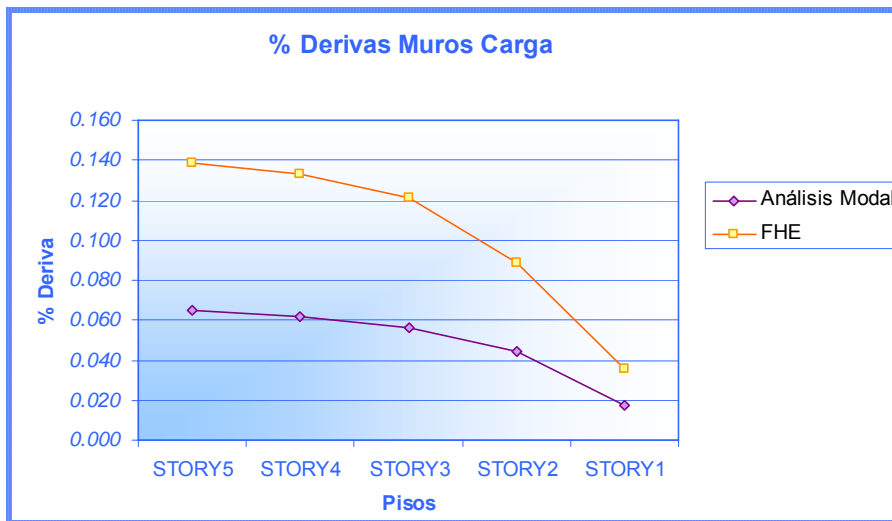
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL (ETABS)

Alejandria 2 Apto

Story	Diaphragm	Load	U Muros C	U Muros K	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0039	0.0044	0.005879626	0.001561061	0.065
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0012	0.0147	0.014748898	0.003911463	0.163
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0029	0.0032	0.004318565	0.001486604	0.062
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0009	0.0108	0.010837435	0.003811768	0.159
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0019	0.0021	0.00283196	0.001345354	0.056
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0006	0.007	0.007025667	0.003413189	0.142
STORY2	D2	NSR98DERX	0.001	0.0011	0.001486607	0.001062343	0.044
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0003	0.0036	0.003612478	0.002507942	0.104
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0003	0.0003	0.000424264	0.000424264	0.018
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0001	0.0011	0.001104536	0.001104536	0.046

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Load	U Muros C	U Muros K	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
FHEDERX	0.0082	0.0093	0.01239879	0.00333016	0.139
FHEDERY	0.0024	0.0312	0.031292172	0.00852092	0.355
FHEDERX	0.006	0.0068	0.009068627	0.003189	0.133
FHEDERY	0.0018	0.0227	0.022771254	0.00812202	0.338
FHEDERX	0.0039	0.0044	0.005879626	0.00290641	0.121
FHEDERY	0.0012	0.0146	0.014649232	0.00722495	0.301
FHEDERX	0.002	0.0022	0.002973214	0.00212469	0.089
FHEDERY	0.0006	0.0074	0.007424284	0.00521521	0.217
FHEDERX	0.0006	0.0006	0.000848528	0.00084853	0.035
FHEDERY	0.0002	0.0022	0.002209072	0.00220907	0.092



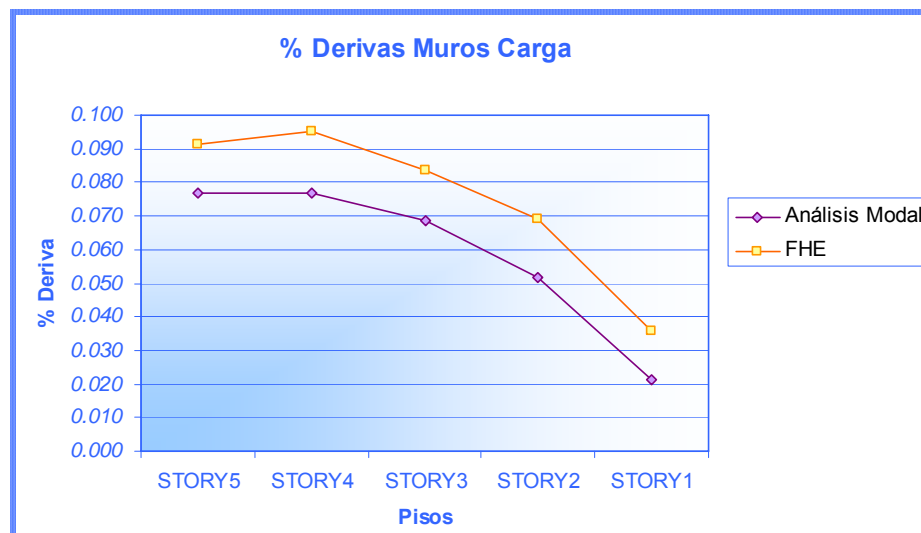
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL (ETABS)

