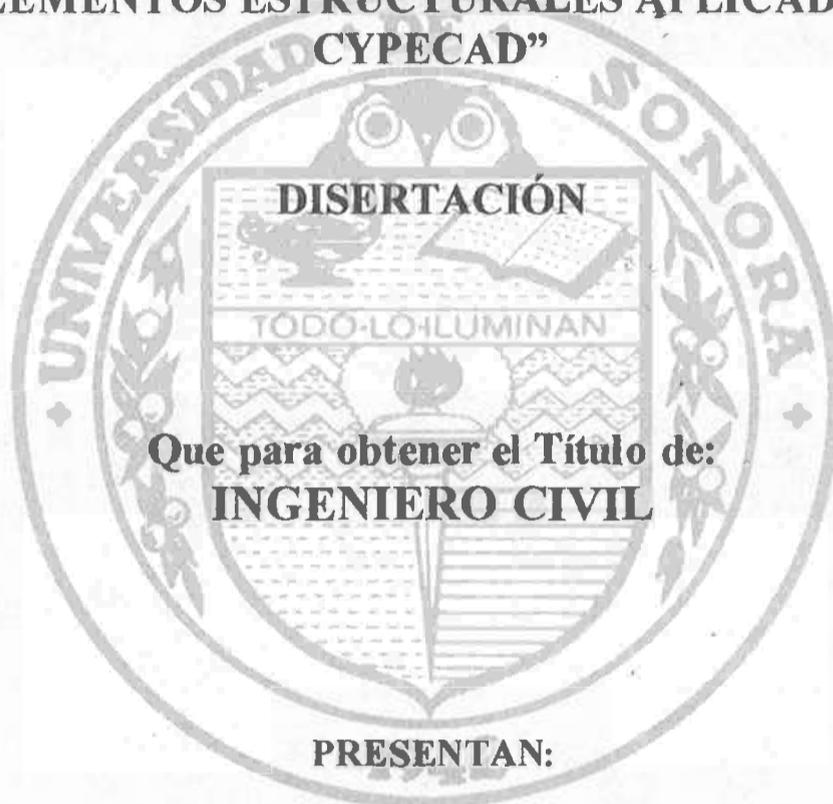


**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y MINAS**

**“ELEMENTOS ESTRUCTURALES APLICADOS A  
CYPECAD”**



**Que para obtener el Título de:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTAN:**

**LUIS ENRIQUE HERNANDEZ AGUILAR**  
**JULIO ALBERTO PÉREZ GRAJEDA**

**Hermosillo, Sonora.**

**Febrero de 2002.**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## **INDICE GENERAL**

### **CAPITULO 1 INTRODUCCION**

1.1.- Generalidades .....	2
1.2.- Objetivos del trabajo .....	2
1.3.- Alcances .....	3

### **CAPITULO 2 DESCRIPCION DEL PROYECTO**

2.1.- Introducción .....	4
2.2.- Características generales del proyecto .....	4
2.3.- Metodología para el diseño .....	5

### **CAPITULO 3 ORGANIZACIÓN DE DATOS**

3.1.- Introducción .....	7
3.2.- Plano de distribución de muros y columnas .....	7
3.3.- Plano de elevaciones y detalles .....	8
3.4.- Análisis de cargas y distribución .....	10

### **CAPITULO 4 INTRODUCCION DE DATOS**

4.1.- Introducción .....	12
4.2.- Datos de sismo .....	13
4.3.- Plantas y grupos .....	13
4.4.- Columnas y muros de cortante .....	14
4.5.- Cimentación .....	15
4.6.- Vigas y muros .....	16
4.7.- Vistas de plantas .....	17

### **CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.- Conclusiones y recomendaciones .....	19
Anexos .....	21
Bibliografía .....	22

## **CAPITULO 1 INTRODUCCION**

### **1.1 GENERALIDADES**

En este trabajo se presenta el diseño de un edificio escolar, utilizando el programa de computo denominado "Cypecad".

