



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES DE INGENIERÍA**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO: INGENIERÍA CIVIL**

**ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA CIMENTACIÓN DE UN  
EDIFICIO EN LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE CAMPECHE**

**TESINA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**ESPECIALISTA EN ESTRUCTURAS**

**PRESENTA:**

**ISIS GALIA ZAZUETA MARTÍNEZ**

**DIRECTOR DE TESINA**

**M.I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN**



**MÉXICO, D.F.**

**FEBRERO, 2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros, por su alegría contagiosa que me ayudo a resistir el camino a recorrer.

A mi asesor, el Ing. López Rincón por su paciencia e invaluable consejos que me ayudaron a alcanzar esta meta.

A todos mis profesores, por su amor a la enseñanza y el compartir de sus experiencias que ampliaron mi visión.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme formar parte de sus filas y demostrar que “Por mi raza hablará el espíritu”.



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y DE LA ESTRUCTURA</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Comportamiento característico del suelo del lugar y su problemática.</b>	<b>5</b>
1.1.1 Comportamiento típico documentado.	5
1.1.2 Antecedentes de las arcillas calcáreas en el resto del mundo.	7
1.1.3 Informe del estudio de Mecánica de suelos realizado en el sitio.	8
<b>1.2 Descripción de la estructura del edificio.</b>	<b>10</b>
1.2.1 Cálculo de las cargas de diseño que interactúan con la estructura.	11
<b>1.3 Cimentación propuesta.</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO II. INTERACCIÓN ESTÁTICA</b>	<b>21</b>
<b>2.1 Interacción estática suelo- estructura.</b>	<b>21</b>
2.1.1 Determinación de las propiedades esfuerzo deformación del suelo.	21
2.1.2 Establecimiento de parámetros para la Interacción suelo-estructura.	26
<b>2.2 Análisis de la cimentación considerando la interacción suelo- estructura.</b>	<b>28</b>
2.2.1 Información analizada por RIGIDISE.	29
2.3 Análisis de la retícula de cimentación considerando la interacción suelo- estructura.	31
2.3.1 Definición de las secciones utilizadas.	32
2.3.1.1 Contratraves.	32
2.3.1.2 Losa.	33
2.3.2 Geometría.	34
2.3.2 Análisis y resultados.	37
2.3.4 Comparación con el modelo de apoyos empotrados.	45
<b>CAPÍTULO III. INTERACCIÓN DINÁMICA.</b>	<b>49</b>
<b>3.1 INTERACCIÓN SUELO- CIMENTACIÓN- ESTRUCTURA POR ACCIONES DINÁMICAS.</b>	<b>49</b>
3.1.1 Sismo.	51
3.1.2 Viento.	52

<b>CAPÍTULO IV. DISEÑO ESTRUCTURAL</b>	<b>57</b>
<b>4.1 Diseño estructural de la cimentación con interacción suelo- estructura.</b>	<b>57</b>
4.1.1 Diseño de losa.	64
4.1.2 Diseño de contratrabe.	66
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>69</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>69</b>
<b>ANEXOS Y APÉNDICE</b>	<b>75</b>

## INTRODUCCIÓN

No existen muchos estudios del subsuelo de la ciudad de San Francisco de Campeche, ya que debido a su baja categoría sísmica, no se le ha tomado una importancia adecuada; muy diferente a lo que ocurre a unos cuantos kilómetros en la Sonda de Campeche, de donde es bien sabido que proviene la mayor producción de petróleo del país por PEMEX; y por consiguiente sí existen una gran variedad de estudios. Lamentablemente, no se pueden generalizar las condiciones de un suelo completamente saturado a uno donde no se encontró nivel freático. Sin embargo, sirve para dar una idea sólida de las características de la región.

El objetivo de esta tesina es proponer, analizar y diseñar la cimentación de un edificio en la zona de la capital del estado de Campeche, ya que al tener un suelo calcáreo conocido como “sascab” de poco estudio, implica un reto el diseño de dicha subestructura.

Al modelar el edificio fue necesario establecer parámetros que todo ingeniero embebido en las estructuras requiere conocer.

Uno de los puntos que se abarca es la interacción suelo- estructura, la cual se ha venido desarrollando desde hace tiempo y que hasta la fecha no se basa en una teoría que nos permita modelar al suelo con el 100% de confiabilidad debido a los múltiples factores que dirigen su comportamiento.

Usualmente se maneja por separado el diseño estructural de la superestructura de la subestructura (cimentación), tomando en cuenta la colaboración de ambos especialistas, tanto del área de mecánica de suelos como de estructuras.

Con el fin de unir ambas partes, he dedicado parte de este trabajo a comprender y marcar las diferencias entre hacer un proceso desde el punto de vista de estructuras con poca importancia a la modelación del subsuelo y considerando los apoyos empotrados; y desde el punto de vista que considera una interacción suelo- estructura, que incluye el modelo completo del edificio junto con la cimentación y la modelación del suelo con resortes que procuran parecerse en lo más posible a la rigidez de lo que representan.

Al revisar el trabajo se podrá concluir si estos métodos representan grandes diferencias que ameritan el esfuerzo de la realización de la interacción suelo- estructura en un lugar donde se tiene baja sismicidad y cuando el edificio a modelar no resulta ser de gran altura.

A continuación un resumen del contenido por capítulo.

### **CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y DE LA ESTRUCTURA**

Se darán a conocer características del suelo y su comportamiento típico documentado, así como la descripción de la estructura del edificio. En base al comportamiento del suelo y a su problemática, y tomando en cuenta las características de la estructura, se propondrá una cimentación que será analizada a lo largo de la tesina.

## **CAPÍTULO II. INTERACCIÓN ESTÁTICA**

Considerando que el propósito de la interacción estática suelo- estructura es llevar a cabo un análisis estructural tomando en cuenta el efecto de la rigidez del terreno. Se llevará a cabo con el fin de obtener los hundimientos diferenciales y las reacciones del terreno sobre la cimentación, permitiendo determinar los diagramas de momento flexionante y fuerza cortante en la estructura de cimentación, considerando la influencia de la rigidez del suelo de cimentación, con el propósito de conducir a un diseño racional de dicha subestructura.

Considerando los parámetros del suelo se definirá una matriz que permita calcular las deformaciones del suelo. Posteriormente se analizará en forma de retícula sometida a las acciones de la estructura. Del análisis se obtendrán las reacciones en los resortes, cuyas constantes se irán ajustando de acuerdo a las deformaciones del suelo en una serie de ciclos de aproximaciones sucesivas hasta lograr concordancia entre los valores supuestos y los resultados obtenidos; y de esta manera concluir si tiene o no relevancia la interacción suelo- estructura.

## **CAPÍTULO III. INTERACCIÓN DINÁMICA**

Se estudiarán los efectos del suelo en la respuesta dinámica de la estructura. Considerando la acción del viento, se analizarán las fuerzas laterales generadas en la estructura, ya que darán lugar a fuerzas de corte en la base y a momentos de volteo y de torsión. De igual manera se tomarán en cuenta las fuerzas laterales debido a sismo y se evaluará su importancia en el diseño.

## **CAPÍTULO IV. DISEÑO ESTRUCTURAL**

Con la información recabada se procederá a realizar el diseño estructural de la cimentación.

---

---

## CAPÍTULO I. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO Y DE LA ESTRUCTURA

### 1.1 Comportamiento característico del suelo del lugar y su problemática

#### 1.1.1 Comportamiento típico documentado

La información en la que se basa este capítulo procede de datos recopilados en visitas realizadas al lugar y en estudios del subsuelo efectuados en diferentes obras. Aunque la información obtenida es escasa, proporciona una idea general de las condiciones del subsuelo de la Ciudad de Campeche. (Springall, 1972).

#### Zonificación del suelo

Cuatro tipos principales de rocas y suelos cubren la superficie del terreno en la ciudad y áreas suburbanas, a saber, roca caliza, rellenos artificiales, sahcab y acalché. Dicha zonificación se distribuye irregularmente.

#### Zona rocosa

La zona de roca caliza abarca el centro de la ciudad, extendiéndose al Oeste hasta llegar a las zonas de acalché de las colonias Prado y Burócratas, para aflorar de nuevo en la Ciudad Universitaria. Hacia el Este, las cimentaciones se desplantan también sobre la roca que se encuentra a poca profundidad, pero a partir de la colonia Santa Ana vuelve a encontrarse el acalché que se extiende hacia el Sureste.

La caliza en general aflora en el fondo marino, como ocurría originalmente en los terrenos que hoy se ocupan; su espesor es reducido y yace sobre arcillas marinas.

Es conocida la existencia de cavidades naturales en la región, en particular en los sitios donde aflora la caliza y el sahcab, debido a las características cársicas de la región.

#### Zona de rellenos

Representado en la figura 1.1 es el área ganada al mar, donde se hicieron estudios para la cimentación de unos edificios de oficinas y de tres pisos. El subsuelo está constituido en los primeros 2.5m por rellenos artificiales de sahcab, colocados sobre la capa delgada de roca caliza que se extiende en el fondo marino, debajo de las cuales existen suelos limosos de compacidad variable, debido al grado de cementación también variable.

A partir de 8.5 m de profundidad el subsuelo se identificó como arcilla marina con carbonato de calcio, de consistencia firme a dura. La resistencia a la compresión no confinada y el peso volumétrico tienen valores que oscilan entre 7.5 y 14.5 kg/cm<sup>2</sup>, y entre 1.88 y 2.00 ton/m<sup>3</sup>, respectivamente.

El comportamiento de las cimentaciones de edificios localizados en la zona ganada al mar, desplantados bajo rellenos, es satisfactorio, incluyendo aquellos que transmiten descargas altas al subsuelo a través de columnas.

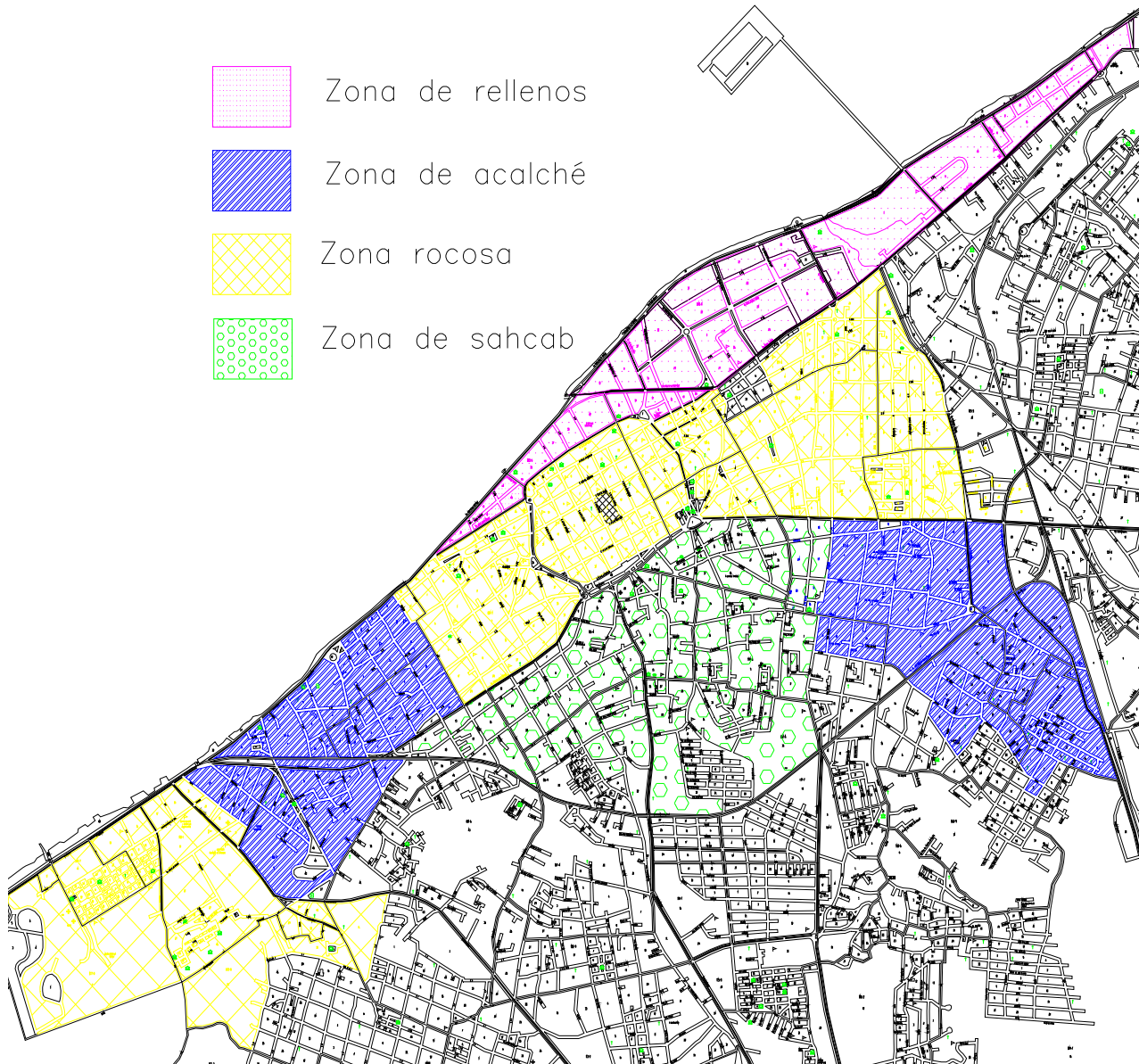


Figura 1. 1 Croquis de la Ciudad que muestra la zonificación del suelo hasta datos de 1972

## Zona de sahcab

De los estudios petrográficos se concluye que la capa de roca calcárea se identifica como caliza fragmentada de color café claro, fosilífera, porosa, de dureza variable, con alto contenido de arena. El denominado sahcab se identifica como caliza, fosilífera, blanca y café claro, con fragmentos duros y frágiles y material arcilloso. (Springall, 1972).

En esta zona de sahcab hay cavidades subterráneas, al parecer cavidades artificiales producto de la explotación del sahcab para utilizarlo en la construcción. Actualmente, el sahcab para la construcción se obtiene de sahcaberas existentes en cerros como los del poblado de Chiná.



Figura 1. 2 Muestra de explotación de Sahcab.

## Zona de acalché

El acalché es el nombre típico con el que se identifica a una arcilla de alta plasticidad, del grupo CH. Es susceptible a experimentar cambios volumétricos al variar el contenido de agua. Su comportamiento en cimentaciones y pisos debe tomarse en cuenta, especialmente en aquellos sitios donde el nivel freático está cercano a la superficie y sujeto a variaciones estacionales, así como en aquellos otros donde el drenaje superficial es poco o nada eficiente.

### 1.1.2 Antecedentes de las arcillas calcáreas en el resto del mundo

Las arcillas calcáreas y salinas abundan en el Cercano Oriente y Oriente Medio. También se encuentran en la llanura de Mesopotamia en Irak, las llanuras costeras del levante y suroeste del Irán, la costa de África del Norte, las islas del Mediterráneo, en la meseta de piedra caliza de Jordania y en Utah y Nevada, Estados Unidos. (Tomlinson, 1972).

Estos suelos se han formado por la acumulación de minerales arcillosos en aguas salinas o ricas en cal. Los depósitos aumentan a base de arena y polvo arrastrados por el viento. El perfil de las

arcillas calcáreas es enteramente similar en los países áridos y semiáridos del Cercano Oriente y Oriente Medio. Comprenden una costra superficial de 1.80m o más de espesor, de arcilla reseca bastante dura, sobre arcilla húmeda más blanda. La costra de la superficie no suele ablandar a una profundidad apreciable por las lluvias de invierno.

Esta costra tiene una capacidad de carga adecuada para soportar estructuras ligeras; sin embargo, las estructuras pesadas que requieran amplias cimentaciones para transmitir las cargas a los estratos subyacentes, blando y compresibles, pueden sufrir serios asentamientos; a menos que estas cimentaciones sean a base de pilotes introducidos hasta estratos menos susceptibles a la compresión. Las arcillas calcáreas presentan cambios de volumen muy pronunciados al variar el contenido de humedad y en los sitios en los que son muy marcados, como los inviernos húmedos y los veranos secos de los países costeros del Mediterráneo, los movimientos del suelo se extienden a profundidades de 4.5m o más bajo el nivel del terreno, requiriéndose precauciones especiales en el proyecto de cimentación.

En los países que no tienen marcadas diferencias entre los aguaceros de las distintas estaciones, como es el caso de Campeche aquí discutido, y como el sur de Irak, los movimientos del suelo no constituyen un serio problema. En algunas regiones, la costra es una aglomeración débilmente consolidada de arena o partículas arcillosas, resultante probablemente de la acumulación que producen los vientos. Estos suelos pueden hundirse en caso de inundaciones combinadas con una carga de cimentación excesiva. (Tomlinson, 1972).

### **1.1.3 Informe del estudio de Mecánica de suelos realizado en el sitio**

El área en estudio se ubica cerca de la Glorieta donde confluyen las Avenidas: Maestros Campechanos y José López Portillo de la ciudad de San Francisco de Campeche. (Ver anexo L-1)

#### Trabajos de exploración

El análisis de las características físico - mecánicas de los materiales existentes en el área en estudio, se realizó mediante equipo de penetración estándar. Se efectuó un sondeo, cuya profundidad alcanzó los 6.80 metros. (Estudio de mecánica de suelos realizado en el sitio, 2006)

Durante la exploración de los materiales existentes en la zona, al encontrarse materiales arcillosos se procedió al muestreo inalterado de los suelos encontrados mediante el hincado de tubo Shelby, que sirvió para determinar sus pesos volumétricos y contenidos de agua natural, que en el laboratorio permitieron conocer sus características físicas para su clasificación y mecánicas para estimar la capacidad de carga y deformación.



## Estratigrafía

Se obtuvo la siguiente estratigrafía:  
SONDEO ÚNICO

- 1er. Estrato: Está compuesto por arcilla de alta compresibilidad (CH), suave, color café oscuro., su espesor es de 0.30 m.
- 2do. Estrato: Presenta material arena limosa (SM) medianamente compacta, color crema., y su espesor es de 1.30 m.
- 3er. Estrato: Lo constituye arcilla de alta compresibilidad (CH), poco firme, color ocre oscuro con vetas grises., su espesor es de 1.40 m.
- 4to. Estrato: Exhibe arcilla de alta compresibilidad (CH), firme, color ocre claro, su espesor es de 1.40 m.
- 5to. Estrato: Lo constituye arcilla de alta compresibilidad (CH), firme, color ocre oscuro., su espesor estudiado es de 2.40 m.

El nivel de aguas freáticas (N .A .F.) no se detectó a los 6.80 metros de profundidad estudiados.

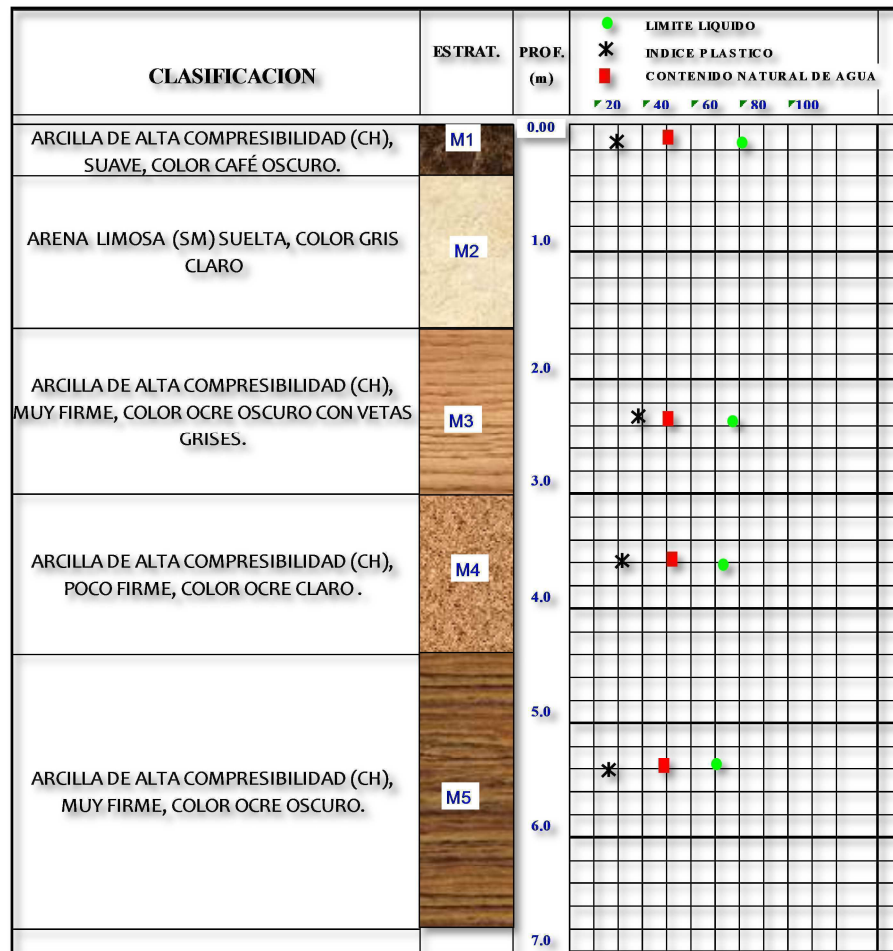


Figura 1. 3 Estratigrafía

## TRABAJOS DE LABORATORIO

A las muestras alteradas e inalteradas de los suelos encontrados, se les practicaron pruebas de: análisis granulométrico y límites de consistencia, con la finalidad de clasificarlos; e igualmente, mediante las pruebas respectivas, el peso volumétrico seco suelto de cada estrato; así como las pruebas de consolidación y de veleta. (Ver anexos L-3A, L-3B, L-4A y referencia de estudio de mecánica de suelos).

## RESULTADOS OBTENIDOS

De las diversas pruebas realizadas a los suelos encontrados, se obtuvieron los resultados siguientes:

ESTRATO (cm)	00 - 30	30 - 150	150 - 300	300 - 440	440 - 680
PESO VOLUMÉTRICO (kgf/m <sup>3</sup> .)	1490	1710	1815	1922	1920
NÚMERO DE GOLPES	----	7	----	----	----
COHESIÓN (Ton/m <sup>2</sup> .)	----	----	5.36	11.32	12.71
CLASIFICACIÓN	CH	SM	CH	CH	CH

Tabla 1. 1

### 1.2 Descripción de la estructura del edificio

El presente proyecto se basa en el Reglamento de Construcciones del municipio de Campeche, así como en las Normas Técnicas Complementarias del DF (2004) y las normas actuales de CFE para viento y sismo.

La clasificación de los edificios en función al número de niveles es relativa, sin embargo, algunos ingenieros consideran la siguiente:

Edificios Bajos.	De 1 a 5 niveles.
Edificios Medianos.	De 6 a 10 niveles.
Edificios Altos.	De 11 niveles en adelante.

En este caso se tomará para el proyecto un edificio bajo de 2 niveles, de concreto reforzado, cuyo uso está destinado es ser una escuela de gastronomía, se clasifica como edificio tipo A.

La estructura está formada por marcos de columnas y vigas que soportan el sistema de piso: losa plana aligerada. Para llevar a cabo la modelación se recurrió al programa SAP 2000 V.15.0 donde el sistema de piso fue representado con nervaduras (elementos viga de diferente espesor) y elementos Shell con un espesor de 5cm.

## Dimensiones

En el anexo A se encuentran los planos arquitectónicos del edificio. Éste se desplanta en un área aproximada de  $1500\text{m}^2$ .

Las columnas del edificio son cuadradas de  $50 \times 50\text{cm}$ , hechas de concreto reforzado de  $f'c=300\text{kg/cm}^2$ .

## Materiales

Los materiales considerados para el análisis de cargas serán los encontrados a disponibilidad, de fácil manejo y colocación, con tal de aproximarse a las especificaciones del plano arquitectónico.

### *Peso muerto de losas de concreto*

El peso muerto calculado de losas de concreto de peso normal coladas en el lugar se incrementará en  $0.2\text{ kN/m}^2$  ( $20\text{ kg/m}^2$ ). Cuando sobre una losa colada en el lugar o pre colada, se coloque una capa de mortero de peso normal, el peso calculado de esta capa se incrementará también en  $0.2\text{ kN/m}^2$  ( $20\text{ kg/m}^2$ ) de manera que el incremento total será de  $0.4\text{ kN/m}^2$  ( $40\text{ kg/m}^2$ ). Tratándose de losas y morteros que posean pesos volumétricos diferentes del normal, estos valores se modificarán en proporción a los pesos volumétricos.

### *Disposiciones generales*

Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberán tomar en consideración las siguientes disposiciones:

- La carga viva máxima  $W_m$  se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como para 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 carga 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.

## Cargas consideradas

### 1.2.1 Cálculo de las cargas de diseño de la estructura

#### Cargas Vivas de Diseño

Descripción	W (kgf/m <sup>2</sup> )	W <sub>a</sub> (kgf/m <sup>2</sup> )	W <sub>m</sub> (kgf/m <sup>2</sup> )
Salones	100	180	250
Gimnasio (cancha de juego)	40	250	350
Azotea ≤ 5%	15	70	100
Azotea > 5%	5	20	40
Restaurantes	40	250	350

### Cargas muertas de diseño

CONCEPTO	MATERIAL	ESPESOR (m)	PESO VOLUMETRICO (kgf/m <sup>3</sup> )	W (kgf/m <sup>2</sup> )
Azotea	Instalaciones y plafones			40.00
	Carga muerta adicional			20.00
	Relleno para dar pendiente e impermeabilizante			95.00
	<b>Total</b>			<b>155.00</b>
Cancha de usos variados	Polietileno	0.012	952	11.42
	Instalaciones y plafones			40.00
	Carga muerta adicional			40.00
	Entortado	0.03	2200	66.00
<b>Total</b>			<b>157.42</b>	
Domo	Perfil de acero de 4"			10.00
	Vidrio de 6 mm	0.006	2500	15.00
<b>Total</b>			<b>25.00</b>	
Elevador	Perímetro de elevador		m	10.40
	Peso del elevador		kg	2500.00
<b>Total</b>			<b>240.38</b>	
Planta tipo	Loseta			40.00
	Pega azulejo	0.008	2200	17.60
	Firme de mortero	0.03	2200	66.00
	Carga muerta adicional			40.00
	Instalaciones y plafones			40.00
<b>Total</b>			<b>203.60</b>	
Relleno en salones	Tezontle	0.41	900	369.00
		0.87	900	783.00
Muros interiores	Aplanado x 2 lados	0.02	2200	44.00
	Muro con mortero			103.20
<b>Total</b>			<b>147.20</b>	

<b>Muros exteriores</b>	Aplanado x 2 lado	0.02	2200	44.00
	Recubrimiento de piedra			80
	Muro con mortero			103.20
<b>Total</b>				<b>227.20</b>

Tabla 1. 2 Cálculo de cargas de diseño

Las cargas en las fachadas se harán con carga uniformemente distribuida considerando las cargas muertas. Análisis por metro lineal.

#### CARGAS A FACHADA

	Concepto	Largo (m)	Alto (m)	Área (m <sup>2</sup> )	W (kgf/m <sup>2</sup> )	W (kgf/ml)
PRETIL AZOTEA	Pretil de azotea	1	2	2	227.20	<b>454.40</b>
VENTANA 1	Ventana t1	1	2.45	2.45	18.56	18.56
	Corniza	1	2.05	2.05	227.20	465.76
	Pecho paloma	1	0.9	0.45	80.00	36.00
						<b>520.32</b>
MUROS	Muros exteriores	1	4.5	4.5	227.20	1022.40
	Pecho paloma	1	0.9	0.45	80.00	36.00
						<b>1058.40</b>
VENTANA 2	Ventana t2	1	2.96	2.96	18.56	54.93
	Corniza	1	1.55	1.55	227.20	352.16
	Pecho paloma	1	0.9	0.45	80.00	36.00
						<b>443.09</b>
PRETIL BALCON	Balaustrada	1		4	13	52
	Guarnicion	1	0.45	0.45	330	148.5
						<b>200.5</b>

Tabla 1. 3 Cargas a fachada.

#### PROYECTO PRE DIMENSIONAL

Con base a los planos del proyecto, se diseñará con las dimensiones especificadas, considerando las columnas con un análisis de bajada de cargas por áreas tributarias hasta la base en el nivel cero. Véase planos en el anexo A.

### Área tributaria planta alta

Se presenta el área tributaria de las columnas en el nivel 2.

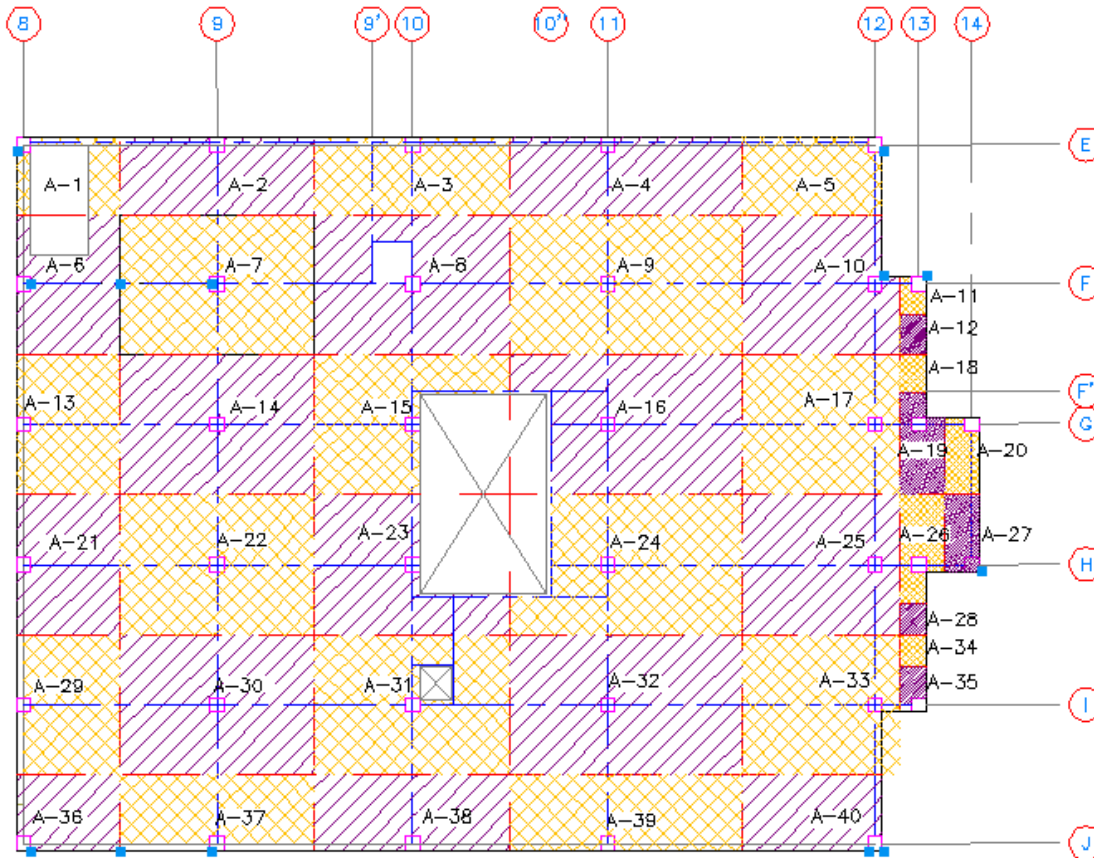


Figura 1. 4 Áreas tributarias del primer nivel

Resumen de las áreas mostradas considerando carga muerta de diseño y la carga viva máxima soportada para un edificio destinado a salones de dase.

$$P = At \cdot W$$

$$P = At \cdot (Cm + Cv)$$

Sección	Área (m <sup>2</sup> )	Cm (kgf/m <sup>2</sup> )	Cv (kgf/m <sup>2</sup> )	P=At*W (kgf)
A-2	35.81	203.60	250.00	16244.55
A-3	36.00	203.60	250.00	16329.60
A-4	42.56	203.60	250.00	19306.35
A-5	25.88	203.60	250.00	11736.90
A-6	29.18	203.60	250.00	13237.14
A-7	65.42	203.60	250.00	29673.33
A-8	62.53	203.60	250.00	28365.47
A-9	77.75	203.60	250.00	35266.27

A-10	49.94	203.60	250.00	22654.46
A-11	1.96	203.60	250.00	886.83
A-12	3.16	203.60	250.00	1431.61
A-13	35.19	203.60	250.00	15962.14
A-14	65.89	203.60	250.00	29889.93
A-15	43.45	203.60	250.00	19706.65
A-16	68.77	203.60	250.00	31195.39
A-17	52.61	203.60	250.00	23863.31
A-18	3.15	203.60	250.00	1428.61
A-19	10.22	203.60	250.00	4634.93
A-20	6.45	203.60	250.00	2927.58
A-21	35.19	203.60	250.00	15962.14
A-22	65.89	203.60	250.00	29889.93
A-23	43.44	203.60	250.00	19705.79
A-24	68.77	203.60	250.00	31195.02
A-25	52.61	203.60	250.00	23863.31
A-26	10.22	203.60	250.00	4634.93
A-27	3.15	203.60	250.00	1428.61
A-28	6.45	203.60	250.00	2927.58
A-29	35.19	203.60	250.00	15962.14
A-30	65.89	203.60	250.00	29889.93
A-31	63.84	203.60	250.00	28957.78
A-32	78.32	203.60	250.00	35523.68
A-33	50.29	203.60	250.00	22809.68
A-34	3.15	203.60	250.00	1430.06
A-35	1.95	203.60	250.00	883.66
A-36	18.87	203.60	250.00	8559.39
A-37	35.34	203.60	250.00	16027.96
A-38	35.52	203.60	250.00	16111.87
A-39	42.00	203.60	250.00	19048.93
A-40	25.53	203.60	250.00	11580.41

1466.62

Pmax= 35523.68 kg

Tabla 1. 4 Cargas de áreas

La carga máxima que soporta una columna es de P= 35.52 toneladas por lo que se multiplicará por los niveles soportados, en este caso son 2 niveles.

$$P_u = FC * P$$

$$P = 2 * P_{max}$$

$$P_u = 1.5 * (2 * 35.52) = 106.56 \text{ Ton}$$



Para conocer el área de la columna se procederá con la siguiente fórmula con una resistencia del concreto de  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$ .

$$A = Pu / [0.25 * f'c]$$

$$A = 106560 / [0.25 * 300] = 1420.8 \text{ cm}^2$$

Al ser columna cuadrada, su lado es de 37.69 cm.

$$c = (A)^{0.5} = (1420.8)^{0.5} = 37.69 \text{ cm}$$

Se propone una columna cuadrada de 45X45 cm para poder soportar la acción sísmica. Por el momento se suponen los apoyos empotrados.

El modelo quedó de la siguiente manera:

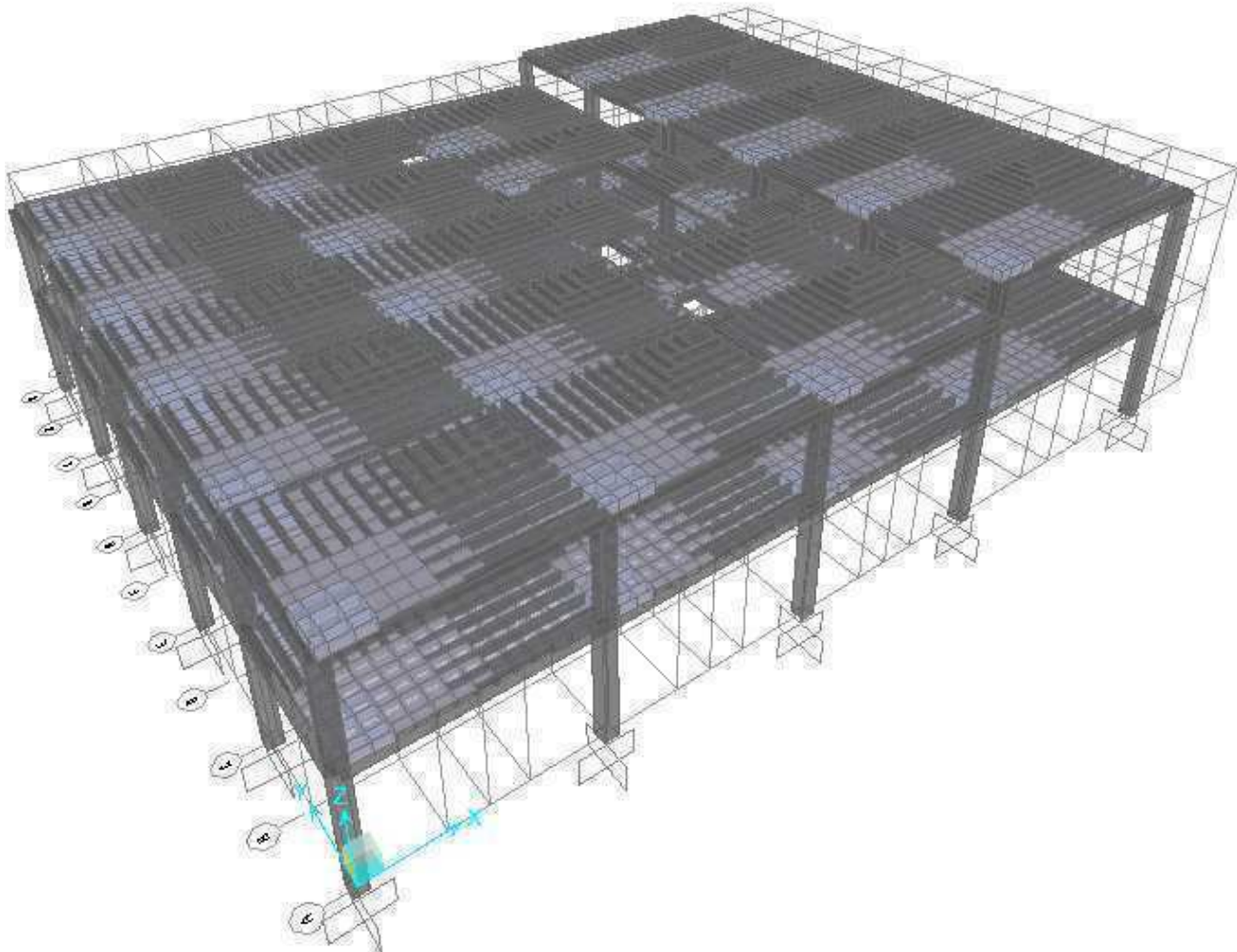


Figura 1. 5 Vista extruida del modelo en 3D



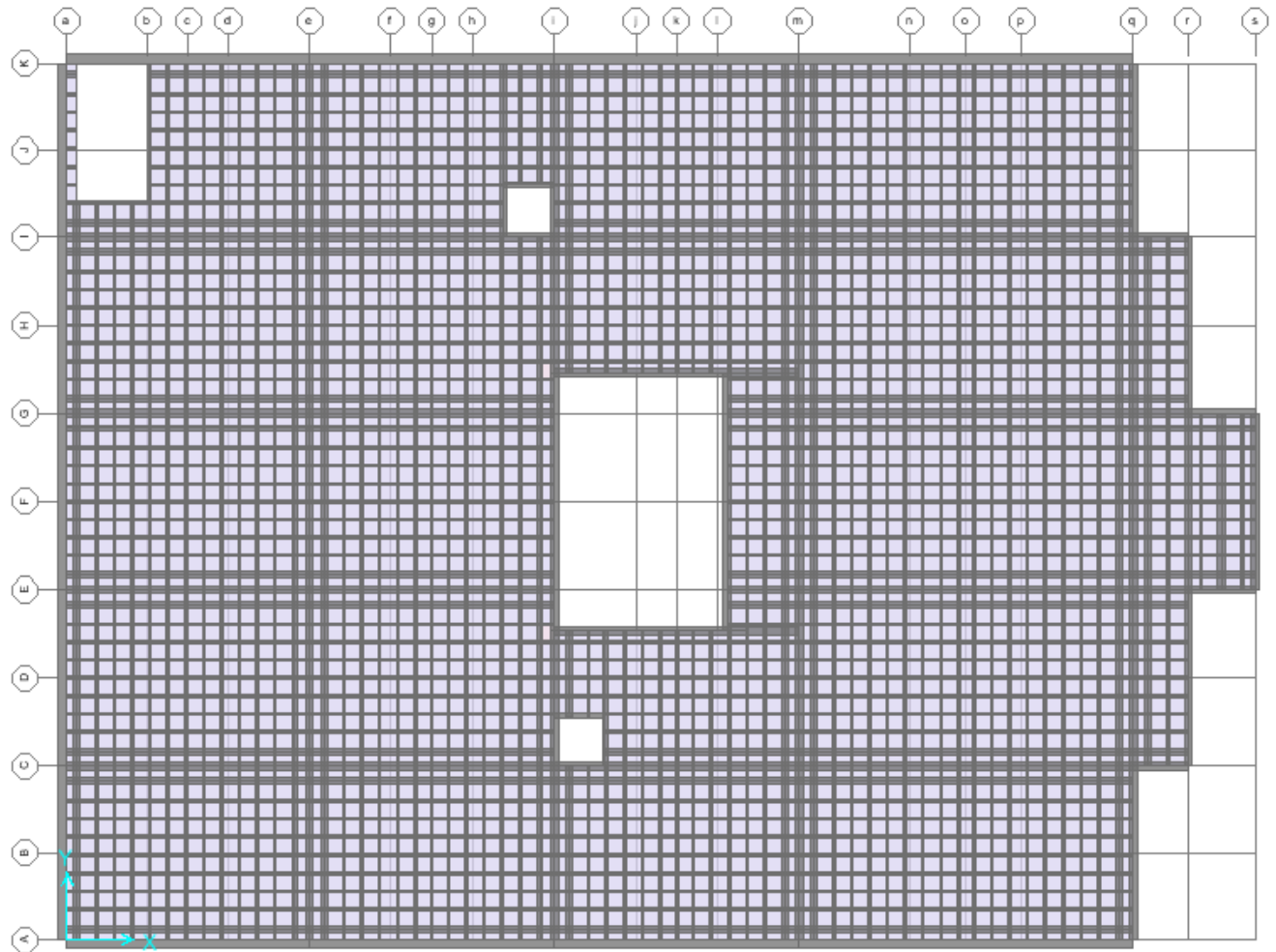


Figura 1. 6 Vista extruida del primer nivel, en 2D

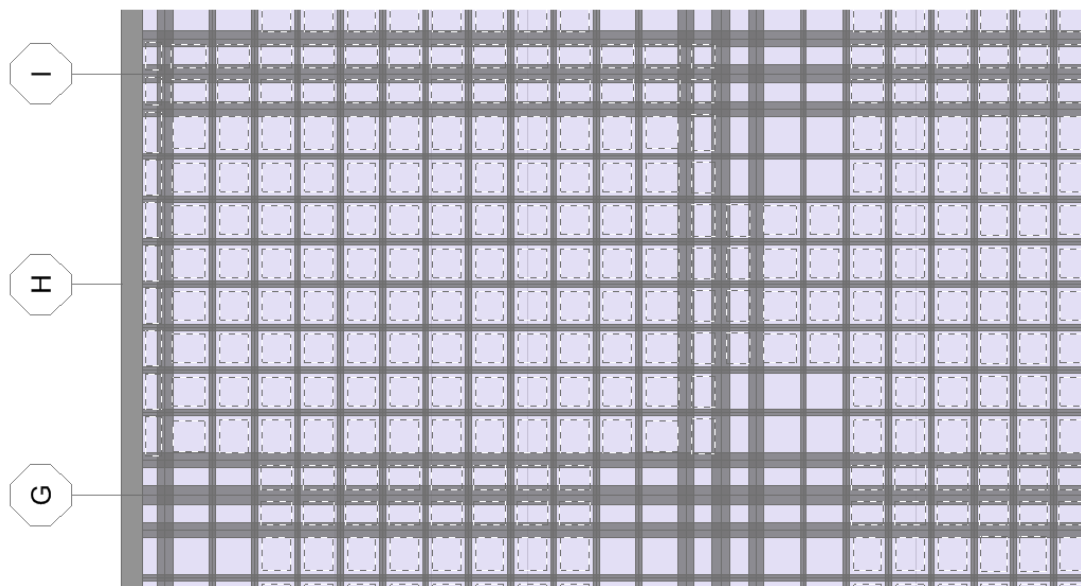


Figura 1. 7 Detalle de modelo del sistema de piso

### 1.3 Cimentación propuesta

Es importante conocer el área a cubrir así como la bajada de cargas, y hacer uso de la normatividad para proponer una cimentación adecuada.

De acuerdo a las NTC 2004 la carga viva máxima  $W_m$  se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como para el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales.

Para estados límite de servicio, el factor de carga será unitario en todas las acciones; y en estados límite de falla se aplicará un factor de carga de 1.1 al peso propio del suelo y a los empujes laterales de éste. (Sección 3.2 cimentaciones).

Respecto a los factores de carga se usará  $F_R=0.35$  para la capacidad de carga ante cualquier combinación de acciones en la base de zapatas de cualquier tipo en la zona I, zapatas de colindancia desplantadas a menos de 5 m de profundidad en las zonas II y III y de los pilotes y pilas apoyados en un estrato resistente; hay que recordar que se habla del suelo de la ciudad de San Francisco de Campeche, sin embargo debido a su estratigrafía es comparable con el suelo zona II.

Considerando que el suelo está formado por arcillas de alta compresibilidad y debido a que es un edificio de dos niveles pero de un tamaño considerable, se sugiere en primera instancia una losa de cimentación.

La misión de una losa de cimentación es distribuir la carga en una zona tan ancha como sea posible, dando a la subestructura una rigidez suficiente para salvar áreas locales de suelos más débiles o más compresibles. El grado de rigidez que proporciona la placa reduce asimismo el asentamiento diferencial.

Los cajones de cimentación y las losas de cimentación se diseñan sobre los mismos principios, aunque los primeros poseen una función adicional llamado compensación en el que se equilibra el peso del suelo excavado por la carga a aplicar (edificio). (Tomlinson, 1972).