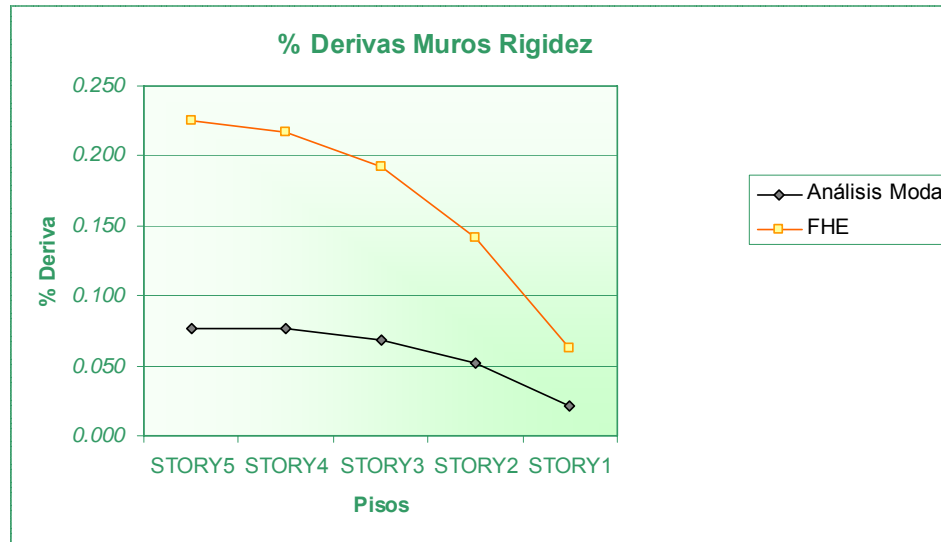
Calleja

Story	Diaphragm	Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0069	0.0016	0.007083078	0.001843804	0.077
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0069	0.0016	0.007083078	0.001843804	0.077
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0051	0.0012	0.005239275	0.001843689	0.077
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0051	0.0012	0.005239275	0.001843689	0.077
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0033	0.0008	0.003395585	0.00164916	0.069
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0033	0.0008	0.003395585	0.00164916	0.069
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0017	0.0004	0.001746425	0.001236523	0.052
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0017	0.0004	0.001746425	0.001236523	0.052
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0005	0.0001	0.000509902	0.000509902	0.021
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0005	0.0001	0.000509902	0.000509902	0.021

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
FHEDERX	0.0201	0.0001	0.020100249	0.00539889	0.225
FHEDERY	0.0037	0.0082	0.00899611	0.00219317	0.091
FHEDERX	0.0147	0.0002	0.01470136	0.00519662	0.217
FHEDERY	0.0028	0.0062	0.006802941	0.00228409	0.095
FHEDERX	0.0095	0.0003	0.009504736	0.00460066	0.192
FHEDERY	0.0019	0.0041	0.004518849	0.00201086	0.084
FHEDERX	0.0049	0.0002	0.00490408	0.00340075	0.142
FHEDERY	0.001	0.0023	0.002507987	0.00165359	0.069
FHEDERX	0.0015	0.0001	0.00150333	0.00150333	0.063
FHEDERY	0.0003	0.0008	0.0008544	0.0008544	0.036





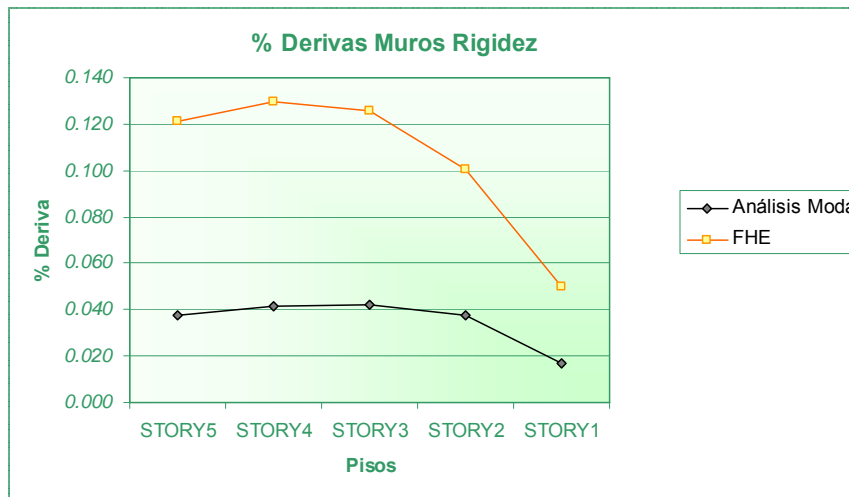
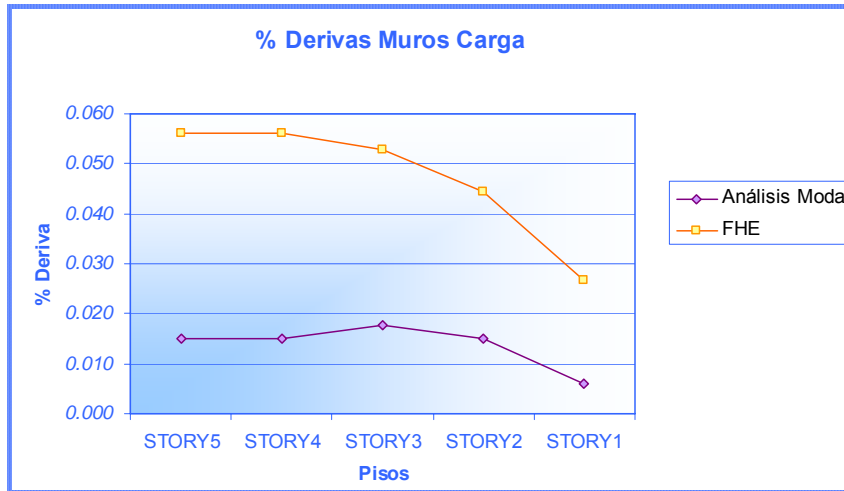
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL (ETABS)

