

VII. ANALISIS Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

VII.1 Características y Propiedades de los materiales.

Concreto: Se usará concreto cuya resistencia a la compresión a los 28 días de fabricado $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ (3000 psi) y un módulo de elasticidad $E_c=210000 \text{ kg/cm}^2$. El peso volumétrico del concreto reforzado es de 2400 kg/m^3 .

Acero de Refuerzo: El acero principal será corrugado del tipo ASTM A-40 con un esfuerzo de fluencia $f_y= 2800 \text{ kg/cm}^2$ (40000 psi) y un módulo de elasticidad de $E_s= 2000000 \text{ kg/cm}^2$. El peso volumétrico del acero es de 7850 kg/m^3 .

Mortero: La resistencia a la compresión no será menor a 140 kg/cm^2 (2000 psi) a los 28 días de edad. El mortero deberá proporcionar una fuerte y durable adherencia con las unidades. La junta de mortero en las paredes proporcionará como mínimo un esfuerzo de tensión de 3.5 kg/cm^2 .

Acero Estructural: Se usará acero para platina y otros perfiles laminados del tipo A-36 y para perfiles doblados en frio con características según la designación ASTM-A245 con resistencia en el límite de fluencia estimada para $f_y=2520 \text{ kg/cm}^2$ (36000 psi).

Soldadura: Se utilizará soldadura para aceros de base con $f_y= 36000 \text{ psi}$ o menores, de la clasificación de electrodos según ASTM A-233, E6012 que tienen un esfuerzo admisible al cortante de 13.6 ksi. En los perfiles doblados en frio se aplicarán soldadura del tamaño del espesor del material base que alcanzan capacidades de 100 kg/cm^2 para 1/16" de tamaño y de 200 kg/cm^2 para 1/8" de tamaño.

Bloques de Concreto: Se usarán bloques de dimensiones de 15x20x40 cm, con una resistencia a la compresión de 55 kg/cm^2 , resistencia mínima permitida por el reglamento Nacional de la Construcción 2007, un módulo de elasticidad de $44,000 \text{ kg/cm}^2$.

Suelo: Para el diseño de fundaciones se utilizará un esfuerzo de 1.00 kg/cm^2 .

VII.2 Determinación y Análisis de Cargas.

Carga Muerta de Techo

Zinc corrugado calibre 26	6.10 kg/m ²
Accesorios	5.00 kg/m ²
Cielo falso Gypsum	8.00 kg/m ²
Perlín 2"x4"x1/16" a 1 mts	<u>2.49 kg/m²</u>
Carga Muerta Total	21.6 kg/m ²

Cargas Vivas en Techos (Art.11 RNC-07)

Carga Viva	10.0 kg/m ²
Elementos Principales	200.00 kg
Elementos Secundarios	100.00 kg

Carga Sísmica de Techo

Art.11 RNC-07	$C_{rv} = 10 \text{ kg/m}^2$
Art.11 RNC-07	$W_o = C_m + C_{rv}$

W_o = Peso Total de la Edificación por encima de la base.

$$W_o = 21.6 + 10 = 31.6 \text{ kg/m}^2$$

VII.3 Clasificación Sísmica de la Estructura.

Por su destino. Art.20: Grupo B (Vivienda).

Factor de Ductilidad Art.21. $Q = 1.5$ (Muros de Mampostería de Piezas Huecas)

Factor por Sobre-Resistencia Art.22. $\Omega = 2$

Coefficiente de diseño Sismo-Resistente Art.24: $a_0 = 0.3$ (Zona C)-(En esta hoja se muestra el mapa de zonificación sísmica vigente)

Efectos locales de suelo. ART.25. Tipo II (Suelo Firme) $S = 1.5$.

