

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**EVALUACIÓN SISMORRESISTENTE DE LA UNIDAD  
EDUCATIVA NACIONAL ESCUELA EXPERIMENTAL  
VENEZUELA – EDIFICIO ESTE**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs.  
Al Jarrouj Nassar, Yoman.  
Jaramillo Castrillón, Omar Ernesto.  
Para optar al título de  
Ingeniero Civil

Caracas, junio de 2008

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

**EVALUACIÓN SISMORRESISTENTE DE LA UNIDAD  
EDUCATIVA NACIONAL ESCUELA EXPERIMENTAL  
VENEZUELA – EDIFICIO ESTE**

TUTOR ACADEMICO: Prof. Ing. Ángelo Marinilli

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs.  
Al Jarrouj Nassar, Yoman.  
Jaramillo Castrillón, Omar Ernesto.  
Para optar al título de  
Ingeniero Civil

Caracas, junio de 2008

**ACTA**

El día **02** de junio se reunió el jurado formado por los profesores:

Angelo Marinilli  
Salvador Safina  
Norberto Fernández

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“EVALUACIÓN SISMORRESISTENTE DE LA UNIDAD EDUCATIVA NACIONAL ESCUELA EXPERIMENTAL VENEZUELA – EDIFICIO ESTE”**.

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Jaramillo, Omar	20	VEINTE
Br. Al Jarrouj, Yoman	20	VEINTE

Recomendaciones:

---

---

---

FIRMAS DEL JURADO

Angelo Marinilli  
Salvador Safina  
Norberto Fernández

Caracas, 02 de junio de 2008

**DEDICATORIA**

A Dios, por haber llegado a mi vida a través de Su Hijo Jesús.

A mis padres.

A mis hermanos menores, a quienes busco dar ejemplo en todo lo que hago en mi vida.

A Iraida Hernández, a mi familia terrenal, a mi familia espiritual y a todo aquel al que Dios puso a mi alrededor, para quienes deseo las más grandes bendiciones.

A todas las personas que han ayudado a hacer realidad este texto.

Omar Ernesto Jaramillo C.

**DEDICATORIA**

A Dios por estar presente.

A mis Padres por confiar siempre en mí.

A mi Hermano y mis Hermanas.

A mis Amigas Mary ann, Vanessa y Rosa por prestarme su apoyo en la elaboración este trabajo.

Al Jarrouj N. Yoman

---

### **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a todos los que permitieron llevar a cabo este trabajo especial de grado. A nuestros padres, nuestros hermanos, nuestros amigos, familiares y allegados.

Extendemos nuestro agradecimiento a los profesores que con su dedicación y trabajo compartieron su conocimiento con nosotros, especialmente a nuestro tutor, el profesor Angelo Marinilli por toda su colaboración prestada en el desarrollo de este trabajo.

De igual manera a nuestros compañeros y amigos que compartieron sus conocimientos y nos ayudaron siempre en toda medida. A María Louisiana Rosales, Adrián Taboada, Vanessa Ebres, Mary Ann Olivo, Rosa Díaz, Karina Paredes, Leonardo Colmenares, Maria Carolina Olivo y a todos aquellos que se nos escapan de esta lista.

**Al Jarrouj, Yoman**

**Jaramillo, Omar**

**“EVALUACIÓN SISMORRESISTENTE DE LA U.E.N. ESCUELA  
EXPERIMENTAL VENEZUELA – EDIFICIO ESTE”**

**Tutor Académico: Prof. Angelo Marinilli. TESIS. Caracas, UCV. Facultad de  
Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. 2008. Páginas 172**

**Palabras Clave: Riesgo Sísmico, Escuelas, Ingeniería Sismorresistente.**

**RESUMEN**

La ubicación de Venezuela en el extremo norte de Suramérica, donde colindan las placas de Suramérica y del Caribe, le convierte en un país con alta vulnerabilidad sísmica. Basado en este hecho y en eventos sísmicos ocurridos en el pasado, la norma Covenin 1756:2001 [1] de “Edificaciones Sismorresistentes” ha puesto especial énfasis en la importancia del correcto diseño de estructuras capaces de salvaguardar la vida de sus ocupantes.

En un trágico evento nacional, ocurrido el 09 de julio de 1997, un terremoto de magnitud 6,8 en la escala Richter terminó con la vida de 73 personas y generó cuantiosas pérdidas económicas. En este evento, denominado “El terremoto de Cariaco”, 23 de los fallecidos se encontraban en edificaciones escolares. Es así como surge, por iniciativa de diversas entidades, el “Proyecto Escuelas”, con la tarea de evaluar el comportamiento sismorresistente de los diversos tipos de edificaciones escolares existentes en el país.

El presente trabajo, como parte del “Proyecto Escuelas”, busca estudiar la respuesta estructural de la Escuela Experimental Venezuela frente a un evento sísmico. La edificación presenta en su diseño diversos elementos estructurales, prevaleciendo los muros de mampostería confinada, los machones y la presencia de elementos arquitectónicos elaborados con gran detalle. Debido a que fue construida entre 1937 y 1939, se recurrió a registros históricos de la época como planos y normas de construcción para su estudio. En cuanto al sistema estructural de muros, no muy claro en las normas venezolanas, se consultó la norma mexicana para el diseño y construcción de estructuras de mampostería. En la evaluación hecha se realizó un análisis dinámico, se determinaron derivas, relaciones demanda/capacidad a 7 modelos matemáticos diferentes y se concluyó que la estructura presenta un riesgo sísmico alto.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	iv
 <b>CAP. I- INTRODUCCIÓN</b>	
I.1- Antecedentes	
I.1.1- Actividad Sísmica en Venezuela.....	1
I.1.2- Terremotos en Venezuela.....	2
I.1.3- Acciones Tomadas A Nivel Mundial.....	5
I.1.4- Acciones Tomadas A Nivel Nacional.....	6
I.2- Objetivos	
I.2.1- Objetivo General.....	10
I.2.2- Objetivos Específicos.....	10
I.3 Aportes.....	11
 <b>CAP. II- MARCO TEÓRICO</b>	
II.1- Tectónica y Sismicidad Global.....	13
II.2- Fallas y Terremotos.....	14
II.3- Sismo.....	15
II.4- Tipos y Localización de los Terremotos.....	16
II.5- Escalas de Magnitud e Intensidad.....	17
II.6- Riesgo Sísmico.....	18
II.7- Ductilidad.....	19
II.8- Interacción Suelo-Estructura.....	20
II.9- Mecanismo de Falla Dúctil.....	21
II.10- Mecanismo de Falla Frágil.....	21
II.11- Métodos de Análisis.....	22
II.11.1- Método de Análisis Dinámico Espacial con Diafragma Flexible...22	

**CAP. III- METODOLOGÍA**

III.1- Levantamiento de un Archivo Fotográfico.....	23
III.2- Ubicación de los Planos de la Estructura.....	23
III.3- Realizar el Levantamiento Geométrico de la Estructura.....	23
III.4- Identificación de los Materiales que Componen el Edificio.....	23
III.5- Elaboración de Planos del Edificio.....	24
III.6- Elaboración de Modelos Matemáticos.....	24
III.7- Análisis Dinámico del Edificio.....	24
III.8- Riesgo Sísmico.....	24

**CAP. IV- DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN**

IV.1- Historia y Ubicación.....	25
IV.2- Geometría de la Estructura.....	26
IV.3- Materiales y Descripción Estructural.....	27
IV.4- Descripción Arquitectónica.....	28

**CAP. V- ANÁLISIS SÍSMICO DE LA U.E.N ESCUELA EXPERIMENTAL****VENEZUELA**

V.1- Pesos y Masas de la Estructura.....	30
V.2- Rigidez de las Juntas.....	31
V.3- Apoyos.....	32
V.4- Inercia de Elementos.....	32
V.5- Espectro de Diseño.....	32
V.6- Software de Análisis.....	34
V.7- Modelos Matemáticos.....	35
V.7.1- Modelado de la Mampostería Confinada con Elementos Finitos.....	36
V.7.2- Resultado del Modelado de los Muros de Mampostería Confinada..	37

**CAP. VI- ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL**

VI.1- Estudio de los Periodos y de las Masas Participativas.....	40
VI.2- Estudio de las Derivas.....	45
VI.2.1- Derivas en Elementos Estructurales Vigas y Columnas.....	47
VI.2.2- Derivas en Muros Estructurales de Mampostería Confinada.....	48
VI.3- Estudio de la Demanda/Capacidad.....	49
VI.3.1- Demanda.....	50

---

VI.3.2- Capacidad.....	50
VI.3.2.1- Capacidad en Columnas.....	50
VI.3.2.2- Capacidad en Muros de Mampostería Confinada.....	52
VI.3.3- Relación Demanda/Capacidad.....	53
<b>CAP. VII- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
VII.1- Conclusiones.....	65
VII.2- Recomendaciones.....	66
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS</b>	
<b>ANEXO A-</b> Registro Fotográfico.....	72
<b>ANEXO B-</b> Planos de la U.E.N Escuela Experimental Venezuela.....	84
<b>ANEXO C-</b> Modelos Matemáticos, Diagramas de Interacción.....	93
<b>ANEXO D-</b> Tablas Derivas, Demandas, Capacidad, Demanda/Capacidad.....	101

---

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **I.1. ANTECEDENTES**

#### **I.1.1 Actividad Sísmica en Venezuela**

En Venezuela existen importantes fallas geológicas, lo que lleva a catalogarle como un país con alta amenaza sísmica. En el área costera norte del país se encuentran la placa suramericana y la placa caribeña, generando importantes fallas secundarias y una marcada actividad sísmica.

Las zonas más habitadas del territorio nacional están dispuestas a lo largo de líneas de cordillera y líneas costeras, lugares donde habitualmente se presentan líneas de falla y elevados riesgos sísmicos para las edificaciones. Así pues, Venezuela es extremadamente vulnerable de ser afectada por terremotos y sismos.

La actividad sísmica es un fenómeno natural ampliamente estudiado en la actualidad, dado el alto impacto que ejerce sobre el quehacer humano en el momento de su ocurrencia. En el país es la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas el órgano encargado de cuantificar el tema. Éste, junto con la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) produjo en 2001 la norma 1756 [1], la cual es el manual a cumplir por ingenieros y diversos profesionales respecto a las construcciones sismorresistentes.

### **I.1.2 Terremotos en Venezuela**

El sismo es un fenómeno natural que ocurre sin previo aviso y que puede causar grandes pérdidas humanas y económicas. En el ámbito nacional, el caso más emblemático data de 1967, cuando el 29 de julio la ciudad de Caracas fue azotada por un sismo de gran escala (6,5 grados en la escala Richter), lo que ocasionó aproximadamente 236 fallecidos y 2000 heridos, además de cuantiosos daños materiales; esto condujo a que se prestara más atención al fenómeno sismológico y a que se adoptaran nuevas normas de seguridad para la construcción de edificaciones, considerando el riesgo de sufrir un terremoto.

El 9 de julio de 1997 a las 15:25 hora local, un terremoto Mw 6,9 golpeó el noreste de Venezuela, la región sísmicamente más activa del país. El sismo fue sentido desde la parte este de Venezuela hasta la capital, Caracas, localizada en la parte central del país. El daño de edificaciones fue generalizado dentro y en los alrededores del pueblo de Cariaco, donde el 40% de las estructuras de bahareque fueron destruidas. El daño estructural a edificios de concreto reforzado ocurrió tanto en Cariaco como en la capital del estado Sucre, Cumaná. El daño generalizado se concentró en servicios públicos como carreteras y abastecimientos de agua como en aquellas edificaciones aporricadas de concreto construidas por los propios dueños. Este terremoto fue el evento sísmico más grande en el oriente de Venezuela durante el siglo XX. Este evento se denominó “El Terremoto de Cariaco”, y generó cuantiosos daños a las edificaciones escolares, colapsando 4 planteles y generando deterioro a 301 planteles más. En el Terremoto de Cariaco fallecieron 74 personas, hubo 522 heridos y pérdidas económicas estimadas en más de 100 millones de dólares.

#### **Terremotos emblemáticos**

Un pequeño resumen del registro histórico existente respecto a eventos sísmicos ocurridos en el país, pone de relieve la importancia que el tema debe tener para las autoridades

oficiales y académicas:

**1530.** Conocido como el primero registrado, siendo poco después del Descubrimiento de América, se produjo el 1 de septiembre de 1530 a las 10.30 HLV. Tuvo una fuerza de magnitud de Mb 7,3.

En este desastre quedó destruido el fuerte que Gonzalo de Ocampo erige, la fortaleza de Nueva Toledo, en lo que hoy se llama Cumaná. Posiblemente éste es el primer maremoto que se conoce registrado en América

**1641.** El 11 de julio de 1641 a las 8:30, el territorio de Venezuela sufre otro evento sísmico, esta vez en Caracas y sus alrededores. Se estimaron entre 300 y 500 personas víctimas del terremoto. Se generaron amplios daños a viviendas y a estructuras más grandes como iglesias y templos.

**1812.** Una parte importante del territorio Nacional es devastado por un movimiento sísmico ocurrido el 26 de marzo de 1812, con una intensidad de Mb. 7,0 a las 16:37 HLV.

Las zonas donde más estragos causó fueron Caracas, La Guaira, Barquisimeto, Santa Rosa, San Felipe y Mérida. Se calcularon para ese momento entre 15.000 y 20.000 víctimas, y daños materiales incalculables.

Fue tan drástico el movimiento que en una zona llamada Valecillo llegó a formarse un nuevo lago y un río de importancia que lleva el nombre de Yurubí, el cual se transformó en represa. Muchos riachuelos cambiaron su curso en el Valle de Caracas.

**1853.** El 15 de julio de 1853 a las 2.25 HLV, un sismo Mb 6,3 genera una amplia destrucción en Cumaná y sus alrededores, además ocasionando agrietamientos en terrenos de Caigüire y Sabana del Peñón y hundimientos en la costa de hasta 15 metros.

El mar se retiró de la bahía de Puerto Sucre dejando en seco un cuarto de una milla y luego se levantó a la altura de 5 m precipitándose sobre la costa y destruyendo el muelle. Esto fue

---

un maremoto - tsunami.

**1894.** El 28 de abril de 1894, con una magnitud de Mb 7,0, los Andes venezolanos sufren el llamado "Gran Terremoto De los Andes" a las 22.15 HLV. Este destrozó Santa Cruz de Mora, Zea, Mérida, Tovar, Mesa Bolívar, Lagunillas, Chiguará y otros pueblos. Hubo un total de 319 víctimas y muchos heridos.

**1929.** El último terremoto destructor en Cumaná ocurrió el 17 de enero de 1929 a las 7:32 HLV (fase lunar creciente 46%); las descripciones de sus efectos son similares a las de 1530 y 1853.

**1967.** El 29 de julio de 1967 las 20.05 HLV, Caracas fue sacudida con un sismo de 6,5 grados en escala de Richter, con una duración de 35 a 55 segundos según la zona de Caracas, dejando un balance de 236 muertos, 2.000 heridos y daños materiales en exceso.

**1997.** En julio de 1997, a las 15.23 HLV, un fuerte sismo (Mb 6,9) sacudió el estado Sucre. El epicentro tuvo lugar en la Península de Paria con duración de 51 segundos; posteriormente ocurrieron varias réplicas del movimiento. La población de Cariaco fue la que más sufrió y donde los daños fueron bastante considerables. Aproximadamente 83 personas fallecieron y más de 500 quedaron heridas. El sismo fue bautizado como el "Terremoto de Cariaco".

### I.1.3 ACCIONES TOMADAS A NIVEL MUNDIAL

Son innumerables los eventos catastróficos ocurridos durante este siglo en el mundo; los terremotos son unos de ellos. Un evento histórico que provocó un cambio sustancial en el diseño y construcción de escuelas en California, ocurrió en Long Beach en 1.933. Un terremoto de magnitud Richter igual a 6,3 destruyó 70 escuelas y causó daños a otras 120; afortunadamente el evento ocurrió a las 5:54 p.m., después de finalizadas las clases, con lo que se salvaron centenares de vidas.

Los elevados riesgos asociados a las edificaciones escolares quedaron dramáticamente ilustrados en el terremoto de Armenia del 7 de Diciembre de 1.988 ( $M = 6,9$  a unos 7-8 km de profundidad); del total de 25.000 muertes, más de 6.000 (24%) fueron estudiantes y maestros de instituciones educativas. Otro caso notable ocurrió durante el terremoto de Skopje (Macedonia) del 26 de Julio de 1.963 ( $M = 6,1$  a 8 km de profundidad); del total de 77 edificaciones escolares de la ciudad de Skopje, 44 (57%) fueron destruidas, provocando una interrupción masiva del proceso educacional en la ciudad y en el país. Gracias a que el evento tuvo lugar a las 5:17 a.m., todos los edificios estaban desocupados por lo que se salvaron miles de vidas. La mayoría de los estudiantes tuvieron que ser trasladados a escuelas temporales mientras se construían nuevas escuelas y reforzaban otras; ni el gobierno ni las escuelas tenían planes para atender esa emergencia.

Terremotos recientes también han afectado significativamente a edificaciones escolares. El terremoto de Molise en Italia, ocurrido el 31 de Octubre de 2.002, causó el derrumbe de una escuela primaria y la muerte de 27 niños y un maestro. El terremoto de Boumerdes (Argelia) del 21 de Mayo de 2.003 ( $M_w = 6,8$ ) causó extensos daños en escuelas: 564 de un total de 1.800 escuelas inspeccionadas, sufrieron serios daños. Veintitrés años antes, el 70% de las escuelas de la ciudad de El-Asnam resultaron con daños extensos o derrumbadas

durante el terremoto del mismo nombre de 1.980 ( $M = 7,3$ ), en una proporción sustancialmente mayor que el resto de las construcciones de la ciudad. Afortunadamente, debido a que la hora de ocurrencia de estos eventos no coincidió con las horas de actividades escolares, la pérdida de vidas fue muy baja. El mismo año y solo unos días antes del evento de Argelia, el primero de Mayo de 2.003, un terremoto ( $M_w = 6,4$ ) afectó el poblado de Bengöl de 70.000 habitantes, en Turquía. De un grupo de 28 edificaciones escolares inspeccionadas se observó que 3 tuvieron daño ligero o no tuvieron daño, 12 tuvieron daño moderado, 10 daño severo y 3 se derrumbaron totalmente causando la muerte de numerosos niños mientras dormían. Todas las edificaciones eran de concreto armado, 17 constituidas por pórticos y una por un sistema mixto de muros y pórticos. Todas poseían paredes de mampostería de relleno colocadas entre columnas.

Uno de los problemas estructurales comunes observados en estos edificios fue la presencia de columnas cautivas o cortas, debido a las restricciones que imponían las paredes. Otro problema común fue el detallado inadecuado de los elementos estructurales; falta de confinamientos en columnas, carencia del refuerzo transversal necesario para prevenir fallas por cortante, especialmente en el caso de las columnas cortas, y anclaje inadecuado de los extremos libres del refuerzo transversal.

#### **I.1.4 ACCIONES TOMADAS A NIVEL NACIONAL**

Venezuela es un país de alta amenaza sísmica. A lo largo del sistema cordillerano venezolano colindan las placas tectónicas del Caribe y Sudamérica, dando lugar a líneas de fractura y a los grandes sistemas de fallas de Boconó, San Sebastián y El Pilar, las cuales han ocasionado terremotos de magnitud estimada de hasta 7,5. Las recientes y diversas investigaciones llevadas a cabo en el país indican que las edificaciones escolares presentan un riesgo sísmico alto. Debido a la vulnerabilidad que puedan presentar las estructuras que

---

conforman los planteles escolares al momento de su construcción, frente al deterioro ocasionado por el paso del tiempo, o debido a problemas estructurales, se hace necesario realizar un estudio más detallado de las edificaciones que conforman las escuelas en el país, especialmente en las áreas geográficas donde la amenaza sísmica es mayor.

Con base en la información geológica y sismológica se han elaborado en el país estudios de amenaza sísmica a fin de determinar con criterios probabilísticos las aceleraciones del terreno a usar en el diseño de estructuras. El mapa de zonificación de la norma venezolana para el diseño sismorresistente del año 2001, prescribe valores de aceleración elevada, moderada y baja amenaza sísmica. Las aceleraciones máximas del terreno asociadas a cada zona sísmica se incrementan en 30% para el diseño de escuelas, considerando la importancia que tienen estas edificaciones.

En Venezuela existen diversos tipos de estructuras que conforman las edificaciones escolares, en la mayor parte de los casos con base en modelos preestablecidos, dentro de las cuales se encuentran las escuelas tipo Antiguo I, Antiguo II, módulo base, patrimoniales que usualmente no son modelos preestablecidos, etc.

De acuerdo a los datos suministrados por el Ministerio de Educación, existen un total de 28.119 unidades educativas, desde preescolar hasta bachillerato, distribuidas en todo el país. Con la información relativa a la localización de dichas escuelas se determinó el número de unidades en cada zona sísmica; la correlación entre la localización y la zonificación sísmica que se muestra en la Tabla 1 indica que aproximadamente un 70% de las escuelas, equivalente a un total de 19.515 unidades, están expuestas a amenazas que van de elevada a muy elevada. Este número de unidades representa muy probablemente un número significativamente mayor de edificaciones puesto que cada unidad educativa está generalmente constituida por varias construcciones independientes. Por otro lado,

numerosas unidades educativas del país han sido construidas a partir de unos pocos proyectos arquitectónicos y diseños estructurales.

Amenaza Sísmica	Zona	Aceleración (g)	Número de escuelas	% de Escuelas
Muy alta	6-7	0,46-0,52	1671	5,9
Elevada	4-5	0,33-0,39	17844	63,5
Moderada	2-3	0,20-0,26	7698	27,4
Baja	0-1	$\leq 0,13$	906	3,2
Total			28119	100

Tabla 1. REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN ESCUELAS DE VENEZUELA. *BOLETÍN TÉCNICO IMME.*

El presente trabajo está enmarcado en la investigación denominada “Reducción de Riesgo Sísmico en Edificaciones Escolares”, coordinado y llevado a cabo por el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME) de la Universidad Central de Venezuela (UCV) y auspiciado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) a través del Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT). Dicho proyecto pretende inicialmente identificar y clasificar las edificaciones escolares existentes en Venezuela, para luego determinar los niveles de riesgo a las que están expuestas. Posteriormente se propondrán medidas de mitigación de riesgo con el objeto de disminuir dicho riesgo hasta niveles aceptables y enmarcados dentro de las normas nacionales vigentes respecto a diseño sismorresistente.

De igual manera el presente trabajo pretende aportar información a todas aquellas personas y organismos que se han dedicado al estudio del fenómeno sísmico y al tema de la sismorresistencia en el país. Se enfocará en la unidad educativa patrimonial, U.E.N Escuela Experimental Venezuela, una edificación con un valor cultural e histórico que requiere su

---

preservación, además, por supuesto, de proveer seguridad a los niños y niñas, maestros, empleados, obreros etc. que en él conviven diariamente. Si bien sería valioso e interesante realizar comparaciones con otras edificaciones escolares similares, resulta inconveniente dada la particularidad estructural que posee cada una de estas edificaciones, por lo general antiguas y además construidas a través de métodos que no tienen aspectos en común. Este aspecto impide realizar comparaciones precisas entre escuelas con características estructurales bien diferenciadas.

## **I.2 OBJETIVOS**

### **I.2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Realizar la evaluación sismorresistente de la escuela patrimonial “Unidad Educativa Nacional (UEN) Escuela Experimental Venezuela” (Edificio Este).

### **I.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Recopilar la información de la geometría de la edificación y elaborar planos arquitectónicos y estructurales en 2D.
- Realizar la caracterización y propiedades de los materiales que la componen.
- Generar modelos matemáticos de la estructura con un programa para análisis estructural, y así obtener una respuesta del comportamiento dinámico del edificio ante cargas sísmicas.
- Determinar desplazamientos y derivas de los entrepisos, la fuerza cortante en la base de la estructura y las solicitaciones (fuerzas) en elementos seleccionados de la estructura.
- Comparar demandas y capacidades reales en términos de desplazamiento, derivas y solicitaciones seleccionadas.
- Recomendar acciones a tomar para mejorar el comportamiento sismorresistente.

### **I.3 APORTES**

La presente investigación pretende enriquecer, consolidar y complementar las futuras líneas de investigación en torno al tema, con especial énfasis en la evaluación de riesgo sísmico en edificaciones.

Colaborar con los diversos organismos encargados de la investigación en la materia como lo son el Instituto de Materiales y Modelos Estructurales de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Central de Venezuela (IMME), la Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE), la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) y el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), como también con aquellos a nivel nacional e internacional, en desarrollar estructuras sísmicamente seguras, aptas para salvaguardar las vidas de los estudiantes y maestros que concurren a dichas instalaciones. De este modo se preserva la vida de aquellos que representan el futuro del país.

Sentar precedentes en torno a la evaluación sísmica de edificaciones escolares patrimoniales en Venezuela, ya que dada su edad de construcción, no son estudiadas de manera habitual. De igual manera se dejará un registro en digital de los planos originales existentes, los cuales se encuentran en la Biblioteca Nacional y son ejemplares únicos que carecen de copia. Los planos se presentarán junto con las modificaciones que haya podido haber sufrido la estructura hasta el presente.

Colaborar con las investigaciones llevadas a cabo desde hace tiempo por los directivos y profesores del IMME, como también por estudiantes de pregrado en torno a la amenaza

sísmica de estas edificaciones y a las posibles soluciones, enmarcadas dentro de un ambicioso programa que pretende tener un impacto nacional en las generaciones futuras.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **II.1 TECTÓNICA Y SISMICIDAD GLOBAL**

Actualmente la comunidad científica reconoce el hecho de que la corteza terrestre se encuentra en permanente cambio y de que su estructura es relativamente delgada comparada con el tamaño de la tierra. Es válida la analogía de que al comparar la Tierra con un huevo duro, la corteza tendría un espesor semejante a la cáscara y ésta estaría fracturada en diversos fragmentos, equivalentes a lo que se conoce como placas tectónicas.

Existen fuerzas bajo la corteza que hacen que estas placas se muevan a velocidades pequeñas. La naturaleza de estas fuerzas no está muy entendida, pero prevalece la idea de que se originan por flujos lentos de magma en el manto terrestre. Estos flujos se generarían por convección térmica y por los efectos dinámicos de la rotación de la Tierra. En algunas regiones las placas se separan, generando el afloramiento de material de corteza desde el interior de la Tierra; estos lugares se denominan crestas o dorsales marinas. El centro del Océano Atlántico es ejemplo de esto. En otros lugares las placas se deslizan una al lado de la otra, como ocurre con la falla de San Andrés en California, Estados Unidos. Las zonas de subducción son otro tipo de fenómeno, en el que las placas se empujan una contra otra permitiendo que una se deslice por debajo de la otra. El mejor ejemplo ocurre a lo largo de la costa sobre el Océano Pacífico de Centro y Sur América, donde la placa de Nazca y la Sudamericana se encuentran.

El movimiento relativo entre placas tectónicas colindantes, independientemente de su dirección, acumula energía hasta el momento en el que se fractura la roca, liberando

---

abruptamente esta energía acumulada, manifestándose así con la generación de ondas sísmicas.

## II.2 FALLAS Y TERREMOTOS

Uno de los aspectos básicos para el estudio y evaluación de la peligrosidad sísmica es la identificación de las fuentes de los terremotos. La tectónica de placas explica la distribución de la sismicidad a escala global, permitiendo distinguir entre zonas sísmicamente activas, que coinciden con límites de placas litosféricas, y zonas relativamente estables situadas en el interior de las placas. Dentro de las áreas sísmicas, las fuentes concretas de los terremotos superficiales son estructuras geológicas definidas denominadas fallas, cuya actividad tectónica es responsable de la liberación de energía durante el terremoto.

Las fallas geológicas capaces de producir sismos se denominan fallas activas. Fue precisamente para explicar el terremoto de San Francisco de 1906, provocado por un salto brusco en la Falla de San Andrés, por lo que se elaboró el modelo del “rebote elástico”, en el que se considera que los labios o bloques separados por una falla activa tienden a desplazarse relativamente uno respecto del otro, aunque la falla permanece bloqueada hasta que se vence un umbral de resistencia a la rotura y ésta rompe bruscamente en una extensión más o menos importante.

Esta relación entre fallas y terremotos superficiales se ha visto corroborada con claridad cuando una mayor precisión en la localización de los epicentros de los terremotos ha permitido correlacionar alineaciones de epicentros con trazas de fallas que han tenido movimientos durante el periodo Cuaternario. También el aumento de la precisión en la localización de los epicentros de las réplicas de terremotos individuales, ha permitido la delimitación de las zonas de falla que han producido un terremoto. Es así como los

constantes avances en la ciencia y la técnica, han permitido desarrollar, de forma paulatina, las áreas relacionadas con los eventos sísmicos.

### **II.3 SISMO**

El sismo se define como el movimiento producido en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la Tierra. Esta energía se transmite a la superficie en forma de ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones. El punto en que se origina el terremoto, se llama foco o hipocentro. El epicentro es el punto de la superficie terrestre más próximo al foco del terremoto.

La deformación de los materiales rocosos produce distintos tipos de ondas sísmicas. Un deslizamiento súbito a lo largo de una falla, produce ondas primarias, longitudinales o de compresión (ondas P) y secundarias, denominadas transversales o de cizalla (ondas S). Los trenes de ondas P, de compresión, establecidos por un empuje (o tiro) en la dirección de propagación de la onda, causan sacudidas de atrás hacia adelante en las formaciones de superficie. La velocidad de propagación de las ondas P depende de la densidad de las rocas. En la propagación de las ondas de cizalla, las partículas se mueven en dirección perpendicular a la dirección de propagación. Las ondas P y las ondas S se transmiten por el interior de la Tierra; las ondas P viajan a velocidades mayores que las ondas S.

Además de las ondas P y S —ondas internas o de volumen—, hay dos tipos de ondas superficiales: las ondas de Love y las ondas de Rayleigh. Las ondas superficiales sólo se propagan por la superficie terrestre y son las causantes de los mayores destrozos.

---

## II.4 TIPOS Y LOCALIZACIÓN DE LOS TERREMOTOS

En la actualidad se reconocen tres clases generales de terremotos: tectónicos, volcánicos y artificiales. Los sismos de la primera de ellas son los más devastadores, además de que plantean dificultades especiales a los científicos que intentan predecirlos.

Los causantes de los terremotos de la tectónica de placas son las tensiones creadas por los movimientos de alrededor de doce placas, mayores y menores, que forman la corteza terrestre. De las dos clases de terremotos no tectónicos, los de origen volcánico rara vez son muy grandes o destructivos. Su interés principal radica en que suelen anunciar erupciones volcánicas.

Los seres humanos pueden inducir la aparición de terremotos cuando realizan determinadas actividades, por ejemplo, en el rellenado de nuevos embalses (presas), en la detonación subterránea de explosivos atómicos o en el bombeo de líquidos de las profundidades terrestres.

Un terremoto es una amenaza natural que viene usualmente acompañada por una serie de fenómenos, también naturales, capaces de causar pérdidas materiales y pérdidas de vidas humanas, tales como: fuerte vibración de la superficie del terreno, inestabilidad geológica, deslizamiento de taludes, hundimiento y asentamiento del terreno, licuefacción, callamiento y fractura superficial, avalanchas y tsunamis, por citar los más comunes. Estos fenómenos por su origen son catalogados como amenaza sísmica y su impacto en áreas urbanas depende de la magnitud del terremoto, de la duración del mismo, de la distancia de la zona de disipación de energía, de las condiciones particulares del suelo local y su interacción con las edificaciones existentes.

## II.5 ESCALAS DE MAGNITUD E INTENSIDAD

Se han determinado dos escalas de medida principales para describir cuantitativamente a los terremotos. Estas son la Escala de Richter y la Escala de Mercalli.

La escala de Richter, también conocida por su nombre más adecuado de escala de *magnitud local*  $M_L$ , mide la energía liberada en el foco del sismo. Su nombre se debe al sismólogo estadounidense Charles Richter. Esta es una escala logarítmica arbitraria que asigna un número para cuantificar el tamaño de un terremoto, con valores prácticos medibles entre 1 y 10. A pesar de que en teoría no existe límite en la escala logarítmica para medir la energía de un terremoto, se considera 9,5 como el límite práctico.