Se realiza el pre-dimensionamiento en base a la figura 1.8

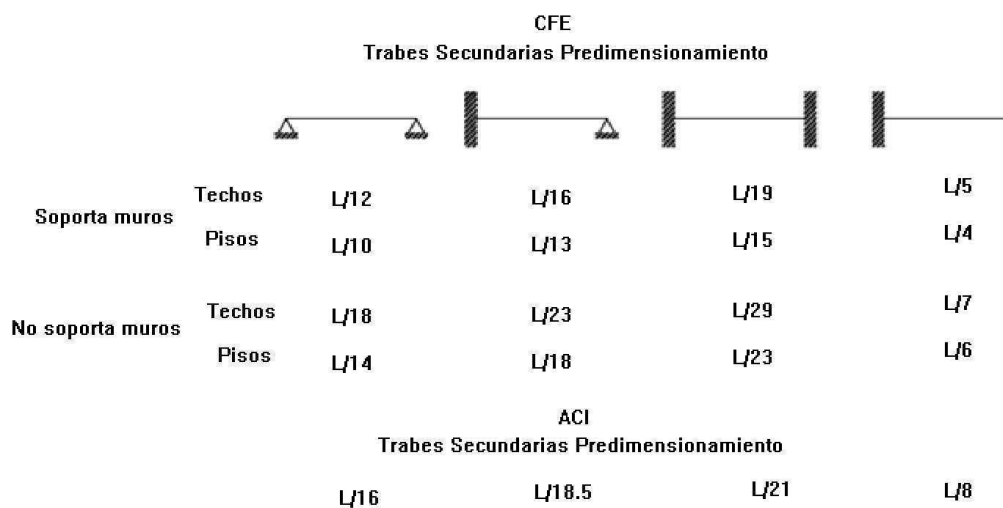


Figura 1. 8 Pre-dimensionamiento en trabes secundarias por ACI y CFE

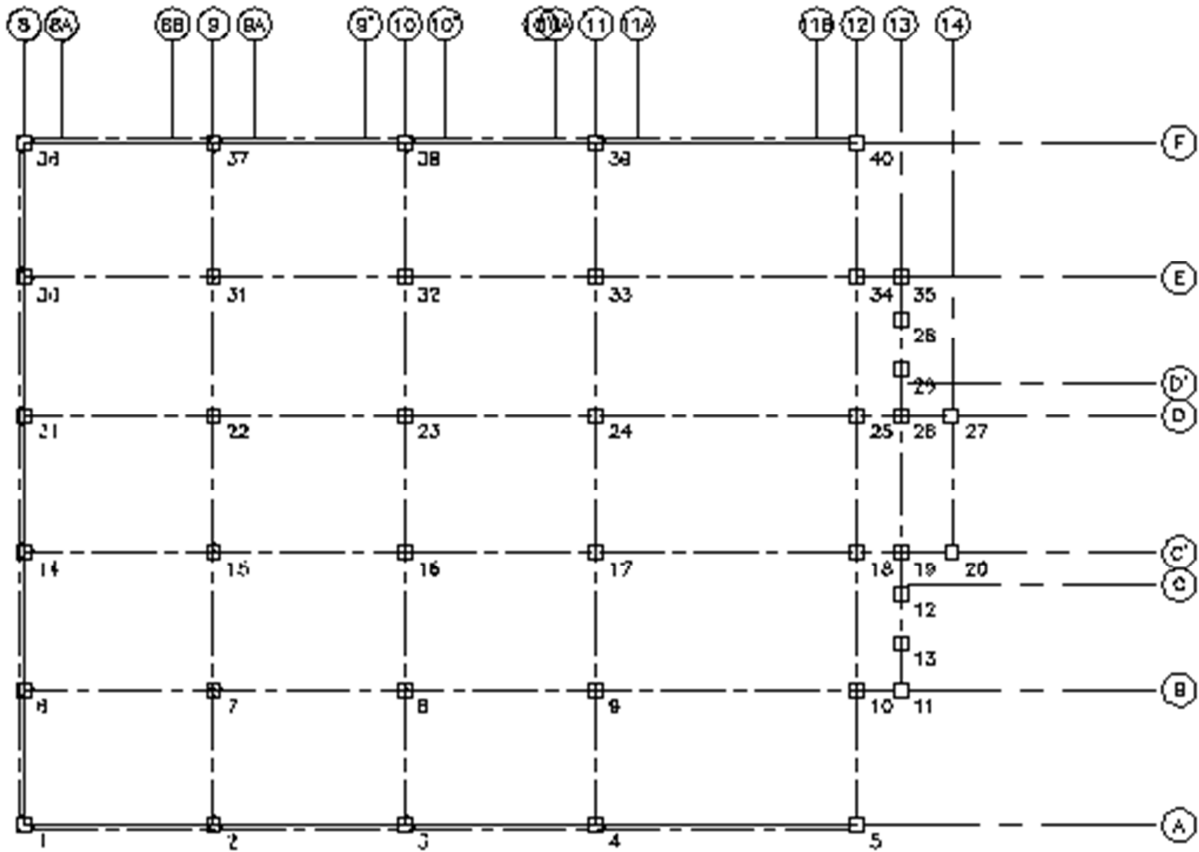


Figura 1. 9 Detalle de Planta Baja

Considerando el claro más desfavorable en cada sentido, se tiene:

Sentido x, entre ejes 11 y 12.

$$L = 13.10 \text{ m} / 15$$

$$h = 87 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$$

$$\text{Como } h/b \geq 2, \text{ entonces } b \approx 80/2 = 40 \text{ cm}$$

Sentido y, entre ejes D y E.

$$L = 6.90 / 15$$

$$h = 46 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$$

$$\text{Como } h/b \geq 2, \text{ entonces } b \approx 50/2 = 25 \text{ cm.}$$

Para pre-dimensionamiento se toma la contratrase más desfavorable, quedando:

$$b = 40 \text{ cm} \quad h = 80 \text{ cm}$$

Como espesor de losa de cimentación se propone un espesor de 20cm.

Edificio de 3 niveles

$$\text{Área de} \quad 34.3 \quad \times \quad 46.57 \quad = \quad 1597.351 \text{ m}^2$$

$$\text{West=} \quad 4709.7759 \text{ Ton} \quad 1.1 * (\text{CM} + \text{CV max})$$

$$\text{West=} \quad 4281.6143 \text{ Ton} \quad 1 * (\text{CM} + \text{CV max})$$

Profundidad de cimentación= h= 0.20cm

	Ejes	longitud (m)	altura (m)	espesor (m)	peso vol (kg/m <sup>3</sup> )	Número (unidades)	Peso (ton)
Trabes sentido largo	A,F	41.8	0.6	0.4	2.4	2	48.15
	B, E	43.95	0.6	0.4	2.4	2	50.63
	D,C'	46.57	0.6	0.4	2.4	2	53.65
Trabes sentido corto	8,9,10,11,12	34.3	0.6	0.4	2.4	5	98.79
	13	20.69	0.6	0.4	2.4	1	11.92
	14	6.9	0.6	0.4	2.4	1	3.97
losa de sótano=		34.3	46.57	0.2	2.4	1	766.73
						suma	1033.84

Tabla 1.5

Resumen del peso

W de la estructura=	4281.61	ton	
Cimentación=	1033.87	ton	
suma	5315.45	ton	≈ 5300 ton

$$q = 3.31799335 \text{ ton/m}^2 \approx 3.32 \text{ ton/m}^2$$

De acuerdo a la fórmula de Skempton: (Estudio de mecánica de suelos realizado en el sitio, 2006)

FORMULA DE SKEMPTON:

$$q_a = CN_c/FS + \sum(YDf)$$

ANCHO DE ZAPATA (B) (m)	C (Ton/m <sup>2</sup> )	N <sub>c</sub>	PESO VOL. ton/M <sup>3</sup>	PROF DESPLANTE ton/m <sup>2</sup>	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE ton/m <sup>2</sup>
----------------------------	-------------------------	----------------	---------------------------------	--------------------------------------	--

3.00	8.5	5.7	1.85	3.0	15.2
4.00	8.5	5.7	1.85	3.0	15.2
5.00	8.5	5.7	1.85	3.0	15.2

Tabla 1.6 Sondeo único (Estudio de mecánica de suelos, 2006)

$$q_a = 15.2 \text{ ton/m}^2 > q = 3.32 \text{ ton/m}^2$$

Se procederá a continuar con el análisis de la cimentación propuesta.

---

---

## CAPÍTULO II. INTERACCIÓN ESTÁTICA

### 2.1 Interacción estática suelo- estructura

El problema de interacción suelo- estructura ya ha sido planteado desde tiempo atrás por diferentes especialistas.

Sin embargo, ha sido difícil aprovechar el trabajo en conjunto de especialistas como el estructurista y el geotecnista, por ello, este capítulo se desarrollará de la forma más clara y explícita posible.

Uno de los objetivos en la determinación de las propiedades de esfuerzo- deformación de los suelos es el uso de estas propiedades mecánicas, para estimar desplazamientos verticales y horizontales en la masa del suelo cuando éste se somete a un incremento de esfuerzo. En la interfase de la estructura de cimentación y el suelo se originan desplazamientos debido a las cargas que transmite la cimentación dando lugar a desplazamientos totales y diferenciales.

Los desplazamientos diferenciales de la estructura deberán ser iguales a los originados en la superficie de apoyo de la cimentación. Así pues, la estructura de la cimentación junto con las cargas que obran sobre ella y las reacciones que se provocan en el suelo se sujetará a una determinada configuración, igual a la que el suelo adoptará debido a las reacciones que éste aporta a la estructura de cimentación para su equilibrio. La configuración de esfuerzos y deformaciones en la superficie de contacto dependerá de la rigidez de la estructura de la cimentación.

La interacción entre la estructura de cimentación y el suelo consistirá en encontrar un sistema de reacciones que aplicadas simultáneamente a la estructura de cimentación y a la masa del suelo produzcan la misma configuración de desplazamientos diferenciales entre los dos elementos; conocido como Interacción suelo- estructura. (Granados, 1991).

#### 2.1.1 Determinación de las propiedades esfuerzo deformación del suelo

La finalidad de esta parte es definir las propiedades esfuerzo deformación del suelo para poder conocer la rigidez utilizada en los resortes que modelarán a la reacción del suelo.

Tomando en cuenta el reporte del estudio de mecánica de suelos realizado en la zona, se comienza con el cálculo de esfuerzos efectivos, que de manera sencilla se puede ver como la cantidad de presión que tiene una muestra de suelo a diferentes profundidades.

Terzaghi formuló en 1925 su ley de esfuerzo efectivo.

$$\sigma' = \sigma - u_w$$

donde:

$\sigma$  = esfuerzo normal total ( $p_{0z}$ ).

$u_w$  = presión de poro del agua ( $U_{0z}$ ).

$\sigma'$  = esfuerzo efectivo.

En otras palabras el esfuerzo efectivo en suelos saturados, es la presión ejercida a una muestra a cierta profundidad sin tomar en cuenta la presión que causa el agua (también conocida como presión de poro).

Laible(1988), establece que el esfuerzo efectivo está relacionado más directamente con el comportamiento del subsuelo que con el esfuerzo total o la presión de poro, por ejemplo, un aumento del esfuerzo efectivo producirá una modificación de las partículas de suelo, pasando a una agrupación más compacta; sin embargo, un aumento igual del esfuerzo total o de la presión de poro, manteniendo constante el esfuerzo efectivo producirá un efecto escaso o nulo sobre la compacidad de las partículas.

De acuerdo a la estratigrafía no se encontró nivel freático, por ello la columna de la presión de poro permanece en cero, además como se puede ver en el anexo L-2A predominó la arcilla de alta compresibilidad (CH).

Prof	w	Ss (Gs)	$\gamma_d$	$\Delta p$	$p_{oz}$	$U_{oz}$	$\sigma_{oz}$
m	%	-	ton/m <sup>3</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>
0.00			0.00	0	0		0.00
0.20	39.5	0.88	0.88	0.176	0.18	0.00	0.18
0.30	39.5	0.88	0.88	0.088	0.26	0.00	0.26
0.40	37.78	0.90	1.17	0.117	0.38	0.00	0.38
0.50	36.07	0.93	1.17	0.117	0.50	0.00	0.50
0.60	34.35	0.95	1.17	0.117	0.62	0.00	0.62
0.70	32.63	0.98	1.17	0.117	0.73	0.00	0.73
0.80	30.92	1.00	1.17	0.117	0.85	0.00	0.85
0.90	29.20	1.03	1.17	0.117	0.97	0.00	0.97
1.00	27.48	1.05	1.17	0.117	1.08	0.00	1.08
1.10	25.77	1.07	1.17	0.117	1.20	0.00	1.20
1.20	24.05	1.10	1.17	0.117	1.32	0.00	1.32
1.30	22.33	1.12	1.17	0.117	1.43	0.00	1.43
1.40	20.62	1.15	1.17	0.117	1.55	0.00	1.55
1.50	18.9	1.17	1.17	0.117	1.67	0.00	1.67
1.60	20.07	1.165	1.095	0.1095	1.78	0.00	1.78
1.70	21.23	1.16	1.095	0.1095	1.89	0.00	1.89
1.80	22.40	1.155	1.095	0.1095	2.00	0.00	2.00
1.90	23.57	1.15	1.095	0.1095	2.11	0.00	2.11
2.00	24.73	1.145	1.095	0.1095	2.22	0.00	2.22
2.10	25.90	1.14	1.095	0.1095	2.33	0.00	2.33
2.20	27.07	1.135	1.095	0.1095	2.43	0.00	2.43
2.30	28.23	1.13	1.095	0.1095	2.54	0.00	2.54
2.40	29.40	1.125	1.095	0.1095	2.65	0.00	2.65
2.50	30.57	1.12	1.095	0.1095	2.76	0.00	2.76
2.60	31.73	1.115	1.095	0.1095	2.87	0.00	2.87
2.70	32.90	1.11	1.095	0.1095	2.98	0.00	2.98
2.80	34.07	1.105	1.095	0.1095	3.09	0.00	3.09
2.90	35.23	1.1	1.095	0.1095	3.20	0.00	3.20
3.00	36.4	1.095	1.095	0.1095	3.31	0.00	3.31
3.10	36.11	1.10	1.105	0.1105	3.42	0.00	3.42
3.20	35.83	1.10	1.105	0.1105	3.53	0.00	3.53

3.30	35.54	1.10	1.105	0.1105	3.64	0.00	3.64
3.40	35.26	1.10	1.105	0.1105	3.75	0.00	3.75
3.50	34.97	1.10	1.105	0.1105	3.86	0.00	3.86
3.60	34.69	1.10	1.105	0.1105	3.97	0.00	3.97
3.70	34.40	1.10	1.105	0.1105	4.08	0.00	4.08
3.80	34.11	1.10	1.105	0.1105	4.19	0.00	4.19
3.90	33.83	1.10	1.105	0.1105	4.31	0.00	4.31
4.00	33.54	1.10	1.105	0.1105	4.42	0.00	4.42
4.10	33.26	1.10	1.105	0.1105	4.53	0.00	4.53
4.20	32.97	1.10	1.105	0.1105	4.64	0.00	4.64
4.30	32.69	1.10	1.105	0.1105	4.75	0.00	4.75
4.40	32.4	1.105	1.105	0.1105	4.86	0.00	4.86
4.50	32.13	1.10	1.075	0.1075	4.97	0.00	4.97
4.60	31.85	1.10	1.075	0.1075	5.07	0.00	5.07
4.70	31.58	1.10	1.075	0.1075	5.18	0.00	5.18
4.80	31.30	1.10	1.075	0.1075	5.29	0.00	5.29
4.90	31.03	1.10	1.075	0.1075	5.40	0.00	5.40
5.00	30.75	1.10	1.075	0.1075	5.50	0.00	5.50
5.10	30.48	1.10	1.075	0.1075	5.61	0.00	5.61
5.20	30.20	1.10	1.075	0.1075	5.72	0.00	5.72
5.30	29.93	1.09	1.075	0.1075	5.83	0.00	5.83
5.40	29.65	1.09	1.075	0.1075	5.93	0.00	5.93
5.50	29.38	1.09	1.075	0.1075	6.04	0.00	6.04
5.60	29.10	1.09	1.075	0.1075	6.15	0.00	6.15
5.70	28.83	1.09	1.075	0.1075	6.26	0.00	6.26
5.80	28.55	1.09	1.075	0.1075	6.36	0.00	6.36
5.90	28.28	1.09	1.075	0.1075	6.47	0.00	6.47
6.00	28.00	1.09	1.075	0.1075	6.58	0.00	6.58
6.10	27.73	1.08	1.075	0.1075	6.69	0.00	6.69
6.20	27.45	1.08	1.075	0.1075	6.79	0.00	6.79
6.30	27.18	1.08	1.075	0.1075	6.90	0.00	6.90
6.40	26.90	1.08	1.075	0.1075	7.01	0.00	7.01
6.50	26.63	1.08	1.075	0.1075	7.12	0.00	7.12
6.60	26.35	1.08	1.075	0.1075	7.22	0.00	7.22
6.70	26.08	1.08	1.075	0.1075	7.33	0.00	7.33
6.80	25.8	1.075	1.075	0.1075	7.44	0.00	7.44

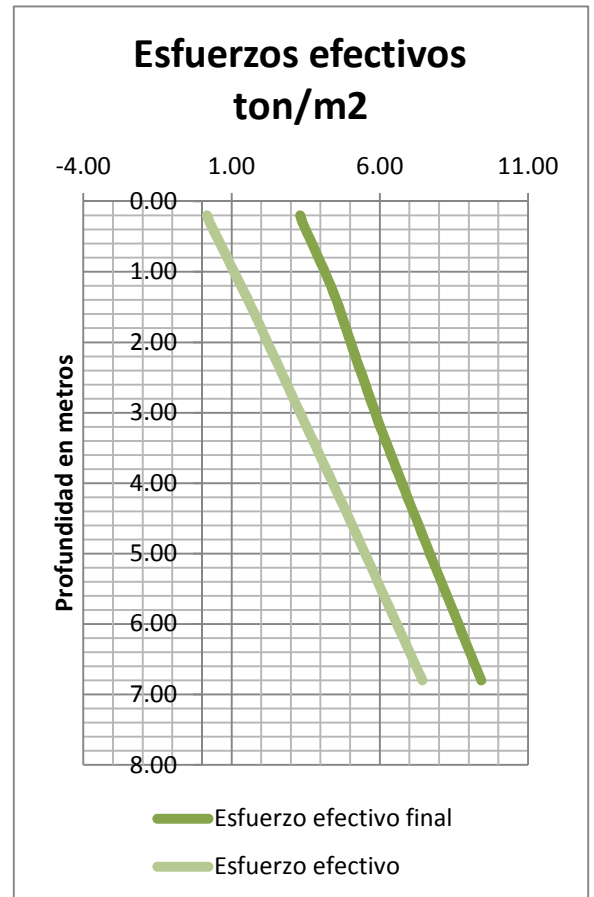
Tabla 2. 1

Se debe considerar cómo influirá la carga que será puesta sobre el suelo, y definir su influencia en los diferentes estratos.

Para calcular los valores de dicha carga se usó el software *Frolich*, el cual calcula la influencia que varía de acuerdo a la profundidad con la solución de Boussinesq.

Profundidad	$\Delta\sigma_z = \Delta\sigma_d * I_z$	$I_z$	Esfuerzo efectivo	Esfuerzo efectivo final
			$\sigma_{oz}$	$\sigma_{oz} + \Delta\sigma_z$
m	ton/m <sup>2</sup>	m	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>
0.20	3.141993353	1	0.18	3.32
0.30	3.131542203	0.99667372	0.26	3.40
0.40	3.121091053	0.99334744	0.38	3.50
0.50	3.110639904	0.99002116	0.50	3.61
0.60	3.100188754	0.98669488	0.62	3.72

0.70	3.089737604	0.9833686	0.73	3.82
0.80	3.079286455	0.98004232	0.85	3.93
0.90	3.068835305	0.97671604	0.97	4.03
1.00	3.058384156	0.97338976	1.08	4.14
1.10	3.047933006	0.97006348	1.20	4.25
1.20	3.037481856	0.9667372	1.32	4.35
1.30	3.008113833	0.95739026	1.43	4.44
1.40	2.97874581	0.94804332	1.55	4.53
1.50	2.949377786	0.93869638	1.67	4.62
1.60	2.920009763	0.92934944	1.78	4.70
1.70	2.89064174	0.9200025	1.89	4.78
1.80	2.861273716	0.91065556	2.00	4.86
1.90	2.831905693	0.90130862	2.11	4.94
2.00	2.802537669	0.89196168	2.22	5.02
2.10	2.773169646	0.88261474	2.33	5.10
2.20	2.743801623	0.8732678	2.43	5.18
2.25	2.730816927	0.86913517	2.49	5.22
2.30	2.717832231	0.86500254	2.54	5.26
2.40	2.691862839	0.85673728	2.65	5.35
2.50	2.665893447	0.84847202	2.76	5.43
2.60	2.639924055	0.84020676	2.87	5.51
2.70	2.613954663	0.8319415	2.98	5.60
2.80	2.587985271	0.82367624	3.09	5.68
2.90	2.562015879	0.81541098	3.20	5.76
3.00	2.536046487	0.80714572	3.31	5.85
3.10	2.510077095	0.79888046	3.42	5.93
3.20	2.484107703	0.7906152	3.53	6.02
3.30	2.46538711	0.78465701	3.64	6.11
3.40	2.446666516	0.77869882	3.75	6.20
3.50	2.427945923	0.77274063	3.86	6.29
3.60	2.409225329	0.76678244	3.97	6.38
3.70	2.390504736	0.76082425	4.08	6.47
3.80	2.371784143	0.75486606	4.19	6.57
3.90	2.353063549	0.74890787	4.31	6.66
4.00	2.334342956	0.74294968	4.42	6.75
4.10	2.315622363	0.73699149	4.53	6.84
4.20	2.296901769	0.7310333	4.64	6.93
4.30	2.283235355	0.7266837	4.75	7.03
4.40	2.269568941	0.7223341	4.86	7.13
4.50	2.255902526	0.7179845	4.97	7.22
4.60	2.242236112	0.7136349	5.07	7.31
4.70	2.228569698	0.7092853	5.18	7.41
4.80	2.214903284	0.7049357	5.29	7.50
4.90	2.201236869	0.7005861	5.40	7.60
5.00	2.187570455	0.6962365	5.50	7.69
5.10	2.173904041	0.6918869	5.61	7.78
5.20	2.160237626	0.6875373	5.72	7.88
5.30	2.149672045	0.6841746	5.83	7.97





5.40	2.139106464	0.6808119	5.93	8.07
5.50	2.128540883	0.6774492	6.04	8.17
5.60	2.117975302	0.6740865	6.15	8.27
5.70	2.107409721	0.6707238	6.26	8.36
5.80	2.09684414	0.6673611	6.36	8.46
5.90	2.086278559	0.6639984	6.47	8.56
6.00	2.075712978	0.6606357	6.58	8.65
6.10	2.065147397	0.657273	6.69	8.75
6.20	2.054581816	0.6539103	6.79	8.85
6.30	2.042810128	0.650163733	6.90	8.94
6.40	2.031038441	0.646417167	7.01	9.04
6.50	2.019266753	0.6426706	7.12	9.13
6.60	2.007495066	0.638924033	7.22	9.23
6.70	1.995723378	0.635177467	7.33	9.33
6.80	1.983951691	0.6314309	7.44	9.42

Tabla 2. 2

Refiriéndonos a las NTC sección 3.3.2

Los asentamientos diferidos se calcularán por medio de la relación:

$$\Delta H = \sum_0^H \left[ \frac{\Delta e}{1 + e_o} \right] \Delta z \quad (3.10)$$

Donde:

$\Delta H$  es el asentamiento de un estrato de espesor H;

$e_o$  es la relación de vacíos inicial;

$\Delta e$  es la variación de la relación de vacíos bajo el incremento de esfuerzo efectivo vertical  $\Delta p$  inducido a la profundidad z por la carga superficial. Esta variación se estimará a partir de pruebas de consolidación unidimensionales realizadas con muestras inalteradas representativas del material existente a esa profundidad; y

$\Delta z$  son los espesores de estratos elementales dentro de los cuales los esfuerzos pueden considerarse uniformes.

Para simplificar tenemos que:

$$mv = \left[ \frac{\Delta e}{(1 + e_o) * \Delta \sigma} \right] \text{ o coeficiente de compresibilidad volumétrica, el cual es dato de las pruebas}$$

de consolidación aplicados a los estratos 3 y 4.

Quedando la siguiente tabla de asentamientos:

Esf. Efec. Desplante=	0.18 ton/m <sup>2</sup>	Pod=	0.18 ton/m <sup>2</sup>
$\Delta\sigma_d$ =	3.14 ton/m <sup>2</sup>		
Df=	0.20 m		

Estrato	Símbolo	Límites de estrato		d	Profundidad media	$\sigma_{oz}$	Iz	mv	$\Delta\sigma$	$\delta$
		De:	A:							
	Tipo de material	m	m	cm	m	kg/cm <sup>2</sup>	Influencia	cm <sup>2</sup> /kg	kg/cm <sup>2</sup>	cm
1	II	0.00	0.30	30.00	0.20	0.18	1.00		0.18	
2	II	0.30	1.50	120.00	0.90	0.9660000	0.9767160		0.18	
3	II	1.50	3.00	150.00	2.25	2.4892500	0.8691352	0.0246	0.17	0.63
4	II	3.00	4.40	140.00	3.70	4.08	0.76082425	0.02196	0.17	0.52
5	II	4.40	6.80	240.00	5.60	6.15	0.6740865	0.02196	0.17	0.90
									SUMA=	2.046

Tabla 2. 3

### 2.1.2 Establecimiento de parámetros para la Interacción suelo-estructura

Conocidas las propiedades de esfuerzo- deformación de los diferentes estratos del subsuelo. De acuerdo a (Zeevaert,1980) “Llamando  $\alpha^N$  a la deformación volumétrica de un estrato N para un tiempo determinado t, y  $\Delta\sigma_{ji}^N$  al incremento medio de esfuerzo en un punto j para el mismo estrato N debido a la carga aplicada en un área tributaria  $\bar{a}_i$ ”, véase figura 2.2

La deformación del estrato N en este punto es:

$$\Delta\delta_{ji}^N = \alpha^N * \Delta\sigma_{ji}^N$$

Y el desplazamiento vertical de la superficie en el punto j será la suma de las deformaciones de todos los estratos:

$$\delta_{ji} = \sum_A^N \alpha^N \times \Delta\sigma_{ji}^N$$

El valor de  $\Delta\sigma_{ji}^N$  en cualquier parte del suelo puede quedar en función de la carga unitaria superficial  $q_i$  aplicada en un área tributaria  $\bar{a}_i$ .

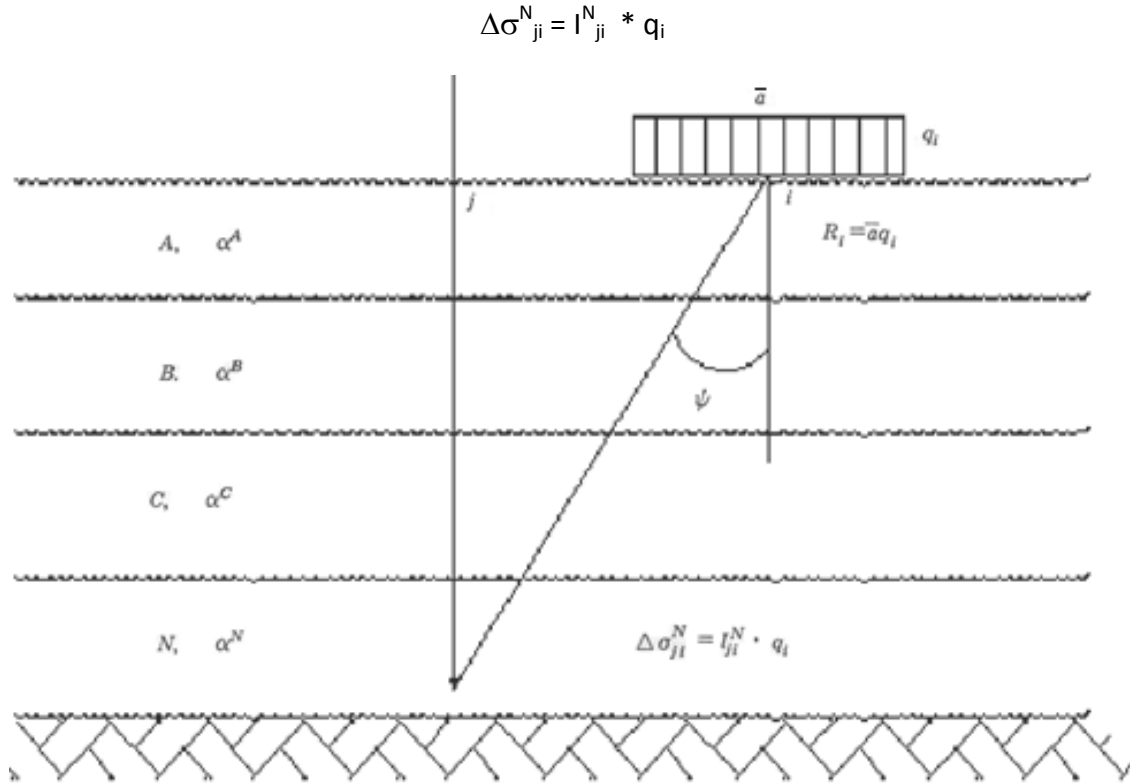


Figura 2. 1 Esfuerzo vertical en un punto (basado en Zeevaert, 1980).

Véase figura 2.2 en donde N indica el estrato en cuestión. El punto i se entiende localizado al centro del área tributaria  $\bar{a}_i$ , donde se aplica la carga unitaria  $q_i$ , y j el punto donde se calculan los efectos resultantes. Sustituyendo tenemos la ecuación:

$$\delta_i = \sum_A^N \alpha^N \times I_{ji}^N \times q_i$$

Se pueden calcular los desplazamientos verticales unitarios de la superficie debido a la carga  $q_i = +1$  aplicada en el área tributaria del punto, como lo muestra la siguiente ecuación matricial. (Véase figura 2.3).

$$\begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ d_{31} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{11}^A & I_{21}^A & I_{31}^A \\ I_{11}^B & I_{21}^B & I_{31}^B \\ I_{11}^C & I_{21}^C & I_{31}^C \end{bmatrix}^T \times \begin{bmatrix} \alpha^A \\ \alpha^B \\ \alpha^C \end{bmatrix}$$

O bien,

$$[\delta_{ji}] = [I_{ji}^N]^T \cdot [\alpha^N]$$

	+1		2	3	4	i	
A	$I_{11}^A$	$I_{21}^A$	$I_{31}^A$	$I_{41}^A$	$I_{i1}^A$	$\alpha^A$	
B	$I_{11}^B$	$I_{21}^B$	$I_{31}^B$	$I_{41}^B$	$I_{i1}^B$	$\alpha^B$	
C	$I_{11}^C$	$I_{21}^C$	$I_{31}^C$	$I_{41}^C$	$I_{i1}^C$	$\alpha^C$	

Figura 2. 2 Factores de influencia para carga unitaria

Es posible calcular  $\alpha^N$  ya que se dispone del desplazamiento por estrato, la carga aplicada, y la influencia en los estratos analizados.

Estrato	Símbolo	Límites de estrato		d	Profundidad media	Asentamiento	$\Delta\sigma d = q/A$	Iz	$\alpha$
		De:	A:						
	Tipo de material	m	m	cm	m	cm	kg		cm <sup>3</sup> /kg
1	II	0.00	0.30	30.00	0.20	----	1.97	1.00	----
2	II	0.30	1.50	120.00	0.90	----	1.97	0.98	----
3	II	1.50	3.00	150.00	2.25	0.63	1.97	0.87	3.69
4	II	3.00	4.40	140.00	3.70	0.53	1.97	0.76	3.07
5	II	4.40	6.80	240.00	5.60	0.89	1.97	0.67	0.68

Tabla 2. 4

## 2.2 Análisis de la cimentación considerando la interacción suelo- estructura

Uno de los propósitos de la interacción suelo- estructura es conocer los elementos mecánicos de la cimentación para poderla diseñar.

Para ello se ha optado por dividir el área de la cimentación en diferentes dovelas para poder proceder al cálculo.

La distribución de 58 dovelas en la cimentación con sus respectivos resortes quedó como se muestra en la figura 2.4.

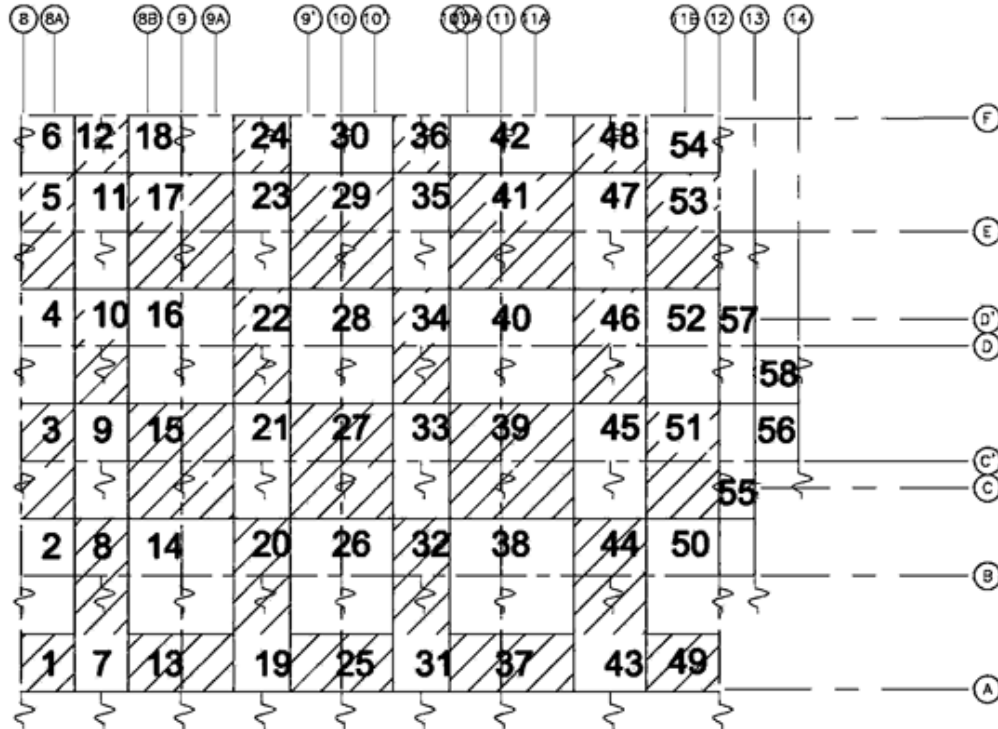


Figura 2. 3 Distribución de las 58 dovelas con sus respectivos resortes.

### 2.2.1 Información analizada por RIGIDISE

Se ocupó el programa RIGIDISE (López, 2005), el cual para tomar en cuenta todas las dovelas cargadas 1,2,3,...10, forma la matriz general de asentamientos (debido a cargas unitarias) la cual multiplicada por la matriz columna de las cargas reales ( $q_i$ ) aplicadas a la superficie cargada finalmente obtiene las magnitudes de los asentamientos de toda la dovela.

La ecuación matricial para el cálculo del asentamiento es la siguiente:

$$\delta = [I_{ji}]^T * \{\alpha_N\}$$

Los desplazamientos en cada uno de los resortes se calcularán con la expresión:

$$q_i = \frac{R_i}{\alpha_i} \quad K_i = \frac{q_i \alpha_i}{\delta_i}$$

Estos desplazamientos deberán ser iguales a los que sufre el suelo debido a la aplicación de las presiones de contacto o reacciones del suelo.

La información insertada a RIGIDISE son los datos correspondientes al número de estratos, y las dimensiones de las dovelas, esta información se encuentra en el Apéndice A.

Una vez conocido el asentamiento bajo cada punto puede determinarse el módulo de reacción o constante de resorte equivalente, por medio de la expresión:

$$K_i = \frac{q_i \cdot a_i}{\delta_i}$$

donde  $a_i$  representa el área donde actúa la presión de contacto  $q_i$ .

De esta manera el proceso resulta iterativo hasta que se encuentre que no varía de forma significativa la rigidez de los resortes en cada ciclo como para afectar de manera notable los elementos mecánicos del sistema.

El resultado del primer ciclo es el siguiente:

	L x	Ly	Coordenadas inf. lzq		Punto de interés		Carga uniforme q (ton/m2)	Delta (m)	ai (m2)	R	ki (ton/m)	ki (ton/cm)
			x	y	x	y						
1	3.16	3.4	0	0	0	0	3.12	0.005	10.744	33.521	6704	67.04
2	3.16	6.85	0	3.4	0	6.8	3.12	0.01	21.646	67.536	6754	67.54
3	3.16	6.9	0	10.25	0	13.7	3.12	0.01	21.804	68.028	6803	68.03
4	3.16	6.9	0	17.15	0	20.6	3.12	0.01	21.804	68.028	6803	68.03
5	3.16	6.85	0	24.05	0	27.5	3.12	0.01	21.646	67.536	6754	67.54
6	3.16	3.4	0	30.9	0	34.3	3.12	0.005	10.744	33.521	6704	67.04
7	3.16	3.4	3.16	0	4.8	0	3.12	0.01	10.744	33.521	3352	33.52
8	3.16	6.85	3.16	3.4	4.8	6.8	3.12	0.02	21.646	67.536	3377	33.77
9	3.16	6.9	3.16	10.25	4.8	13.7	3.12	0.021	21.804	68.028	3239	32.39
10	3.16	6.9	3.16	17.15	4.8	20.6	3.12	0.021	21.804	68.028	3239	32.39
11	3.16	6.85	3.16	24.05	4.8	27.5	3.12	0.02	21.646	67.536	3377	33.77
12	3.16	3.4	3.16	30.9	4.8	34.3	3.12	0.01	10.744	33.521	3352	33.52
13	6.38	3.4	6.32	0	9.5	0	3.12	0.01	21.692	67.679	6768	67.68
14	6.38	6.85	6.32	3.4	9.5	6.8	3.12	0.021	43.703	136.35	6493	64.93
15	6.38	6.9	6.32	10.25	9.5	13.7	3.12	0.021	44.022	137.35	6540	65.40
16	6.38	6.9	6.32	17.15	9.5	20.6	3.12	0.021	44.022	137.35	6540	65.40
17	6.38	6.85	6.32	24.05	9.5	27.5	3.12	0.021	43.703	136.35	6493	64.93
18	6.38	3.4	6.32	30.9	9.5	34.3	3.12	0.01	21.692	67.679	6768	67.68
19	3.2	3.4	12.7	0	14	0	3.12	0.01	10.88	33.946	3395	33.95
20	3.2	6.85	12.7	3.4	14	6.8	3.12	0.021	21.92	68.39	3257	32.57
21	3.2	6.9	12.7	10.25	14	13.7	3.12	0.021	22.08	68.89	3280	32.80
22	3.2	6.9	12.7	17.15	14	20.6	3.12	0.021	22.08	68.89	3280	32.80
23	3.2	6.85	12.7	24.05	14	27.5	3.12	0.021	21.92	68.39	3257	32.57
24	3.2	3.4	12.7	30.9	14	34.3	3.12	0.01	10.88	33.946	3395	33.95
25	6.4	3.4	15.9	0	19	0	3.12	0.01	21.76	67.891	6789	67.89
26	6.4	6.85	15.9	3.4	19	6.8	3.12	0.021	43.84	136.78	6513	65.13
27	6.4	6.9	15.9	10.25	19	13.7	3.12	0.021	44.16	137.78	6561	65.61
28	6.4	6.9	15.9	17.15	19	20.6	3.12	0.021	44.16	137.78	6561	65.61
29	6.4	6.85	15.9	24.05	19	27.5	3.12	0.021	43.84	136.78	6513	65.13
30	6.4	3.4	15.9	30.9	19	34.3	3.12	0.01	21.76	67.891	6789	67.89
31	3.2	3.4	22.3	0	24	0	3.12	0.01	10.88	33.946	3395	33.95
32	3.2	6.85	22.3	3.4	24	6.8	3.12	0.021	21.92	68.39	3257	32.57
33	3.2	6.9	22.3	10.25	24	13.7	3.12	0.021	22.08	68.89	3280	32.80
34	3.2	6.9	22.3	17.15	24	20.6	3.12	0.021	22.08	68.89	3280	32.80

35	3.2	6.85	22.3	24.05	24	27.5	3.12	0.021	21.92	68.39	3257	32.57
36	3.2	3.4	22.3	30.9	24	34.3	3.12	0.01	10.88	33.946	3395	33.95
37	7.57	3.4	25.5	0	29	0	3.12	0.01	25.738	80.303	8030	80.30
38	7.57	6.85	25.5	3.4	29	6.8	3.12	0.021	51.855	161.79	7704	77.04
39	7.57	6.9	25.5	10.25	29	13.7	3.12	0.021	52.233	162.97	7760	77.60
40	7.57	6.9	25.5	17.15	29	20.6	3.12	0.021	52.233	162.97	7760	77.60
41	7.57	6.85	25.5	24.05	29	27.5	3.12	0.021	51.855	161.79	7704	77.04
42	7.57	3.4	25.5	30.9	29	34.3	3.12	0.01	25.738	80.303	8030	80.30
43	4.37	3.4	33.07	0	35	0	3.12	0.01	14.858	46.357	4636	46.36
44	4.37	6.85	33.07	3.4	35	6.8	3.12	0.021	29.935	93.396	4447	44.47
45	4.37	6.9	33.07	10.25	35	13.7	3.12	0.021	30.153	94.077	4480	44.80
46	4.37	6.9	33.07	17.15	35	20.6	3.12	0.021	30.153	94.077	4480	44.80
47	4.37	6.85	33.07	24.05	35	27.5	3.12	0.021	29.935	93.396	4447	44.47
48	4.37	3.4	33.07	30.9	35	34.3	3.12	0.01	14.858	46.357	4636	46.36
49	4.36	3.4	37.44	0	42	0	3.12	0.005	14.824	46.251	9250	92.50
50	4.36	6.85	37.44	3.4	42	6.8	3.12	0.014	29.866	93.182	6656	66.56
51	4.36	6.9	37.44	10.25	42	13.7	3.12	0.02	30.084	93.862	4693	46.93
52	4.36	6.9	37.44	17.15	42	20.6	3.12	0.02	30.084	93.862	4693	46.93
53	4.36	6.85	37.44	24.05	42	27.5	3.12	0.014	29.866	93.182	6656	66.56
54	4.36	3.4	37.44	30.9	42	34.3	3.12	0.005	14.824	46.251	9250	92.50
55	2.15	10.35	41.8	6.8	44	6.8	3.12	0.006	22.253	69.428	11571	115.71
56	2.62	3.45	43.95	13.7	47	13.7	3.12	0.006	9.039	28.202	4700	47.00
57	2.15	10.35	41.8	17.15	44	20.6	3.12	0.015	22.253	69.428	4629	46.29
58	2.62	3.45	43.95	17.15	47	27.5	3.12	0.001	9.039	28.202	28202	282.02

Tabla 2. 5

### 2.3 Análisis de la retícula de cimentación considerando la interacción suelo- estructura

Obtenidos los datos de los resortes que servirán para modelar al subsuelo en la retícula de cimentación se procede a modelar la losa de cimentación. Las coordenadas de la parrilla son las siguientes:

Coordenadas de parrilla	
Abscisa	Ordenadas
0	0
3.16	3.4
4.75	6.8
6.32	10.25
9.5	13.7
12.7	17.15
14.3	20.6
15.9	24.05
19.1	27.5
22.3	30.9
23.9	34.3
25.5	
28.7	
33.07	
35.25	
37.44	
41.8	
43.95	
46.57	

Tabla 2. 6

## 2.3.1 Definición de las secciones utilizadas

### 2.3.1.1 Contratraveses

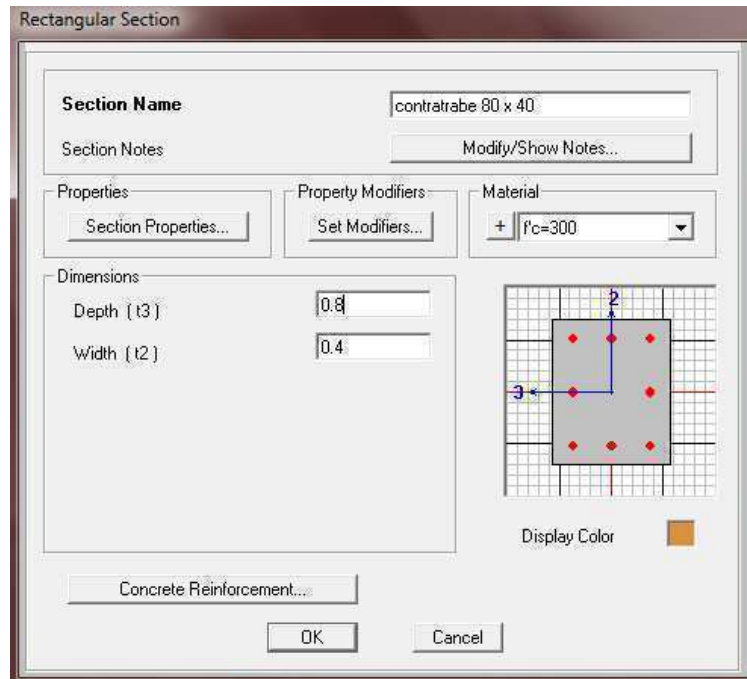


Figura 2. 4 Definición de sección de contratrabe.



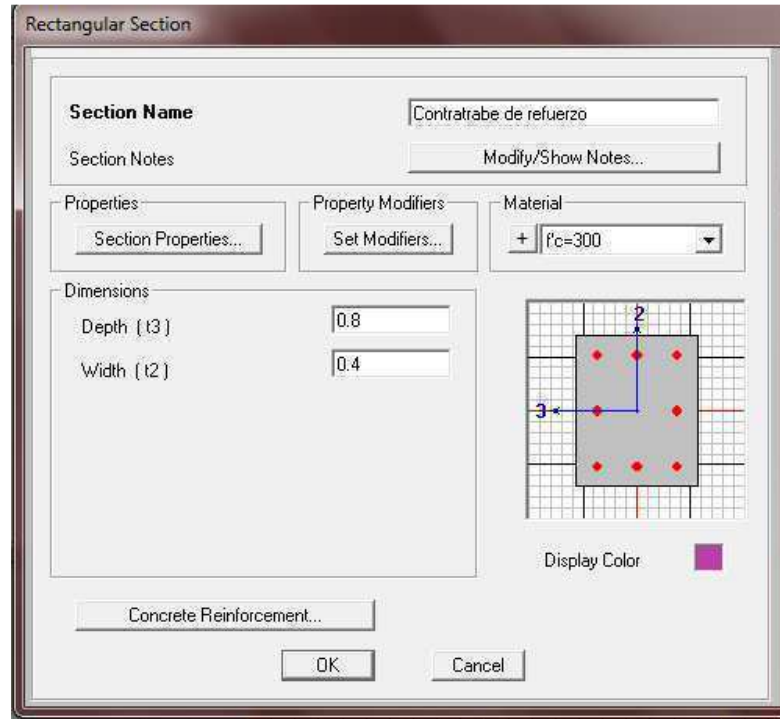


Figura 2. 5 Definición de sección de contratrabe de refuerzo

### 2.3.1.2 Losa

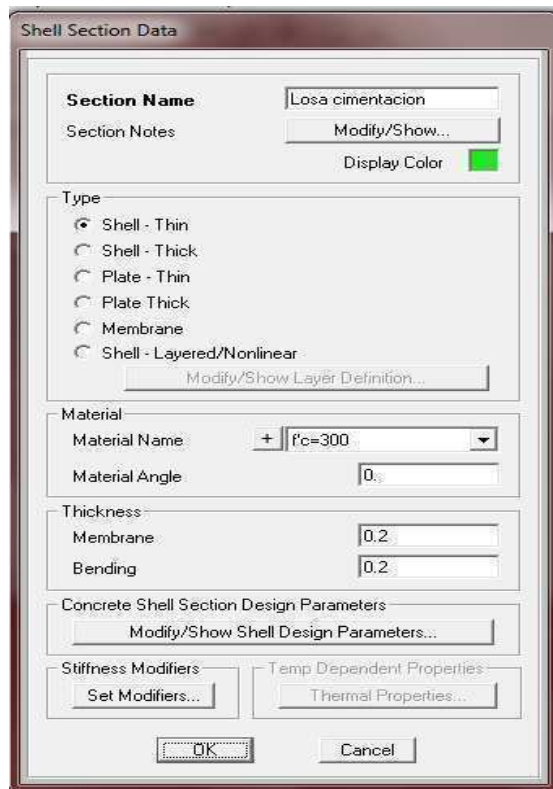


Figura 2. 6 Definición de sección: losa de cimentación

### 2.3.2 Geometría

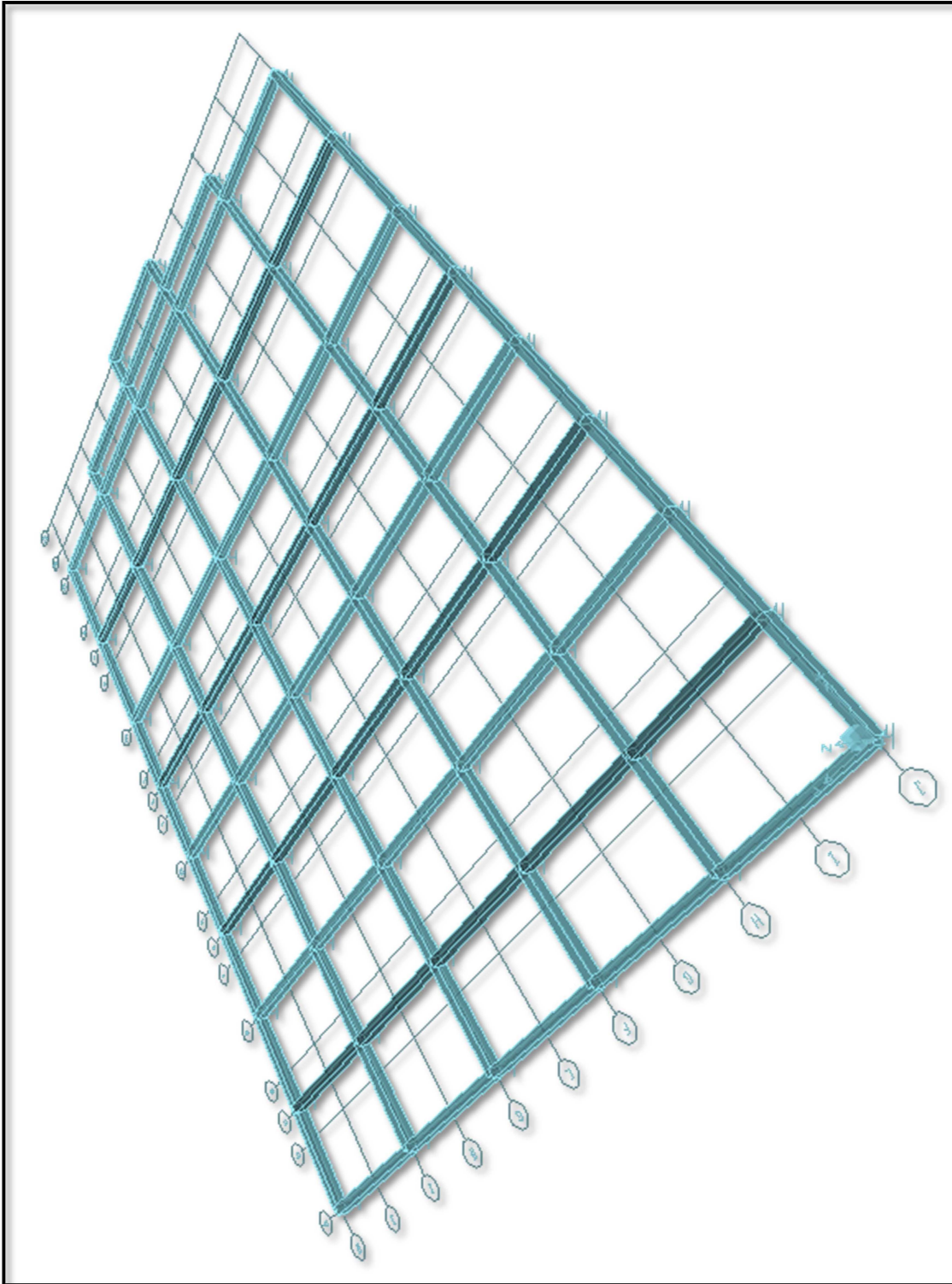


Figura 2. 7 Vista extruida de la retícula de cimentación. Las contratraves de refuerzo están en azul fuerte.