Diafragma a nivel de techo: Flexible

Coefficiente Sísmico mínimo.

$$C = \frac{S(2.7 * a_0)}{Q * \Omega} \qquad C = 0.405$$

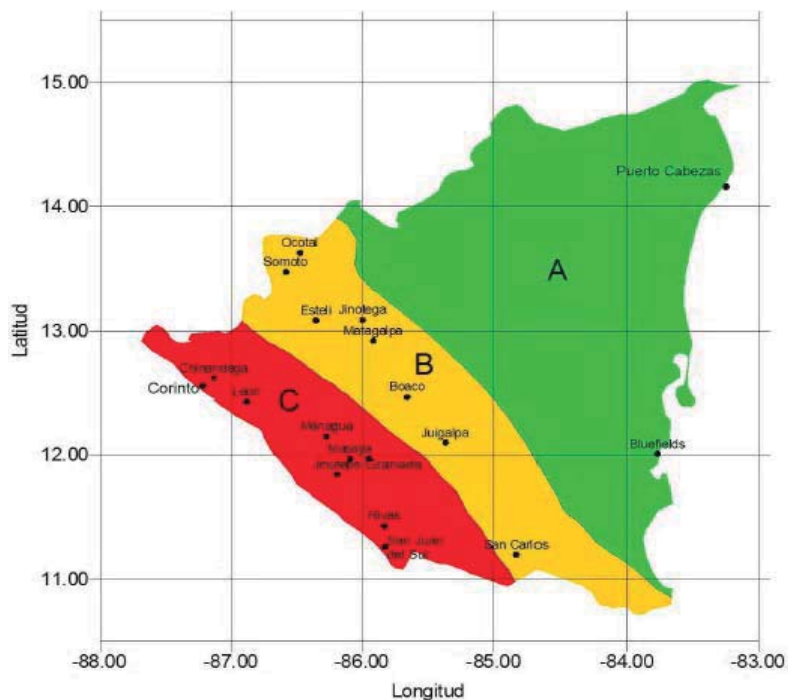


FIGURA 2. ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE NICARAGUA

El valor de a_0 para estructuras del grupo B y C en las ciudades dentro de la zona A el valor a_0 es 0.1, en la zona B el valor sería 0.2 y en la zona C el valor es 0.3 (ver Figura 2) ó Anexo D.

VII.4 Método de Análisis Estructural.

Las estructuras se analizarán bajo la acción de dos componentes horizontales ortogonales no simultáneos del movimiento del terreno. Las deformaciones y fuerzas internas que resulten se combinarán entre sí y con los efectos de fuerzas gravitacionales de las otras acciones que correspondan. Según sean las características de la estructura de que se trate, esta podrá analizarse por sismo mediante el método simplificado, el método estático o el método dinámico.

El método dinámico puede ocuparse para cualquier estructura, pero en nuestro caso ocuparemos el método estático, la única diferencia con el método simplificado es que este necesita un diafragma rígido de entrepiso lo cual para el caso de este análisis no existe.

Requisitos del Método Estático:

Los muros podrán ser de mampostería, concreto reforzado, placa de acero o en un último caso estarán arriostrados con diagonales. Los muros deberán satisfacer las condiciones que establecen las Normas correspondientes.

La relación entre longitud y ancho de la planta del edificio no excederá de 2.0, a menos que para fines de análisis sísmico se puede dividir dicha planta en tramos independientes cuya relación entre longitud y ancho satisfaga esta restricción.

La relación entre altura y la dimensión mínima de la base del edificio no excederá 1.5 y la altura del edificio no será mayor de 12 m.

Nota: Las fuerzas de sismos serán calculadas por el programa.

VII.5 Método de Diseño Estructural.

En el presente diseño, la estructura requiere el uso de elementos metálicos a nivel de techo, por lo que se necesita hacer uso de un reglamento para estructuras metálicas. El LRFD (Load and Resistance Factor Design) es un código que diseña en base a cargas factoradas y momentos plásticos de los elementos.

Para los elementos de concreto reforzado, la Norma ACI318-08 establece que las estructuras y los elementos estructurales deben ser diseñados para que tengan en cualquier sección, una resistencia de diseño al menos igual a la resistencia requerida, calculada esta última para las cargas y fuerzas mayorada en las condiciones establecidas en dicha norma. En el caso de las paredes de mampostería su diseño estará establecido por las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal 2004 (NTCDF-04).