La escala de Mercalli fue introducida a comienzos del siglo XX por el sismólogo italiano Mercalli y evalúa la intensidad de los terremotos a partir de los daños causados a diversas estructuras. Está dividida en 12 puntos enumerados con números romanos y que van desde un grado muy débil (I) hasta un grado catastrófico (XII).

Existen otros tipos de escalas para medir la magnitud de un terremoto; entre éstas están: escala de magnitud de ondas superficiales ( $M_s$ ), escala de magnitud de ondas de volumen ( $M_b$ ), y la escala de magnitud de duración ( $M_d$ ). Existe otra medida considerada importante, el momento sísmico ( $M_w$ ), una cantidad que combina el área de ruptura y la compensación de la falla con una medida de la resistencia de las rocas: el módulo de deformación  $\mu$ .

## II.6 RIESGO SÍSMICO

Las estructuras están sujetas a un riesgo sísmico, el cual puede definirse en forma simplificada como una función de la amenaza sísmica y de la vulnerabilidad estructural mediante la siguiente relación:

$$R_s = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

El riesgo sísmico podrá reducirse sólo si se reduce alguna de las variables involucradas en dicha ecuación. La amenaza sísmica supone un conocimiento exhaustivo de las fuentes sísmicas capaces de generar terremotos en el área de estudio y su probabilidad de ocurrencia. Generalmente esta información se encuentra en las normas y se ilustra mediante mapas de zonificación sísmica, que con frecuencia poco dicen, acerca del riesgo real que una estructura tiene ante la acción de un sismo.

La vulnerabilidad sísmica de una estructura podría definirse como el grado o nivel de daño esperado ante una amenaza sísmica conocida o preestablecida, y suele expresarse normalmente, como una fracción del costo de la edificación. El problema básico radica en estimar con certeza cual sería la respuesta de la edificación ante la acción de terremotos que sean realmente críticos.

La estimación de riesgo sísmico de la edificación dependerá del conocimiento certero de por lo menos tres interrogantes:

- La actividad sísmica del área.
- El tipo de amenaza sísmica esperada (inestabilidad geológica, licuefacción, vibración fuerte del terreno, etc.), condiciones del suelo, el diseño y detalle estructural de los elementos que conforman la infraestructura (fundaciones) y la

superestructura, edad de la misma y conocimiento de la distribución espacial de los elementos no estructurales (tabiquería y ventanas, etc.).

- El nivel de daño o de seguridad preestablecido por el proyectista.

Ya que el riesgo sísmico de una edificación depende de su vulnerabilidad, se hace necesario, a fin de mantener el riesgo dentro de los niveles mínimos de seguridad aceptables una evaluación de la vulnerabilidad actual de la edificación como conjunto (suelo, fundación, superestructura, elementos no estructurales).

## **II.7 DUCTILIDAD**

La energía que un terremoto aporta a la estructura se disipa por el efecto combinado del amortiguamiento y, sobre todo, de las deformaciones inelásticas de sus elementos. Esta capacidad de los elementos estructurales, de soportar deformaciones cíclicas en el dominio inelástico, sin que se produzca su colapso, es lo que se denomina ductilidad de la estructura.

En el caso de una estructura con varios grados de libertad, un comportamiento dúctil adecuado, deberá permitir la disipación de buena parte de la energía, que el sismo aporta a la estructura mediante mecanismos de histéresis estables y bien distribuidos por toda ella, que aseguren que no se produzca el colapso global de la estructura, por el fallo de alguno de sus elementos. La ductilidad global de la estructura, depende de la ductilidad de sus materiales por un lado y de la tipología estructural y los detalles constructivos por otro (más concretamente de las soluciones constructivas adoptadas en los nodos de conexión entre elementos).

La ductilidad es mayor en las estructuras desplazables -como pórticos- que en las rígidas -como las apantalladas-, pero siempre que en los nodos exista la capacidad suficiente para permitir importantes deformaciones. A nivel de sección, la capacidad de disipación de energía, es mayor en las secciones sometidas a flexión que en las comprimidas, por lo que se debe fomentar que sean las secciones sometidas a flexión las que se agoten antes.

En base a la ductilidad las normativas sismorresistentes permiten aminorar las acciones de cálculo, y es por ello que muchas de las prescripciones constructivas y recomendaciones de diseño reflejadas en tales normativas están orientadas a garantizar precisamente que la estructura tenga la ductilidad esperada.

## **II.8 INTERACCIÓN SUELO-ESTRUCTURA**

Uno de los factores que representa mayor influencia sobre la estructura y su comportamiento, es el tipo de suelo sobre el cual se construyó y las solicitaciones que este le transmita. En particular, cuando la estructura se asienta en un terreno rígido, se ha observado en términos generales, un mayor nivel de daño en estructuras rígidas que en estructuras flexibles.

Cuando la estructura se asienta en un terreno blando, los fenómenos de interacción suelo estructura cobran importancia, debiéndose incorporar en el análisis. Un suelo blando tiende a filtrar el contenido en frecuencias del terremoto, amplificando los períodos largos. En general se ha observado un mayor daño en estructuras flexibles cuando las condiciones son de suelo blando.

### **II.9 MECANISMO DE FALLA DÚCTIL**

Este mecanismo de falla es el ideal, la estructura es capaz de resistir deformaciones plásticas sin perder capacidad resistente. En estructuras de concreto armado, para que se puedan desarrollar los mecanismos dúctiles, es necesario cuidar el detallado del acero de refuerzo, tanto longitudinal como transversal.

### **II.10 MECANISMO DE FALLA FRÁGIL**

Este mecanismo de falla es repentino y sin aviso, lo cual resulta indeseable. Está gobernado por las fallas por fuerza cortante, las cuales son frágiles. No permite deformaciones inelásticas capaces de disipar energía. En concreto armado uno de los mecanismos de falla más comunes, es el de columna corta, que consiste en un aumento excesivo de las fuerzas de corte a las que se somete una columna cuando se reduce su luz libre para la cual fue diseñada. Esto es producido mayormente por el adosamiento de paredes a media altura a las columnas, que reducen su libre deformación..

### **II.11 MÉTODOS DE ANÁLISIS**

La norma estipula diversas maneras de determinar la respuesta de una estructura frente a un evento sísmico. Se diferencian los análisis estáticos de los dinámicos y a su vez pueden poseer un comportamiento elástico o inelástico de los materiales. El método usado para el análisis de la U.E.N. Escuela Experimental Venezuela fue el *Método de Análisis Dinámico Espacial con Diafragma Flexible* y obedece a la composición estructural de la escuela, en la cual se presenta una abertura central en el área del patio, la cual, sumada a la

irregularidad en planta, genera un comportamiento de diafragma flexible en las losas de los 2 niveles.

### **II.11.1 MÉTODO DE ANÁLISIS DINÁMICO ESPACIAL CON DIAFRAGMA FLEXIBLE**

Este método se emplea en casos de irregularidad en planta, que en el caso de la U.E.N. Escuela Experimental Venezuela, ocurre debido a la abertura central interna mayor al 20% del área bruta de las plantas. Esto implica la carencia de un comportamiento equivalente al de diafragma infinitamente rígido.

El sistema de piso se modeló mediante técnicas de elementos finitos, tomando en cuenta el tamaño y geometría adecuada de dichos elementos para garantizar flexibilidad y la rigidez entre los diversos miembros. Los grados de libertad de cada elemento finito –elemento área- se definieron en las direcciones asociadas a su propio plano. De igual manera, la masa de cada piso se distribuyó entre los diversos elementos área que lo conforman, simulando la distribución real de masa sobre el mismo.

Se tomaron el número de modos de tal manera que se garantice que la suma de las masas participativas de los modos en cada una de las direcciones horizontales del sismo, excede el noventa por ciento (90%) de la masa total del edificio.

Respecto a la combinación modal, se definió en el software SAP2000 según el criterio de la combinación cuadrática completa para cada dirección del sismo. El efecto de torsión adicional se omitió por efectos prácticos, con el objeto de simplificar el trabajo respectivo a los 7 diferentes modelos matemáticos generados.

### **III. METODOLOGIA**

**III.1 Levantamiento de archivo fotográfico:** La memoria fotográfica detallada de la instalación permitió reconocer los diferentes elementos estructurales y no estructurales que la constituyen, complementándose con un levantamiento fotográfico de las fachadas, paredes y demás componentes que la forman.

**III.2 Ubicación de los planos de la estructura:** Debido a que esta edificación es patrimonial, construida entre los años 1937 y 1939, sus planos estructurales y de detalle se encuentran bajo resguardo de la Biblioteca Nacional. Por este motivo, se recopiló toda la información disponible que se encuentran en ellos.

**III.3 Realizar el levantamiento geométrico de la estructura:** Este paso se obtuvieron las mediciones reales de los elementos de la edificación como son columnas, vigas, paredes, altura de entepiso, pasillos, etc. También se aprovechó para comparar la infraestructura existente con los planos originales.

**III.4 Identificación de los materiales que componen el edificio:** Con la ayuda del scanner de acero, se desea determinar la ubicación de las barras de acero presentes en columnas y vigas. Se espera obtener mayor información acerca de los materiales que se utilizaron para la construcción de las paredes, muros y placas. Se consultará la bibliografía adecuada para tal fin, en vista de la imposibilidad de realizar ensayos de extracción de núcleos en la edificación por su carácter patrimonial.

**III.5 Elaboración de Planos del Edificio:** Una vez obtenida la información relacionada con el levantamiento geométrico de la estructura y la identificación de los materiales se procederá a la elaboración de los planos estructurales y de arquitectura.

**III.6 Elaboración de Modelos Matemáticos:** Utilizando un programa de análisis estructural, se realizarán varios modelos de la estructura, con el fin de obtener el comportamiento dinámico de la estructura ante un evento sísmico.

**III.7 Análisis Dinámico del Edificio:** con este análisis se determinaran los desplazamientos de cada piso, las derivas de cada entrepiso, la fuerza cortante en la base y las sollicitaciones de los elementos seleccionados en la estructura utilizando el método de Análisis Dinámico Espacial con Diafragma Flexible, ante el sismo especificado en la Norma COVENIN 1756.

**III.8 Riesgo Sísmico:** una vez obtenidos los valores de las capacidades en términos de desplazamientos, derivas y fuerzas seleccionadas, se compararán con la norma COVENIN 1756 para determinar su capacidad estructural.

## **IV. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN**

### **IV.1 HISTORIA Y UBICACIÓN**

La hoy llamada “Unidad Educativa Experimental Venezuela” corresponde a una edificación del tipo patrimonial, declarada “Bien de Interés Cultural” por el Instituto de Patrimonio Cultural mediante la resolución 012-2002 del 25 de julio de 2002 y publicada en la Gaceta Oficial N° 37.501 del jueves 8 de agosto de 2002. La edificación sede de la escuela fue creada mediante decreto ejecutivo del 6 de marzo de 1937, publicado en la Gaceta Oficial de los Estados Unidos de Venezuela N° 19.207, del 8 de marzo de 1937, con el nombre de Escuela Primaria Modelo Experimental Venezuela, con el fin de dotar a la República del primer instituto que reuniera las condiciones apropiadas a los sistemas pedagógicos, cuya implantación se promulgaba como parte del proceso de modernización del Estado adelantado entre 1935 y 1941. Su inauguración fue realizada el 5 de febrero de 1939 durante el gobierno del Presidente Eleazar López Contreras.

Cabe destacar que una de las intenciones primordiales de dicha edificación fue presentarla como una propuesta arquitectónica de vanguardia para las edificaciones escolares nacionales, procurando así integrar propuestas innovadoras en el campo educativo y propuestas arquitectónicas de avanzada.

Ubicación: Está ubicada en la manzana con número de catastro 03-01-44, en la Avenida México, adyacente a la Plaza Morelos de la Parroquia Candelaria, Municipio Libertador, Distrito Capital en la ciudad de Caracas.

En la búsqueda de información referida a la edificación, se localizaron los planos originales de la misma, los cuales se encuentran en la Biblioteca Nacional. No existe copia alguna de los mismos por lo cual han sido cuidadosamente guardados. Dichos planos comprenden tanto elementos estructurales como arquitectónicos, y no se pueden retirar de la Biblioteca para su estudio, por lo cual es necesario ir hasta el lugar para realizar cualquier tipo de análisis de los mismos.

## **IV.2 GEOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA**

La estructura de la edificación está constituida por 2 edificios separados por una junta. Para efectos prácticos hemos denominado cada edificio como “Edificio Este y Edificio Oeste”. La presente descripción se centrará en el Edificio Este, objeto de análisis de este trabajo.

Con geometría en planta similar a un boomerang o triángulo, presenta dos niveles: PB y Piso 1. Presenta columnas cuadradas de 30x30 cm. en el área del patio interno, las cuales poseen fundaciones independientes y soportan las cargas de los pasillos ubicados en el primer piso. En la parte exterior, en lo que se refiere a las aulas y salones, presenta muros de mampostería confinada con fundaciones, de 40 cm. de espesor, los cuales suponen un soporte estructural de los elementos apoyados en ellos. De igual manera presenta columnas de 40x40 cm. en las áreas de aulas norte y junto al pasillo de aulas sur.

La losa de entrepiso y de techo está compuesta por una losa maciza, de espesor 8 cm. y malla delgada embebida en la parte inferior. De igual manera, debajo de la losa, y soportándola, hay perfiles de diversos tamaños, entre los que se menciona, según su nomenclatura original las tipo PN 10, PN 14, PN 20 y PN 22.

### IV. 3 MATERIALES Y DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL

Con la información recabada de los planos originales y del levantamiento realizado en sitio, se elaboraron los planos estructurales identificados con E01, E02, E03 y E04.

Muros y paredes: compuestos por ladrillos macizos de arcilla con 40 cm. de espesor frisados por ambas caras, con un  $E_m = 25.000 \text{ Kg/cm}^2$ . Las paredes externas tienen espesor de 40 cm. Según los planos originales el mortero utilizado tenía un relación 1:2:4. entre agua, arena y piedra.

En cuanto a sus propiedades mecánicas se pudo estimar una resistencia a la compresión de  $f'_m = 15 \text{ kgf/cm}^2$ , y una resistencia al corte de  $V'_m = 2 \text{ kgf/cm}^2$ .

Debido a sus dimensiones y presencia de fundaciones, se asume que los muros son portantes y tienen un carácter estructural dentro de la edificación. Las paredes de cerramiento son de ladrillo de 20 y 25 cm. de espesor, dependiendo de la ubicación.

Concreto armado:  $f_c = 150 \text{ kgf/cm}^2$  y  $f_y = 2400 \text{ kgf/cm}^2$ .

Columnas: Construidas en concreto armado y de sección cuadrada, con dimensiones que varían, siendo las más representativas las de 30x30 cm, con ocho (08) cabillas de  $\varnothing \frac{1}{2}$ ". Para el armado transversal en las columnas (ligaduras) se utilizaron cabillas de  $\varnothing \frac{3}{4}$ ". En los planos originales se han denominado con la siguiente nomenclatura: M1, M3, P1.

Vigas: Construidas en concreto armado, de sección rectangular y de dimensiones variables. Tienen un refuerzo longitudinal que esta entre  $\varnothing \frac{1}{4}$ " y 1". El armado transversal que tienen es de  $\varnothing \frac{3}{8}$ ". En los planos originales las más representativas se denominaron con la

siguiente nomenclatura: VC15, VC16, VIGA I, VIGA A, VIGA B, VIGA B1, VIGA H, VIGA K4, VIGA K5, VIGA K6.

La planta baja, como se aprecia en los planos arquitectónicos adjuntos, está constituida por: 03 aulas de clase (Área: 8 x 6 m.), 1 módulo de escaleras que conecta PB con el Piso 1, 2 áreas de sanitarios, de las cuales actualmente una está convertida en una pequeña cocina, 1 garaje, el cual actualmente hace parte de un aula de clases, 1 patio cubierto para juegos, el cual actualmente, junto con el garaje, constituye 2 aulas de clases, 1 despensa, 1 patio para juegos, un pasillo externo adyacente a las aulas y al patio interno, el cual comunica todas las áreas de la edificación este.

La planta alta, al igual que la planta baja, posee un pasillo, aulas de clase, módulo de escaleras, 1 área de sanitarios, salón de trabajos manuales, y salón de enfermería; todos ubicados en planta en el mismo lugar en el que lo están en PB, a excepción del salón de trabajos manuales, ubicado sobre el patio para juegos y la enfermería, ubicada sobre la cocina improvisada de PB.

#### **IV.4 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA**

La fachada principal de la escuela está ubicada hacia el sur, sobre la Avenida México y en dirección hacia el antiguo Hotel Caracas Hilton. En esta se encuentra ubicada la entrada principal hacia las instalaciones. Existe otra entrada en la fachada oeste, la cual consiste en una pequeña puerta que permite la entrada hacia el edificio oeste, el cual no es objeto de investigación en este trabajo. Hacia la fachada sur se encuentra otro acceso, el cual conecta la zona recreativa en el exterior de las instalaciones con el cafetín, el cual, como se describió anteriormente, se encuentra ubicado en la planta baja del edificio este.

Las fachadas y zonas interiores presentan antepechos en las zonas de entrepiso y en las zonas de techo, considerando detalles propios de un trabajo artesanal bastante cuidadoso. Los pasillos en la planta baja, específicamente la zona inferior de la losa de entrepiso, presentan techo falso, el cual oculta los perfiles metálicos que dan soporte a la losa misma. Esto no ocurre de igual modo en la losa de techo, en la cual se aprecian claramente estos perfiles desde el piso 1. Para apreciar en detalle la descripción de la fachada, se elaboraron los planos A01, A02, A03 y A04

## V. – ANÁLISIS SÍSMICO DE LA U.E.N. ESCUELA EXPERIMENTAL VENEZUELA

### V.1 - PESOS Y MASAS DE LA ESTRUCTURA

Los pesos concentrados en cada nivel incluyen el peso de la losa y el sobrepiso, el peso de las vigas, el peso de la porción de las columnas que se asocia a ese nivel, y el peso de la porción de los muros y paredes que se asocian a ese nivel. A esa carga permanente se le adicionó el 50% de la carga variable correspondiente en cada piso, a excepción del techo donde se tomó el 0% de la misma. En la tabla V.1 se muestran los pesos de las losas por unidad de área:

<b>PESOS DE LAS LOSAS POR UNIDAD DE ÁREA</b>					
<b>ELEMENTO</b>	<b>Longitud (m.)</b>	<b>Anchura (m.)</b>	<b>Espesor (m.)</b>	<b>P.U. ó Peso/área</b>	<b>PESO TOTAL (kgf/m<sup>2</sup>)</b>
LOSA	1	1	0.08	2400	192
RECUBRIMIENTO	1	1	N.A.	80	80
PERFILES	1	1	N.A.	23.264	23
				<b>TOTAL (kgf/m<sup>2</sup>)</b>	<b>295</b>

*Tabla V.1.- Pesos de las Losas por Unidad de Área.*

*Fuente: Los Autores*

Mediante estos pesos se obtuvieron los valores de las masas de la estructura.

En vista de que en el modelo matemático se aplicó el método de *análisis dinámico espacial con diafragma flexible*, se asignaron a las losas los valores de masa correspondientes a sus respectivos miembros estructurales. Para tal fin, se determinaron las masas de cada

miembro (vigas, columnas, muros y paredes) y se asignó la porción de masa correspondiente con la losa asociada a dichos miembros. De este modo, el análisis dinámico contempla aceleraciones para masas distribuidas en las losas, mientras que a los miembros vigas, columnas, muros y paredes se les asignó masa cero ( $m=0$ ).

Las cargas variables estipuladas en la norma COVENIN 2002-1988 [2] establecen 300 kgf/cm<sup>2</sup> en aulas, 400 kgf/cm<sup>2</sup> en pasillos y 500 kgf/cm<sup>2</sup> en escaleras. Según la norma COVENIN 1756:2001 [1], para las cargas variables efectivas durante un sismo, se considera el 50% de la carga variable de servicio, correspondiente a edificaciones educacionales.

Las vigas fueron cargadas por gravedad, de acuerdo a los pesos proporcionados por losas y paredes, a la vez que para la carga viva se aplicó el mismo esquema, tomando siempre en cuenta el peso propio de los elementos estructurales (vigas y columnas).

El módulo de elasticidad del concreto se tomó de la expresión  $E_c = 15100 \sqrt{f'_c} = 184937$  kgf/cm<sup>2</sup>, contenida en la Norma COVENIN 1753 [3]. La deformación última del concreto es igual a 0,003. El módulo de elasticidad del acero es de 2.100.000 kgf/cm<sup>2</sup>. Según la bibliografía consultada “Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos” [4], el módulo de elasticidad de la mampostería confinada se considera  $E_m=25.000$  kgf/cm<sup>2</sup>.

## V.2 – RIGIDEZ DE LAS JUNTAS

Las juntas en vigas y columnas de concreto armado se supusieron rígidas, con un 50 % de longitud de brazo rígido.

### **V.3 – APOYOS**

Se hizo la suposición de empotramientos perfectos de las columnas en el nivel del terreno.

### **V.4 – INERCIA DE ELEMENTOS**

Se adoptaron valores de inercia de los elementos que corresponden con el estado de agrietamiento esperado durante la respuesta a sismos con periodo de retorno de 500 años. Para tal objeto, estudios realizados por Paulay & Priestley [5] recomiendan usar 0,6  $I_g$  para columnas y 0,40  $I_g$  para vigas.

### **V.5 – ESPECTRO DE DISEÑO**

El espectro usado para el análisis está definido con un coeficiente de aceleración horizontal ( $A_o$ ) igual a 0,30 correspondiente a la ciudad de Caracas (Zona sísmica 5, peligro sísmico elevado). El factor de importancia ( $\alpha$ ) usado es igual a 1,30 por ser edificación educacional (Grupo A).

Para la elección del factor de reducción de respuesta ( $R$ ), se considera que la estructura no tiene mucha capacidad de incursionar en el rango inelástico bajo la acción de cargas sísmicas considerables; esto es debido a la antigüedad de la estructura (1939) y a la irregular presencia de acero de refuerzo, fundamentalmente acero de refuerzo transversal, en los elementos estructurales y muros de mampostería confinada; la mayoría de los elementos no cumplen con los niveles de diseño ND3 y ND2. Lo anterior conlleva a que la capacidad global del sistema para absorber y disipar energía se considere baja y por ende, se adopte un valor para el factor de reducción de respuesta ( $R$ ) igual a 1,5.

Con este factor  $R=1,5$  se determinaron derivas en la estructura para los diferentes modelos y, posteriormente, se realizaron comparaciones con la normativa vigente. En este caso, como la norma sismorresistente venezolana no tiene en consideración el caso particular de derivas máximas para mampostería confinada, se recurrió a la normativa mexicana “*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería*” [6] para la comparación.

La forma espectral utilizada es la S3 ( $\phi=0,75$ ).

En función del sistema estructural resistente a sismos, la estructura es capaz de resistir las acciones sísmicas mediante pórticos y muros estructurales que soportan la totalidad de las cargas permanentes y variables. De este modo, la clasificación de la estructura por este concepto es Tipo III. El espectro de diseño se aprecia en la gráfica V.1.

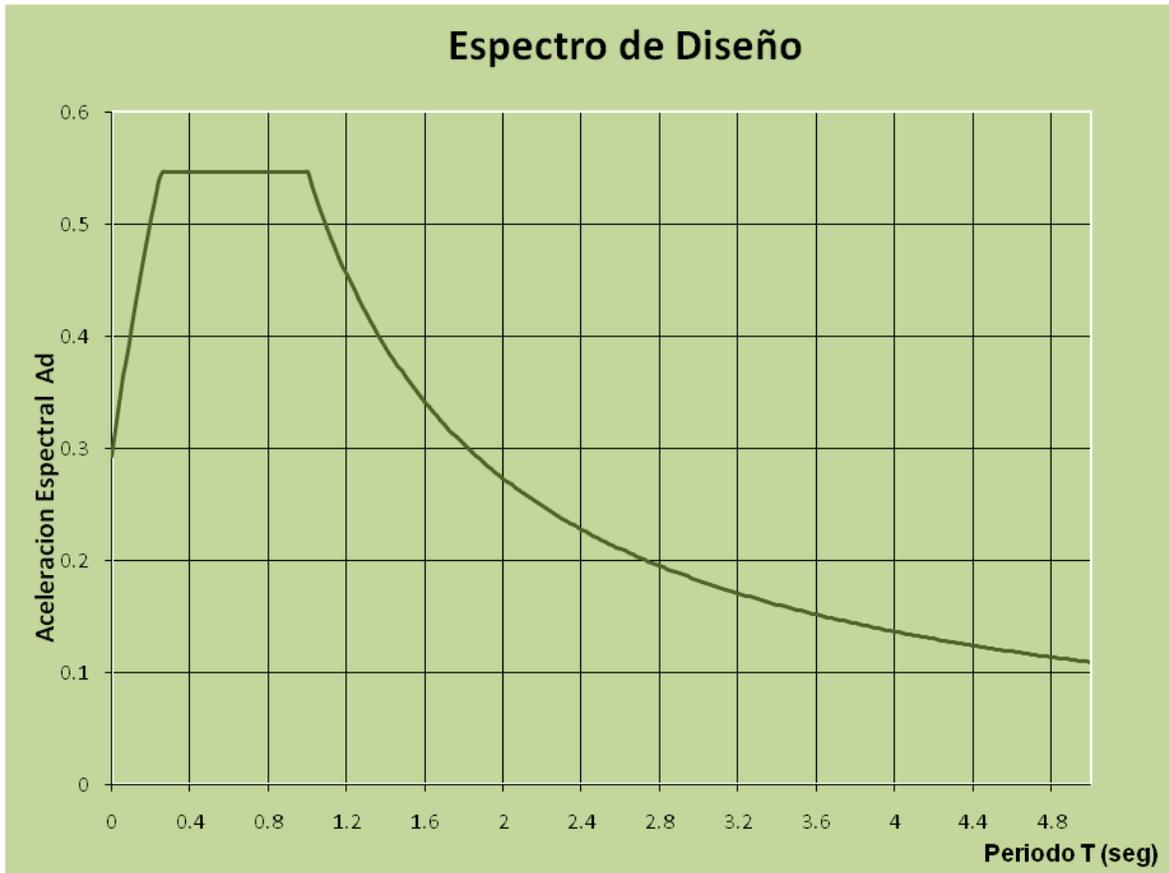


Gráfico V.1. Espectro de Diseño utilizado para el análisis sísmico.

Fuente: Los Autores

## V.6 – SOFTWARE DE ANÁLISIS

Para la realización del análisis se utilizó el software SAP2000, una herramienta que permite ejecutar análisis por elementos finitos y diseño de estructuras. Este es un software usado comúnmente y generado para el análisis elástico dinámico de estructuras. Posee un ambiente interactivo en el cual pueden ser estudiadas las condiciones de esfuerzos y se pueden ejecutar cambios de manera sencilla, como revisiones en el tamaño y propiedades

de miembros. Las capacidades de estudio incluyen análisis estáticos, modales y de espectros de respuesta.

## V.7 - MODELOS MATEMÁTICOS

Se presentan siete (07) modelos matemáticos de la edificación en los que diversos parámetros son modificados para evaluar la influencia de éstos en las propiedades dinámicas de la estructura. Los parámetros que varían son: La inercia de los diferentes miembros vigas y columnas, el módulo de elasticidad de los muros de mampostería, la presencia de paredes de cerramiento y la presencia de las escaleras. Estos modelos matemáticos se generaron en el software de análisis estructural SAP2000.

Descripción de los modelos:

**Modelo 1:** Se presenta inercia gruesa de columnas y vigas, muros de mampostería confinada con un módulo de elasticidad  $E_m=25.000 \text{ kgf/cm}^2$ .

**Modelo 2:** Se modelan columnas, vigas y muros de mampostería confinada con comportamiento estructural. Las columnas tienen el 60% de la inercia gruesa ( $I=0,6 I_g$ ), las vigas presentan el 40% de la inercia gruesa ( $I=0,4 I_g$ ) y los muros de mampostería confinada presentan una reducción en su módulo de elasticidad de 50% ( $E_m=12.500 \text{ kgf/cm}^2$ ).

**Modelo 3:** Igual al Modelo 2 pero se incluye la presencia de paredes de cerramiento.

**Modelo 4:** Igual al modelo 2 con la incorporación de las escaleras.

**Modelo 5:** Igual al modelo 2 con la incorporación de paredes de cerramiento y escaleras.

**Modelo 5.1:** Igual al modelo 5 pero sin la incorporación de paredes de cerramiento y con reducción de 50% adicional en el módulo de elasticidad de la mampostería confinada ( $E_m=6.250 \text{ kgf/cm}^2$ ).

**Modelo 5.2:** Igual al modelo 5 pero sin la incorporación de paredes de cerramiento y con reducción en el módulo de elasticidad de la mampostería confinada hasta simular un valor nulo ( $E_m=5 \text{ kgf/cm}^2$ ).

### V.7.1 – MODELADO DE LA MAMPOSTERÍA CONFINADA CON ELEMENTOS FINITOS

Por medio del uso de elementos finitos se estimó el valor del módulo de elasticidad de la mampostería confinada. Estos resultados se cotejaron con la Bibliografía consultada “*Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*” [4] para utilizar el valor más apropiado en los modelos matemáticos del edificio.

Se generaron 2 modelos: el primero considera la existencia de machones en los extremos del muro y una viga sobre éste. Las propiedades mecánicas de estos elementos estructurales son: resistencia del concreto  $f'_c=150 \text{ kgf/cm}^2$ , resistencia del acero  $f_y=2400 \text{ kgf/cm}^2$  y módulo de elasticidad  $E=184937 \text{ kgf/m}^2$ . Dichos valores se tomaron de las “*Normas para el Cálculo de Edificios*” [7], normativa vigente en la época de construcción de la estructura. En el muro como tal, se modela la mampostería con elementos área de concha delgada y un

módulo de elasticidad equivalente al de la mampostería confinada que se usaba en la época  $E_m=10000 \text{ kgf/cm}^2$ , de acuerdo a las “*Normas para el Cálculo de Edificios*” [7]. Se carga lateralmente en su parte superior y se miden las deformaciones resultantes totales en el muro.

El segundo modelo considera sólo la presencia de la mampostería, representados por elementos área de concha delgada, los cuales soportan esfuerzos en su plano. El módulo de elasticidad se determina de manera iterativa hasta lograr obtener deformaciones totales iguales a las obtenidas en el primer modelo.

#### **V.7.2 – RESULTADO DEL MODELADO DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA CONFINADA**

El valor resultante para el módulo de elasticidad de la mampostería confinada con el que se generan desplazamientos equivalentes entre el primer y segundo modelo es aproximadamente igual a  $27.000 \text{ kgf/cm}^2$ , como se observa en la tabla V.3. Este valor es bastante consistente con el valor recomendado por la bibliografía “*Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*” [4]. Se determinó tomar el valor suministrado por dicha bibliografía ( $E_m=25.000 \text{ kgf/cm}^2$ ) dado que es más conservador.

MURO 1-CARGAS Y DESPLAZAMIENTOS		
Carga Aplicada (kgf)	Total Carga Aplicada (kgf)	Desplazamiento Lateral (cms.)
10.000*7	70.000	17.5

$E_m = 10.000 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla V.2 – Desplazamientos y módulo de elasticidad. Modelo de muro de mampostería confinada, con presencia de machones y viga de corona.