En el capitulo uno se presenta una descripción generalizada de los objetivos y alcances de la disertación, así como una definición de la metodología utilizada. Posteriormente, en el capitulo dos, se presenta una descripción más específica de las características del proyecto. En el capitulo tres se presenta una alternativa practica para obtener y organizar los datos específicos que requerirá el programa.

La manera de introducir la información de una manera ordenada se indica en el capitulo cuatro y en el cinco se presenta la memoria de calculo y sus resultados. Por ultimo, las conclusiones y recomendaciones se señalan en el capitulo seis.

### **1.2.- OBJETIVOS DEL TRABAJO**

El objetivo de esta disertación, es en primer lugar, obtener el titulo de Ingeniero Civil. Para lograrlo se ha planteado la necesidad reafirmar y actualizar nuestros conocimientos en el área de estructuras y poder aplicarlos en manejo de un software de computación enfocado al calculo y diseño estructural denominado CYPECAD; el cual tiene entre sus ventajas más destacables el estar en español y ser de lo mas actualizado en este tipo de programas. Por ultimo consideramos como una finalidad concreta el diseño de un edificio escolar típico de la región.

### 1.3. - ALCANCES

En la actualidad gran parte del diseño estructural depende de las modelaciones hechas en computadoras, sin embargo todos los programas tienen algunas limitantes.

En este caso se espera obtener el conocimiento preciso para poder diseñar edificaciones hechas a base de concreto reforzado, esfructuraciones con muros de carga de mamposterías y también obras reforzadas con acero estructural. Por otra parte se tiene contemplado al menos obtener algunas nociones sobre el análisis sísmico y análisis por viento.

## CAPITULO 2 DESCRIPCION DEL PROYECTO

### 2.1 INTRODUCCION

Antes de iniciar con el diseño de cualquier estructura es necesario conocer a detalle todos los aspectos que pudieran influir en el cálculo tales como cual será su uso, las condiciones físicas del edificio, las limitaciones arquitectónicas, la influencia que pudiera tener el medio ambiente, los tipos de materiales a utilizar, la ubicación de la obra, tipo de suelo, etc. En base a esto se establecerá la estructuración del proyecto y las condiciones a las que estará sometida la estructura.

### 2.2.-CARACTERISTICAS GENERALES

El edificio es una escuela de dos plantas que consta de 12 aulas didácticas cuyas dimensiones en planta son de 6.48 m x 8.00 m cada una, consta además con cubo de escalera (véase la figura 1). Su estructuración consta de las siguientes partes:

- Cimentación que está constituida por zapatas corridas con resistencia a la compresión  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  y con acero de refuerzo de resistencia  $f'y=4200\text{kg/cm}^2$ .
- Columnas y trabes cuya resistencia a la compresión es  $f'c=250\text{kg/cm}^2$  y acero de refuerzo de  $f'y=4200\text{kg/cm}^2$ .
- Losas de entrepiso y azotea ambas macizas, esta última tiene una caída del 2% , de concreto reforzado y varillas de acero corrugado con resistencias  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'y=4200\text{kg/cm}^2$  a la compresión y tensión , respectivamente.
- Muros de concreto de  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  y acero de refuerzo de  $Fy= 4200 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Muros de tabique para fachada y divisiones con resistencia a la compresión  $f_m= 20 \text{ Kg/cm}^2$  rigidizados mediante castillos y cadenas.



## 2.3 METODOLOGIA DE DISEÑO

Para llevar a cabo el diseño del proyecto descrito anteriormente, se consideran las normas establecidas en el Reglamento de Construcción para el municipio de Hermosillo, Sonora. Teniendo en cuenta esto se podrá desarrollar en éste tema la metodología para la introducción y revisión de los resultados requeridos, para ello se muestran las etapas que se deben de seguir.

### Etapa 1.-ORGANIZACIÓN DE DATOS

- Introducción.
- Plano de distribución de muros y columnas.
- Plano de elevaciones y detalles.
- Análisis de carga y distribución.