Los elementos resistentes de una estructura, se verificarán tanto para los estados de carga que incluyen el efecto sísmico como para los que no lo incluyen. Esto podrá hacerse por el método elástico o por el método de resistencia última. En el diseño para el método elástico se multiplicarán por factores de reducción y en el método último los efectos de cargas multiplicarán por los factores de cargas que se indican en las combinaciones correspondientes.

VII.6 Combinaciones de Cargas

Resistencia Última

$$\text{Comb 1U} = 1.4 \text{ Cm}$$

$$\text{Comb 2U} = 1.2 \text{ Cm} + 1.6 \text{ Cv}$$

$$\text{Comb 3U} = 1.2 \text{ Cm} + 1.0 \text{ Cv}$$

$$\text{Comb 4U} = \text{Comb 3} + 1 \text{ Sx} + 0.3 \text{ Sy}$$

$$\text{Comb 5U} = \text{Comb 3} + 1 \text{ Sy} + 0.3 \text{ Sx}$$

$$\text{Comb 6U} = \text{Comb 3} - 1 \text{ Sx} + 0.3 \text{ Sy}$$

$$\text{Comb 7U} = \text{Comb 3} - 1 \text{ Sy} + 0.3 \text{ Sx}$$

Cm = Carga Muerta

Sx = Sismo en "x"

Esfuerzos Permisibles

$$\text{Comb 8P} = 1 \text{ C} + 1 \text{ CV}$$

$$\text{Comb 9P} = \text{Comb 8} + 0.7 \text{ Sx} + 0.3 \text{ Sy}$$

$$\text{Comb 10P} = \text{Comb 8} + 0.7 \text{ Sy} + 0.3 \text{ Sx}$$

$$\text{Comb 11P} = \text{Comb 8} - 0.7 \text{ Sx} + 0.3 \text{ Sy}$$

$$\text{Comb 12P} = \text{Comb 8} - 0.7 \text{ Sy} + 0.3 \text{ Sx}$$

Cv = Carga Viva

Sy = Sismo en "y"

VII.7 Propiedad de Materiales en Software SAP 2000 V.14.1.

Materiales

Concreto

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: 3000Psi

Material Type: Concrete

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2.403E-03

Mass per Unit Volume: 2.450E-06

Units: Kgf, cm, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 219499.64

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 91458.18

Other Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c: 210.9209

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Acero Estructural

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: A36

Material Type: Steel

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 0.2836

Mass per Unit Volume: 7.345E-04

Units: lb, in, F

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 29000000

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 6.500E-06

Shear Modulus, G: 11153846

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, F_y: 36000.

Minimum Tensile Stress, F_u: 58000.

Effective Yield Stress, F_{ye}: 54000.

Effective Tensile Stress, F_{ue}: 63800.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Acero de Refuerzo