Palermo

Story	Diaphragm	Load	U Muros C	U Muros K	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
STORY5	D5	NSR98DERX	0.001	0.0013	0.001640122	0.000359497	0.015
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0003	0.0042	0.004210701	0.000904646	0.038
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0008	0.001	0.001280625	0.00035867	0.015
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0002	0.0033	0.003306055	0.000997376	0.042
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0006	0.0007	0.000921954	0.000421954	0.018
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0002	0.0023	0.002308679	0.001004839	0.042
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0003	0.0004	0.0005	0.000358579	0.015
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0001	0.0013	0.00130384	0.00090384	0.038
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0001	0.0001	0.000141421	0.000141421	0.006
STORY1	D1	NSR98DERY	0	0.0004	0.0004	0.0004	0.017

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Load	U Muros C	U Muros K	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
FHEDERX	0.0042	0.0038	0.005663921	0.00134536	0.056
FHEDERY	0.0013	0.0126	0.012666886	0.00291548	0.121
FHEDERX	0.0032	0.0029	0.004318565	0.00134535	0.056
FHEDERY	0.001	0.0097	0.00975141	0.00311439	0.130
FHEDERX	0.0022	0.002	0.002973214	0.00127028	0.053
FHEDERY	0.0007	0.0066	0.006637017	0.00301486	0.126
FHEDERX	0.0013	0.0011	0.001702939	0.00106263	0.044
FHEDERY	0.0004	0.0036	0.003622154	0.00241799	0.101
FHEDERX	0.0005	0.0004	0.000640312	0.00064031	0.027
FHEDERY	0.0001	0.0012	0.001204159	0.00120416	0.050

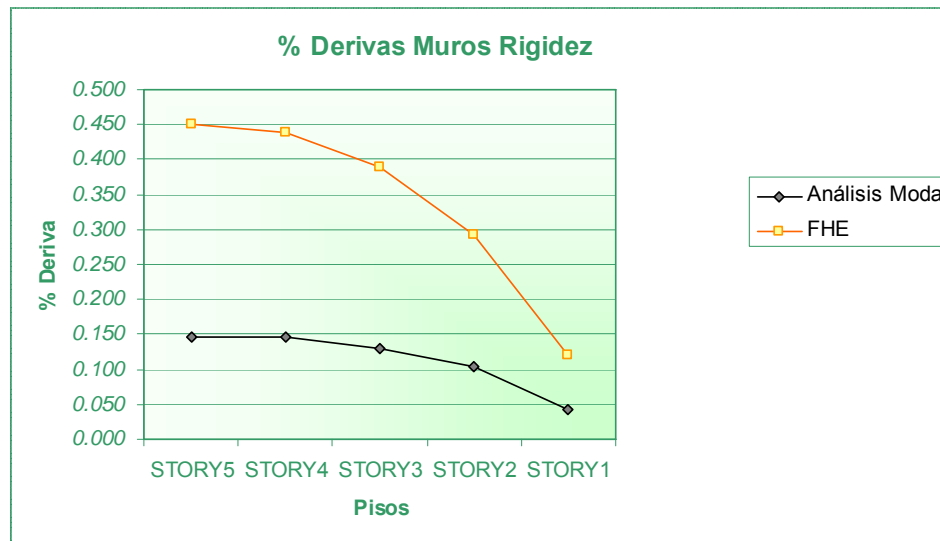
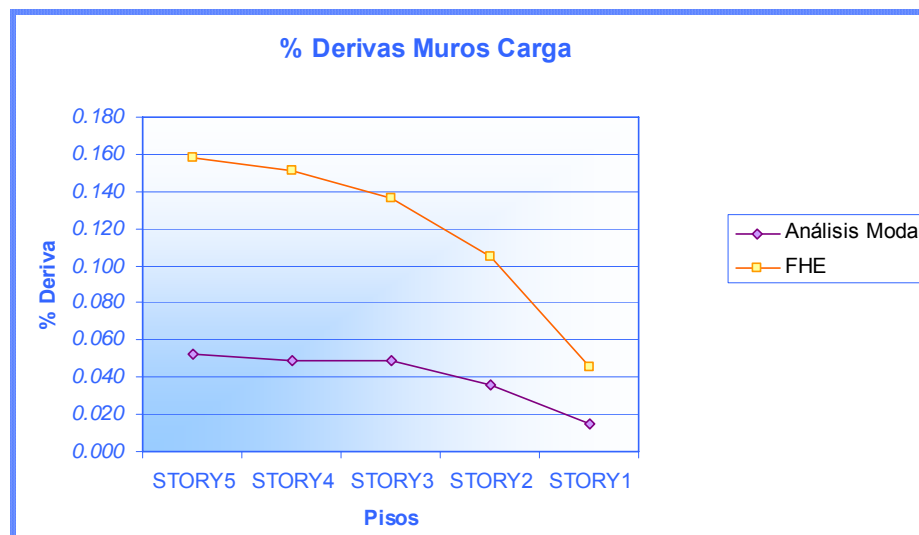


ANÁLISIS DINÁMICO MODAL (ETABS)

Ladera							
Story	Diaphragm	Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0136	0.0008	0.013623509	0.003505703	0.146
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0041	0.0025	0.004802083	0.001251027	0.052
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0101	0.0006	0.010117806	0.003505696	0.146
STORY4	D4	NSR98DERY	0.003	0.0019	0.003551056	0.001165684	0.049
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0066	0.0004	0.00661211	0.0031064	0.129
STORY3	D3	NSR98DERY	0.002	0.0013	0.002385372	0.001164717	0.049
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0035	0.0002	0.00350571	0.002500722	0.104
STORY2	D2	NSR98DERY	0.001	0.0007	0.001220656	0.0008601	0.036
STORY1	D1	NSR98DERX	0.001	0.0001	0.001004988	0.001004988	0.042
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0003	0.0002	0.000360555	0.000360555	0.015

