

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y TECNOLOGIA
UNIDAD VALLE DE LAS PALMAS



DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES DINÁMICAS DE
CASAS-HABITACIÓN A BASE DE MAMPOSTERÍA

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:
PÉREZ MORALES JORGE

DIRECTOR DE TESIS:
DR. MARIO GONZÁLEZ DURÁN

Índice general	
Índice de figuras	3
Índice de tablas	3
Resumen	5
I. Introducción	6
I.1 Justificación	11
I.2 Objetivo General	11
I.3 Objetivos Específicos	11
II. Metodología	11
II.1 Cocientes espectrales (H/V) (Instrumentación)	12
II.2 Normas Técnicas Complementarias (NTC) de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, en materia de Diseño Sísmico de Baja California, empleando el método análisis sísmico estático para el cálculo de fuerzas horizontales.	14
II.3 Software (SAP 2000).....	17
III. Resultados.....	20
III.1 Cocientes espectrales (H/V) (Instrumentación).....	20
III.2 Normas Técnicas Complementarias (NTC) de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, en materia de Diseño Sísmico de Baja California, empleando el método análisis sísmico estático para el cálculo de fuerzas horizontales.	22
III.3 Software (SAP2000)	23
IV. Discusiones y conclusiones	26
V. Referencias Bibliográficas	27
VI. Anexos	29
Anexo 1 Cálculo del peso de la estructura.....	29
Anexo 2. Calculo de fuerzas sísmicas de cada entrepiso	34

Índice de figuras

Figura 1. Localización del sitio de estudio, Residencial Sevilla, Mexicali, B.C.

Figura 2. Planta baja de la vivienda.

Figura 3. Planta alta de la vivienda.

Figura 4. Fachada norte y sur de la vivienda.

Figura 5. Fachada este y oeste de la vivienda.

Figura 6. Vista en corte A y B de la vivienda.

Figura 7. Acelerómetro marca Kinematics© K2 Altus.

Figura 8. Registro acelerográfico leído en Degtra A4 versión 5.1

Figura 9. Periodo fundamental del suelo $T_0=0.44$ segundos.

Figura 10. Periodo fundamental de la estructura $T_E=0.15$ segundos. Centro azotea.

Figura 11. Periodo fundamental de la estructura $T_E=0.15$ segundos. Esquina azotea.

Figura 12. Vista Suroeste en 3D de la vivienda.

Figura 13. Vista Noreste en 3D de la vivienda.

Figura 14. Vista Norte procesada de la vivienda.

Figura 15. Vista Noreste procesada de la vivienda.

Índice de tablas

Tabla 1. Cargas vivas utilizadas en el análisis

Tabla 2. Parámetros utilizados en la elaboración de modelo estructural en software SAP 2000.

Tabla 3. Obtención de rigideces y desplazamientos.

Tabla 4. Obtención del Periodo Fundamental de Vibrar de la vivienda.

Agradecimientos

Dedicatoria

Resumen

Este proyecto de investigación tiene por objetivo el cálculo del período fundamental de vibrar T_E de una vivienda construida a base de mampostería. El SE T_E define como el tiempo que demora una estructura en completar un ciclo de movimiento medida a partir de su eje de equilibrio cuando es excitada por una fuerza externa, propiedad que está asociada a la masa y rigidez de una estructura. T_E es un indicador del nivel de rigidez que guarda la edificación, influenciado por las diversas fuerzas a las que se encuentra sometida.

La determinación del T_E se obtuvo mediante tres metodologías: cocientes espectrales (H/V) (instrumentación geofísica), procedimiento establecido en las Normas Técnicas Complementarias de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, empleando el método de análisis sísmico estático para la obtención de las fuerzas laterales; y mediante un modelo analítico estructural construido en software. El estudio se realizó en las viviendas ubicadas en el Residencial Sevilla en el municipio de Mexicali, Baja California, México.

Los valores de T_E obtenidos para la vivienda, con las tres metodologías son: 0.15 segundos con Cocientes espectrales (H/V), entre 0.37 y 0.49 segundos empleando las NTC de la Ley de Edificación del estado de Baja California y de acuerdo con el modelo analítico estructural él T_E es de 0.38 segundos. Consideramos que la variación de estos dos últimos métodos con respecto al de Cocientes espectrales, radica en las suposiciones de los valores de los parámetros que se utilizan en los análisis de las NTC y el modelo analítico estructural.

I. Introducción

La presente investigación se realizó en Residencial Sevilla en el municipio de Mexicali, Baja California, México. Esta región está localizada dentro de los límites de las Placas del Pacífico y Norteamérica. Este límite está caracterizado por un sistema de falla de traslación que se extiende desde San Francisco California hasta el Golfo de California conocido por San Andrés – Golfo de California. Localmente el sistema de fallamiento está dado por la falla Imperial, Cerro Prieto, Brawley, Superstition Hills, Sierra de Juárez Laguna Salada. La geología de la Ciudad de Mexicali está dada por intercalaciones de material sedimentario y volcánico que se formaron en ambiente continental marino (González, et al., 2013), bajo estas condiciones de sitio, el día 04 de abril del 2010, se manifestó un sismo de magnitud en escala de Richter de 7.2 a 18 kilómetros al sureste de la zona urbana del Municipio de Mexicali (UNAM, 2010), generándose daños en la infraestructura rural, y parcialmente en la infraestructura urbana, sin embargo, si el riesgo lo concebimos como una función de la vulnerabilidad, peligro y tamaño de la población afectable, el sector habitacional resulta con mayor riesgo de afectación ante la manifestación de este fenómeno natural. Para nuestros análisis elegimos vivienda construida a base de mampostería, dado que es el sistema constructivo que predomina en la región.

Conocer cómo se está comportando dinámicamente la estructura de estas viviendas después de ocurrido el sismo, permite generar escenarios de daño en la estructura ante la manifestación de sismos. Una manera de estimar el comportamiento de las estructuras es mediante sus períodos de vibrar, dado que están asociados a la degradación de la estructura. Esta propiedad se define como el tiempo que le demora a una estructura completar un ciclo de movimiento, cuando fuerzas externas alteran su estado de equilibrio. Cuando la estructura está en movimiento, presenta varias formas modales o configuraciones del eje de equilibrio, de estas formas modales, el período fundamental de vibrar de una estructura (T_E) es el que tiene la amplitud más representativa del movimiento.