Mampostería

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: A615Gr40

Material Type: Rebar

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 0.2836

Mass per Unit Volume: 7.345E-04

Units: lb, in, F

Uniaxial Property Data

Modulus of Elasticity, E: 29000000

Poisson's Ratio, ν : 0

Coefficient of Thermal Expansion, A: 6.500E-06

Shear Modulus, G: 0

Other Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Stress, F_y : 40000

Minimum Tensile Stress, F_u : 60000

Expected Yield Stress, F_{ye} : 44000

Expected Tensile Stress, F_{ue} : 66000

Switch To Advanced Property Display

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: Mamp

Material Type: Other

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2000

Mass per Unit Volume: 203.9432

Units: Kgf, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 4.400E+08

Poisson's Ratio, ν : 0.2

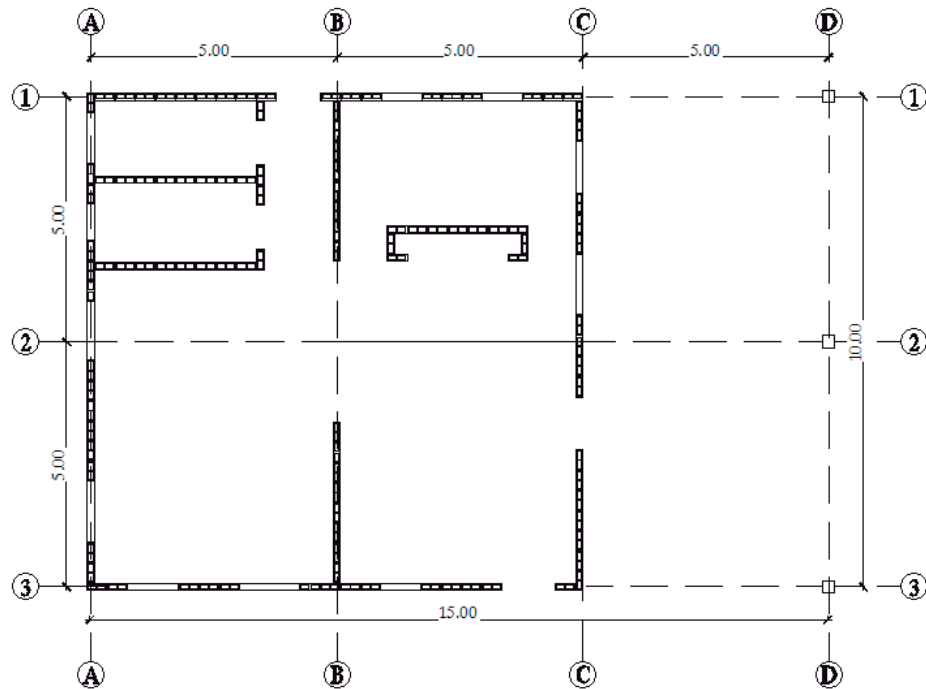
Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 1.833E+08

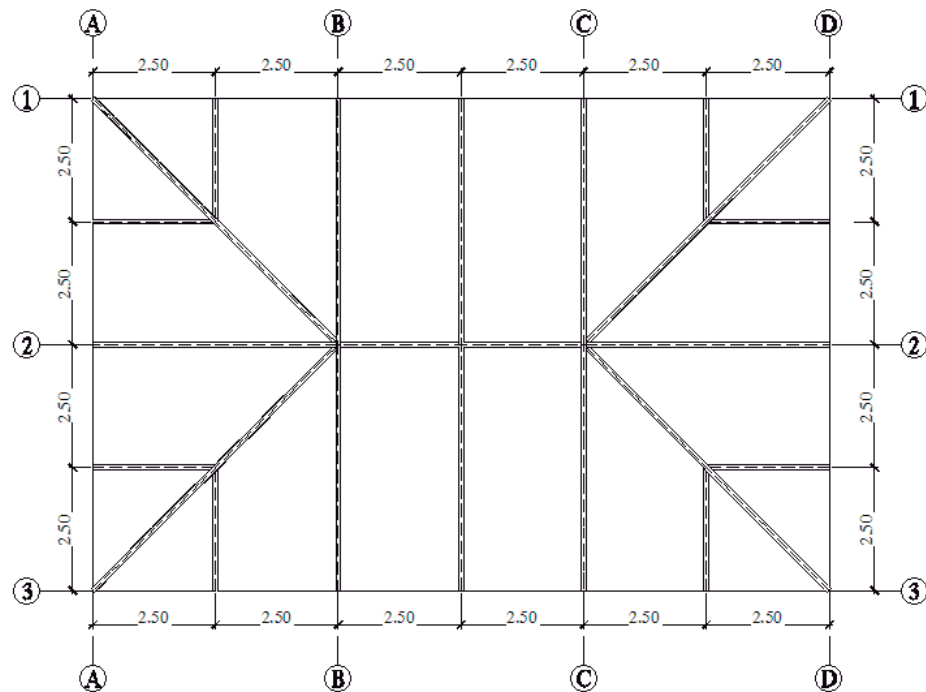
Switch To Advanced Property Display

VII.8 Modelo para Diseño de Elementos Estructurales.