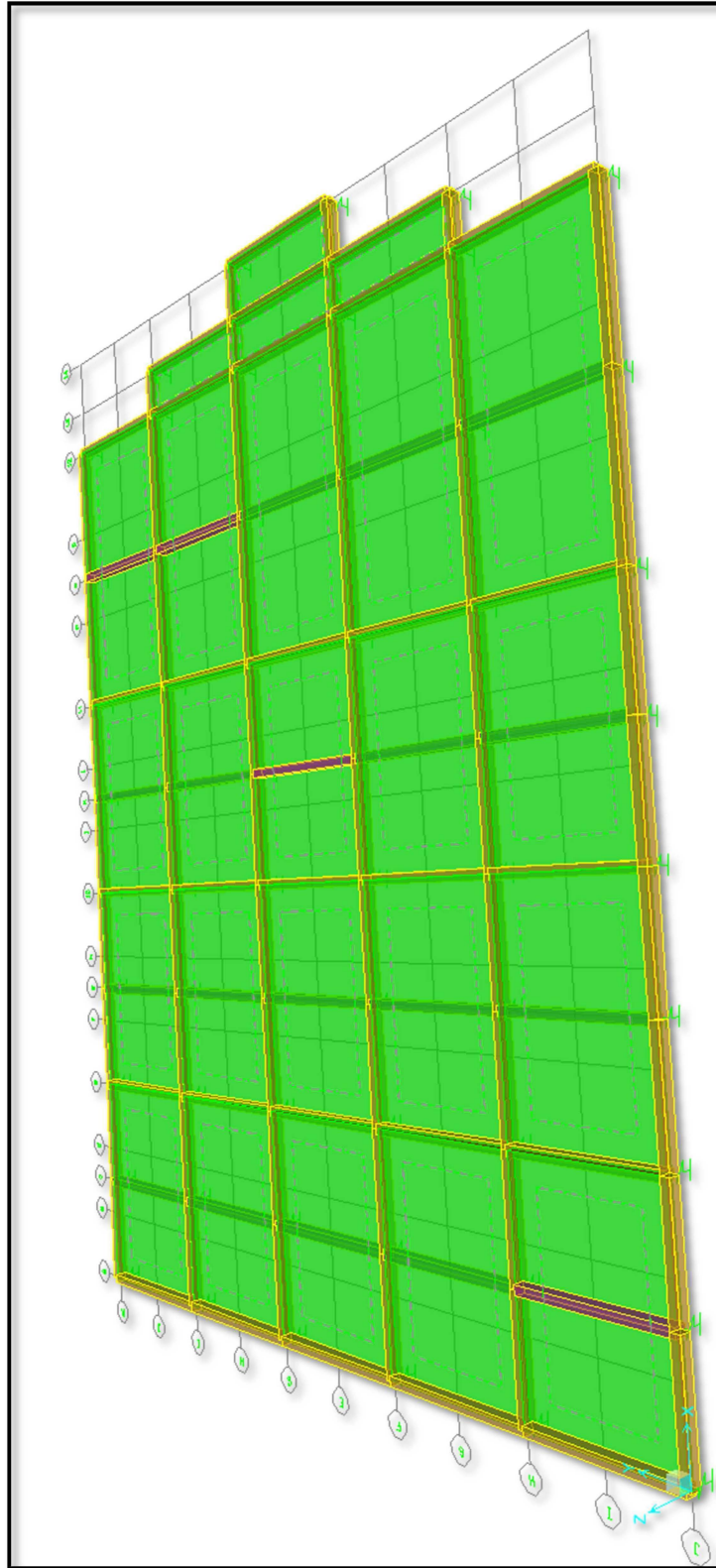


Figura 2. 8 Vista extruida de la losa de cimentación con sus respectivas contratrabes



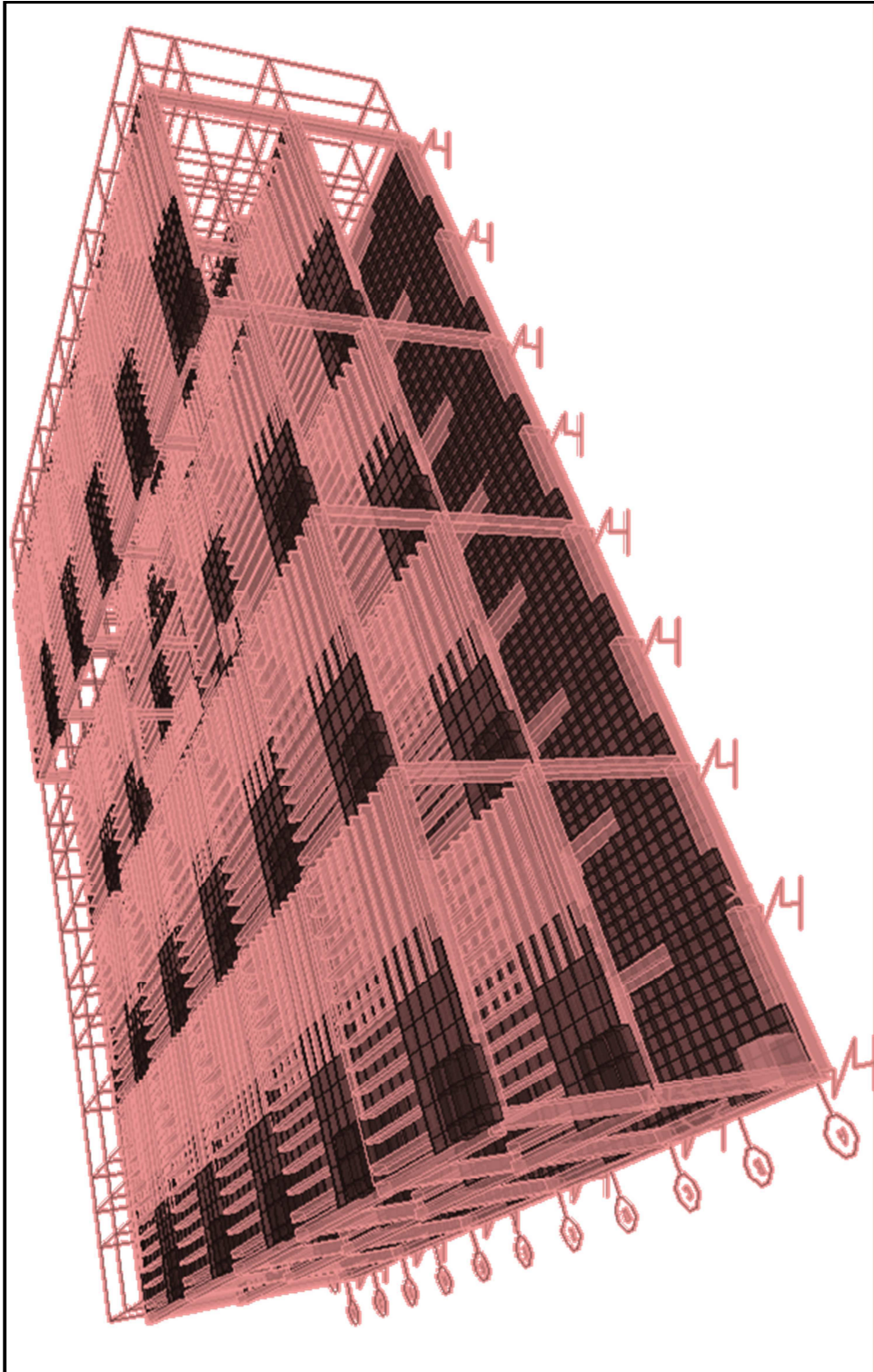


Figura 2. 9 Vista extruida del modelo completo en 3D

### 2.3.2 Análisis y resultados

Con el fin de modelar la cimentación en el programa EMARIGID se consideró una carga distribuida de  $3.12 \text{ ton/m}^2$  que es la carga total del edificio (considerando carga viva, carga muerta, sobrecarga) más el peso de la cimentación, entre el área de la cimentación, el desglose se puede ver a continuación y en la sección 1.3

Resumen del peso				
W de la estructura=	4281.61	ton		
Cimentación=	1033.87	ton		
	suma	5315.45	ton	$\approx 5300 \text{ ton}$

$$q = 3.31799335 \text{ ton/m}^2 \approx 3.12 \text{ ton/m}^2$$

Las losas de cimentación y de planta baja se cargaron en el programa de SAP2000 V15.0.0 con las cargas distribuidas que se desglosan a continuación.

Consideraciones para cargar la planta baja:

<b>Planta tipo</b>	Loseta			40.00
	Pega azulejo	0.008	2200	17.60
	Firme de mortero	0.03	2200	66.00
	Carga muerta adicional			40.00
	Instalaciones y plafones			40.00
	<b>Total</b>			<b>203.60</b>

Sobrecarga =  $203 \text{ kg/m}^2$

CV<sub>máx</sub> =  $250 \text{ kg/m}^2$

CV<sub>med</sub> =  $100 \text{ kg/m}^2$

CV<sub>acc</sub> =  $180 \text{ kg/m}^2$

Después de realizar cuatro iteraciones (ver apéndice B), se obtuvieron los siguientes resultados:

Número de resorte	ki (ton/m)	Número de resorte	ki (ton/m)	Número de resorte	ki (ton/m)	Número de resorte	ki (ton/m)	Número de resorte	ki (ton/m)
1	6712.7	13	6832.2	25	6939.4	37	7954.1	49	9201.3
2	6789.4	14	6605.3	26	6450.0	38	7664.4	50	5607.6
3	6820.5	15	6631.3	27	6463.6	39	7934.4	51	4405.2
4	7007.2	16	6677.8	28	6354.6	40	7926.3	52	6627.0
5	6630.6	17	6605.7	29	6428.2	41	7599.6	53	8470.0
6	6692.2	18	6776.1	30	6699.4	42	7952.9	54	8904.4
7	2556.2	19	2895.0	31	2937.3	43	3766.0	55	12470.0
8	2467.5	20	2904.2	32	2936.7	44	4131.1	56	4476.0
9	2542.8	21	2947.7	33	2931.3	45	4155.7	57	840.5
10	2515.6	22	2984.2	34	2951.3	46	4100.0	58	102880.0
11	2588.3	23	2954.2	35	2994.6	47	3761.0		
12	2601.5	24	2884.4	36	3016.7	48	3647.0		

Tabla 2. 7 Rigidez final de los resortes estáticos

1\* (CM + CVmax+ sobrecarga)

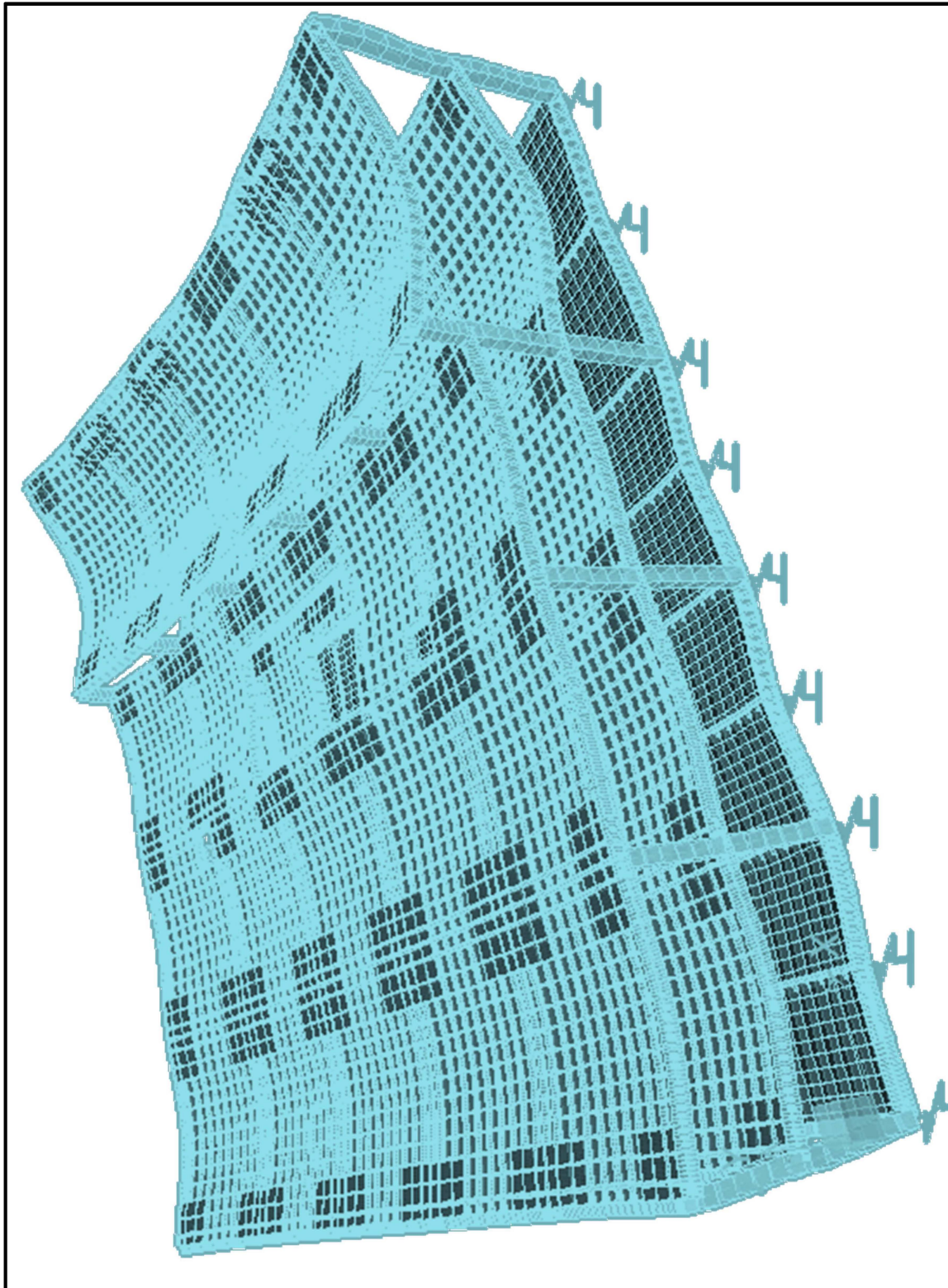


Figura 2.10 Vista extruida del modelo completo en 3D con deformaciones debido a 1\* (CM + CVmax+ sobrecarga)



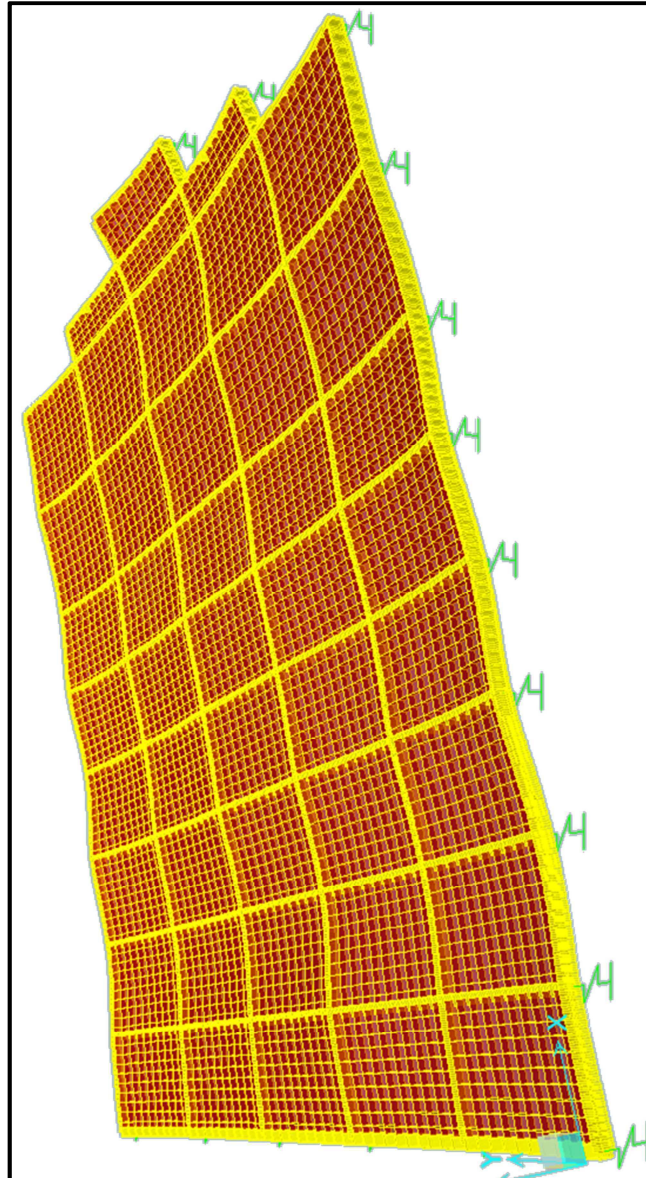


Figura 2. 11 Vista extruida de la cimentación en 3D con deformaciones debido a  $1^*$  (CM + CVmax+ sobrecarga)

Se observa el desplazamiento máximo de los puntos de de la cimentación. (Véase figura 2.12). Se cumple con los hundimientos máximos debido a una losa de cimentación.

Joint Object 15		Joint Element 15		
	1	2	3	
Trans	0.00575	-0.00546	-0.03220	
Rotn	3.827E-06	-1.261E-04	-0.00129	

Figura 2. 12 Desplazamientos del punto más desfavorable de la cimentación.

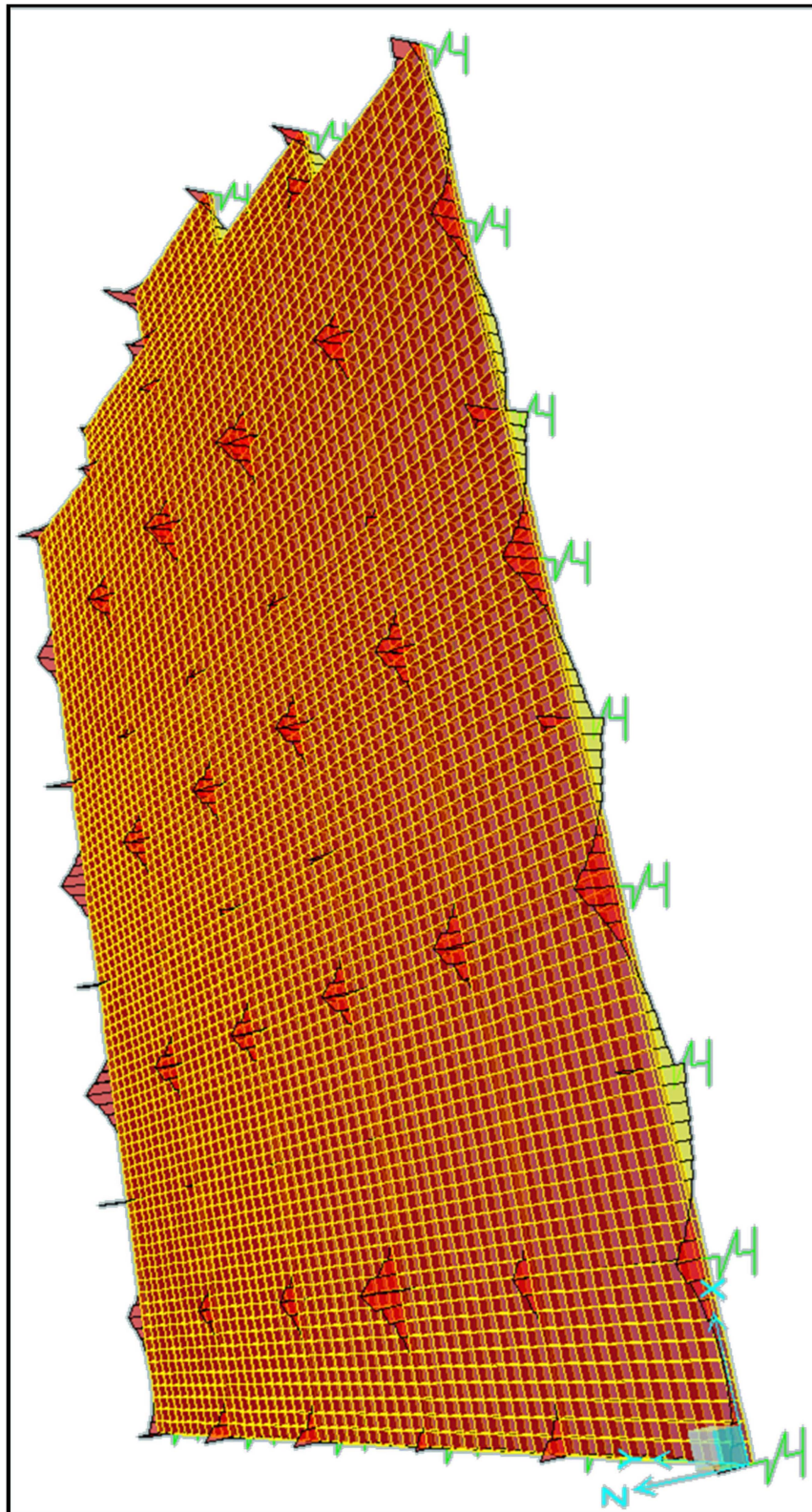


Figura 2. 13 Diagramas de momento flexionante de la cimentación debido a  $1^*$  (CM + CVmax+ sobrecarga)



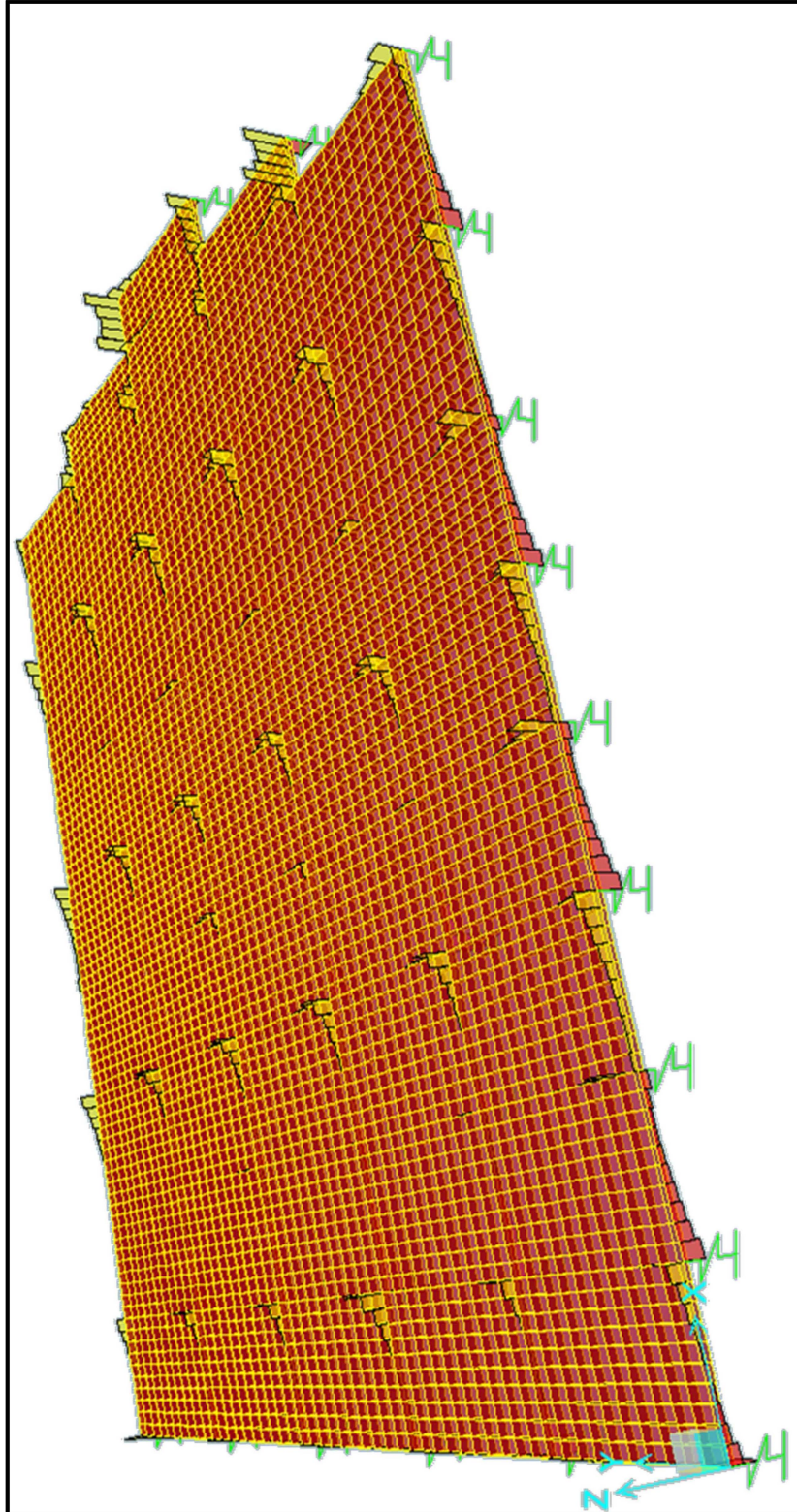


Figura 2. 14 Diagramas de cortante de la cimentación debido a  $1^*$  (CM + CVmax+ sobrecarga)

1\*5 (CM + CVmax).

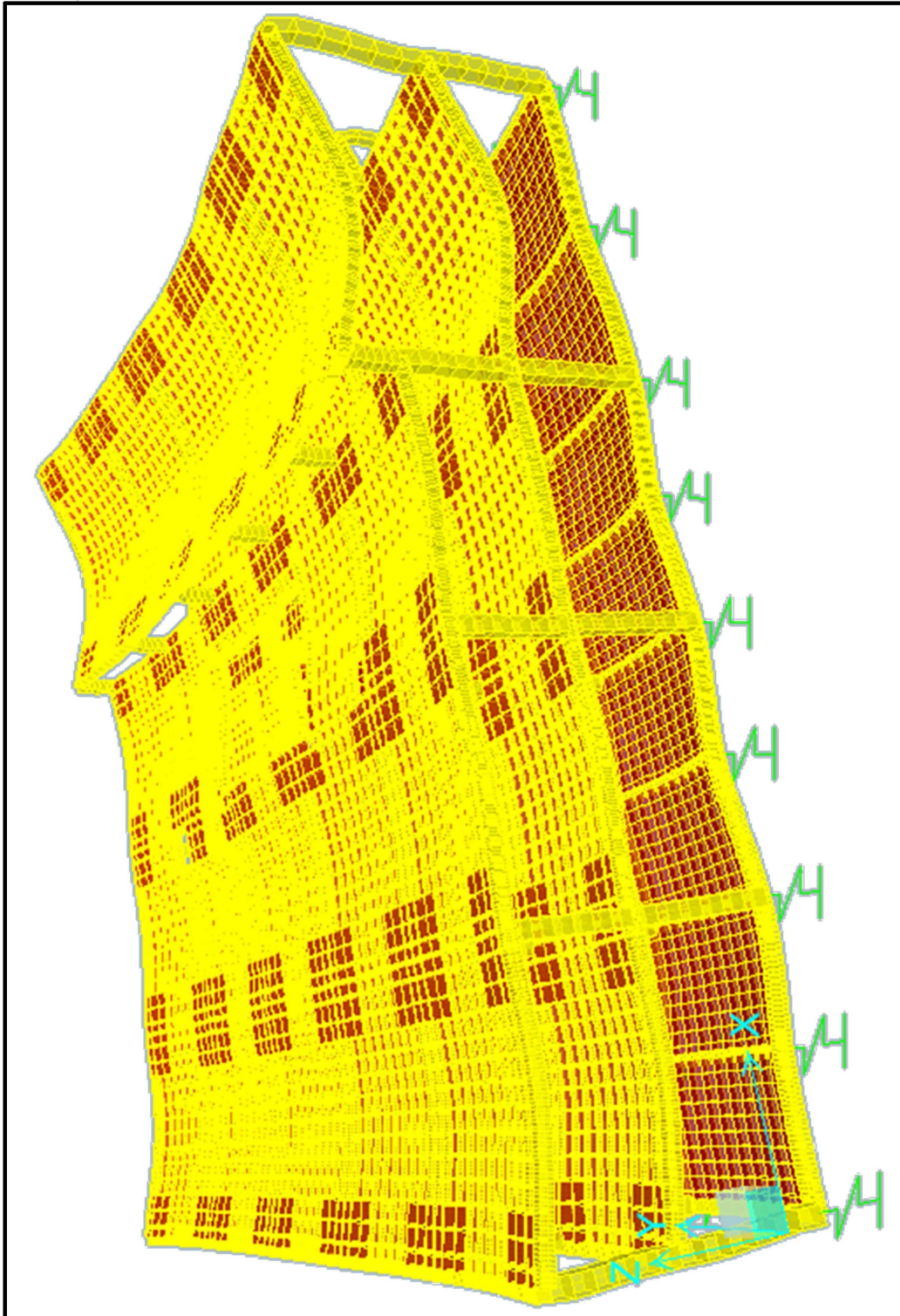


Figura 2. 15 Vista extruida de las deformaciones del edificio con 1.5\* (CM + CVmax)



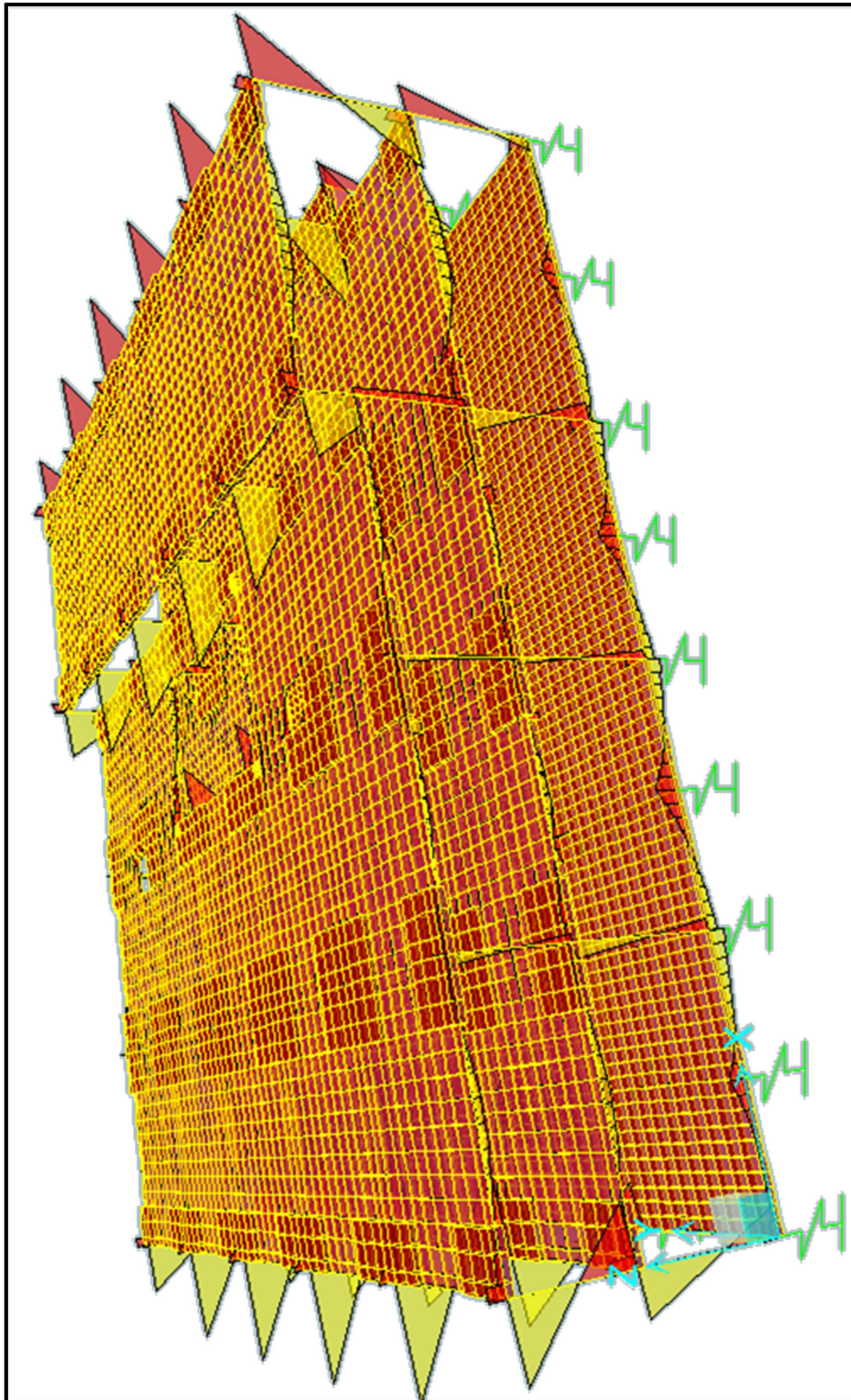


Figura 2. 16 Diagramas de momento flexionante del edificio con 1.5\* (CM + CVmax)

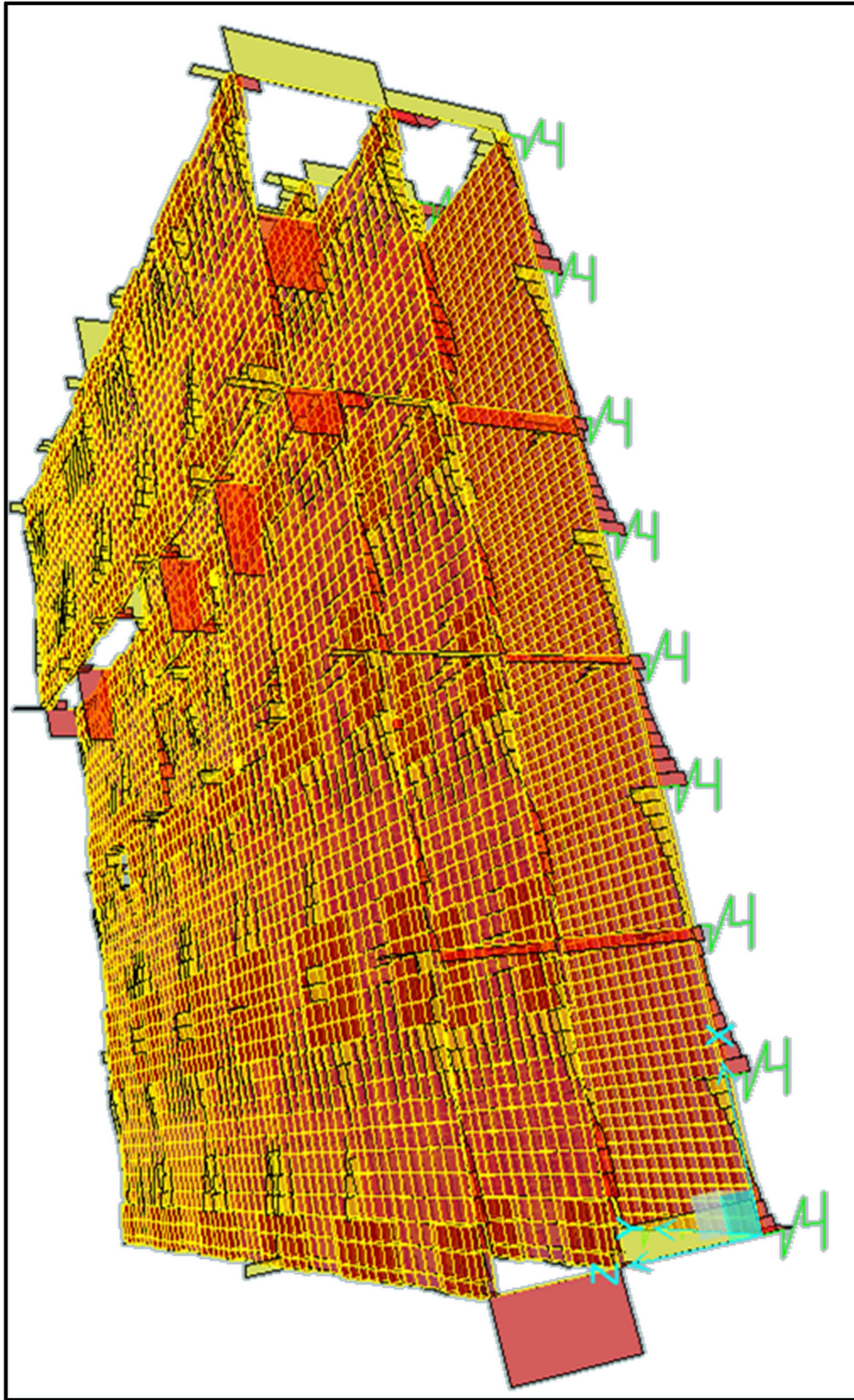


Figura 2. 17 Diagramas de cortante del edificio con  $1.5^*$  (CM + CVmax)



### 2.3.4 Comparación con el modelo de apoyos empotrados

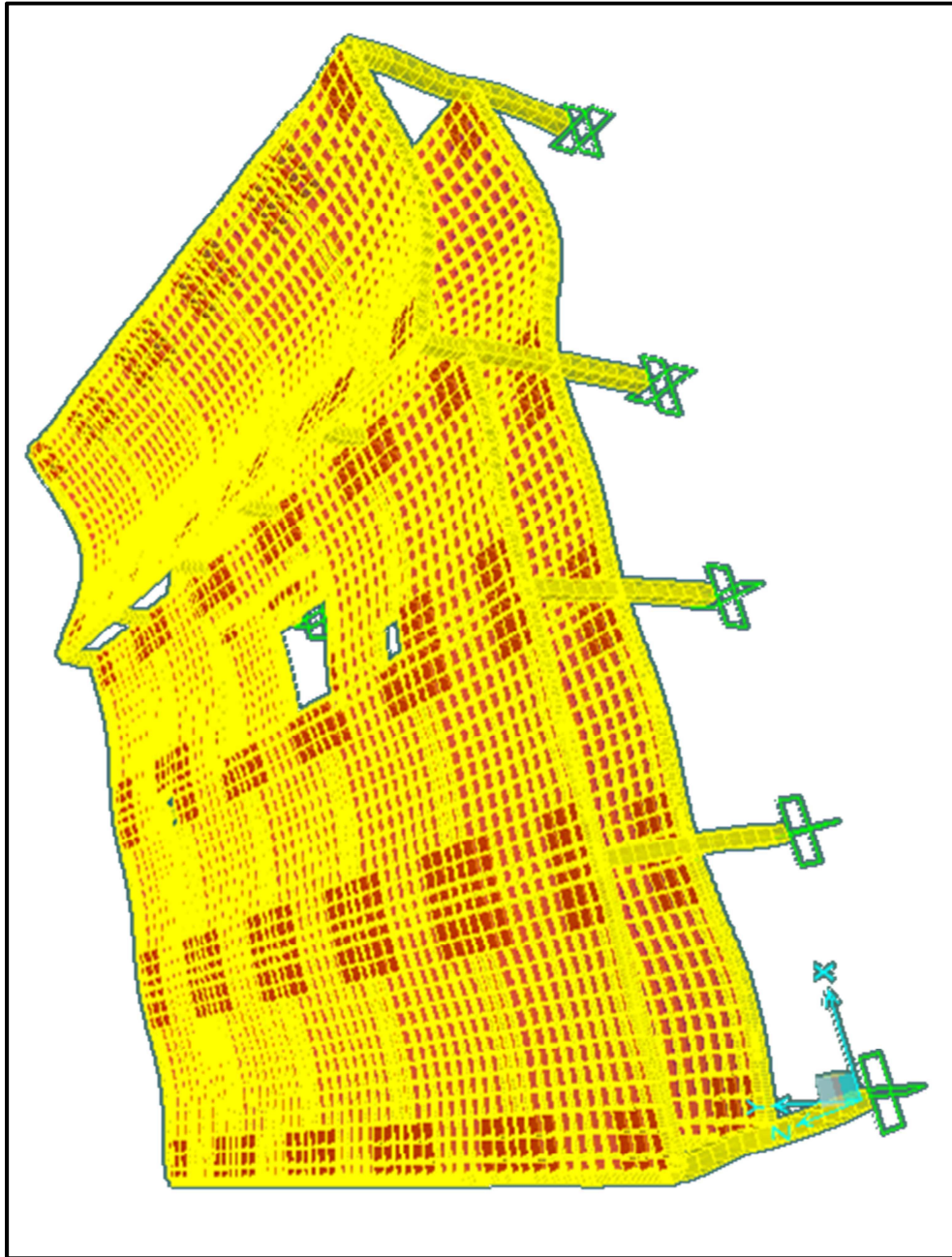


Figura 2. 18 Vista extruida de las deformaciones del edificio con 1.5\* (CM + CVmax)

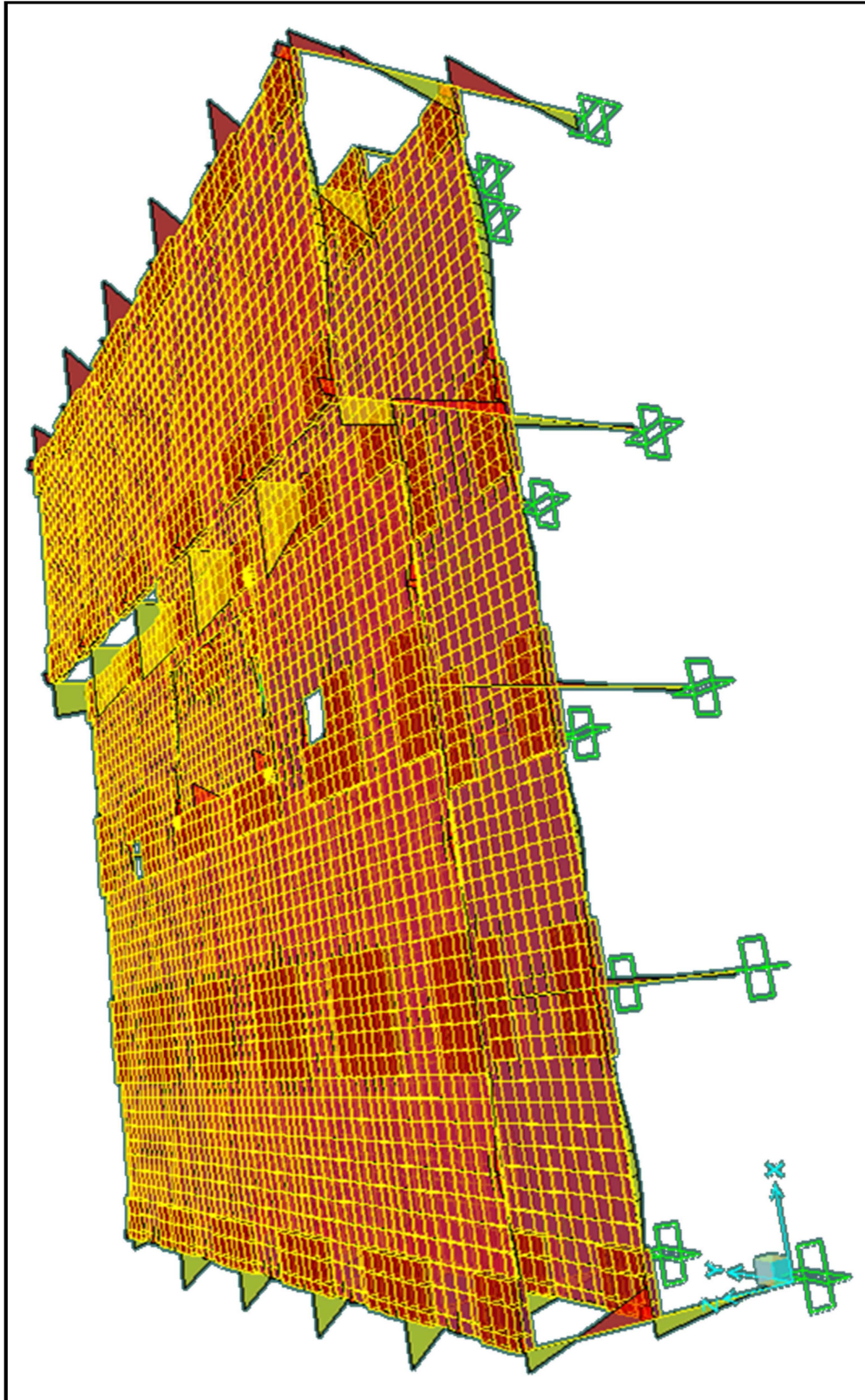


Figura 2. 19 Diagramas de momento flexionante del edificio con 1.5\* (CM + CVmax)



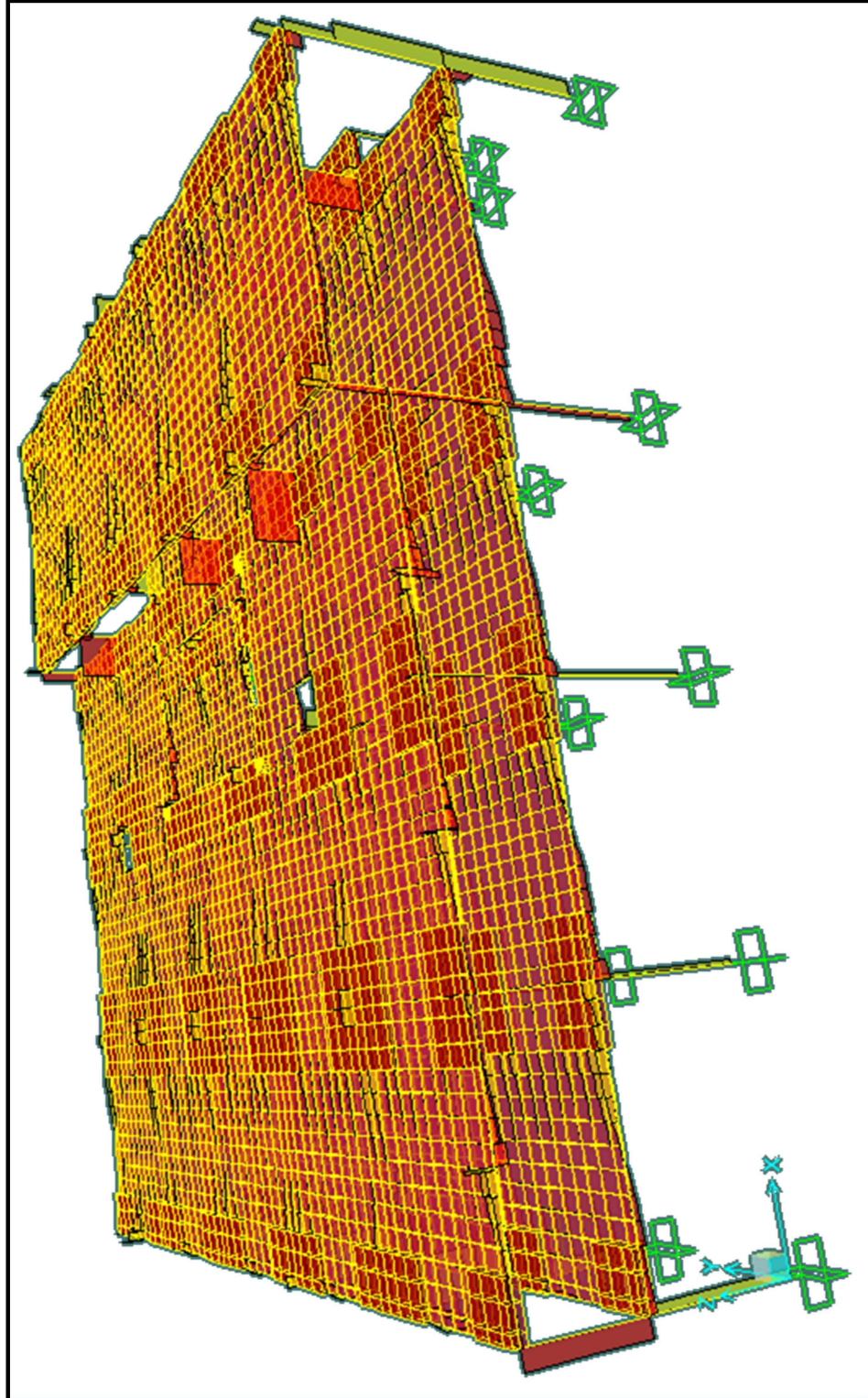


Figura 2. 20 Diagramas de cortante del edificio con  $1.5^*(CM + CV_{max})$

Observando las imágenes de los elementos mecánicos de los diferentes modelos, podemos percatarnos que el modelo donde los apoyos se consideran empotrados posee menores elementos mecánicos. Sin embargo, compararemos los elementos mecánicos de un elemento al azar en ambos modelos, por ejemplo, una columna (elemento 736).