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
FHEDERX	0.0405	0.0023	0.040565256	0.01081664	0.451
FHEDERY	0.0122	0.0075	0.014320964	0.00380574	0.159
FHEDERX	0.0297	0.0017	0.029748613	0.01051713	0.438
FHEDERY	0.0089	0.0056	0.010515227	0.00363555	0.151
FHEDERX	0.0192	0.0011	0.019231485	0.00931332	0.388
FHEDERY	0.0058	0.0037	0.00687968	0.00327413	0.136
FHEDERX	0.0099	0.0006	0.009918165	0.00701128	0.292
FHEDERY	0.003	0.002	0.003605551	0.00252389	0.105
FHEDERX	0.0029	0.0002	0.002906888	0.00290689	0.121
FHEDERY	0.0009	0.0006	0.001081665	0.00108167	0.045



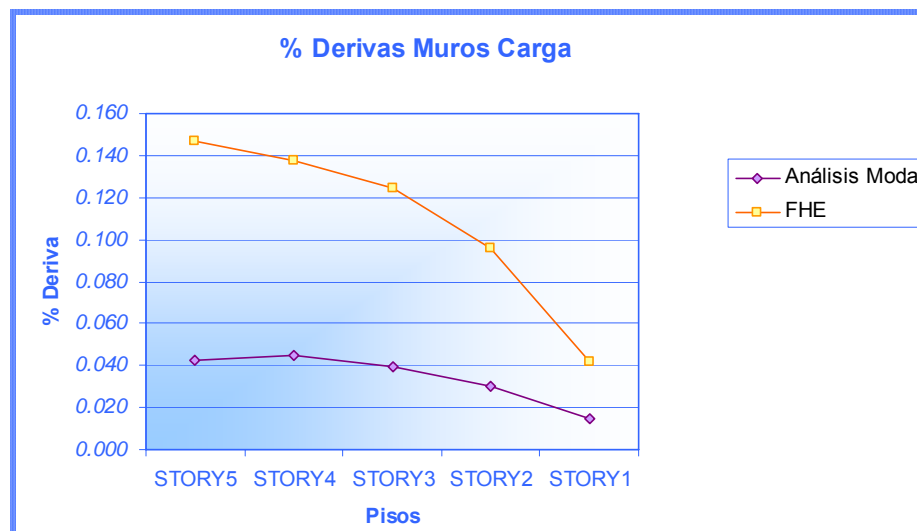
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL (ETABS)

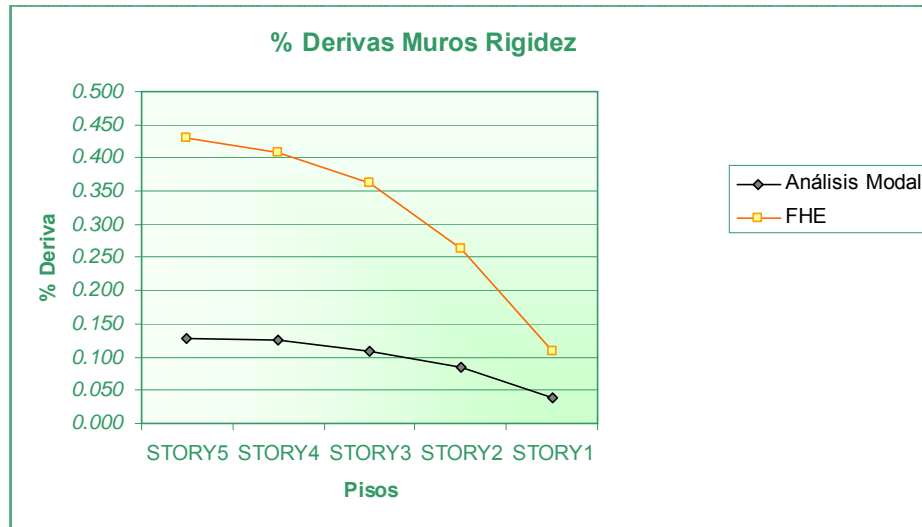
Aragon

Story	Diaphragm	Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
STORY5	D5	NSR98DERX	0.0116	0.0006	0.011615507	0.003100814	0.129
STORY5	D5	NSR98DERY	0.0035	0.0022	0.004134005	0.00102756	0.043
STORY4	D4	NSR98DERX	0.0085	0.0005	0.008514693	0.003006517	0.125
STORY4	D4	NSR98DERY	0.0026	0.0017	0.003106445	0.001081599	0.045
STORY3	D3	NSR98DERX	0.0055	0.0003	0.005508176	0.002601287	0.108
STORY3	D3	NSR98DERY	0.0017	0.0011	0.002024846	0.00094318	0.039
STORY2	D2	NSR98DERX	0.0029	0.0002	0.002906888	0.00200135	0.083
STORY2	D2	NSR98DERY	0.0009	0.0006	0.001081665	0.00072111	0.030
STORY1	D1	NSR98DERX	0.0009	0.0001	0.000905539	0.000905539	0.038
STORY1	D1	NSR98DERY	0.0003	0.0002	0.000360555	0.000360555	0.015