### Etapa 2.- INTRODUCCIÓN DE DATOS

- Datos generales.
- Plantas y grupos.
- Introducción de columnas.
- Introducción de muros.
- Sobrecargas adicionales.

### Etapa 3.- CÁLCULO

### Etapa 4.- REVISIÓN DE RESULTADOS

## CAPITULO 3 ORGANIZACIÓN DE DATOS

### 3.1 INTRODUCCION

En este capítulo se hará muestra de una manera más eficaz y ordenada, la introducción de datos que le corresponden a la estructura a diseñar, esto por medio de planos que indican todos los detalles como son; columnas, elevaciones, plantas y grupos así como también están reflejados los diferentes niveles de arranque y término, secciones prediseñadas, ángulos de giro y puntos fijos.

### 3.2 PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE MUROS Y COLUMNAS

De acuerdo al proyecto antes mencionado, y para tener una visión más amplia se anexa el siguiente plano indicando las distribuciones.

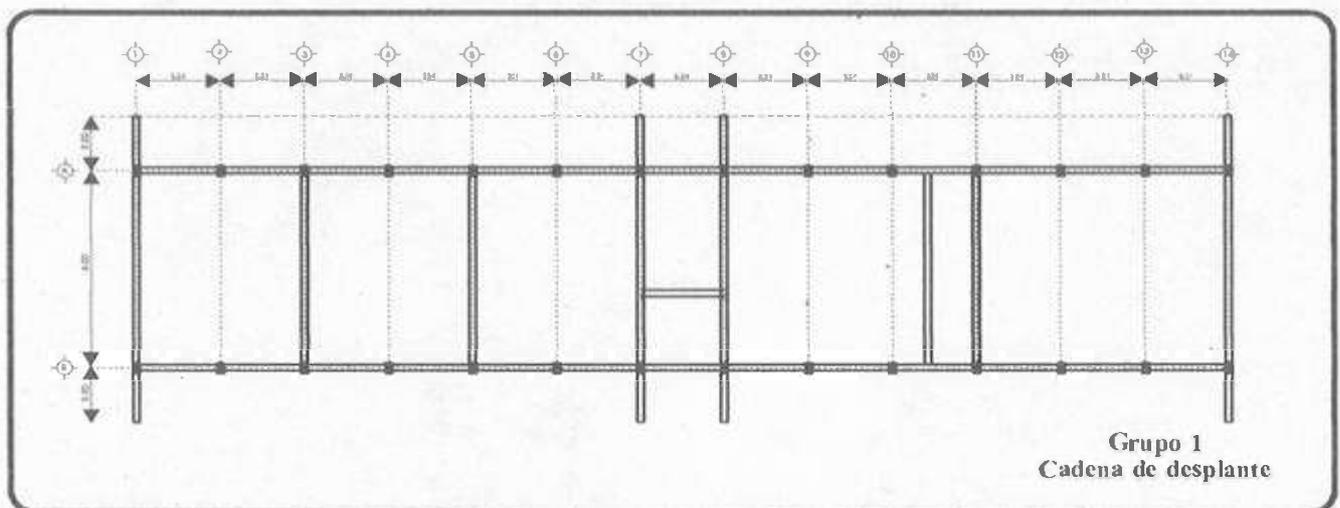


Figura 2

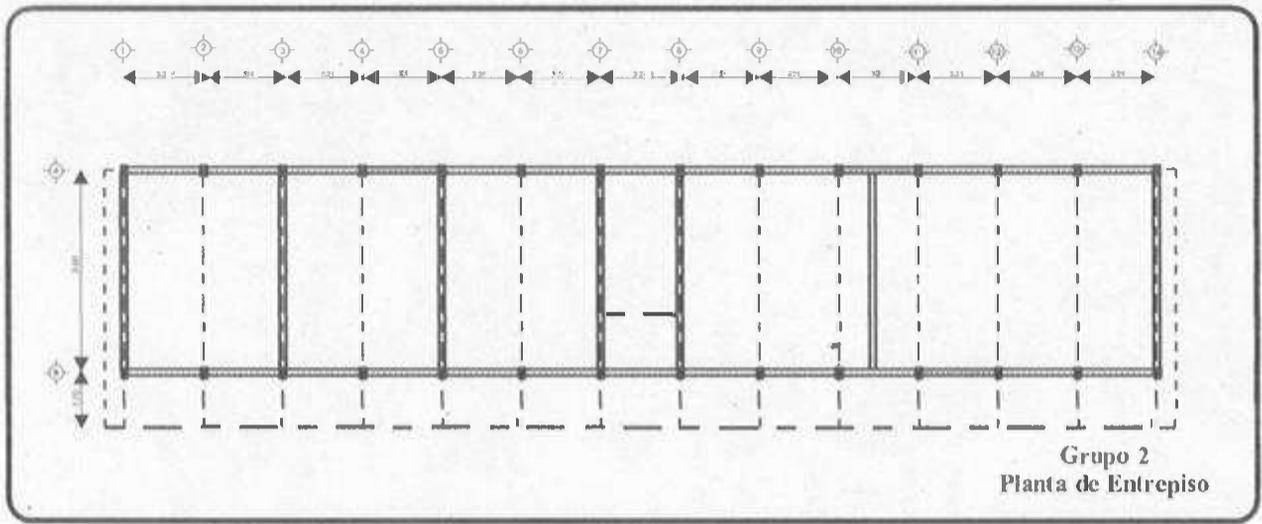


Figura 3

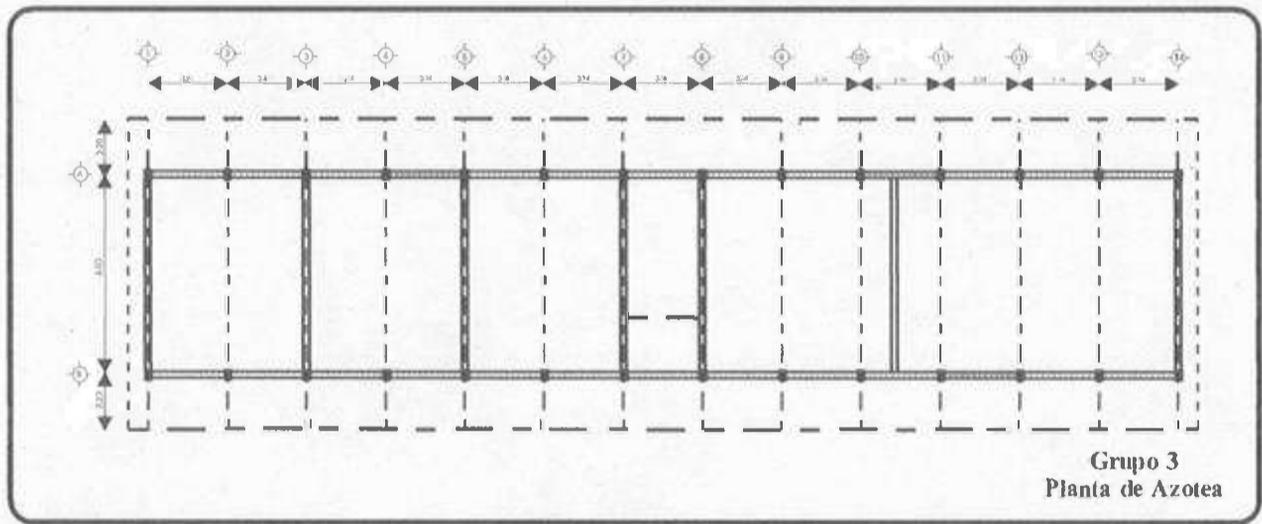
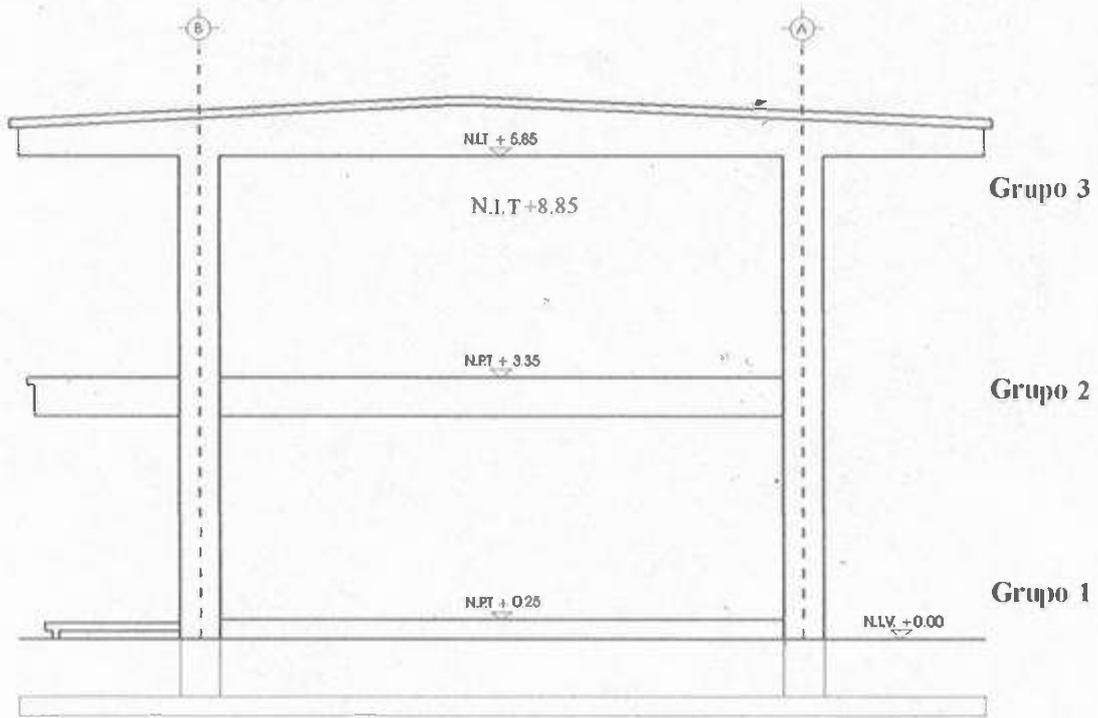


Figura 4

### 3.3 PLANO DE ELEVACIONES Y DETALLES

Con el fin de dar más información sobre los detalles y elevaciones, es conveniente anexar el siguiente plano que se muestra a continuación:

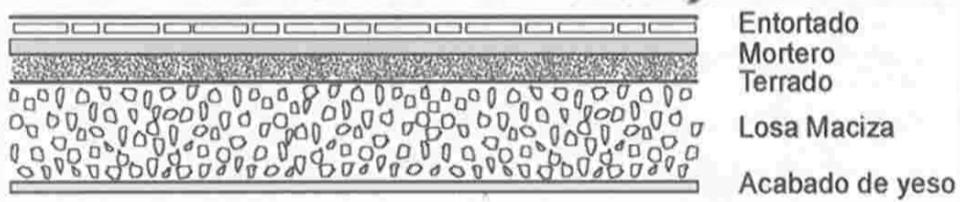


**Corte Esquemático**

### 3.4 ANALISIS DE CARGA Y DISTRIBUCION

Aquí se contemplan los cálculos previos a la introducción del programa, en donde se hace énfasis de cómo llevar un seguimiento del tipo de carga que se va a aplicar, y por tanto saber la distribución que le corresponde a la estructura.