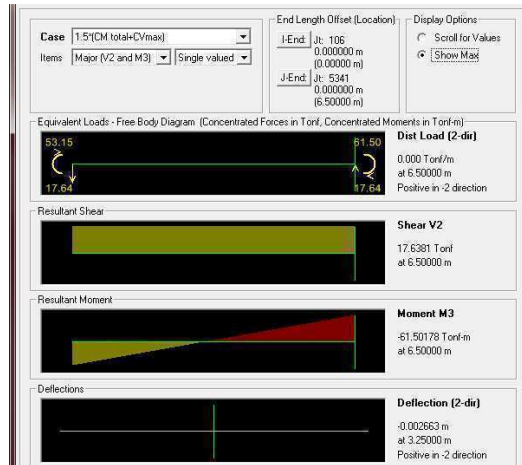


Figura 2. 21 Elementos mecánicos del elemento 736 en el modelo con resortes

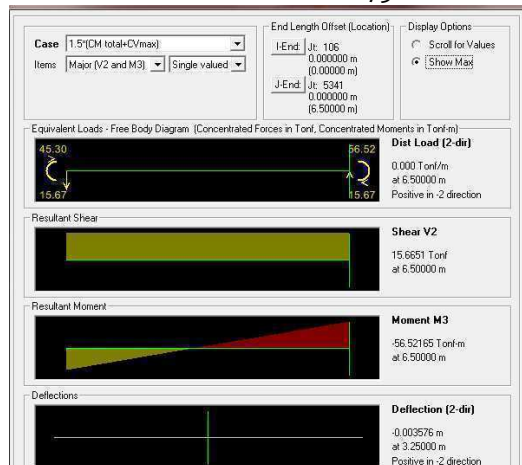


Figura 2. 22 Elementos mecánicos del elemento 736 en el modelo de apoyos empotrados

	Momento flexionante máximo	Fuerza cortante máxima
Figura 2.22	-61.50	17.64
Figura 2.23	-56.21	16.66

Se identifica que no hay cambio significativo en los elementos mecánicos que resultan del análisis de ambos modelos.



## CAPÍTULO III. INTERACCIÓN DINÁMICA

### 3.1 Interacción suelo- cimentación- estructura por acciones dinámicas

Para poder realizar la interacción suelo- cimentación- estructura por acciones dinámicas, es necesario conocer el comportamiento dinámico del suelo. Entre las características particulares con las que cuenta el suelo está el módulo de cortante  $G'$  dinámico, el módulo de elasticidad  $E_d$  dinámico, y otras que ya conocemos, como son el espesor de los estratos entre otras que se verán a continuación.

El procedimiento es básicamente el mismo que el realizado en el capítulo II, sólo que no hay que pasar por alto que consideramos a la cimentación como cuerpo rígido, y que además no trabaja como un solo cuerpo con la estructura.

Debido a la poca cantidad de datos respecto al comportamiento dinámico de las arcillas del sitio, se recurrió a fuentes bibliográficas, para conseguir las características faltantes de la tabla 3.1.

Estrato	Símbolo	Límites de estrato		d	Profundidad media	q/A	$E_D$	MD	$\alpha$
		De:	A:						
	Tipo de material	m	m	cm	m	kgf	Mpa	cm <sup>3</sup> /kgf	cm <sup>3</sup> /kgf
1	II	0.00	0.30	30.00	0.20	3.318	3.92	0.0039	0.118
2	II	0.30	1.50	120.00	0.90	3.318	19.00	0.0043	0.512
3	II	1.50	3.00	150.00	2.25	3.318	25	0.0039	0.588
4	II	3.00	4.40	140.00	3.70	3.318	25	0.0039	0.549
5	II	4.40	6.80	240.00	5.60	3.318	25	0.0039	0.941

Tabla 3. 1 Cálculo de la deformación volumétrica dinámica.

Values or value ranges for Poisson's ratio $\mu$	
Type of soil	$\mu$
Clay, saturated	0.4–0.5
Clay, unsaturated	0.1–0.3
Sandy clay	0.2–0.3
Silt	0.3–0.35
Sand, gravelly sand	–0.1–1.00
commonly used	0.3–0.4
Rock	0.1–0.4 (depends somewhat on type of rock)
Loess	0.1–0.3
Ice	0.36
Concrete	0.15
Steel	0.33

Figura 3. 1 Valores para rangos del coeficiente de Poisson. (Bowles,1997)

<b>Value range* for the static stress-strain modulus <math>E_s</math> for selected soils (see also Table 5-6)</b>	
Field values depend on stress history, water content, density, and age of deposit	
<b>Soil</b>	<b><math>E_s</math>, MPa</b>
Clay	
Very soft	2–15
Soft	5–25
Medium	15–50
Hard	50–100
Sandy	25–250
Glacial till	
Loose	10–150
Dense	150–720
Very dense	500–1440
Loess	15–60
Sand	
Silty	5–20
Loose	10–25
Dense	50–81
Sand and gravel	
Loose	50–150
Dense	100–200
Shale	150–5000
Silt	2–20

\*Value range is too large to use an "average" value for design.

Figura 3. 2 Valores para rangos del módulo de elasticidad  $E_s$ . (Bowles, 1997)

Aplicando las siguientes relaciones:

$$E_s := \frac{G_p}{2 \cdot (1 + \mu)} \quad M_d := \frac{1}{E_s} \quad \alpha := d \cdot M_d$$

Donde:

$G_p$ , es módulo de cortante dinámico.

$E_s$ , es el módulo de elasticidad del suelo.

$\mu$ , es el coeficiente de Poisson.

$M_d$ , es el módulo de deformación volumétrica dinámica.

$d$ , es el espesor del estrato.

$\alpha$ , es el coeficiente de deformación volumétrica dinámica.

De acuerdo a las tablas se tomó un valor adecuado de  $E_s$ .

Obtenido  $\alpha$ , fue posible insertar los datos al programa EMA RIGID, tales datos se encuentran en el Apéndice A; es necesario que no son los mismos datos insertados que en el capítulo II, ya que en aquel capítulo sólo se contaba con la información de compresibilidad de dos estratos, y en este capítulo se le ha complementado la información a los cinco estratos.

Después de una iteración se ha estimado que no serán necesarias más iteraciones, ya que la variación de rigidez de los resortes no resulta relevante. (Véase apéndice C).

### 3.1.1 Sismo

Esta parte fue realizada en base a las normas CFE para sismo.

En ellas se especifica que la construcción se encuentra en el Grupo A, debido a su importancia, el Tipo de Suelo es II, la zona sísmica es A (de baja sismicidad) y se tendrá un  $Q=3$ .

Se usará  $Q=3$  cuando se satisfacen las condiciones 2, 4, y 5 y en cualquier entrepiso dejan de satisfacerse las condiciones 1 o 3 especificadas para el caso  $Q=4$ , pero la resistencia en todos los pisos es suministrada por columnas de acero o de concreto reforzado con las losas planas, por marcos rígidos de acero, por marcos de concreto reforzado, por muros de este material, por combinaciones de éstos y marcos o por diafragmas de madera contrachapada. Las estructuras con losas planas deberán además satisfacer los requisitos que sobre el particular marcan las normas técnicas para estructuras de concreto. (CFE, 2008).

Zona sísmica	Tipo de suelo	$\alpha_0$	C	$T_a$ (s)	$T_b$ (s)	r
A	I	0.02	0.08	0.2	0.6	1/2
	II	0.04	0.16	0.3	1.5	2/3
	III	0.05	0.20	0.6	2.9	1
B	I	0.04	0.14	0.2	0.6	1/2
	II	0.08	0.30	0.3	1.5	2/3
	III	0.10	0.36	0.6	2.9	1
C	I	0.36	0.36	0.0	0.6	1/2
	II	0.64	0.64	0.0	1.4	2/3
	III	0.64	0.64	0.0	1.9	1
D	I	0.50	0.50	0.0	0.6	1/2
	II	0.86	0.86	0.0	1.2	2/3
	III	0.86	0.86	0.0	1.7	1

Tabla 3. 2 Espectros de diseño para estructuras del grupo B. (CFE)

Para estructuras del grupo A, las ordenadas de los valores espectrales deberán multiplicarse por 1.5, a fin de tener en cuenta la importancia de la estructura.

Para considerar el factor de reducción  $Q$ , las ordenadas del espectro deberán dividirse entre dicho factor. El espectro queda definido en la tabla 3.3.

Zona sísmica	Tipo de suelo	$\alpha_0$	C	$T_a$ (s)	$T_b$ (s)	r
A	II	0.04	0.16	0.15	0.75	2/3

Tabla 3. 3 Espectro de diseño

Las combinaciones a utilizar son:

$$1.1(CM_{total} + CV_{accid} + S_x + 0.3S_y)$$

$$1.1(CM_{total} + CV_{accid} + 0.3S_x + S_y)$$

Y sus consecuentes que el programa de SAP 2000 V.15 calcula automáticamente. Para modelar el suelo que usualmente comprime al suelo donde se desplanta el edificio, se usaron algunas restricciones. (Véase figuras 3.3, 3.4 y 3.5).

### 3.1.2 Viento

Esta parte fue realizada en base a las normas CFE para viento (2008). De manera que dio los siguientes valores.

Parte	Número de área tributaria	Presión (Ton/m <sup>2</sup> )
Lateral (sotavento) Hacia y	1	-5.613 E-03
	2	-1.266 E-03
	3	-1.27 E-03
	4	-1.313 E-03
	5	-1.334 E-03
	6	-1.42 E-03
Frontal (barlovento) Hacia x	1	5.613 E-03
	2	5.311 E-03
	3	5.306 E-03
	4	5.306 E-03
	5	5.311 E-03
	6	5.613 E-03

Tabla 3. 4 Presiones del viento.

El cálculo de la presión del viento se puede revisar en el apéndice F.

Obtenidas las fuerzas por metro cuadrado, en los laterales del edificio, se modelarán por medio de muros de 30cm, a los que no se les considera ni masa ni peso, ya que el peso de los muros ya fue considerado como carga lineal. (Véase figura 3.6).

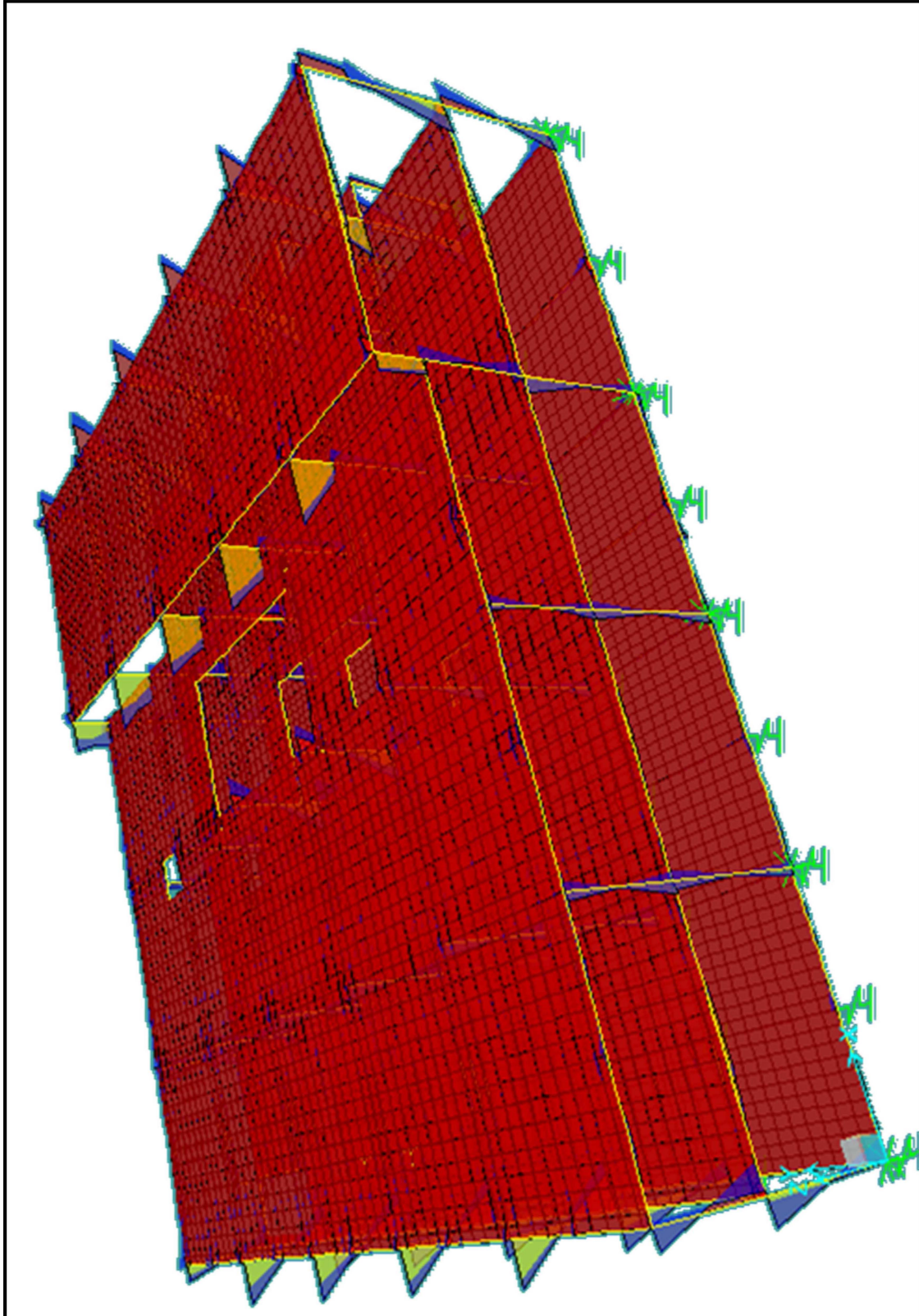


Figura 3. 3 Diagramas de momento flexionante del edificio causada por la envolvente de las combinaciones:  
 $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+S_x+0.3S_y)$ , y  $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+0.3S_x+S_y)$



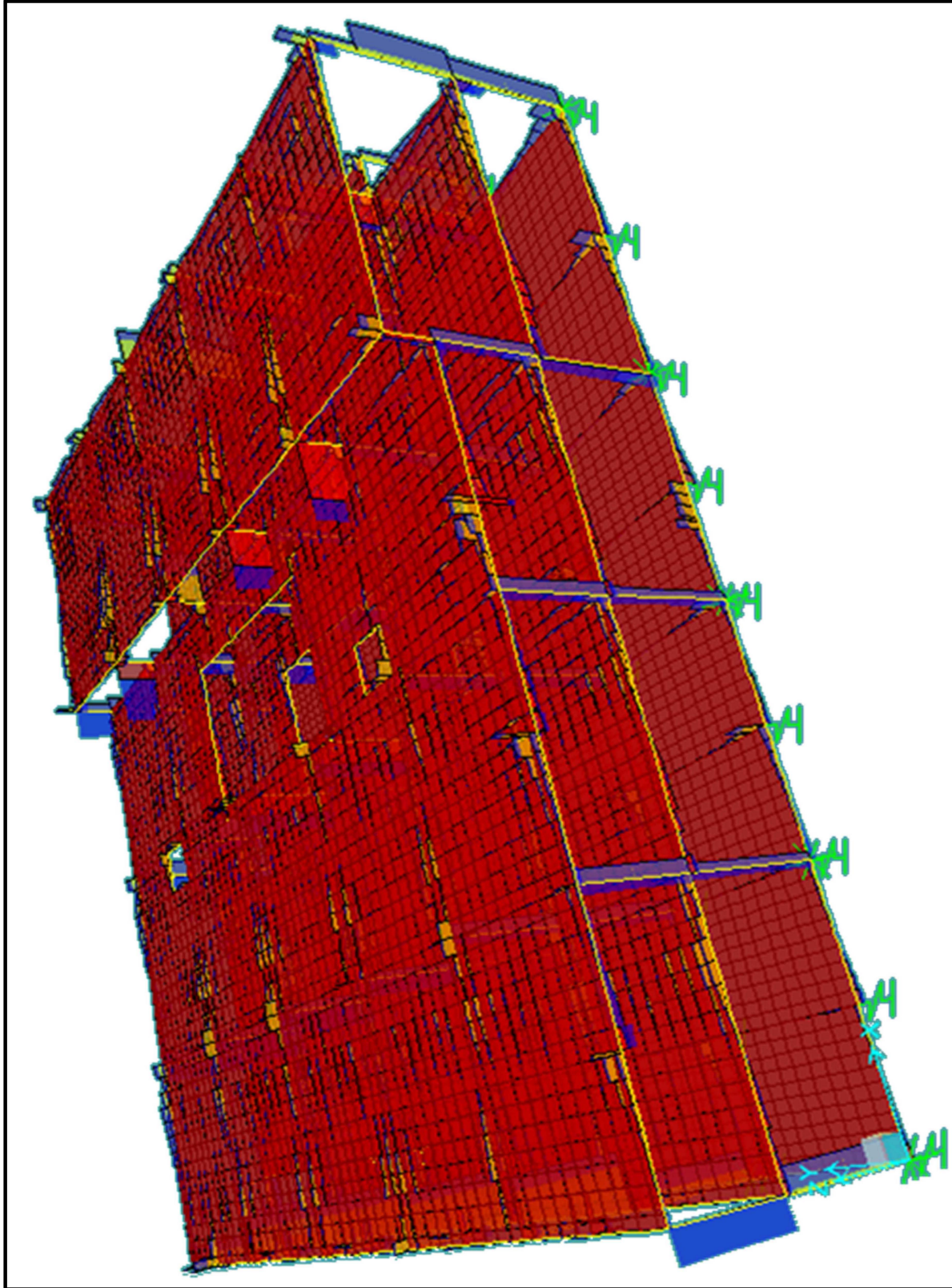


Figura 3.4 Diagramas de cortante causada por la envolvente de las combinaciones:  $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+S_x+0.3S_y)$ , y  $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+0.3S_x+S_y)$

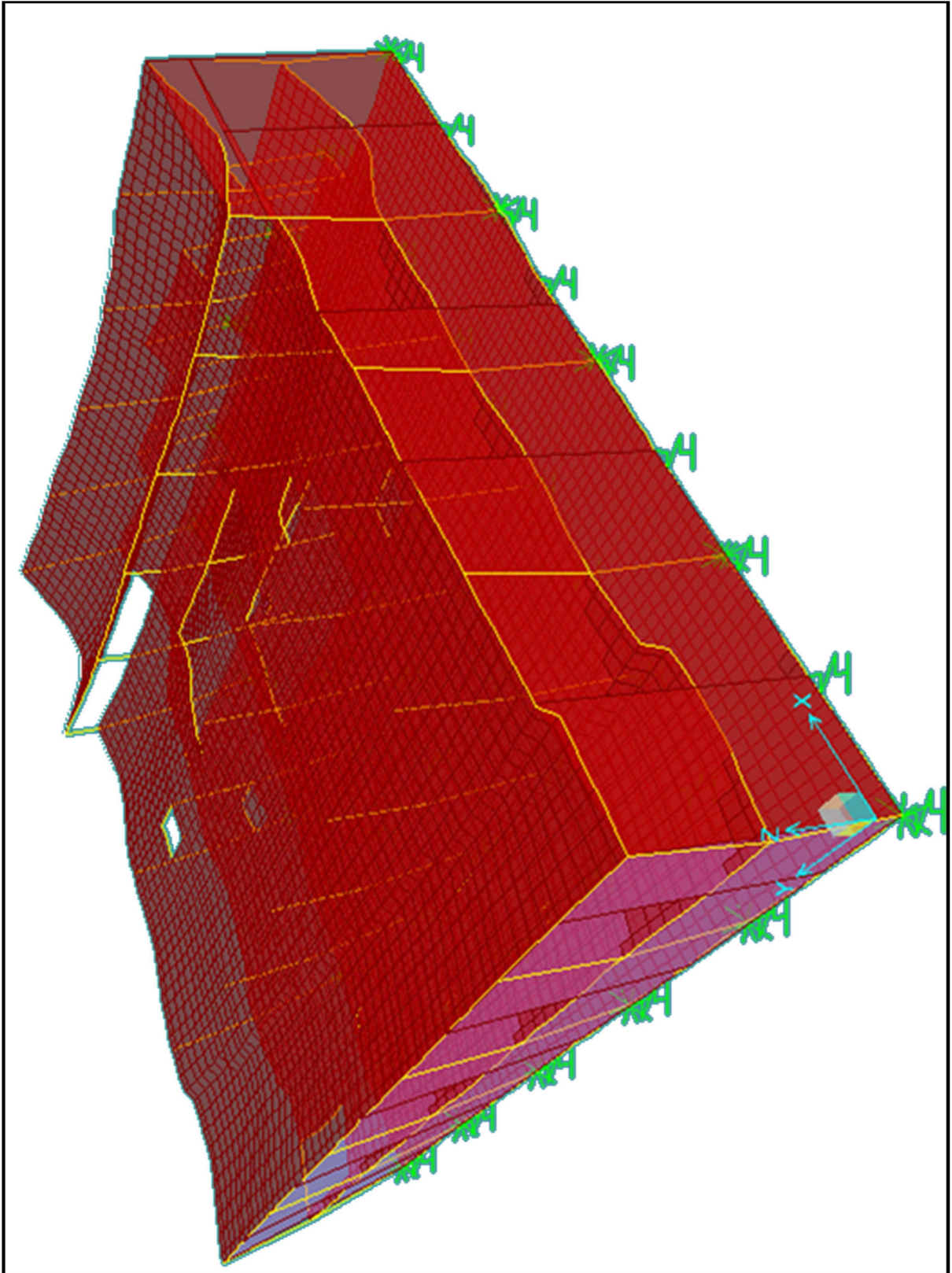


Figura 3. 5 Vista extruida de las deformaciones del edificio con la envolvente de las combinaciones:  
 $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+S_x+0.3S_y)$ , y  $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+0.3S_x+S_y)$



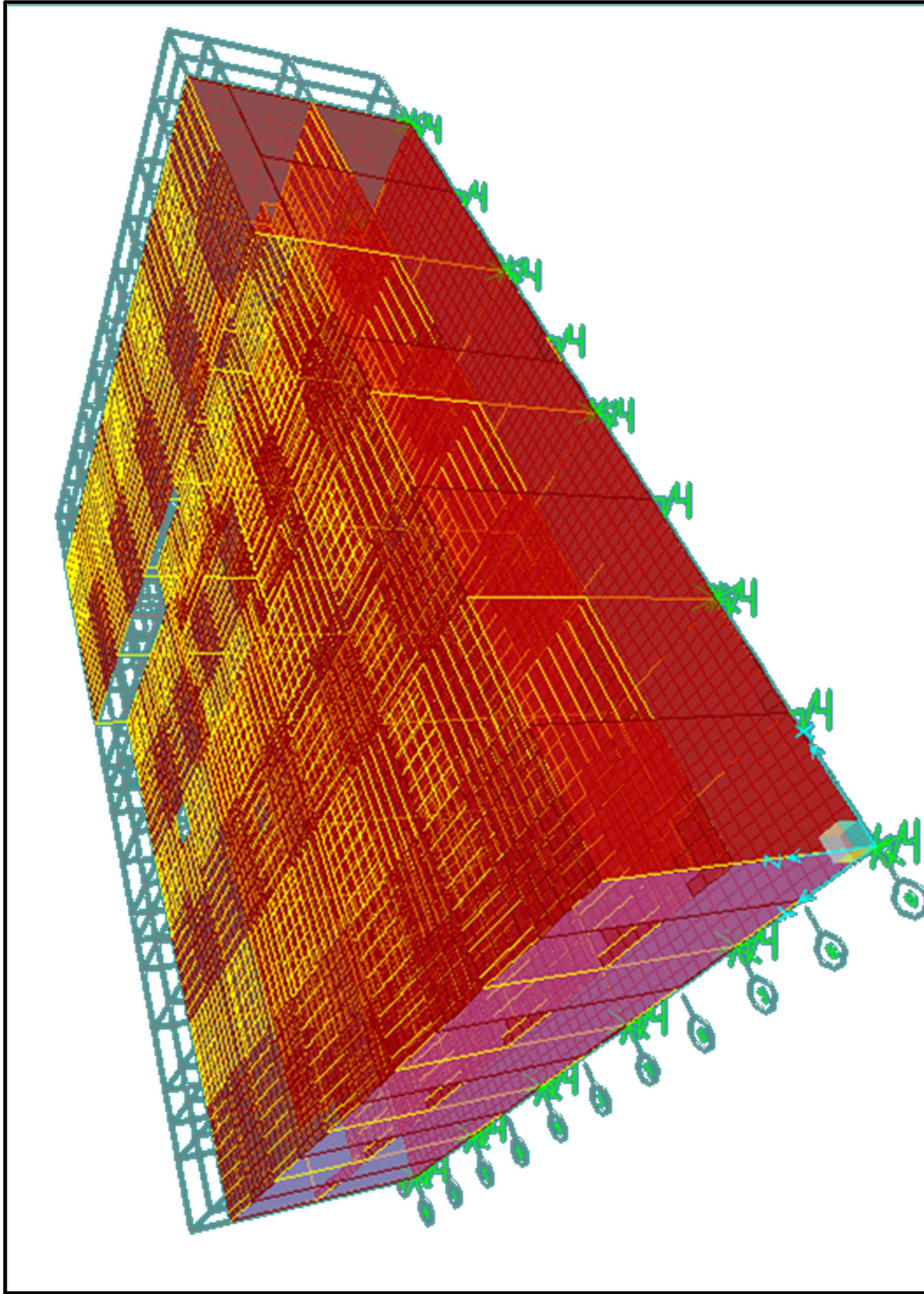


Figura 3. 6 Modelo que muestra los muros para distribuir la fuerza del viento



## CAPÍTULO IV. DISEÑO ESTRUCTURAL

### 4.1 Diseño estructural de la cimentación con interacción suelo- estructura

Para escoger el diseño estructural se tomó en cuenta la envolvente de las acciones tanto estáticas como dinámicas. Se tomaron en cuenta los elementos mecánicos del análisis con los resortes estáticos (cargas estáticas), y los de los resortes seudo-dinámicos (sismo y viento).

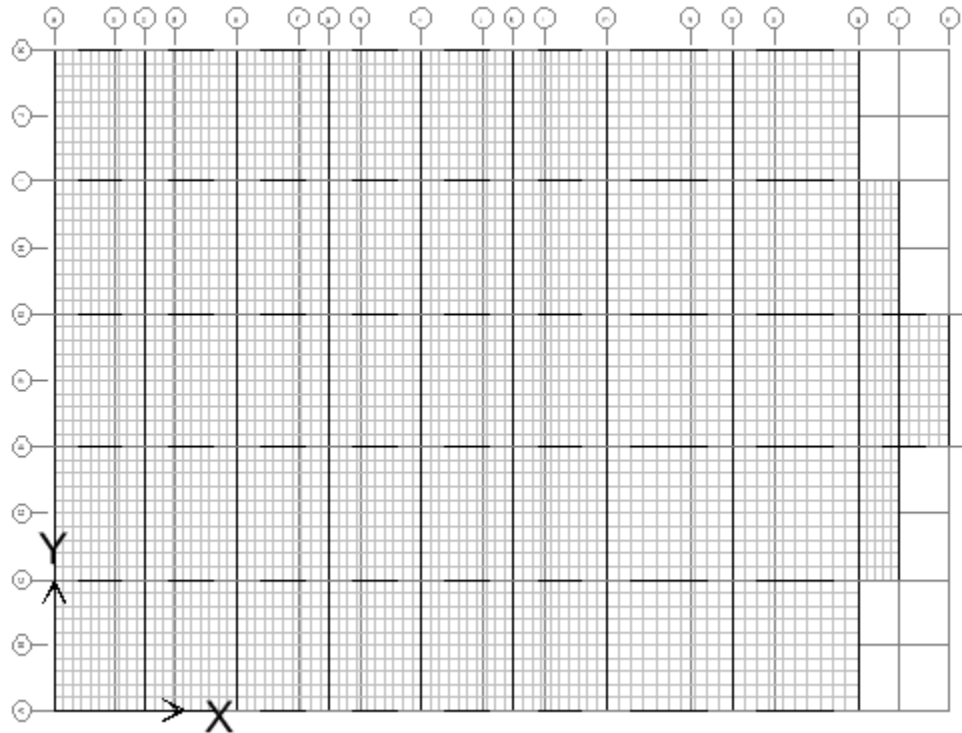


Figura 4. 1 Losa de cimentación con contratraveses

Para realizar el diseño se tomaron los elementos mecánicos de la envolvente de la acción dinámica dominante (en este caso las combinaciones de sismo) del modelo con resortes dinámicos, y la combinación 1.5 (CM + CVmax) del modelo con resortes estáticos. (Véase figuras de la 4.2- 4.5).

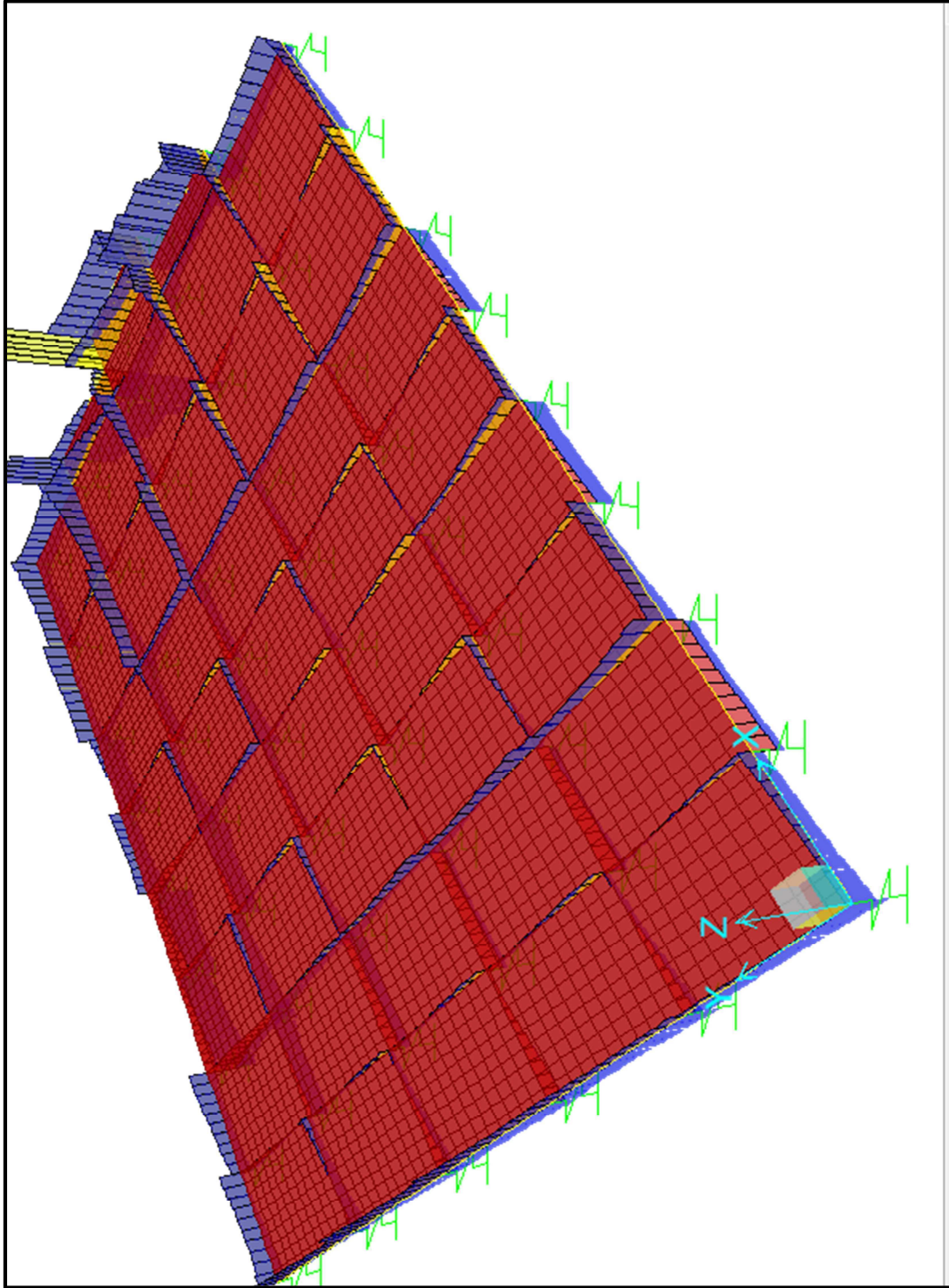


Figura 4. 2 Diagramas de cortante causada por la envolvente de las combinaciones:  $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+S_x+0.3S_y)$ , y  $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+0.3S_x+S_y)$ . Modelo con resortes dinámicos

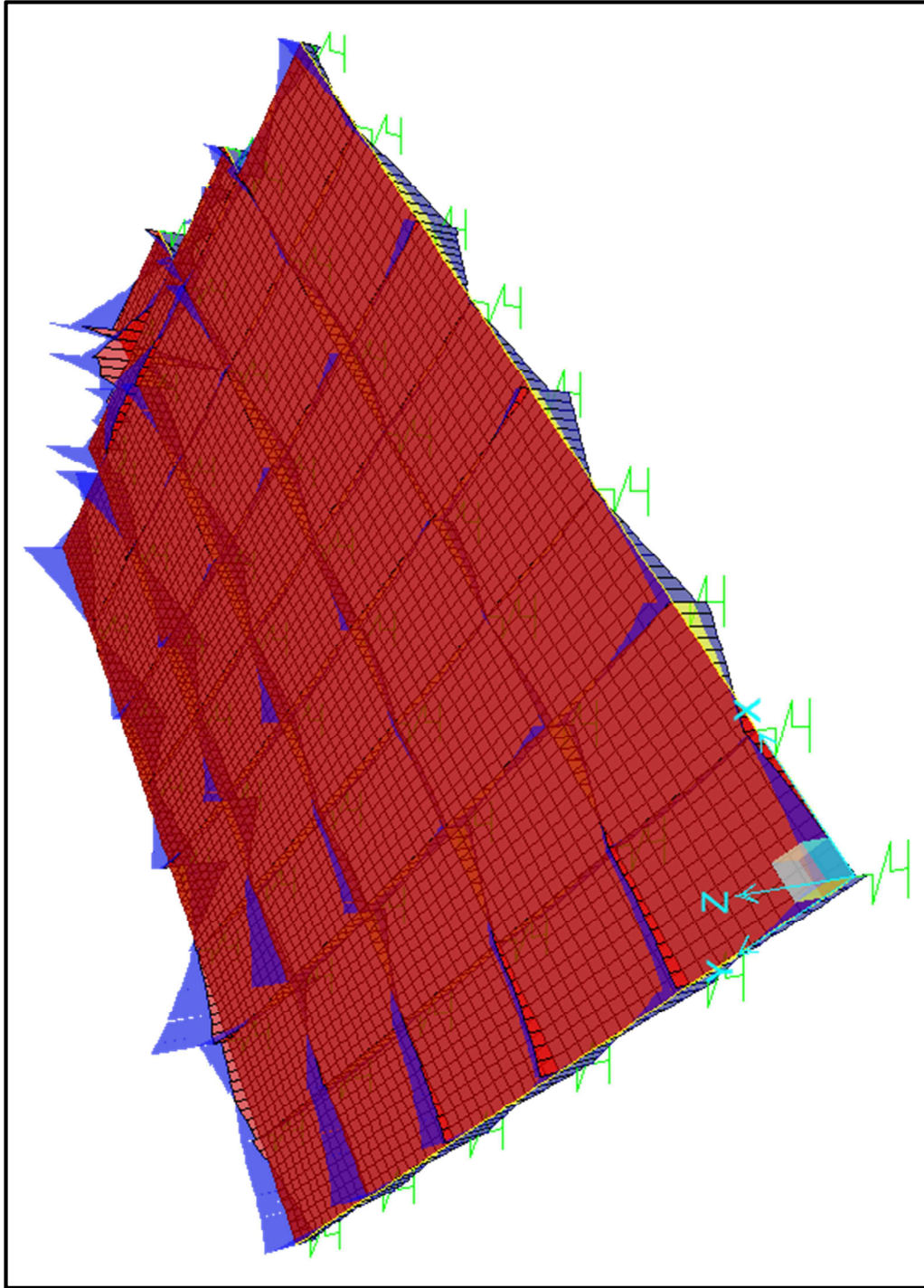


Figura 4. 3Diagramas de momento flexionante causada por la envolvente de las combinaciones:  
 $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+S_x+0.3S_y)$ , y  $1.1(CM_{total}+CV_{accid}+0.3S_x+S_y)$ . Modelo con resortes dinámicos



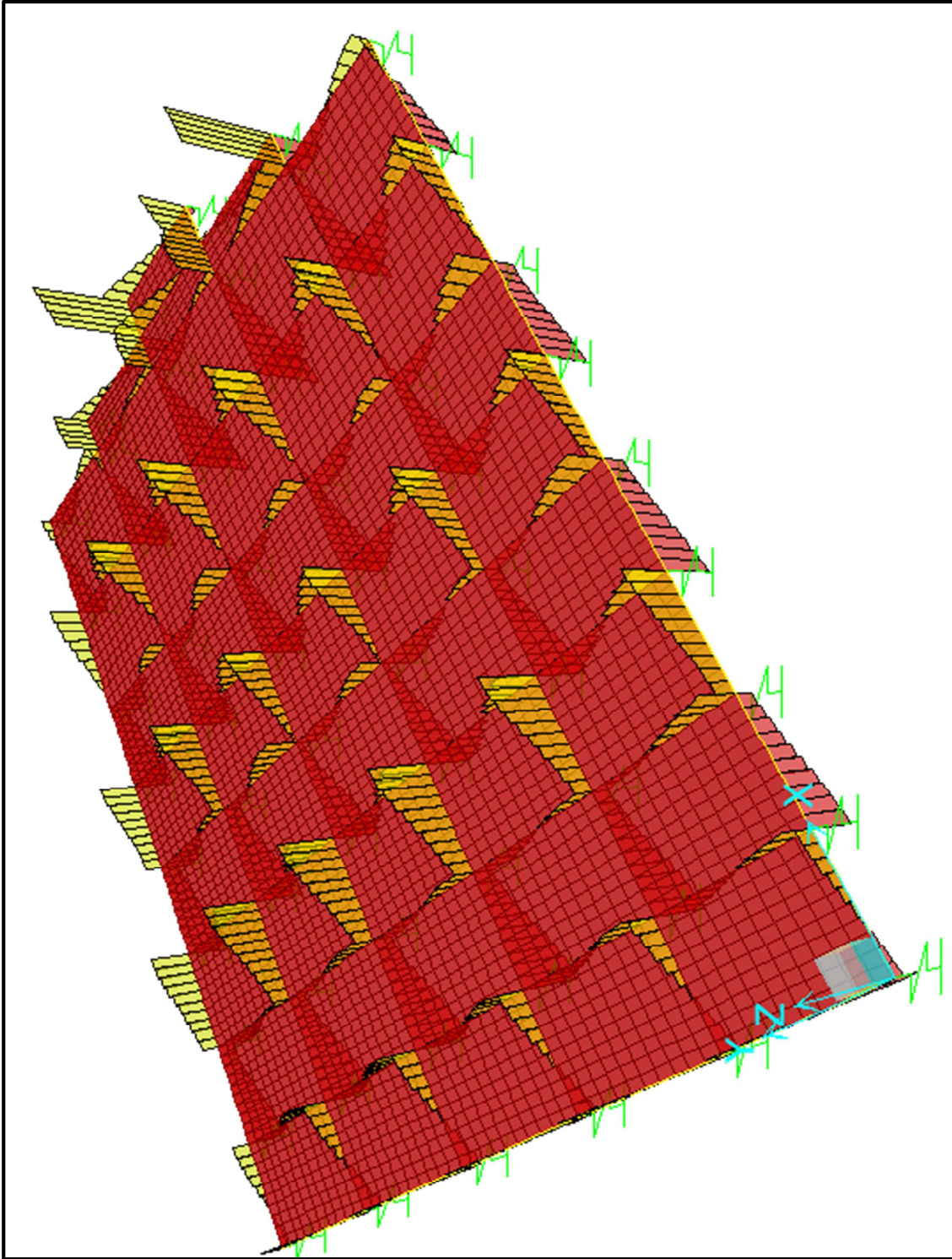


Figura 4. 4 Diagrama de cortante causado por la combinación  $1.5*(CM + CV_{max})$ . Modelo con resortes estáticos

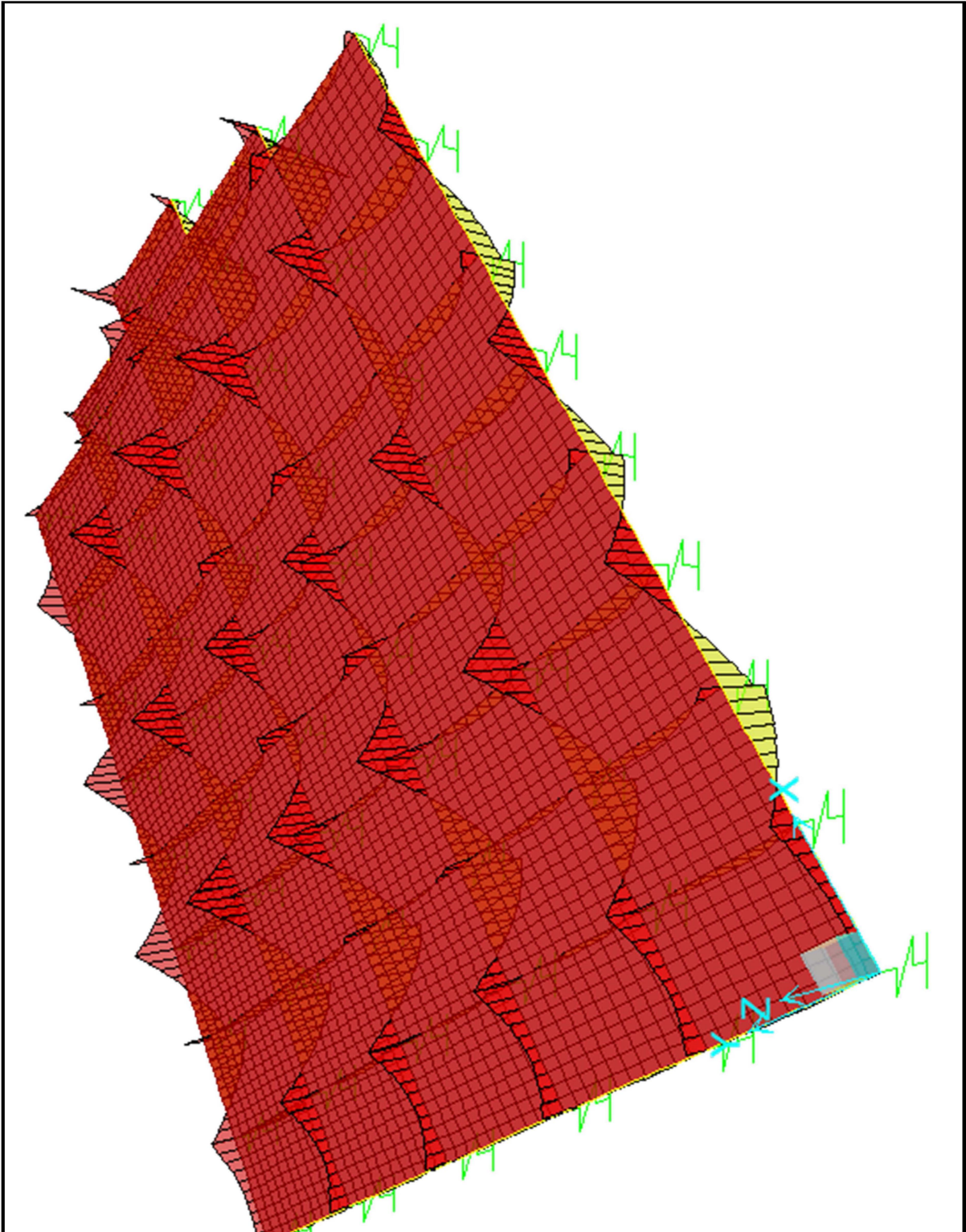


Figura 4. 5 Diagrama de momento flexionante causado por la combinación  $1.5*(CM + CV_{max})$ . Modelo con resortes estáticos



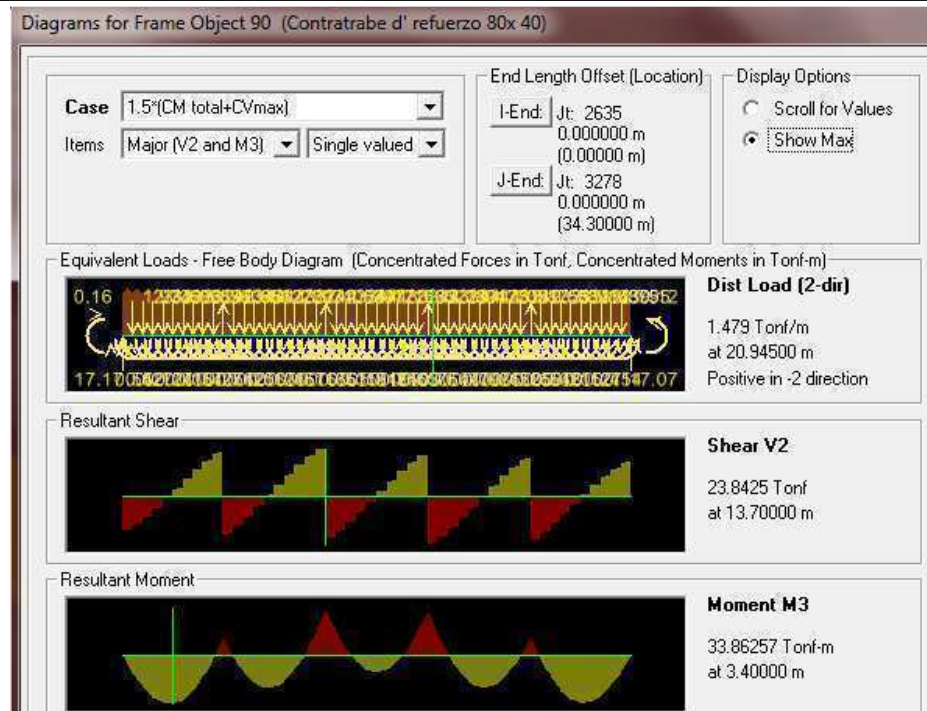


Figura 4. 6 Elementos mecánicos máximos de diseño de la contratrabe en eje Y con cargas estáticas

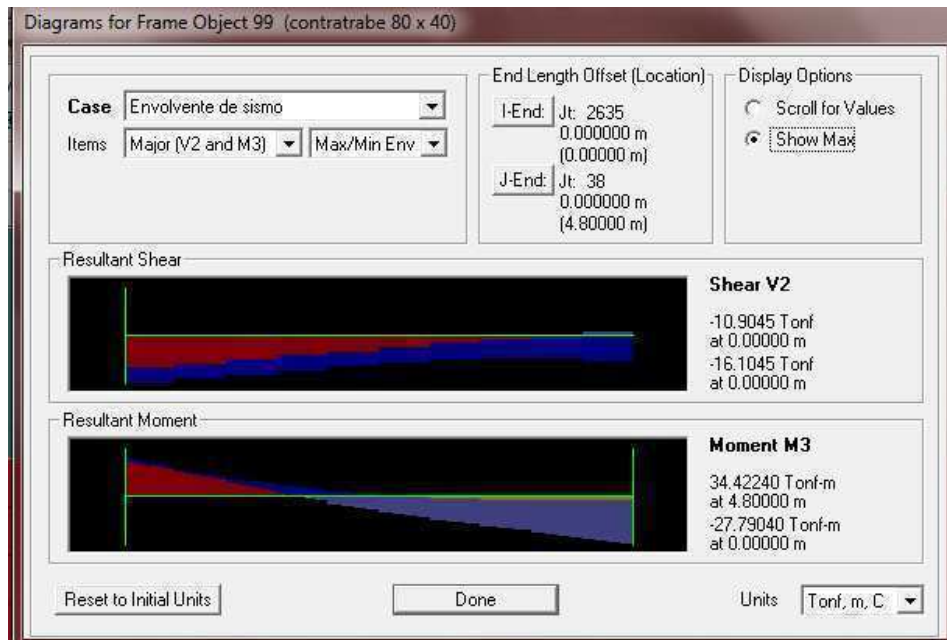


Figura 4. 7 Elementos mecánicos de diseño de la contratrabe 99 con cargas dinámicas

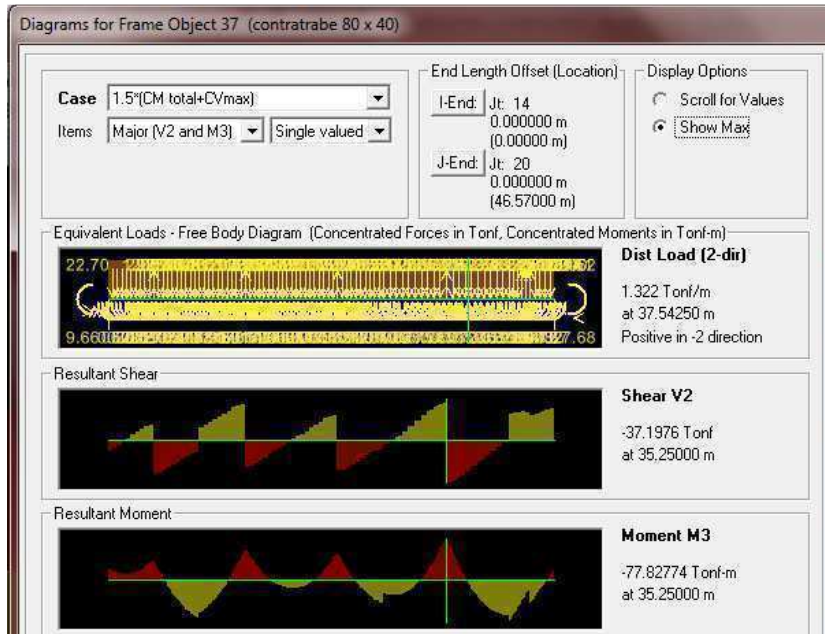


Figura 4. 8 Elementos mecánicos máximos de diseño de la contratrabe en eje X con cargas estáticas

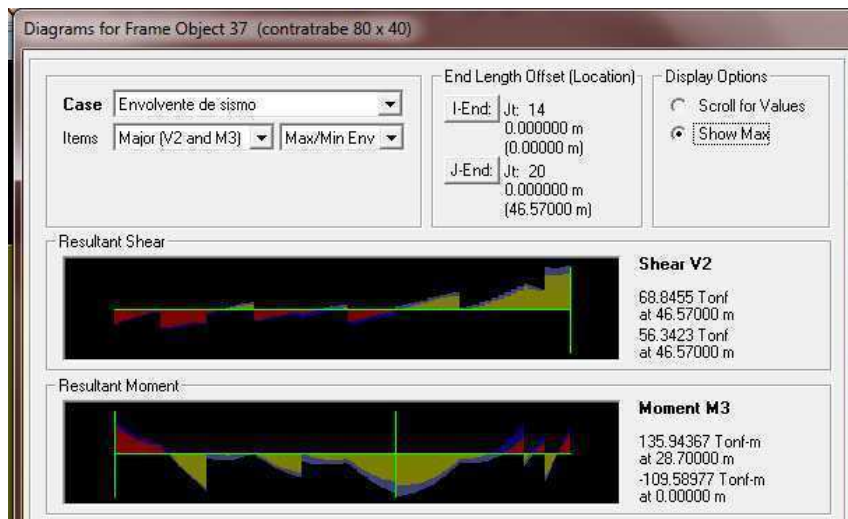


Figura 4. 9 Elementos mecánicos de diseño de la contratrabe en eje X con cargas dinámicas

#### 4.1.1 Diseño de losa

La losa de cimentación se diseñó como una losa perimetralmente apoyada. Se consideró el peso de la cimentación y la combinación de cargas 1.5\* (CM + C<sub>Vmax</sub>), así como la reacción del suelo; ya que esta última provoca una deformación hacia arriba. Se empleó la tabla siguiente.