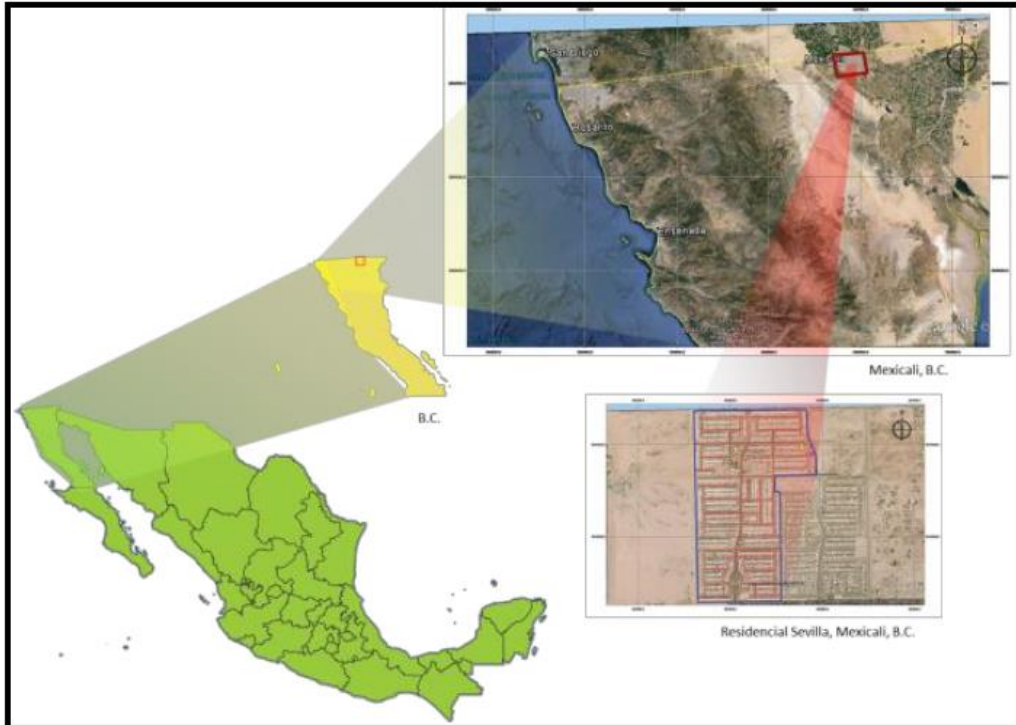
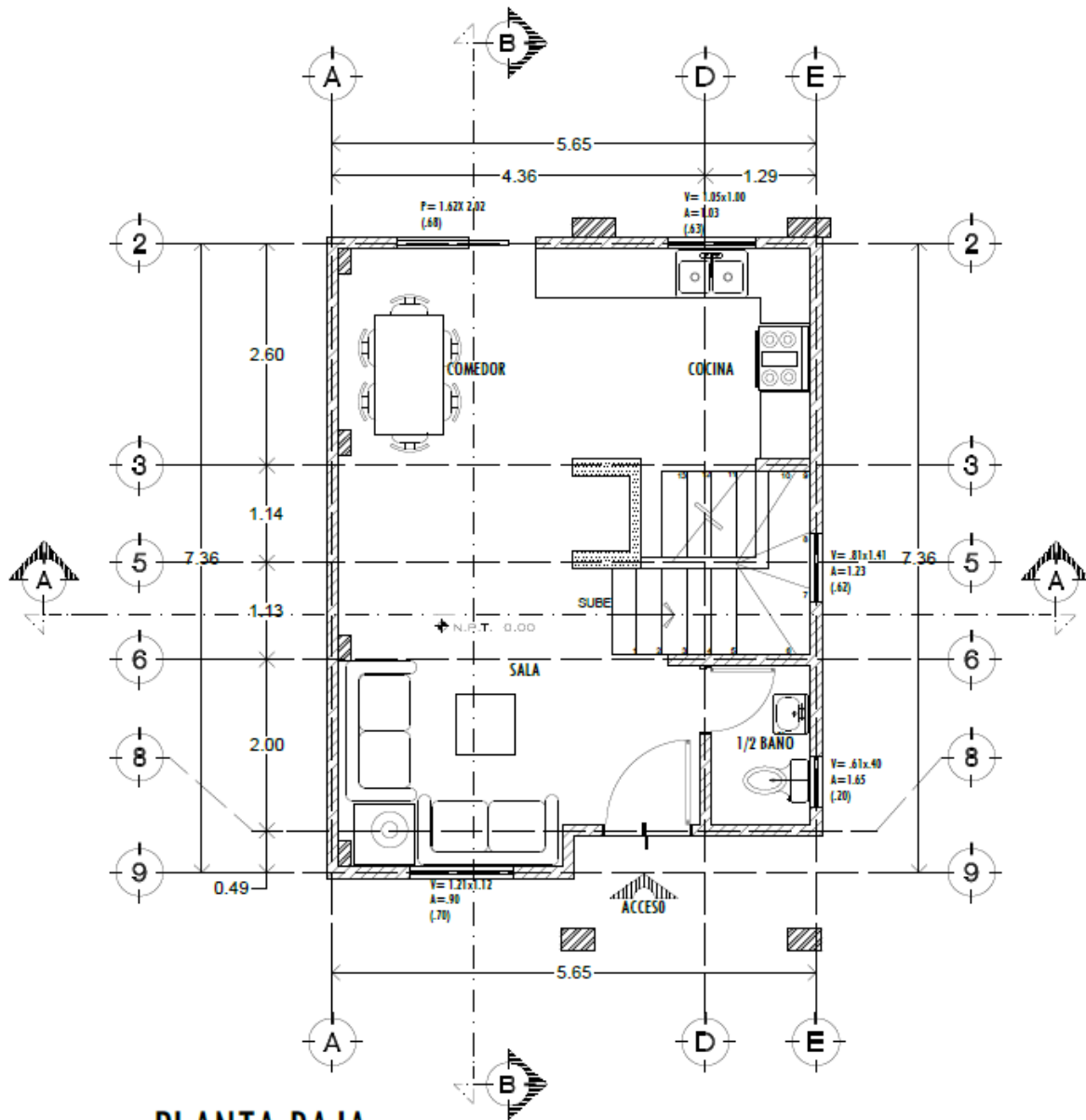


Figura 1. Localización del sitio de estudio, Residencial Sevilla, Mexicali, B.C.

La vivienda seleccionada para este estudio cuenta con un área construida de 93.0 m²., dos niveles, losa de cimentación, muros de block de concreto de 12 x 20 x 40 centímetros, losa de entrepiso y azotea a base de vigueta y bovedilla.

Los planos de la vivienda de estudio se muestran a continuación:

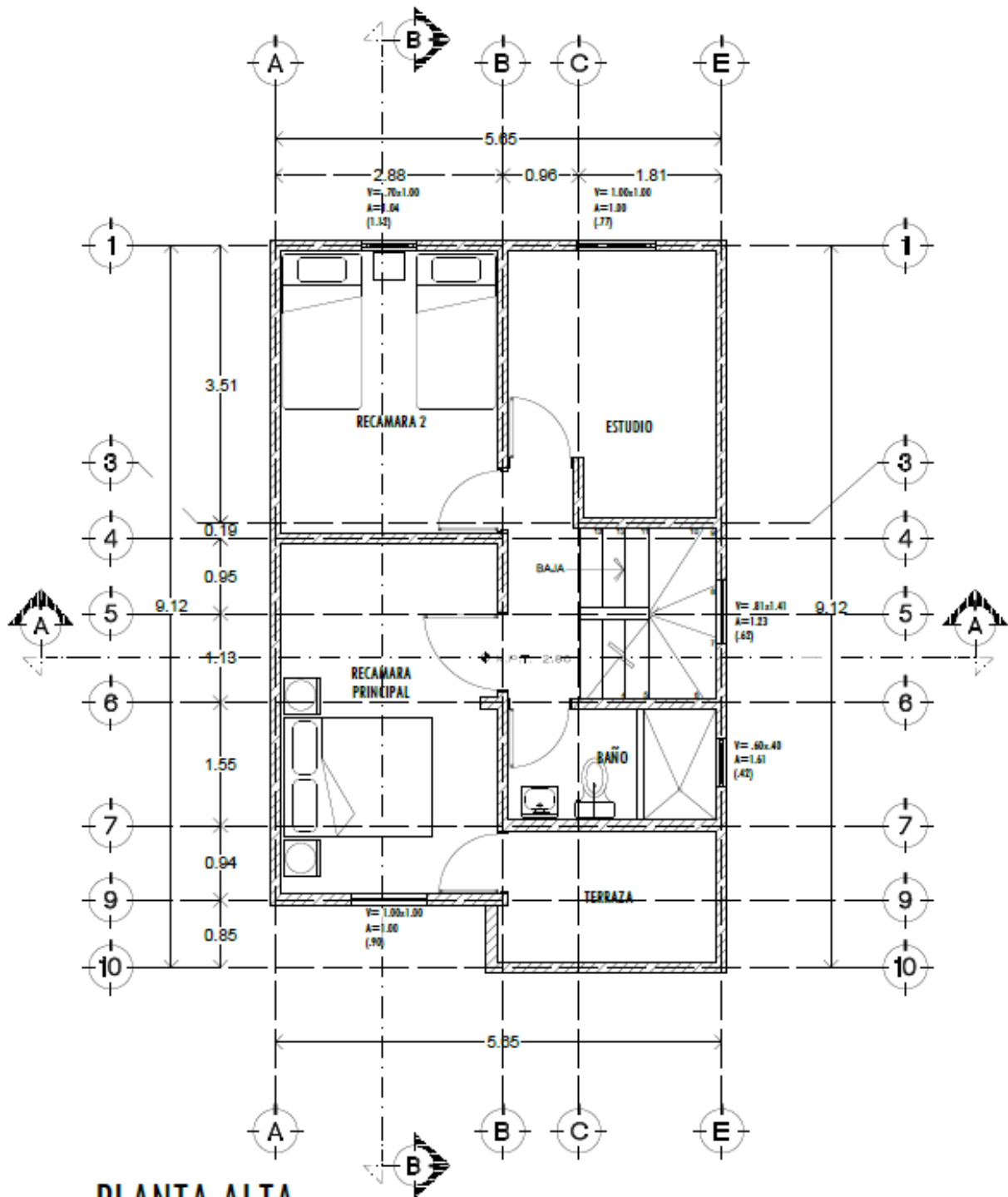


PLANTA BAJA

ESC. 1:30

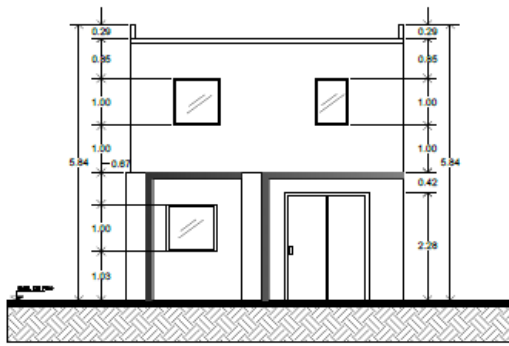
Figura 2. Planta baja de la vivienda.