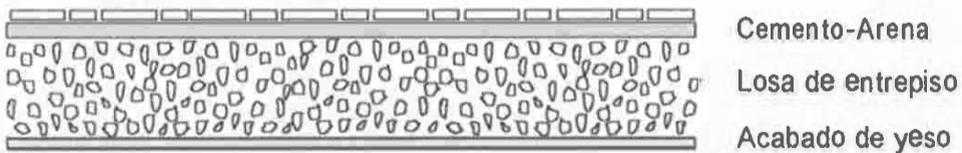
#### LOZA DE AZOTEA:



Procedimiento:

Aplanado de yeso=	.015mts*1.8T/m3 =0.027T/m2	
Impermeabilizado=	0.008 T/m2	
Adicional Mortero =	0.20T/m3	
Adicional Colado en el lugar=	<u>0.020T/m2</u>	
	<u>0.08T/m2</u>	Carga permanente ó muerta

#### ENTREPISO:



Procedimiento:

Aplanado de yeso=0.15mts*1.8T/m3=	0.027T/m2
Mortero cemento – arena= 0.2mts*2.1T/m2 =	0.042T/m2
Mosaico de pasta=	0.35T/m2
Adicionales =	0.40T/m2
	<u>0.504T/m2</u>

## CAPITULO 4 INTRODUCCIÓN DE DATOS

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se muestra la forma de cómo ir introduciendo los datos al programa de una forma ordenada y práctica, a través de impresiones de pantalla que hacen fácil su manejo.

The screenshot shows a software window titled "Datos Generales" with the following content:

Arch.: ESCUELA Norma: ACI 318-95, AISI y AISC ASD 89  
Descripción: TESIS, HOEZ, PEREZ

Formigón Losas: f'c=250  
Form. V. y Losas Cm. f'c=250  
Formigón columnas: f'c=250  
Formigón Muros: f'c=250  
Acero en Barras: Grado 60  
Aceros conformados: A-36  
Acero laminados: ASTM A36 36 ksi