Tablero	Momento	Claro	Relación de lados corto a largo. III = a <sub>1</sub> /a <sub>2</sub>																	
			0		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0					
			I <sup>2</sup>	II <sup>2</sup>	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II				
Interior Todos los bordes continuos	Neg. en bordes interiores	corto largo	908 516	1018 544	553 409	565 431	489 391	498 412	432 371	438 388	381 347	387 361	333 320	338 330	288 288	292 292				
	Positivo	corto largo	630 175	668 181	312 139	322 144	268 134	276 139	228 130	236 135	192 128	199 133	158 127	164 131	126 126	130 130				
De borde Un lado corto discontinuo	Neg. en bordes interiores	corto largo	998 516	1018 544	568 409	594 431	506 391	533 412	451 372	478 392	403 350	431 369	357 326	388 341	315 297	346 311				
	Neg. en bordes dis. continuos	corto largo	610 179	668 187	329 142	356 149	292 137	306 143	240 133	261 140	202 131	219 137	167 129	181 136	133 129	144 135				
De borde Un lado largo discontinuo	Neg. en bordes interiores	corto largo	1060 587	1143 687	583 465	624 545	514 442	548 513	453 411	481 470	397 379	420 426	346 347	364 384	297 315	311 346				
	Positivo	corto largo	751 185	912 200	362 147	366 158	325 142	312 153	241 138	263 149	202 135	218 146	164 134	175 145	129 133	135 144				
De esquina Dos lados adyacentes discontinuos	Neg. en bordes interiores	corto largo	1060 600	1143 713	598 475	653 564	530 455	582 541	471 429	520 506	419 394	464 457	371 360	412 410	324 324	364 364				
	Neg. en borde disc. continuos	corto largo	651 220	0 0	370 220	0 0	340 220	0 0	310 220	0 0	280 220	0 0	250 220	0 0	220 220	0 0				
Extremo Tres bordes disc. continuos un lado lar- go continuo	Positivo	corto largo	751 185	912 200	358 152	416 168	306 146	354 163	259 142	298 158	216 140	247 156	176 138	199 154	137 137	153 153				
	Neg. en borde cont. continuos	corto largo	1060 651	1143 0	970 370	1070 564	890 455	1010 541	810 429	940 506	730 394	870 457	650 360	790 410	570 324	710 364				
Extremo Tres bordes disc. continuos un lado cor- to continuo	Neg. en borde disc. continuos	corto largo	570 330	0 0	480 220	0 0	420 220	0 0	370 220	0 0	310 220	0 0	270 220	0 0	220 220	0 0				
	Positivo	corto largo	1100 200	1670 250	960 430	1060 540	840 450	950 540	730 430	850 540	620 430	740 540	540 430	660 540	430 430	520 540				
Aislado Cuatro lados disc. continuos	Neg. en bordes disc. continuos	corto largo	570 330	0 0	550 330	0 0	530 330	0 0	470 330	0 0	430 330	0 0	380 330	0 0	330 330	0 0				
	Positivo	corto largo	1100 200	1670 250	830 500	1380 830	800 500	1330 830	720 500	1190 830	640 500	1070 830	570 500	950 830	500 500	830 830				

1. Para las franjas extremas multiplíquense los coeficientes por 0.60.
  2. Caso I. Losa colada monolíticamente con sus apoyos.
  3. Caso II. Losa no colada monolíticamente con sus apoyos.
- Los coeficientes multiplicados por  $10^{-4}$  W a  $l^2$ , dan momentos flexionantes por unidad de ancho; si W es en  $kN/m^2$  (en  $kg/m^2$ ) y  $l$  en m, el momento da en  $kN-m/m$  (en  $kg-m/m$ )
- Para el caso I,  $a_1$  y  $a_2$  pueden tomarse como los claros libres entre paños de vigas; para el caso II se tomarán como los claros entre ejes, pero sin exceder del claro libre más dos veces el espesor de la losa.

Figura 3. 7 Coeficientes de momentos flexionantes para tableros rectangulares tablas centrales (1). NTC-2004



La memoria de cálculo de la losa de cimentación se encuentra en el apéndice D; y la memoria de cálculo de la contratrabe se encuentra en el apéndice E.

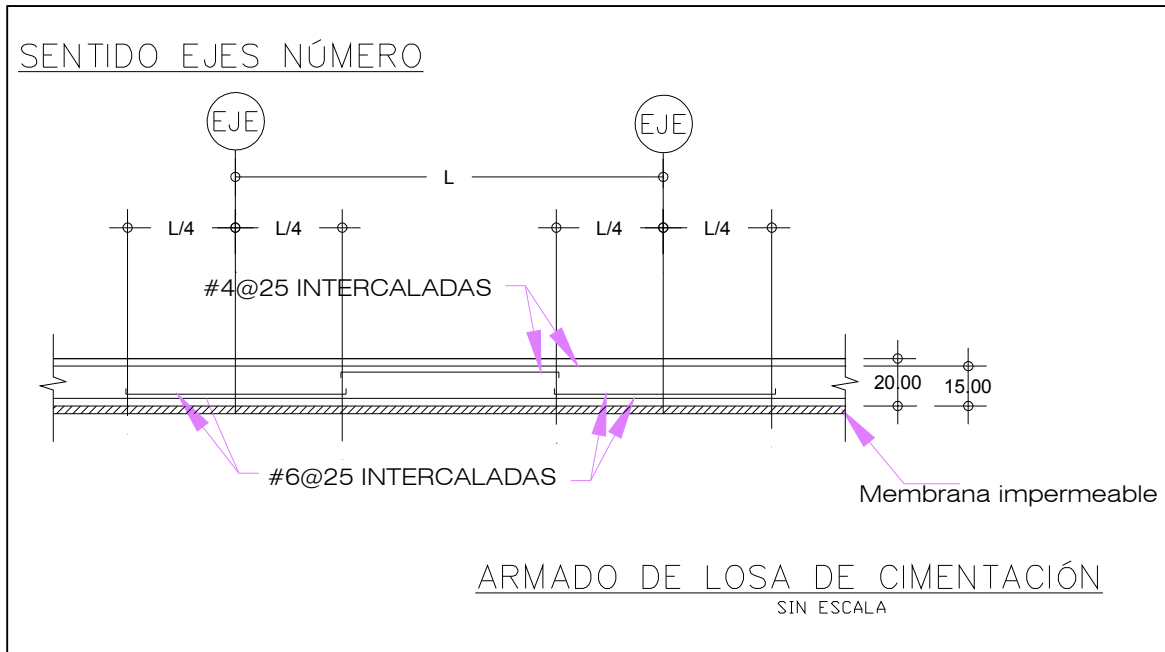


Figura 4. 10 Detalle armado de losa en sentido de ejes número.

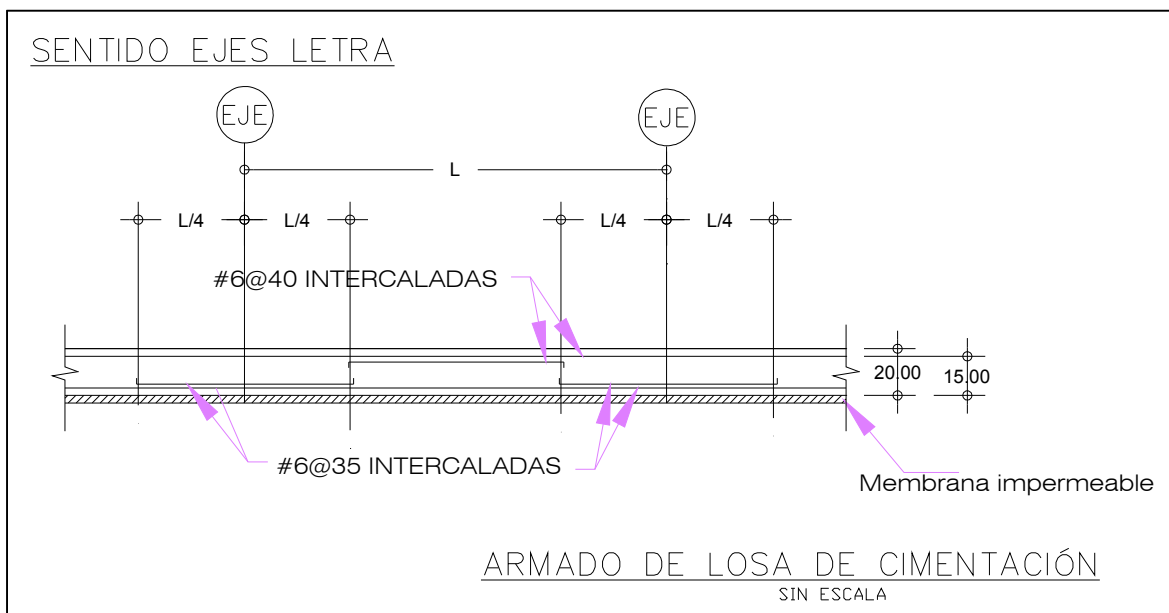


Figura 4. 11 Detalle armado de losa en sentido de ejes letra.

#### 4.1.2 Diseño de contratrabe

Véase apéndice E y el plano E-01.

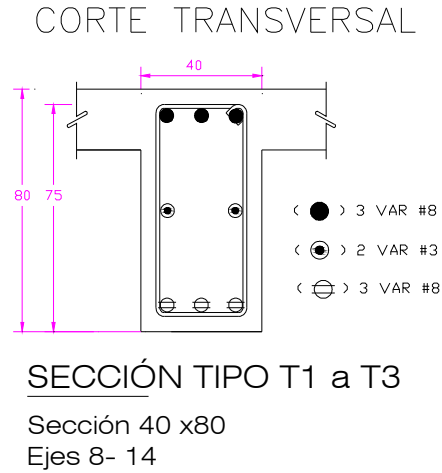


Figura 4. 12 Detalle de armado de contratrabe Sección Tipo T1 a T4. Corte transversal

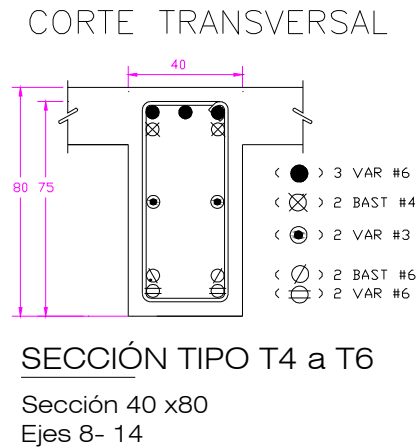


Figura 4. 13 Detalle de armado de contratrabe T4 a T6. Corte transversal

## CONCLUSIONES

Después de analizar las diversas opciones para proponer una cimentación a la escuela de gastronomía, se optó por una losa de cimentación de 20 centímetros de espesor con contratrabes de refuerzo de 40 x 80 centímetros.

Al realizar el análisis considerando el espectro de sismo de la zona propuesto por CFE, resultó que los elementos mecánicos que rigen el diseño son los provenientes de las cargas estáticas.

Del análisis del viento se obtuvo que las fuerzas debidas al viento no son lo suficientemente grandes para regir el diseño, seguramente a causa que la altura del edificio es menor a los 20 metros.

No existieron cambios considerables en los elementos mecánicos de la super-estructura comparando el modelo de apoyos empotrados con el de apoyos en resortes.

Se espera que el método de interacción suelo estructura sea más preciso, sin embargo esto sólo podrá verse comprobado con el comportamiento adecuado de la construcción durante su vida de uso.



---

---

## BIBLIOGRAFÍA

Bowles Joseph E. *Foundation analysis and design*. 5<sup>ta</sup> ed. New York : México : McGraw-Hill c1977, 1997. 750p. ISBN: 0-07-912247-7

Das Braja. *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cera Alonso José (trad.). Australia : México : Thomson Learning c2001, 2001. 594p. ISBN: 970-686-061-4

*Estudio de mecánica de suelos para la cimentación de un monumento al 150 aniversario de la ciudad de San Francisco de Campeche, México*. San Francisco de Campeche: Laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Autónoma de Campeche, 2006.

González Cuevas Oscar, Robles Fernández Francisco. *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. 4<sup>ta</sup> ed. México: Limusa, 2011. 802p. ISBN: 978-968-18-6446-0

Granados Raúl. "Análisis de una retícula de cimentación considerando la interacción con el suelo". En: *Interacción suelo- estructura y diseño estructural de cimentaciones. Memorias del simposio realizado el 18 de septiembre de 1991, el Centro Nacional de Prevención de Desastres, México, DF*. México: Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica, Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural, 1991. p. 47 - 71.

Juárez Badillo Eulalio, Rico Rodríguez Alfonso. *Mecánica de suelos II: teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos*. 2<sup>da</sup> ed. México: Limusa, 2007. 704p. ISBN-13: 978-968-18-0128-1

Laible Jeffrey. *Análisis estructural*. Villagómez Velázquez Hugo (trad.) México : McGraw-Hill, c1988, 1988. 905p. ISBN: 978-968-18-5391-4

Loera Pizarro Santiago, Ávila Rodríguez Jorge. *Momentos de volteo en edificios esbeltos inelásticos. 2da parte*. México: UNAM, Instituto de Ingeniería, 19--?

Meli Roberto. *Diseño estructural*. México: Limusa, c2001, 1991. 596p. ISBN: 978-968-18-5391-4

Romo Organista Miguel, Ovando Shelley Efraín. *Comportamiento dinámico de las arcillas de la sonda de Campeche*. México: UNAM, Instituto de Ingeniería, 1996. 375p.

Springall Guillermo- Espinosa Leopoldo. "El subsuelo de la península de Yucatán". En: *Cimentaciones en Áreas Urbanas de México, Acapulco, Morelia, Tampico y Yucatán*. México: VI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, 1972. p. Y-1 - Y-102.

Tomlinson M. J. *Diseño y construcción de cimientos*. Nieto José (trad.) Bilbao: Urmo, 1971. 825p. ISBN: 8431401184.



Zeevaert Wiechers Leonardo. *Interacción suelo- estructura de cimentaciones superficiales y profundas, sujetas a cargas estáticas y sísmicas*. México, D.F. : Limusa, 1980. 256p. ISBN: 968-18-1237-9.

**Normatividad consultada:**

Norma Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (2004).

Manual de Construcción para sismo y viento CFE.

Reglamento de Construcciones del municipio de Campeche.

Reglamento del American Concrete Institute.

**Aplicaciones especiales:**

López Rincón Germán. Programa de Computadora para el análisis de Interacción Suelo- Estructura de cimentación rígida EMARIGID Versión 4.0 México, 2004.

FROLICH.

# **ANEXOS Y APÉNDICE**

## APÉNDICE A.

La siguiente información fue la ingresada al programa EMARIGID correspondiente al número de estratos, y a las dimensiones de las dovelas.

### Resortes estáticos.

ise2								4-37	6.85	33.07	3.4	0.2	35.25	6.8
	58	2	0	0	0	0		4-37	6.9	33.07	10.25	0.2	35.25	13.7
	3.16	3.4	0	0	0.2	0	0	4-37	6.9	33.07	17.15	0.2	35.25	20.6
	3.16	6.85	0	3.4	0.2	0	6.8	4-37	6.85	33.07	24.05	0.2	35.25	
	3.16	6.9	0	10.25	0.2	0	13.7	27.5						
	3.16	6.9	0	17.15	0.2	0	20.6	4-37	3.4	33.07	30.9	0.2	35.25	34.3
	3.16	6.85	0	24.05	0.2	0	27.5	4-36	3.4	37.44	0	0.2	41.8	0
	3.16	3.4	0	30.9	0.2	0	34.3	4-36	6.85	37.44	3.4	0.2	41.8	6.8
	3.16	3.4	3.16	0	0.2	4.75	0	4-36	6.9	37.44	10.25	0.2	41.8	13.7
	3.16	6.85	3.16	3.4	0.2	4.75	6.8	4-36	6.9	37.44	17.15	0.2	41.8	20.6
	3.16	6.9	3.16	10.25	0.2	4.75	13.7	4-36	6.85	37.44	24.05	0.2	41.8	
	3.16	6.9	3.16	17.15	0.2	4.75	20.6	27.5						
	3.16	6.85	3.16	24.05	0.2	4.75	27.5	4-36	3.4	37.44	30.9	0.2	41.8	34.3
	3.16	3.4	3.16	30.9	0.2	4.75	34.3	2.15	10.35	41.8	6.8	0.2	43.95	6.8
	6.38	3.4	6.32	0	0.2	9.5	0	2.62	3.45	43.95	13.7	0.2	46.57	13.7
	6.38	6.85	6.32	3.4	0.2	9.5	6.8	2.15	10.35	41.8	17.15	0.2	43.95	20.6
	6.38	6.9	6.32	10.25	0.2	9.5	13.7	2.62	3.45	43.95	17.15	0.2	46.57	27.5
	6.38	6.9	6.32	17.15	0.2	9.5	20.6	2.2		0.003				
	6.38	6.85	6.32	24.05	0.2	9.5	27.5	3.4		0.004				
	6.38	3.4	6.32	30.9	0.2	9.5	34.3							
	3.2	3.4	12.7	0	0.2	14.3	0							
	3.2	6.85	12.7	3.4	0.2	14.3	6.8							
	3.2	6.9	12.7	10.25	0.2	14.3	13.7							
	3.2	6.9	12.7	17.15	0.2	14.3	20.6							
	3.2	6.85	12.7	24.05	0.2	14.3	27.5							
	3.2	3.4	12.7	30.9	0.2	14.3	34.3							
	6.4	3.4	15.9	0	0.2	19.1	0							
	6.4	6.85	15.9	3.4	0.2	19.1	6.8							
	6.4	6.9	15.9	10.25	0.2	19.1	13.7							
	6.4	6.9	15.9	17.15	0.2	19.1	20.6							
	6.4	6.85	15.9	24.05	0.2	19.1	27.5							
	6.4	3.4	15.9	30.9	0.2	19.1	34.3							
	3.2	3.4	22.3	0	0.2	23.9	0							
	3.2	6.85	22.3	3.4	0.2	23.9	6.8							
	3.2	6.9	22.3	10.25	0.2	23.9	13.7							
	3.2	6.9	22.3	17.15	0.2	23.9	20.6							
	3.2	6.85	22.3	24.05	0.2	23.9	27.5							
	3.2	3.4	22.3	30.9	0.2	23.9	34.3							
	7.57	3.4	25.5	0	0.2	28.7	0							
	7.57	6.85	25.5	3.4	0.2	28.7	6.8							
	7.57	6.9	25.5	10.25	0.2	28.7	13.7							
	7.57	6.9	25.5	17.15	0.2	28.7	20.6							
	7.57	6.85	25.5	24.05	0.2	28.7	27.5							
	7.57	3.4	25.5	30.9	0.2	28.7	34.3							
	4-37	3.4	33.07	0	0.2	35.25	0							

**Resortes dinámicos.**

ise2								4.36	3.4	37.44	0	0.2	41.8	0
58	5	0	0	0	0			4.36	6.85	37.44	3.4	0.2	41.8	6.8
3.16	3.4	0	0	0.2	0	0		4.36	6.9	37.44	10.25	0.2	41.8	13.7
3.16	6.85	0	3.4	0.2	0	6.8		4.36	6.9	37.44	17.15	0.2	41.8	20.6
3.16	6.9	0	10.25	0.2	0	13.7		4.36	6.85	37.44	24.05	0.2	41.8	
3.16	6.9	0	17.15	0.2	0	20.6		27.5						
3.16	6.85	0	24.05	0.2	0	27.5		4.36	3.4	37.44	30.9	0.2	41.8	34.3
3.16	3.4	0	30.9	0.2	0	34.3		2.15	10.35	41.8	6.8	0.2	43.95	6.8
3.16	3.4	3.16	0	0.2	4.75	0		2.62	3.45	43.95	13.7	0.2	46.57	13.7
3.16	6.85	3.16	3.4	0.2	4.75	6.8		2.15	10.35	41.8	17.15	0.2	43.95	20.6
3.16	6.9	3.16	10.25	0.2	4.75	13.7		2.62	3.45	43.95	17.15	0.2	46.57	27.5
3.16	6.9	3.16	17.15	0.2	4.75	20.6		0.2	0.00012					
3.16	6.85	3.16	24.05	0.2	4.75	27.5		0.9	0.00051					
3.16	3.4	3.16	30.9	0.2	4.75	34.3		2.25	0.00059					
6.38	3.4	6.32	0	0.2	9.5	0		3.70	0.00055					
6.38	6.85	6.32	3.4	0.2	9.5	6.8		5.60	0.00094					
6.38	6.9	6.32	10.25	0.2	9.5	13.7								
6.38	6.9	6.32	17.15	0.2	9.5	20.6								
6.38	6.85	6.32	24.05	0.2	9.5	27.5								
6.38	3.4	6.32	30.9	0.2	9.5	34.3								
3.2	3.4	12.7	0	0.2	14.3	0								
3.2	6.85	12.7	3.4	0.2	14.3	6.8								
3.2	6.9	12.7	10.25	0.2	14.3	13.7								
3.2	6.9	12.7	17.15	0.2	14.3	20.6								
3.2	6.85	12.7	24.05	0.2	14.3	27.5								
3.2	3.4	12.7	30.9	0.2	14.3	34.3								
6.4	3.4	15.9	0	0.2	19.1	0								
6.4	6.85	15.9	3.4	0.2	19.1	6.8								
6.4	6.9	15.9	10.25	0.2	19.1	13.7								
6.4	6.9	15.9	17.15	0.2	19.1	20.6								
6.4	6.85	15.9	24.05	0.2	19.1	27.5								
6.4	3.4	15.9	30.9	0.2	19.1	34.3								
3.2	3.4	22.3	0	0.2	23.9	0								
3.2	6.85	22.3	3.4	0.2	23.9	6.8								
3.2	6.9	22.3	10.25	0.2	23.9	13.7								
3.2	6.9	22.3	17.15	0.2	23.9	20.6								
3.2	6.85	22.3	24.05	0.2	23.9	27.5								
3.2	3.4	22.3	30.9	0.2	23.9	34.3								
7.57	3.4	25.5	0	0.2	28.7	0								
7.57	6.85	25.5	3.4	0.2	28.7	6.8								
7.57	6.9	25.5	10.25	0.2	28.7	13.7								
7.57	6.9	25.5	17.15	0.2	28.7	20.6								
7.57	6.85	25.5	24.05	0.2	28.7	27.5								
7.57	3.4	25.5	30.9	0.2	28.7	34.3								
4.37	3.4	33.07	0	0.2	35.25	0								
4.37	6.85	33.07	3.4	0.2	35.25	6.8								
4.37	6.9	33.07	10.25	0.2	35.25	13.7								
4.37	6.9	33.07	17.15	0.2	35.25	20.6								
4.37	6.85	33.07	24.05	0.2	35.25									
27.5														
4.37	3.4	33.07	30.9	0.2	35.25	34.3								





## APÉNDICE B.

### Iteraciones de interacción con resortes estáticos.

Punto de Interés	coordenada	s inf. l2q				Carga uniforme q (ton/m <sup>2</sup> )	Delta (m)	al (m <sup>2</sup> )	R	ki (ton/m)	ki (ton/cm)
		Lx	Ly	x	y						
1		3.16	3.4	0	0	0	3.32	0.005	10.744	35.67	7134
2		3.16	6.9	0	3.4	0	3.32	0.01	21.646	71.865	7186
3		3.16	6.9	0	10.25	0	3.32	0.01	21.804	72.389	7239
4		3.16	6.9	0	17.15	0	3.32	0.01	21.804	72.389	7239
5		3.16	6.9	0	24.05	0	3.32	0.01	21.646	71.865	7186
6		3.16	3.4	0	30.9	0	3.32	0.005	10.744	35.67	7134
7		3.16	3.4	3.2	0	4.8	3.32	0.01	10.744	35.67	35.67
8		3.16	6.9	3.2	3.4	4.8	3.32	0.02	21.646	71.865	35.93
9		3.16	6.9	3.2	10.25	4.8	3.32	0.021	21.804	72.389	34.47
10		3.16	6.9	3.2	17.15	4.8	3.32	0.021	21.804	72.389	34.47
11		3.16	6.9	3.2	24.05	4.8	3.32	0.02	21.646	71.865	35.93
12		3.16	3.4	3.2	30.9	4.8	3.32	0.01	10.744	35.67	35.67
13		6.38	3.4	6.3	0	9.5	3.32	0.01	21.692	72.017	72.02
14		6.38	6.9	6.3	3.4	9.5	3.32	0.021	43.703	145.09	69.09
15		6.38	6.9	6.3	10.25	9.5	3.32	0.021	44.022	146.15	69.60
16		6.38	6.9	6.3	17.15	9.5	3.32	0.021	44.022	146.15	69.60
17		6.38	3.4	6.3	24.05	9.5	3.32	0.021	43.703	145.09	69.09
18		6.38	3.4	6.3	30.9	9.5	3.32	0.01	21.692	72.017	72.02
19		3.2	3.4	13	0	14	3.32	0.01	10.88	36.122	36.12
20		3.2	6.9	13	3.4	14	3.32	0.021	21.92	72.774	34.65
21		3.2	6.9	13	10.25	14	3.32	0.021	22.08	73.306	34.91
22		3.2	6.9	13	17.15	14	3.32	0.021	22.08	73.306	34.91
23		3.2	6.9	13	24.05	14	3.32	0.021	21.92	72.774	34.65
24		3.2	3.4	13	30.9	14	3.32	0.01	10.88	36.122	36.12
25		6.4	3.4	16	0	19	3.32	0.01	21.76	72.243	72.24
26		6.4	6.9	16	3.4	19	3.32	0.021	43.84	145.55	69.31
27		6.4	6.9	16	10.25	19	3.32	0.021	44.16	146.61	69.81
28		6.4	6.9	16	17.15	19	3.32	0.021	44.16	146.61	69.81
29		6.4	6.9	16	24.05	19	3.32	0.021	43.84	145.55	69.31
30		6.4	3.4	16	30.9	19	3.32	0.01	21.76	72.243	72.24
31		3.2	3.4	22	0	24	3.32	0.01	10.88	36.122	36.12
32		3.2	6.9	22	10.25	24	3.32	0.021	22.08	73.306	34.65
33		3.2	6.9	22	17.15	24	3.32	0.021	22.08	73.306	34.91
34		3.2	6.9	22	24.05	24	3.32	0.021	21.92	72.774	34.65
35		3.2	3.4	22	30.9	24	3.32	0.01	10.88	36.122	36.12
36		7.57	3.4	26	0	29	3.32	0.01	25.738	85.45	85.45
37		7.57	6.9	26	3.4	29	3.32	0.021	51.855	172.16	81.98
38		7.57	6.9	26	10.25	29	3.32	0.021	52.233	173.41	82.58
39		7.57	6.9	26	17.15	29	3.32	0.021	52.233	173.41	82.58
40		7.57	6.9	26	24.05	29	3.32	0.021	51.855	172.16	81.98
41		7.57	3.4	26	30.9	29	3.32	0.01	25.738	85.45	85.45
42		4.37	3.4	33	0	34	3.32	0.01	14.858	49.329	49.33
43		4.37	6.9	33	3.4	33	3.32	0.021	29.935	99.879	49.94
44		4.37	6.9	33	10.25	33	3.32	0.021	29.935	99.879	49.94
45		4.37	6.9	33	17.15	33	3.32	0.021	30.153	100.11	47.67
46		4.37	6.9	33	24.05	33	3.32	0.021	29.935	99.879	47.33
47		4.37	3.4	33	30.9	33	3.32	0.01	14.858	49.329	49.33
48		4.37	3.4	33	30.9	35	3.32	0.01	14.858	49.329	49.33
49		4.36	3.4	37	0	42	3.32	0.005	14.824	49.216	98.43
50		4.36	6.9	37	3.4	42	3.32	0.014	29.866	99.155	70.83
51		4.36	6.9	37	10.25	42	3.32	0.02	30.084	99.879	49.94
52		4.36	6.9	37	17.15	42	3.32	0.02	30.084	99.879	49.94
53		4.36	6.9	37	24.05	42	3.32	0.014	29.866	99.155	70.83
54		4.36	3.4	37	30.9	42	3.32	0.005	14.824	49.216	98.43
55		2.15	10	42	6.8	44	3.32	0.006	22.253	73.878	123.13
56		2.62	3.5	44	13.7	47	3.32	0.006	9.039	30.009	50.02
57		2.15	10	42	17.15	44	3.32	0.015	22.253	73.878	49.25
58		2.62	3.5	44	17.15	47	3.32	0.009	9.039	30.009	300.09

1era iteración						
Reacciones SAP	ton/m <sup>2</sup>	Delta (m)	R	ki (ton/m)		ki (ton/cm)
70.78	6.588	0.01	70.8	7078.0	1.0	70.8
119.21	5.507	0.018	119.2	6622.8	1.0	66.2
125.41	5.752	0.018	125.4	6967.2	1.0	69.7
121.77	5.585	0.018	121.8	6765.0	1.0	67.7
110.03	5.083	0.016	110.0	6876.9	1.0	68.8
57.98	5.397	0.008	58.0	7247.5	1.0	72.5
38.49	3.582	0.014	38.5	2749.3	2.0	27.5
69.33	3.203	0.025	69.3	2773.2	2.0	27.7
71.62	3.285	0.026	71.6	2754.6	2.0	27.5
71.27	3.269	0.026	71.3	2741.2	2.0	27.4
68.62	3.170	0.025	68.6	2744.8	2.0	27.4
37.61	3.501	0.013	37.6	2893.1	2.0	28.9
118.74	5.474	0.018	118.7	6596.7	3.0	66.0
190.51	4.359	0.029	190.5	6569.3	3.0	65.7
205.11	4.659	0.031	205.1	6616.5	3.0	66.2
205.61	4.671	0.031	205.6	6632.6	3.0	66.3
192.25	4.399	0.03	192.3	6408.3	3.0	64.1
119.94	5.529	0.018	119.9	6663.3	3.0	66.6
48.81	4.486	0.016	48.8	3050.6	4.0	30.5
79.76	3.639	0.026	79.8	3067.7	4.0	30.7
80.55	3.648	0.026	80.6	3098.1	4.0	31.0
81.09	3.673	0.026	81.1	3118.8	4.0	31.2
81.13	3.701	0.027	81.1	3004.8	4.0	30.0
49.62	4.561	0.016	49.6	3101.3	4.0	31.0
114.18	5.247	0.017	114.2	6716.5	5.0	67.2
171.95	3.922	0.027	172.0	6368.5	5.0	63.7
159.62	3.615	0.025	159.6	6384.8	5.0	63.8
161.59	3.659	0.025	161.6	6463.6	5.0	64.6
176.99	4.037	0.027	177.0	6555.2	5.0	65.6
117.51	5.400	0.017	117.5	6912.4	5.0	69.1
46.85	4.306	0.015	46.9	3123.3	6.0	31.2
74.49	3.398	0.025	74.5	2979.6	6.0	29.8
73.98	3.351	0.024	74.0	3082.5	6.0	30.8
74.4	3.370	0.024	74.4	3100.0	6.0	31.0
75.44	3.442	0.025	75.4	3017.6	6.0	30.2
47.58	4.373	0.015	47.6	3172.0	6.0	31.7
132.96	5.166	0.017	133.0	7821.2	7.0	78.2
202.91	3.913	0.026	202.9	7804.2	7.0	78.0
209.45	4.010	0.027	209.5	7757.4	7.0	77.6
209.57	4.012	0.027	209.6	7761.9	7.0	77.6
202.56	3.906	0.026	202.6	7790.8	7.0	77.9
132.71	5.156	0.017	132.7	7806.5	7.0	78.1
39.44	2.654	0.01	39.4	3944.0	8.0	39.4
81.26	2.715	0.02	81.3	4063.0	8.0	40.6
90.07	2.987	0.022	90.1	4094.1	8.0	40.9
90.67	3.007	0.022	90.7	4121.4	8.0	41.2
81.45	2.721	0.02	81.5	4072.5	8.0	40.7
39.43	2.654	0.011	39.4	3584.5	8.0	35.8
71.52	4.825	0.008	71.5	8940.0	9.0	89.4
103.73	3.473	0.017	103.7	6101.8	9.0	61.0
116.73	3.880	0.025	116.7	4669.2	9.0	46.7
114.46	3.805	0.022	114.5	5202.7	9.0	52.0
116.75	3.909	0.016	116.8	7296.9	9.0	73.0
76.61	5.168	0.008	76.6	9576.3	9.0	95.8
92.91	4.175	0.008	92.9	11613.8	9.0	116.1
46.29	5.121	0.01	46.3	4629.0	9.0	46.3
54.24	2.437	0.024	54.2	2260.0	9.0	22.6
95.78	10.596	0.001	95.8	95780.0	9.0	957.8



2da iteración							
	Reacciones SAP	ton/m2	Delta (m)	R	ki (ton/m)		ki (ton/cm)
1	87.48	8.142	0.01	87.5	8748.0	1.0	87.5
2	138.63	6.404	0.018	138.6	7701.7	1.0	77.0
3	148.99	6.833	0.018	149.0	8277.2	1.0	82.8
4	143.76	6.593	0.018	143.8	7986.7	1.0	79.9
5	132.55	6.124	0.016	132.6	8284.4	1.0	82.8
6	73.89	6.877	0.008	73.9	9236.3	1.0	92.4
7	34.67	3.227	0.014	34.7	2476.4	2.0	24.8
8	68.55	3.167	0.025	68.6	2742.0	2.0	27.4
9	73.81	3.385	0.026	73.8	2838.8	2.0	28.4
10	75.6	3.467	0.026	75.6	2907.7	2.0	29.1
11	69.45	3.208	0.025	69.5	2778.0	2.0	27.8
12	38.11	3.547	0.013	38.1	2931.5	2.0	29.3
13	162.88	7.509	0.018	162.9	9048.9	3.0	90.5
14	203.41	4.654	0.029	203.4	7014.1	3.0	70.1
15	221.22	5.025	0.031	221.2	7136.1	3.0	71.4
16	223.68	5.081	0.031	223.7	7215.5	3.0	72.2
17	210.55	4.818	0.03	210.6	7018.3	3.0	70.2
18	145.79	6.721	0.018	145.8	8099.4	3.0	81.0
19	44.33	4.074	0.016	44.3	2770.6	4.0	27.7
20	92.36	4.214	0.026	92.4	3552.3	4.0	35.5
21	86.13	3.901	0.026	86.1	3312.7	4.0	33.1
22	88.15	3.992	0.026	88.2	3390.4	4.0	33.9
23	85.45	3.898	0.027	85.5	3164.8	4.0	31.6
24	55.2	5.074	0.016	55.2	3450.0	4.0	34.5
25	138.91	6.384	0.017	138.9	8171.2	5.0	81.7
26	188.94	4.310	0.027	188.9	6997.8	5.0	70.0
27	187.9	4.255	0.025	187.9	7516.0	5.0	75.2
28	186.19	4.216	0.025	186.2	7447.6	5.0	74.5
29	196.69	4.487	0.027	196.7	7284.8	5.0	72.8
30	143.12	6.577	0.017	143.1	8418.8	5.0	84.2
31	45.18	4.153	0.015	45.2	3012.0	6.0	30.1
32	82.29	3.754	0.025	82.3	3291.6	6.0	32.9
33	82.72	3.746	0.024	82.7	3446.7	6.0	34.5
34	83.39	3.777	0.024	83.4	3474.6	6.0	34.7
35	83.99	3.832	0.025	84.0	3359.6	6.0	33.6
36	46.73	4.295	0.015	46.7	3115.3	6.0	31.2
37	160.49	6.236	0.017	160.5	9440.6	7.0	94.4
38	225.55	4.350	0.026	225.6	8675.0	7.0	86.8
39	240.29	4.600	0.027	240.3	8899.6	7.0	89.0
40	241.3	4.620	0.027	241.3	8937.0	7.0	89.4
41	227.47	4.387	0.026	227.5	8748.8	7.0	87.5
42	161.64	6.280	0.017	161.6	9508.2	7.0	95.1
43	40.13	2.701	0.01	40.1	4013.0	8.0	40.1
44	104.36	3.486	0.02	104.4	5218.0	8.0	52.2
45	103.83	3.443	0.022	103.8	4719.5	8.0	47.2
46	106.53	3.533	0.022	106.5	4842.3	8.0	48.4
47	97.3	3.250	0.02	97.3	4865.0	8.0	48.7
48	41.01	2.760	0.011	41.0	3728.2	8.0	37.3
49	91.33	6.161	0.008	91.3	11416.3	9.0	114.2
50	107.69	3.606	0.017	107.7	6334.7	9.0	63.3
51	128.31	4.265	0.025	128.3	5132.4	9.0	51.3
52	114.96	3.821	0.022	115.0	5225.5	9.0	52.3
53	112.82	3.778	0.016	112.8	7051.3	9.0	70.5
54	99.9	6.739	0.008	99.9	12487.5	9.0	124.9
55	109.59	4.925	0.008	109.6	13698.8	9.0	137.0
56	58.26	6.445	0.01	58.3	5826.0	9.0	58.3
57	73.88	3.320	0.024	73.9	3078.3	9.0	30.8
58	110.42	12.216	0.001	110.4	110420.0	9.0	1104.2

3era iteración						
Reacciones SAP	ton/m2	Delta (m)	R	ki (ton/m)		ki (ton/cm)
74.04	6.891	0.011	74.0	6730.9	1.0	67.3
119.93	5.541	0.018	119.9	6662.8	1.0	66.6
130.02	5.963	0.019	130.0	6843.2	1.0	68.4
123.67	5.672	0.018	123.7	6870.6	1.0	68.7
113.4	5.239	0.017	113.4	6670.6	1.0	66.7
60.35	5.617	0.009	60.4	6705.6	1.0	67.1
34.92	3.250	0.014	34.9	2494.3	2.0	24.9
61.83	2.856	0.024	61.8	2576.3	2.0	25.8
65.3	2.995	0.025	65.3	2612.0	2.0	26.1
64.98	2.980	0.025	65.0	2599.2	2.0	26.0
60.77	2.807	0.023	60.8	2642.2	2.0	26.4
35.03	3.260	0.013	35.0	2694.6	2.0	26.9
121	5.578	0.018	121.0	6722.2	3.0	67.2
196.77	4.502	0.03	196.8	6559.0	3.0	65.6
210.9	4.791	0.032	210.9	6590.6	3.0	65.9
212.33	4.823	0.032	212.3	6635.3	3.0	66.4
195.23	4.467	0.03	195.2	6507.7	3.0	65.1
122.49	5.647	0.018	122.5	6805.0	3.0	68.1
46.48	4.272	0.015	46.5	3098.7	4.0	31.0
77.27	3.525	0.026	77.3	2971.9	4.0	29.7
78.08	3.536	0.026	78.1	3003.1	4.0	30.0
78.98	3.577	0.026	79.0	3037.7	4.0	30.4
77.24	3.524	0.026	77.2	2970.8	4.0	29.7
47.35	4.352	0.016	47.4	2959.4	4.0	29.6
116.79	5.367	0.017	116.8	6870.0	5.0	68.7
173	3.946	0.027	173.0	6407.4	5.0	64.1
160.25	3.629	0.025	160.3	6410.0	5.0	64.1
163.09	3.693	0.025	163.1	6523.6	5.0	65.2
180.8	4.124	0.028	180.8	6457.1	5.0	64.6
120.91	5.557	0.018	120.9	6717.2	5.0	67.2
45.29	4.163	0.015	45.3	3019.3	6.0	30.2
70.86	3.233	0.024	70.9	2952.5	6.0	29.5
71.88	3.255	0.024	71.9	2995.0	6.0	30.0
72.31	3.275	0.024	72.3	3012.9	6.0	30.1
71.77	3.274	0.024	71.8	2990.4	6.0	29.9
45.81	4.210	0.015	45.8	3054.0	6.0	30.5
133.93	5.204	0.017	133.9	7878.2	7.0	78.8
208.23	4.016	0.027	208.2	7712.2	7.0	77.1
212.27	4.064	0.027	212.3	7861.9	7.0	78.6
212.12	4.061	0.027	212.1	7856.3	7.0	78.6
206.93	3.991	0.027	206.9	7664.1	7.0	76.6
133.7	5.195	0.017	133.7	7864.7	7.0	78.6
38.08	2.563	0.01	38.1	3808.0	8.0	38.1
79.12	2.643	0.02	79.1	3956.0	8.0	39.6
86.89	2.882	0.021	86.9	4137.6	8.0	41.4
87.03	2.886	0.021	87.0	4144.3	8.0	41.4
78.15	2.611	0.02	78.2	3907.5	8.0	39.1
36.42	2.451	0.01	36.4	3642.0	8.0	36.4
72.87	4.916	0.008	72.9	9108.8	9.0	91.1
98.82	3.309	0.017	98.8	5812.9	9.0	58.1
115.6	3.843	0.026	115.6	4446.2	9.0	44.5
122.85	4.084	0.021	122.9	5850.0	9.0	58.5
131.85	4.415	0.016	131.9	8240.6	9.0	82.4
80.09	5.403	0.008	80.1	10011.3	9.0	100.1
96.35	4.330	0.008	96.4	12043.8	9.0	120.4
43.58	4.821	0.009	43.6	4842.2	9.0	48.4
30.18	1.356	0.023	30.2	1312.2	9.0	13.1
105.5	11.672	0.001	105.5	105500.0	9.0	1055.0