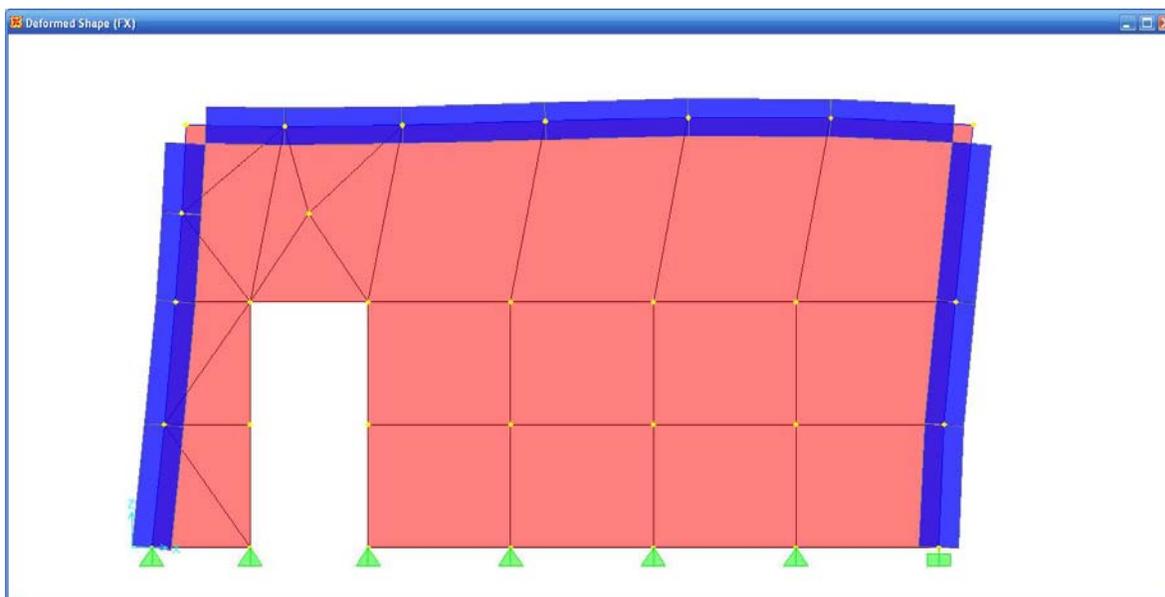


Imagen V.2. Modelo de muro de mampostería confinada, con presencia de machones y viga de corona. Espesor: 40 cm. - Longitud: 8 m. - Altura: 4,3 m.

MURO 2 – CARGAS Y DESPLAZAMIENTOS		
Carga Aplicada (kgf)	Total Carga Aplicada (kgf)	Desplazamiento Lateral (cms.)
10.000*7	70.000	17.4

$E_m=27000 \text{ kgf/cm}^2$

Tabla V.3 – Desplazamientos y módulo de elasticidad. Modelo de muro de mampostería confinada. Modelada con elementos finitos. Espesor: 40 cm. - Longitud: 8 m. - Altura: 4,3 m.

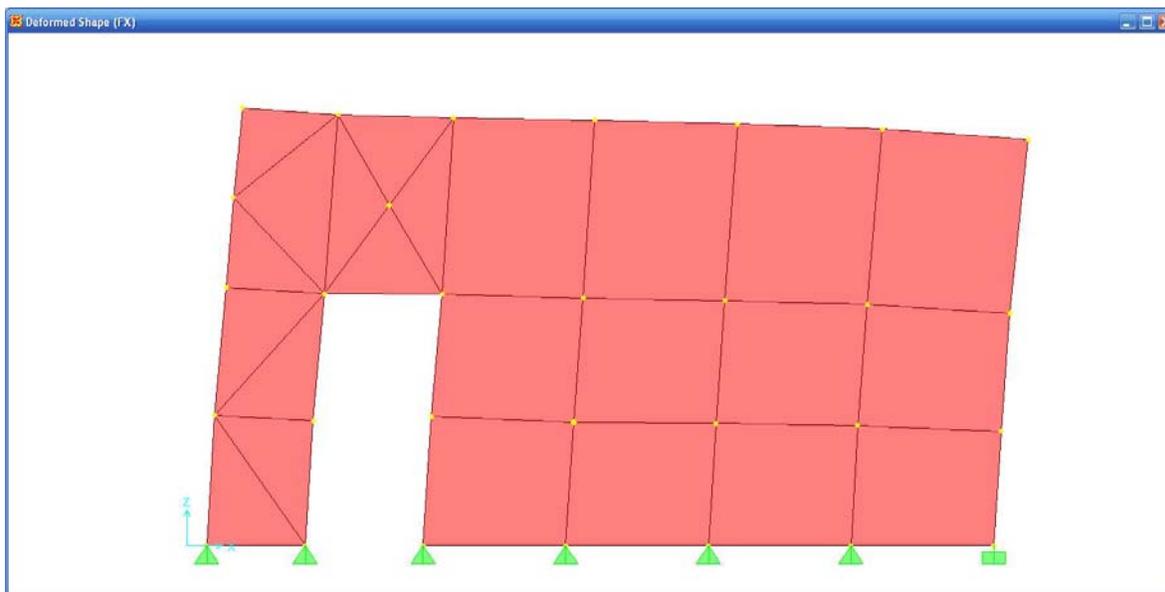


Imagen C-2. Modelo de muro de mampostería confinada. Modelada con elementos finitos. Espesor: 40 cm. - Longitud: 8 m. - Altura: 4,3 m.

## VI. – ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

Para el análisis dinámico espacial elástico de la estructura, se utilizó el método de *Análisis Dinámico Espacial con Diafragma Flexible* estipulado en la norma COVENIN 1756:2001 [1]. Como se mencionó anteriormente, el cálculo se llevó a cabo con el software de análisis estructural SAP2000.

### VI.1 – ESTUDIO DE LOS PERIODOS Y LAS MASAS PARTICIPATIVAS

Los resultados de periodos, en cada uno de los modelos realizados, se aprecian en la tabla VI.1.

MODELO	PERIODOS (s.)					
	MODOS					
	1	2	3	4	5	6
1	0.2066	0.1425	0.1261	0.1094	0.1043	0.0700
2	0.2603	0.1958	0.1506	0.1413	0.1254	0.0906
3	0.2012	0.1627	0.1414	0.1301	0.0918	0.0797
4	0.2522	0.1816	0.1487	0.1317	0.1197	0.0891
5	0.1994	0.1534	0.1346	0.1202	0.0912	0.0794
5.1	0.3141	0.2312	0.1636	0.1552	0.1354	0.1133
5.2	0.8202	0.5744	0.3654	0.2277	0.1867	0.1791

Tabla VI.1 – Periodos de los diferentes modelos realizados, en segundos.

Se observa el aumento de los periodos entre el **modelo 1** y el **modelo 2**, al pasar de 0.2066s. a 0.2603s. Esto, debido a la reducción de inercia en los elementos vigas y columnas, como también debido a la reducción en un 50% en el módulo de elasticidad de la

mampostería confinada. Estas reducciones conllevan a una disminución general de la rigidez en la estructura.

En el **modelo 3** se aprecia una disminución en el periodo, el cual es similar pero inferior al del modelo 1. Esto, como consecuencia de la presencia de muros y paredes de cerramiento, los cuales aumentan la rigidez de la estructura.

En el **modelo 4**, se aprecia otro incremento en el periodo, debido a que ya no se modelan muros y paredes de cerramiento. En su lugar, se añaden las escaleras al modelo. El periodo del modelo 4 (0.2522 s.) es muy parecido al periodo del modelo 2 (0.2603 s.). Puede inferirse entonces que la contribución de rigidez a la estructura por parte de la escalera es despreciable.

En el **modelo 5**, el cual incorpora tanto escaleras como paredes y muros de cerramiento, se observa una disminución considerable del periodo. Este periodo es igual a 0.1994 s. y es el menor valor en todos los modelos. La presencia de escaleras, paredes y muros de cerramiento genera entonces un aumento de rigidez en la estructura.

El **modelo 5.1** presenta un aumento considerable en el periodo (0.3141 s.) el cual se debe a la no presencia de paredes de cerramiento como a la disminución en el módulo de elasticidad de la mampostería confinada que compone a los muros estructurales.

El **modelo 5.2** presenta el mayor de los periodos (0.8202 s.) lo cual es lógico, pues además de no tener paredes de cerramiento, simula un módulo de elasticidad nulo ( $E_m=5 \text{ kgf/cm}^2$ ) para los muros de mampostería estructural.

En el caso de las masas participativas, las tablas VI.2 y VI.3 muestran los valores obtenidos en los modelos 1 y 5 respectivamente.

MODOS	MASAS PARTICIPATIVAS MODELO 1					
	En X	Suma X	En Y	Suma Y	Rotación	Suma Rotación
1	0.0110	0.0110	0.6080	0.6080	0.0000	0.0000
2	0.6490	0.6600	0.1230	0.7310	0.0002	0.0002
3	0.0016	0.6620	0.0550	0.7870	0.0000	0.0002
4	0.0850	0.7470	0.0068	0.7930	0.0000	0.0002
5	0.1880	0.9350	0.1590	0.9520	0.0000	0.0002
6	0.0077	0.9420	0.0370	0.9890	0.0005	0.0007

*Tabla VI.2. Masas participativas por modo para el modelo 1*

*Fuente: Los Autores*

MODOS	MASAS PARTICIPATIVAS MODELO 5					
	En X	Suma X	En Y	Suma Y	Rotación	Suma Rotación
1	0.0960	0.0960	0.4920	0.4920	0.0000	0.0000
2	0.6730	0.7690	0.1990	0.6910	0.0001	0.0001
3	0.0810	0.8500	0.0003	0.6910	0.0000	0.0001
4	0.0810	0.9320	0.2050	0.8960	0.0001	0.0002
5	0.0068	0.9390	0.0470	0.9430	0.0001	0.0003
6	0.0027	0.9410	0.0140	0.9570	0.0000	0.0003

*Tabla VI.3. Masas participativas por modo para el modelo 5*

*Fuente: Los Autores*

Las masas participativas de los diferentes modelos, para cada uno de los modos, están en el anexo D, Tabla D-1.

En el **modelo 1** se aprecia que el primer modo es en dirección Y, aportando el 60,8% de la masa participativa traslacional en esa dirección. El segundo modo, en dirección X, aporta el 64,9% de la masa participativa traslacional en la dirección X. El 90% de las masas

participativas traslacionales se logra con el modo 5, tanto en la dirección X como en la dirección Y.

En el **modelo 2** se aprecia un aumento considerable en el periodo, pero manteniéndose una tendencia respecto a las masas participativas traslacionales en las direcciones X e Y. Este aumento en el periodo se debe al agrietamiento en los miembros estructurales, el cual se simula en el modelo mediante la reducción en la inercia de dichos elementos. De igual manera se considera una reducción en el módulo de elasticidad de los muros de mampostería confinada, simulando así la pérdida de rigidez debido al agrietamiento.

El primer modo es en dirección Y, aportando el 69,4% de la masa participativa traslacional en esa dirección. El segundo modo, en dirección X, aporta el 61,6% de la masa participativa traslacional en la dirección X. El 90% de las masas participativas traslacionales se logra con el modo 4 en la dirección X y con el modo 5 en la dirección Y.

En el **modelo 3** se aprecia una reducción en el periodo, debido al aumento de rigidez por la presencia de las paredes de cerramiento. El primer modo es en dirección Y, aportando el 58,3% de la masa participativa traslacional en esa dirección. El segundo modo, en dirección X, aporta el 68,9% de la masa participativa traslacional en la dirección X. El 90% de las masas participativas traslacionales se logra con el modo 3 en la dirección X y con el modo 4 en la dirección Y.

En el **modelo 4** se aprecia un aumento en el periodo, debido a la sola presencia de las escaleras. El primer modo es en dirección Y, aportando el 55,7% de la masa participativa traslacional en esa dirección. El segundo modo, en dirección X, aporta el 61,6% de la masa

participativa traslacional en la dirección X. El 90% de las masas participativas traslacionales se logra con el modo 5 tanto en la dirección X como en la dirección Y.

En el **modelo 5** se aprecia una reducción considerable en el periodo, debido a la presencia de las paredes de cerramiento y las escaleras. El primer modo es en dirección Y, aportando el 49,2% de la masa participativa traslacional en esa dirección. El segundo modo, en dirección X, aporta el 67,3% de la masa participativa traslacional en la dirección X. El 90% de las masas participativas traslacionales se logra con el modo 4 en la dirección X y con el modo 5 en la dirección Y.

En el **modelo 5.1** se aprecia un aumento en el periodo, debido a la disminución en un 50% adicional del módulo de elasticidad en los elementos área que componen los muros de mampostería confinada. El primer modo es en dirección Y, aportando el 47,1% de la masa participativa traslacional en esa dirección. El segundo modo, en dirección X, aporta el 46% de la masa participativa traslacional en la dirección X. El 90% de las masas participativas traslacionales se logra con el modo 5 en la dirección X y con el modo 7 en la dirección Y.

En el **modelo 5.2** se aprecia un aumento considerable en el periodo, debido a la disminución a un valor cercano a cero del módulo de elasticidad en los elementos área que componen los muros de mampostería confinada. A diferencia de los demás modelos, el primer modo es en dirección X, aportando el 37,3% de la masa participativa traslacional en esa dirección. El segundo modo, en dirección Y, aporta el 51,7% de la masa participativa traslacional en la dirección Y. El 90% de las masas participativas traslacionales se logra con el modo 5 tanto en la dirección X como en la dirección Y.

## VI.2 – ESTUDIO DE LAS DERIVAS

Se determinaron los máximos desplazamientos y las derivas asociadas producidas por el efecto de las solicitaciones generadas por las diversas combinaciones. En estas combinaciones se tomaron en cuenta las 2 direcciones principales y ortogonales (Sismo en X y Sismo en Y) definidas por el espectro, la carga variable y la componente vertical del sismo. Se consideró un factor de reducción de respuesta  $R=1,5$ . Los valores de derivas se presentan en el Anexo D, Tablas D-3.1 al D-3.3

Las combinaciones para las solicitaciones están dadas en la norma COVENIN 1756:2001 [1]. Estas son:

$$U = 0,75 * (1,4CP + 1,7CV) + 1,0S \quad (E-1)$$

$$U = 0,9CP + 1,0S \quad (E-2)$$

Las solicitaciones sísmicas  $S$  se calculan como la suma de las solicitaciones debidas a las componentes sísmicas horizontales actuando simultáneamente y de las solicitaciones alternantes de la componente sísmica vertical. Esta, según COVENIN 1753:1987 [3] está dada por la expresión:

$$S = S_h + S_v \quad (E-3)$$

donde

*S<sub>h</sub>*: Solicitación por sismo horizontal.

*S<sub>v</sub>*: Componente sísmica vertical.

Los efectos de las componentes sísmicas horizontales se combinaron mediante el criterio de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados, según se estipula en la sección 8.6.I.a de la norma COVENIN 1756:2001 [1]. La expresión es:

$$S_h = \pm \sqrt{(\pm S_x)^2 + (\pm S_y)^2} \quad (\text{E-4})$$

donde:

*S<sub>h</sub>*: *Solicitud por sismo horizontal.*

*S<sub>x</sub>*: *Solicitud debida a la componente sísmica horizontal X.*

*S<sub>y</sub>*: *Solicitud debida a la componente sísmica horizontal Y.*

La componente sísmica vertical, según COVENIN 1753:1987 [3], está dada por:

$$S_z = \pm (0,2 * \alpha * \varphi * \beta * A_o) * CP \quad (\text{E-5})$$

donde

*α*: *Factor de importancia.*

*β*: *Factor de magnificación promedio.*

*φ*: *Factor de corrección del coeficiente de aceleración horizontal.*

*A<sub>o</sub>*: *Coficiente de aceleración horizontal para cada zona.*

*CP*: *Carga permanente.*

La fórmula general para el control de desplazamientos es:

$$\Delta_t = 0,8 R \Delta_{ct} \quad (\text{E-6})$$

donde:

$R$  = Factor de reducción de respuesta

$\Delta_{ei}$  = Desplazamiento lateral del nivel  $i$  calculado para las fuerzas de diseño, suponiendo que la estructura se comporta elásticamente, incluyendo: los efectos traslacionales, de torsión en planta y  $P-\Delta$ .

Se denomina deriva  $\delta_i$ , a la diferencia de los desplazamientos laterales totales entre dos niveles consecutivos:

$$\delta_i = \Delta_i - \Delta_{i-1} \quad (E-7)$$

### VI.2.1 – Derivas en elementos estructurales vigas y columnas

En el modelo 1 las derivas máximas inelásticas alcanzan el 7,9 por mil (0.0079), valor que está por debajo del límite estipulado en la norma COVENIN 1756 [1], el cual es 12 por mil (0.012).

En el modelo 3 las derivas máximas inelásticas disminuyen debido a la presencia de las paredes y muros de cerramiento, alcanzando el 1,7 por mil (0.0017), valor que también está por debajo de los máximos admisibles en la norma COVENIN 1756 [1],

En el modelo 5, el cual considera además de paredes y muros de cerramiento, las escaleras, se aprecian valores de derivas muy similares al modelo 3. El valor máximo alcanzado es igualmente 1,7 por mil (0,0017), estando también por debajo del máximo admisible en la normativa. Los valores de derivas para los modelos 1 y 5 se muestran en las tablas VI.4 y VI.5 respectivamente.

## DERIVAS MÁXIMAS POR NIVEL – MODELO 1

X1(cms)	Y1(cms)	X2(cms)	Y2(cms)	h(cms)	$\delta$	Deriva	
0,4049	1,2384	0,2928	0,9832	430	0,3345	0,0008	CUMPLE
0,2342	1,2391	-0,1495	-0,986	430	2,7095	0,0063	CUMPLE
0,3054	1,2388	0,2256	0,9861	430	0,3180	0,0007	CUMPLE
0,6156	0,4103	0,3041	0,1909	430	0,4572	0,0011	CUMPLE
0,6129	0,4028	-0,3081	-0,2152	430	1,3310	0,0031	CUMPLE
0,6107	0,404	0,2981	0,2136	430	0,4392	0,0010	CUMPLE

Tabla VI.4. Derivas máximas por nivel para el modelo 1.

Fuente: Los Autores

## DERIVAS MÁXIMAS POR NIVEL – MODELO 5

X1(cms)	Y1(cms)	X2(cms)	Y2(cms)	h(cms)	$\delta$	Deriva	
0,4673	1,1485	0,3134	0,7879	430	0,4705	0,0011	CUMPLE
0,3497	1,1491	0,2118	0,7886	430	0,4632	0,0011	CUMPLE
0,3771	1,1492	0,2358	0,789	430	0,4643	0,0011	CUMPLE
0,9804	0,7362	0,6145	0,4127	430	0,5861	0,0014	CUMPLE
0,9817	0,6713	0,6127	0,3667	430	0,5742	0,0013	CUMPLE
0,98	0,7158	0,6134	0,3974	430	0,5827	0,0014	CUMPLE

Tabla VI.5. Derivas máximas por nivel para el modelo 5.

Fuente: Los Autores

**VI.2.2 – Derivas en muros estructurales de mampostería confinada**

A diferencia de los resultados obtenidos en los elementos vigas y columnas, se aprecia que las derivas en los muros de mampostería confinada no cumplen con la normativa mexicana referente al Diseño de Estructuras en Mampostería [6].

En el modelo 1, el cual considera secciones gruesas en elementos estructurales y módulo de elasticidad de 25.000 kgf/cm<sup>2</sup> para los muros, se obtiene una deriva máxima de 7,9 por mil (0.0079), la cual excede en mucho el valor límite de 1,0 por mil estipulado en la normativa mexicana.

En el modelo 3, las derivas máximas inelásticas disminuyen debido a la presencia de las paredes y muros de cerramiento, alcanzando el 1,8 por mil (0.0018). Sin embargo este valor también está por encima de los máximos admisibles en la norma.

En el modelo 5, el cual considera además de paredes y muros de cerramiento, las escaleras, se aprecian valores de derivas ligeramente por debajo al modelo 3, aunque muy similares. El valor máximo alcanzado es 1,7 por mil (0,0017), estando también por encima del 1 por mil, valor admisible en la normativa.

Los valores de derivas para los muros de mampostería se muestran en la tabla VI.6.

DERIVAS MÁXIMAS POR NIVEL PARA MUROS DE MAMPOSTERÍA

Modelo	X1(cms)	Y1(cms)	X2(cms)	Y2(cms)	h(cms)	$\delta$	Deriva	
1	0,2342	1,2391	-0,1495	-0,986	430	2,7095	0,0063	NO CUMPLE
1	0,6156	0,4103	0,3041	0,1909	430	0,4572	0,0011	NO CUMPLE
3	0,3888	1,1452	0,2524	0,7743	430	0,4742	0,0011	NO CUMPLE
3	1,0126	0,8184	0,6394	0,477	430	0,6070	0,0014	NO CUMPLE
5	0,3497	1,1491	0,2118	0,7886	430	0,4632	0,0011	NO CUMPLE
5	0,9796	0,786	0,6146	0,4479	430	0,5970	0,0014	NO CUMPLE

Tabla VI.6. Derivas máximas en los Muros para los modelos 1, 3 y 5.

Fuente: Los Autores

### VI.3 – ESTUDIO DE LA DEMANDA/CAPACIDAD

Se calculó el cociente demanda/capacidad con el objeto de indicar un valor aproximado de la respuesta global que posee la estructura. La demanda se obtiene de las solicitaciones a las que está sometido el sistema estructural, aplicando combinaciones donde están presentes cargas sísmicas y gravitatorias. La capacidad está dada por las características propias de los elementos estructurales, como son la geometría, el armado y sus propiedades mecánicas. Relaciones aceptables de demanda/capacidad son iguales o menores que uno (1).

### VI.3.1 – Demanda

Se determinaron las fuerzas cortantes en la base por medio del software SAP2000, en cada dirección horizontal del edificio. Igualmente se determinaron las solicitaciones en los elementos estructurales columnas, y muros de mampostería confinada. Las solicitaciones debidas al sismo se combinaron con aquellas debidas a las acciones gravitatorias.

### VI.3.2 – Capacidad

Se determinaron las capacidades para los miembros estructurales columnas y muros de mampostería confinada. En el caso de las columnas, la capacidad a fuerza cortante elegida fue la menor entre el cortante resistente para una falla a flexión (dúctil) y el cortante resistente para una falla por cortante (frágil). En estos cálculos se tomó en cuenta la longitud efectiva de cada columna debido a la posible presencia de paredes de relleno que ocasionen efectos de columna corta. En el caso de los muros, las capacidades se determinaron a partir de lo recomendado en la bibliografía *EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA PARA VIVIENDAS* [8].

#### VI.3.2.1 – Capacidad en columnas

La capacidad a fuerza cortante de una columna para falla a flexión (dúctil) se determinó con la siguiente expresión:

$$V_{cf} = \left( \frac{M_{x1} + M_{x2}}{H} \right) \quad (E-8)$$

donde  $M_{yi}$  y  $M_{yj}$  son los momentos cedentes en los extremos  $i$  y  $j$  de la columna, respectivamente.  $H$  es la longitud efectiva de la columna, considerando la presencia de paredes de relleno.

La capacidad de una columna para falla por cortante (frágil) se determinó, según la Norma COVENIN 1753 [3], con la siguiente expresión:

$$V_{\text{columna frágil}} = V_c + V_s \quad (\text{E-9})$$

$V_c$ : fuerza cortante resistida por el concreto.

$V_s$ : fuerza cortante resistida por el acero.

Los valores de  $V_c$  y  $V_s$  están también especificados en la Norma COVENIN 1753 [3] de la siguiente manera:

$$V_c = 0,53 \sqrt{f_c} b_w d \left( 1 + 0,007 \frac{N_u}{A_g} \right) \quad (\text{E-10})$$

$$V_s = \frac{A_s f_y d}{s} \quad (\text{E-11})$$

Donde:

$N_u$ : Fuerza Axial resultante del Análisis de Cargas.

$A_g$ : Área gruesa de la sección transversal.

$b_w$ : Ancho de la sección transversal.

*d: Altura útil de la sección transversal.*

*A<sub>v</sub>: Área de acero transversal.*

*s: Separación del acero transversal.*

La carga axial actuante en cada columna se determinó con las cargas de servicio “Carga Permanente más Carga Variable” (CP+CV), tanto para determinar la capacidad a flexión de la misma (M<sub>y</sub>), como para determinar el aporte resistente del concreto (V<sub>c</sub>).

En el caso de las columnas que no se encuentran alineadas respecto a las direcciones horizontales principales X e Y, se consideró el efecto de flexión biaxial. Como consecuencia, a través del programa SAP2000 se determinaron los momentos correspondientes a la superficie de interacción para un plano vertical rotado 45 grados, que es la rotación de las columnas respecto a los ejes principales. Con los momentos obtenidos, se calculó luego la capacidad a fuerza cortante de cada columna para falla a flexión.

### **VI.3.2.2 – Capacidad en muros de mampostería confinada**

Dado que las actuales normas venezolanas COVENIN no son muy específicas respecto al análisis que se debe llevar a cabo para elementos estructurales de mampostería confinada, fue necesario referirse a la normativa mexicana, la cual posee una norma específica para este propósito. Es así como se utilizaron las “*Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Mampostería*” [6] para determinar la capacidad a corte de los muros de mampostería confinada.

La capacidad de los muros se calculó mediante la expresión:

$$V_m = (0,5 * V'_m * A_t) + (0,3 * P) \quad [3] \text{ pp.23}$$

donde

*V'm: Resistencia nominal al corte de la mampostería.*

*A<sub>t</sub>: Área transversal total incluyendo machones.*

*P: Carga axial actuante en el muro de mampostería.*

El valor de la resistencia nominal al corte de la mampostería es  $2\text{kgf/cm}^2$ , según lo recomendado por la bibliografía “*Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos*” [4].

Las imágenes VI.2, VI.3 y VI.4 muestran la configuración de los muros en la edificación.

### **VI.3.3 – Relación Demanda/Capacidad**

Para cada columna y muro de mampostería estructural, mediante el programa SAP2000, se determinó el corte basal máximo en direcciones X e Y ( $V_x$  y  $V_y$ ), teniendo en cuenta cada una de las combinaciones. Esto se realizó para todos los modelos. Los resultados se pueden ver en el Anexo D.

En las tablas VI.7 y VI.8 se presentan los resultados de capacidad, demanda y demanda/capacidad global para los modelos 1 y 5 respectivamente. Para ver los resultados de los demás modelos, ver el Anexo D.

En el gráfico VI.1 se aprecian las etiquetas de cada columna en planta. Respecto al modelo 5 y a los elementos columnas, en la tabla VI.9 se aprecia el resultado de capacidades, en la tabla VI.10 se aprecian las demandas, mientras que en la tabla VI.11 la relación demanda/capacidad. En la tabla VI.12 se aprecia la relación demanda/capacidad en muros.

**MODELO 1**

<b>CAPACIDAD GLOBAL</b>		<b>DEMANDA GLOBAL</b>		<b>RELACIÓN DEMANDA /CAPACIDAD</b>	
<b>GLOBAL COLUMNAS</b>		<b>GLOBAL COLUMNAS</b>		<b>GLOBAL COLUMNAS</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VX	D/C VY
219,40	135,10	294,77	111,05	1,35	0,82
<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>	
Vmx (tf)	Vmy (tf)	Vmx (tf)	Vmy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
449,18	357,66	424,13	561,58	0,94	1,57
<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
667,65	492,76	744,41	757,43	1,11	1,54

Tabla VI.7. Demanda, capacidad y relación demanda/capacidad global para el modelo 1.

**MODELO 5**

<b>CAPACIDAD GLOBAL</b>		<b>DEMANDA GLOBAL</b>		<b>RELACIÓN DEMANDA /CAPACIDAD</b>	
<b>GLOBAL COLUMNAS</b>		<b>GLOBAL COLUMNAS</b>		<b>GLOBAL COLUMNAS</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VX	D/C VY
219,40	135,10	245,59	68,39	1,12	0,51
<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>	
Vmx (tf)	Vmy (tf)	Vmx (tf)	Vmy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
407,67	330,48	265,13	283,14	0,65	0,86
<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
627,07	465,58	852,07	777,66	1,36	1,67

Tabla VI.8. Demanda, capacidad y relación demanda/capacidad global para el modelo 5.

En el modelo 1 la relación demanda/capacidad global de la estructura es 1,11 en dirección X y 1,54 en dirección Y. En cuanto a la demanda/capacidad de columnas, es igual a 1,35 en dirección X y 0,82 en dirección Y. La demanda/capacidad para muros de mampostería es 0,94 en dirección X y 1,57 en dirección Y.

En el modelo 2, se mantiene la demanda/capacidad global mayor a 1 en ambas direcciones, aumentando ligeramente respecto al modelo 1. De igual manera, aumenta la demanda/capacidad para columnas y muros.

En el modelo 3 disminuye la demanda/capacidad para columnas y muros, sin embargo la demanda/capacidad global de la estructura sólo aumenta ligeramente en la dirección X respecto al modelo 2. Así, se aprecia que con la presencia de las paredes de cerramiento, ahora éstas toman bastante del corte basal total, mientras que la demanda para las columnas disminuye.

En el modelo 4 vuelven a aumentar las demandas para las columnas y muros al no presentarse las paredes de cerramiento. La demanda global total en dirección X disminuye mientras que aumenta en Y. Al no presentarse las paredes de cerramiento, los muros y las columnas ahora absorben más cortante. La demanda/capacidad global se mantiene muy parecida al modelo 3.

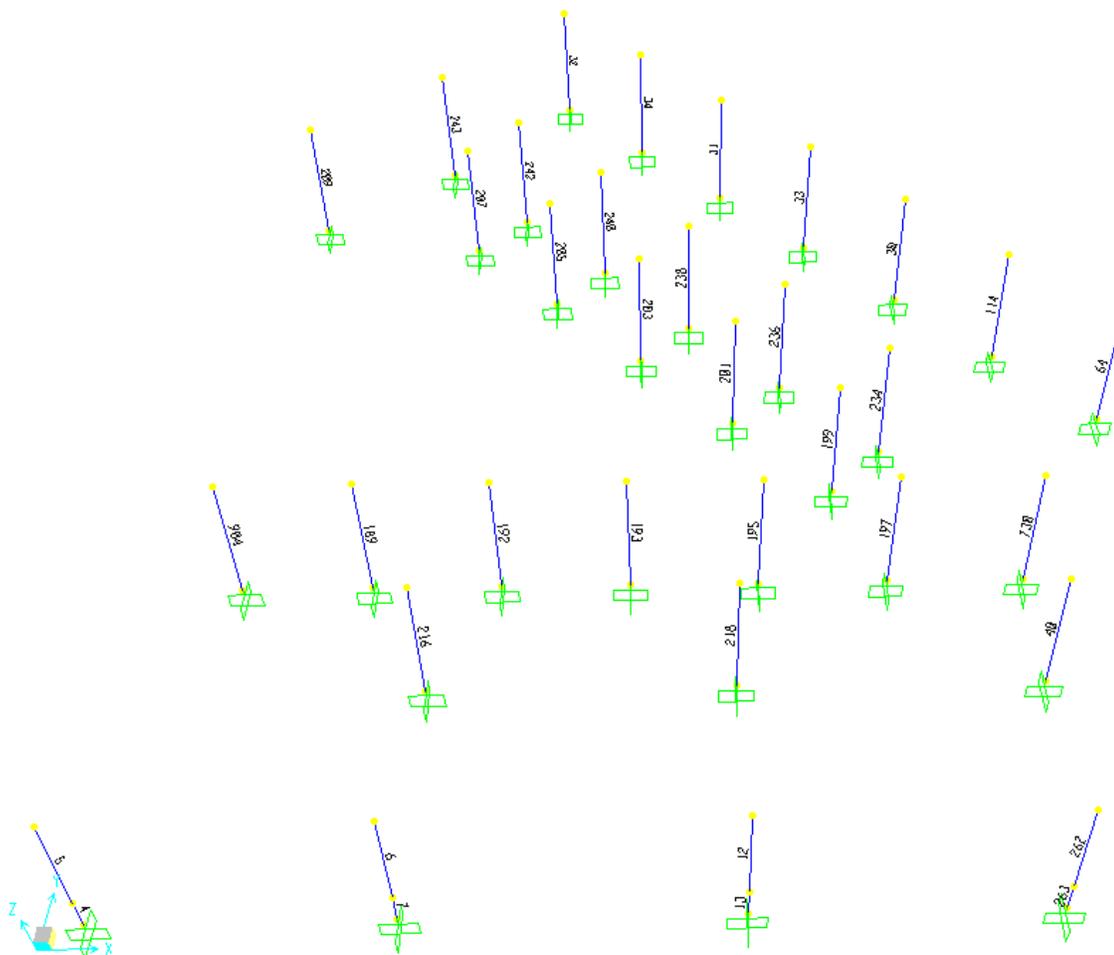
En el modelo 5 la tendencia es que tanto la demanda/capacidad para los miembros como la global disminuyen, a excepción de la demanda/capacidad global en X, la cual aumenta ligeramente. La presencia nuevamente de las paredes de cerramiento disminuye las demandas sobre columnas y muros de mampostería.