DI

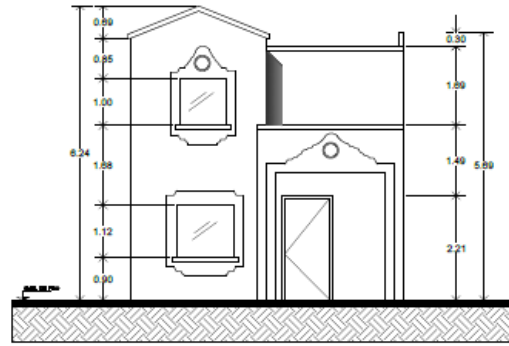


PLANTA ALTA
ESC. 1:30

Figura 3. Planta alta de la vivienda.

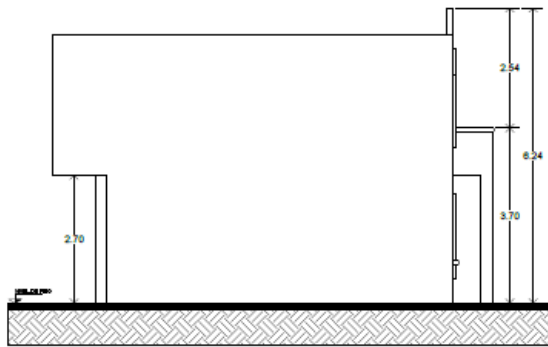


FACHADA NORTE
ESC. 1:75

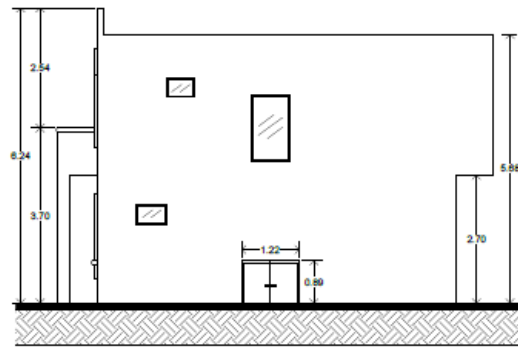


FACHADA SUR
ESC. 1:75

Figura 4. Fachada norte y sur de la vivienda.

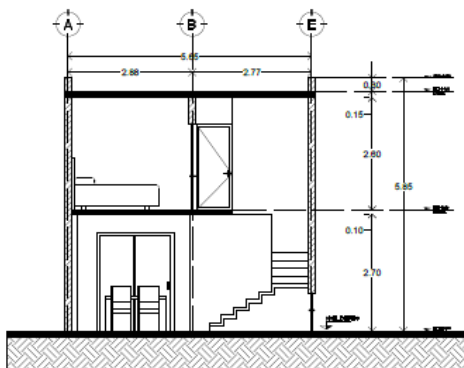


FACHADA ESTE
ESC. 1:75

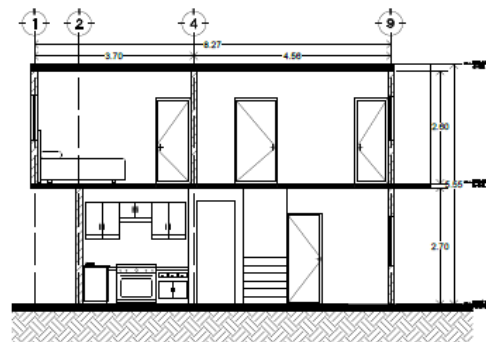


FACHADA OESTE
ESC. 1:75

Figura 5. Fachada este y oeste de la vivienda.



CORTE "A"
ESC. 1:75



CORTE "B"
ESC. 1:75

Figura 6. Vista en corte A y B de la vivienda.

I.1 Justificación

Como consecuencia de la acumulación de energía que ocurre entre las placas tectónicas de la Tierra, se producen sismos. En promedio se calcula que cada año en la Tierra ocurren más de un millón de estos, aproximadamente son detectados 30 mil, alrededor de 1400 causan daños leves, y entre 15 y 20 se convierten en catástrofes. Desafortunadamente, las estructuras más afectadas siguen siendo las de mampostería, debido a que en muchas ocasiones resulta muy caro aplicar las normas de diseño (en México es muy frecuente la autoconstrucción) o simplemente se hace caso omiso de estas.

Por el sismo que se presentó el día 04 de abril del 2010 a 18 kilómetros al sureste de la zona urbana del Municipio de Mexicali, de magnitud en escala de Richter de 7.2, varias viviendas del Fraccionamiento Sevilla se vieron afectadas en su estructura, es por esto que se decide realizar una investigación del comportamiento dinámico de las viviendas con las tres metodologías para realizar una comparación.

I.2 Objetivo General

Determinar los periodos fundamentales de vibrar de la estructura obtenidos con las tres metodologías, con el propósito de recomendar el método a utilizar en función del tiempo y procesamiento de datos, para la determinación de TE.

I.3 Objetivos Específicos

- Determinar el Período Fundamental de la estructura TE en una vivienda de mampostería de dos niveles, mediante tres metodologías.
- Determinar el Período Fundamental del Suelo T0, mediante la técnica de cocientes espectrales H/V.
- determinación de las ondas del suelo y el espectro de sitio

II. Metodología

Las metodologías empleadas para la determinación de TE se describen a continuación:

II.1 Cocientes espectrales (H/V) (Instrumentación)

La determinación del Período Fundamental de vibrar mediante esta técnica, está en función de los registros de vibración ambiental, espectros de Fourier y la obtención de las funciones de transferencia, siendo estas la razón entre el espectro de amplitudes de Fourier horizontales lateral (L) o transversal (T) y la vertical (V) (Nakamura, 1989).

Esta técnica no hace uso de una estación de referencia, se calculan los cocientes espectrales de las componentes horizontales respecto a la componente vertical, lo que permite obtener el período fundamental aproximado del suelo, además que supone que la razón de espectro de amplitudes horizontal de Fourier (S_{HS}) y espectro de amplitudes vertical de Fourier (S_{VS}) ó razón espectral, corresponde a la función de transferencia de los niveles superficiales sometidos a movimientos horizontales (Arroyo, et al., 2010). De lo anterior se establece la ecuación de la función de transferencia modificada (S_M) (Nakamura, 1989),

$$S_M = \frac{S_{HS}}{S_{VS}} \quad (1)$$

El análisis se realiza de la siguiente manera:

1. a. Registros de vibración ambiental obtenidos con un acelerómetro marca Kinemetrics® K2 Altus, compuesto por una grabadora y sensor triaxial, el cual se coloca directamente sobre el suelo, firme de planta baja, firme de entrepiso o azotea, orientando la dirección X del sensor paralelo al sentido más largo. La comunicación entre la grabadora y la computadora se realiza mediante el software Quicktalk de Kinemetrics®.



Figura 7. Acelerómetro marca Kinematics© K2 Altus. (González, et al., 2013)

1. b. El procesamiento de registros inicia con la conversión de los archivos obtenidos de la instrumentación con extensión EVT en formato binario ASCII, mediante el programa KW2ACS.exe de Kinematics©.

1. c. Una vez convertidos los archivos en formato ASCII se emplea el software Degtra A4 versión 5.1 (Ordaz, et al., 2005) para graficar los registros de aceleración en las direcciones lateral (L), transversal (T), vertical (V), reflejados en gráficas senoidales en dos dimensiones denominadas espectros de Fourier, en donde en el eje horizontal se posicionan los tiempos de registros en unidades de segundos y en el eje vertical el valor de la amplitud, los datos de entrada (DT) son cero líneas y doscientas muestras por segundo, es decir, $DT = \frac{1}{200} = 0.005$. Para la obtención de los espectros de Fourier de los registros se analizan intervalos de tiempo de 10 segundos, con el fin de obtener un espectro de Fourier promedio por cada una de las direcciones involucradas. En total se realiza el análisis de diez intervalos de diez segundos por cada uno de los registros, en cada dirección L y T.

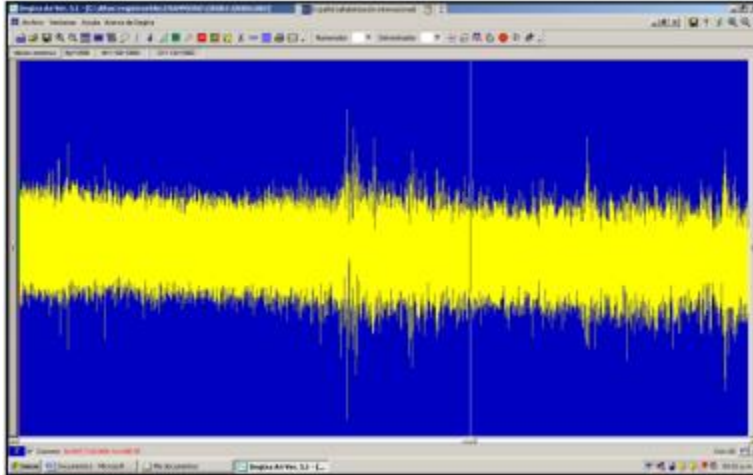


Figura 8. Registro acelerográfico leído en Degtra A4 versión 5.1

Una vez obtenidos los espectros de Fourier promediados, se obtuvieron las funciones de transferencia, ya que de estas son las que indican el periodo.