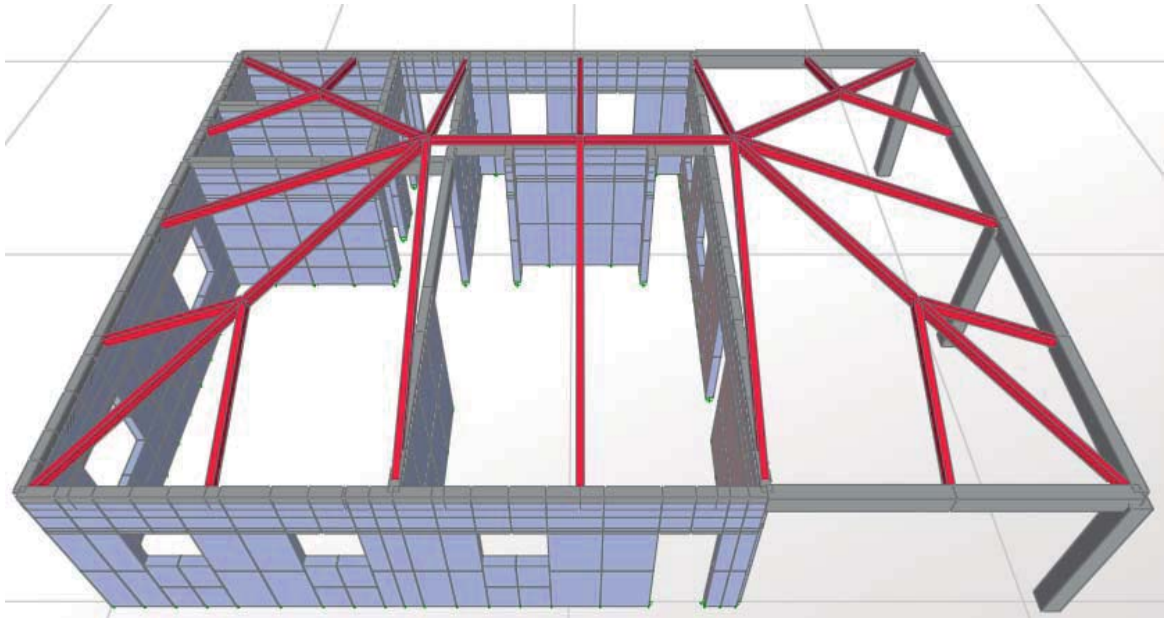
Planta Arquitectónica



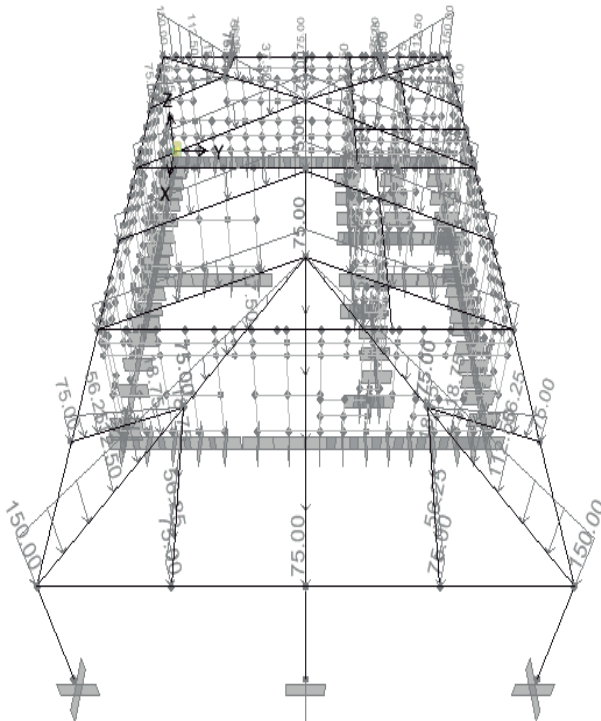
Planta de Techo



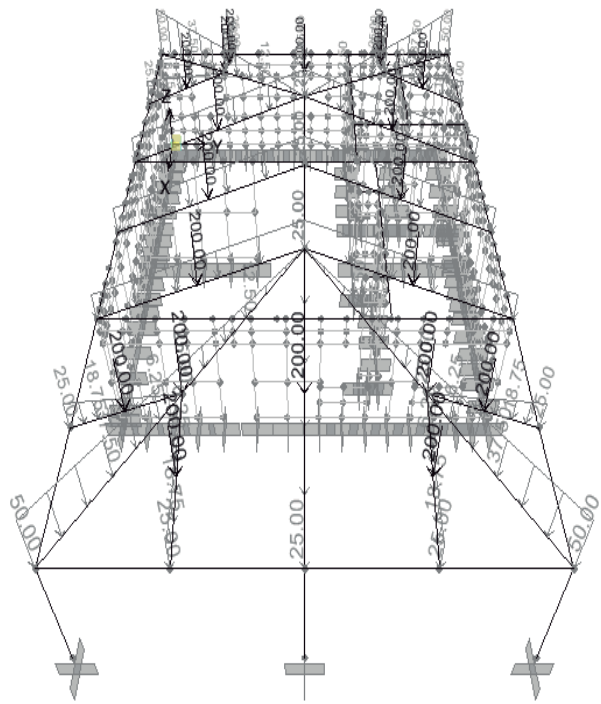
Modelo Analizado



Modelo con Carga Muerta



Modelo con Carga Viva



VII.9 Análisis de Desplazamientos y Período de la Estructura.

Usando el Método Estático para el análisis sísmico, el reglamento en el artículo 34 estipula necesario