---

Para el modelo 5.1 aumentan las demandas en columnas, al disminuirse el módulo de elasticidad de los muros de mampostería, lo que conlleva a su agotamiento. De igual manera aumentan las demandas a los muros debido a la no presencia de paredes de cerramiento. Esto trae como consecuencia un incremento de la demanda/capacidad generalizado, tanto para elementos estructurales como de manera global.

Finalmente, para el modelo 5.2, en el cual se simula un aporte resistente despreciable de la mampostería confinada (Al disminuir su módulo de elasticidad cercano al valor nulo  $E_m=5 \text{ kgf/cm}^2$ ), se observa que la demanda ahora se concentra sobre las columnas. De este modo, la relación demanda/capacidad para columnas se incrementa dramáticamente, pasando del modelo 5.1 al modelo 5.2 así: de 1,68 a 2,90 para la dirección X y de 1,20 a 4,91 en dirección Y. Bajo esta suposición de estado de agotamiento en los muros, la capacidad real de los muros de mampostería confinada sería nula, castigando aún más las columnas y otorgándole a éstas toda la capacidad del sistema.

El comportamiento generalizado a través de los diferentes modelos muestra que la relación demanda/capacidad global total es siempre mayor a 1.



*Imagen VI.1. Esquema con las etiquetas para las columnas en planta baja.  
Fuente: Los autores.*

TABLA DE CAPACIDADES PARA COLUMNAS – MODELO 5

COLUMNA	P (kgf)	CAPACIDAD EN X		CAPACIDAD EN Y	
		FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA	FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA
5	-45405,69	18224	FALLA DÚCTIL	8062	FALLA DÚCTIL
6	-88086,24	49611	FALLA FRAGIL	12355	FALLA FRAGIL
12	-93946,45	49872	FALLA FRAGIL	12998	FALLA DÚCTIL
30	-34899,07	4358	FALLA DÚCTIL	4358	FALLA DÚCTIL
31	-35066,28	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
32	-45256,77	4981	FALLA DÚCTIL	4981	FALLA DÚCTIL
33	-33945,88	4341	FALLA DÚCTIL	4341	FALLA DÚCTIL
34	-38090,12	4626	FALLA DÚCTIL	4626	FALLA DÚCTIL
40	-32928,91	4291	FALLA DÚCTIL	4291	FALLA DÚCTIL
64	-38667,69	4594	FALLA DÚCTIL	4594	FALLA DÚCTIL
114	-35470,42	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
189	-20905,09	2536	FALLA DÚCTIL	2536	FALLA DÚCTIL
192	-19563,77	2353	FALLA DÚCTIL	2353	FALLA DÚCTIL
193	-16216,65	2376	FALLA DÚCTIL	2376	FALLA DÚCTIL
195	-15954,12	2354	FALLA DÚCTIL	2354	FALLA DÚCTIL
197	-19184,61	2465	FALLA DÚCTIL	2465	FALLA DÚCTIL
199	-19472,37	2332	FALLA DÚCTIL	2332	FALLA DÚCTIL
201	-18899,05	2321	FALLA DÚCTIL	2321	FALLA DÚCTIL
203	-18482,18	2315	FALLA DÚCTIL	2315	FALLA DÚCTIL
205	-18742,72	2323	FALLA DÚCTIL	2323	FALLA DÚCTIL
207	-20219,16	2386	FALLA DÚCTIL	2386	FALLA DÚCTIL
209	-24038,25	2524	FALLA DÚCTIL	2524	FALLA DÚCTIL
216	-33743,04	4533	FALLA DÚCTIL	4533	FALLA DÚCTIL
218	-32769,64	4485	FALLA DÚCTIL	4485	FALLA DÚCTIL
234	-20968,11	2589	FALLA DÚCTIL	2589	FALLA DÚCTIL
236	-19805,10	2548	FALLA DÚCTIL	2548	FALLA DÚCTIL
238	-19825,18	2553	FALLA DÚCTIL	2553	FALLA DÚCTIL
240	-19185,34	2535	FALLA DÚCTIL	2535	FALLA DÚCTIL
242	-36810,26	4933	FALLA DÚCTIL	4933	FALLA DÚCTIL
243	-44515,53	5337	FALLA DÚCTIL	5337	FALLA DÚCTIL
262	-23741,48	4953	FALLA DÚCTIL	4953	FALLA DÚCTIL
730	-20859,86	2378	FALLA DÚCTIL	2378	FALLA DÚCTIL
904	-21201,90	2540	FALLA DÚCTIL	2540	FALLA DÚCTIL

Tabla VI.9. Capacidades en columnas para el modelo5.

Fuente: Los Autores.

TABLA DE DEMANDAS EN COLUMNAS – MODELO 5

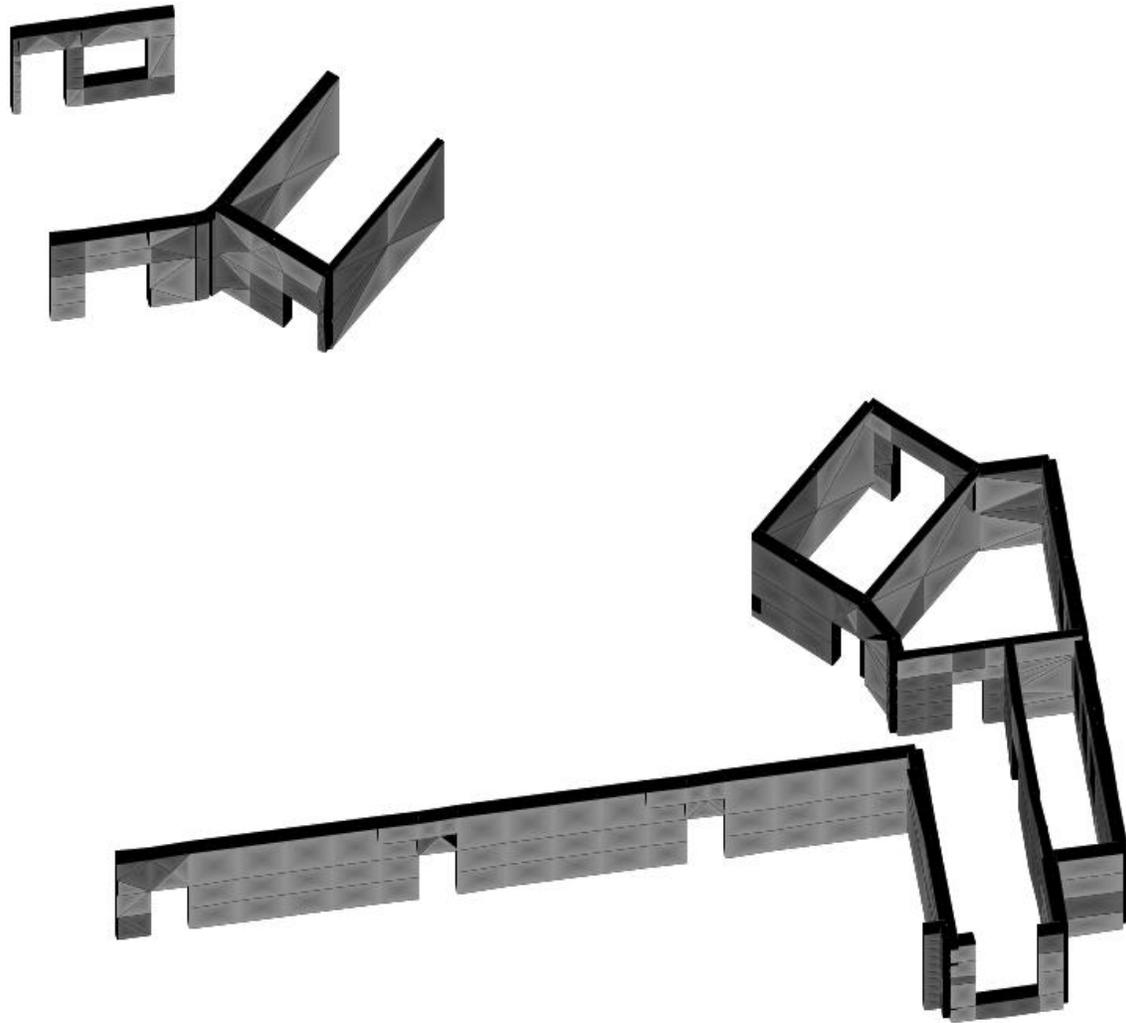
<b>COLUMNA</b>	<b>V<sub>x</sub> (tf)</b>	<b>V<sub>y</sub> (tf)</b>
5	12,27	6,21
6	89,46	10,84
12	86,96	6,58
30	1,95	1,32
31	2,01	1,77
32	2,09	2,29
33	1,98	1,53
34	2,04	1,98
40	3,00	5,79
64	2,94	2,16
114	11,90	1,96
189	0,26	0,69
192	0,26	0,56
193	0,28	0,41
195	0,25	0,32
197	0,27	0,28
199	0,30	0,31
201	0,30	0,37
203	0,30	0,44
205	0,30	0,50
207	0,31	0,57
209	0,51	0,53
216	2,91	3,49
218	2,93	2,10
234	1,32	0,56
236	0,87	0,49
238	0,79	1,39
240	1,38	0,67
242	1,02	1,79
243	2,23	5,51
262	10,46	2,55
730	1,49	1,63
904	0,25	0,80

*Tabla VI.10. Demandas en Columnas para el modelo 5.  
Fuente: Los Autores.*

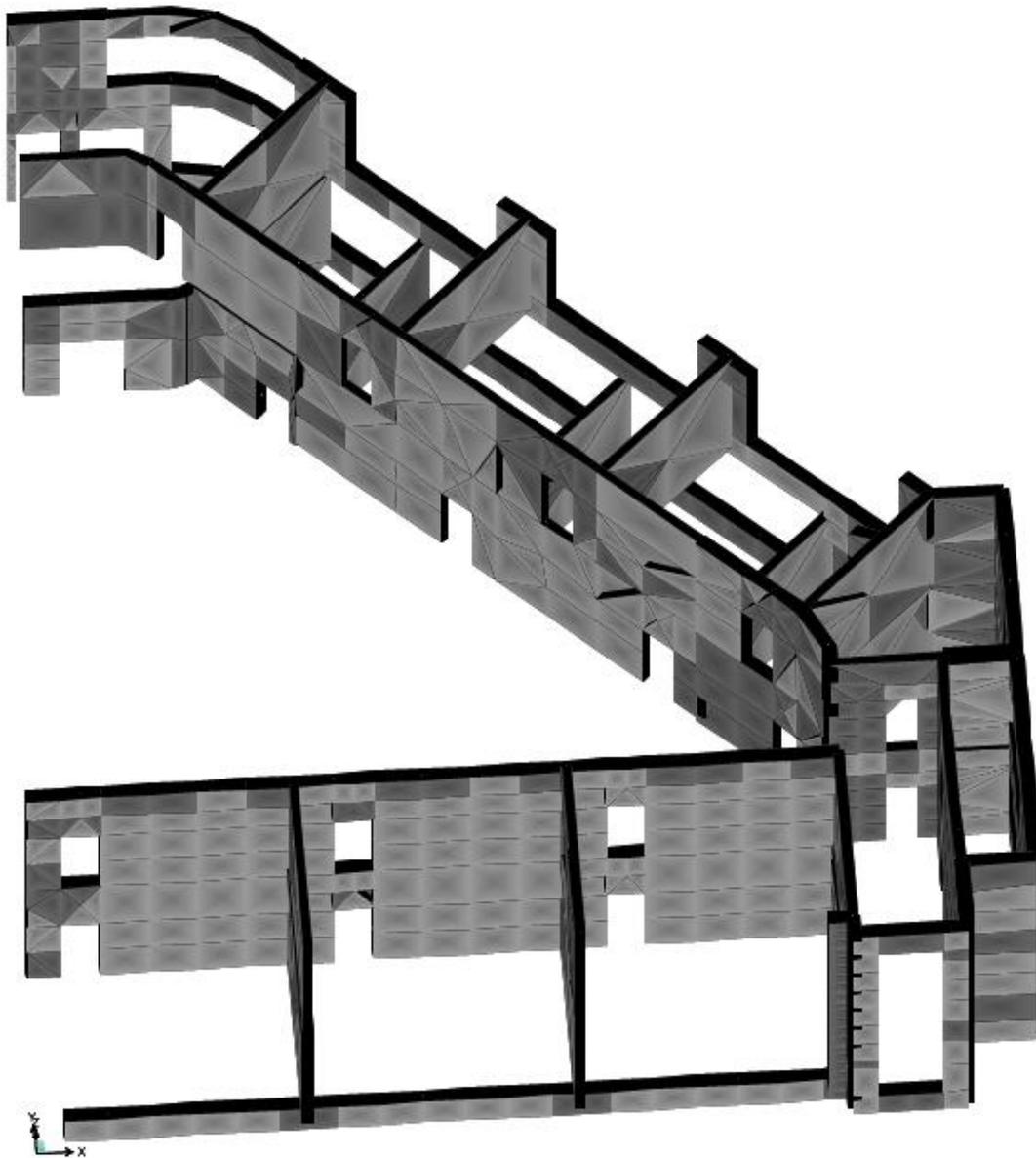
<b>RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD</b>		
<b>COLUMNA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
5	0,67	0,77
6	1,80	0,88
12	1,74	0,51
30	0,45	0,30
31	0,45	0,40
32	0,42	0,46
33	0,46	0,35
34	0,44	0,43
40	0,70	1,35
64	0,64	0,47
114	2,70	0,44
189	0,10	0,27
192	0,11	0,24
193	0,12	0,17
195	0,11	0,13
197	0,11	0,12
199	0,13	0,13
201	0,13	0,16
203	0,13	0,19
205	0,13	0,22
207	0,13	0,24
209	0,20	0,21
216	0,64	0,77
218	0,65	0,47
234	0,51	0,22
236	0,34	0,19
238	0,31	0,54
240	0,55	0,26
242	0,21	0,36
243	0,42	1,03
262	2,11	0,51
730	0,63	0,69
904	0,10	0,32

*Tabla VI.11 Relación Demanda/Capacidad en Columnas para el modelo 5.*

*Fuente: Los Autores.*



*Imagen VI.2. Esquema de los muros estructurales en Planta Baja.  
Fuente: Los autores.*



*Imagen VI.3. Esquema de los muros estructurales y cerramientos de mampostería en el edificio.  
Fuente: Los autores.*

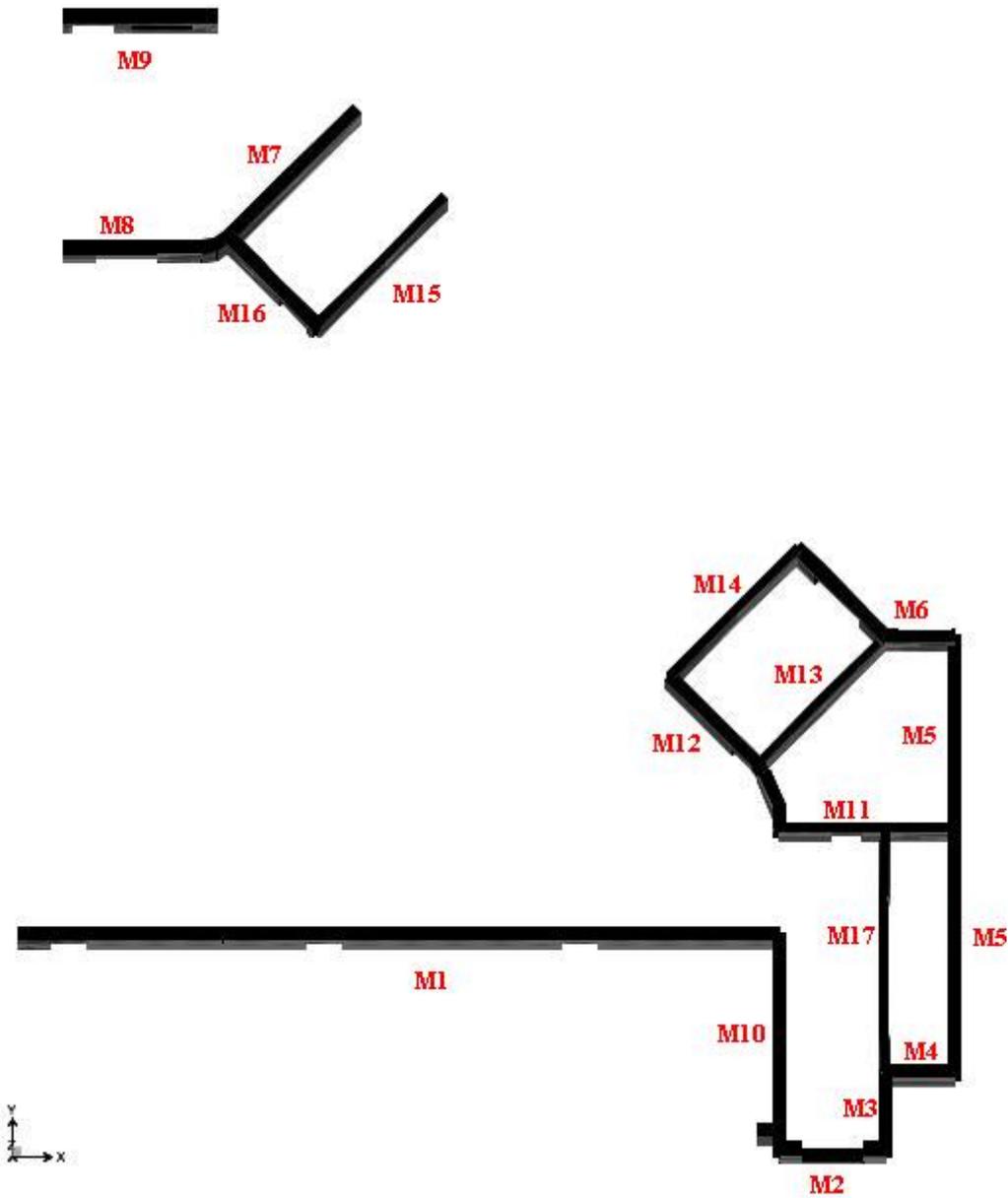


Imagen VI.4. Esquema de los muros estructurales en Planta Baja.  
Fuente: Los autores.

**RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD PARA MUROS –  
MODELO 5**

	<b>D/C VmX</b>	<b>D/C VmY</b>
MURO 1 PB	0,84	
MURO 2 PB	0,49	
MURO 3 PB		1,22
MURO 4 PB	0,71	
MURO 5 PB		0,90
MURO 6 PB	0,62	
MURO 7 PB	1,37	1,88
MURO 8 PB	1,24	
MURO 9 PB	0,42	
MURO 10 PB		1,14
MURO 11 PB	0,38	
MURO 12 PB	0,21	0,38
MURO 13 PB	0,30	0,30
MURO 14 PB	0,09	0,54
MURO 15 PB	0,82	1,22
MURO 16 PB	0,88	1,27
MURO 17 PB		0,84

*Tabla VI.12. Relación Demanda/capacidad en Muros para el modelo 5.  
Fuente: Los Autores*

---

## **VII. – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **VII. 1 – CONCLUSIONES**

De la evaluación sismorresistente desarrollada a través de este trabajo especial de grado se concluye que la edificación está sometida a un riesgo sísmico alto, por lo cual debe ser reforzada.

La información necesaria para verificar el nivel de diseño de la estructura, se obtuvo del Instituto Autónomo Biblioteca Nacional, ubicado en el centro de la ciudad de Caracas, Venezuela. Allí se tuvo acceso a los planos que luego se digitalizaron a través de un programa de dibujo asistido por computadora, y se corroboró esta geometría con la existente. La experiencia muestra que, dado el estado de arte de la época (1939), no se tomaron en cuenta con la rigurosidad de hoy en día los aspectos referentes a diseño sismorresistente. Esto motiva a que el nivel de diseño y los requerimientos exigidos no son satisfactorios respecto a la normativa actual.

La caracterización y propiedades de los materiales se obtuvieron mediante la búsqueda de registros históricos y bibliografías consultadas al respecto. Las normas de la época e investigaciones relacionadas con el tipo de estructura en cuestión, permitieron estimar de la mejor manera dichas características y propiedades.

Mediante los 7 modelos estructurales desarrollados en el programa SAP2000, se verificó que la estructura de la U.E.N. Escuela Experimental Venezuela no es capaz de soportar las sollicitaciones producidas por el sismo de diseño.

Las derivas inelásticas de la estructura cumplen con la norma COVENIN1756-2001 [1]; sin embargo, las derivas inelásticas máximas para los muros de mampostería estructural no cumplen con la normativa mexicana referente a la Mampostería Confinada. Dicha norma estipula un valor máximo para las derivas de 0.001.

La estructura no poseerá un comportamiento sismorresistente adecuado ante eventos sísmicos de manera consistente con la norma venezolana COVENIN 1756-2001 [1], debido a la relación demanda/capacidad obtenida.

Al analizar el comportamiento dinámico de la estructura a través de los diferentes modelos matemáticos realizados, se puede deducir que el alto riesgo sísmico presente en la edificación es producto de la limitada capacidad de disipación de energía en elementos estructurales de concreto armado, debido al poco acero de refuerzo, configuración de nodos sísmicos y a su detallado. De igual manera la zonificación sísmica en la que se encuentra la escuela induce a un riesgo sísmico elevado.

## **VII. 2 – RECOMENDACIONES**

Mediante los diversos modelos generados, se aprecia la importancia que tienen las propiedades mecánicas de los materiales -como el módulo de elasticidad en los muros y paredes de cerramiento- en el comportamiento global de la estructura. Se considera entonces importante una caracterización más exacta de los materiales que componen los elementos estructurales de la edificación. Debido al carácter patrimonial de la U.E.N. Escuela Experimental Venezuela, no fue factible tomar muestras directamente de la edificación.

---

Es recomendable la realización de un análisis no-lineal en el cual se pueda determinar mecanismos de falla en la estructura y con el que se pueda cuantificar con mayor exactitud demandas y deformaciones ocurridas debido a la acción de sollicitaciones sísmicas.

Se recomienda comparar las propiedades dinámicas de la estructura, obtenidas de manera teórica en el presente trabajo, con las propiedades dinámicas que FUNVISIS pretende obtener de manera experimental a través de la instalación de diversos dispositivos de medición. En cierta medida esto permitirá corroborar la validez de los modelos matemáticos desarrollados en este trabajo especial de grado.

Como soluciones para mejorar la respuesta y comportamiento sismorresistente de la edificación se propone:

- Reforzar los pórticos de concreto armado bien sea aumentando las secciones o mediante el uso de fibras para refuerzo estructural. Siempre se tendrá en cuenta la opción que genere el menor impacto sobre el diseño arquitectónico y el carácter patrimonial de la edificación.
  
- Refuerzo en perímetros de aberturas de muros mampostería y paredes de cerramiento, como son ventanas y paredes. Estos se pueden realizar bien sea con machones y vigas de corona en concreto armado o con perfiles de acero. En los machones se pueden emplear elementos como armaduras electrosoldadas de alta resistencia y estribos de diámetro pequeño que garanticen un correcto confinamiento.

- 
- Aplicación de conectores entre muros, manteniéndolos unidos; así, una vez agrietada la mampostería, el refuerzo en estos elementos evita la falla frágil, soportando esfuerzos por flexión y por cortante.
  - Las paredes de cerramiento de poco espesor se pueden separar de los pórticos de concreto armado para reducir efectos como el de columna corta o disminución de la ductilidad en columnas adyacentes.
  - Los muros de mampostería confinada pueden ser reforzados mediante la aplicación de concreto proyectado de alta resistencia, previa remoción del recubrimiento en los mismos. Debajo del concreto proyectado, colocación de mallas plásticas o metálicas de refuerzo y entre un lado y otro del muro, colocación de conectores de corte que adosen el concreto proyectado en ambas caras del muro.
  - Revisar la capacidad geotécnica de las fundaciones y en caso de ser necesario, la colocación de pilotes o micropilotes, debido a las nuevas cargas generadas por el refuerzo estructural.
  - Considerar la creación de una junta entre la sección rectangular del edificio (parte sur) y la sección inclinada 45 grados. De este modo se garantiza independencia entre los 2 edificios nuevos y se minimiza la irregularidad en planta para cada uno de ellos, eliminando probablemente el comportamiento de diafragma flexible.
  - Considerar igualmente la interacción con el edificio oeste, para evitar posibles choques durante un evento sísmico. En caso de no cumplir con la normativa, se puede aplicar un neopreno o dispositivo de amortiguamiento en el interior de la junta.

---

**BIBLIOGRAFÍA**

1. COVENIN. (2001). *EDIFICACIONES SISMORRESISTENTES*. NORMA 1756-2001. MCT-MINDUR-FUNVISIS.
2. COVENIN. (1988). *CRITERIOS Y ACCIONES MÍNIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES*. COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. NORMA 2002-1988. MCT-MINDUR-FUNVISIS.
3. COVENIN. (1987). *ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA EDIFICACIONES. ANÁLISIS Y DISEÑO*. COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. NORMA COVENIN-MINDUR 1753-1987.
4. MELI, ROBERTO (1988). *INGENIERÍA ESTRUCTURAL DE LOS EDIFICIOS HISTÓRICOS*. EDITORIAL ICA. 1RA. EDICIÓN. MÉXICO.
5. PAULAY T., PRIESTLEY M. (1992). *SEISMIC DESIGN OF REINFORCED CONCRETE AND MASONRY BUILDINGS*. JOHN WILEY AND SONS.
6. *NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA*. (1999). REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL. MÉXICO.
7. *NORMAS PARA EL CÁLCULO DE EDIFICIOS*. (1939). MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS-DIRECCIÓN DE EDIFICIOS. VENEZUELA.

- 
8. **EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA PARA VIVIENDA.** (2003). FUNDACIÓN ICA Y SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL. MÉXICO.
  9. LÓPEZ, O; HERNÁNDEZ, J; DEL RE, G Y PUIG, J. (2004, NOVIEMBRE). **REDUCCIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN ESCUELAS DE VENEZUELA.** *BOLETÍN TÉCNICO IMME.* VOL. 42 NO. 3. NOV. 2004
  10. LEE, C. Y ABOU, F. (2005). **EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN ESCUELAS TIPO ANTIGUO II.** TESIS DE GRADO. UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA. FACULTAD DE INGENIERÍA. ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL. CARACAS, VENEZUELA.
  11. GARCÍA, L. (1998). **DINÁMICA ESTRUCTURAL APLICADA AL DISEÑO SÍSMICO.** UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. FACULTAD DE INGENIERÍA. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL. BOGOTÁ, COLOMBIA.
  12. NILSON, ARTHUR Y WINTER, GEORGE (1999). **DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.** MCGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A. SANTA FE DE BOGOTÁ, COLOMBIA.
  13. GONZÁLEZ, J.; SCHMTZ, M.; AUDEMARD, F.; CONTRERAS, R.; ET. AL. (2003). **SITE EFFECTS OF THE 1997 CARIACO, VENEZUELA EARTHQUAKE.** -FUNVISIS, UNIVERSIDAD DE ORIENTE, UCV-CENAMB-, VENEZUELA; -UNIVERSITÉ DE NANTES-, FRANCIA. <http://www.sciencedirect.com>

**ANEXOS**

**ANEXO A**  
**REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA U.E.N. ESCUELA EXPERIMENTAL**  
**VENEZUELA**



**Imagen A-01.** Se aprecia la fachada este de la edificación, que corresponde al edificio este.



**Imagen A-02.** Fachada sur. Identificación de la unidad educativa.



**Imagen A-03.** Fachada sur. Entrada principal



**Imagen A-04.** Pórticos sur. Vista desde lado norte.



**Imagen A-05.** Patio. Vista hacia el sureste.



**Imagen A-06.** Vista sur. Se puede apreciar la junta en la parte superior que separa los dos edificios (este y oeste).



**Imagen A-06.** Vista sur. Juntas de separación.



**Imagen A-07.** Vista norte. Junta de separación.



**Imagen A-08.** Pasillo Planta Alta. Ala sur.



**Imagen A-09.** Pasillo Planta Alta. Se aprecian las vigas IPN bajo la placa.



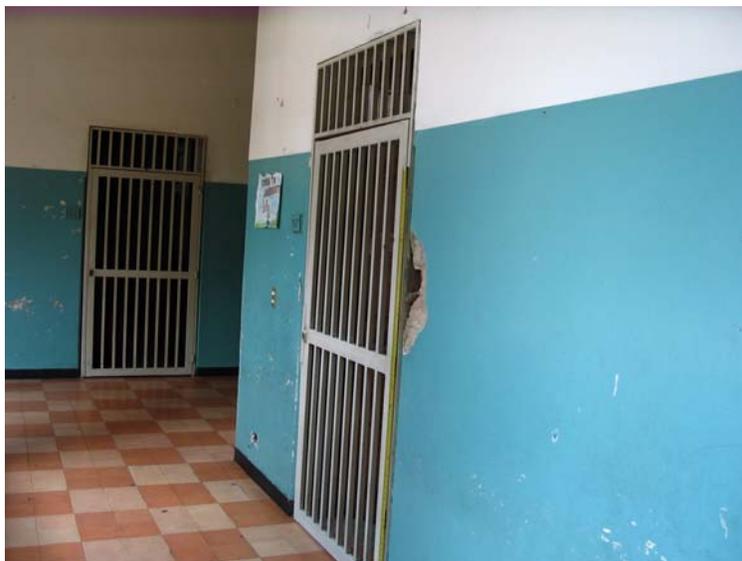
**Imagen A-10.** Escalera que comunica la planta baja con planta alta.



**Imagen A-11.** Pasillo planta baja. Ala sur.



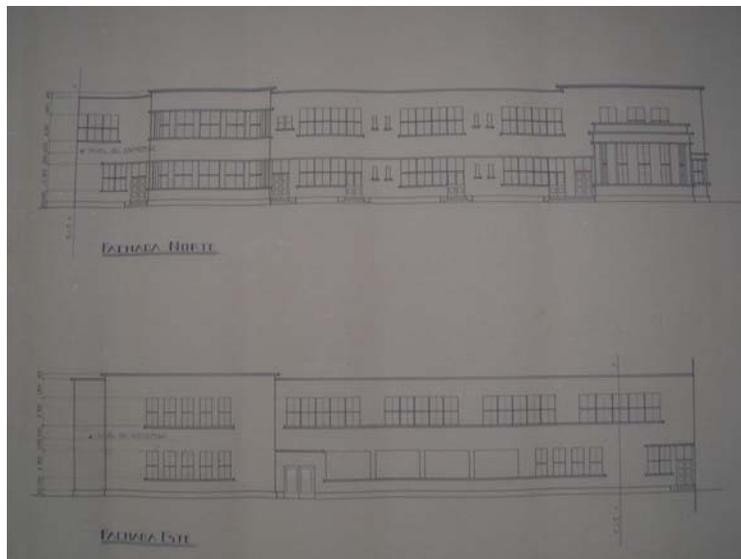
**Imagen A-12.** Aula de clase en planta baja.



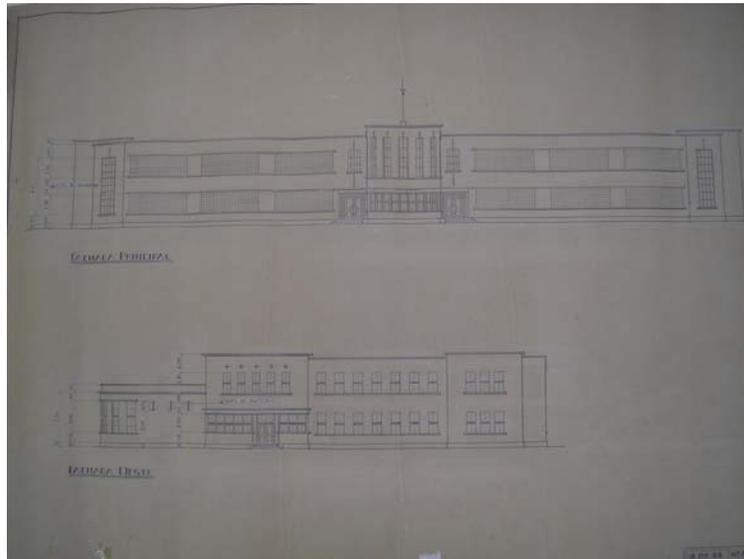
**Imagen A-13.** Grieta en marco de reja donde se muestra material de paredes.