FUERZA HORIZONTAL EQUIVALENTE

Load	U Muros K	U Muros C	DESPLAZAMIENTO	DERIVA (m)	DERIVA (%)
FHEDERX	0.0377	0.002	0.037753013	0.01031199	0.430
FHEDERY	0.0113	0.0067	0.013136971	0.0035328	0.147
FHEDERX	0.0274	0.0015	0.027441028	0.00981264	0.409
FHEDERY	0.0082	0.005	0.009604166	0.00330734	0.138
FHEDERX	0.0176	0.001	0.017628386	0.00870818	0.363
FHEDERY	0.0053	0.0034	0.006296825	0.00299531	0.125
FHEDERX	0.0089	0.0006	0.008920202	0.00631252	0.263
FHEDERY	0.0027	0.0019	0.003301515	0.00230151	0.096
FHEDERX	0.0026	0.0002	0.002607681	0.00260768	0.109
FHEDERY	0.0008	0.0006	0.001	0.001	0.042





Anexo 6

ANÁLISIS ESTRUCTURAL TODAS LAS EDIFICACIONES

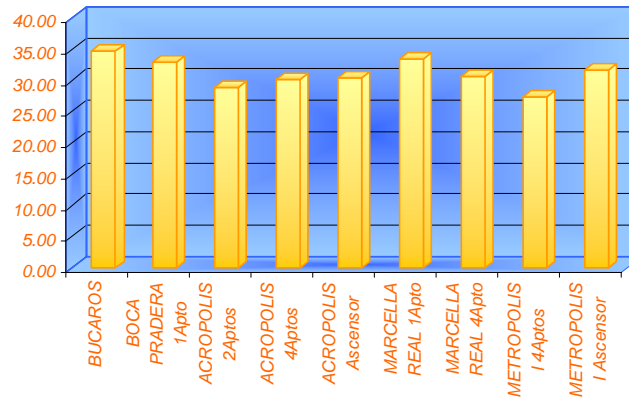
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TODAS LAS EDIFICACIONES

	NOMBRE	FECHA	# PISOS	MASA TOTAL (Tn)	MASA DE MUROS ESTRUCTURALES (Tn)	RELACION MASA % Mm/MT
1	COLINAS DE MONTEBELLO	1993	11			
2	BUCAROS	1994	12	2322.64	807.13	34.75
3	BOCA PRADERA 1Apto	1994	12	1407.08	462.26	32.85
4	ACROPOLIS 2Aptos	1994	11	1843.06	532.91	28.91
5	ACROPOLIS 4Aptos	1994	11	3241.00	979.40	30.22
6	ACROPOLIS Ascensor	1994	11	2282.78	695.51	30.47
7	MARCELLA REAL 1Apto	1994	13	856.87	285.94	33.37
8	MARCELLA REAL 4Apto	1994	11	3170.82	969.36	30.57
9	METROPOLIS I 4Aptos	2000	9	2334.78	639.46	27.39
10	METROPOLIS I Ascensor	2000	9	1225.91	388.08	31.66
11	METROPOLIS II	1992	7	895.43	246.88	27.57
12	PLAZUELA SANTA CLARA	1993	6	751.68	223.08	29.68
13	CHICO REAL 1Apto	1989	5	371.58	78.30	21.07
14	CHICO REAL 2Apto	1989	5	684.78	132.55	19.36
15	CORVIANDI	-	5	1148.49	593.23	51.65
16	JUAN PABLO II 1Aptos	1986	5	315.77	209.36	66.30
17	JUAN PABLO II 2Aptos	1986	5	533.10	364.87	68.44
18	METROPOLIS III 4Aptos	1992	5	1422.17	349.68	24.59
19	METROPOLIS III 1Aptos	1992	5	372.39	97.01	26.05
20	PARQUE REAL	1991	5	612.36	131.97	21.55
21	PLAZA SAN MARCOS	1999	5	1532.20	402.24	26.25
22	PALERMO	1993	5	870.33	504.70	57.99
23	LA CALLEJA	1989	5	505.03	288.93	57.21
24	MINUTO DE DIOS	1992	5	1316.82	756.23	57.43
25	TORRES DE ALEJANDRIA 1 apto	1987	5	416.44	220.82	53.03
26	TORRES DE ALEJANDRIA 2 apto	1987	5	764.12	411.92	53.91
27	TORRES DE ARAGON	1985	5	827.89	465.04	56.17
28	TORRES DE LA LADERA	1989	5	898.53	537.64	59.84

	EDIFICACIONES > 7 PISOS
	EDIFICACIONES 4 - 7 PISOS

Mm/MT
(%)

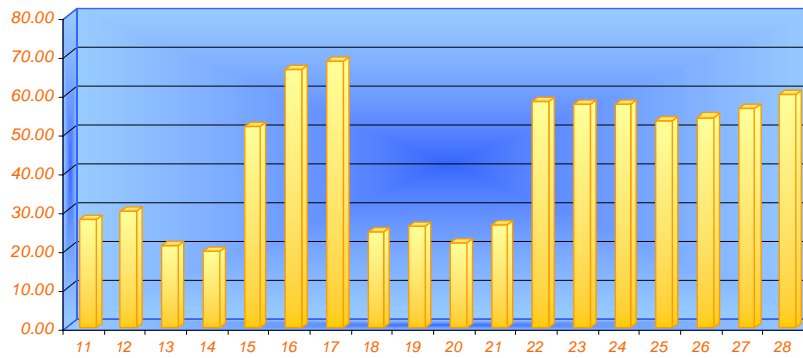
Relacion Masa Muros Vs Masa Total



■ Edificios > 8 Pisos

Mm/MT
(%)