Para obtener el periodo de vibración de la estructura, se emplea la razón entre el espectro de amplitudes de Fourier longitudinal o transversal del centro geométrico de la estructura y el espectro de amplitudes de Fourier longitudinal o transversal del suelo respectivamente.

II.2 Normas Técnicas Complementarias (NTC) de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, en materia de Diseño Sísmico de Baja California, empleando el método análisis sísmico estático para el cálculo de fuerzas horizontales.

Este procedimiento de las NTC de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, establece en su apartado de diseño por sismo, que el TE se obtendrá con la ecuación 2, de donde para calcular las fuerzas cortantes a diferentes niveles de una estructura, se supondrá un conjunto de fuerzas horizontales actuando sobre cada uno de los puntos donde se supongan concentradas las masas. Cada una de estas fuerzas se tomará igual al peso de la masa que corresponde, multiplicado por un coeficiente proporcional a h, siendo h la altura de la masa en cuestión sobre el desplante, ecuación 3.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\sum W_i d_i^2}{g \sum P_i d_i}} \quad (2)$$

Donde, W_i es el peso de la masa i , P_i la fuerza horizontal que actúa en ella, d_i el desplazamiento correspondiente en la dirección de P_i , y g la aceleración de la gravedad (SIDUE de Baja California, 2013)

$$P_i = 0.95 \frac{c}{Q} \left(\frac{W_i h_i}{\sum_i W_i h_i} \right) W_0 \quad (3)$$

Donde, c es el coeficiente sísmico, Q factor de comportamiento sísmico, W_i es el peso de la masa i , h_i es la altura de la i -ésima masa sobre el desplante, W_0 es el peso total de la construcción (SIDUE de Baja California, 2013).

Las consideraciones para el diseño sísmico de acuerdo con las Normas Técnicas Complementarias de Baja California para diseño y construcción de estructuras de mampostería son:

a) Carga. Para el caso de este análisis la obtención de cargas, en la sección III. Análisis de cargas, se muestra la consideración hecha. En la tabla 1 se muestran las cargas consideradas por las NTC de BC.

Tabla 1. Cargas vivas utilizadas en el análisis

Tabla de cargas vivas unitarias (kg/cm ²)			
	W	W _a	W _m
1. Habitación, casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuela, cuarteles, cárceles, correccionales y similares	70	90	170
2. Cubiertas y azoteas con pendiente no mayor a 5%	15	70	100
3. Cargas vivas transitorias	150		

Dónde:

La carga viva máxima W_m se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales;

La carga instantánea W_a se deberá usar para diseño sísmico y por viento y cuando se revisen distribuciones de cargas más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área;

La carga media W se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas;

b) Zonificación sísmica. La zona donde se encuentra el sitio de estudio es en la zona D, con un coeficiente sísmico $c = 0.29$.

c) Parámetros de diseño. De acuerdo con la metodología del inciso b, los parámetros utilizados en este análisis son:

$f'c = 20 \text{ kg/cm}^2$, resistencia a la compresión.

$E_c = 7000 \text{ kg/cm}^2$, módulo de elasticidad.

d) Expresiones matemáticas que definen la determinación del Período Fundamental de la estructura, utilizadas en los análisis (Bazan y Meli, 2010),

$$\text{Desplazamientos elásticos } \Delta = \frac{p \times h^3}{3 \times E \times J} + \frac{3 \times p \times h}{2 \times g \times A} \quad (4)$$

De donde, p es la fuerza actuante, h es la altura entrepiso, E módulo elasticidad, J momento de inercia, g aceleración de la gravedad, A área de muro.

$$\text{Momento de inercia } J = \frac{b \times d^3}{12} \quad (5)$$

De donde, b base de muro, d longitud de muro.

$$\text{Módulo de elasticidad transversal } G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (\text{Beer \& Johnston, 2007}) \quad (6)$$

De donde, ν coeficiente de Poisson.

$$\text{Rigidez } R = \frac{EJ}{L} \quad (\text{Beer \& Johnston, 2007}) \quad (7)$$

De donde, L longitud del muro.

$$\text{Fuerza sísmica } P_i = \frac{\sum W_i}{\sum W_i H_i} \times V \quad (8)$$

De donde, W_i peso de masa, H_i altura por nivel, V cortante basal

$$\text{Cortante basal } V = \frac{c}{Q} \times \sum W_i \quad (9)$$

De donde, c coeficiente sísmico, Q ductilidad o factor de comportamiento sísmico.

II.3 Software (SAP 2000)

Esta metodología se basa en la construcción de un modelo de la edificación en análisis, partiendo de su arquitectura, parámetros de diseño, tipo de construcción, propiedad de los materiales, la interacción de cargas internas y externas, tabla 1. Para este estudio se utilizó el software de cálculo de estructuras SAP 2000, el cual emplea el método matricial y/o de elementos finitos, donde se puede trabajar con modelos lineales y no lineales.

El método de rigideces tiene como hipótesis que todos los movimientos y esfuerzos son funciones lineales de las cargas. Y su ecuación fundamental es $K * u = R$ donde K es la matriz de rigidez o el vector de desplazamiento y R el vector de fuerzas. En forma general se propone la matriz de rigideces de cada elemento en donde intervienen sus propiedades físicas (e, i), y se ensambla la matriz global. Se obtiene la matriz de rigidez inversa y se multiplica por el vector de fuerza para obtener los desplazamientos ($u = K^{-1} * r$). El método de elementos finitos es un método numérico general que tiene como base el método de rigideces, se utiliza para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales. Los cálculos se realizan sobre una malla de puntos (llamados nodos) que sirven a su vez para la discretización, sin embargo, el resultado finalmente es solo una aproximación del fenómeno físico. (Arroyo, 2010).

Datos de suma importancia con el que alimentamos el programa SAP 2000 una vez dibujada la estructura.

- Definición de los materiales: aquí se tiene que especificar si el material a utilizar será concreto, acero, mampostería, etc, introduciendo correctamente las especificaciones de cada material (módulo de elasticidad, relación de poisson, dimensiones, etc).
- Cargas que soportara la estructura con su respectiva combinación.
- Tipos de apoyos (empotre, elástico, articulado, etc).
- División correcta de las áreas (shells).

Los parámetros utilizados para construir el modelo son,

Tabla 2. Parámetros utilizados en la elaboración de modelo estructural en software SAP 2000.

Parámetro de diseño	Valor considerado	Observaciones
1. Módulo de elasticidad E_c	$E_c = 7000 \text{ kg/cm}^2$	
2. Coeficiente de Poisson ν	$\nu = 0.14$ Para la mampostería $\nu = 0.18$ Para la vigueta	Es un cociente que resulta de la relación entre la elongación longitudinal y la deformación transversal en un ensayo de tracción (Vélez, 2008).
3. Resistencia a la compresión del concreto utilizado en la vigueta f'_c	$f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$	
4. Coeficiente sísmico c	0.29	
5. Valor de ductilidad empleado Q , o factor de comportamiento sísmico	$Q = 1.5$	Se considera el valor de $Q = 1.5$, por tratarse de una

		estructura mampostería de piezas huecas.
6. Consideración de combinación de cargas.	a. $1.1S_m+1.1S_v+1.1S_s$	La combinación de los efectos de cargas, empleando factores de carga F_c . De donde S_m es la carga muerta, S_v carga viva y S_s acción debida a sismo (Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano, 2012).
7. Amortiguamiento ξ	5%	El amortiguamiento ξ considerado como la capacidad del sistema estructural para la disipación de energía, para la estructura de análisis de estructura de concreto reforzado se considera el 5% (Bazan y Meli, 2010).
8. Factor de escala	Los factores de escala utilizados para este análisis en la combinación 100, 30 en las fuerzas accidentales son, $FS = \frac{\left(9.81 \frac{m}{seg^2}\right)(1)}{(1.5)(1)} = 46.54$ m/seg ² , combinación con 100%	Este factor es una reducción de la aceleración de la gravedad en términos de FI que es el factor de importancia, Q es la ductilidad, f_i factor de irregularidad, definido por la expresión $FS = \frac{gFI}{Qf_i}$.