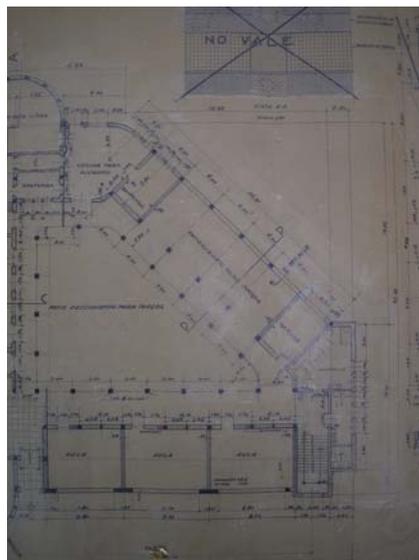
**Imagen A-14.** Grieta en marco de reja donde se muestra material de arcilla con las cuales se construyeron las paredes.



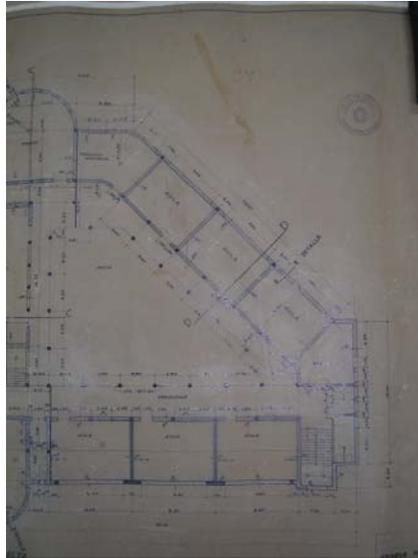
**Imagen A-15.** Plano de arquitectura donde muestra la fachada Norte y Este, el cual se encuentra en la Biblioteca Nacional.



**Imagen A-16.** Plano de arquitectura donde muestra la fachada Principal y Oeste, el cual se encuentra en la Biblioteca Nacional.



**Imagen A-17.** Plano de arquitectura donde muestra la planta baja del edificio Este, el cual se encuentra en la Biblioteca Nacional.



**Imagen A-18.** Plano de arquitectura donde muestra la planta alta del edificio Este, el cual se encuentra en la Biblioteca Nacional

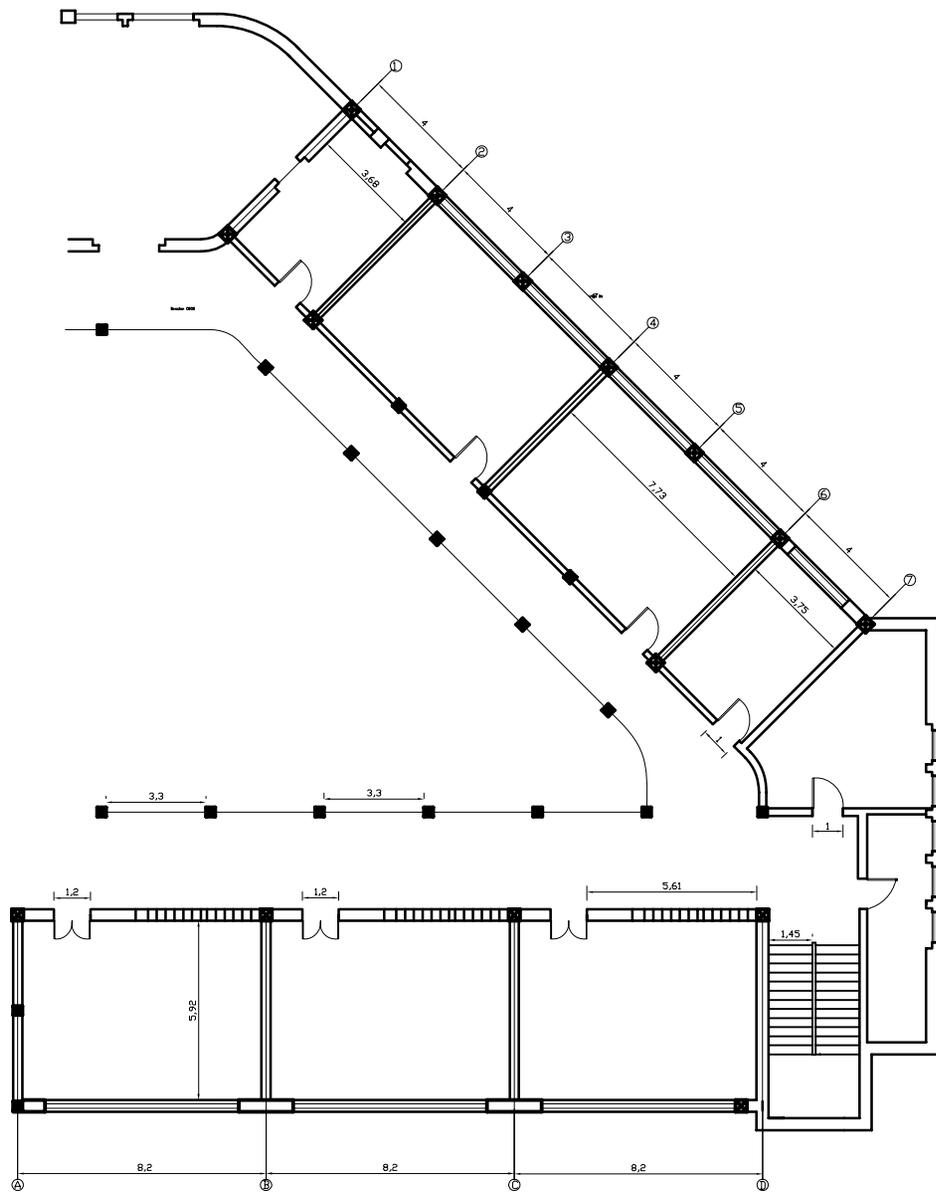


**Imagen A-19.** Se puede observar la realización de escaneo de los muros con el scanner de acero o comúnmente llamado “ferroskan”.



**Imagen A-20.** Se puede observar al personal del IMME cuando estaba realizando el escaneo de las columnas.

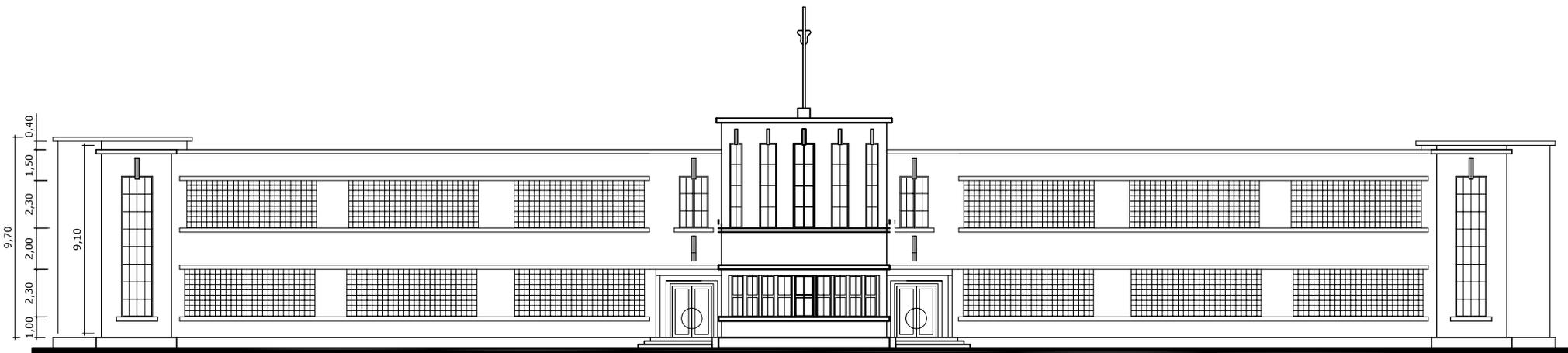
**ANEXO B**  
**PLANOS DE LA U.E.N ESCUELA EXPERIMENTAL VENEZUELA**



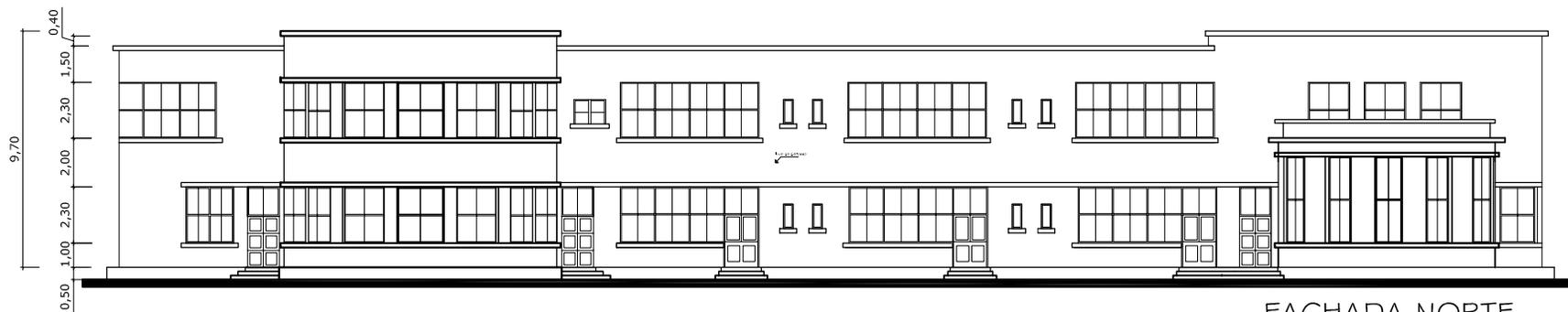
U.E.N ESCUELA EXPERIMENTAL VENEZUELA -EDIFICIO ESTE Av.Mexico, Caracas, Venezuela	
DIBUJO: AL JARROUJ N. Y, JARAMILLO C. OMAR E.	
PLANO:	PLANTA BAJA
ESC. 1/175	FECHA: 07/2007

**A 01**





FACHADA PRINCIPAL  
ESCALA 1:200

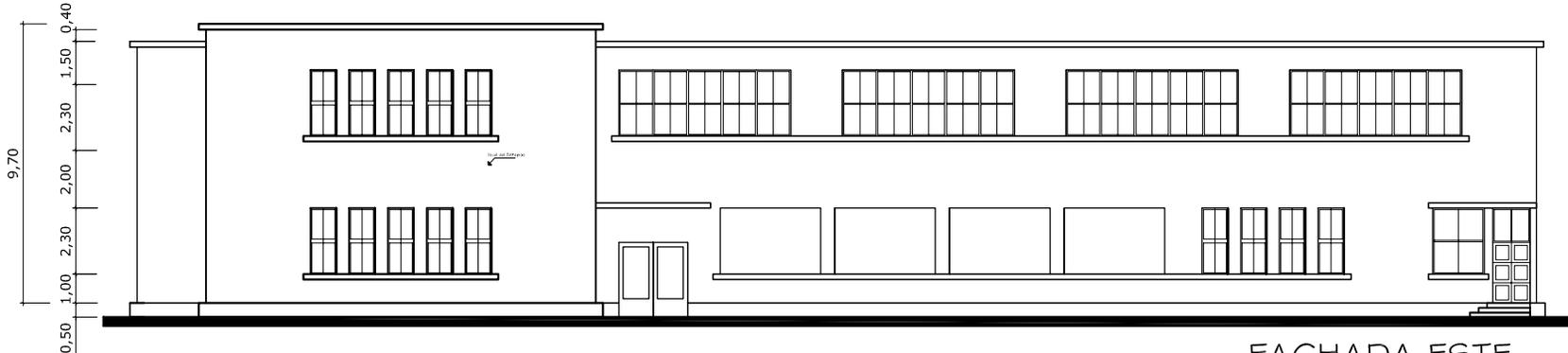


FACHADA NORTE  
ESCALA 1:200

U.E.N. ESCUELA EXPERIMENTAL VENEZUELA - EDIFICIO ESTE Av. Mexico, Caracas, Venezuela	
DIBUJO: AL JARROUJ N. Y, JARAMILLO C. OMAR E.	
PLANO: Fachadas Principal y Norte	
ESC. 1/200	FECHA: 07/2007
<b>A 03</b>	



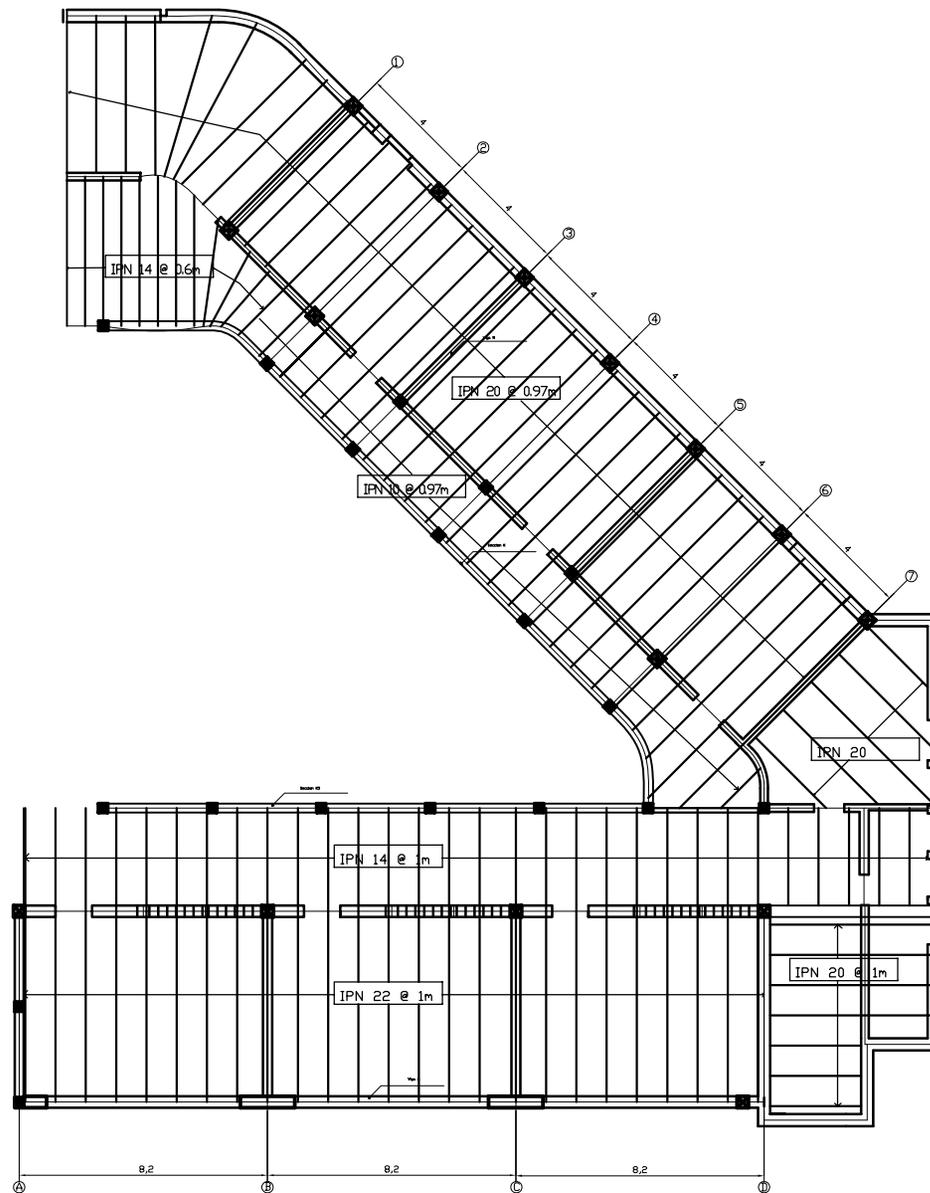
FACHADA OESTE  
ESCALA 1:175



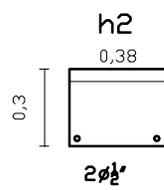
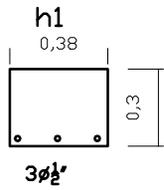
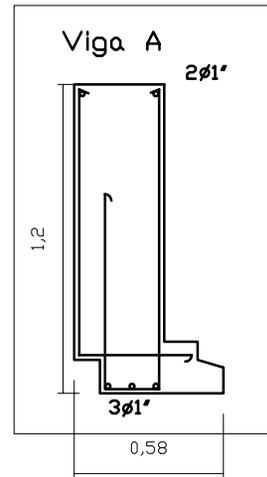
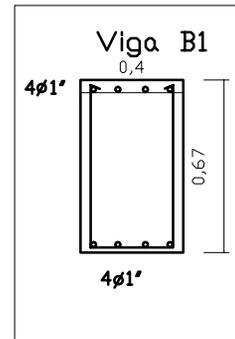
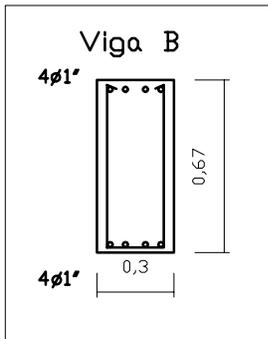
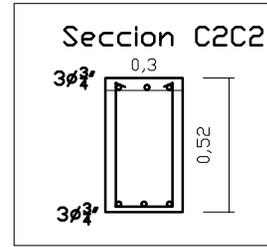
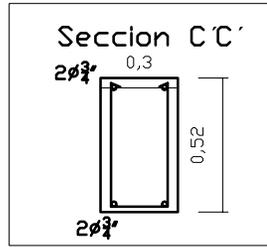
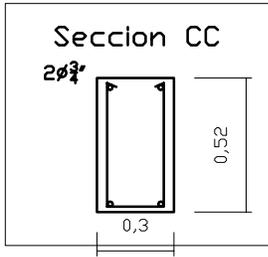
FACHADA ESTE  
ESCALA 1:175

U.E.N ESCUELA EXPERIMENTAL VENEZUELA - EDIFICIO ESTE Av. Mexico, Caracas, Venezuela	
DIBUJO: AL JARROUJ N. Y, JARAMILLO C. OMAR E.	
PLANO: Fachadas Este y Oeste	
ESC. 1/175	FECHA: 07/2007
<b>A 04</b>	

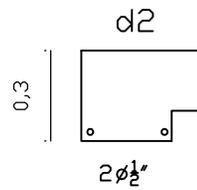
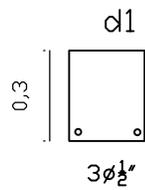
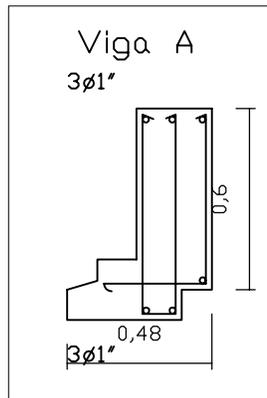
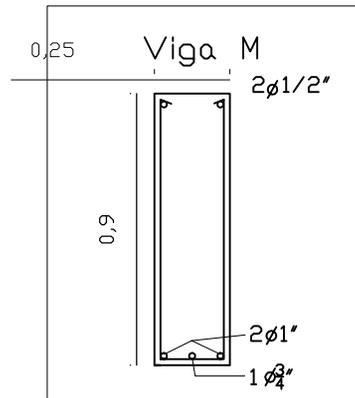
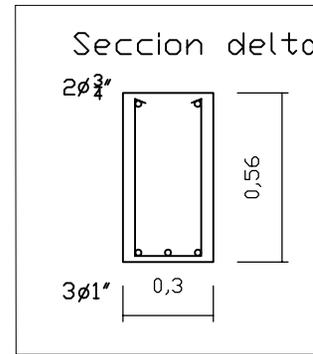
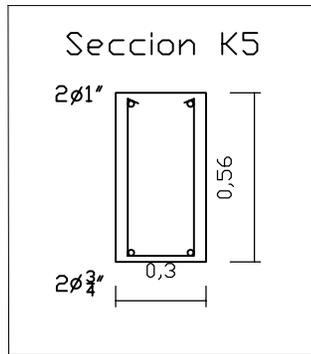
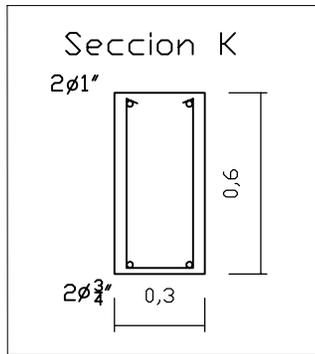




U.N.E ESCUELA EXPERIMENTAL VENEZUELA -EDIFICIO ESTE Av. Mexico, Caracas, Venezuela	
DIBUJO: AL JARROUJ N. Y, JARAMILLO C. OMAR E.	
PLANO: ENVIGADO PLANTA ALTA	
ESC. 1/175	FECHA: 07/2007
<b>E 02</b>	



U.E.N ESCUELA EXPERIMENTAL VENEZUELA -EDIFICIO ESTE Av.Mexico, Caracas, Venezuela	
DIBUJO: AL JARROUJ N. Y, JARAMILLO C. OMAR E.	
PLANO: CORTE EN VIGAS PLANTA BAJA	
S/ESC.	FECHA: 07/2007
<b>E 03</b>	



U.N.E ESCUELA EXPERIMENTAL VENEZUELA -EDIFICIO ESTE Av. Mexico, Caracas, Venezuela	
DIBUJO: AL JARROUJ N. Y, JARAMILLO C. OMAR E.	
PLANO: CORTES EN VIGAS PLANTA ALTA	
S/ESC.	FECHA: 07/2007
<b>E 04</b>	

**ANEXO C**  
**MODELOS MATEMÁTICOS, DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN**

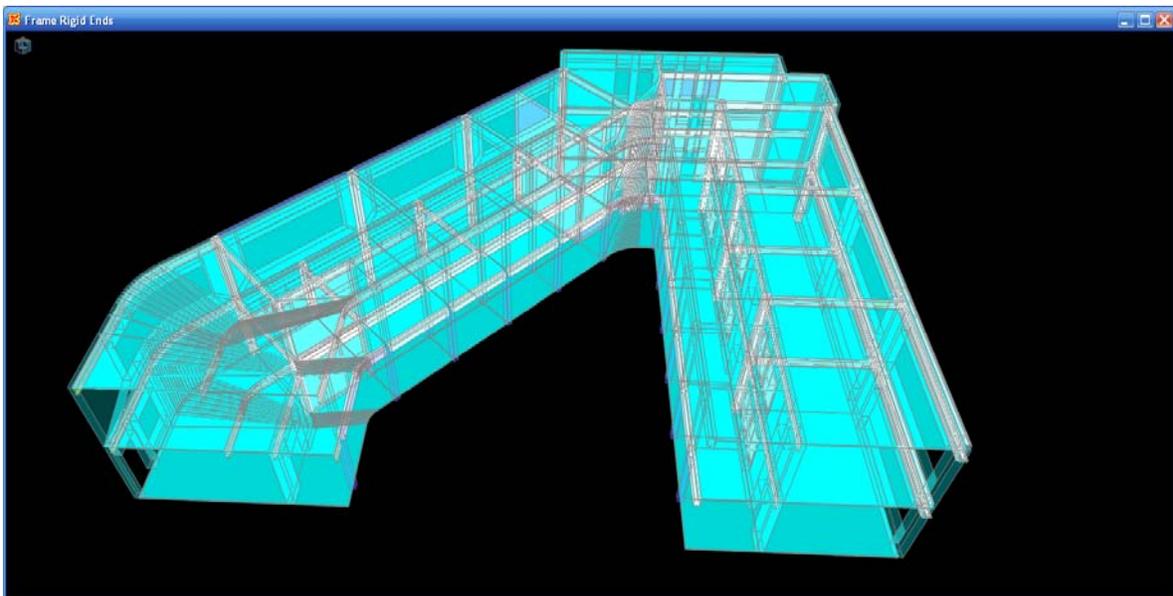


Imagen C-1. Elementos estructurales modelados con programa de análisis estructural Sap 2000.

Fuente: Los Autores.

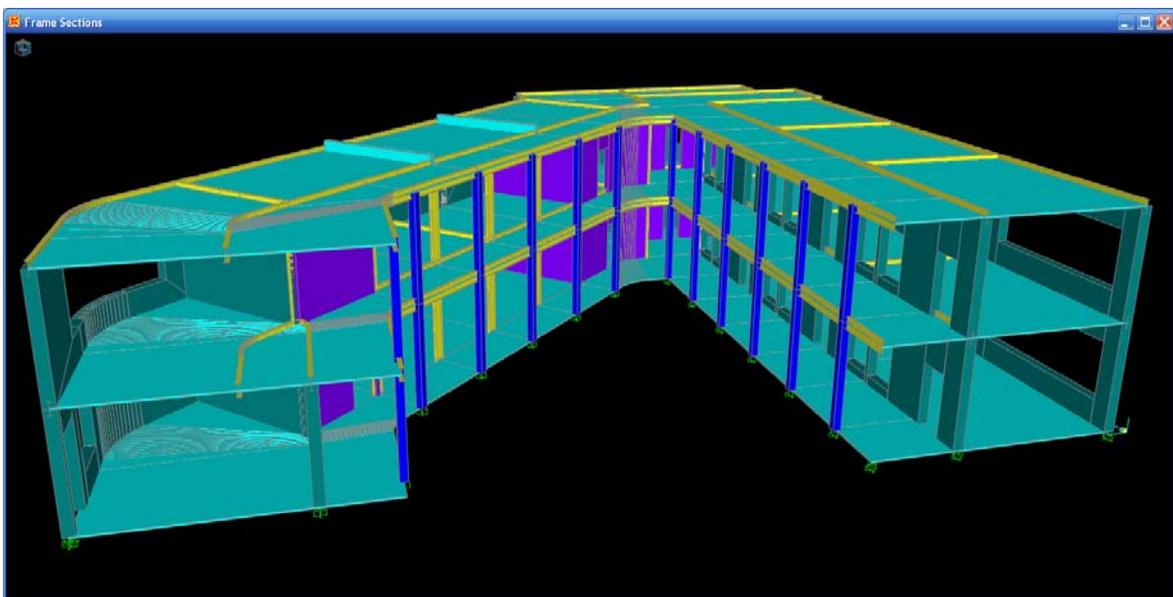


Imagen C-2. Elementos estructurales modelados con programa de análisis estructural Sap 2000.

Fuente: Los Autores.

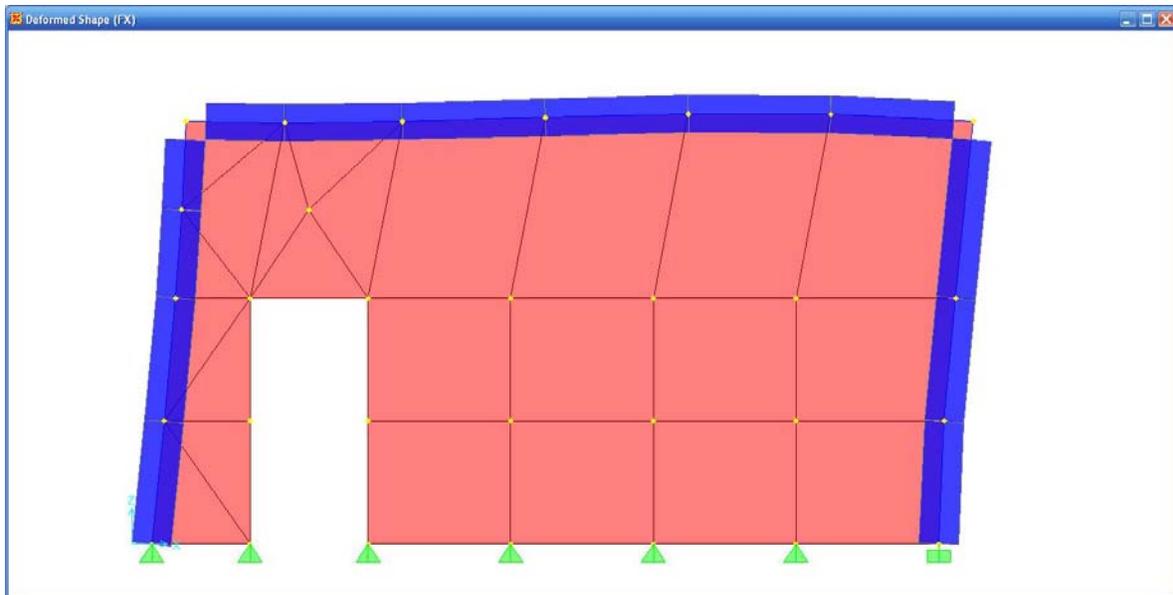


Imagen C-3. Modelo de muro de mampostería confinada, con presencia de machones y viga de corona. Espesor: 40 cm. - Longitud: 8 m. - Altura: 4,3 m.  
Fuente: Los Autores.

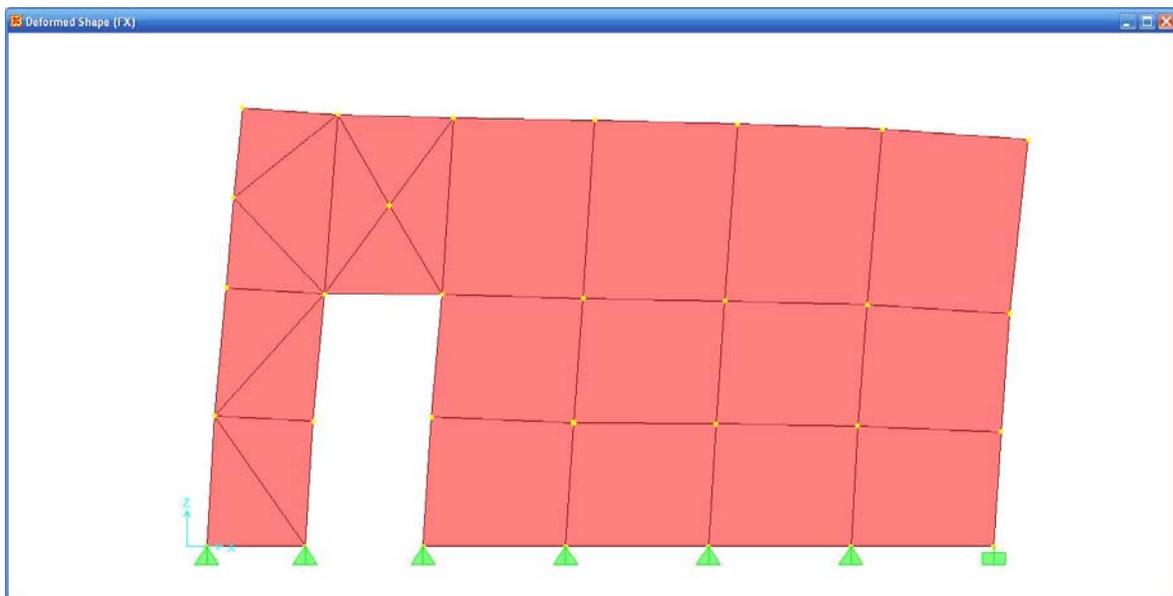


Imagen C-4. Modelo de muro de mampostería confinada. Modelada con elementos finitos.  
Espesor: 40 cm. - Longitud: 8 m. - Altura: 4,3 m.  
Fuente: Los Autores.