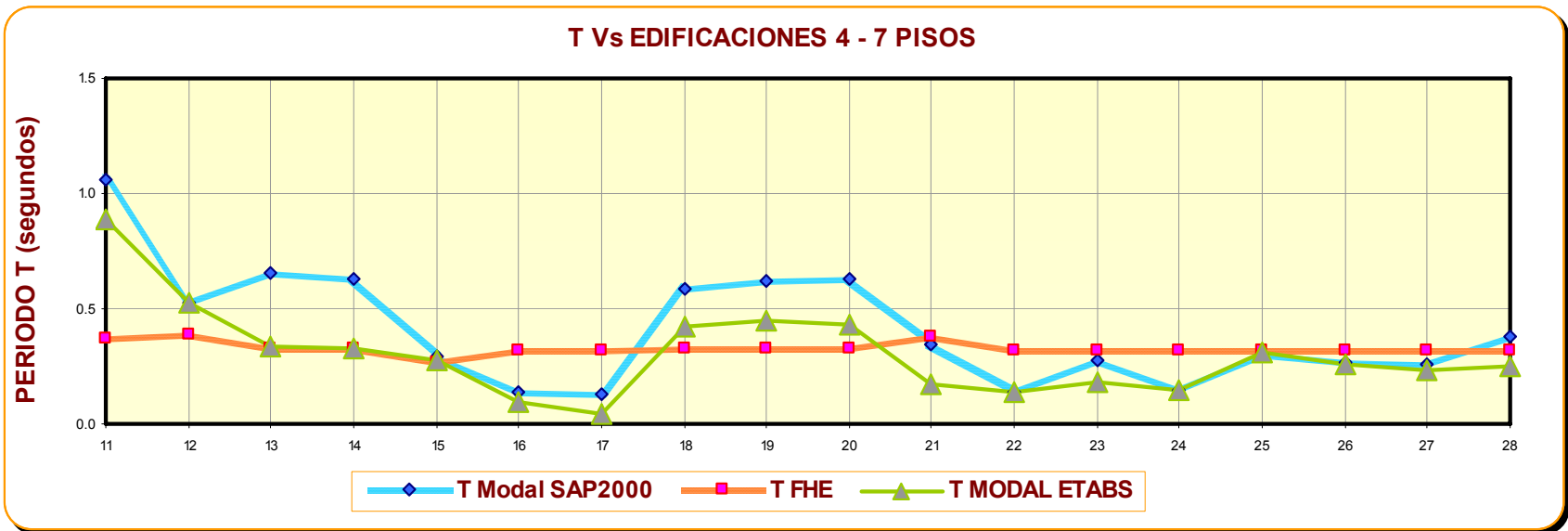
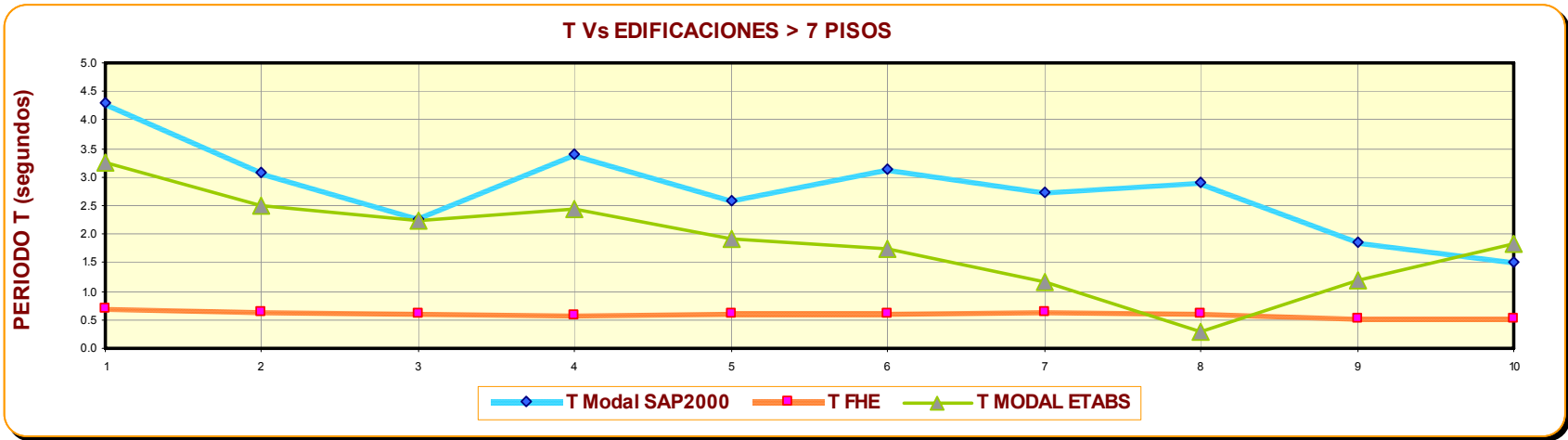
Relacion Masa Muros Vs Masa Total