	$FS = \frac{\left(9.81 \frac{m}{seg^2}\right)(1)}{(1.5)(1)} = 1.962$ <p>m/seg²,</p> <p>Combinación 30%</p>	
--	---	--

III. Resultados

Los resultados obtenidos con las tres metodologías se muestran a continuación.

III.1 Cocientes espectrales (H/V) (Instrumentación)

Interpretando los datos de las gráficas de funciones de transferencia en las figuras se obtiene el periodo fundamental del suelo T_0 y el periodo fundamental de la estructura T_E .

En la figura 9 se observa que el Periodo Fundamental de Suelo T_0 del sitio donde está localizada la vivienda es de 0.44 segundos.

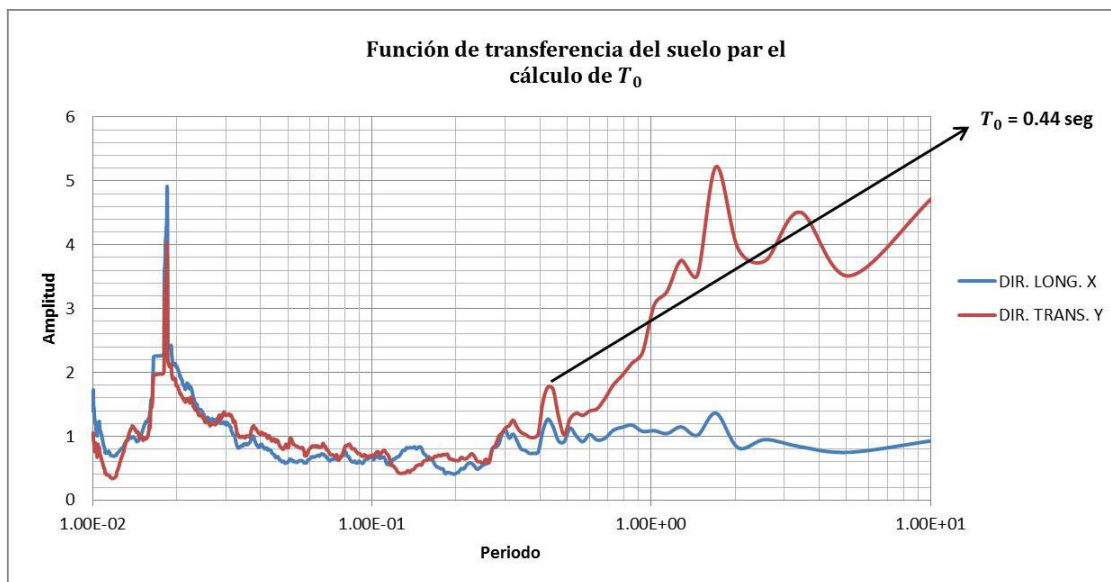


Figura 9. Periodo fundamental del suelo $T_0 = 0.44$ segundos.

En la figura 10 y 11 se observa que el Periodo Fundamental de la vivienda T_E es de 0.15 segundos.

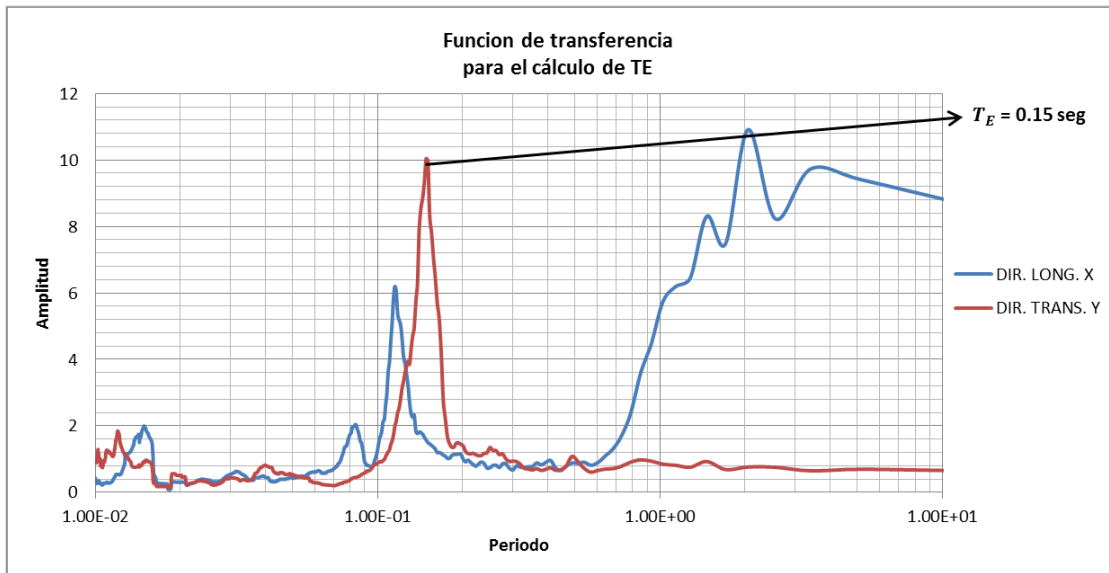


Figura 10. Periodo fundamental de la estructura $T_E = 0.15$ segundos. Centro azotea.

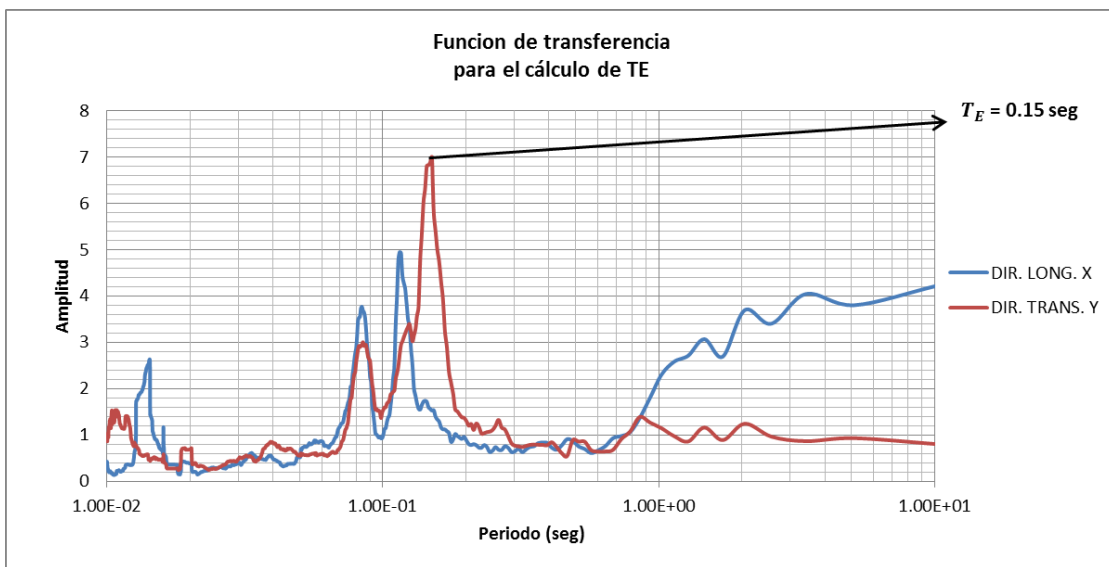


Figura 11. Periodo fundamental de la estructura $T_E = 0.15$ segundos. Esquina azotea.

III.2 Normas Técnicas Complementarias (NTC) de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, en materia de Diseño Sísmico de Baja California, empleando el método análisis sísmico estático para el cálculo de fuerzas horizontales.

Se realizó el cálculo de las fuerzas sísmicas mediante la fórmula 3 en cada entrepiso y posteriormente se obtuvieron las rigideces y desplazamientos de cada muro para aplicar la fórmula 2 para obtener el periodo fundamental de la estructura.

Para ambos niveles se obtuvo:

Tabla 3. Obtención de rigideces y desplazamientos.