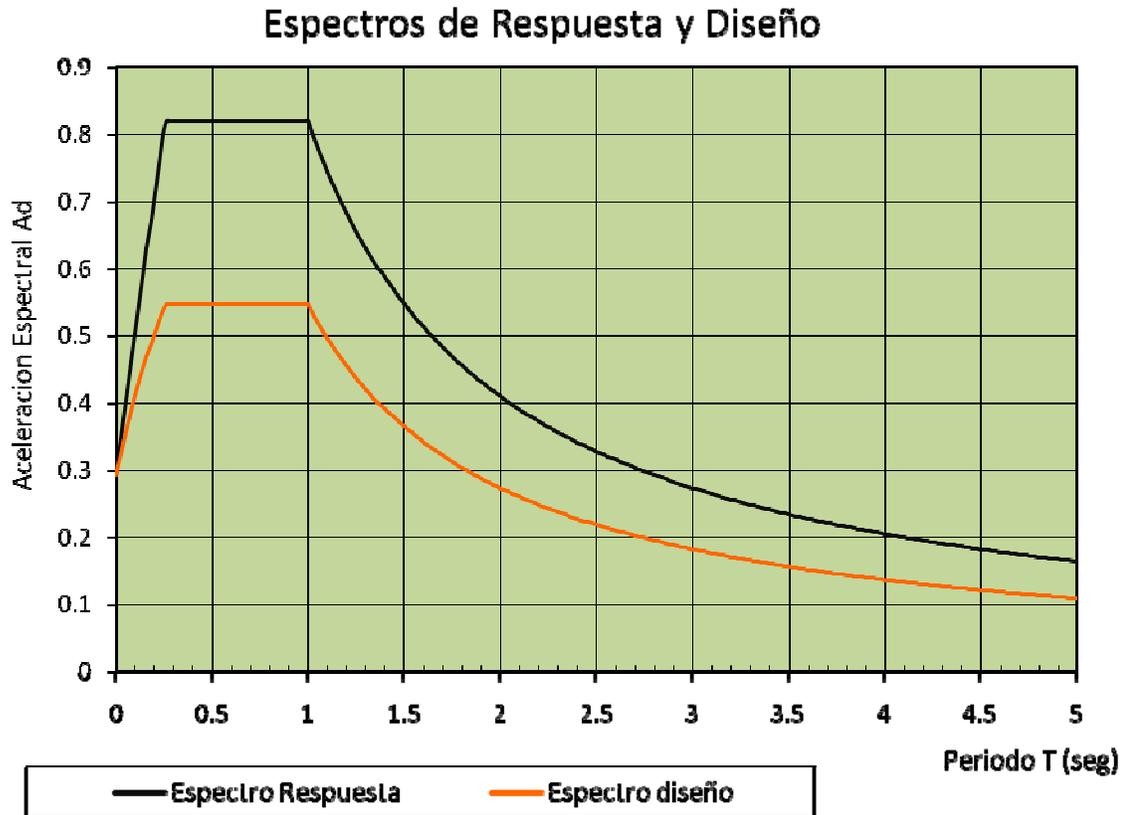


Gráfico C-1. Espectros de Respuesta y de Diseño utilizados.  
Fuente: Los Autores.

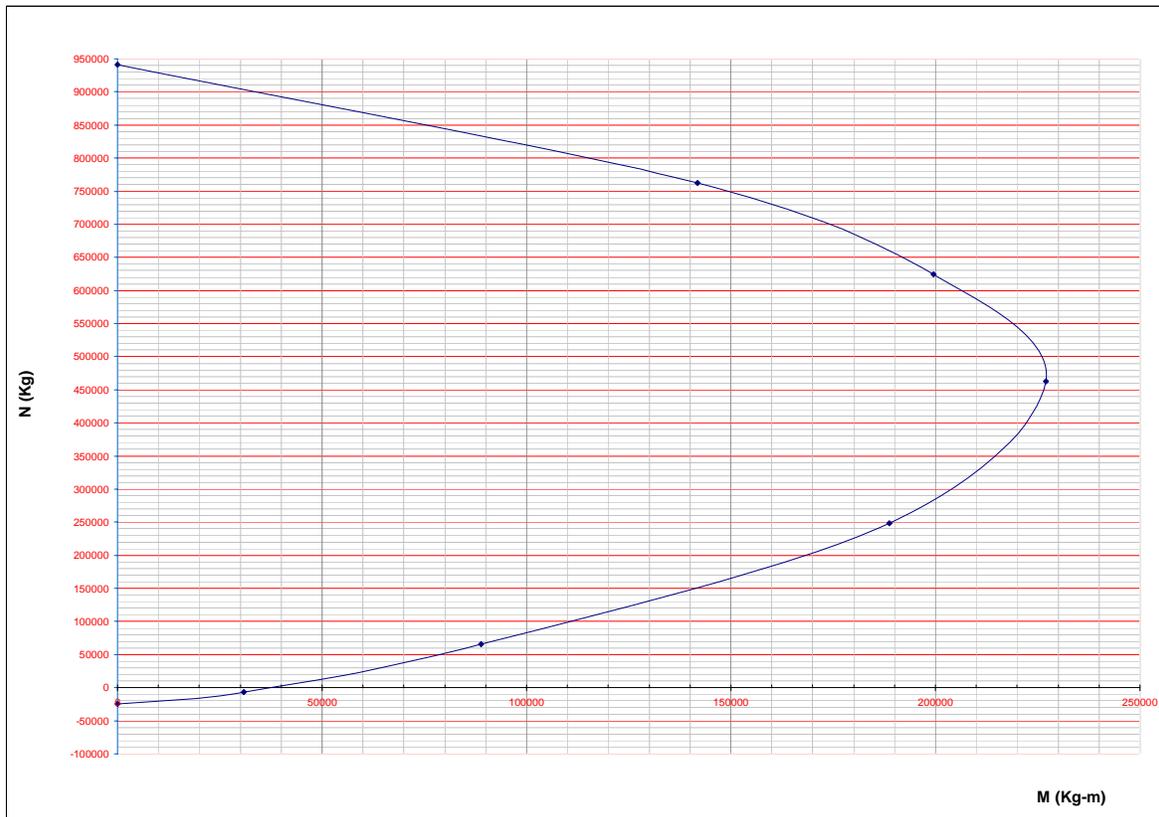


Gráfico C-2. Diagrama de interacción para la columna de 40 x 180 cm.  
Fuente: Los Autores.

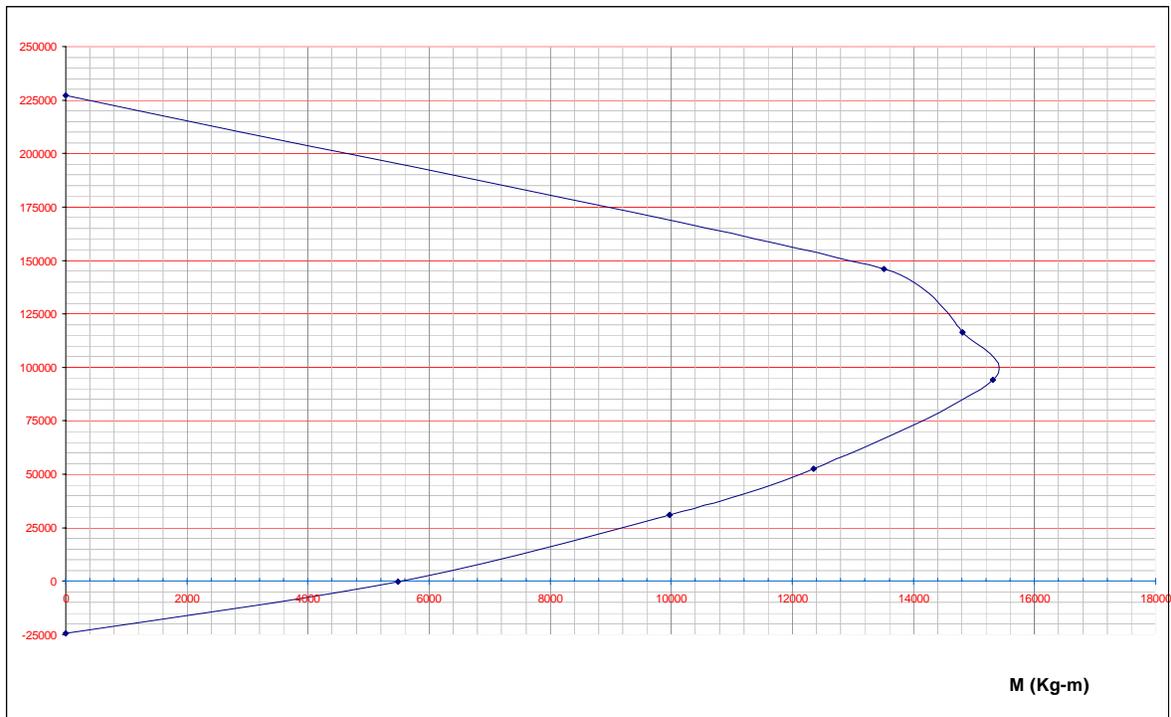


Gráfico C-3. Diagrama de interacción para la columna de 40 x 40 cm.

Fuente: Los Autores.

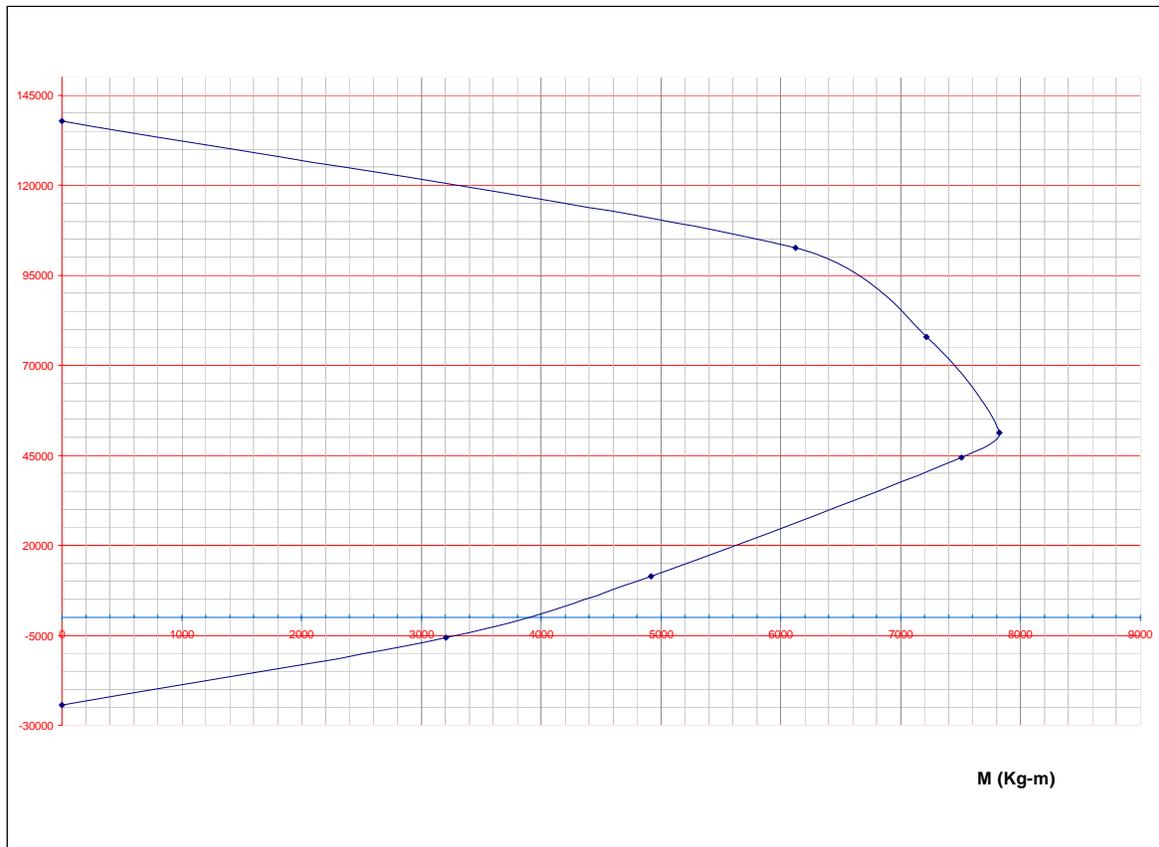


Gráfico C-4. Diagrama de interacción para la columna de 30 x 30 cm.  
Fuente: Los Autores.

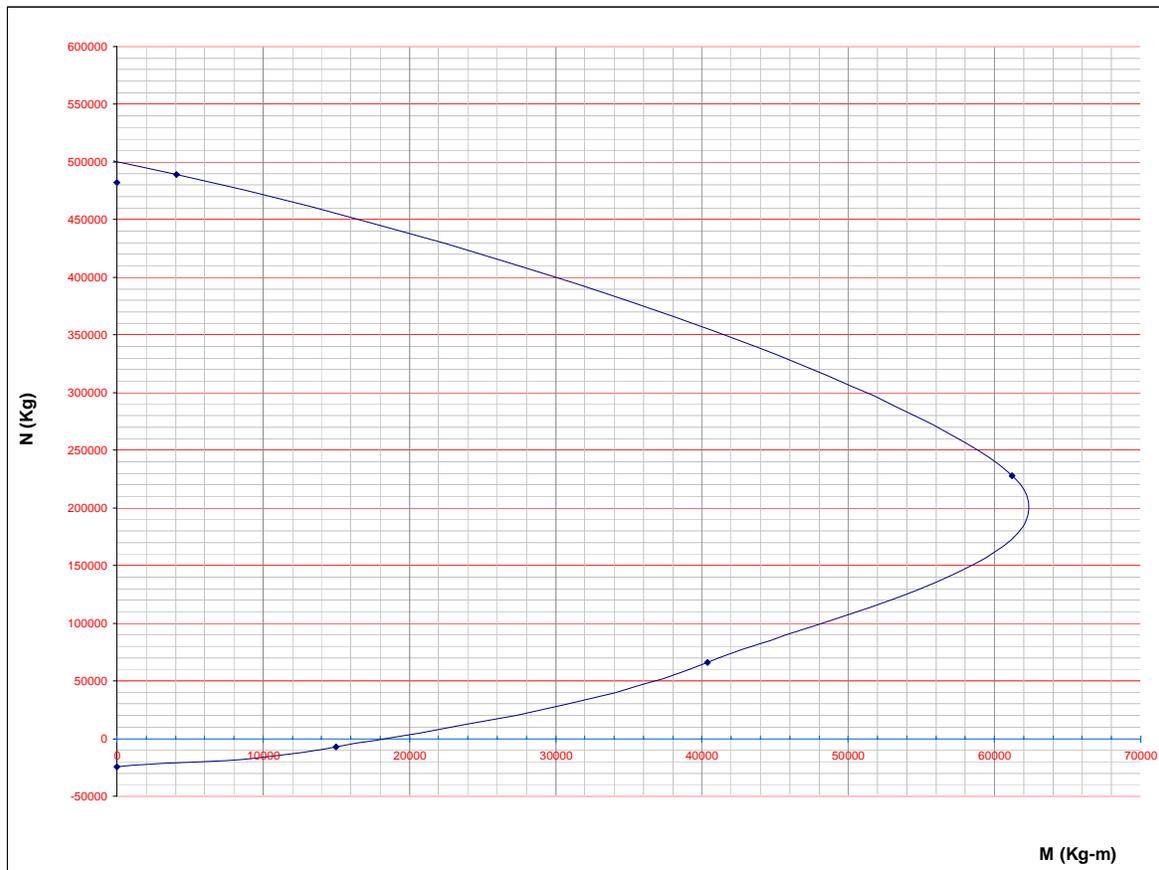


Gráfico C-5. Diagrama de interacción para la columna de 40 x 90 cm.  
Fuente: Los Autores.

**ANEXO D**  
**TABLAS DERIVAS, DEMANDAS, CAPACIDAD, DEMANDA/CAPACIDAD**

MODELO	MODOS					
	1	2	3	4	5	6
1	0.2066	0.1425	0.1261	0.1094	0.1043	0.0700
2	0.2603	0.1958	0.1506	0.1413	0.1254	0.0906
3	0.2012	0.1627	0.1414	0.1301	0.0918	0.0797
4	0.2522	0.1816	0.1487	0.1317	0.1197	0.0891
5	0.1994	0.1534	0.1346	0.1202	0.0912	0.0794
5.1	0.3141	0.2312	0.1636	0.1552	0.1354	0.1133
5.2	0.8202	0.5744	0.3654	0.2277	0.1867	0.1791

Tabla D-1. Periodos para los diferentes modos de vibración en cada uno de los modelos.  
Fuente: Los Autores

MODOS	MASAS PARTICIPATIVAS MODELO 1					
	En X	Suma X	En Y	Suma Y	Rotación	Suma Rotación
1	0.0110	0.0110	0.6080	0.6080	0.0000	0.0000
2	0.6490	0.6600	0.1230	0.7310	0.0002	0.0002
3	0.0016	0.6620	0.0550	0.7870	0.0000	0.0002
4	0.0850	0.7470	0.0068	0.7930	0.0000	0.0002
5	0.1880	0.9350	0.1590	0.9520	0.0000	0.0002
6	0.0077	0.9420	0.0370	0.9890	0.0005	0.0007

Tabla D-2.1. Masas participativas por modo para el modelo 1  
Fuente: Los Autores

MODOS	MASAS PARTICIPATIVAS MODELO 2					
	En X	Suma X	En Y	Suma Y	Rotación	Suma Rotación
1	0.0200	0.0200	0.6940	0.6940	0.0000	0.0000
2	0.6160	0.6350	0.1320	0.8260	0.0000	0.0000
3	0.0220	0.6580	0.0005	0.8270	0.0000	0.0000
4	0.2540	0.9120	0.0710	0.8980	0.0000	0.0001
5	0.0320	0.9430	0.0640	0.9620	0.0000	0.0001
6	0.0048	0.9480	0.0310	0.9930	0.0001	0.0001

Tabla D-2.2. Masas participativas por modo para el modelo 2  
Fuente: Los Autores

MODOS	MASAS PARTICIPATIVAS MODELO 3					
	En X	Suma X	En Y	Suma Y	Rotación	Suma Rotación
1	0.0670	0.0670	0.5830	0.5830	0.0000	0.0000
2	0.6890	0.7550	0.1980	0.7810	0.0001	0.0001
3	0.1520	0.9070	0.0630	0.8440	0.0000	0.0001
4	0.0430	0.9490	0.0940	0.9390	0.0000	0.0001
5	0.0043	0.9540	0.0310	0.9700	0.0001	0.0003
6	0.0033	0.9570	0.0120	0.9820	0.0000	0.0003

Tabla D-2.3. Masas participativas por modo para el modelo 3

Fuente: Los Autores

MODOS	MASAS PARTICIPATIVAS MODELO 4					
	En X	Suma X	En Y	Suma Y	Rotación	Suma Rotación
1	0.0540	0.0540	0.5570	0.5570	0.0000	0.0000
2	0.6160	0.6710	0.1780	0.7350	0.0000	0.0000
3	0.0037	0.6740	0.0130	0.7480	0.0000	0.0000
4	0.1250	0.8000	0.0140	0.7620	0.0001	0.0001
5	0.1310	0.9310	0.1520	0.9140	0.0000	0.0001
6	0.0020	0.9330	0.0210	0.9350	0.0000	0.0002

Tabla D-2.4. Masas participativas por modo para el modelo 4

Fuente: Los Autores

MODOS	MASAS PARTICIPATIVAS MODELO 5					
	En X	Suma X	En Y	Suma Y	Rotación	Suma Rotación
1	0.0960	0.0960	0.4920	0.4920	0.0000	0.0000
2	0.6730	0.7690	0.1990	0.6910	0.0001	0.0001
3	0.0810	0.8500	0.0003	0.6910	0.0000	0.0001
4	0.0810	0.9320	0.2050	0.8960	0.0001	0.0002
5	0.0068	0.9390	0.0470	0.9430	0.0001	0.0003
6	0.0027	0.9410	0.0140	0.9570	0.0000	0.0003

Tabla D-2.5. Masas participativas por modo para el modelo 5

Fuente: Los Autores

MODOS	MASAS PARTICIPATIVAS MODELO 5.1					
	En X	Suma X	En Y	Suma Y	Rotación	Suma Rotación
1	0.1420	0.1420	0.4710	0.4710	0.0000	0.0000
2	0.4600	0.6020	0.3230	0.7940	0.0000	0.0000
3	0.0120	0.6140	0.0018	0.7960	0.0000	0.0000
4	0.2260	0.8400	0.0170	0.8130	0.0001	0.0001
5	0.1070	0.9460	0.0770	0.8900	0.0000	0.0001
6	0.0001	0.9460	0.0004	0.8900	0.0000	0.0001
7	0.0230	0.9690	0.0910	0.9810	0.0000	0.0002

Tabla D-2.6. Masas participativas por modo para el modelo 5.1

Fuente: Los Autores

MODOS	MASAS PARTICIPATIVAS MODELO 5.2					
	En X	Suma X	En Y	Suma Y	Rotación	Suma Rotación
1	0.3730	0.3730	0.1360	0.1360	0.0000	0.0000
2	0.0230	0.3960	0.5170	0.6530	0.0000	0.0000
3	0.0360	0.4320	0.0010	0.6540	0.0000	0.0000
4	0.4310	0.8630	0.1290	0.7830	0.0002	0.0002
5	0.0500	0.9130	0.1250	0.9080	0.0000	0.0002
6	0.0013	0.9140	0.0650	0.9730	0.0000	0.0002

Tabla D-2.7. Masas participativas por modo para el modelo 5.2

Fuente: Los Autores

X1(cms)	Y1(cms)	X2(cms)	Y2(cms)	h(cms)	$\delta$	Deriva	
0,4049	1,2384	0,2928	0,9832	430	0,3345	0,0008	CUMPLE
0,2342	1,2391	-0,1495	-0,986	430	2,7095	0,0063	CUMPLE
0,3054	1,2388	0,2256	0,9861	430	0,3180	0,0007	CUMPLE
0,6156	0,4103	0,3041	0,1909	430	0,4572	0,0011	CUMPLE
0,6129	0,4028	-0,3081	-0,2152	430	1,3310	0,0031	CUMPLE
0,6107	0,404	0,2981	0,2136	430	0,4392	0,0010	CUMPLE

Tabla D-3.1. Derivas máximas por nivel para el modelo 1.

Fuente: Los Autores

X1(cms)	Y1(cms)	X2(cms)	Y2(cms)	h(cms)	$\delta$	Deriva	
0,4873	1,1448	0,3271	0,7738	430	0,4849	0,0011	CUMPLE
0,3888	1,1452	0,2524	0,7743	430	0,4742	0,0011	CUMPLE
0,4238	1,1455	0,2823	0,7747	430	0,4763	0,0011	CUMPLE
1,0134	0,7694	0,6393	0,4446	430	0,5945	0,0014	CUMPLE
1,0147	0,7068	0,6375	0,4042	430	0,5803	0,0013	CUMPLE
1,013	0,7495	0,6382	0,4708	430	0,5605	0,0013	CUMPLE

Tabla D-3.2. Derivas máximas por nivel para el modelo 3.

Fuente: Los Autores

X1(cms)	Y1(cms)	X2(cms)	Y2(cms)	h(cms)	$\delta$	Deriva	
0,4673	1,1485	0,3134	0,7879	430	0,4705	0,0011	CUMPLE
0,3497	1,1491	0,2118	0,7886	430	0,4632	0,0011	CUMPLE
0,3771	1,1492	0,2358	0,789	430	0,4643	0,0011	CUMPLE
0,9804	0,7362	0,6145	0,4127	430	0,5861	0,0014	CUMPLE
0,9817	0,6713	0,6127	0,3667	430	0,5742	0,0013	CUMPLE
0,98	0,7158	0,6134	0,3974	430	0,5827	0,0014	CUMPLE

Tabla D-3.3. Derivas máximas por nivel para el modelo 5.

Fuente: Los Autores

Modelo	X1(cms)	Y1(cms)	X2(cms)	Y2(cms)	h(cms)	$\delta$	Deriva	
1	0,2342	1,2391	-0,1495	-0,986	430	2,7095	0,0063	NO CUMPLE
1	0,6156	0,4103	0,3041	0,1909	430	0,4572	0,0011	NO CUMPLE
3	0,3888	1,1452	0,2524	0,7743	430	0,4742	0,0011	NO CUMPLE
3	1,0126	0,8184	0,6394	0,477	430	0,6070	0,0014	NO CUMPLE
5	0,3497	1,1491	0,2118	0,7886	430	0,4632	0,0011	NO CUMPLE
5	0,9796	0,786	0,6146	0,4479	430	0,5970	0,0014	NO CUMPLE

Tabla D-3.4. Derivas máximas en los Muros para los modelos 1, 3 y 5.

Fuente: Los Autores

**MODELO 1**

<b>CAPACIDAD GLOBAL</b>		<b>DEMANDA GLOBAL</b>		<b>RELACIÓN DEMANDA /CAPACIDAD</b>	
<b>GLOBAL COLUMNAS</b>		<b>GLOBAL COLUMNAS</b>		<b>GLOBAL COLUMNAS</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VX	D/C VY
219,40	135,10	294,77	111,05	1,35	0,82
<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>	
Vmx (tf)	Vmy (tf)	Vmx (tf)	Vmy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
449,18	357,66	424,13	561,58	0,94	1,57
<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
667,65	492,76	744,41	757,43	1,11	1,54

Tabla D-4.1. Demanda, capacidad y relación demanda capacidad global para el modelo 1.  
Fuente: Los Autores

**MUROS**

- **CAPACIDAD**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)
1	24,40	0,40	8,32	221292,25	149,59
2	1,40	0,40	0,56	12557,57	9,37
4	2,20	0,40	0,88	19251,40	14,58
6	3,20	0,40	1,28	23285,93	19,79
8	5,25	0,40	1,60	41440,77	28,43
9	4,91	0,40	1,11	26449,38	19,00
11	5,60	0,40	2,00	23422,42	27,03

Tabla D-4.1.1. Capacidad en Muros en "X" para el modelo 1.

Fuente: Los Autores

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmY (tf)
3	2,50	0,40	1,00	20950,00	16,29
5	14,00	0,40	4,53	104262,95	76,58
10	6,30	0,40	2,52	55370,62	41,81
17	7,80	0,40	2,89	42339,30	41,58

Tabla D-4.1.2. Capacidad en Muros en "Y" para el modelo 1.

Fuente: Los Autores.

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)	VmY (tf)
7	5,80	0,40	2,32	32794,21	23,36	23,36
12	24,40	0,40	9,76	49611,45	79,54	79,54
13	5,80	0,40	2,32	20335,49	20,72	20,72
14	5,80	0,40	2,32	20521,73	20,76	20,76
15	5,80	0,40	2,32	20031,61	20,65	20,65
16	4,00	0,40	1,36	31699,91	16,37	16,37

Tabla D-4.1.3. Capacidad en Muros en “X e Y” para el modelo 1.

Fuente: Los Autores.

- **DEMANDAS**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmX MAX (Tf)
1	24,40	0,40	8,32	338044,30	166,10
2	1,40	0,40	0,56	66060,30	7,37
4	2,20	0,40	0,88	55851,80	14,52
6	3,20	0,40	1,28	59895,00	28,05
8	5,25	0,40	1,60	110065,50	41,60
9	4,91	0,40	1,11	38208,70	8,22
11	5,60	0,40	2,00	36489,50	15,89

Tabla D-4.1.4. Demanda en Muros en “X” para el modelo 1.

Fuente: Los Autores.

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmY MAX (Tf)
3	2,50	0,40	1,00	67091,70	32,63
5	14,00	0,40	4,53	192523,60	131,62
10	6,30	0,40	2,52	114847,60	115,17
17	7,80	0,40	2,89	60535,60	70,41

Tabla D-4.1.5. Demanda en Muros en “Y” para el modelo 1.

Fuente: Los Autores.

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (Kgf)	VmX MAX (Tf)	VmY MAX (Tf)
7	5,80	0,40	2,32	47329,80	33,59	45,79
12	24,40	0,40	9,76	71575,30	29,70	57,17
13	5,80	0,40	2,32	33011,00	15,19	21,09
14	5,80	0,40	2,32	32856,40	18,56	26,68
15	5,80	0,40	2,32	28910,20	20,94	28,44
16	4,00	0,40	1,36	51845,00	24,18	31,50

Tabla D-4.1.6. Demanda en Muros en “X e Y” para el modelo 1.

Fuente: Los Autores.

**RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD MUROS**

	D/C VmX	D/C VmY
MURO 1 PB	1,11	
MURO 2 PB	0,79	
MURO 3 PB		2,00
MURO 4 PB	1,00	
MURO 5 PB		1,72
MURO 6 PB	1,42	
MURO 7 PB	1,44	1,96
MURO 8 PB	1,46	
MURO 9 PB	0,43	
MURO 10 PB		2,75
MURO 11 PB	0,59	
MURO 12 PB	0,37	0,72
MURO 13 PB	0,73	1,02
MURO 14 PB	0,89	1,29
MURO 15 PB	1,01	1,38
MURO 16 PB	1,48	1,92
MURO 17 PB		1,69

Tabla D-4.1.7. Relación Demanda/Capacidad para Muros para el modelo 1.  
Fuente: Los Autores.

### **CAPACIDAD EN COLUMNAS**

CAPACIDAD EN X	CAPACIDAD EN Y
----------------	----------------

COLUMNA	P (kgf)	FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA	FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA
5	-41301,78	18224	FALLA DÚCTIL	8062	FALLA DÚCTIL
6	-79611,11	49235	FALLA FRAGIL	12355	FALLA FRAGIL
12	-81474,86	49317	FALLA FRAGIL	12998	FALLA DÚCTIL
30	-27947,47	4358	FALLA DÚCTIL	4358	FALLA DÚCTIL
31	-26813,84	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
32	-27575,83	4981	FALLA DÚCTIL	4981	FALLA DÚCTIL
33	-27546,19	4341	FALLA DÚCTIL	4341	FALLA DÚCTIL
34	-26001,36	4626	FALLA DÚCTIL	4626	FALLA DÚCTIL
40	-26484,61	4291	FALLA DÚCTIL	4291	FALLA DÚCTIL
64	-28242,08	4594	FALLA DÚCTIL	4594	FALLA DÚCTIL
114	-27486,60	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
189	-17693,62	2536	FALLA DÚCTIL	2536	FALLA DÚCTIL
192	-16778,61	2353	FALLA DÚCTIL	2353	FALLA DÚCTIL
193	-14880,18	2376	FALLA DÚCTIL	2376	FALLA DÚCTIL
195	-14460,26	2354	FALLA DÚCTIL	2354	FALLA DÚCTIL
197	-15820,10	2465	FALLA DÚCTIL	2465	FALLA DÚCTIL
199	-16495,32	2332	FALLA DÚCTIL	2332	FALLA DÚCTIL
201	-16914,33	2321	FALLA DÚCTIL	2321	FALLA DÚCTIL
203	-16812,71	2315	FALLA DÚCTIL	2315	FALLA DÚCTIL
205	-16217,27	2323	FALLA DÚCTIL	2323	FALLA DÚCTIL
207	-15644,85	2386	FALLA DÚCTIL	2386	FALLA DÚCTIL
209	-16797,60	2524	FALLA DÚCTIL	2524	FALLA DÚCTIL
216	-28536,32	4533	FALLA DÚCTIL	4533	FALLA DÚCTIL
218	-27398,94	4485	FALLA DÚCTIL	4485	FALLA DÚCTIL
234	-16905,67	2589	FALLA DÚCTIL	2589	FALLA DÚCTIL
236	-16617,61	2548	FALLA DÚCTIL	2548	FALLA DÚCTIL
238	-16497,44	2553	FALLA DÚCTIL	2553	FALLA DÚCTIL
240	-15969,66	2535	FALLA DÚCTIL	2535	FALLA DÚCTIL
242	-27514,58	4933	FALLA DÚCTIL	4933	FALLA DÚCTIL
243	-29635,84	5337	FALLA DÚCTIL	5337	FALLA DÚCTIL
262	-18922,09	4953	FALLA DÚCTIL	4953	FALLA DÚCTIL
730	-16554,94	2378	FALLA DÚCTIL	2378	FALLA DÚCTIL
904	-18029,27	2540	FALLA DÚCTIL	2540	FALLA DÚCTIL

Tabla D-4.1.8. Capacidad en Columnas para el modelo 1.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDAS EN COLUMNAS**

<b>COLUMNA</b>	<b>Vx</b>	<b>Vy</b>
5	17,14	12,55
6	113,21	22,05
12	110,50	13,43
30	1,61	1,89
31	1,66	1,92
32	1,65	1,73
33	1,64	1,95
34	1,66	1,79
40	3,53	11,64
64	3,91	3,76
114	2,03	2,13
189	0,45	1,41
192	0,45	1,12
193	0,44	0,83
195	0,42	0,64
197	0,40	0,59
199	0,46	0,55
201	0,46	0,59
203	0,46	0,61
205	0,46	0,60
207	0,45	0,57
209	0,56	0,39
216	3,46	7,31
218	3,51	4,40
234	2,30	0,97
236	0,48	0,61
238	0,48	0,63
240	0,48	0,62
242	1,48	1,82
243	3,38	4,86
262	12,96	2,35
730	2,24	3,13
904	0,45	1,63

Tabla D-4.1.9. Demanda en Columnas para el modelo 1.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDA/CAPACIDAD EN COLUMNAS**

<b>RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD</b>
-----------------------------------

<b>COLUMNA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
5	0,94	1,56
6	2,30	1,78
12	2,24	1,03
30	0,37	0,43
31	0,37	0,43
32	0,33	0,35
33	0,38	0,45
34	0,36	0,39
40	0,82	2,71
64	0,85	0,82
114	0,46	0,48
189	0,18	0,56
192	0,19	0,48
193	0,18	0,35
195	0,18	0,27
197	0,16	0,24
199	0,20	0,23
201	0,20	0,25
203	0,20	0,26
205	0,20	0,26
207	0,19	0,24
209	0,22	0,15
216	0,76	1,61
218	0,78	0,98
234	0,89	0,37
236	0,19	0,24
238	0,19	0,25
240	0,19	0,24
242	0,30	0,37
243	0,63	0,91
262	2,62	0,47
730	0,94	1,31
904	0,18	0,64

Tabla D-4.1.10. Relación Demanda/Capacidad en Columnas para el modelo 1.