calcular y comparar los desplazamientos de la estructura en el estado límite de servicio de acuerdo con los siguientes criterios:

- a) Cálculo de desplazamiento en el estado límite de servicio:

$$\Delta \cdot Q\Omega / 2.5 H < 0.002$$

- b) Cálculo de desplazamiento en el estado límite de colapso:

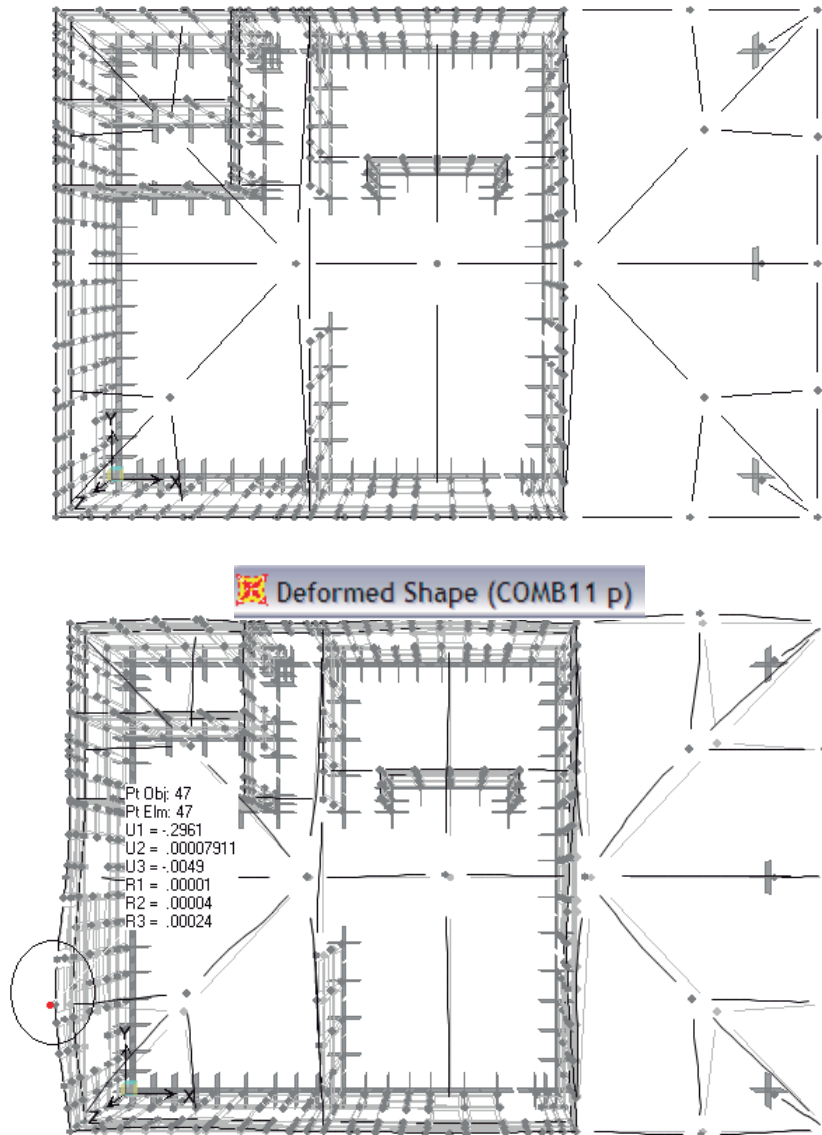
$$\Delta \cdot Q\Omega / H < 0.006 \text{ (Muro diafragma)}$$