Nivel 2 Dirección X											
Muro	H	W (ton)	W H (ton*m)	P	D	B	$I = \frac{b \times d^3}{12}$	$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$	Area	Δx	Rigidez
3	2.8	0.82824	2.319072	0.24	2.90	0.12	0.2439	29166.67	0.35	0.000171	5887.00
5	2.8	0.791112	2.2151136	0.23	2.77	0.12	0.2125	29166.67	0.33	0.000181	5371.03
8	2.8	0.534072	1.4954016	0.16	1.87	0.12	0.0654	29166.67	0.22	0.000317	2447.83
10	2.8	0.539784	1.5113952	0.16	1.89	0.12	0.0675	29166.67	0.23	0.000312	2500.47
12	2.8	0.808248	2.2630944	0.24	2.83	0.12	0.2267	29166.67	0.34	0.000176	5606.23
13	2.8	0.082824	0.2319072	0.02	0.29	0.12	0.0002	29166.67	0.03	0.010480	58.87
15	2.8	0.765408	2.1431424	0.22	2.68	0.12	0.1925	29166.67	0.32	0.000189	5027.68
16	2.8	0.845376	2.3670528	0.25	2.96	0.12	0.2593	29166.67	0.36	0.000167	6133.12
Suma =		5.195064	14.5461792							0.011994	33032.23

Nivel 2 Dirección Y											
Muro	H	W (ton)	W H (ton*m)	P	D	B	$I = \frac{b \times d^3}{12}$	$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$	Area	Δy	Rigidez
1	2.8	1.305192	3.6545376	0.38	4.57	0.12	0.9544	29166.67	0.55	0.000109	14619.43
2	2.8	1.051008	2.9428224	0.31	3.68	0.12	0.4984	29166.67	0.44	0.000132	9479.68
4	2.8	0.7854	2.19912	0.23	2.75	0.12	0.2080	29166.67	0.33	0.000183	5293.75
6	2.8	1.008168	2.8228704	0.30	3.53	0.12	0.4399	29166.67	0.42	0.000137	8722.63
7	2.8	0.239904	0.6717312	0.07	0.84	0.12	0.0059	29166.67	0.10	0.001308	493.92
9	2.8	0.651168	1.8232704	0.19	2.28	0.12	0.1185	29166.67	0.27	0.000235	3638.88
11	2.8	0.439824	1.2315072	0.13	1.54	0.12	0.0365	29166.67	0.18	0.000436	1660.12
14	2.8	0.462672	1.2954816	0.14	1.62	0.12	0.0425	29166.67	0.19	0.000401	1837.08
17	2.8	0.27132	0.759696	0.08	0.95	0.12	0.0086	29166.67	0.11	0.001037	631.75
Suma =		6.214656	17.4010368							0.003979	46377.24

Nivel 1 Dirección X											
Muro	H	W (ton)	W H (ton*m)	P	D	B	$I = \frac{b \times d^3}{12}$	$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$	Area	Δx	Rigidez
2	2.8	0.434112	1.2155136	0.13	0.76	0.12	0.0044	29166.67	0.09	0.003166	404.32
3	2.8	1.867824	5.2299072	0.55	3.27	0.12	0.3497	29166.67	0.39	0.000298	7485.03
5	2.8	0.51408	1.439424	0.15	0.90	0.12	0.0073	29166.67	0.11	0.002296	567.00
7	2.8	0.982464	2.7508992	0.29	1.72	0.12	0.0509	29166.67	0.21	0.000726	2070.88
9	2.8	0.748272	2.0951616	0.22	1.31	0.12	0.0225	29166.67	0.16	0.001155	1201.27
11	2.8	0.22848	0.639744	0.07	0.40	0.12	0.0006	29166.67	0.05	0.011081	112.00
13	2.8	1.587936	4.4462208	0.47	2.78	0.12	0.2148	29166.67	0.33	0.000361	5409.88
Suma =		6.363168	17.8168704							0.019083	17250.38

Nivel 1 Dirección Y											
Muro	H	W (ton)	WH (ton*m)	P	D	B	$I = \frac{b \times d^3}{12}$	$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$	Area	Δy	Rigidez
1	2.8	4.215456	11.8032768	1.24	7.38	0.12	4.02	29166.67	0.89	0.000166	38125.08
4	2.8	1.490832	4.1743296	0.44	2.61	0.12	0.18	29166.67	0.31	0.000391	4768.47
6	2.8	1.290912	3.6145536	0.38	2.26	0.12	0.12	29166.67	0.27	0.000477	3575.32
8	2.8	1.153824	3.2307072	0.34	2.02	0.12	0.08	29166.67	0.24	0.000563	2856.28
10	2.8	0.59976	1.679328	0.18	1.05	0.12	0.01	29166.67	0.13	0.001723	771.75
12	2.8	0.279888	0.7836864	0.08	0.49	0.12	0.00	29166.67	0.06	0.007429	168.07
Suma =		9.030672	25.2858816							0.010749	50264.97

Basados en los resultados de la tabla 3, se procedió a obtener el periodo de la estructura.

En la tabla 4 se muestran los periodos obtenidos con esta metodología.

Tabla 4. Obtención del Periodo Fundamental de Vibrar de la vivienda.

Dirección X

Nivel	Wi (ton)	Pi (ton)	Vi (ton)	Kix	$\Delta i = Vix/Kix$	Xix	Wi Xix^2	Pi Xix
2	13.69	5.48	5.48	33032.23	0.000165883	0.011994	0.001970002	0.065722565
1	15.68	3.14	8.62	17250.38	0.000499557	0.019083	0.005711514	0.05988298
Suma =							0.007681516	0.125605545

Dirección Y

Nivel	Wi (ton)	Pi (ton)	Vi (ton)	Kiy	$\Delta i = Vij/Kiy$	Xiy	Wi Xiy^2	Pi Xiy
2	14.77	5.51	5.51	46377.24	0.000118809	0.003979	0.000233833	0.021923013
1	11.02	2.06	7.57	50264.97	0.000150511	0.010749	0.001273311	0.022093958
Suma =							0.001507144	0.04401697

Tx = 0.496026075 segundos
Ty = 0.371152768 segundos

Como se puede ver, el periodo según esta metodología oscila entre 0.37 y 0.49 segundos.

III.3 Software (SAP2000)

En las figuras 12 y 13 se muestra el modelo analítico estructural en 3D y en la figura 14 y 15 se muestra ya procesado en el software, el valor de TE obtenido es de 0.38 segundos.

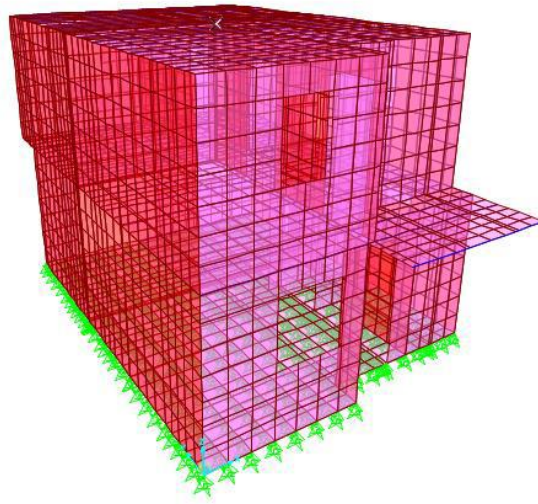


Figura 12. Vista Suroeste en 3D de la vivienda.

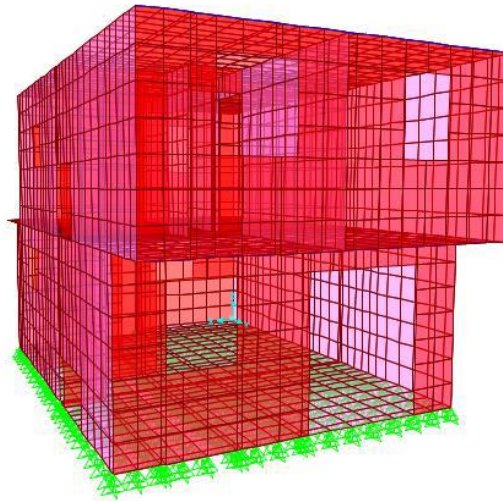


Figura 13. Vista Noreste en 3D de la vivienda.

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0.38001; f = 2.63152

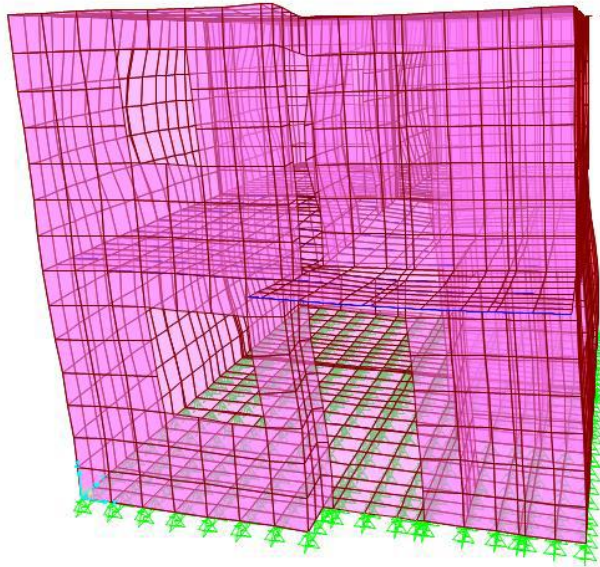


Figura 14. Vista Norte procesada de la vivienda.