4ta iteración						
Reacciones SAP	ton/m2	Delta (m)	R	ki (ton/m)		ki (ton/cm)
73.84	6.873	0.011	73.8	6712.7	1.0	67.1
122.21	5.646	0.018	122.2	6789.4	1.0	67.9
129.59	5.943	0.019	129.6	6820.5	1.0	68.2
126.13	5.785	0.018	126.1	7007.2	1.0	70.1
112.72	5.207	0.017	112.7	6630.6	1.0	66.3
60.23	5.606	0.009	60.2	6692.2	1.0	66.9
33.23	3.093	0.013	33.2	2556.2	2.0	25.6
59.22	2.736	0.024	59.2	2467.5	2.0	24.7
63.57	2.916	0.025	63.6	2542.8	2.0	25.4
62.89	2.884	0.025	62.9	2515.6	2.0	25.2
59.53	2.750	0.023	59.5	2588.3	2.0	25.9
33.82	3.148	0.013	33.8	2601.5	2.0	26.0
122.98	5.669	0.018	123.0	6832.2	3.0	68.3
198.16	4.534	0.03	198.2	6605.3	3.0	66.1
212.2	4.820	0.032	212.2	6631.3	3.0	66.3
213.69	4.854	0.032	213.7	6677.8	3.0	66.8
198.17	4.534	0.03	198.2	6605.7	3.0	66.1
121.97	5.623	0.018	122.0	6776.1	3.0	67.8
46.32	4.257	0.016	46.3	2895.0	4.0	29.0
75.51	3.445	0.026	75.5	2904.2	4.0	29.0
76.64	3.471	0.026	76.6	2947.7	4.0	29.5
77.59	3.514	0.026	77.6	2984.2	4.0	29.8
76.81	3.504	0.026	76.8	2954.2	4.0	29.5
46.15	4.242	0.016	46.2	2884.4	4.0	28.8
117.97	5.421	0.017	118.0	6939.4	5.0	69.4
174.15	3.972	0.027	174.2	6450.0	5.0	64.5
161.59	3.659	0.025	161.6	6463.6	5.0	64.6
165.22	3.741	0.026	165.2	6354.6	5.0	63.5
179.99	4.106	0.028	180.0	6428.2	5.0	64.3
120.59	5.542	0.018	120.6	6699.4	5.0	67.0
44.06	4.050	0.015	44.1	2937.3	6.0	29.4
70.48	3.215	0.024	70.5	2936.7	6.0	29.4
70.35	3.186	0.024	70.4	2931.3	6.0	29.3
70.83	3.208	0.024	70.8	2951.3	6.0	29.5
71.87	3.279	0.024	71.9	2994.6	6.0	29.9
45.75	4.159	0.015	45.3	3016.7	6.0	30.2
135.22	5.254	0.017	135.2	7954.1	7.0	79.5
206.94	3.991	0.027	206.9	7664.4	7.0	76.6
214.23	4.101	0.027	214.2	7934.4	7.0	79.3
214.01	4.097	0.027	214.0	7926.3	7.0	79.3
205.19	3.957	0.027	205.2	7599.6	7.0	76.0
135.2	5.253	0.017	135.2	7952.9	7.0	79.5
37.66	2.535	0.01	37.7	3766.0	8.0	37.7
78.49	2.622	0.019	78.5	4131.1	8.0	41.3
87.27	2.894	0.021	87.3	4155.7	8.0	41.6
86.1	2.855	0.021	86.1	4100.0	8.0	41.0
75.22	2.513	0.02	75.2	3761.0	8.0	37.6
36.47	2.455	0.01	36.5	3647.0	8.0	36.5
73.61	4.966	0.008	73.6	9201.3	9.0	92.0
95.33	3.192	0.017	95.3	5607.6	9.0	56.1
110.13	3.661	0.025	110.1	4405.2	9.0	44.1
132.54	4.406	0.02	132.5	6627.0	9.0	66.3
143.99	4.821	0.017	144.0	8470.0	9.0	84.7
80.14	5.406	0.009	80.1	8904.4	9.0	89.0
99.76	4.483	0.008	99.8	12470.0	9.0	124.7
44.76	4.952	0.01	44.8	4476.0	9.0	44.8
17.65	0.793	0.021	17.7	840.5	9.0	8.4
102.88	11.382	0.001	102.9	102880.0	9.0	1028.8



## APÉNDICE C.

### Iteraciones de interacción con resortes dinámicos.

			Coordenadas inf. Izq		Punto de interés		Carga uniforme q (ton/m2)	Delta (m)	ai (m2)	R	ki (ton/m)	ki (ton/cm)	
	Lx	Ly	x	y	x	y							
1	3.16	3.4	0	0	0	0	3.32	0.002	10.744	35.6701	17835.04	1	178.3504
2	3.16	6.85	0	3.4	0	6.8	3.32	0.004	21.546	71.8647	17966.18	1	179.6618
3	3.16	6.9	0	10.25	0	13.7	3.32	0.004	21.804	72.3893	18097.32	1	180.9732
4	3.16	6.9	0	17.15	0	20.6	3.32	0.004	21.804	72.3893	18097.32	1	180.9732
5	3.16	6.85	0	24.05	0	27.5	3.32	0.004	21.546	71.8647	17966.18	1	179.6618
6	3.16	3.4	0	30.9	0	34.3	3.32	0.002	10.744	35.6701	17835.04	1	178.3504
7	3.16	3.4	3.16	0	4.8	0	3.32	0.004	10.744	35.6701	8917.52	2	89.1752
8	3.16	6.85	3.16	3.4	4.8	6.8	3.32	0.008	21.546	71.8647	8983.09	2	89.8309
9	3.16	6.9	3.16	10.25	4.8	13.7	3.32	0.008	21.804	72.3893	9048.66	2	90.4866
10	3.16	6.9	3.16	17.15	4.8	20.6	3.32	0.008	21.804	72.3893	9048.66	2	90.4866
11	3.16	6.85	3.16	24.05	4.8	27.5	3.32	0.008	21.546	71.8647	8983.09	2	89.8309
12	3.16	3.4	3.16	30.9	4.8	34.3	3.32	0.004	10.744	35.6701	8917.52	2	89.1752
13	6.38	3.4	6.32	0	9.5	0	3.32	0.004	21.692	72.0174	18004.36	3	180.0436
14	6.38	6.85	6.32	3.4	9.5	6.8	3.32	0.008	43.703	145.094	18136.75	3	181.36745
15	6.38	6.9	6.32	10.25	9.5	13.7	3.32	0.008	44.022	146.153	18269.13	3	182.6913
16	6.38	6.9	6.32	17.15	9.5	20.6	3.32	0.008	44.022	146.153	18269.13	3	182.6913
17	6.38	6.85	6.32	24.05	9.5	27.5	3.32	0.008	43.703	145.094	18136.75	3	181.36745
18	6.38	3.4	6.32	30.9	9.5	34.3	3.32	0.004	21.692	72.0174	18004.36	3	180.0436
19	3.2	3.4	12.7	0	14	0	3.32	0.004	10.88	36.1216	9030.4	4	90.304
20	3.2	6.85	12.7	3.4	14	6.8	3.32	0.008	21.92	72.7744	9096.8	4	90.968
21	3.2	6.9	12.7	10.25	14	13.7	3.32	0.008	22.08	73.3056	9163.2	4	91.632
22	3.2	6.9	12.7	17.15	14	20.6	3.32	0.008	22.08	73.3056	9163.2	4	91.632
23	3.2	6.85	12.7	24.05	14	27.5	3.32	0.008	21.92	72.7744	9096.8	4	90.968
24	3.2	3.4	12.7	30.9	14	34.3	3.32	0.004	10.88	36.1216	9030.4	4	90.304
25	6.4	3.4	15.9	0	19	0	3.32	0.004	21.76	72.2432	18060.8	5	180.608
26	6.4	6.85	15.9	3.4	19	6.8	3.32	0.008	43.84	145.549	18193.6	5	181.936
27	6.4	6.9	15.9	10.25	19	13.7	3.32	0.008	44.16	146.611	18326.4	5	183.264
28	6.4	6.9	15.9	17.15	19	20.6	3.32	0.008	44.16	146.611	18326.4	5	183.264
29	6.4	6.85	15.9	24.05	19	27.5	3.32	0.008	43.84	145.549	18193.6	5	181.936
30	6.4	3.4	15.9	30.9	19	34.3	3.32	0.004	21.76	72.2432	18060.8	5	180.608
31	3.2	3.4	22.3	0	24	0	3.32	0.004	10.88	36.1216	9030.4	6	90.304
32	3.2	6.85	22.3	3.4	24	6.8	3.32	0.008	21.92	72.7744	9096.8	6	90.968
33	3.2	6.9	22.3	10.25	24	13.7	3.32	0.008	22.08	73.3056	9163.2	6	91.632
34	3.2	6.9	22.3	17.15	24	20.6	3.32	0.008	22.08	73.3056	9163.2	6	91.632
35	3.2	6.85	22.3	24.05	24	27.5	3.32	0.008	21.92	72.7744	9096.8	6	90.968
36	3.2	3.4	22.3	30.9	24	34.3	3.32	0.004	10.88	36.1216	9030.4	6	90.304
37	7.57	3.4	25.5	0	29	0	3.32	0.004	25.738	85.4502	21362.54	7	213.6254
38	7.57	6.85	25.5	3.4	29	6.8	3.32	0.008	51.8545	172.157	21519.62	7	215.19618
39	7.57	6.9	25.5	10.25	29	13.7	3.32	0.008	52.233	173.414	21676.7	7	216.76695
40	7.57	6.9	25.5	17.15	29	20.6	3.32	0.008	52.233	173.414	21676.7	7	216.76695
41	7.57	6.85	25.5	24.05	29	27.5	3.32	0.008	51.8545	172.157	21519.62	7	215.19618
42	7.57	3.4	25.5	30.9	29	34.3	3.32	0.004	25.738	85.4502	21362.54	7	213.6254
43	4.37	3.4	33.1	0	35	0	3.32	0.004	14.858	49.3286	12332.14	8	123.3214
44	4.37	6.85	33.1	3.4	35	6.8	3.32	0.008	29.9345	99.3825	12422.82	8	124.22818
45	4.37	6.9	33.1	10.25	35	13.7	3.32	0.008	30.153	100.108	12513.5	8	125.13495
46	4.37	6.9	33.1	17.15	35	20.6	3.32	0.008	30.153	100.108	12513.5	8	125.13495
47	4.37	6.85	33.1	24.05	35	27.5	3.32	0.008	29.9345	99.3825	12422.82	8	124.22818
48	4.37	3.4	33.1	30.9	35	34.3	3.32	0.004	14.858	49.3286	12332.14	8	123.3214
49	4.36	3.4	37.4	0	42	0	3.32	0.002	14.824	49.2157	24607.84	9	246.0784
50	4.36	6.85	37.4	3.4	42	6.8	3.32	0.006	29.866	99.1551	16525.85	9	165.25853
51	4.36	6.9	37.4	10.25	42	13.7	3.32	0.008	30.084	99.8789	12484.86	9	124.8486
52	4.36	6.9	37.4	17.15	42	20.6	3.32	0.008	30.084	99.8789	12484.86	9	124.8486
53	4.36	6.85	37.4	24.05	42	27.5	3.32	0.006	29.866	99.1551	16525.85	9	165.25853
54	4.36	3.4	37.4	30.9	42	34.3	3.32	0.002	14.824	49.2157	24607.84	9	246.0784
55	2.15	10.35	41.8	6.8	44	6.8	3.32	0.003	22.2525	73.8783	24626.1	9	246.261
56	2.62	3.45	44	13.7	47	13.7	3.32	0.002	9.039	30.0095	15004.74	9	150.0474
57	2.15	10.35	41.8	17.15	44	20.6	3.32	0.006	22.2525	73.8783	12313.05	9	123.1305
58	2.62	3.45	44	17.15	47	27.5	3.32	0.00000001	9.039	30.0095	3E+09	9	30009480

4era Iteración					
Reacciones SAP	ton/m2	Delta (m)	R	kl (ton/m)	kl (ton/cm)
76.97	7.164	0.004	77.0	19242.5	1.0
132.16	6.106	0.007	132.2	18880.0	1.0
129.79	5.953	0.007	129.8	18541.4	1.0
129.96	5.960	0.007	130.0	1865.7	1.0
130.24	6.017	0.007	130.2	18605.7	1.0
58.24	5.421	0.003	58.2	19413.3	1.0
34.63	3.223	0.005	34.6	6926.0	2.0
66.83	3.087	0.009	66.8	7425.6	2.0
66.46	3.048	0.01	66.5	6646.0	2.0
66.31	3.041	0.009	66.3	7367.8	2.0
66.67	3.080	0.009	66.7	7407.8	2.0
34.41	3.203	0.004	34.4	8602.5	2.0
131.35	6.055	0.007	131.4	18764.3	3.0
231.06	5.287	0.013	231.1	17773.8	3.0
234.78	5.333	0.013	234.8	18060.0	3.0
236.1	5.363	0.013	236.1	18161.5	3.0
234.69	5.370	0.012	234.7	19557.5	3.0
132.56	6.111	0.001	132.6	132560.0	3.0
40.89	3.758	0.006	40.9	6815.0	4.0
78.04	3.560	0.01	78.0	7804.0	4.0
72.83	3.298	0.01	72.8	7283.0	4.0
73.62	3.334	0.01	73.6	7362.0	4.0
79.27	3.616	0.01	79.3	7927.0	4.0
41.37	3.802	0.005	41.4	8274.0	4.0
120.35	5.531	0.007	120.4	17192.9	5.0
198.62	4.531	0.011	198.6	18056.4	5.0
163.3	3.698	0.01	163.3	16330.0	5.0
167.81	3.800	0.01	167.8	16781.0	5.0
207.38	4.730	0.011	207.4	18852.7	5.0
123.4	5.671	0.007	123.4	17628.6	5.0
39.91	3.668	0.005	39.9	7982.0	6.0
72.99	3.330	0.009	73.0	8110.0	6.0
67.04	3.036	0.009	67.0	7448.9	6.0
67.8	3.071	0.009	67.8	7533.3	6.0
74	3.376	0.01	74.0	7400.0	6.0
40.17	3.692	0.005	40.2	8034.0	6.0
146.82	5.704	0.007	146.8	20974.3	7.0
241.57	4.659	0.011	241.6	21960.9	7.0
229.59	4.395	0.011	229.6	20871.8	7.0
231.11	4.425	0.011	231.1	21010.0	7.0
245.74	4.739	0.012	245.7	20478.3	7.0
142.73	5.545	0.007	142.7	20390.0	7.0
2.414	2.414	0.004	35.9	8967.5	8.0
82.29	2.749	0.008	82.3	10286.3	8.0
83.59	2.772	0.008	83.6	10448.8	8.0
84.13	2.790	0.008	84.1	10516.3	8.0
82.25	2.748	0.008	82.3	10281.3	8.0
36.6	2.463	0.004	36.6	9150.0	8.0
89.86	6.062	0.004	89.9	22465.0	9.0
135.12	4.524	0.008	135.1	16890.0	9.0
168.04	5.586	0.011	168.0	15276.4	9.0
163.57	5.437	0.01	163.6	16357.0	9.0
153.07	5.125	0.008	153.1	19133.8	9.0
89.58	6.043	0.004	89.6	22395.0	9.0
82.52	3.708	0.003	82.5	27506.7	9.0
52.66	5.826	0.004	52.7	13165.0	9.0
53.43	2.401	0.009	53.4	5936.7	9.0
78.61	8.697	0	78.6	9.0	#DIV/0!



2da iteración						
Reacciones SAP	ton/m2	Delta (m)	R	ki (ton/m)		ki (ton/cm)
200.69	18.679	0.004	200.7	50172.5	1.0	501.7
188.76	8.720	0.007	188.8	26965.7	1.0	269.7
180.68	8.287	0.007	180.7	25811.4	1.0	258.1
168.67	7.736	0.007	168.7	24095.7	1.0	241.0
143.92	6.649	0.007	143.9	20560.0	1.0	205.6
109.07	10.152	0.003	109.1	36356.7	1.0	363.6
69.73	6.490	0.005	69.7	13946.0	2.0	139.5
72.49	3.349	0.009	72.5	8054.4	2.0	80.5
62.27	2.856	0.01	62.3	6227.0	2.0	62.3
63.05	2.892	0.01	63.1	6305.0	2.0	63.1
52.05	2.405	0.009	52.1	5783.3	2.0	57.8
39.86	3.710	0.005	39.9	7972.0	2.0	79.7
184.43	8.502	0.007	184.4	26347.1	3.0	263.5
169.75	3.884	0.013	169.8	13057.7	3.0	130.6
165.63	3.762	0.013	165.6	12740.8	3.0	127.4
151.43	3.440	0.013	151.4	11648.5	3.0	116.5
131.17	3.001	0.013	131.2	10090.0	3.0	100.9
557.05	25.680	0.007	557.1	79578.6	3.0	795.8
63.17	5.806	0.006	63.2	10528.3	4.0	105.3
71.21	3.249	0.009	71.2	7912.2	4.0	79.1
63.09	2.857	0.01	63.1	6309.0	4.0	63.1
58.54	2.651	0.01	58.5	5854.0	4.0	58.5
52.98	2.417	0.01	53.0	5298.0	4.0	53.0
38.91	3.576	0.006	38.9	6485.0	4.0	64.9
151.43	6.959	0.007	151.4	21632.9	5.0	216.3
157.31	3.588	0.011	157.3	14300.9	5.0	143.0
138.41	3.134	0.01	138.4	13841.0	5.0	138.4
131.65	2.981	0.01	131.7	13165.0	5.0	131.7
128.38	2.928	0.012	128.4	10698.3	5.0	107.0
97.03	4.459	0.007	97.0	13861.4	5.0	138.6
69.64	6.401	0.005	69.6	13928.0	6.0	139.3
69.28	3.161	0.009	69.3	7697.8	6.0	77.0
60.67	2.748	0.009	60.7	6741.1	6.0	67.4
57.09	2.586	0.009	57.1	6343.3	6.0	63.4
49.86	2.266	0.01	49.7	4966.0	6.0	49.7
46.64	4.287	0.005	46.6	9328.0	6.0	93.3
180.63	7.018	0.007	180.6	25804.3	7.0	258.0
178.51	3.443	0.011	178.5	16228.2	7.0	162.3
158.39	3.032	0.011	158.4	14399.1	7.0	144.0
146.33	2.801	0.011	146.3	13302.7	7.0	133.0
129.43	2.496	0.012	129.4	10785.8	7.0	107.9
118.19	4.592	0.007	118.2	16884.3	7.0	168.8
68.9	4.637	0.004	68.9	17225.0	8.0	172.3
70.68	2.361	0.008	70.7	8835.0	8.0	88.4
61.53	2.041	0.008	61.5	7691.3	8.0	76.9
55.17	1.830	0.008	55.2	6896.3	8.0	69.0
53.04	1.772	0.008	53.0	6630.0	8.0	66.3
46.2	3.109	0.004	46.2	11550.0	8.0	115.5
154.2	10.402	0.004	154.2	38550.0	9.0	385.5
94.43	3.162	0.008	94.4	11803.8	9.0	118.0
59.49	1.977	0.011	59.5	5408.2	9.0	54.1
45.1	1.499	0.01	45.1	4510.0	9.0	45.1
63.46	2.125	0.008	63.5	7932.5	9.0	79.3
85.54	5.770	0.004	85.5	21385.0	9.0	213.9
143.44	6.446	0.003	143.4	47813.3	9.0	478.1
36.18	4.003	0.004	36.2	9045.0	9.0	90.5
14.53	0.653	0.009	14.5	1614.4	9.0	16.1
879.14	97.261	0.000001	879.1	879140000	9.0	8791400.0

## APÉNDICE D. Memoria de diseño estructural de: Losas de cimentación

Ing. Isis Galia Zazueta Martínez



La losa de cimentación se diseñó como una losa perimetralmente apoyada.

Planta tipo	Loseta			40.00
	Pega azulejo	0.008	2200	17.60
	Firme de mortero	0.03	2200	66.00
	Carga muerta adicional			40.00
	Instalaciones y plafones			40.00
	<b>Total</b>			<b>203.60</b>

$$CV_{\max} := 250 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad w_{\text{cimentación}} := \frac{1033870 \cdot \text{kgf}}{1597 \text{m}^2} = 647.383 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad \text{Sobrecarga} := 203 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{total}} := w_{\text{cimentación}} + \text{Sobrecarga}$$

$$W_{\text{est}} := 1.5 \cdot (CV_{\max} + CM_{\text{total}}) = 1.651 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2}$$

$$W_{\text{est}} := 1.65 \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$W_u = W_{\text{est}} - \text{Reacciónsuelo}$$

Se procedió a hacer el cálculo de  $W_u$  para cada área tributaria de resorte, del cual por simplificación se tomó el mayor promedio de  $-3.9 \text{ Ton/m}^2$ , teniendo en cuenta por separado el tablero con  $-5.2 \text{ Ton/m}^2$ , y el tablero 15 con  $-9.2 \text{ Ton/m}^2$

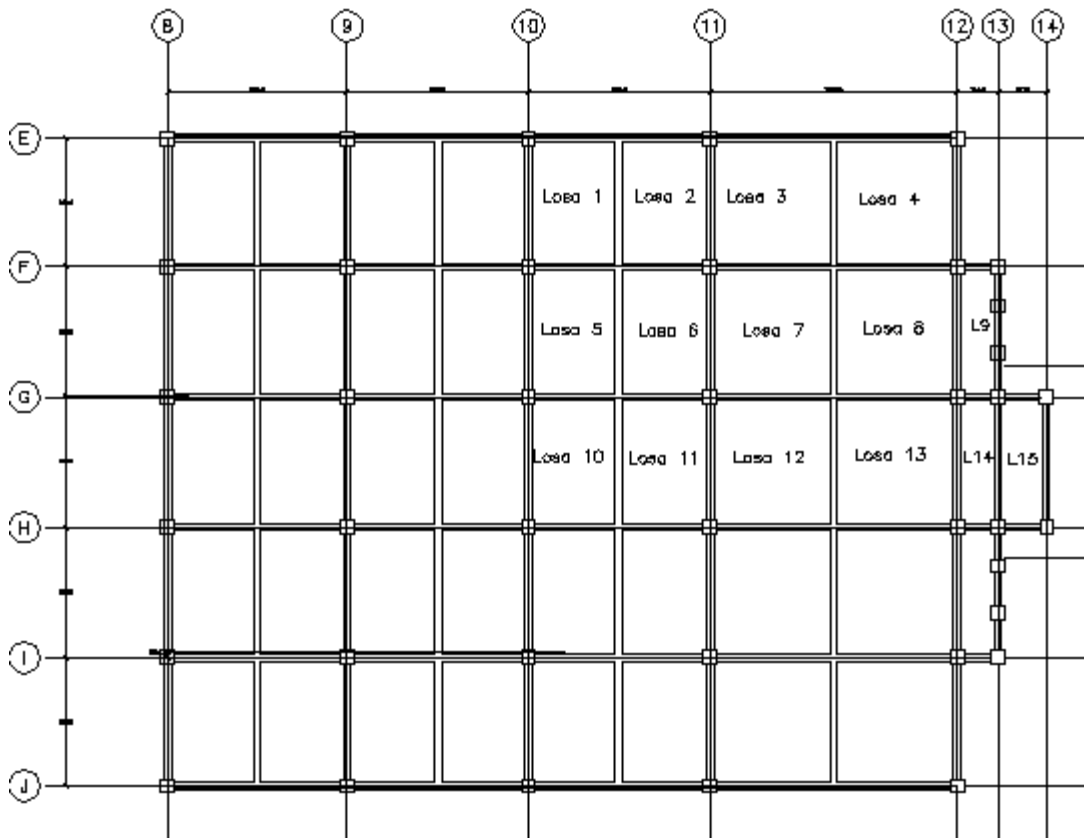
Área ai (m2)	Iteración 4 estática					
	Reacciones SAP Ton	ton/m2	Delta (m)	R	West (Ton/m2)	Wu (Ton/m2)
10.74	73.84	6.873	0.011	73.8	1.65	-5.2
21.65	122.21	5.646	0.018	122.2	1.65	-4.0
21.80	129.59	5.943	0.019	129.6	1.65	-4.3
21.80	126.13	5.785	0.018	126.1	1.65	-4.1
21.65	112.72	5.207	0.017	112.7	1.65	-3.6
10.74	60.23	5.606	0.009	60.2	1.65	-4.0
10.74	33.23	3.093	0.013	33.2	1.65	-1.4
21.65	59.22	2.736	0.024	59.2	1.65	-1.1
21.80	63.57	2.916	0.025	63.6	1.65	-1.3
21.80	62.89	2.884	0.025	62.9	1.65	-1.2
21.65	59.53	2.750	0.023	59.5	1.65	-1.1
10.74	33.82	3.148	0.013	33.8	1.65	-1.5
21.69	122.98	5.669	0.018	123.0	1.65	-4.0
43.70	198.16	4.534	0.03	198.2	1.65	-2.9
44.02	212.2	4.820	0.032	212.2	1.65	-3.2
44.02	213.69	4.854	0.032	213.7	1.65	-3.2
43.70	198.17	4.534	0.03	198.2	1.65	-2.9
21.69	121.97	5.623	0.018	122.0	1.65	-4.0
10.88	46.32	4.257	0.016	46.3	1.65	-2.6
21.92	75.51	3.445	0.026	75.5	1.65	-1.8
22.08	76.64	3.471	0.026	76.6	1.65	-1.8
22.08	77.59	3.514	0.026	77.6	1.65	-1.9
21.92	76.81	3.504	0.026	76.8	1.65	-1.9
10.88	46.15	4.242	0.016	46.2	1.65	-2.6
21.76	117.97	5.421	0.017	118.0	1.65	-3.8
43.84	174.15	3.972	0.027	174.2	1.65	-2.3
44.16	161.59	3.659	0.025	161.6	1.65	-2.0
44.16	165.22	3.741	0.026	165.2	1.65	-2.1
43.84	179.99	4.106	0.028	180.0	1.65	-2.5
21.76	120.59	5.542	0.018	120.6	1.65	-3.9
10.88	44.06	4.050	0.015	44.1	1.65	-2.4
21.92	70.48	3.215	0.024	70.5	1.65	-1.6
22.08	70.35	3.186	0.024	70.4	1.65	-1.5
22.08	70.83	3.208	0.024	70.8	1.65	-1.6
21.92	71.87	3.279	0.024	71.9	1.65	-1.6
10.88	45.25	4.159	0.015	45.3	1.65	-2.5
25.74	135.22	5.254	0.017	135.2	1.65	-3.6
51.85	206.94	3.991	0.027	206.9	1.65	-2.3
52.23	214.23	4.101	0.027	214.2	1.65	-2.5
52.23	214.01	4.097	0.027	214.0	1.65	-2.4
51.85	205.19	3.957	0.027	205.2	1.65	-2.3
25.74	135.2	5.253	0.017	135.2	1.65	-3.6
14.86	37.66	2.535	0.01	37.7	1.65	-0.9
29.93	78.49	2.622	0.019	78.5	1.65	-1.0
30.15	87.27	2.894	0.021	87.3	1.65	-1.2
30.15	86.1	2.855	0.021	86.1	1.65	-1.2
29.93	75.22	2.513	0.02	75.2	1.65	-0.9



14.86	36.47	2.455	0.01	36.5	1.65	-0.8
14.82	73.61	4.966	0.008	73.6	1.65	-3.3
29.87	95.33	3.192	0.017	95.3	1.65	-1.5
30.08	110.13	3.661	0.025	110.1	1.65	-2.0
30.08	132.54	4.406	0.02	132.5	1.65	-2.8
29.87	143.99	4.821	0.017	144.0	1.65	-3.2
14.82	80.14	5.406	0.009	80.1	1.65	-3.8
22.25	99.76	4.483	0.008	99.8	1.65	-2.8
9.04	44.76	4.952	0.01	44.8	1.65	-3.3
22.25	17.65	0.793	0.021	17.7	1.65	0.9
9.04	102.88	11.382	0.001	102.9	1.65	-9.7

$$W_u := -3.9 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

Como la cimentación es casi simétrica, sólo se calcularon los momentos para una cuarta parte de ella, para posteriormente utilizar el mismo armado en toda ella.



### Cálculo de momentos en las franjas centrales.

Es el caso II. Losa no colada monolíticamente con sus apoyos, por lo que se tomarán como los claros entre ejes, sin exceder el claro libre más dos veces el espesor de la losa.

Se obtuvo la siguiente tabla para cada uno de los tableros analizados.

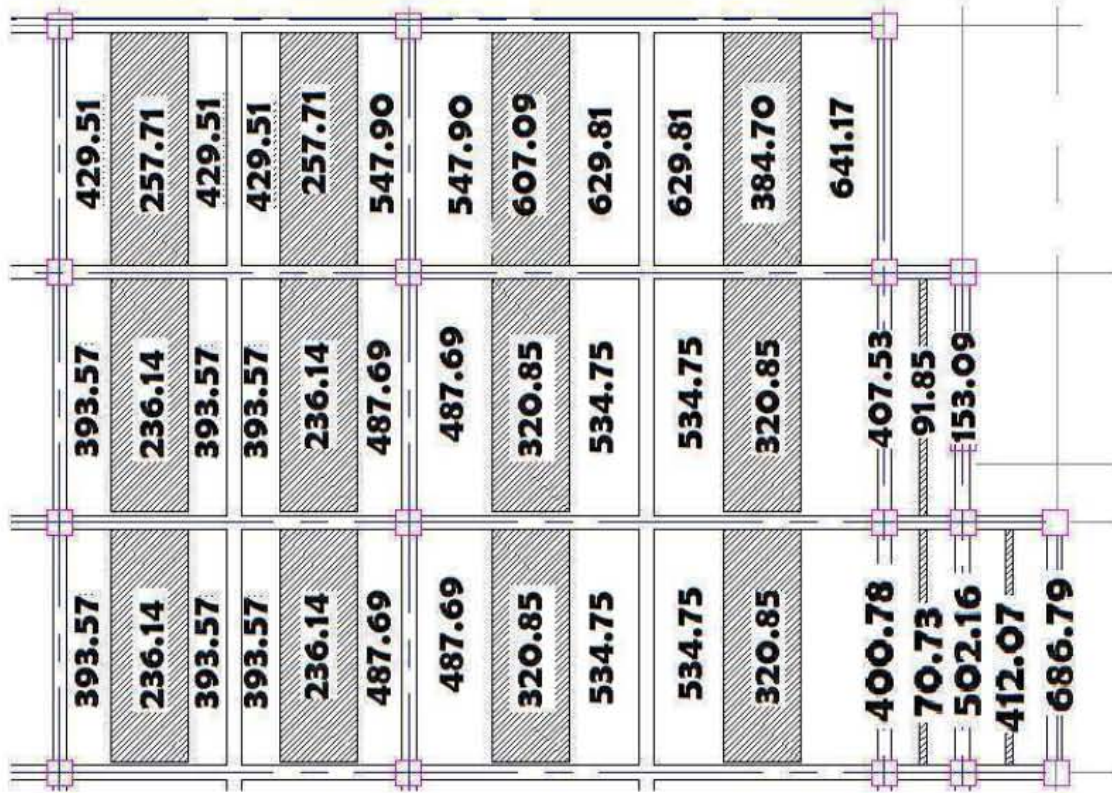
Wu= 3900 Kg/m <sup>2</sup>						
Tablero	Lado corto a1 (m)	Lado largo a2 (m)	m= a1/a2	Área (m <sup>2</sup> )	B= Wu*10 <sup>(-4)</sup> *a1 <sup>2</sup> (kgf*m/m)	Tipo
1	4.8	6.8	0.70588	32.64	8.9856	Borde corto disc.
2	4.8	6.8	0.70588	32.64	8.9856	Borde corto disc.
3	6.55	6.8	0.96324	44.54	16.7320	Borde corto disc.
4	6.55	6.8	0.96324	44.54	16.7320	Esquina
5	4.8	6.9	0.69565	33.12	8.9856	Interior
6	4.8	6.9	0.69565	33.12	8.9856	Interior
7	6.55	6.9	0.94928	45.195	16.7320	Interior
8	6.55	6.9	0.94928	45.195	16.7320	Interior
9	2.15	6.9	0.31159	14.835	1.8028	Esquina
10	4.8	6.9	0.69565	33.12	8.9856	Interior
11	4.8	6.9	0.69565	33.12	8.9856	Interior
12	6.55	6.9	0.94928	45.195	16.7320	Interior
13	6.55	6.9	0.94928	45.195	16.7320	Interior
14	2.15	6.9	0.31159	14.835	1.8028	Interior
15	2.62	6.9	0.37971	18.078	6.3152	Extremo largo disc.

De ahí se partió a calcular los momentos de acuerdo a la tabla 6.1 Coeficientes de momentos flexionantes para tableros rectangulares. La tabla con los resultados se encuentra en la última página de este apéndice.

Cuando se diseñan varias losas y en ellas existiera un borde común, cabe la posibilidad de que los momentos flexionantes resulten distintos en cada tablero; en este caso las NTC-2004 establecen que se debe distribuir las dos terceras partes de la diferencia de momentos entre los dos tableros; es por ello que los resultados de las tablas anteriores no son los definitivos.

Los momentos flexionantes están en kgf\*cm /m en la siguiente figura de los tableros analizados

**Momentos flexionantes (kgf-cm/m)**  
**Negativos. Lado corto**



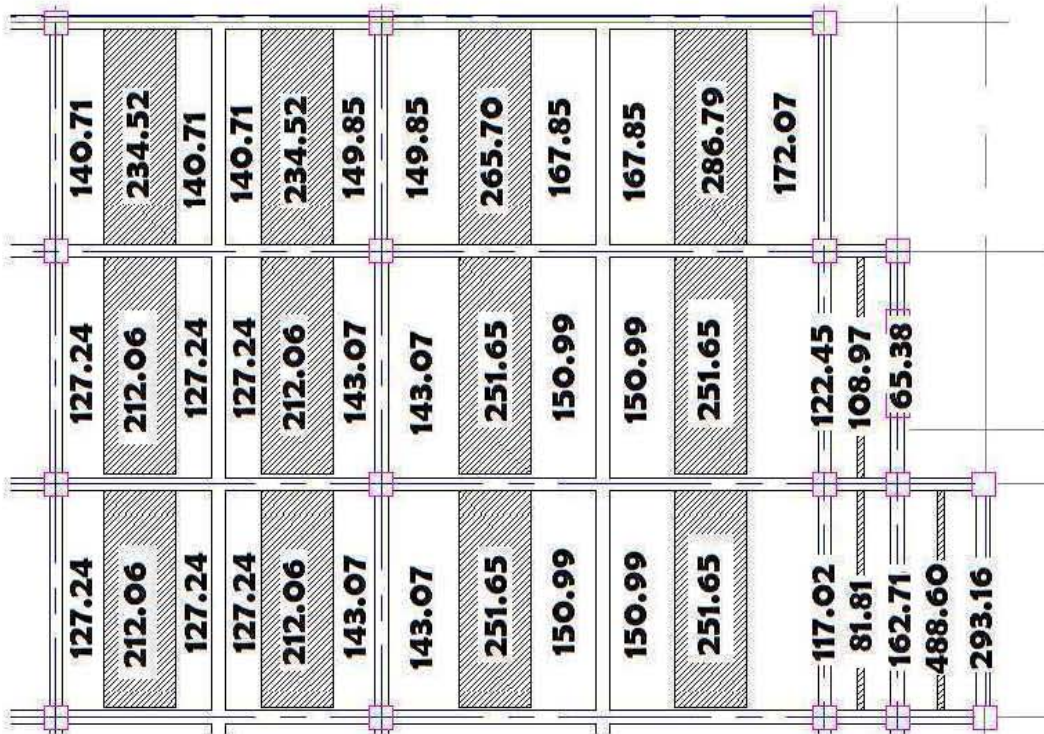
**Momentos flexionantes (kgf-cm/m)**  
**Negativos. Lado largo**





**Momentos flexionantes (kgf-cm/m)**

**Positivos. Lado corto**



**Momentos flexionantes (kgf-cm/m)**

**Positivos. Lado largo**





El cálculo de deflexiones puede omitirse si el peralte efectivo de la losa es por lo menos igual al perímetro del tablero dividido entre 250 para concreto clase I. (NTC-2004, 17.4.2)

En la siguiente tabla se muestran las medidas de los lados de las losas, incluye todas las variaciones entre ellas.

Lado corto a1 (m)	Lado largo a2 (m)	Perímetro/250 (cm)
4.75	6.8	9.24
4.75	6.9	9.32
4.8	6.8	9.28
4.8	6.9	9.36
6.55	6.8	10.68
6.55	6.9	10.76
2.15	6.8	7.16
2.15	6.9	7.24
2.62	6.9	7.616

El peralte efectivo de 20cm del predimensionamiento es mayor que 10.68 cm, por lo que se continuará con esta medida.

La separación de barras no debe ser mayor de 50 cm ni de 3.5h, excepto en las cercanías de una carga concentrada donde no deberá ser mayor 2.5 d.

$$s_{max} := 50\text{cm} \quad 2.5 \cdot 15\text{cm} = 37.5 \cdot \text{cm}$$

DATOS :

$$f'c := 300 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{y1} := 4200$$

Materiales :

$$f_{ac} := .8 \cdot f'c = 240 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\beta := 0.85$$

$$f''c := 0.85 \cdot f_{ac} = 204 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$f''c1 := f''c \cdot \frac{\text{cm}^2}{\text{kgf}}$$

$$\rho_b := \frac{f''c1}{f_{y1}} \cdot \frac{6000 \cdot \beta}{f_{y1} + 6000} = 0.024$$

$$h := 20\text{cm} \quad r := 5\text{cm}$$

$$b := 100\text{cm}$$

$$d := h - r = 15 \cdot \text{cm}$$

$$0.75 \cdot \rho_b = 0.018$$

$$FR := 0.9 \quad \text{Para flexión}$$

**Cálculo de acero mínimo por flexión.**

$$A_{smin} := 0.7 \cdot \sqrt{\frac{f'c \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{f_y}} \cdot b \cdot d = 4.33 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho_{min} := \frac{A_{smin}}{b \cdot d} = 0.003$$

$$q_{min} := \frac{\rho_{min} \cdot f_y}{f'c} = 0.059$$

NTC  
Sección 2.2

## Cálculo de acero máximo por flexión.

$$A_{smax} := 0.75 \cdot \rho_b \cdot b \cdot d = 27.321 \cdot \text{cm}^2$$

$$q_{max} := 0.75 \cdot \rho_b \cdot \frac{f_y}{f''_c} = 0.375 \quad \text{para resistir cargas sísmicas}$$



Por simplificación al momento de la construcción, se tomaron los momentos flexionantes mayores por eje.

### Momento negativo

-- En eje X.

### Franjas de centrales.

$$M_{xneg} := 502 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$M_{xneg} := 5.02 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

Se calcula MR con el q mín.

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''_c \cdot q_{min} \cdot (1 - q_{min}) = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MR = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

El acero mínimo no cumple la resistencia necesaria.

$$A_s := \frac{100}{25} \cdot A_6 = 11.4 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f''_c} = 0.156$$

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''_c \cdot q \cdot (1 - q) = 545.241 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MU < MR$$

Serán varillas del #6 @ 25cm

### Franjas de borde.

$$M_{xneg} := 686 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$M_{xneg} := 6.86 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

Se calcula MR con el q mín.

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''_c \cdot q_{min} \cdot (1 - q_{min}) = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MR = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$A_s := \frac{100}{15} \cdot A_6 = 19 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f''c} = 0.261$$

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - q) = 796.357 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MU < MR$$

Serán varillas del #6 @ 15 cm

-- En eje Y.

### Franjas de central.

$$M_{xneg} := 383 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$M_{xneg} := 3.83 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

Se calcula MR con el q mín.

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q_{min} \cdot (1 - q_{min}) = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MR = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

El acero mínimo no cumple la resistencia necesaria.

$$A_s := \frac{100}{35} \cdot A_6 = 8.143 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f''c} = 0.112$$

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - q) = 410.098 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MU < MR$$

Serán varillas del #6 @ 35 cm

### Franjas de borde.

$$M_{xneg} := 639 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$M_{xneg} := 6.39 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

Se calcula MR con el q mín.

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q_{min} \cdot (1 - q_{min}) = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MR = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

El acero mínimo no cumple la resistencia necesaria.

$$A_s := \frac{100}{20} \cdot A_6 = 14.25 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f''c} = 0.196$$

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - q) = 649.945 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MU < MR$$

Serán varillas del #6 @ 20 cm

### Momento positivo

-- En eje Y.

### Franjas de borde.

$$Mypos := 293.2 \cdot \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$Mypos := 2.93 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

Se calcula MR con el q mín.

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q_{\min} \cdot (1 - q_{\min}) = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MR = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

El acero mínimo no cumple la resistencia necesaria.

$$A_s := \frac{100}{40} \cdot A_6 = 7.125 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f''c} = 0.098$$

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - q) = 364.48 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MU < MR$$

Serán varillas del #6 @ 40cm

### Franjas de centrales.

$$Mypos := 488.6 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$Mypos := 4.89 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

Se calcula MR con el q mín.

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q_{\min} \cdot (1 - q_{\min}) = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MR = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

El acero mínimo no cumple la resistencia necesaria.



$$A_s := \frac{100}{25} \cdot A_6 = 11.4 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} = 0.156$$

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot q \cdot (1 - q) = 545.241 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MU < MR$$

Serán varillas del #6 @ 25 cm

-- En eje X.

### Franjas de borde.

$$M_{xpos} := 218.52 \cdot \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$M_{xpos} := 2.18 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

Se calcula MR con el q mín.

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot q_{min} \cdot (1 - q_{min}) = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MR = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

El acero mínimo cumple la resistencia necesaria.

$$A_s := \frac{100}{25} \cdot A_4 = 5.08 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} = 0.07$$

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot q \cdot (1 - q) = 267.953 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MU < MR$$

Serán varillas del #4 @ 25cm

### Franjas de centrales.

$$M_{xpos} := 279.9 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$M_{xpos} := 2.79 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

Se calcula MR con el q mín.

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot q_{min} \cdot (1 - q_{min}) = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MR = 230.926 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

El acero mínimo no cumple la resistencia necesaria.

$$A_s := \frac{100}{20} \cdot A_4 = 6.35 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} = 0.087$$

$$MR := FR \cdot b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot q \cdot (1 - q) = 328.665 \cdot \text{Ton} \cdot \text{cm}$$

$$MU < MR$$

Serán varillas del #4 @ 20 cm

### Revisión por cortante.

La resistencia de la losa a fuerza cortante se supone igual a la de una viga sin refuerzo en el alma.

$$FR := 0.8 \quad \text{Cortante}$$

$$V_{cr} := 0.5 \cdot FR \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{\text{fac} \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}$$

$$V_{cr} = 9.295 \times 10^3 \cdot \text{kgf} \quad V_u = \left( \frac{a_1}{2} - d \right) \cdot W_u \cdot \left( 0.95 - 0.5 \cdot \frac{a_1}{a_2} \right)$$

d= 0.15 m					
Wu= 3900 kgf/m2					
Lado corto a1 (m)	Lado largo a2 (m)	a1/a2	Vu kgf	Vcr kgf	Vcr > Vu
4.75	6.8	0.70	5212.88	9225	Si
4.75	6.9	0.69	5256.80	9225	Si
4.8	6.8	0.71	5239.19	9225	Si
4.8	6.9	0.70	5284.08	9225	Si
6.55	6.8	0.96	5708.41	9225	Si
6.55	6.9	0.95	5793.48	9225	Si
2.15	6.8	0.32	2856.82	9225	Si
2.15	6.9	0.31	2865.09	9225	Si
2.62	6.9	0.38	3438.90	9225	Si

Tenemos que  $V_{cr} > V_u$  Por lo tanto cumple por cortante.