Fuente: Los Autores.

**MODELO 2**

CAPACIDAD GLOBAL		DEMANDA GLOBAL		RELACIÓN DEMANDA /CAPACIDAD	
<b>GLOBAL COLUMNAS</b>		<b>GLOBAL COLUMNAS</b>		<b>GLOBAL COLUMNAS</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VX	D/C VY
219,40	135,10	345,02	129,43	1,57	0,96
<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>	
Vmx (tf)	Vmy (tf)	Vmx ((tf)	Vmy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
409,16	337,46	399,05	634,42	0,98	1,88
<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>	
Vx ((tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
629,00	472,57	800,78	879,73	1,27	1,86

Tabla D-4.2. Demanda capacidad global para el modelo 2.

## MUROS

- CAPACIDAD

### MUROS X

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (Kgf)	VmX (tf)
1	24,40	0,40	8,32	153831,51	129,35
2	1,40	0,40	0,56	11052,96	8,92
4	2,20	0,40	0,88	17517,20	14,06
6	3,20	0,40	1,28	18257,90	18,28
8	5,25	0,40	1,60	29541,19	24,86
9	4,91	0,40	1,11	19937,24	17,04
11	5,60	0,40	2,00	18686,04	25,61

Tabla D-4.2.1. Capacidad en Muros en "X" para el modelo 2.

Fuente: Los Autores

### MUROS Y

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmY (tf)
3	2,50	0,40	1,00	18991,47	15,70
5	14,00	0,40	4,53	90232,82	72,37
10	6,30	0,40	2,52	44533,01	38,56
17	7,80	0,40	2,89	36383,19	39,79

Tabla D-4.2.2. Capacidad en Muros en “Y” para el modelo 2.

Fuente: Los Autores

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)	VmY (tf)
7	5,80	0,40	2,32	23910,62	21,48	21,48
12	24,40	0,40	9,76	35787,54	76,61	76,61
13	5,80	0,40	2,32	15678,41	19,73	19,73
14	5,80	0,40	2,32	14767,48	19,54	19,54
15	5,80	0,40	2,32	13985,99	19,37	19,37
16	4,00	0,40	1,36	22021,70	14,32	14,32

Tabla D-4.2.3. Capacidad en Muros en “X e Y” para el modelo 2.

Fuente: Los Autores

**DEMANDAS**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmX MAX (Tf)
1	24,40	0,40	8,32	238924,10	139,60
2	1,40	0,40	0,56	65011,90	6,16
4	2,20	0,40	0,88	53574,70	12,40
6	3,20	0,40	1,28	51974,60	24,86
8	5,25	0,40	1,60	92619,60	45,99
9	4,91	0,40	1,11	28789,20	9,82
11	5,60	0,40	2,00	31274,00	13,82

Tabla D-4.2.4. Demanda en Muros en “X” para el modelo 2.  
Fuente: Los Autores

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmY MAX (Tf)
3	2,50	0,40	1,00	66702,60	37,01
5	14,00	0,40	4,53	167658,80	152,25
10	6,30	0,40	2,52	97276,40	129,20
17	7,80	0,40	2,89	54918,40	80,76

Tabla D-4.2.5. Demanda en Muros en “Y” para el modelo 2.  
Fuente: Los Autores

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (Kgf)	VmX MAX (Tf)	VmY MAX (Tf)
------	---------------	--------------	------------------------	-------------------	--------------	--------------

7	5,80	0,40	2,32	34458,40	41,92	59,44
12	24,40	0,40	9,76	60327,10	30,93	63,24
13	5,80	0,40	2,32	25277,00	13,47	19,82
14	5,80	0,40	2,32	23563,50	16,24	25,26
15	5,80	0,40	2,32	20138,90	24,10	33,68
16	4,00	0,40	1,36	40089,60	23,48	30,49

Tabla D-4.2.6. Demanda en Muros en “X e Y” para el modelo 2.

Fuente: Los Autores

**RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD MUROS**

	D/C VmX	D/C VmY
MURO 1 PB	1,08	
MURO 2 PB	0,69	
MURO 3 PB		2,36
MURO 4 PB	0,88	
MURO 5 PB		2,10
MURO 6 PB	1,36	
MURO 7 PB	1,95	2,77
MURO 8 PB	1,85	
MURO 9 PB	0,58	
MURO 10 PB		3,35
MURO 11 PB	0,54	
MURO 12 PB	0,40	0,83
MURO 13 PB	0,68	1,00
MURO 14 PB	0,83	1,29
MURO 15 PB	1,24	1,74
MURO 16 PB	1,64	2,13
MURO 17 PB		2,03

Tabla D-4.2.7. Relación Demanda/Capacidad para Muros para el modelo 2.

Fuente: Los Autores.

**CAPACIDAD EN COLUMNAS**

COLUMNA	P (Kgf)	CAPACIDAD EN X		CAPACIDAD EN Y	
		FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA	FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA
5	-43390,94	18224	FALLA DÚCTIL	8062	FALLA DÚCTIL

6	-88670,00	49637	FALLA FRAGIL	12355	FALLA FRAGIL
12	-103407,96	50292	FALLA FRAGIL	12998	FALLA DÚCTIL
30	-34883,70	4358	FALLA DÚCTIL	4358	FALLA DÚCTIL
31	-32475,39	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
32	-37508,70	4981	FALLA DÚCTIL	4981	FALLA DÚCTIL
33	-32989,07	4341	FALLA DÚCTIL	4341	FALLA DÚCTIL
34	-33316,84	4626	FALLA DÚCTIL	4626	FALLA DÚCTIL
40	-39580,41	4291	FALLA DÚCTIL	4291	FALLA DÚCTIL
64	-41710,61	4594	FALLA DÚCTIL	4594	FALLA DÚCTIL
114	-37186,55	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
189	-21070,52	2536	FALLA DÚCTIL	2536	FALLA DÚCTIL
192	-20066,30	2353	FALLA DÚCTIL	2353	FALLA DÚCTIL
193	-16964,55	2376	FALLA DÚCTIL	2376	FALLA DÚCTIL
195	-17103,66	2354	FALLA DÚCTIL	2354	FALLA DÚCTIL
197	-21524,82	2465	FALLA DÚCTIL	2465	FALLA DÚCTIL
199	-21261,50	2332	FALLA DÚCTIL	2332	FALLA DÚCTIL
201	-20355,20	2321	FALLA DÚCTIL	2321	FALLA DÚCTIL
203	-19574,15	2315	FALLA DÚCTIL	2315	FALLA DÚCTIL
205	-19158,62	2323	FALLA DÚCTIL	2323	FALLA DÚCTIL
207	-19572,66	2386	FALLA DÚCTIL	2386	FALLA DÚCTIL
209	-22331,44	2524	FALLA DÚCTIL	2524	FALLA DÚCTIL
216	-34303,90	4533	FALLA DÚCTIL	4533	FALLA DÚCTIL
218	-35495,87	4485	FALLA DÚCTIL	4485	FALLA DÚCTIL
234	-22148,67	2589	FALLA DÚCTIL	2589	FALLA DÚCTIL
236	-20283,41	2548	FALLA DÚCTIL	2548	FALLA DÚCTIL
238	-19459,88	2553	FALLA DÚCTIL	2553	FALLA DÚCTIL
240	-19087,84	2535	FALLA DÚCTIL	2535	FALLA DÚCTIL
242	-34784,92	4933	FALLA DÚCTIL	4933	FALLA DÚCTIL
243	-39917,71	5337	FALLA DÚCTIL	5337	FALLA DÚCTIL
262	-28583,41	4953	FALLA DÚCTIL	4953	FALLA DÚCTIL
730	-24028,10	2378	FALLA DÚCTIL	2378	FALLA DÚCTIL
904	-21058,74	2540	FALLA DÚCTIL	2540	FALLA DÚCTIL

Tabla D-4.2.8. Capacidad en Columnas para el modelo 2.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDAS EN COLUMNAS**

COLUMNA	Vx	Vy
5	17,81	12,24
6	133,51	22,20

12	131,12	14,80
30	2,06	2,28
31	2,09	2,61
32	2,11	2,80
33	2,08	2,48
34	2,10	2,67
40	3,99	15,53
64	4,55	4,22
114	2,60	2,53
189	0,45	1,44
192	0,46	1,18
193	0,45	0,92
193	0,43	0,75
195	0,42	0,72
197	0,61	0,63
201	0,60	0,71
203	0,59	0,77
205	0,58	0,81
207	0,57	0,84
209	0,74	0,68
216	4,07	7,28
218	4,10	4,81
234	3,04	1,12
236	0,62	0,73
238	0,62	0,79
240	0,61	0,84
242	1,91	2,70
243	4,25	7,70
262	12,84	3,74
730	2,57	4,26
904	0,45	1,65

Tabla D-4.2.9. Demanda en Columnas para el modelo 2.  
Fuente: Los Autores.

<b>RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD</b>		
<b>COLUMNA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
5	0,98	1,52
6	2,69	1,80
12	2,61	1,14

30	0,47	0,52
31	0,47	0,59
32	0,42	0,56
33	0,48	0,57
34	0,45	0,58
40	0,93	3,62
64	0,99	0,92
114	0,59	0,57
189	0,18	0,57
192	0,19	0,50
193	0,19	0,39
195	0,18	0,32
197	0,17	0,29
199	0,26	0,27
201	0,26	0,30
203	0,25	0,33
205	0,25	0,35
207	0,24	0,35
209	0,30	0,27
216	0,90	1,61
218	0,92	1,07
234	1,17	0,43
236	0,24	0,29
238	0,24	0,31
240	0,24	0,33
242	0,39	0,55
243	0,80	1,44
262	2,59	0,76
730	1,08	1,79
904	0,18	0,65

Tabla D-4.2.10. Relación Demanda/Capacidad en Columnas para el modelo 2.

Fuente: Los Autores.

**MODELO 3****CAPACIDAD GLOBAL****DEMANDA GLOBAL****RELACIÓN DEMANDA  
/CAPACIDAD**

GLOBAL COLUMNAS		GLOBAL COLUMNAS		GLOBAL COLUMNAS	
Vx (tf)	Vy ((tf)	Vx ((tf)	Vy (tf)	D/C VX	D/C VY
219,40	135,10	265,46	73,94	1,21	0,55

GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA		GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA		GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA	
Vmx (tf)	Vmy (tf)	Vmx (tf)	Vmy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
411,01	337,70	318,52	387,25	0,77	1,15

GLOBAL TOTAL		GLOBAL TOTAL		GLOBAL TOTAL	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
834,76	630,79	861,47	819,35	1,37	1,73

Tabla D-4.3. Demanda capacidad global para el modelo 3.

## MUROS

- CAPACIDAD

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)
1	24,40	0,40	8,32	150633,55	128,39
2	1,40	0,40	0,56	11114,44	8,93
4	2,20	0,40	0,88	17861,37	14,16
6	3,20	0,40	1,28	21724,47	19,32
8	5,25	0,40	1,60	32532,24	25,76
9	4,91	0,40	1,11	20181,81	17,12
11	5,60	0,40	2,00	18279,71	25,49

Tabla D-4.3.1. Capacidad en Muros en "X" para el modelo 3.

Fuente: Los Autores

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmY (tf)
3	2,50	0,40	1,00	19423,37	15,83
5	14,00	0,40	4,53	88692,13	71,91
10	6,30	0,40	2,52	43814,82	38,34
17	7,80	0,40	2,89	36311,34	39,77

Tabla D-4.3.2. Capacidad en Muros en "Y" para el modelo 3.

Fuente: Los Autores

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)	VmY (tf)
7	5,80	0,40	2,32	26635,01	22,06	22,06
12	24,40	0,40	9,76	34986,47	76,44	76,44

13	5,80	0,40	2,32	15244,11	19,64	19,64
14	5,80	0,40	2,32	14322,96	19,44	19,44
15	5,80	0,40	2,32	14898,33	19,57	19,57
16	4,00	0,40	1,36	23853,23	14,71	14,71

Tabla D-4.3.3. Capacidad en Muros en "X e Y" para el modelo 3.

Fuente: Los Autores

- **DEMANDAS**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmX MAX (Tf)
1	24,40	0,40	8,32	229334,90	133,78
2	1,40	0,40	0,56	42750,30	3,99
4	2,20	0,40	0,88	42397,00	11,70
6	3,20	0,40	1,28	44134,10	14,23
8	5,25	0,40	1,60	86557,70	36,62
9	4,91	0,40	1,11	44942,20	7,93
11	5,60	0,40	2,00	29903,70	11,95

Tabla D-4.3.4. Demandas en Muros en "X" para el modelo 3.

Fuente: Los Autores

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmY MAX (Tf)
3	2,50	0,40	1,00	48172,30	22,07
5	14,00	0,40	4,53	161816,70	91,33
10	6,30	0,40	2,52	83748,20	70,83

17	7,80	0,40	2,89	51851,70	45,04
----	------	------	------	----------	-------

Tabla D-4.3.5. Demandas en Muros en “Y” para el modelo 3.

Fuente: Los Autores

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPESOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (Kgf)	VmX MAX (Tf)	VmY MAX (Tf)
7	5,80	0,40	2,32	38350,20	31,36	46,90
12	24,40	0,40	9,76	60221,70	22,19	41,71
13	5,80	0,40	2,32	23334,90	7,41	7,16
14	5,80	0,40	2,32	21298,60	1,88	11,88
15	5,80	0,40	2,32	21400,50	16,52	25,22
16	4,00	0,40	1,36	38430,00	17,16	25,48

Tabla D-4.3.6. Demandas en Muros en “X eY” para el modelo 3.

Fuente: Los Autores

**RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD**

	D/C VmX	D/C VmY
MURO 1 PB	1,04	
MURO 2 PB	0,45	
MURO 3 PB		1,39
MURO 4 PB	0,83	
MURO 5 PB		1,27

MURO 6 PB	0,74	
MURO 7 PB	1,42	2,13
MURO 8 PB	1,42	
MURO 9 PB	0,46	
MURO 10 PB		1,85
MURO 11 PB	0,47	
MURO 12 PB	0,29	0,55
MURO 13 PB	0,38	0,36
MURO 14 PB	0,10	0,61
MURO 15 PB	0,84	1,29
MURO 16 PB	1,17	1,73
MURO 17 PB		1,13

Tabla D-4.3.7. Relación Demandas/Capacidad en Muros para el modelo 3.  
Fuente: Los Autores

### **CAPACIDAD EN COLUMNAS**

COLUMNA	P (Kgf)	CAPACIDAD EN X		CAPACIDAD EN Y	
		FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA	FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA
5	-39042,79	18224	FALLA DÚCTIL	8062	FALLA DÚCTIL
6	-83529,58	49611	FALLA FRAGIL	12355	FALLA FRAGIL
12	-97598,67	49872	FALLA FRAGIL	12998	FALLA DÚCTIL
30	-29946,82	4358	FALLA DÚCTIL	4358	FALLA DÚCTIL

31	-29726,41	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
32	-38353,44	4981	FALLA DÚCTIL	4981	FALLA DÚCTIL
33	-28856,36	4341	FALLA DÚCTIL	4341	FALLA DÚCTIL
34	-32400,59	4626	FALLA DÚCTIL	4626	FALLA DÚCTIL
40	-33983,68	4291	FALLA DÚCTIL	4291	FALLA DÚCTIL
64	-37073,44	4594	FALLA DÚCTIL	4594	FALLA DÚCTIL
114	-34393,44	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
189	-19560,01	2536	FALLA DÚCTIL	2536	FALLA DÚCTIL
192	-18515,73	2353	FALLA DÚCTIL	2353	FALLA DÚCTIL
193	-15500,20	2376	FALLA DÚCTIL	2376	FALLA DÚCTIL
195	-15614,39	2354	FALLA DÚCTIL	2354	FALLA DÚCTIL
197	-19865,41	2465	FALLA DÚCTIL	2465	FALLA DÚCTIL
199	-19393,54	2332	FALLA DÚCTIL	2332	FALLA DÚCTIL
201	-18315,40	2321	FALLA DÚCTIL	2321	FALLA DÚCTIL
203	-17640,03	2315	FALLA DÚCTIL	2315	FALLA DÚCTIL
205	-17790,88	2323	FALLA DÚCTIL	2323	FALLA DÚCTIL
207	-19231,91	2386	FALLA DÚCTIL	2386	FALLA DÚCTIL
209	-23073,22	2524	FALLA DÚCTIL	2524	FALLA DÚCTIL
216	-27672,67	4533	FALLA DÚCTIL	4533	FALLA DÚCTIL
218	-28608,20	4485	FALLA DÚCTIL	4485	FALLA DÚCTIL
234	-17896,66	2589	FALLA DÚCTIL	2589	FALLA DÚCTIL
236	-17483,08	2548	FALLA DÚCTIL	2548	FALLA DÚCTIL
238	-16743,21	2553	FALLA DÚCTIL	2553	FALLA DÚCTIL
240	-18025,09	2535	FALLA DÚCTIL	2535	FALLA DÚCTIL
242	-35032,72	4933	FALLA DÚCTIL	4933	FALLA DÚCTIL
243	-40249,83	5337	FALLA DÚCTIL	5337	FALLA DÚCTIL
262	-25506,62	4953	FALLA DÚCTIL	4953	FALLA DÚCTIL
730	-20071,09	2378	FALLA DÚCTIL	2378	FALLA DÚCTIL
904	-19641,08	2540	FALLA DÚCTIL	2540	FALLA DÚCTIL

Tabla D-4.3.8. Capacidad en Columnas para el modelo 3.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDAS EN COLUMNAS**

COLUMNA	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>
5	13,17	6,01
6	93,51	10,84
12	93,01	7,42
30	2,42	1,45
31	2,46	1,83

32	2,52	2,32
33	2,44	1,62
34	2,46	2,02
40	2,96	7,91
64	3,76	2,79
114	13,53	2,28
189	0,34	0,69
192	0,34	0,57
193	0,31	0,44
195	0,33	0,37
197	0,33	0,39
199	0,41	0,36
201	0,41	0,41
203	0,40	0,46
205	0,40	0,51
207	0,40	0,57
209	0,53	0,55
216	3,66	3,52
218	3,67	2,40
234	2,05	0,64
236	1,22	0,54
238	1,04	1,40
240	1,86	0,70
242	1,30	1,86
243	2,95	5,78
262	8,80	2,03
730	2,14	2,48
904	0,34	0,78

Tabla D-4.3.9. Demanda en Columnas para el modelo 3.  
Fuente: Los Autores.

#### **DEMANDA/CAPACIDAD EN COLUMNAS**

<b>RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD</b>		
<b>COLUMNA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
5	0,72	0,75
6	1,88	0,88
12	1,86	0,57
30	0,56	0,33

31	0,56	0,41
32	0,51	0,46
33	0,56	0,37
34	0,53	0,44
40	0,69	1,84
64	0,82	0,61
114	3,06	0,52
189	0,13	0,27
192	0,15	0,24
193	0,13	0,19
195	0,14	0,16
197	0,13	0,16
199	0,17	0,15
201	0,18	0,18
203	0,17	0,20
205	0,17	0,22
207	0,17	0,24
209	0,21	0,22
216	0,81	0,78
218	0,82	0,54
234	0,79	0,25
236	0,48	0,21
238	0,41	0,55
240	0,73	0,28
242	0,26	0,38
243	0,55	1,08
262	1,78	0,41
730	0,90	1,04
904	0,13	0,31

Tabla D-4.3.10. Relación Demanda/Capacidad en Columnas para el modelo 3.

Fuente: Los Autores.

**MODELO 4**

CAPACIDAD GLOBAL

DEMANDA GLOBAL

RELACIÓN DEMANDA  
/CAPACIDAD

GLOBAL COLUMNAS

GLOBAL COLUMNAS

GLOBAL COLUMNAS

Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VX	D/C VY
219,40	135,10	313,09	112,98	1,43	0,84
<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>		<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>	
Vmx (tf)	Vmy (tf)	Vmx (tf)	Vmy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
406,00	330,35	320,02	393,52	0,79	1,19
<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>		<b>GLOBAL TOTAL</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
625,44	465,45	825,85	834,97	1,32	1,79

Tabla D-4.4. Demanda capacidad global para el modelo 4.

**MUROS**

- **CAPACIDAD**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)
1	24,40	0,40	8,32	148996,07	127,90
2	1,40	0,40	0,56	12680,56	9,40
4	2,20	0,40	0,88	15184,04	13,36
6	3,20	0,40	1,28	17172,63	17,95
8	5,25	0,40	1,60	29765,37	24,93
9	4,91	0,40	1,11	20061,18	17,08
11	5,60	0,40	2,00	16556,91	24,97

Tabla D-4.4.1. Capacidad en Muros en "X" para el modelo 4.

Fuente: Los Autores

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmY (tf)
3	2,50	0,40	1,00	20508,87	16,15
5	14,00	0,40	4,53	78928,41	68,98
10	6,30	0,40	2,52	37644,25	36,49
17	7,80	0,40	2,89	31475,43	38,32

Tabla D-4.4.2. Capacidad en Muros en "Y" para el modelo 4.

Fuente: Los Autores

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)	VmY (tf)
7	5,80	0,40	2,32	24084,50	21,51	21,51
12	24,40	0,40	9,76	33642,08	76,15	76,15
13	5,80	0,40	2,32	14736,97	19,53	19,53

14	5,80	0,40	2,32	14332,82	19,45	19,45
15	5,80	0,40	2,32	14108,27	19,40	19,40
16	4,00	0,40	1,36	22239,32	14,36	14,36

Tabla D-4.4.3. Capacidad en Muros en “X e Y” para el modelo 4.

Fuente: Los Autores

- **DEMANDAS**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmX MAX (Tf)
1	24,40	0,40	8,32	229214,93	103,21
2	1,40	0,40	0,56	75651,98	4,64
4	2,20	0,40	0,88	52368,30	8,15
6	3,20	0,40	1,28	41832,32	19,75
8	5,25	0,40	1,60	90694,52	37,63
9	4,91	0,40	1,11	28967,83	9,46
11	5,60	0,40	2,00	27542,92	12,41

Tabla D-4.4.4. Demandas en Muros en “X” para el modelo 4.

Fuente: Los Autores

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmY MAX (Tf)
3	2,50	0,40	1,00	85272,20	28,17
5	14,00	0,40	4,53	151978,55	78,80
10	6,30	0,40	2,52	89330,69	63,74

17	7,80	0,40	2,89	44926,48	41,15
----	------	------	------	----------	-------

Tabla D-4.4.5. Demandas en Muros en “Y” para el modelo 4.

Fuente: Los Autores

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPESOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (Kgf)	VmX MAX (Tf)	VmY MAX (Tf)
7	5,80	0,40	2,32	34709,02	38,64	53,61
12	24,40	0,40	9,76	53417,85	20,02	39,78
13	5,80	0,40	2,32	24155,54	10,24	15,23
14	5,80	0,40	2,32	23119,72	14,50	21,63
15	5,80	0,40	2,32	20314,82	23,37	31,89
16	4,00	0,40	1,36	38260,62	17,12	19,30

Tabla D-4.4.6. Demandas en Muros en “X e Y” para el modelo 4.

Fuente: Los Autores

**RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD**

	D/C VmX	D/C VmY
MURO 1 PB	0,81	
MURO 2 PB	0,49	
MURO 3 PB		1,74
MURO 4 PB	0,61	
MURO 5 PB		1,14

MURO 6 PB	1,10	
MURO 7 PB	1,80	2,49
MURO 8 PB	1,51	
MURO 9 PB	0,55	
MURO 10 PB		1,75
MURO 11 PB	0,50	
MURO 12 PB	0,26	0,52
MURO 13 PB	0,52	0,78
MURO 14 PB	0,75	1,11
MURO 15 PB	1,20	1,64
MURO 16 PB	1,19	1,34
MURO 17 PB		1,07

Tabla D-4.4.7. Relación Demanda/Capacidad en Muros para el modelo 4.  
Fuente: Los Autores

### **CAPACIDAD EN COLUMNAS**

COLUMNA	P (Kgf)	CAPACIDAD EN X		CAPACIDAD EN Y	
		FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA	FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA
5	-45278,90	18224	FALLA DÚCTIL	8062	FALLA DÚCTIL
6	-88494,90	49629	FALLA FRAGIL	12355	FALLA FRAGIL
12	-94546,40	49898	FALLA FRAGIL	12998	FALLA DÚCTIL
30	-33173,30	4358	FALLA DÚCTIL	4358	FALLA DÚCTIL

31	-31321,40	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
32	-36361,90	4981	FALLA DÚCTIL	4981	FALLA DÚCTIL
33	-31692,10	4341	FALLA DÚCTIL	4341	FALLA DÚCTIL
34	-32180,30	4626	FALLA DÚCTIL	4626	FALLA DÚCTIL
40	-28250,30	4291	FALLA DÚCTIL	4291	FALLA DÚCTIL
64	-36242,10	4594	FALLA DÚCTIL	4594	FALLA DÚCTIL
114	-34898,70	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
189	-20679,20	2536	FALLA DÚCTIL	2536	FALLA DÚCTIL
192	-19347,80	2353	FALLA DÚCTIL	2353	FALLA DÚCTIL
193	-15890,20	2376	FALLA DÚCTIL	2376	FALLA DÚCTIL
195	-15623,20	2354	FALLA DÚCTIL	2354	FALLA DÚCTIL
197	-18950,40	2465	FALLA DÚCTIL	2465	FALLA DÚCTIL
199	-19489,10	2332	FALLA DÚCTIL	2332	FALLA DÚCTIL
201	-19153,30	2321	FALLA DÚCTIL	2321	FALLA DÚCTIL
203	-18677,10	2315	FALLA DÚCTIL	2315	FALLA DÚCTIL
205	-18398,40	2323	FALLA DÚCTIL	2323	FALLA DÚCTIL
207	-18859,60	2386	FALLA DÚCTIL	2386	FALLA DÚCTIL
209	-21615,90	2524	FALLA DÚCTIL	2524	FALLA DÚCTIL
216	-28935,20	4533	FALLA DÚCTIL	4533	FALLA DÚCTIL
218	-27882,60	4485	FALLA DÚCTIL	4485	FALLA DÚCTIL
234	-19226,90	2589	FALLA DÚCTIL	2589	FALLA DÚCTIL
236	-19122,50	2548	FALLA DÚCTIL	2548	FALLA DÚCTIL
238	-18600,30	2553	FALLA DÚCTIL	2553	FALLA DÚCTIL
240	-18360,50	2535	FALLA DÚCTIL	2535	FALLA DÚCTIL
242	-33569,00	4933	FALLA DÚCTIL	4933	FALLA DÚCTIL
243	-36232,60	5337	FALLA DÚCTIL	5337	FALLA DÚCTIL
262	-23477,60	4953	FALLA DÚCTIL	4953	FALLA DÚCTIL
730	-17915,00	2378	FALLA DÚCTIL	2378	FALLA DÚCTIL
904	-20910,80	2540	FALLA DÚCTIL	2540	FALLA DÚCTIL

Tabla D-4.4.8. Capacidad en Columnas para el modelo 4.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDAS EN COLUMNAS**

COLUMNA	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>
5	16,10	11,70
6	122,89	20,87
12	119,57	12,50
30	1,55	2,04
31	1,52	2,44

32	1,54	2,67
33	1,53	2,27
34	1,52	2,53
40	3,40	9,46
64	4,16	3,69
114	2,01	2,16
189	0,39	1,36
192	0,39	1,10
193	0,40	0,81
195	0,36	0,62
197	0,38	0,51
199	0,40	0,54
201	0,40	0,63
203	0,40	0,71
205	0,40	0,76
207	0,40	0,79
209	0,72	0,59
216	3,35	6,84
218	3,37	4,06
234	1,84	0,96
236	0,42	0,65
238	0,42	0,72
240	0,42	0,77
242	1,33	2,53
243	3,05	7,18
262	16,09	4,48
730	2,01	2,49
904	0,38	1,57

Tabla D-4.4.9. Demandas en Columnas para el modelo 4.  
Fuente: Los Autores.

#### **DEMANDA/CAPACIDAD EN COLUMNAS**

<b>RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD</b>		
<b>COLUMNA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
5	0,88	1,45
6	2,48	1,69
12	2,40	0,96
30	0,36	0,47

31	0,34	0,55
32	0,31	0,54
33	0,35	0,52
34	0,33	0,55
40	0,79	2,21
64	0,91	0,80
114	0,45	0,49
189	0,15	0,53
192	0,17	0,47
193	0,17	0,34
195	0,15	0,26
197	0,15	0,21
199	0,17	0,23
201	0,17	0,27
203	0,17	0,31
205	0,17	0,33
207	0,17	0,33
209	0,28	0,23
216	0,74	1,51
218	0,75	0,90
234	0,71	0,37
236	0,16	0,26
238	0,17	0,28
240	0,17	0,31
242	0,27	0,51
243	0,57	1,35
262	3,25	0,90
730	0,84	1,05
904	0,15	0,62

Tabla D-4.4.10. Relación Demanda/Capacidad en Columnas para el modelo 4.

Fuente: Los Autores.

**MODELO 5****CAPACIDAD GLOBAL**

GLOBAL COLUMNAS	
Vx (tf)	Vy (tf)
219,40	135,10

**DEMANDA GLOBAL**

GLOBAL COLUMNAS	
Vx (tf)	Vy (tf)
245,59	68,39

**RELACIÓN DEMANDA  
/CAPACIDAD**

GLOBAL COLUMNAS	
D/C VX	D/C VY
1,12	0,51

GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA		GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA		GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA	
Vmx (tf)	Vmy (tf)	Vmx (tf)	Vmy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
407,67	330,48	265,13	283,14	0,65	0,86

GLOBAL TOTAL		GLOBAL TOTAL		GLOBAL TOTAL	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
627,07	465,58	852,07	777,66	1,36	1,67

Tabla D-4.5. Demanda capacidad global para el modelo 5.

**MUROS**

- **CAPACIDAD**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)
1	24,40	0,40	8,32	145973,23	126,99

2	1,40	0,40	0,56	12432,11	9,33
4	2,20	0,40	0,88	15019,42	13,31
6	3,20	0,40	1,28	20553,24	18,97
8	5,25	0,40	1,60	32743,38	25,82
9	4,91	0,40	1,11	20290,24	17,15
11	5,60	0,40	2,00	16214,24	24,87

Tabla D-4.5.1. Capacidad en Muros en "X" para el modelo 5.

Fuente: Los Autores

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmY (tf)
3	2,50	0,40	1,00	20221,85	16,07
5	14,00	0,40	4,53	77823,33	68,65
10	6,30	0,40	2,52	37049,67	36,31
17	7,80	0,40	2,89	31105,20	38,21

Tabla D-4.5.2. Capacidad en Muros en "Y" para el modelo 5.

Fuente: Los Autores

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)	VmY (tf)
7	5,80	0,40	2,32	26807,58	22,09	22,09
12	24,40	0,40	9,76	32935,41	76,00	76,00
13	5,80	0,40	2,32	14356,19	19,45	19,45
14	5,80	0,40	2,32	13926,15	19,36	19,36
15	5,80	0,40	2,32	15006,89	19,59	19,59

16	4,00	0,40	1,36	24041,67	14,75	14,75
----	------	------	------	----------	-------	-------

Tabla D-4.5.3. Capacidad en Muros en “X e Y” para el modelo 5.