$$\Delta = \text{Desplazamiento}$$

$$H = \text{Variación de Altura}$$

Tabla 4 Distorsiones máximas permitidas

Sistema estructural	Distorsión
Marcos dúctiles de concreto reforzado (Q= 3 ó 4)	0.0300
Marcos dúctiles de acero (Q= 3 ó 4)	0.0300
Marcos de acero ò concreto con ductilidad limitada (Q= 1 ó 2)	0.0150
Losas planas sin muros o contravientos	0.0150
Marcos de acero con contravientos excéntricos	0.0200
Marcos de acero o concreto con contravientos concéntricos	0.0150
Muros combinados con marcos dúctiles de concreto (Q= 3)	0.0150
Muros combinados con marcos de concreto con ductilidad limitada (Q= 1 ó 2)	0.0100
Muros diafragma	0.0060
Muros de carga de mampostería confinada de piezas macizas con refuerzo horizontal o malla	0.0050
Muros de carga de: mampostería confinada de piezas macizas; mampostería de piezas huecas confinada y reforzada horizontalmente; o mampostería de piezas huecas confinada y reforzada con malla	0.0040
Muros de carga de mampostería de piezas huecas con refuerzo interior	0.0020
Muros de carga de mampostería que no cumplan las especificaciones para mampostería confinada ni para mampostería reforzada interiormente	0.0015



En la figura anterior el máximo desplazamiento generado por las cargas aplicadas es de 0.2961 cm en la dirección “x” (0.002961 m) con la combinación 11 P.

Estado límite de Servicio: $\Delta \cdot Q \Omega / 2.5 H < 0.002$

$$0.002961 * 1.5 * 2 / 2.5 * 3 = 0.0011844 < 0.002 \text{ OK!!!!}$$

Estado límite de Colapso: $\Delta \cdot Q \Omega / H < 0.006$

$$0.002961 * 1.5 * 2 / 3 = 0.00296 < 0.006 \text{ OK!!!!}$$

Al comparar los resultados de desplazamientos generados por el programa, con las condiciones de servicio y colapso que establece el Reglamento Nacional de la Construcción 2007 se concluye que las dimensiones de los elementos son adecuadas. A continuación el período de la estructura.

TABLE: Modal Periods And Frequencies						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.174	5.763	36.209	1311.114
MODAL	Mode	2	0.172	5.821	36.574	1337.627
MODAL	Mode	3	0.158	6.317	39.689	1575.187
MODAL	Mode	4	0.151	6.607	41.515	1723.524
MODAL	Mode	5	0.143	7.011	44.050	1940.419
MODAL	Mode	6	0.139	7.194	45.204	2043.430
MODAL	Mode	7	0.132	7.577	47.608	2266.524
MODAL	Mode	8	0.127	7.890	49.576	2457.734
MODAL	Mode	9	0.121	8.291	52.091	2713.469
MODAL	Mode	10	0.115	8.682	54.547	2975.428
MODAL	Mode	11	0.104	9.630	60.507	3661.083
MODAL	Mode	12	0.076	13.127	82.481	6803.082

Al observar la tabla tenemos un período de **0.174 sg**, período corto debido a que es una estructura muy rígida, sus muros de corte en cada dirección restringen los desplazamientos considerables y por ende reducen el período de la estructura.