Tablero		1	m= 0.70	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Borde			$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto		478	4295.1168	2577.07008	429.51168	257.707008
	Largo		392	3522.3552	2113.41312	352.23552	211.341312
Neg. En borde d	Corto		0	0	0	0	0
Positivo	Corto		261	2345.2416	1407.14496	234.52416	140.714496
	Largo		140	1257.984	754.7904	125.7984	75.47904

Tablero		2	m= 0.70	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Borde			$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto		478	4295.1168	2577.07008	429.51168	257.707008
	Largo		392	3522.3552	2113.41312	352.23552	211.341312
Neg. En borde d	Corto		0	0	0	0	0
Positivo	Corto		261	2345.2416	1407.14496	234.52416	140.714496
	Largo		140	1257.984	754.7904	125.7984	75.47904

Tablero		3	m= 0.96	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Borde			$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto		362.8	6070.36053	3642.216318	607.036053	364.2216318
	Largo		323	5404.427925	3242.656755	540.4427925	324.2656755
Neg. En borde d	Corto		0	0	0	0	0
Positivo	Corto		158.8	2657.03763	1594.222578	265.703763	159.4222578
	Largo		135.5	2267.182613	1360.309568	226.7182613	136.0309568

Tablero		4	m= 0.96	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Esquina			$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto		383.2	6411.69282	3847.015692	641.169282	384.7015692
	Largo		382.4	6398.30724	3838.984344	639.830724	383.8984344
Neg. En borde d	Corto		0	0	0	0	0
	Largo		0	0	0	0	0
Positivo	Corto		171.4	2867.860515	1720.716309	286.7860515	172.0716309
	Largo		153.4	2566.684965	1540.010979	256.6684965	154.0010979

Tablero		5	m= 0.70	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Interior			$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto		438	3935.6928	2361.41568	393.56928	236.141568
	Largo		388	3486.4128	2091.84768	348.64128	209.184768
Positivo	Corto		236	2120.6016	1272.36096	212.06016	127.236096
	Largo		135	1213.056	727.8336	121.3056	72.78336

Tablero		6	m= 0.70	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Interior			$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto		438	3935.6928	2361.41568	393.56928	236.141568
	Largo		388	3486.4128	2091.84768	348.64128	209.184768
Positivo	Corto		236	2120.6016	1272.36096	212.06016	127.236096
	Largo		135	1213.056	727.8336	121.3056	72.78336

Tablero		7	m= 0.94	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Interior			$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto		319.6	5347.53921	3208.523526	534.753921	320.8523526
	Largo		314.8	5267.22573	3160.335438	526.722573	316.0335438
Positivo	Corto		150.4	2516.48904	1509.893424	251.648904	150.9893424
	Largo		130.6	2185.195935	1311.117561	218.5195935	131.1117561

Tablero		8	m= 0.94	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Interior			$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto		319.6	5347.53921	3208.523526	534.753921	320.8523526
	Largo		314.8	5267.22573	3160.335438	526.722573	316.0335438
Positivo	Corto		150.4	2516.48904	1509.893424	251.648904	150.9893424
	Largo		130.6	2185.195935	1311.117561	218.5195935	131.1117561

Tablero	9	m= 0.31	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Esquina		$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto	849.2	1530.91653	918.549918	153.091653	91.8549918
	Largo	620.62	1118.838221	671.3029323	111.8838221	67.13029323
Neg. En borde d	Corto	0	0	0	0	0
	Largo	0	0	0	0	0
Positivo	Corto	604.48	1089.741432	653.8448592	108.9741432	65.38448592
	Largo	184.72	333.008598	199.8051588	33.3008598	19.98051588

Tablero	10	m= 0.70	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Interior		$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto	438	3935.6928	2361.41568	393.56928	236.141568
	Largo	388	3486.4128	2091.84768	348.64128	209.184768
Positivo	Corto	236	2120.6016	1272.36096	212.06016	127.236096
	Largo	135	1213.056	727.8336	121.3056	72.78336

Tablero	11	m= 0.70	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Interior		$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto	438	3935.6928	2361.41568	393.56928	236.141568
	Largo	388	3486.4128	2091.84768	348.64128	209.184768
Positivo	Corto	236	2120.6016	1272.36096	212.06016	127.236096
	Largo	135	1213.056	727.8336	121.3056	72.78336

Tablero	12	m= 0.94	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Interior		$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto	319.6	5347.53921	3208.523526	534.753921	320.8523526
	Largo	314.8	5267.22573	3160.335438	526.722573	316.0335438
Positivo	Corto	150.4	2516.48904	1509.893424	251.648904	150.9893424
	Largo	130.6	2185.195935	1311.117561	218.5195935	131.1117561

Tablero	13	m= 0.94	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Interior		$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto	319.6	5347.53921	3208.523526	534.753921	320.8523526
	Largo	314.8	5267.22573	3160.335438	526.722573	316.0335438
Positivo	Corto	150.4	2516.48904	1509.893424	251.648904	150.9893424
	Largo	130.6	2185.195935	1311.117561	218.5195935	131.1117561

Tablero	14	m= 0.31	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Interior		$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En bordes i	Corto	737.14	1328.897564	797.3385381	132.8897564	79.73385381
	Largo	473.94	854.4071835	512.6443101	85.44071835	51.26443101
Positivo	Corto	453.8	818.099295	490.859577	81.8099295	49.0859577
	Largo	158.06	284.9466165	170.9679699	28.49466165	17.09679699

Tablero	15	m=0.38	Momentos ( kgf*m/m)		Momentos (Ton*cm/m)	
Extremo		$\alpha$	Centrales	Borde	Centrales	Borde
Neg. En borde c	Corto	1087.52	6867.958505	4120.775103	686.7958505	412.0775103
	Largo	0	0	0	0	0
Neg. En borde d	Corto	0	0	0	0	0
Positivo	Corto	773.68	4885.981073	2931.588644	488.5981073	293.1588644
	Largo	443.2	2798.917914	1679.350748	279.8917914	167.9350748



# APÉNDICE E.

## Memoria de diseño estructural de: Contratrabe

Ing. Isis Galia Zazueta Martínez



$$\rho_b := \frac{f''c1}{fy1} \cdot \frac{6000 \cdot \beta}{fy1 + 6000} = 0.024$$

$$h := 80\text{cm}$$

$$r := 5\text{cm}$$

$$d := h - r = 75 \cdot \text{cm}$$

$$b := 40\text{cm}$$

### EJE X

Elementos mecánicos máximos de las contratrabe en el eje X

$$MU_{pos} := 68\text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$MU_{neg} := 77.83\text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$VU_{máx} := 37.19 \cdot \text{Ton}$$

Considerando envolvente, es decir con transmisión de cargas sísmicas

$$0.75 \cdot \rho_b = 0.018$$

$$As_{max} := 0.75 \cdot \rho_b \cdot b \cdot d = 54.643 \cdot \text{cm}^2 \quad As_{min} := 0.7 \cdot \frac{\sqrt{f''c \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}}{fy} \cdot b \cdot d = 8.66 \cdot \text{cm}^2$$

$$q_{max} := 0.75 \cdot \rho_b \cdot \frac{fy}{f''c} = 0.375$$

NTC  
Sección 2.2

$$MR := b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q_{max} \cdot (1 - 0.5q_{max}) = 139.852 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

### Momento positivo

Calculo de acero para resistir a 1/4 de claro.

$$As := 3 \cdot A8 = 15.18 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{As}{b \cdot d}$$

$$q := \rho \cdot \frac{fy}{f''c} = 0.104$$

$$b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q = 4.782 \times 10^4 \text{m} \cdot \text{kg}$$

$$MR_c := b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - 0.5q) = 45.326 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$M_c := 29.55\text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$MR_c > M_c$$

$$As_1 := As = 15.18 \cdot \text{cm}^2$$

$$As_2 := 2 \cdot A6 = 5.7 \cdot \text{cm}^2$$

$$As_3 := 1 \cdot A6 = 2.85 \cdot \text{cm}^2$$

$$As := As_1 + As_2 + As_3 = 23.73 \cdot \text{cm}^2$$

$$As_{pos} := As$$

$$\rho := \frac{As}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f''c} = 0.163 \quad b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q = 7.475 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$MR_{pos} := b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - 0.5q) = 68.663 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m} \quad MU_{pos} = 68 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$MU < MR \quad \text{Por lo tanto si pasa}$$

**Serán 3 var #8, 3 bastones #6**

Segmento entre eje 12 y 14

$$As1 = 15.18 \cdot \text{cm}^2 \quad Ms := 96 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$As1 := As1 = 15.18 \cdot \text{cm}^2 \quad As2 := 2 \cdot A10 = 15.82 \cdot \text{cm}^2 \quad As3 := 1 \cdot A8 = 5.06 \cdot \text{cm}^2$$

$$As := As1 + As2 + As3 = 36.06 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{As}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f''c} = 0.247 \quad b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q = 1.136 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$MR_{pos} := b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - 0.5q) = 99.534 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m} \quad Ms = 96 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$MR_{pos} > Ms \quad \text{Por lo tanto si pasa}$$

**En este segmento será 3 var #8, 2 bastones #10, 1 baston #8**

**Momento negativo.**

Calculo de acero para resistir a 1/4 de claro.

$$As := 3 \cdot A8 = 15.18 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{As}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f''c} = 0.104 \quad b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q = 4.782 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$MRc := b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - 0.5q) = 45.326 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m} \quad Mc := 23 \text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$MRc > Mc$$

$$As1 := As = 15.18 \cdot \text{cm}^2 \quad As2 := 2 \cdot A8 = 10.12 \cdot \text{cm}^2 \quad As3 := 1 \cdot A6 = 2.85 \cdot \text{cm}^2$$

$$As := As1 + As2 + As3 = 28.15 \cdot \text{cm}^2 \quad As_{neg} := As$$

$$\rho := \frac{As}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f''c} = 0.193$$

$$MR_{neg} := b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - 0.5q) = 80.107 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m} \quad MU_{neg} = 77.83 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$MR > MU \quad \text{Por lo tanto si pasa}$$

**Serán 3 var #8, 2 bastones #8, 1 baston #6**

NTC Sección 2.5.1 Cuando la dimensión transversal es mayor que 700mm, el valor de Vcr deberá multiplicarse por el valor obtenido con la siguiente expresión.  
 $1 - 0.0004 \cdot (h - 700)$

$$F := 1 - 0.004 \cdot \left( \left( \frac{h}{\text{mm}} - 700 \right) \right) = 0.6$$

$$F = 0.6$$

por lo que

Checando con la fuerza cortante de diseño Ve  $V_{Um\acute{a}x} = 37.19 \cdot \text{Ton}$

$$A_{sneg} = 28.15 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{spos} = 23.73 \cdot \text{cm}^2$$

Se considera para el cortante de claro mayor en el sentido X

$$L := 13.1\text{m}$$

$$a := \frac{1.25 \cdot A_{sneg} \cdot f_y}{b \cdot f'c}$$

$$a_2 := \frac{1.25 \cdot A_{spos} \cdot f_y}{b \cdot f'c}$$

$$MRA := 1.25 \cdot A_{sneg} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$MRB := 1.25 \cdot A_{spos} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a_2}{2} \right)$$

$$V_d := \frac{MRA + MRB}{L} + (V_{Um\acute{a}x}) = 51.036 \cdot \text{Ton}$$

$$\frac{MRA + MRB}{L} = 13.846 \cdot \text{Ton} \quad 24.659\text{Ton} > 23.83\text{Ton} \quad 0.5 \cdot V_d = 25.518 \cdot \text{Ton}$$

$$\rho := \frac{6 \cdot A_6}{b \cdot d} = 5.7 \times 10^{-3}$$

Para cortante y torsión

$$FR := 0.8$$

$$\rho < 0.015$$

$$V_{cr} := FR \cdot b \cdot d \cdot (0.2 + 20 \cdot \rho) \cdot \sqrt{\text{fac} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 11.675 \cdot \text{Ton} \quad V_{cr} := F \cdot V_{cr} = 7.005 \cdot \text{Ton}$$

$$V_{sr} := V_d - V_{cr} = 44.031 \cdot \text{Ton} \quad A_v := 2A_4 \quad \theta := 90^\circ$$

$$s := \frac{FR \cdot A_v \cdot f_y \cdot d \cdot (\sin(\theta) + \cos(\theta))}{V_{sr}} = 14.537 \cdot \text{cm}$$

$$.25 \cdot d = 18.75 \cdot \text{cm}$$

s debe ser menor que:

$$8 \cdot d_5 = 12.72 \cdot \text{cm}$$

$$24 \cdot d_3 = 22.8 \cdot \text{cm}$$

$$30\text{cm}$$

NTC Sección 7.2.3 b

Entonces  $s := 10\text{cm}$



$$\rho_b := \frac{f''c1}{fy1} \cdot \frac{6000 \cdot \beta}{fy1 + 6000} = 0.024$$

$$h := 80\text{cm}$$

$$r := 5\text{cm}$$

$$d := h - r = 75 \cdot \text{cm}$$

$$b := 40\text{cm}$$

### EJE Y

Elementos mecánicos máximos de las contratrabe en el eje Y

$$MU_{\text{pos}} := 34\text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$MU_{\text{neg}} := 32\text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$VU_{\text{máx}} := 25 \cdot \text{Ton}$$

Considerando envolvente, es decir con transmisión de cargas sísmicas

NTC  
Sección 2.2

$$0.75 \cdot \rho_b = 0.018$$

$$As_{\text{max}} := 0.75 \cdot \rho_b \cdot b \cdot d = 54.643 \cdot \text{cm}^2 \quad As_{\text{min}} := 0.7 \cdot \frac{\sqrt{f''c \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}}{fy} \cdot b \cdot d = 8.66 \cdot \text{cm}^2$$

$$q_{\text{max}} := 0.75 \cdot \rho_b \cdot \frac{fy}{f''c} = 0.375$$

$$MR := b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q_{\text{max}} \cdot (1 - 0.5q_{\text{max}}) = 139.852 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

### Momento positivo

Calculo de acero para resistir a 1/4 de claro.

$$As := 3 \cdot A6 = 8.55 \cdot \text{cm}^2$$

$$\rho := \frac{As}{b \cdot d}$$

$$q := \rho \cdot \frac{fy}{f''c} = 0.059$$

$$b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q = 2.693 \times 10^4 \text{m} \cdot \text{kg}$$

$$MR_c := b \cdot d^2 \cdot f''c \cdot q \cdot (1 - 0.5q) = 26.142 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$M_c := 26\text{Ton} \cdot \text{m}$$

$$MR_c > M_c$$

$$As1 := As = 8.55 \cdot \text{cm}^2$$

$$As2 := 2 \cdot A4 = 2.54 \cdot \text{cm}^2$$

$$As := As1 + As2 = 11.09 \cdot \text{cm}^2$$

$$As_{\text{pos}} := As$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} = 0.076 \quad b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot q = 3.493 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$MR_{\text{pos}} := b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot q \cdot (1 - 0.5q) = 33.604 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m} \quad MU_{\text{pos}} = 34 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

MU < MR Por lo tanto si pasa

**Serán 3 var #6, 2 bastones #4**

**Momento negativo.**

$$As1 := 4 \cdot A6$$

$$As := As1 = 11.4 \cdot \text{cm}^2 \quad As_{\text{neg}} := As$$

$$\rho := \frac{A_s}{b \cdot d} \quad q := \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} = 0.078 \quad b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot q = 3.591 \times 10^4 \text{ m} \cdot \text{kg}$$

$$MR_{\text{neg}} := b \cdot d^2 \cdot f'_c \cdot q \cdot (1 - 0.5q) = 34.505 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m} \quad MU_{\text{neg}} = 32 \cdot \text{Ton} \cdot \text{m}$$

MR > MU Por lo tanto si pasa

**Serán 4 var # 6**

NTC Sección 2.5.1 Cuando la dimensión transversal es mayor que 700mm, el valor de  $V_{cr}$  deberá multiplicarse por el valor obtenido con la siguiente expresión.  
 $1 - 0.0004 \cdot (h - 700)$

$$F := 1 - 0.004 \cdot \left( \left( \frac{h}{\text{mm}} - 700 \right) \right) = 0.6$$

$$F = 0.6$$

por lo que

Checando con la fuerza cortante de diseño  $V_e$   $VU_{\text{máx}} = 25 \cdot \text{Ton}$

$$As_{\text{neg}} = 11.4 \cdot \text{cm}^2$$

$$As_{\text{pos}} = 11.09 \cdot \text{cm}^2$$

$$L := 6.9\text{m}$$

Se considera para el cortante de claro mayor en el sentido Y

$$a := \frac{1.25 \cdot As_{\text{neg}} \cdot f_y}{b \cdot f'_c}$$

$$a2 := \frac{1.25 \cdot As_{\text{pos}} \cdot f_y}{b \cdot f'_c}$$

$$MRA := 1.25 \cdot As_{\text{neg}} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$MRB := 1.25 \cdot As_{\text{pos}} \cdot f_y \cdot \left( d - \frac{a2}{2} \right)$$

$$Vd := \frac{MRA + MRB}{L} + (VU_{\text{máx}}) = 37.215 \cdot \text{Ton}$$

$$\frac{MRA + MRB}{L} = 12.215 \cdot \text{Ton}$$

$$24.659\text{Ton} > 23.83\text{Ton}$$

$$0.5 \cdot Vd = 18.607 \cdot \text{Ton}$$

$$\rho := \frac{6 \cdot A6}{b \cdot d} = 5.7 \times 10^{-3}$$



Para cortante y torsión

$$FR := 0.8$$

$$\rho < 0.015$$

$$V_{cr} := FR \cdot b \cdot d \cdot (0.2 + 20 \cdot \rho) \cdot \sqrt{\text{fac} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 11.675 \cdot \text{Ton} \quad V_{cr} := F \cdot V_{cr} = 7.005 \cdot \text{Ton}$$

$$V_{sr} := V_d - V_{cr} = 30.21 \cdot \text{Ton}$$

$$A_v := 2A3$$

$$\theta := 90^\circ$$

$$s := \frac{FR \cdot A_v \cdot f_y \cdot d \cdot (\sin(\theta) + \cos(\theta))}{V_{sr}} = 11.845 \cdot \text{cm}$$

$$.25 \cdot d = 18.75 \cdot \text{cm}$$

s debe ser  
menor que:

$$8 \cdot d5 = 12.72 \cdot \text{cm}$$

$$24 \cdot d3 = 22.8 \cdot \text{cm}$$

$$30 \text{cm}$$

[NTC Sección 7.2.3 b](#)

Entonces  $s := 10 \text{cm}$

# APÉNDICE F. DISEÑO POR VIENTO

Ing. Isis Galia Zazueta Martínez



Categoría del terreno según su rugosidad:

3. Terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas.

Clase de estructura según su tamaño.

A. Todas las construcciones cuya dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea menor que 20 metros.

## Velocidad regional.

La velocidad regional del viento, VR es la máxima velocidad media probable de presentarse con un cierto período de recurrencia en una zona o región determinada del país.

## Factor de exposición $\alpha$

El coeficiente  $\alpha$  refleja la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura Z. Asimismo, considera el tamaño de la construcción o de los elementos de recubrimiento y las características de exposición.

$$F\alpha = F_c \cdot F_{zr}$$

$F_c := 1$  Factor de tamaño

$$F_{zr} = 1.56 \cdot \left(\frac{10}{\delta}\right)^\alpha \quad \text{si } Z \leq 10$$

$$F_{zr} = 1.56 \cdot \left(\frac{Z}{\delta}\right)^\alpha \quad \text{si } 10 \leq Z < \delta$$

$$F_{zr} := 1.56 \quad \text{si } Z \geq \delta$$

$\delta$  es la altura medida a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante.

alfa es el exponente que determina la variación de la velocidad del viento con la altura y es adimensional.

$$\alpha := 0.156$$

$$Z := 12\text{m}$$

$$\delta := 390\text{m}$$

$$F_{zr} := 1.56 \cdot \left(\frac{Z}{\delta}\right)^\alpha = 0.906$$

$$F\alpha := F_c \cdot F_{zr} = 0.906$$

## Factor de topografía Ft

Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio donde se desplantará la estructura.

Sitios:

Normales. Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendiente menores que 5%.

$$F_t := 1.0$$

Ciudad	Núm. Obs.	Velocidades (km/h)				
		V10	V50	V100	V200	V2000
Acapulco, Gro.	12002	129	162	172	181	209
Aguascalientes, Ags.	1001	118	141	151	160	189
Campeche, Camp.	4003	99	132	146	159	195

## Presión dinámica de base qz

Cuando el viento actúa sobre un obstáculo, genera presiones sobre su superficie que varían según la intensidad de la velocidad y la dirección del viento.

$$V_{reg} := 146 \frac{\text{km}}{\text{hora}}$$

$$V_d := F_t \cdot F_a \cdot V_{reg}$$

$$q_z := 0.0048 \cdot G \cdot V_d^2$$

donde:

G es el factor de corrección de temperatura y por altura con respecto al nivel del mar, adimensional.  
Vd la velocidad de diseño en km/h.

$$G = \frac{0.0392 \cdot \upsilon}{273 + \tau}$$

La presión barométrica aproximadamente a 7msnm, es de 760 mm de Hg

$$\upsilon := 760 \text{ mm de Hg}$$

$$\tau := 32 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$G := \frac{0.0392 \cdot \upsilon}{273 + \tau} = 0.098$$

$$q_z := 0.0048 \cdot G \cdot V_d^2$$

$$q_z := q_z \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \quad q_z = 80.502 \text{ Pa}$$

La presión actuante sobre una construcción determinada, pz, en kg/m<sup>2</sup>, se obtiene tomando en cuenta principalmente su forma.

$$p_z = C_p \cdot q_z$$

donde Cp es el coeficiente de presión y es adimensional.

## Análisis Estático

Los empujes medios que se evalúan con este procedimiento son aplicables al diseño de las estructuras pertenecientes al Tipo 1

Sólo puede utilizarse para diseñar estructuras o elementos estructurales poco sensibles la acción turbulenta del viento. Esta condición se satisface cuando:

a) la relación  $H/D \leq 5$ , donde H es la altura de la construcción y D es la dimensión mínima de la base, y el período fundamental de la estructura es menor o igual que un segundo.

Para construcciones cerradas, techos aislados, toldos y cubiertas abiertas adyacentes, no es necesario calcular su período fundamental cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- a) la altura total de la construcción, H es menor o igual que 15 metros.
- b) la planta de la estructura es rectangular o formada por una combinación de rectángulos.
- c) la relación H/D es menor que cuatro para construcciones cerradas y menor que uno para techos aislados.
- d) para construcciones cerradas y techos aislados, la pendiente de sus techos inclinados a dos aguas no debe exceder los 20°, y en techos de claros múltiples deberá ser menor que 60°; para toldos y cubiertas adyacentes, la pendiente no será mayor que 5°.

Las fuerzas que se ejercen sobre los elementos de estructuras cerradas, muros y techos, serán las resultantes de las presiones actuantes sobre sus superficies exteriores e interiores y deberán calcularse de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F_e = p_z \cdot A_z$$

$$p_z = (p_e - p_i) \quad \text{para construcciones cerradas}$$

$$p_z = p_n \quad \text{para el caso en que se aplique la presión neta.}$$

$F_e$  es la fuerza del viento que actúa perpendicularmente a la superficie de un elemento de la construcción, en kg.

$p_z$  la presión de diseño a la altura Z, en kg/m<sup>2</sup>.

$p_e$  la presión exterior, en kg/m<sup>2</sup>

$p_i$  la presión interior, en kg/m<sup>2</sup>

$p_n$  la presión neta, en kg/m<sup>2</sup>

$A_z$  el área de la estructura o parte de ella en m<sup>2</sup>, a la altura z, sobre la cual actúa la presión de diseño  $p_z$

### Presiones exteriores

La presión exterior,  $p_e$ , sobre una de las superficies de una construcción cerrada se calculará:

$$p_e = C_{pe} \cdot K_a \cdot K_l \cdot q_z$$

$p_e$  presión exterior en kg/m<sup>2</sup>

$C_{pe}$  el coeficiente de presión exterior, adimensional

$K_a$  el factor de reducción de presión por tamaño de área, adimensional.

$K_l$  el factor de presión local adimensional

$q_z$  la presión dinámica de base del viento, en kg/m<sup>2</sup>

Cpe := 0.8 por barlovento

Cpe := -0.2 por sotavento

Área de parte frontal 356 m<sup>2</sup>

Área de parte lateral 613 m<sup>2</sup>

	Área tributaria en m <sup>2</sup>	Factor de reducción K <sub>A</sub>
	<= 10	1
	25	0.9
	=>100	0.8

Tabla Factor de reducción K<sub>A</sub> para techos y muros laterales. Nota: Se puede interpolar entre valores.

$$s := \frac{-1}{75} \quad y := .9$$

### Parte lateral.

Áreas tributarias de la parte lateral.

$$A1 := 75.5$$

$$A4 := 113.5$$

$$A6 := 26.2$$

$$A2 := 96.5$$

$$A3 := 93$$

$$A5 := 65.5$$

$$Cpe := -0.2$$

por sotavento

$$Kl := 1$$

Valores de k<sub>A</sub>

$$ka1 := A1 \cdot s + y$$

$$ka3 := A3 \cdot s + y$$

$$ka4 := 0.8$$

$$ka2 := A2 \cdot s + y$$

$$ka5 := A5 \cdot s + y$$

$$ka6 := A6 \cdot s + y$$

$$pe1 := Cpe \cdot ka1 \cdot Kl \cdot qz = -1.312 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$pe4 := Cpe \cdot ka4 \cdot Kl \cdot qz = -1.313 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$pe2 := Cpe \cdot ka2 \cdot Kl \cdot qz = -1.266 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$pe5 := Cpe \cdot ka5 \cdot Kl \cdot qz = -1.334 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$pe3 := Cpe \cdot ka3 \cdot Kl \cdot qz = -1.274 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$pe6 := Cpe \cdot ka6 \cdot Kl \cdot qz = -1.42 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

### Parte frontal.

Áreas tributarias de parte frontal.

Cpe := 0.8 por barlovento

$$A1 := 34 \quad A2 := 68.5 \quad A3 := 69$$

$$A4 := A3 \quad A5 := A2 \quad A6 := A1$$



## Valores de kA

$$ka1 := A1 \cdot s + y$$

$$ka2 := A2 \cdot s + y$$

$$ka3 := A3 \cdot s + y$$

$$ka4 := A4 \cdot s + y$$

$$ka5 := A5 \cdot s + y$$

$$ka6 := A6 \cdot s + y$$

$$pe1 := Cpe \cdot ka1 \cdot Kl \cdot qz = 5.613 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$pe2 := Cpe \cdot ka2 \cdot Kl \cdot qz = 5.311 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$pe3 := Cpe \cdot ka3 \cdot Kl \cdot qz = 5.306 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

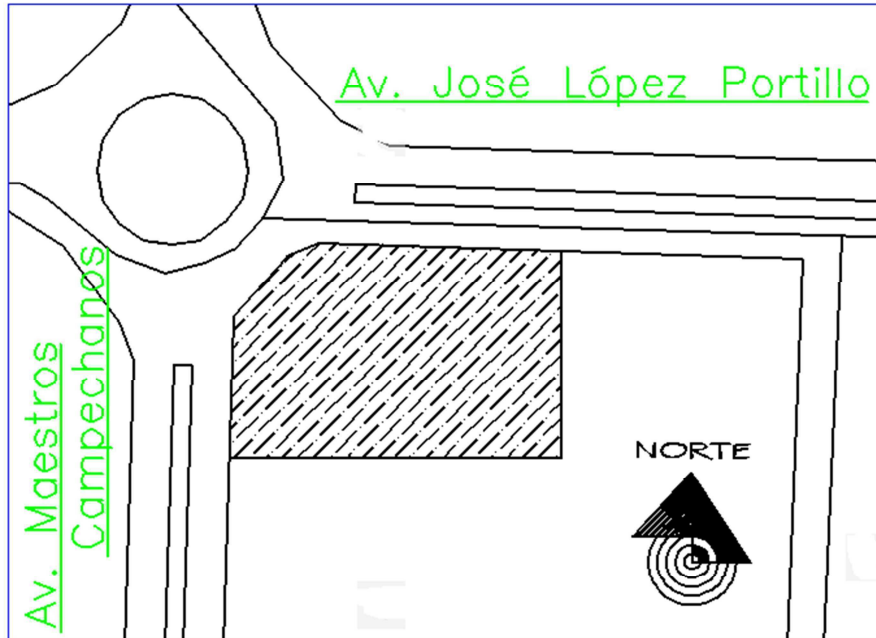
$$pe4 := Cpe \cdot ka4 \cdot Kl \cdot qz = 5.306 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$pe5 := Cpe \cdot ka5 \cdot Kl \cdot qz = 5.311 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

$$pe6 := Cpe \cdot ka6 \cdot Kl \cdot qz = 5.613 \times 10^{-3} \cdot \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

# ANEXOS L. (PERTENECIENTES AL LABORATORIO).

## ANEXO No. L-1 UBICACIÓN DE LA MUESTRA



**ANEXO No. L-2A**

<b>ESTUDIO:</b> MECANICA DE SUELOS MONUMENTO 150 ANIVERSARIO	<b>N.A.F.:</b> NO SE ENCONTRO EL NIVEL FREATICO
<b>SONDEO:</b> 1	<b>BRIGADA:</b> DE EXPLORACIÓN
<b>LOCALIZACION:</b> AVE. MAESTROS CAMPECHANOS POR AVE. JOSE LOPEZ PORTILLO SAN FRANCISCO DE CAMPECHE.	<b>PERFORO:</b> TEC. HECTOR AVILA CAN.
<b>PROCEDIMIENTO:</b> PENETRACION ESTÁNDAR/HELICOIDAL	<b>SUPERVISO:</b> M. EN I. MANUEL JESUS VEGA CUENCA.
	<b>FECHA INICIO:</b> 02-ago-06
	<b>FECHA TERMINO:</b> 02-ago-06
	<b>ENSAYE NUM.</b> 3927

PROF. M.	DESCRIPCION	MUESTRA NUMERO	de cm	a cm	numero de golpes penet. Std.	long. Recup. Cm.	OBSERVACIONES
0.00	ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD (CH), SUAVE, COLOR CAFÉ OSCURO.	1	0.00	0.00	----	----	
			----	0.30	----	30	
0.30	ARENA LIMOSA (SM) MEDIANAMENTE COMPACTA, COLOR CREMA.	2	0.30	0.90	4 - 12 - 6	38	
			0.90	1.50	7 - 14 - 7	36	
1.60	ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD (CH), MUY FIRME, COLOR OCRE OSCURO CON VETAS GRISES.	3	1.50	2.25	----	75	
			2.25	3.00	----	75	
3.00	ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD (CH), POCO FIRME, COLOR OCRE CLARO .	4	3.00	3.70	----	70	
			3.70	4.40	----	70	
4.40	ARCILLA DE ALTA COMPRESIBILIDAD (CH), MUY FIRME, COLOR OCRE OSCURO.	5	4.40	5.60	----	120	
			5.60	6.80	----	120	
6.80							



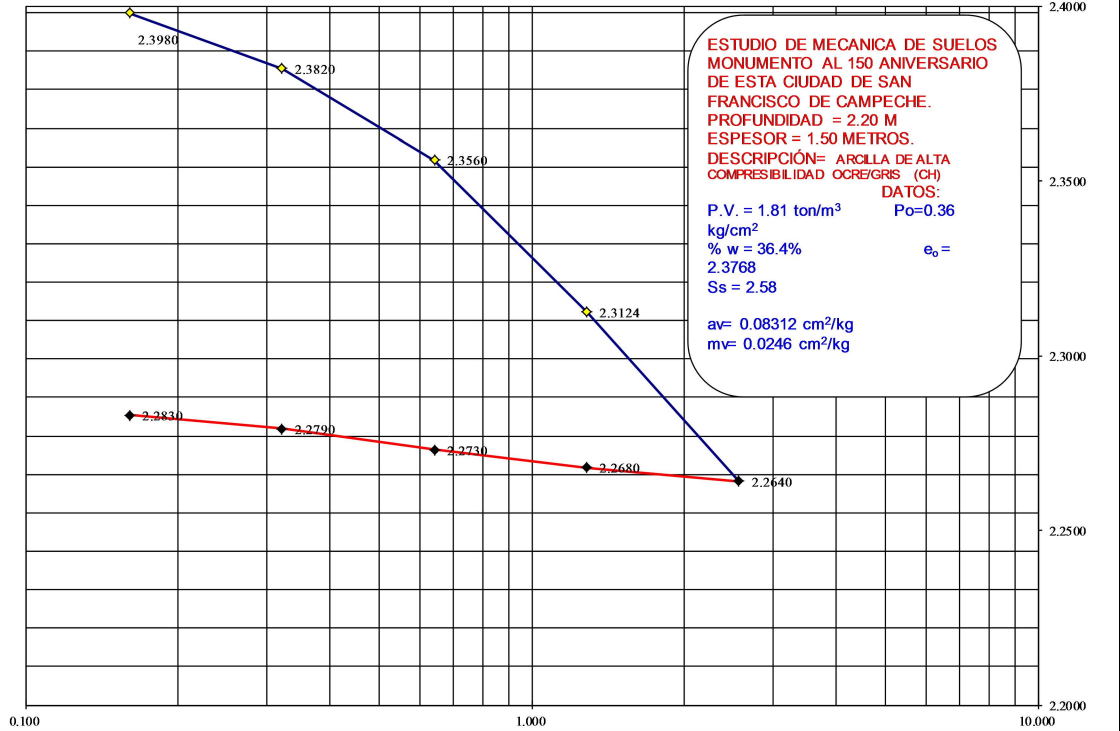
# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### LABORATORIO DE ENSAYE DE MATERIALES

ENSAYE NUMERO.: 2242

ANEXO No. L-3A





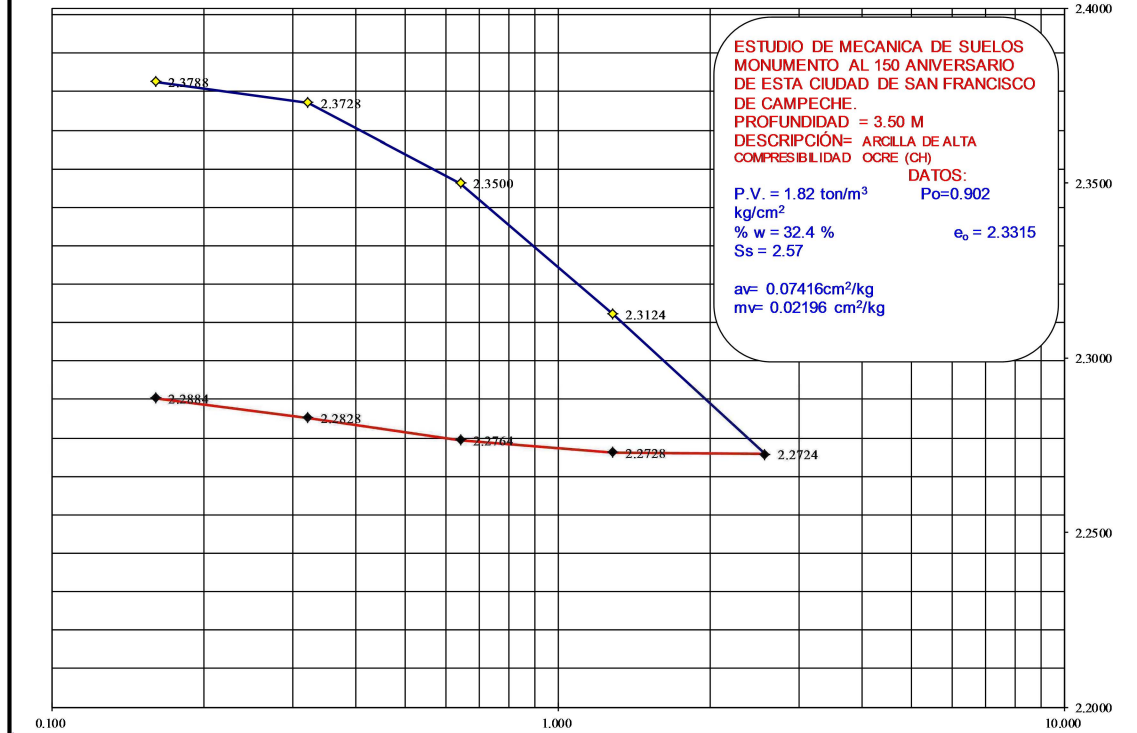
# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### LABORATORIO DE ENSAYE DE MATERIALES

ENSAYE NUMERO.: 2242

ANEXO No. L-3B

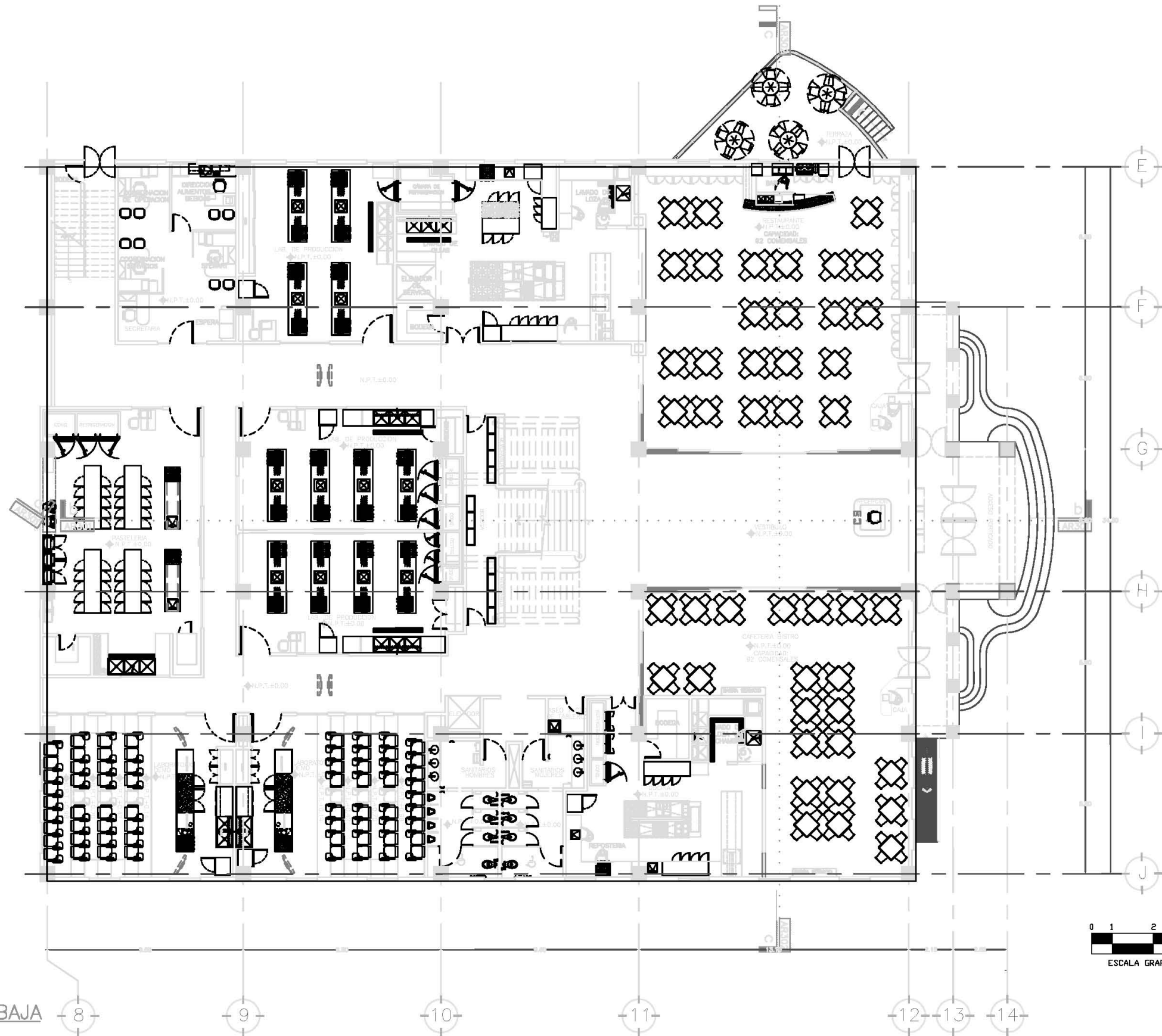




**ANEXO No. L-4A**

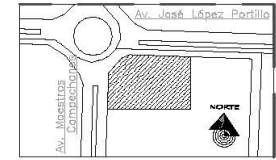
**MUESTRA DE:** SUELOS DIVERSOS **ENSAYE NUM.** 3931/3935  
**PROCEDENCIA:** MONUMENTO 150 ANIVERSARIO **FECHA DE RECIBO** 02-ago-06  
DE LA CIUDAD. **FECHA DE INFORME** 06-ago-06  
**LOCALIZACIÓN:** AVE. MAESTROS CAMPECHANOS X AVE. LOPEZ PORTILLO, SAN FRANCISCO DE CAMPECHE.

Núm. de ensaye	3931	3932	3933	3934	3935				
Sondeo	1	1	1	1	1				
Núm. de muestra	1	2	3	4	5				
Prof. muestreo (cm)	00 - 30	30 - 150	150 - 300	300 - 440	440 - 680				
Tamaño máx. (malla)	1/4"	3/4"	No.4	No.4	No.4				
% de grava	0	13	0	0	0				
% de arena	5	67	14	22	10				
% de finos	95	20	86	78	90				
Límite líquido (%)	65.3	29.3	67.5	65.3	58.4				
Índice plástico (%)	40.5	5.9	37.8	35.6	33.0				
Clasificación S.C.T.	CH	SM	CH	CH	CH				
Contracción Lineal (%)	20.3	INAP	19.7	18.0	16.5				
Humedad de lugar (%) texto de Mec. de suelos.	39.5	18.9	36.4	32.4	25.8				
Peso Vol. Seco Suelto (kg/n	880	1170	1095	1105	1075				
Peso Vol.Seco Max. (kg/n	1490	1710	1815	1922	1920				
Cohesion (ton/m2)	----	----	5.36	11.32	12.71				
Resistencia a la compresion (Kg/cm2.)	----	----	----	----	---				



PLANTA BAJA

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA:

- N.P.T. Nivel de piso terminado.
- E Estribos.
- @ a cada.
- # Número de la varilla.

NOTAS GENERALES:

- CV max=250 kg/m<sup>2</sup>
  - 1.-Las cotas rigen al dibujo.
  - 2.-Las cotas en planta están indicadas en metros.
  - 3.- El recubrimiento es de 5cm.
  - 4.-No deberán hacer cambios estructurales sin previa autorización y por escrito del director responsable de la obra.
  - 5.-Prohibido utilizar varillas re-enderezadas en elementos estructurales.
- MATERIALES:
- 1.-Concreto de f'c=300kg/cm<sup>2</sup> en superestructura.
  - 2.Acero fy= 4200 kg/cm<sup>2</sup>.
  - 3.-Concreto CLASE I con peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 Ton/m<sup>3</sup>.

PLANOS COMPLEMENTARIOS:

- A-01 Planta Arquitectónica Planta Baja
- A-02 Planta Arquitectónica Primer Nivel
- A-03 Planta Arquitectónica Segundo Nivel
- A-04 Elevaciones y Fachadas
- A-05 Fachada Principal

TABLA DE REVISIONES

REVISIÓN	FECHA	DISENO	DIBUJO	REVISO	Vo.Bo.
A	FEB/09	----	----	MAGE	

PROYECTO **ESCUELA DE GASTRONOMÍA**

UBICACIÓN **CAMPECHE, CAMPECHE**

TIPO DE PLANO: **ARQUITECTÓNICO**

CONTENIDO: **PLANTA BAJA**

ASESOR DE TESIS: **M. EN I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN**

SUSTENTANTE: **ING. ISIS GALIA ZAZUETA MARTÍNEZ**

FECHA: **FEBRERO, 2013**

ESCALA: **5/E**

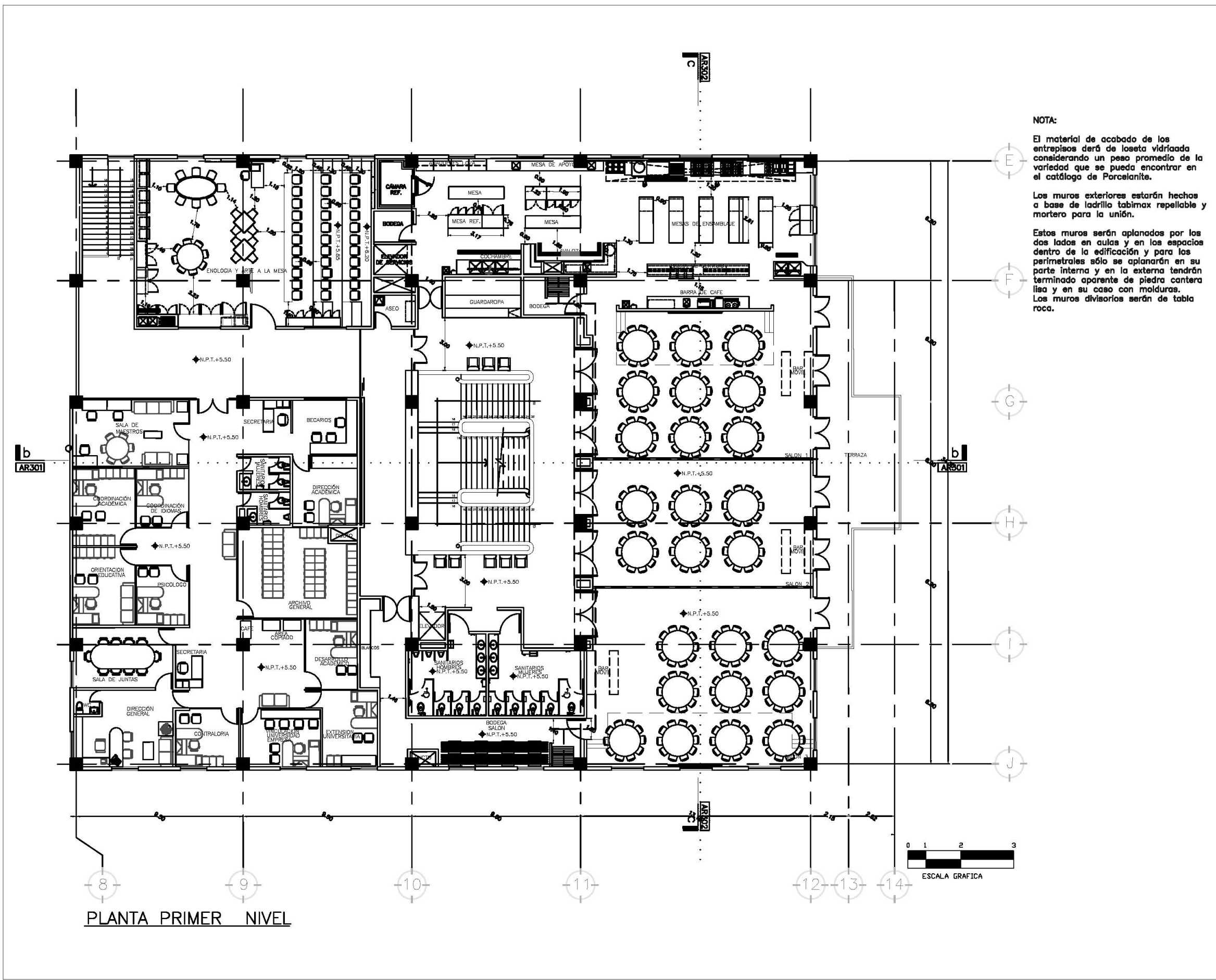
ACOTACIÓN: **METROS**

INSTITUCIÓN:



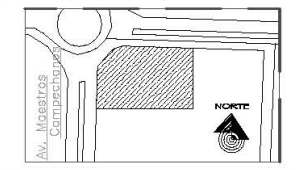
PLANO:

**A-01**



**NOTA:**  
 El material de acabado de los entresijos será de loseta vidriada considerando un peso promedio de la variedad que se pueda encontrar en el catálogo de Porcelanite.  
 Los muros exteriores estarán hechos a base de ladrillo tabimax repelable y mortero para la unión.  
 Estos muros serán aplanados por los dos lados en culas y en los espacios dentro de la edificación y para los perimetrales sólo se aplanarán en su parte interna y en la externa tendrán terminado aparente de piedra cantera lisa y en su caso con molduras. Los muros divisorios serán de tabla roca.

**CROQUIS DE LOCALIZACIÓN**



**SIMBOLOGÍA:**

- N.P.T. Nivel de piso terminado.
- E Estribos.
- @ a cada.
- # Número de la vanilla.

**NOTAS GENERALES:**

- CV max=250 kg/m2
- 1.-Las cotas rigen al dibujo.
- 2.-Las cotas en planta están indicadas en metros.
- 3.-El recubrimiento es de 5cm.
- 4.-No deberán hacer cambios estructurales sin previa autorización y por escrito del director responsable de la obra.
- 5.-Prohibido utilizar varillas re-enderezadas en elementos estructurales.

**MATERIALES:**

- 1.-Concreto de f'c=300kg/cm2 en superestructura.
- 2.Acero fy= 4200 kg/cm2.
- 3.-Concreto CLASE 1 con peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 Ton/m3.

**PLANOS COMPLEMENTARIOS:**

- A-01 Planta Arquitectónica Planta Baja
- A-02 Planta Arquitectónica Primer Nivel
- A-03 Planta Arquitectónica Segundo Nivel
- A-04 Elevaciones y Fachadas
- A-05 Fachada Principal

**TABLA DE REVISIONES**

REVISION	FECHA	DISENO	DIBUJO	REVISO	Vo.Bo.
A	FEB/09			MAGE	

PROYECTO **ESCUELA DE GASTRONOMÍA**

UBICACIÓN **CAMPECHE, CAMPECHE**

TIPO DE PLANO: **ARQUITECTÓNICO**

CONTENIDO: **PRIMER NIVEL**

ASESOR DE TESINA: **M. EN I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN**

SUSTENTANTE: **ING. ISIS GALIA ZAZUETA MARTÍNEZ**

FECHA: **FEBRERO, 2013**

ESCALA: **5/E**

ACOTACIÓN: **METROS**

INSTITUCIÓN:

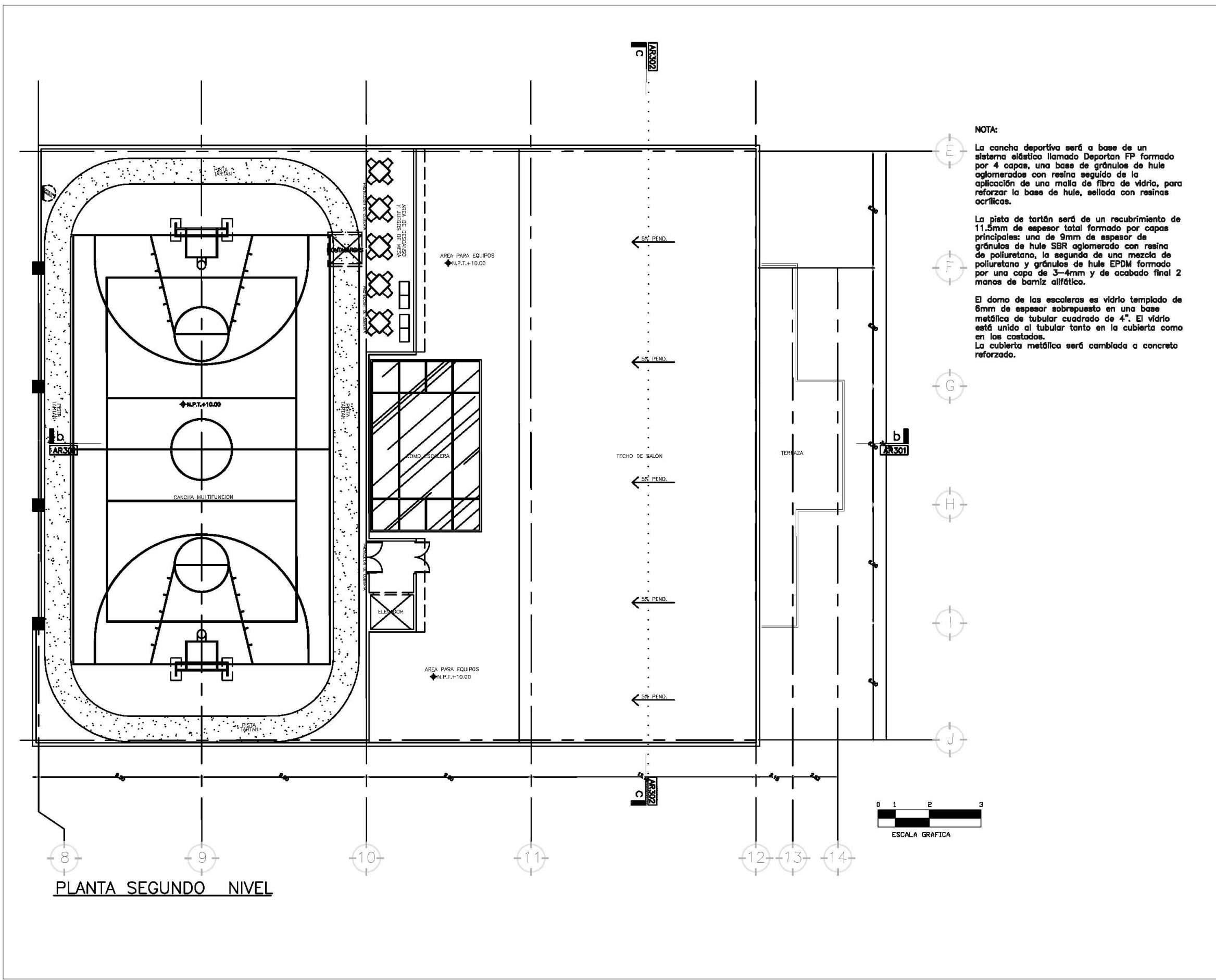


PLANO:

**A-02**



**PLANTA PRIMER NIVEL**



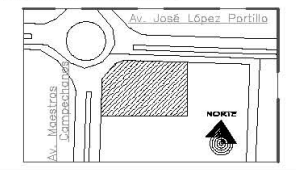
PLANTA SEGUNDO NIVEL

**NOTA:**  
 La cancha deportiva será a base de un sistema elástico llamado Deportán FP formado por 4 capas, una base de gránulos de hule aglomerados con resina seguido de la aplicación de una malla de fibra de vidrio, para reforzar la base de hule, sellada con resinas acrílicas.