Fuente: Los Autores

- **DEMANDAS**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmX MAX (Tf)
1	24,40	0,40	8,32	218991,10	106,61
2	1,40	0,40	0,56	52291,90	4,55
4	2,20	0,40	0,88	41723,70	9,47
6	3,20	0,40	1,28	39326,50	11,80
8	5,25	0,40	1,60	85412,80	32,09
9	4,91	0,40	1,11	44180,50	7,12
11	5,60	0,40	2,00	26834,40	9,48

Tabla D-4.5.4. Demandas en Muros en “X” para el modelo 5.

Fuente: Los Autores

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmY MAX (Tf)
3	2,50	0,40	1,00	62481,90	19,57
5	14,00	0,40	4,53	146241,70	62,02
10	6,30	0,40	2,52	75381,70	41,37
17	7,80	0,40	2,89	44377,50	31,99

Tabla D-4.5.5. Demandas en Muros en “Y” para el modelo 5.

Fuente: Los Autores

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (Kgf)	VmX MAX (Tf)	VmY MAX (Tf)
7	5,80	0,40	2,32	38567,50	30,27	41,61
12	24,40	0,40	9,76	54227,60	15,89	28,69
13	5,80	0,40	2,32	22164,40	5,81	5,92
14	5,80	0,40	2,32	20769,30	1,80	10,38
15	5,80	0,40	2,32	21556,80	16,05	23,98
16	4,00	0,40	1,36	38557,50	13,00	18,78

Tabla D-4.5.6. Demandas en Muros en “X e Y” para el modelo 5.  
Fuente: Los Autores

**RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD**

	D/C VmX	D/C VmY
MURO 1 PB	0,84	
MURO 2 PB	0,49	
MURO 3 PB		1,22
MURO 4 PB	0,71	
MURO 5 PB		0,90
MURO 6 PB	0,62	
MURO 7 PB	1,37	1,88
MURO 8 PB	1,24	
MURO 9 PB	0,42	

MURO 10 PB		1,14
MURO 11 PB	0,38	
MURO 12 PB	0,21	0,38
MURO 13 PB	0,30	0,30
MURO 14 PB	0,09	0,54
MURO 15 PB	0,82	1,22
MURO 16 PB	0,88	1,27
MURO 17 PB		0,84

Tabla D-4.5.7. Relación Demanda/capacidad en Muros para el modelo 5.

Fuente: Los Autores

**CAPACIDAD EN COLUMNAS**

COLUMNA	P (Kgf)	CAPACIDAD EN X		CAPACIDAD EN Y	
		FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA	FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA
5	-45405,69	18224	FALLA DÚCTIL	8062	FALLA DÚCTIL
6	-88086,24	49611	FALLA FRAGIL	12355	FALLA FRAGIL
12	-93946,45	49872	FALLA FRAGIL	12998	FALLA DÚCTIL
30	-34899,07	4358	FALLA DÚCTIL	4358	FALLA DÚCTIL
31	-35066,28	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
32	-45256,77	4981	FALLA DÚCTIL	4981	FALLA DÚCTIL
33	-33945,88	4341	FALLA DÚCTIL	4341	FALLA DÚCTIL
34	-38090,12	4626	FALLA DÚCTIL	4626	FALLA DÚCTIL

40	-32928,91	4291	FALLA DÚCTIL	4291	FALLA DÚCTIL
64	-38667,69	4594	FALLA DÚCTIL	4594	FALLA DÚCTIL
114	-35470,42	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
189	-20905,09	2536	FALLA DÚCTIL	2536	FALLA DÚCTIL
192	-19563,77	2353	FALLA DÚCTIL	2353	FALLA DÚCTIL
193	-16216,65	2376	FALLA DÚCTIL	2376	FALLA DÚCTIL
195	-15954,12	2354	FALLA DÚCTIL	2354	FALLA DÚCTIL
197	-19184,61	2465	FALLA DÚCTIL	2465	FALLA DÚCTIL
199	-19472,37	2332	FALLA DÚCTIL	2332	FALLA DÚCTIL
201	-18899,05	2321	FALLA DÚCTIL	2321	FALLA DÚCTIL
203	-18482,18	2315	FALLA DÚCTIL	2315	FALLA DÚCTIL
205	-18742,72	2323	FALLA DÚCTIL	2323	FALLA DÚCTIL
207	-20219,16	2386	FALLA DÚCTIL	2386	FALLA DÚCTIL
209	-24038,25	2524	FALLA DÚCTIL	2524	FALLA DÚCTIL
216	-33743,04	4533	FALLA DÚCTIL	4533	FALLA DÚCTIL
218	-32769,64	4485	FALLA DÚCTIL	4485	FALLA DÚCTIL
234	-20968,11	2589	FALLA DÚCTIL	2589	FALLA DÚCTIL
236	-19805,10	2548	FALLA DÚCTIL	2548	FALLA DÚCTIL
238	-19825,18	2553	FALLA DÚCTIL	2553	FALLA DÚCTIL
240	-19185,34	2535	FALLA DÚCTIL	2535	FALLA DÚCTIL
242	-36810,26	4933	FALLA DÚCTIL	4933	FALLA DÚCTIL
243	-44515,53	5337	FALLA DÚCTIL	5337	FALLA DÚCTIL
262	-23741,48	4953	FALLA DÚCTIL	4953	FALLA DÚCTIL
730	-20859,86	2378	FALLA DÚCTIL	2378	FALLA DÚCTIL
904	-21201,90	2540	FALLA DÚCTIL	2540	FALLA DÚCTIL

Tabla D-4.5.8. Capacidad en Columnas para el modelo 5.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDAS EN COLUMNAS**

COLUMNA	Vx	Vy
5	12,27	6,21
6	89,46	10,84
12	86,96	6,58
30	1,95	1,32
31	2,01	1,77
32	2,09	2,29
33	1,98	1,53
34	2,04	1,98
40	3,00	5,79

64	2,94	2,16
114	11,90	1,96
189	0,26	0,69
192	0,26	0,56
193	0,28	0,41
195	0,25	0,32
197	0,27	0,28
199	0,30	0,31
201	0,30	0,37
203	0,30	0,44
205	0,30	0,50
207	0,31	0,57
209	0,51	0,53
216	2,91	3,49
218	2,93	2,10
234	1,32	0,56
236	0,87	0,49
238	0,79	1,39
240	1,38	0,67
242	1,02	1,79
243	2,23	5,51
262	10,46	2,55
730	1,49	1,63
904	0,25	0,80

Tabla D-4.5.9. Demandas en Columnas para el modelo 5.  
Fuente: Los Autores.

#### **DEMANDA/CAPACIDAD EN COLUMNAS**

<b>RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD</b>		
<b>COLUMNA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
5	0,67	0,77
6	1,80	0,88
12	1,74	0,51
30	0,45	0,30
31	0,45	0,40
32	0,42	0,46
33	0,46	0,35
34	0,44	0,43

40	0,70	1,35
64	0,64	0,47
114	2,70	0,44
189	0,10	0,27
192	0,11	0,24
193	0,12	0,17
195	0,11	0,13
197	0,11	0,12
199	0,13	0,13
201	0,13	0,16
203	0,13	0,19
205	0,13	0,22
207	0,13	0,24
209	0,20	0,21
216	0,64	0,77
218	0,65	0,47
234	0,51	0,22
236	0,34	0,19
238	0,31	0,54
240	0,55	0,26
242	0,21	0,36
243	0,42	1,03
262	2,11	0,51
730	0,63	0,69
904	0,10	0,32

Tabla D-4.5.9. Relación Demanda/Capacidad en Columnas para el modelo 5.  
Fuente: Los Autores.

### **MODELO 5.1**

#### **CAPACIDAD GLOBAL**

GLOBAL COLUMNAS	
Vx (tf)	Vy (tf)
219,40	135,10

#### **DEMANDA GLOBAL**

GLOBAL COLUMNAS	
Vx (tf)	Vy (tf)
370,27	162,01

#### **RELACIÓN DEMANDA /CAPACIDAD**

GLOBAL COLUMNAS	
D/C VX	D/C VY
1,68	1,20

GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA		GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA		GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA	
Vmx (tf)	Vmy (tf)	Vmx (tf)	Vmy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
373,07	309,97	182,10	291,23	0,49	0,94

GLOBAL TOTAL		GLOBAL TOTAL		GLOBAL TOTAL	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
593,12	445,07	864,78	906,52	1,46	2,04

Tabla D-4.6. Demanda capacidad global para el modelo 5.1.

## MUROS

- CAPACIDAD

### MUROS X

MURO	LONGITUD (m.)	ESPESOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)
1	24,40	0,40	8,32	98364,75	112,71
2	1,40	0,40	0,56	10623,64	8,79
4	2,20	0,40	0,88	12045,19	12,41
6	3,20	0,40	1,28	12012,99	16,40

8	5,25	0,40	1,60	19731,05	21,92
9	4,91	0,40	1,11	13908,84	15,24
11	5,60	0,40	2,00	11806,02	23,55

Tabla D-4.6.1. Capacidad en Muros en “X” para el modelo 5.1.  
Fuente: Los Autores.

### MUROS Y

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmY (tf)
3	2,50	0,40	1,00	16628,14	14,99
5	14,00	0,40	4,53	60129,84	63,34
10	6,30	0,40	2,52	27617,20	33,49
17	7,80	0,40	2,89	24068,54	36,10

Tabla D-4.6.2. Capacidad en Muros en “Y” para el modelo 5.1.  
Fuente: Los Autores.

### MUROS X e Y

MURO	LONGITUD (m.)	ESPEJOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)	VmY (tf)
7	5,80	0,40	2,32	16626,56	19,93	19,93
12	24,40	0,40	9,76	22576,68	73,80	73,80
13	5,80	0,40	2,32	10505,34	18,63	18,63
14	5,80	0,40	2,32	9897,39	18,50	18,50
15	5,80	0,40	2,32	9620,97	18,45	18,45
16	4,00	0,40	1,36	14569,64	12,74	12,74

Tabla D-4.6.3. Capacidad en Muros en “X e Y” para el modelo 5.1.

Fuente: Los Autores.

- **DEMANDAS**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmX MAX (Tf)
1	24,40	0,40	8,32	150154,00	63,85
2	1,40	0,40	0,56	68113,80	4,02
4	2,20	0,40	0,88	43971,50	3,58
6	3,20	0,40	1,28	30542,00	11,83
8	5,25	0,40	1,60	68126,10	28,16
9	4,91	0,40	1,11	20048,10	7,19
11	5,60	0,40	2,00	20379,40	6,99

Tabla D-4.6.4. Demandas en Muros en "X" para el modelo 5.1.

Fuente: Los Autores.

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (Kgf)	VmY MAX (Tf)
3	2,50	0,40	1,00	76811,20	21,60
5	14,00	0,40	4,53	115793,80	63,32
10	6,30	0,40	2,52	68578,40	45,22
17	7,80	0,40	2,89	36551,80	30,25

Tabla D-4.6.5. Demandas en Muros en "Y" para el modelo 5.1.

Fuente: Los Autores.

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPESOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (Kgf)	VmX MAX (Tf)	VmY MAX (Tf)
7	5,80	0,40	2,32	23893,80	26,87	46,55
12	24,40	0,40	9,76	41314,80	10,26	25,56
13	5,80	0,40	2,32	16976,60	5,06	5,41
14	5,80	0,40	2,32	15714,10	7,47	10,64
15	5,80	0,40	2,32	13804,10	14,42	28,36
16	4,00	0,40	1,36	26317,10	9,74	16,98

Tabla D-4.6.6. Demandas en Muros en "X e Y" para el modelo 5.1.

Fuente: Los Autores.

**RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD**

	D/C VmX	D/C VmY
MURO 1 PB	0,57	
MURO 2 PB	0,46	
MURO 3 PB		1,44
MURO 4 PB	0,29	
MURO 5 PB		1,00
MURO 6 PB	0,72	
MURO 7 PB	1,35	2,34
MURO 8 PB	1,28	
MURO 9 PB	0,47	
MURO 10 PB		1,35
MURO 11 PB	0,30	
MURO 12 PB	0,14	0,35

MURO 13 PB	0,27	0,29
MURO 14 PB	0,40	0,57
MURO 15 PB	0,78	1,54
MURO 16 PB	0,76	1,33
MURO 17 PB		0,84

Tabla D-4.6.7. Relación Demanda/Capacidad en Muros para el modelo 5.1.

Fuente: Los Autores.

**CAPACIDAD EN COLUMNAS**

COLUMNA	P (Kgf)	CAPACIDAD EN X		CAPACIDAD EN Y	
		FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA	FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA
5	-41000,76	18224	FALLA DÚCTIL	8062	FALLA DÚCTIL
6	-89792,84	49687	FALLA FRAGIL	12355	FALLA FRAGIL
12	-106809,58	50443	FALLA FRAGIL	12998	FALLA DÚCTIL
30	-39101,23	4358	FALLA DÚCTIL	4358	FALLA DÚCTIL
31	-36104,54	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
32	-45031,75	4981	FALLA DÚCTIL	4981	FALLA DÚCTIL
33	-36316,26	4341	FALLA DÚCTIL	4341	FALLA DÚCTIL
34	-38424,32	4626	FALLA DÚCTIL	4626	FALLA DÚCTIL
40	-37363,52	4291	FALLA DÚCTIL	4291	FALLA DÚCTIL
64	-47375,76	4594	FALLA DÚCTIL	4594	FALLA DÚCTIL
114	-43180,21	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL

189	-22867,31	2536	FALLA DÚCTIL	2536	FALLA DÚCTIL
192	-21670,74	2353	FALLA DÚCTIL	2353	FALLA DÚCTIL
193	-18046,12	2376	FALLA DÚCTIL	2376	FALLA DÚCTIL
195	-18283,69	2354	FALLA DÚCTIL	2354	FALLA DÚCTIL
197	-23221,40	2465	FALLA DÚCTIL	2465	FALLA DÚCTIL
199	-23099,38	2332	FALLA DÚCTIL	2332	FALLA DÚCTIL
201	-21695,48	2321	FALLA DÚCTIL	2321	FALLA DÚCTIL
203	-20664,07	2315	FALLA DÚCTIL	2315	FALLA DÚCTIL
205	-20549,44	2323	FALLA DÚCTIL	2323	FALLA DÚCTIL
207	-21891,74	2386	FALLA DÚCTIL	2386	FALLA DÚCTIL
209	-26045,58	2524	FALLA DÚCTIL	2524	FALLA DÚCTIL
216	-32284,97	4533	FALLA DÚCTIL	4533	FALLA DÚCTIL
218	-33285,22	4485	FALLA DÚCTIL	4485	FALLA DÚCTIL
234	-23103,79	2589	FALLA DÚCTIL	2589	FALLA DÚCTIL
236	-21959,29	2548	FALLA DÚCTIL	2548	FALLA DÚCTIL
238	-20856,36	2553	FALLA DÚCTIL	2553	FALLA DÚCTIL
240	-20759,22	2535	FALLA DÚCTIL	2535	FALLA DÚCTIL
242	-39380,30	4933	FALLA DÚCTIL	4933	FALLA DÚCTIL
243	-44205,19	5337	FALLA DÚCTIL	5337	FALLA DÚCTIL
262	-27562,51	4953	FALLA DÚCTIL	4953	FALLA DÚCTIL
730	-23161,49	2378	FALLA DÚCTIL	2378	FALLA DÚCTIL
904	-22800,58	2540	FALLA DÚCTIL	2540	FALLA DÚCTIL

Tabla D-4.6.8. Capacidad en Columnas para el modelo 5.1.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDAS EN COLUMNAS**

<b>COLUMNA</b>	<b>Vx</b>	<b>Vy</b>
5	19,17	15,47
6	139,63	27,95
12	137,42	17,37
30	2,81	3,49
31	2,75	4,55
32	2,73	5,46
33	2,78	4,05
34	2,74	4,98
40	3,47	10,41
64	5,95	5,11
114	3,62	3,61

189	0,63	1,80
192	0,62	1,46
193	0,60	1,09
195	0,62	0,84
197	0,62	0,76
199	0,65	0,89
201	0,66	1,08
203	0,66	1,26
205	0,66	1,41
207	0,66	1,55
209	1,33	1,27
216	4,78	7,74
218	4,75	4,79
234	3,00	1,35
236	0,71	1,12
238	0,72	1,30
240	0,72	1,46
242	2,25	5,03
243	4,73	13,17
262	14,10	4,88
730	3,09	3,23
904	0,63	2,06

Tabla D-4.6.9. Demandas en Columnas para el modelo 5.1.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDA/CAPACIDAD EN COLUMNAS**

<b>RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD</b>		
<b>COLUMNA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
5	1,05	1,92
6	2,81	2,26
12	2,72	1,34
30	0,64	0,80
31	0,62	1,03
32	0,55	1,10
33	0,64	0,93
34	0,59	1,08
40	0,81	2,43
64	1,30	1,11
114	0,82	0,82

189	0,25	0,71
192	0,27	0,62
193	0,25	0,46
195	0,26	0,36
197	0,25	0,31
199	0,28	0,38
201	0,28	0,47
203	0,29	0,54
205	0,28	0,61
207	0,28	0,65
209	0,53	0,50
216	1,05	1,71
218	1,06	1,07
234	1,16	0,52
236	0,28	0,44
238	0,28	0,51
240	0,28	0,58
242	0,46	1,02
243	0,89	2,47
262	2,85	0,99
730	1,30	1,36
904	0,25	0,81

Tabla D-4.6.10. Relación Demanda/Capacidad en Columnas para el modelo 5.1.  
Fuente: Los Autores.

### **MODELO 5.2**

#### **CAPACIDAD GLOBAL**

<b>GLOBAL COLUMNAS</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)
219,40	135,10

#### **DEMANDA GLOBAL**

<b>GLOBAL COLUMNAS</b>	
Vx (tf)	Vy (tf)
643,90	664,01

#### **RELACIÓN DEMANDA /CAPACIDAD**

<b>GLOBAL COLUMNAS</b>	
D/C VX	D/C VY
2,90	4,91

<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>	
Vmx (tf)	Vmy (tf)
318,66	267,74

<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>	
Vmx (tf)	Vmy (tf)
3,21	1,65

<b>GLOBAL MUROS MAMPOSTERÍA</b>	
D/C VmX	D/C VmY
0,01	0,01

GLOBAL TOTAL		GLOBAL TOTAL		GLOBAL TOTAL	
Vx (tf)	Vy (tf)	Vx (tf)	Vy (tf)	D/C VmX	D/C VmY
540,84	402,84	787,45	800,64	1,46	1,99

Tabla D-4.7. Demanda capacidad global para el modelo 5.2.

## MUROS

- CAPACIDAD

### MUROS X

MURO	LONGITUD (m.)	ESPESOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)
1	24,40	0,40	8,32	24335,89	90,50
2	1,40	0,40	0,56	2282,15	6,28
4	2,20	0,40	0,88	2626,43	9,59
6	3,20	0,40	1,28	2140,04	13,44
8	5,25	0,40	1,60	4003,69	17,20

9	4,91	0,40	1,11	3281,66	12,05
11	5,60	0,40	2,00	2541,38	20,77

Tabla D-4.7.1. Capacidad en Muros en "X" para el modelo 5.2.

Fuente: Los Autores.

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmY (tf)
3	2,50	0,40	1,00	2183,35	10,66
5	14,00	0,40	4,53	15635,01	49,99
10	6,30	0,40	2,52	7481,92	27,44
17	7,80	0,40	2,89	6458,59	30,81

Tabla D-4.7.2. Capacidad en Muros en "Y" para el modelo 5.2.

Fuente: Los Autores.

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX (tf)	VmY (tf)
7	5,80	0,40	2,32	4814,52	17,43	17,43
12	24,40	0,40	9,76	4548,27	69,98	69,98
13	5,80	0,40	2,32	3014,03	17,04	17,04
14	5,80	0,40	2,32	3008,97	17,04	17,04
15	5,80	0,40	2,32	3131,19	17,07	17,07
16	4,00	0,40	1,36	2926,94	10,27	10,27

Tabla D-4.7.3. Capacidad en Muros en "X e Y" para el modelo 5.2.

Fuente: Los Autores.

- **DEMANDAS**

**MUROS X**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (kgf)	VmX MAX (tf)
1	24,40	0,40	8,32	34074,40	0,28
2	1,40	0,40	0,56	3195,40	0,01
4	2,20	0,40	0,88	3677,40	0,15
6	3,20	0,40	1,28	2996,50	0,55
8	5,25	0,40	1,60	5606,10	0,25
9	4,91	0,40	1,11	4595,00	0,17
11	5,60	0,40	2,00	3558,40	0,27

Tabla D-4.7.4. Demandas en Muros en “X” para el modelo 5.2.

Fuente: Los Autores.

**MUROS Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPELOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL MÁX. (kgf)	VmY MAX (tf)
3	2,50	0,40	1,00	3057,40	0,23
5	14,00	0,40	4,53	21891,20	0,25
10	6,30	0,40	2,52	10475,60	0,09
17	7,80	0,40	2,89	9042,90	0,08

Tabla D-4.7.5. Demandas en Muros en “Y” para el modelo 5.2.

Fuente: Los Autores.

**MUROS X e Y**

MURO	LONGITUD (m.)	ESPESOR (m.)	AREA (m <sup>2</sup> )	CARGA AXIAL (kgf)	VmX MAX (tf)	VmY MAX (Tf)
7	5,80	0,40	2,32	6741,00	0,45	0,45
12	24,40	0,40	9,76	6368,50	0,29	0,06
13	5,80	0,40	2,32	4220,00	0,08	0,08
14	5,80	0,40	2,32	4212,90	0,11	0,11
15	5,80	0,40	2,32	4384,00	0,24	0,24
16	4,00	0,40	1,36	4098,30	0,35	0,09

Tabla D-4.7.6. Demandas en Muros en "X e Y" para el modelo 5.2.

Fuente: Los Autores.

**RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD**

	D/C VmX	D/C VmY
MURO 1 PB	0,00	
MURO 2 PB	0,00	
MURO 3 PB		0,02
MURO 4 PB	0,02	
MURO 5 PB		0,00
MURO 6 PB	0,04	
MURO 7 PB	0,03	0,03
MURO 8 PB	0,01	
MURO 9 PB	0,01	
MURO 10 PB		0,00
MURO 11 PB	0,01	
MURO 12 PB	0,00	0,00

MURO 13 PB	0,00	0,00
MURO 14 PB	0,01	0,01
MURO 15 PB	0,01	0,01
MURO 16 PB	0,03	0,01
MURO 17 PB		0,00

Tabla D-4.7.7. Relación Demanda/Capacidad en Muros para el modelo 5.2.

Fuente: Los Autores.

**CAPACIDAD EN COLUMNAS**

COLUMNA	P (Kgf)	CAPACIDAD EN X		CAPACIDAD EN Y	
		FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA	FALLA (kgf)	TIPO DE FALLA
5	-35392,20	18224	FALLA DÚCTIL	8062	FALLA DÚCTIL
6	-97233,30	50018	FALLA FRÁGIL	12355	FALLA FRÁGIL
12	-147444,90	52248	FALLA FRÁGIL	12998	FALLA DÚCTIL
30	-50085,20	4358	FALLA DÚCTIL	4358	FALLA DÚCTIL
31	-43570,00	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL
32	-58474,90	4981	FALLA DÚCTIL	4981	FALLA DÚCTIL
33	-44155,70	4341	FALLA DÚCTIL	4341	FALLA DÚCTIL
34	-47944,50	4626	FALLA DÚCTIL	4626	FALLA DÚCTIL
40	-59785,80	4291	FALLA DÚCTIL	4291	FALLA DÚCTIL
64	-70655,90	4594	FALLA DÚCTIL	4594	FALLA DÚCTIL
114	-59501,90	4416	FALLA DÚCTIL	4416	FALLA DÚCTIL

189	-24473,10	2536	FALLA DÚCTIL	2536	FALLA DÚCTIL
192	-24270,00	2353	FALLA DÚCTIL	2353	FALLA DÚCTIL
193	-21300,90	2376	FALLA DÚCTIL	2376	FALLA DÚCTIL
195	-23199,00	2354	FALLA DÚCTIL	2354	FALLA DÚCTIL
197	-31924,20	2465	FALLA DÚCTIL	2465	FALLA DÚCTIL
199	-29835,00	2332	FALLA DÚCTIL	2332	FALLA DÚCTIL
201	-25855,40	2321	FALLA DÚCTIL	2321	FALLA DÚCTIL
203	-23345,10	2315	FALLA DÚCTIL	2315	FALLA DÚCTIL
205	-23114,40	2323	FALLA DÚCTIL	2323	FALLA DÚCTIL
207	-25677,50	2386	FALLA DÚCTIL	2386	FALLA DÚCTIL
209	-31801,60	2524	FALLA DÚCTIL	2524	FALLA DÚCTIL
216	-36551,10	4533	FALLA DÚCTIL	4533	FALLA DÚCTIL
218	-44552,00	4485	FALLA DÚCTIL	4485	FALLA DÚCTIL
234	-30362,70	2589	FALLA DÚCTIL	2589	FALLA DÚCTIL
236	-26833,90	2548	FALLA DÚCTIL	2548	FALLA DÚCTIL
238	-24203,10	2553	FALLA DÚCTIL	2553	FALLA DÚCTIL
240	-23958,90	2535	FALLA DÚCTIL	2535	FALLA DÚCTIL
242	-47226,00	4933	FALLA DÚCTIL	4933	FALLA DÚCTIL
243	-55436,00	5337	FALLA DÚCTIL	5337	FALLA DÚCTIL
262	-47077,40	4953	FALLA DÚCTIL	4953	FALLA DÚCTIL
730	-35278,80	2378	FALLA DÚCTIL	2378	FALLA DÚCTIL
904	-23286,70	2540	FALLA DÚCTIL	2540	FALLA DÚCTIL

Tabla D-4.7.8. Capacidad en Columnas para el modelo 5.2.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDAS EN COLUMNAS**

COLUMNA	Vx	Vy
5	28,49	61,92
6	205,99	109,07
12	208,64	61,99
30	15,22	21,64
31	15,28	32,25
32	15,30	43,01
33	15,25	26,92
34	15,29	37,61
40	5,75	3,95
64	17,13	12,71
114	19,37	20,94

189	3,07	7,00
192	2,93	5,58
193	2,94	4,03
195	3,00	2,96
197	3,20	2,41
199	1,78	5,09
201	1,78	6,72
203	1,78	8,36
205	1,77	10,01
207	1,77	11,67
209	9,65	9,71
216	6,18	21,24
218	6,16	12,09
234	2,73	5,25
236	2,58	6,92
238	2,57	8,61
240	2,57	10,32
242	8,05	37,73
243	8,09	43,28
262	3,16	3,65
730	3,39	1,29
904	3,06	8,10

Tabla D-4.7.9. Demandas en Columnas para el modelo 5.2.

Fuente: Los Autores.

**DEMANDA/CAPACIDAD EN COLUMNAS**

<b>RELACIÓN DEMANDA/CAPACIDAD</b>		
<b>COLUMNA</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
5	1,56	7,68
6	4,12	8,83
12	3,99	4,77
30	3,49	4,96
31	3,46	7,30
32	3,07	8,63
33	3,51	6,20
34	3,31	8,13
40	1,34	0,92
64	3,73	2,77
114	4,39	4,74

189	1,21	2,76
192	1,24	2,37
193	1,24	1,70
195	1,27	1,26
197	1,30	0,98
199	0,76	2,18
201	0,77	2,89
203	0,77	3,61
205	0,76	4,31
207	0,74	4,89
209	3,82	3,85
216	1,36	4,69
218	1,37	2,70
234	1,05	2,03
236	1,01	2,72
238	1,01	3,37
240	1,01	4,07
242	1,63	7,65
243	1,52	8,11
262	0,64	0,74
730	1,43	0,54
904	1,20	3,19

Tabla D-4.7.10. Relación Demanda/Capacidad en Columnas para el modelo 5.2.  
Fuente: Los Autores

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA K 30X60	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia 2d desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	d/2	35	NO CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	10	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia 2h medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	70	NO CUMPLE

Tabla D-5.1. Verificación del Nivel de Diseño Viga K.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA K5 30X56	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia 2d desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	d/2	25	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	10	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia 2h medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	70	NO CUMPLE

Tabla D-5.2. Verificación del Nivel de Diseño Viga K5.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA DELTA 30X56	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia $2d$ desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	$d/2$	25	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	10	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia $2h$ medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	70	NO CUMPLE

Tabla D-5.3. Verificación del Nivel de Diseño Viga Delta.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA L 30X135	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia $2d$ desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	$d/2$	20	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	15	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia $2h$ medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	15	NO CUMPLE

Tabla D-5.4 Verificación del Nivel de Diseño Viga L.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA A 48X60	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia 2d desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	d/2	25	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	10	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia 2h medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	70	NO CUMPLE

Tabla D-5.5 Verificación del Nivel de Diseño Viga A.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA CC 30X52	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia $2d$ desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	$d/2$	25	NO CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	10	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia $2h$ medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	70	NO CUMPLE

Tabla D-5.6 Verificación del Nivel de Diseño Viga CC.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA C1C1 30X52	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia 2d desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	d/2	25	NO CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	10	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia 2h medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	70	NO CUMPLE

Tabla D-5.7 Verificación del Nivel de Diseño Viga C1C1.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA C2C2 30X52	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia $2d$ desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	$d/2$	25	NO CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	10	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia $2h$ medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	70	NO CUMPLE

Tabla D-5.8 Verificación del Nivel de Diseño Viga C2C2.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA B 30X67	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia 2d desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	d/2	25	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	10	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia 2h medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	70	NO CUMPLE

Tabla D-5.9 Verificación del Nivel de Diseño Viga B.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
VIGA B1 40X67	EMPALME POR SOLAPE	18.2.2.3	No solapar a una distancia 2d desde la cara del apoyo	NO	CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	d/2	25	NO CUMPLE
	SEPARACIÓN DE ESTRIBOS EN ZONAS NO CONFINADAS	18.2.3.3.2	8 veces el diámetro de la barra longitudinal más delgada	10	NO CUMPLE
	ZONA CONFINADA	18.2.3.4	Distancia 2h medida desde la cara del apoyo en ambos extremos	70	NO CUMPLE

Tabla D-5.10 Verificación del Nivel de Diseño Viga B1.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
COLUMNA 30X30	MENOR DIMENSIÓN TRANSVERSAL	18.3.1	30 Cms	30	CUMPLE
	RELACIÓN DE DIMENSIONES	18.3.1.a	(Dimensión Menor/Dimensión Mayor) $\geq 0,4$	1	CUMPLE
	EMPALMES POR SOLAPES	18.3.3.3	Solapar en la Parte Central de la Luz Libre	NO	
	LONGITUD DE CONFINAMIENTO	18.3.4.2.1	45 Cms	NO	NO CUMPLE
	SEPARACIÓN MÁXIMA REFUERZO TRANSVERSAL	18.3.4.4	1/4 de la Dimensión Menor del Diametro	18	NO CUMPLE
	CUANTIA	18.5.2.1	$<0.0025$	0,0113	CUMPLE
	SEPARACIÓN MINIMA ENTRE BARRAS EN AMBAS DIRECCIONES	18.5.2.2	35 Cms	18	CUMPLE

Tabla D-5.11 Verificación del Nivel de Diseño Columna 30x30.

ELEMENTO	DETALLE	ND3			
		Artículo	Requisito	Colocado	Cumple
COLUMNA 40X40	MENOR DIMENSIÓN TRANSVERSAL	18.3.1	30 Cms	30	CUMPLE
	RELACIÓN DE DIMENSIONES	18.3.1.a	(Dimensión Menor/Dimensión Mayor) $\geq 0,4$	1	CUMPLE
	EMPALMES POR SOLAPES	18.3.3.3	Solapar en la Parte Central de la Luz Libre	NO	
	LONGITUD DE CONFINAMIENTO	18.3.4.2.1	45 Cms	NO	NO CUMPLE
	SEPARACIÓN MÁXIMA REFUERZO TRANSVERSAL	18.3.4.4	1/4 de la Dimensión Menor del Diametro	18	NO CUMPLE
	CUANTIA	18.5.2.1	$<0.0025$		
	SEPARACIÓN MINIMA ENTRE BARRAS EN AMBAS DIRECCIONES	18.5.2.2	35 Cms	8	CUMPLE

Tabla D-5.12 Verificación del Nivel de Diseño Columna 40x40.