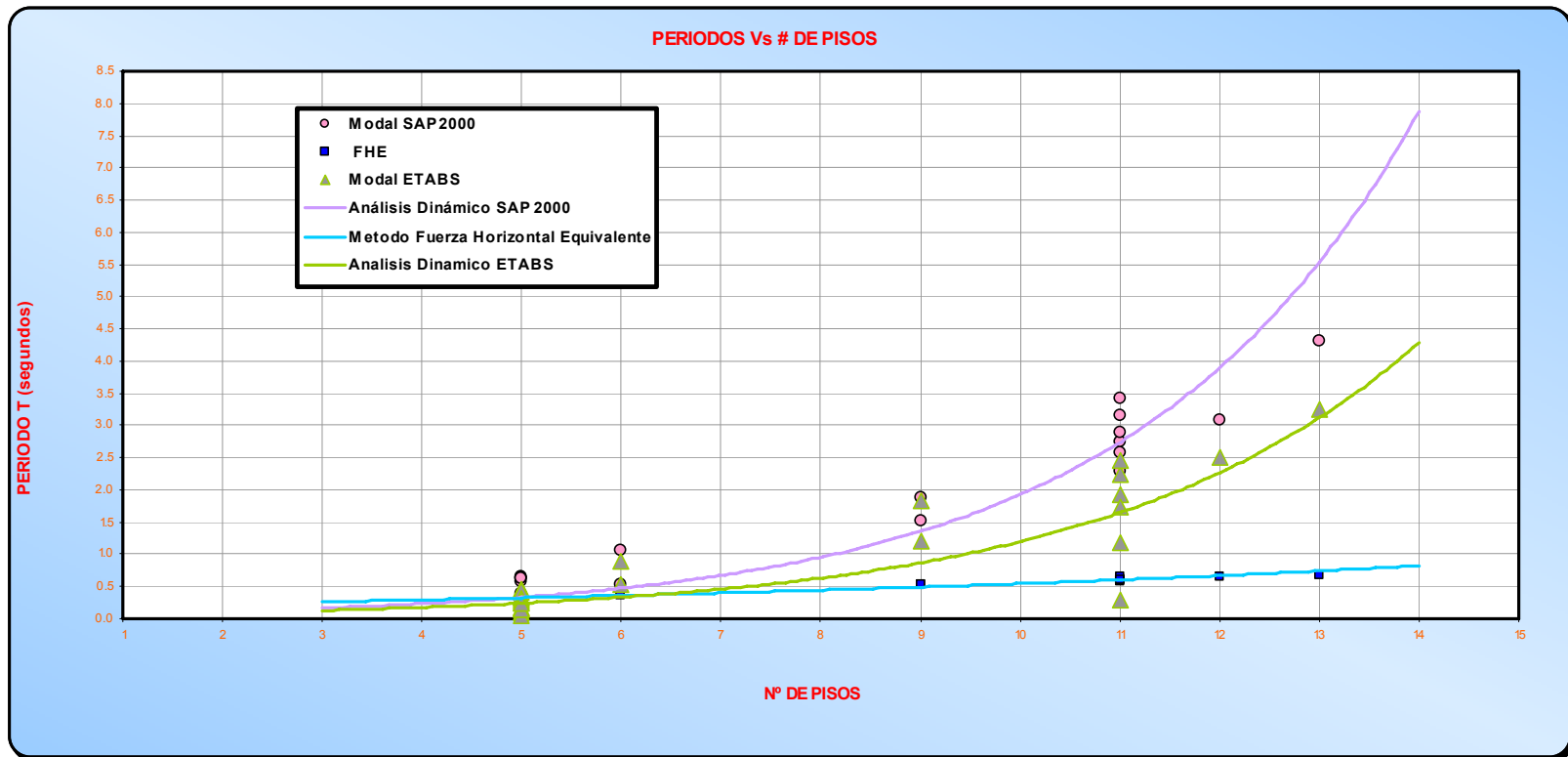


■ Edificios 4 - 7 Pisos

	NOMBRE	# PISOS	PERIODO FUNDAMENTAL (segundos)		
			DINAMICO MODAL SAP2000	FHE Ta	DINAMICO MODAL ETABS
1	MARCELLA REAL 1Apto	13	4.31	0.68	3.25
2	BOCA PRADERA 1Apto	12	3.07	0.64	2.51
3	COLINAS DE MONTEBELLO	11	2.28	0.61	2.24
4	BUCAROS	11	3.41	0.58	2.45
5	ACROPOLIS 2Aptos	11	2.59	0.61	1.92
6	ACROPOLIS 4Aptos	11	3.15	0.61	1.74
7	ACROPOLIS Ascensor	11	2.73	0.65	1.17
8	MARCELLA REAL 4Apto	11	2.90	0.61	0.30
9	METROPOLIS I 4Aptos	9	1.87	0.52	1.20
10	METROPOLIS I Ascensor	9	1.52	0.52	1.84
11	METROPOLIS II	6	1.06	0.37	0.89
12	PLAZUELA SANTA CLARA	6	0.52	0.39	0.53
13	CHICO REAL 1Apto	5	0.66	0.32	0.34
14	CHICO REAL 2Apto	5	0.63	0.32	0.33
15	CORVIANDI	5	0.30	0.27	0.28
16	JUAN PABLO II 1Aptos	5	0.14	0.32	0.09
17	JUAN PABLO II 2Aptos	5	0.13	0.32	0.04
18	METROPOLIS III 4Aptos	5	0.58	0.33	0.42
19	METROPOLIS III 1Aptos	5	0.62	0.33	0.45
20	PARQUE REAL	5	0.63	0.32	0.43
21	PLAZA SAN MARCOS	5	0.34	0.38	0.17
22	PALERMO	5	0.14	0.32	0.14
23	LA CALLEJA	5	0.28	0.32	0.18
24	MINUTO DE DIOS	5	0.15	0.32	0.15
25	TORRES DE ALEJANDRIA 1 apto	5	0.30	0.32	0.31
26	TORRES DE ALEJANDRIA 2 apto	5	0.27	0.32	0.26
27	TORRES DE ARAGON	5	0.26	0.32	0.23
28	TORRES DE LA LADERA	5	0.38	0.32	0.25