Deformed Shape (MODAL) - Mode 1 - T = 0.38001; f = 2.63152

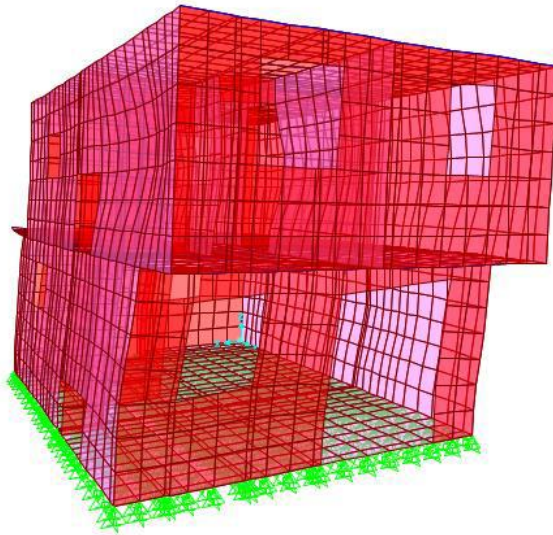


Figura 15. Vista Noreste procesada de la vivienda.

IV. Discusiones y conclusiones

En la tabla 5 se muestran los resultados que se obtuvieron con cada una de las metodologías.

Tabla 5. Resultados de las tres metodologías

Metodología	Periodo (seg)
1. Cocientes espectrales (H/V) (Instrumentación)	0.15
2. Método de análisis sísmico estático (NTC)	0.37 – 0.49
3. Software (SAP 2000)	0.38

Como se puede observar, los periodos (TE) obtenidos con instrumentación como con los métodos analíticos, evidencian una diferencia considerable, por esta razón se realizó el análisis con instrumentación en otro punto de la azotea y el valor obtenido fue el mismo (0.15 seg), también se realizó un análisis con otro equipo (acelerómetro) de reciente adquisición por parte de la Universidad Autónoma de Baja California y el valor de TE esta alrededor de 0.15 segundos.

En tanto que los valores en el rango de 0.37 a 0.49 segundos, son valores que se realizan con una metodología donde los parámetros de carga, características de los materiales, cargas actuantes son valores aproximados que no necesariamente están actuando de manera real en la edificación, y en el caso de la instrumentación, el análisis se hace directamente en la estructura y se registra bajo la filosofía de un solo cuerpo involucrando todos los parámetros actuando con sus condiciones reales. Por ello podemos decir que el rango de los valores para TE con los métodos analíticos son valores conservadores y que habría que validarlos con otras metodologías que utilicen parámetros con una mayor aproximación, como lo es en este caso la instrumentación.

V. Referencias Bibliográficas

- Arroyo, R. G. (2010). *La vivienda guerrerense de adobe*. (C. A. UAGro-UNAM-PUCP, Ed.) Chilpancingo, Guerrero, Mexico.
- Arroyo, R., Guinto, E., Salgado, A., Corona, J., Vargas, A., Cuenca, R., y otros. (2010). *La vivienda guerrerense de adobe* (Vol. I). Chilpancingo, Guerrero, México: Cuerpo Académico UAGro-UNAM-PUCP.
- Bazán, E., & Meli, R. (2010). *Diseño Sísmico de Edificios*. México, D.F.: Limusa, S.A. de C.V.
- Beer, F. y. (s.f.). *Mecánica de Materiales* (Cuarta Edición ed. ed.). Mexico, DF: S. d. McGraw-Hill / Interamericana Editores, Ed., y J. L. Jesus Elmer Murrieta, Trans.
- Beer, F., & Johnston, R. (2007). *Mecánica de Materiales* (Cuarta Edición ed.). (S. d. McGraw-Hill / Interamericana Editores, Ed., & J. L. Jesús Elmer Murrieta Murrieta, Trad.) México, D.F: Miguel Angel Toledo Castellanos.
- Cardenas Velasco, F. (1997). *Construcción, leyes y reglamentos* (1a ed.). México: Cardenas editor y distribuidor.
- González Durán, M., Martínez Martínez, J., Berumen Rodríguez, M., Munguía Rodelo, J., Hernández Sánchez, T., Ramírez Alcantar, R., y otros. (2013). Inspección de las propiedades dinámicas de las viviendas y suelo en el Residencial Sevilla, Mexicali, B.C.
- González Durán, M., Martínez Martínez, J., Berumen Rodríguez, M., Munguía Rodelo, J., Hernández Sánchez, T., Ramírez Alcantar, R., y otros. (2014). Inspección de las propiedades dinámicas en viviendas de mampostería y del suelo que las sustenta, Caso Residencial Sevilla, Mexicali, B.C. México. (A. J. 2014, Ed.) 1051-1058.
- González, M., Hernández, T., Arroyo, R., & Hallack, M. (02 de Noviembre de 2012). Determinación de Períodos Fundamentales de vibrar en la zona habitacional Valle San Pedro, del Municipio de Tijuana, B.C. (S. M. Estructural, Ed.) *XVIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*.
- González, O., & Robles, F. (2012). *Aspectos fundamentales el concreto reforzado* (4a ed.). México: Limusa.

- Harmsen, T. E. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima, Peru: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Meli, R. (2008). *Diseño Estructural* (Segunda Edición ed., Vol. I). (G. N. Editores, Ed.) México, D.F, México: Limusa.
- Meli, R., & Bazán, E. (s.f.). *Diseño Sísmico de Edificios*. Limusa.
- Nakamura, Y. (31 de March de 1989). A method for Dynamics Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. *Railway Technical Reserch Institute, Quarterly Reports*, 30(1), 25-33.
- Ordaz, M., Castellanos, F., & Zapata, A. (2005). *Manual del usos del programa Degtra A4*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ingeniería. México, D.F: Lazares Fernando.
- Rosquillas Navarro, A., & Mendoza Garcilazo, L. (2001). *Herramientas de Evaluación de Riesgo para Diagnóstico de Areas Urbanas contra Desastres Sísmicos*. Proyecto Radius, Caso Tijuana. Tijuana, México: H. Ayuntamiento de Tijuana.
- Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano, B. C. (2012). *Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería*. (S. B. CALIFORNIA, Ed.) Mexicali, Baja California, México.
- Servicio Sismológico Nacional. (23 de mayo de 2014). http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/acerca_del_ssn.jsp. Obtenido de <http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/catalogo1.jsp>: <http://www.ssn.unam.mx/>
- Servicio Sismológico Nacional. (12 de mayo de 2014). *Servicio Sismológico Nacional*, webmaster@sismologico.unam.mx. Obtenido de <http://www.ssn.unam.mx/>: <http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/catalogo1.jsp>
- SIDUE de Baja California, S. (20 de diciembre de 2013). Normas Técnicas Complementarias Estructurales (NTCE) de la Ley de Edificaciones del Estado de Baja California, en Materia de diseño sísmico. *Períodico Oficial del estado de Baja California*, págs. 8-70.

UNAM, U. (04 de abril de 2010). *www.ssn.unam.mx*. Recuperado el 29 de 09 de 2014, de Servicio Sismológico Nacional: *www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/uertes.jsp*

Vélez, L. M. (2008). *Materiales industriales. Teoría y aplicaciones* (Primera Edición ed.). Medellín, Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano.

VI. Anexos

Anexo 1 Cálculo del peso de la estructura

Losa de azotea

	Espesor (m)	Peso Vol. (kg/m ³)	Peso (kg/m ²)
Losa de concreto armado	0.05	2400	120
Carga adicional por especificacion			20
Carga adicional por especificacion			20
Impermeabilizante			15
Instalaciones			10
Recubrimiento de mortero	0.01	2100	21
Total			206 kg/m²

Vigueteta	12 Kg/m
Metros lineales de Vigueteta	70.63
Peso Total Vigueteta	847.56 kg
Area total losa azotea	44.05 m ²
Peso por m ² en losa azotea	22.3 kg/m ²

	kg/m ²
Carga muerta	228.3
Carga viva isntantatea	90
Carga viva accidental	60

1.4 CM + 1.4 CV	445.6 kg/m²
1.1 CM + 1.1 CV + 1.1 CA	416.2 kg/m²

Losa de entrapiso

	Espesor (m)	Peso Vol. (kg/m ³)	Peso (kg/m ²)
Losa de concreto armado	0.05	2400	120
Carga adicional por especificacion			20
Carga adicional por especificacion			20
Instalaciones			10
Recubrimiento de mortero	0.01	2100	21
Total			191 kg/m²