La pista de tartán será de un recubrimiento de 11.5mm de espesor total formado por capas principales: una de 9mm de espesor de gránulos de hule SBR aglomerado con resina de poliuretano, la segunda de una mezcla de poliuretano y gránulos de hule EPDM formado por una capa de 3-4mm y de acabado final 2 manos de barniz alifático.

El domo de las escaleras es vidrio templado de 6mm de espesor sobrepuesto en una base metálica de tubular cuadrado de 4". El vidrio está unido al tubular tanto en la cubierta como en los costados. La cubierta metálica será cambiada a concreto reforzado.

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



**SIMBOLOGÍA:**  
 N.P.T. Nivel de piso terminado.  
 E Estribos.  
 @ a cada.  
 # Número de la vanilla.

NOTAS GENERALES:

- CV max=250 kg/m2
- 1.-Las cotas rigen al dibujo.
- 2.-Las cotas en planta están indicadas en metros.
- 3.- El recubrimiento es de 5cm.
- 4.-No deberán hacer cambios estructurales sin previa autorización y por escrito del director responsable de la obra.
- 5.-Prohibido utilizar vanillas re-enderezadas en elementos estructurales.

MATERIALES:

- 1.-Concreto de f'c=300kg/cm2 en superestructura.
- 2.Acero fy= 4200 kg/cm2.
- 3.-Concreto CLASE I con peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 Ton/m3.

PLANOS COMPLEMENTARIOS:

- A-01 Planta Arquitectónica Planta Baja
- A-02 Planta Arquitectónica Primer Nivel
- A-03 Planta Arquitectónica Segundo Nivel
- A-04 Elevaciones y Fachadas
- A-05 Fachada Principal

TABLA DE REVISIONES

REVISIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISÓ	Vo.Bo.
A	FEB/09			MAGE	

PROYECTO **ESCUELA DE GASTRONOMÍA**

UBICACIÓN **CAMPECHE, CAMPECHE**

TIPO DE PLANO: **ARQUITECTÓNICO**

CONTENIDO: **SEGUNDO NIVEL**

ASESOR DE TESIS: **M. EN I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN**

SUSTENTANTE: **ING. ISIS GALIA ZAZUETA MARTÍNEZ**

FECHA: **FEBRERO, 2013**

ESCALA: **5/8E**

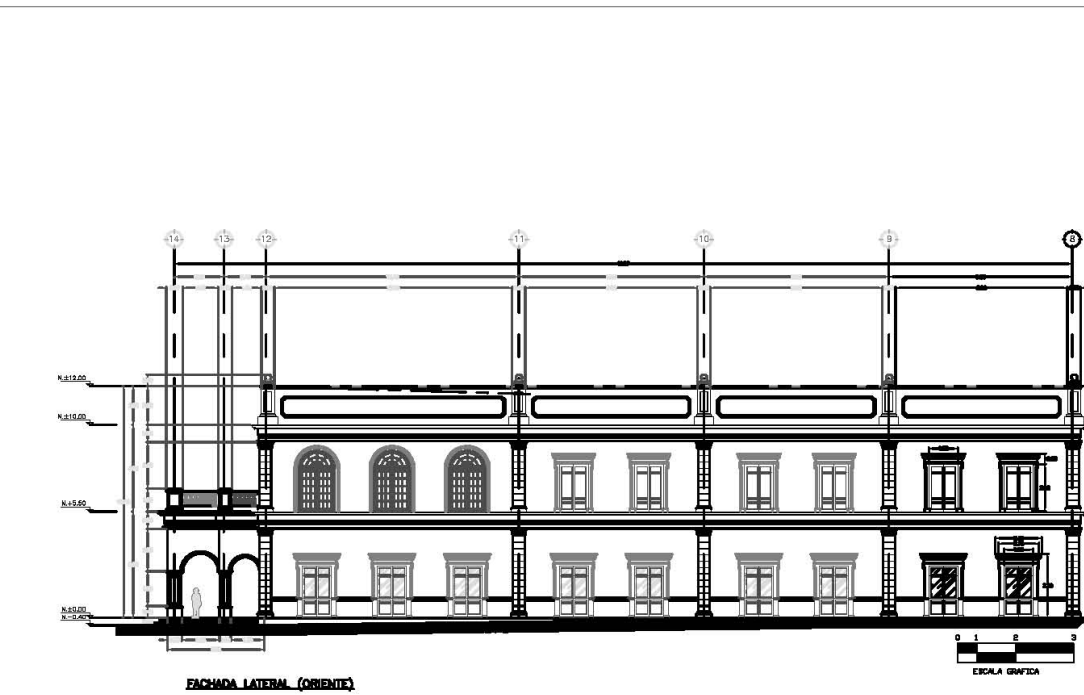
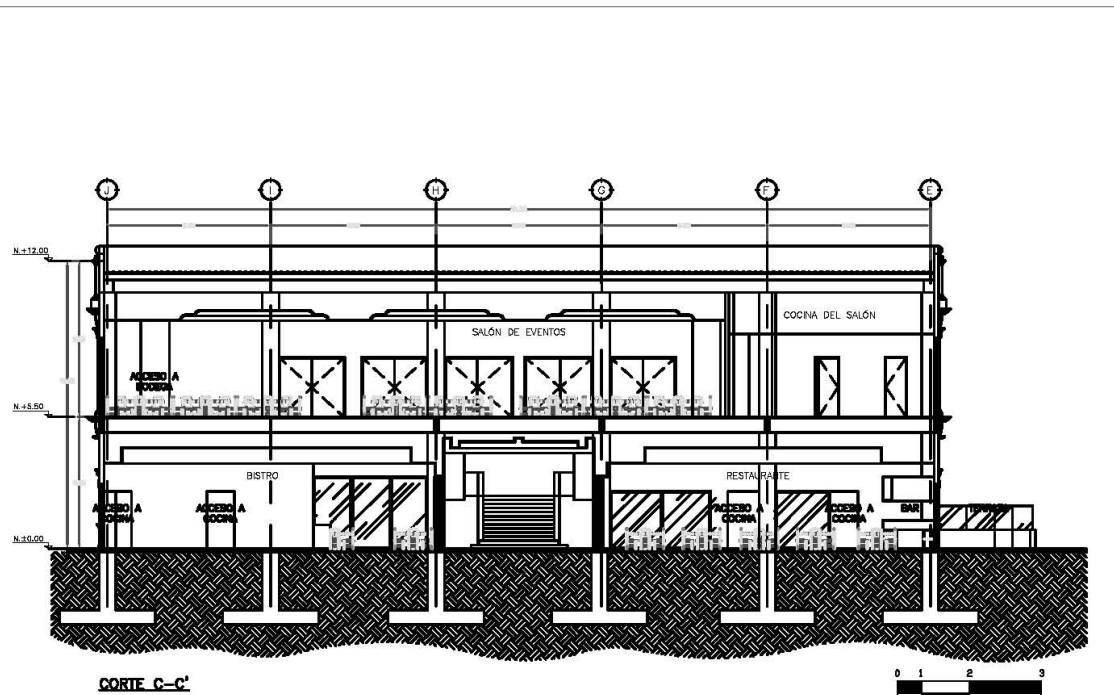
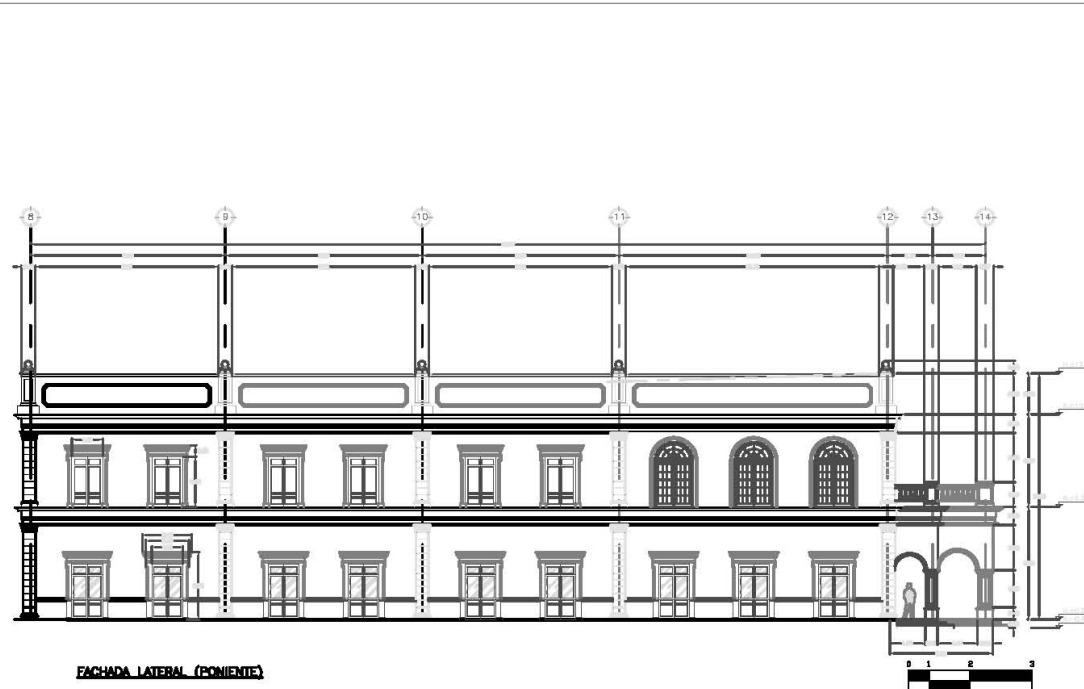
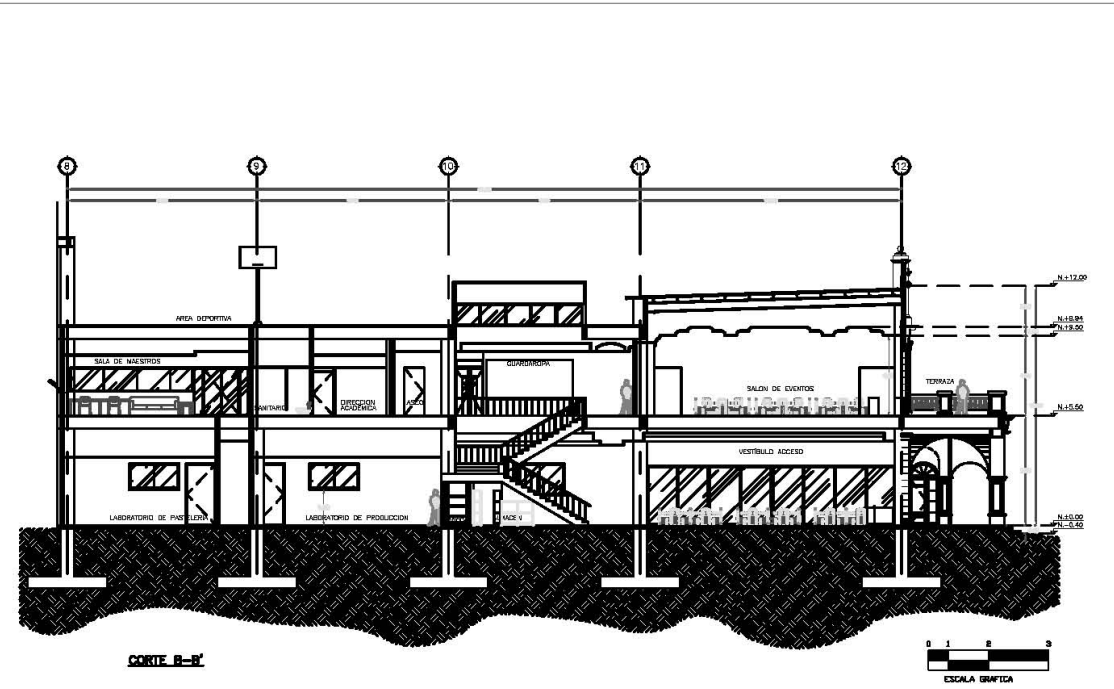
ACOTACIÓN: **METROS**

INSTITUCIÓN:

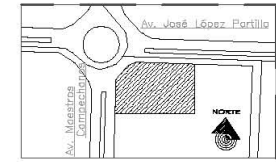


PLANO:

**A-03**



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA:

- N.P.T. Nivel de piso terminado.
- E Estribos.
- @ a cada.
- # Número de la vanilla.

NOTAS GENERALES:

- CV max=250 kg/m<sup>2</sup>
- 1.-Las cotas rigen al dibujo.
- 2.-Las cotas en planta están indicadas en metros.
- 3.- El recubrimiento es de 5cm.
- 4.-No deberán hacer cambios estructurales sin previa autorización y por escrito del director responsable de la obra.
- 5.-Prohibido utilizar vanillas re-enderezadas en elementos estructurales.

MATERIALES:

- 1.-Concreto de f'c=300kg/cm<sup>2</sup> en superestructura.
- 2.Acero fy= 4200 kg/cm<sup>2</sup>.
- 3.-Concreto CLASE I con peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 Ton/m<sup>3</sup>.

PLANOS COMPLEMENTARIOS:

- A-01 Planta Arquitectónica Planta Baja
- A-02 Planta Arquitectónica Primer Nivel
- A-03 Planta Arquitectónica Segundo Nivel
- A-04 Elevaciones y Fachadas
- A-05 Fachada Principal

TABLA DE REVISIONES

REVISIÓN	FECHA	DISENO	DIBUJO	REVISÓ	Vo.Bo.
A	FEB/09	----	----	MAGE	

PROYECTO **ESCUELA DE GASTRONOMÍA**

UBICACIÓN **CAMPECHE, CAMPECHE**

TIPO DE PLANO: **ARQUITECTÓNICO**

CONTENIDO: **ELEVACIONES Y FACHADAS**

ASESOR DE TESINA: **M. EN I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN**

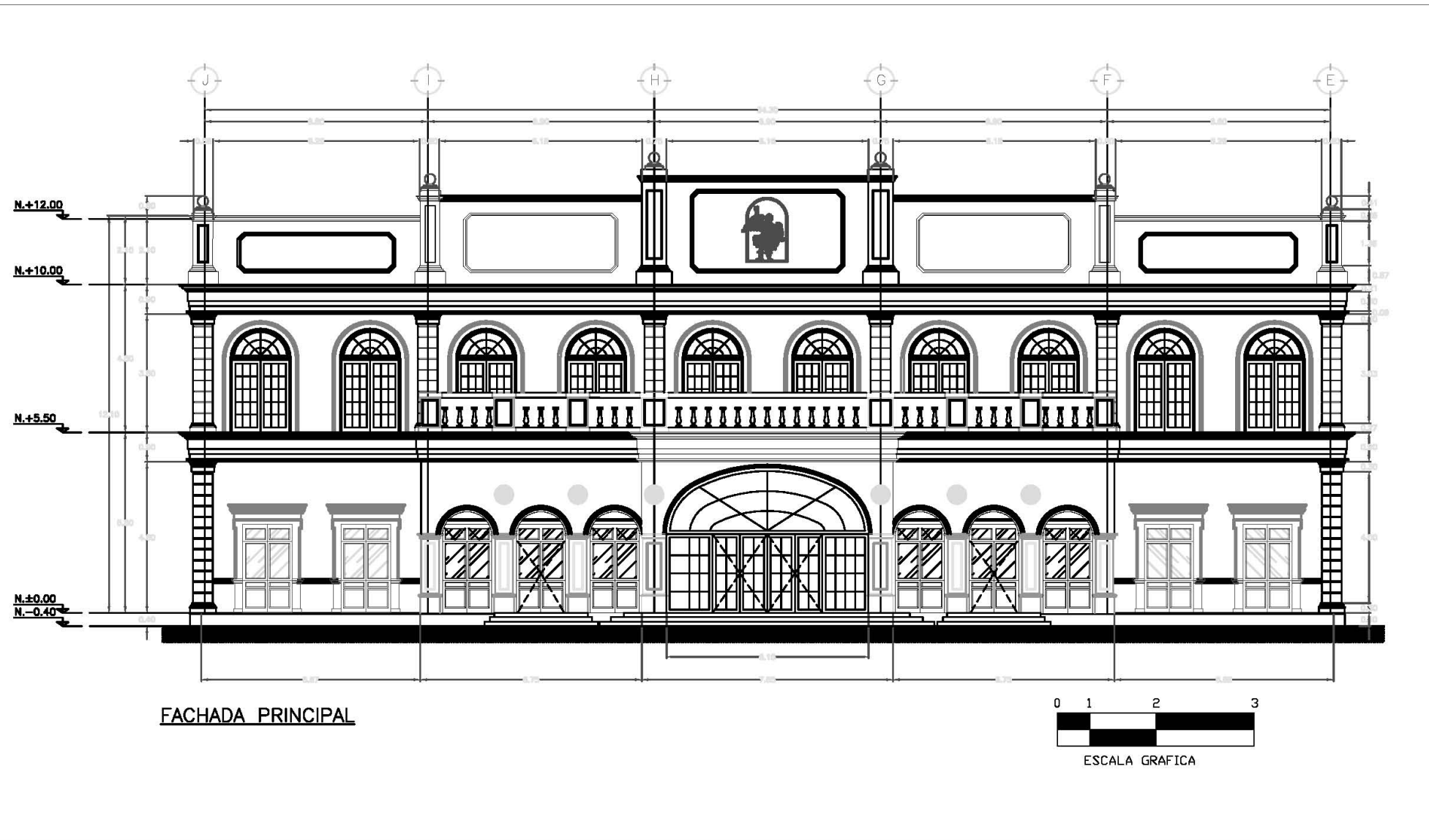
SUSTENTANTE: **ING. ISIS GALIA ZAZUETA MARTÍNEZ**

FECHA: **FEBRERO, 2013** ESCALA: **S/E** ACOTACIÓN: **METROS**

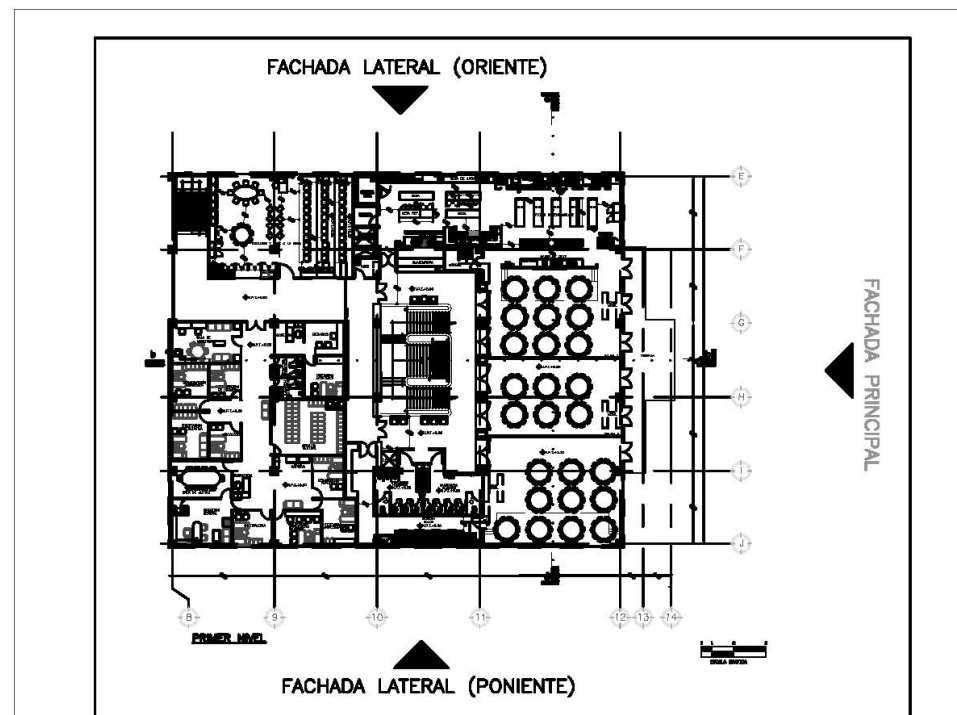
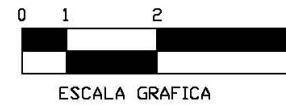


INSTITUCIÓN: **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
 PLANO: **A-04**

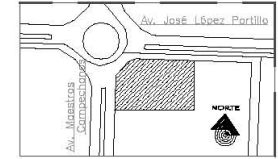




FACHADA PRINCIPAL



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA:

- N.P.T. Nivel de piso terminado.
- E Estribos.
- @ a cada.
- # Número de la vanilla.

NOTAS GENERALES:

- CV max= 250 kg/m<sup>2</sup>
- 1.-Las cotas rigen al dibujo.
- 2.-Las cotas en planta están indicadas en metros.
- 3.- El recubrimiento es de 5cm.
- 4.-No deberán hacer cambios estructurales sin previa autorización y por escrito del director responsable de la obra.
- 5.-Prohibido utilizar varillas re-enderezadas en elementos estructurales.

MATERIALES:

- 1.-Concreto de f'c=300kg/cm<sup>2</sup> en superestructura.
- 2.Acero fy= 4200 kg/cm<sup>2</sup>.
- 3.-Concreto CLASE I con peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 Ton/m<sup>3</sup>.

PLANOS COMPLEMENTARIOS:

- A-01 Planta Arquitectónica Planta Baja
- A-02 Planta Arquitectónica Primer Nivel
- A-03 Planta Arquitectónica Segundo Nivel
- A-04 Elevaciones y Fachadas
- A-05 Fachada Principal

TABLA DE REVISIONES					
REVISIÓN	FECHA	DISENO	DIBUJO	REVISÓ	Vo.Bo.
A	FEB/09	----	----	MAGE	

PROYECTO **ESCUELA DE GASTRONOMÍA**

UBICACIÓN **CAMPECHE, CAMPECHE**

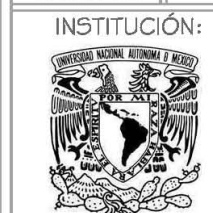
TIPO DE PLANO: **ARQUITECTÓNICO**

CONTENIDO: **FACHADA PRINCIPAL**

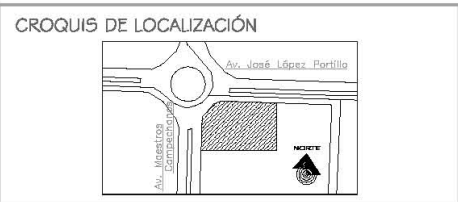
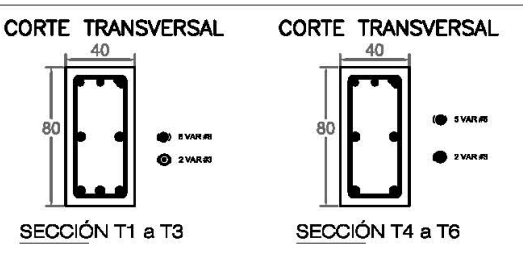
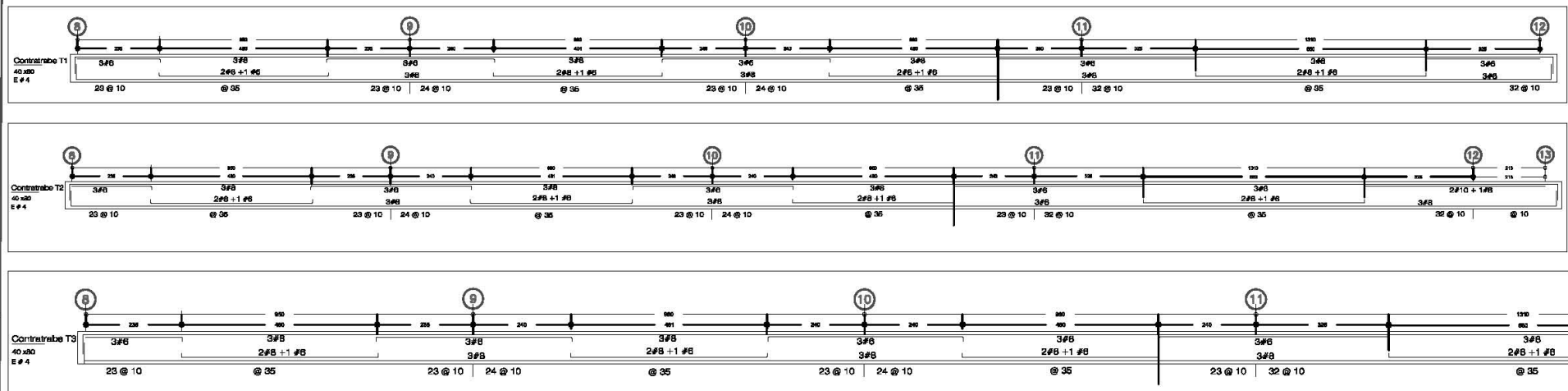
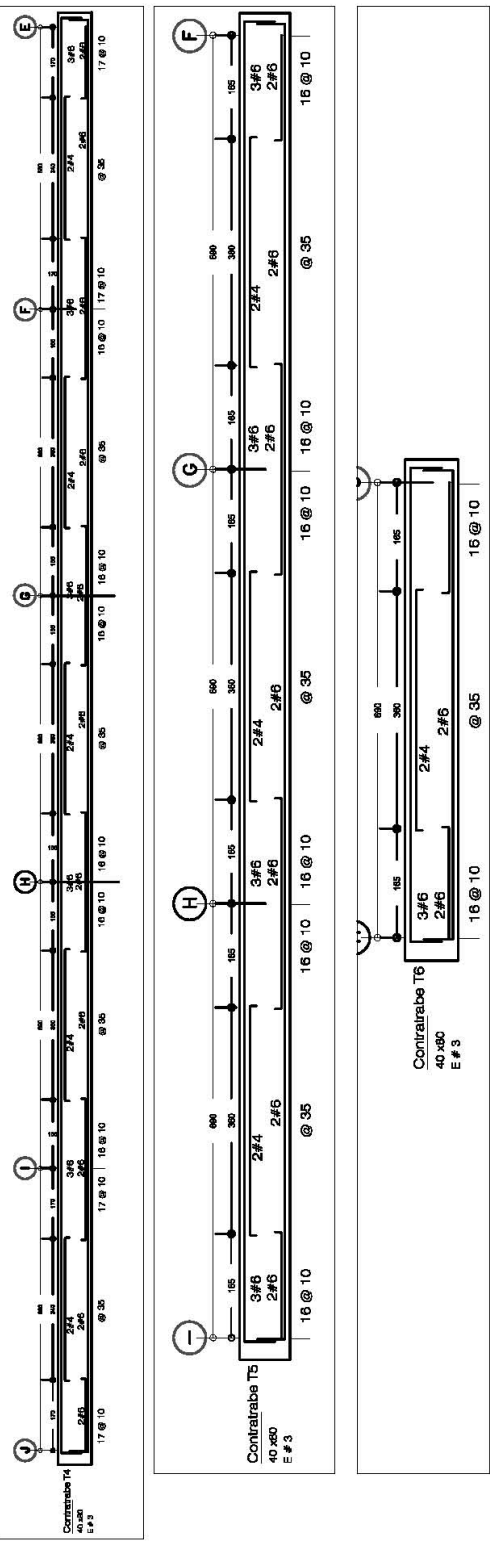
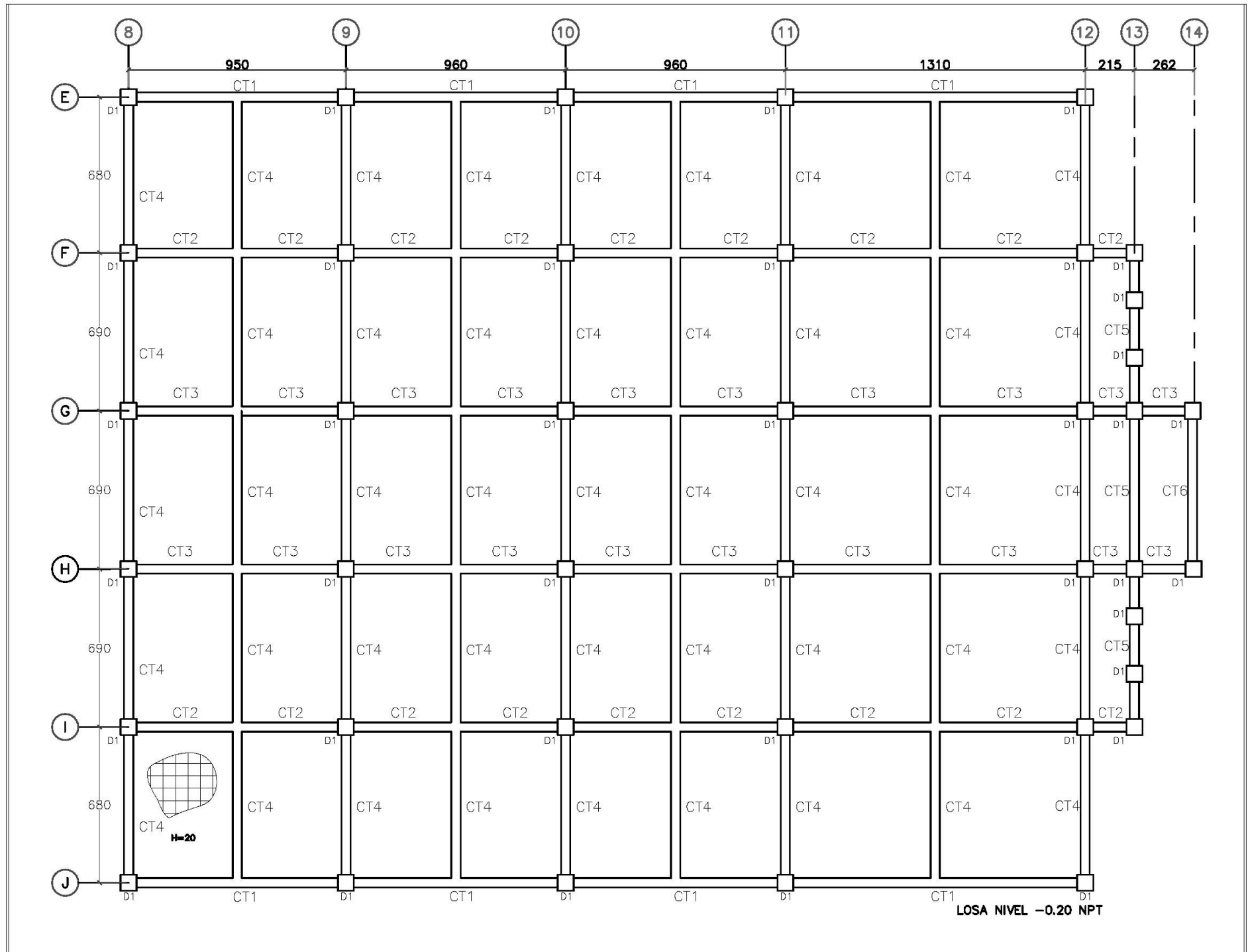
ASESOR DE TESIS: **M. EN I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN**

SUSTENTANTE: **ING. ISIS GALIA ZAZUETA MARTÍNEZ**

FECHA: **FEBRERO, 2013** ESCALA: **5/8** ACOTACIÓN: **METROS**



INSTITUCIÓN: **UNAM**  
PLANO: **A-05**



**SIMBOLOGÍA:**  
 N.P.T. Nivel de piso terminado.  
 E Estribos.  
 @ a cada.  
 # Número de la varilla.  
 H Espesor de losa.  
 VAR Varilla.  
 D Dado.  
 CT Contratrabe.  
 L Losa de cimentación.

**NOTAS GENERALES:**  
 Q=3  
 CV acc=180 kg/m<sup>2</sup>  
 CV max=250 kg/m<sup>2</sup>  
 CV med=100 kg/m<sup>2</sup>  
 1.-Las cotas rigen al dibujo.  
 2.-Las cotas en planta están indicadas en centímetros y los niveles en metros.  
 3.- El recubrimiento es de 5cm en losa y contratraves.  
 4.-No deberán hacer cambios estructurales sin previa autorización y por escrito del director responsable de la obra.  
 5.-Prohibido utilizar varillas re-enderezadas en elementos estructurales.

**MATERIALES:**  
 1.-Concreto de f'c=300kg/cm<sup>2</sup> en superestructura.  
 2.Acero fy= 4200 kg/cm<sup>2</sup>.  
 3.-Se usará una membrana impermeable para colar la losa de cimentación.  
 4.-Concreto CLASE I con peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 Ton/m<sup>3</sup>.

**PLANOS COMPLEMENTARIOS:**  
 E-01 Plano de cimentación  
 E-02 Detalle armado de losa

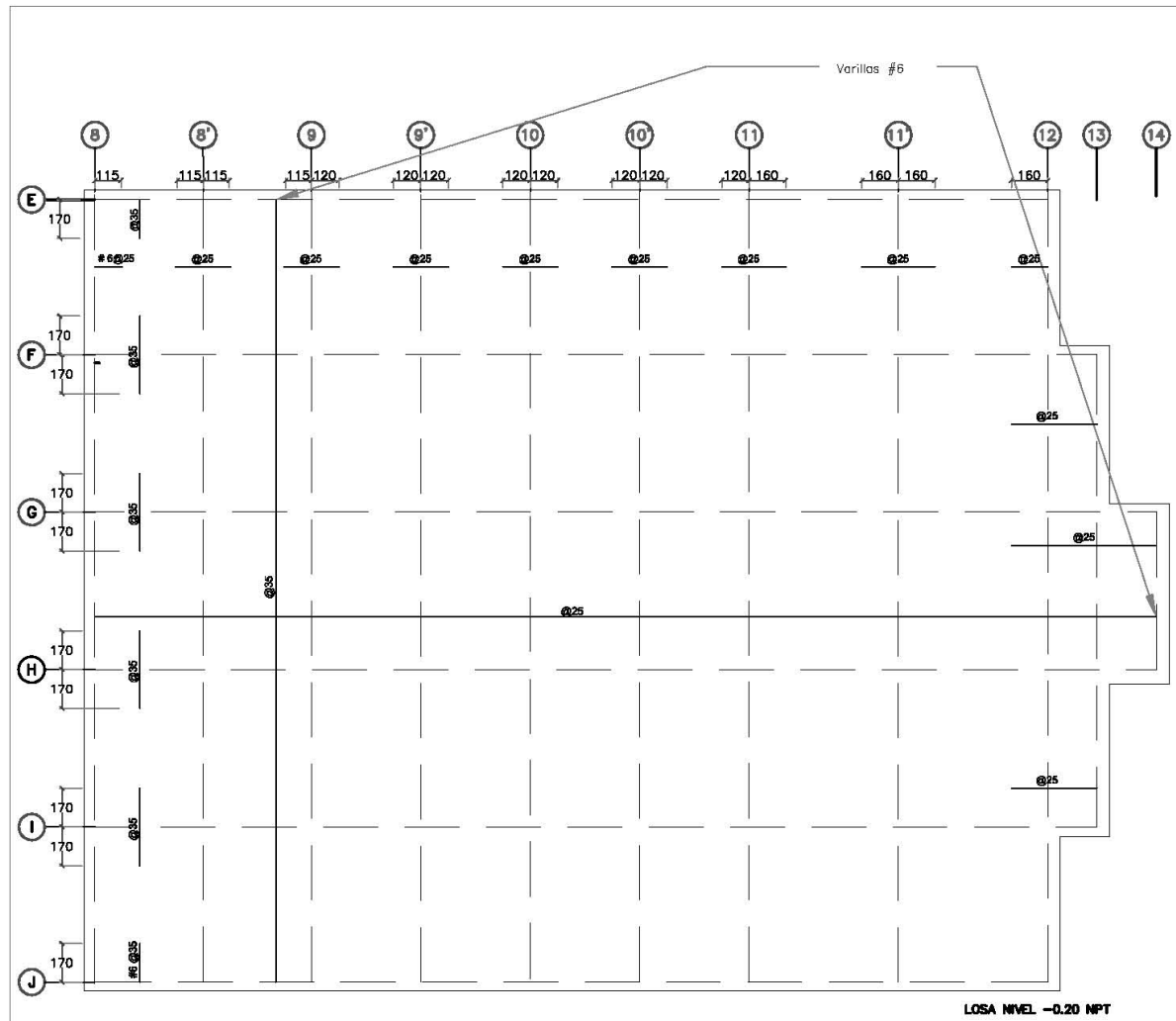
REVISIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISÓ	Vo.Bo.
A	FEB/13	IGZM	IGZM	GLR	
B	FEB/13	IGZM	IGZM	JGC	

NÚMERO	Ø	R (cm)	e (cm)
3	3/8"	3.9	40
4	1/2"	5.2	50
6	3/4"	7.7	80
8	1"	10.3	100
10	1 1/4"	12.9	120

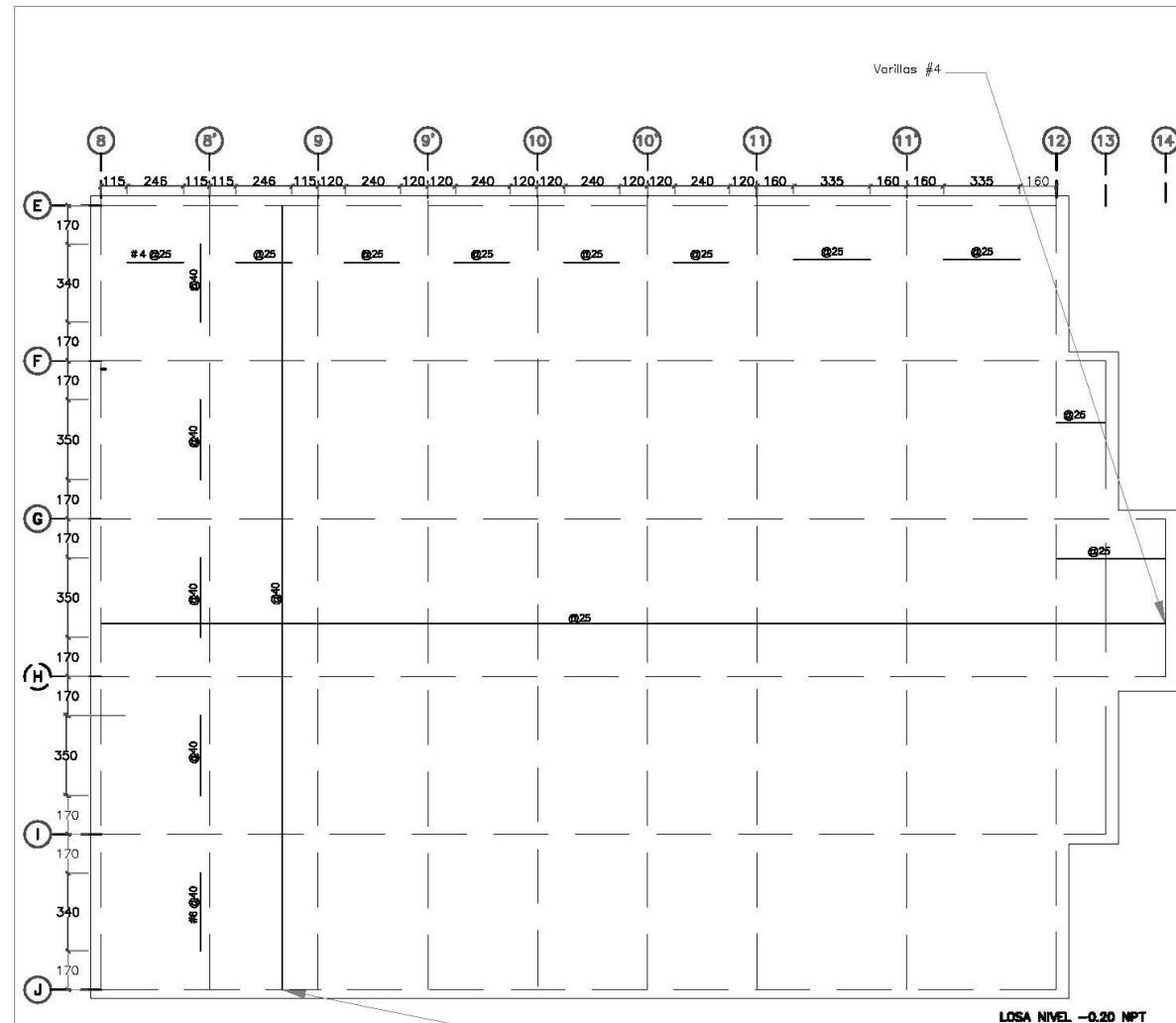
**PROYECTO** ESCUELA DE GASTRONOMÍA  
**UBICACIÓN** CAMPECHE, CAMPECHE  
**TIPO DE PLANO:** ESTRUCTURAL  
**CONTENIDO:** PLANO DE CIMENTACIÓN

**ASESOR DE TESINA:** M. EN I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN  
**SUSTENTANTE:** ING. ISIS GALIA ZAZUETA MARTÍNEZ  
**FECHA:** FEBRERO, 2013 **ESCALA:** 1:100 **ACOTACIÓN:** CENTÍMETROS **REVISIÓN:** B

**INSTITUCIÓN:**  **PLANO:** E-01

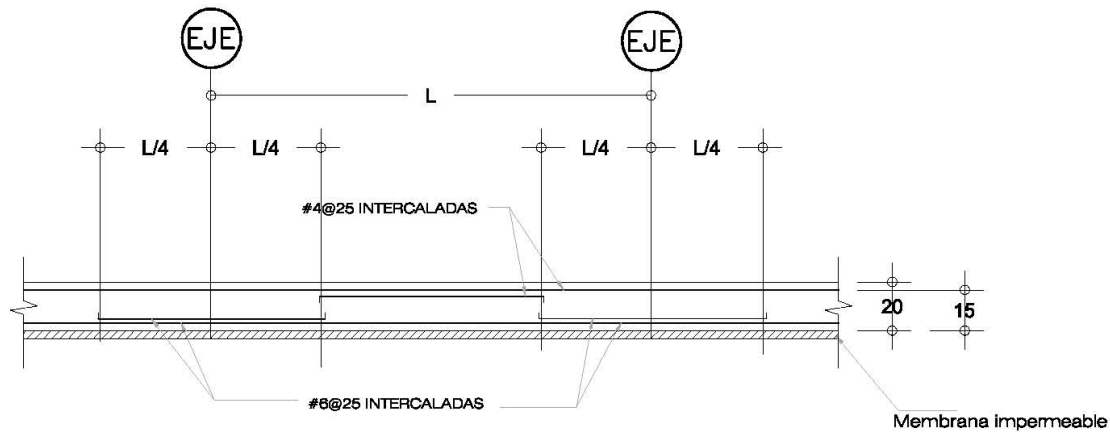


ARMADO LOSA DE CIMENTACIÓN LECHO INFERIOR



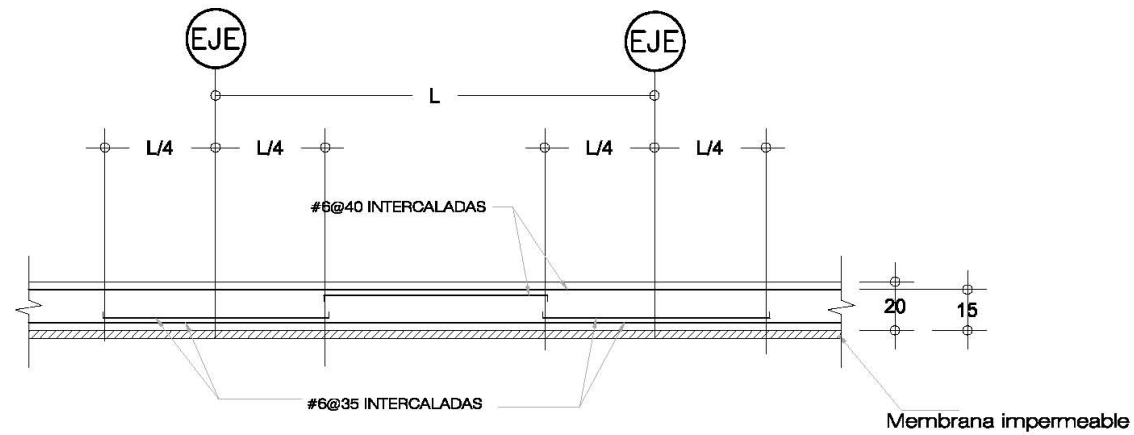
ARMADO LOSA DE CIMENTACIÓN LECHO SUPERIOR

SENTIDO EJES NÚMERO



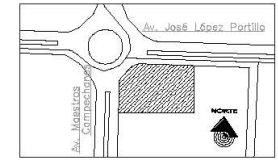
ARMADO DE LOSA DE CIMENTACIÓN SIN ESCALA

SENTIDO EJES LETRA



ARMADO DE LOSA DE CIMENTACIÓN SIN ESCALA

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA:

- N.P.T. Nivel de piso terminado.
- E Estribos.
- @ a cada.
- # Número de la varilla.
- H Espesor de losa.
- VAR Varilla.
- D Dado.
- CT Contratrabe.
- Losas de cimentación.

NOTAS GENERALES:

- CV acc= 180 kg/m<sup>2</sup>
- CV max= 250 kg/m<sup>2</sup>
- CV med= 100 kg/m<sup>2</sup>
- 1.-Las cotas rigen al dibujo.
- 2.-Las cotas en planta están indicadas en centímetros y los niveles en metros.
- 3.- El recubrimiento es de 5cm en losa y contratraves.
- 4.-No deberán hacer cambios estructurales sin previa autorización y por escrito del director responsable de la obra.
- 5.-Prohibido utilizar varillas re-enderezadas en elementos estructurales.

MATERIALES:

- 1.-Concreto de f'c=300kg/cm<sup>2</sup> en superestructura.
- 2.Acero fy= 4200 kg/cm<sup>2</sup>.
- 3.-Se usará una membrana impermeable para colar la losa de cimentación.
- 4.-Concreto CLASE I con peso volumétrico en estado fresco superior a 2.2 Ton/m<sup>3</sup>.

PLANOS COMPLEMENTARIOS:

- E-01 Plano de cimentación
- E-02 Detalle armado de losa

TABLA DE REVISIONES

REVISIÓN	FECHA	DISEÑO	DIBUJO	REVISÓ	Vo.Bo.
A	FEB/13	IGZM	IGZM	GLR	
B	FEB/13	IGZM	IGZM	JGC	

NÚMERO	Ø	R (cm)	s (cm)	NÚMERO	D
3	3/8"	3.9	40	3	8 cm
4	1/2"	5.2	50	4	8 cm
6	3/4"	7.7	80		
8	1"	10.3	100		
10	1 1/4"	12.9	120		

PROYECTO

ESCUELA DE GASTRONOMÍA

UBICACIÓN

CAMPECHE, CAMPECHE

TIPO DE PLANO:

ESTRUCTURAL

CONTENIDO:

ARMADO DE LOSA

ASESOR DE TESIS:

M. EN I. GERMÁN LÓPEZ RINCÓN

SUSTENTANTE:

ING. ISIS GALIA ZAZUETA MARTÍNEZ

FECHA:	ESCALA:	ACOTACIÓN:	REVISIÓN:
FEBRERO, 2013	1:150	CENTÍMETROS	B

INSTITUCIÓN:



PLANO:

E-02