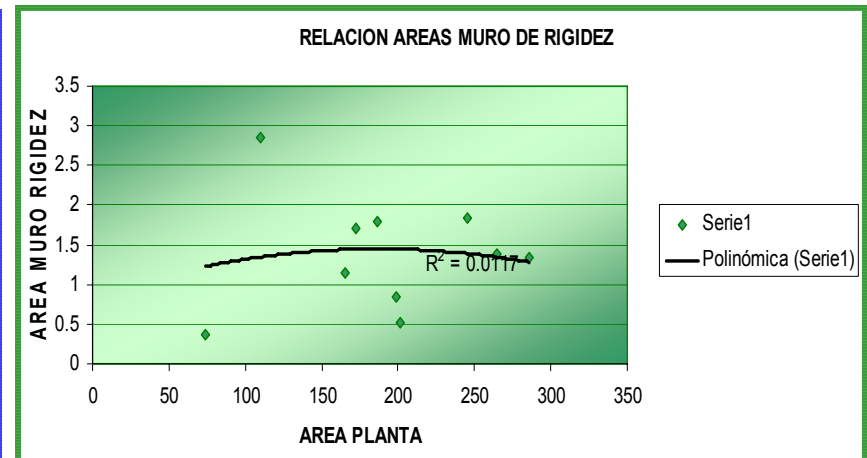
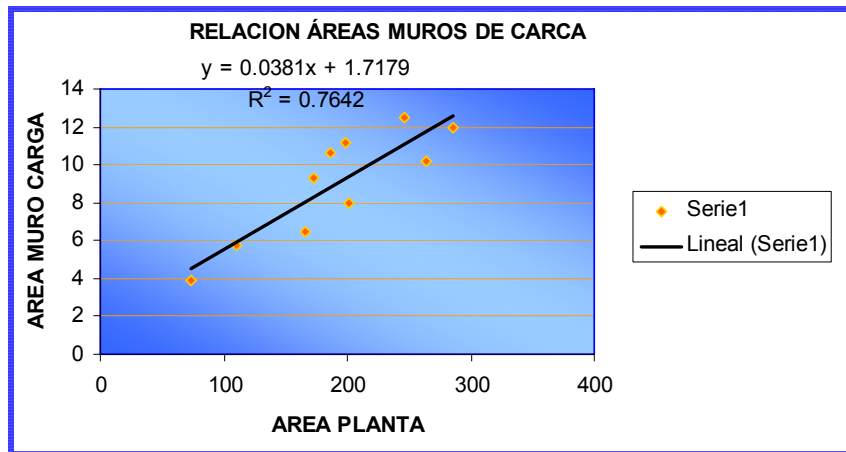
	EDIFICACIONES > 7 PISOS
	EDIFICACIONES 4 - 7 PISOS





EDIFICACIONES MAYORES A 7 PISOS

EDIFICACION	AREA PLANTA	AREA MUROS CARGA	AREAS MUROS RIGIDEZ	SEPARACION MUROS CARGA	No. VANOS CARGA	SEPARACION MUROS RIGIDEZ	No. VANOS RIGIDEZ
ACROPOLIS ASCENSOR	172.27	9	2	2.85	14	4.4	2
BOCA PRADERA	186.53	10.64	1.8	1.75	7	3.2	3
BUCAROS	199.1	11.16	0.84	3	6	5.2	2
METROPOLIS ASCENS	110.01	5.72	2.86	2.83	6	3.5	2
METROPOLIS I 4 APTO	265	10.22	1.39	2.83	12	3.5	2
MARSELLA 4 APTO	245.78	12	1.84	2.85	12	3.6	2
MARSELLA 1 APTO	73.59	3.88	0.365	2.85	3	3.6	2
MONTEBELLO	201.5	8	0.52	3.01	6	3.5	2
ACROPOLIS 2 APTO	165.76	7	1	3	8	3.2	2
ACROPOLIS 4 APTO	285.72	11.95	1.35	2.85	14	4.4	2



EDIFICACIONES MENORES DE 7 PISOS

EDIFICACION	ÁREA PLANTA	AREA MUROS CARGA	ÁREAS MUROS RIGIDEZ	SEPARACION MUROS CARGA	No. VANOS CARGA	SEPARACION MUROS RIGIDEZ	No. VANOS RIGIDEZ
SANTA CLARA	174.87	5.23	0.62	2.92	8	3.5	2
SAN MARCOS	314.02	9.08	1.86	2.8	11	5.1	2
METROPOL III 1 APTO	89	3.01	0.44	1.3	4	4	2
METROPOL III 4 APTO	354.2	10.68	1.76	2	16	4	2
METROPOLIS II	215.11	6.28	0.82	1.5	9	5.05	2
CORVIANDI	287.513	12.9239	10.5741	3.15	10	1.9	2
JUAN PABLO II 1 APTO	65.813	2.586	2.653	1.36	7	2.85	2
JUAN PABLO II 2 APTO	122.285	4.897	3.271	2	9	2.85	2
PARQUE REAL	154.59	4.62	1.32	3	6	3.5	2
CHICO REAL 1 APTO	91.6775	2.95	0.37	2.6	5	4.2	2
CHICO REAL 2 APTO	177.992	5	0.74	2.3	9	4.15	2
ALEJANDRIA 2 APTO	117.54	7.22	2.85	2.84	6	3.2	2
ALEJANDRIA 1 APTO	60.9	3.47	1.8	2.5	4	3.2	2
PALERMO	133.2	6.23	3.68	2.13	4	2.1	4
LA CALLEJA	71.46	3.29	2.44	2.85	4	2.1	4
LADERA	115.87	6.76	2.99	2.85	6	1.7	5
ARAGON	129.36	4.85	3.13	3.1	6	1.8	4
MINUTO	212.38	7.17	6.51	2.02	10	2.1	4