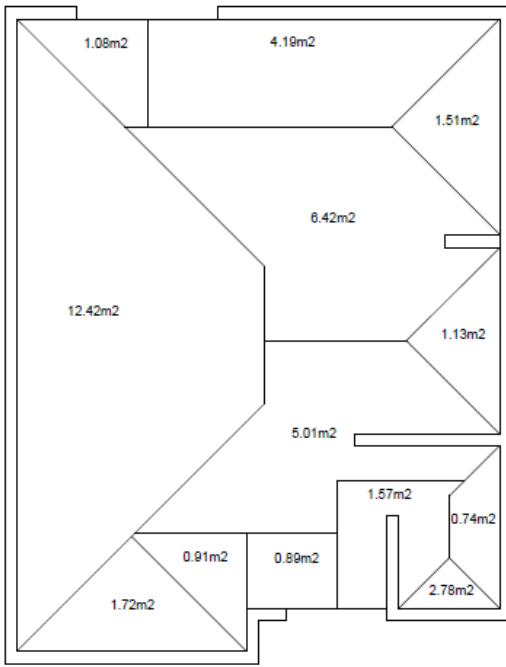
Vigueteta	12 Kg/m
Metros lineales de Vigueteta	81.93 m
Peso Total Vigueteta	983.16 kg
Area total losa azotea	48.18 m ²
Peso por m ² en losa azotea	20.4 kg/m ²

	kg/m ²
Carga muerta	211.4
Carga viva instantanea	90
Carga viva accidental	60

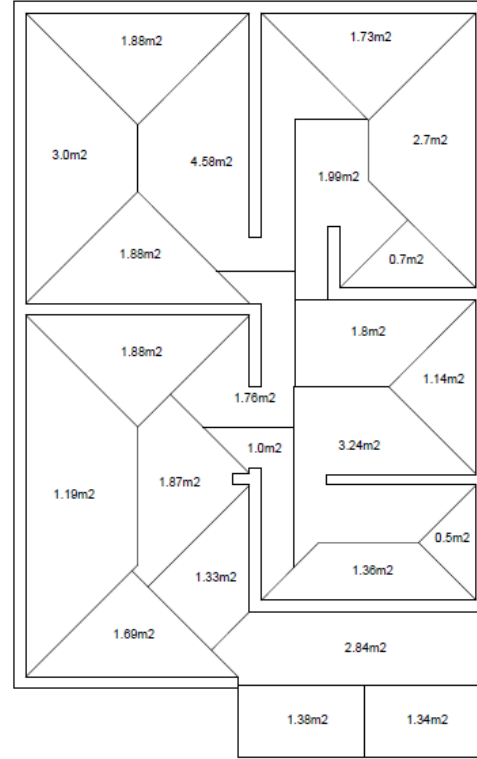
1.4 CM + 1.4 CV	422.0 kg/m²
1.1 CM + 1.1 CV + 1.1 CA	397.5 kg/m²

Determinación del peso de los muros

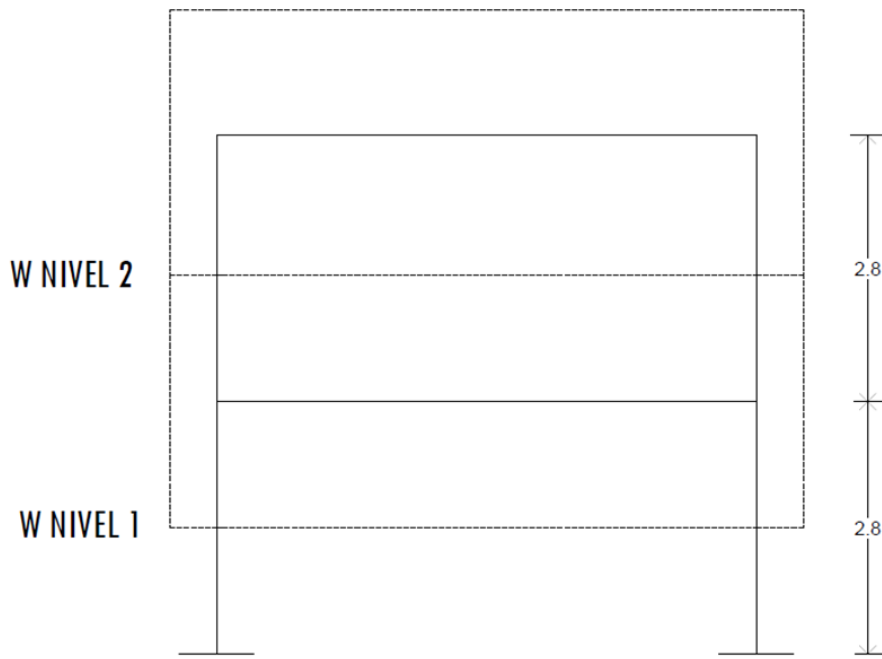
	Espesor (m)	Peso Vol. (kg/m ³)	Peso (kg/m ²)	Altura (m)
Peso del muro	0.12	1700	204	2.8



**PLANTA BAJA
AREAS TRIBUTARIAS**



**PLANTA ALTA
AREAS TRIBUTARIAS**



ESQUEMATIZACION DE PESOS POR NIVEL

Nivel 2 Dirección X							
Muro	Longitud (m)	Area (m2)	Peso del muro (kg)	Area tributaria (m2)	area tributaria (Kg)	Pmuro + Plosa (kg)	Pmuro + Plosa (ton)
3	2.9	4.06	828.24	1.88	837.82	1666.06	1.67
5	2.77	3.878	791.112	1.73	770.97	1562.08	1.56
8	1.87	2.618	534.072	0.7	311.95	846.02	0.85
10	1.89	2.646	539.784	3.24	1443.90	1983.68	1.98
12	2.83	3.962	808.248	4.2	1871.72	2679.96	2.68
13	0.29	0.406	82.824	1.87	833.36	916.18	0.92
15	2.68	3.752	765.408	1.69	753.14	1518.55	1.52
16	2.96	4.144	845.376	3.76	1675.63	2521.01	2.52
						13694	13.69

Nivel 2 Dirección Y							
Muro	Longitud (m)	Area (m2)	Peso del muro (kg)	Area tributaria (m2)	Peso de area tributaria	Pmuro + Plosa (kg)	Pmuro + Plosa (ton)
1	4.57	6.398	1305.192	1.19	530.32	1835.51	1.84
2	3.68	5.152	1051.008	3	1336.94	2387.95	2.39
4	2.75	3.85	785.4	4.59	2045.52	2830.92	2.83
6	3.53	4.942	1008.168	2.7	1203.25	2211.41	2.21
7	0.84	1.176	239.904	1.99	886.84	1126.74	1.13
9	2.28	3.192	651.168	1.14	508.04	1159.21	1.16
11	1.54	2.156	439.824	0.5	222.82	662.65	0.66
14	1.62	2.268	462.672	2.33	1038.36	1501.03	1.50
17	0.95	1.33	271.32	1.76	784.34	1055.66	1.06
						14771	14.77

Nivel 1 Dirección X							
Muro	Longitud (m)	Area (m2)	Peso del muro (kg)	Area tributaria (m2)	Peso de area tributaria	Pmuro + Plosa (kg)	Pmuro + Plosa (ton)
2	0.76	2.128	434.112	1.08	455.73	889.84	0.89
3	3.27	9.156	1867.824	4.19	1768.05	3635.87	3.64
5	0.9	2.52	514.08	6.42	2709.04	3223.12	3.22
7	1.72	4.816	982.464	5.01	2114.06	3096.53	3.10
9	1.31	3.668	748.272	2.78	1173.07	1921.34	1.92
11	0.4	1.12	228.48	0.89	375.55	604.03	0.60
13	2.78	7.784	1587.936	1.72	725.79	2313.72	2.31
						15684	15.68

Nivel 1 Dirección Y							
Muro	Longitud (m)	Area (m2)	Peso del muro (kg)	Area tributaria (m2)	area tributaria (Kg)	Pmuro + Plosa (kg)	Pmuro + Plosa (ton)
1	7.38	20.664	4215.456	12.42	33.97	4249.43	4.25
4	2.61	7.308	1490.832	1.51	279.45	1770.28	1.77
6	2.26	6.328	1290.912	1.13	373.42	1664.34	1.66
8	2.02	5.656	1153.824	0.74	570.23	1724.05	1.72
10	1.05	2.94	599.76	1.57	268.77	868.53	0.87
12	0.49	1.372	279.888	0.91	463.70	743.59	0.74
						11020	11.02

Peso Total de la Estructura	55.17 ton
------------------------------------	------------------

Anexo 2. Calculo de fuerzas sísmicas de cada entrepiso

Direccion X

Nivel	Wi (ton)	hi (m)	Wihi (ton*m)	Pi (ton)	Vi (ton)
2	13.69	5.6	76.68	5.48	5.48
1	15.68	2.8	43.92	3.14	8.62
Suma	29.38		120.60		

Direccion Y

Nivel	Wi (ton)	hi (m)	Wihi (ton*m)	Pi (ton)	Vi (ton)
2	14.77	5.6	82.72	5.51	5.51
1	11.02	2.8	30.86	2.06	7.57
Suma	25.79		113.57		