VIENTO Sin Acción de viento  
SISMO Sin Acción de sismo

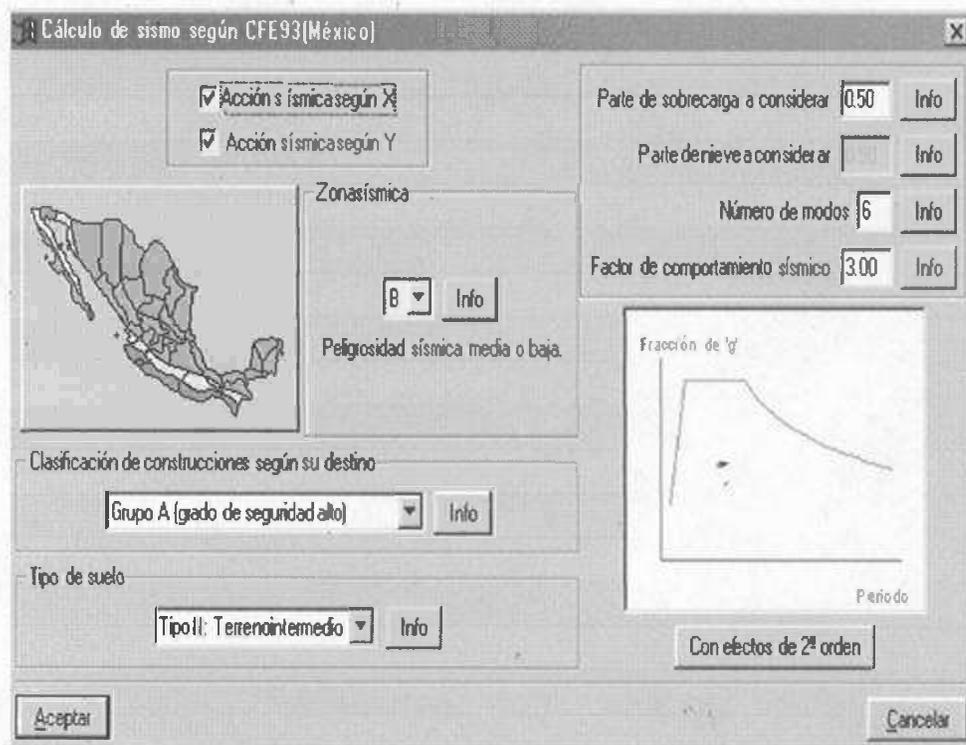
C.I.T.O. CARGAS ESPECIALES 1

Combinaciones:	
Hormigón	ACI 318-95
Perfiles Conformados	Acciones Características
Perfiles Laminados	Acciones Características
Desplazamientos	Acciones Características
Tensión del Terreno	Acciones Características
Equilibrio Cimentac.	ACI 318-95
Horm. V. Cantilever	ACI 318-95

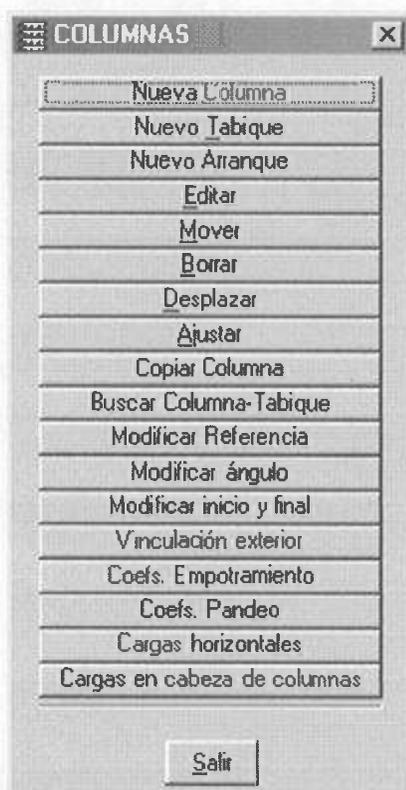
Coeficientes de Pandeo	
Columnas Hormigón:	Por Planta
$\beta_{1m}$	1
$\beta_{2m}$	1
Columnas Acero:	Por Planta
$\beta_{1m}$	1
$\beta_{2m}$	1

Aceptar

Resistencia y normas consideradas



### Datos de sismo



### Introducción de columnas y muros de cortante

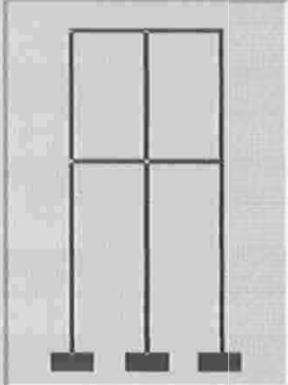
Grupo Inicial: **Cimentación** Punto Fijo

Grupo Final: **AZOTEA**

**COEF.PANDEO** (6.480 m, 8.000 m)

**COEF.EMPOTRAMIENTO** Referencia: **C**  Sin vinculación exterior

Angulo: **0**  Con vinculación exterior



2	<input type="checkbox"/>	<b>0.45</b>	x	<b>0.45</b>
1	<input type="checkbox"/>	<b>0.45</b>	x	<b>0.45</b>

**Aceptar** **Cancelar**

Datos de columnas

**Editar Tabique**

Tipo Tabique: **MURO** **Definir Tipos**

Grupo Inicial: **Cimentación**

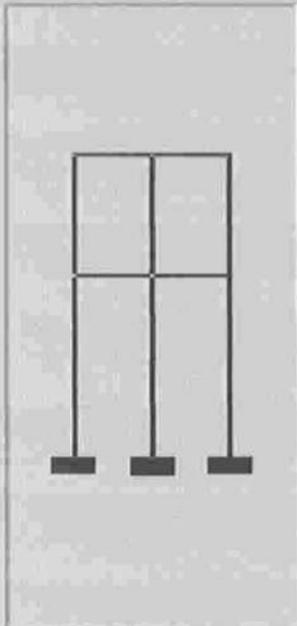
Grupo Final: **AZOTEA**

Referencia: **C23**  Sin vinculación exterior

Angulo: **0**  Con vinculación exterior

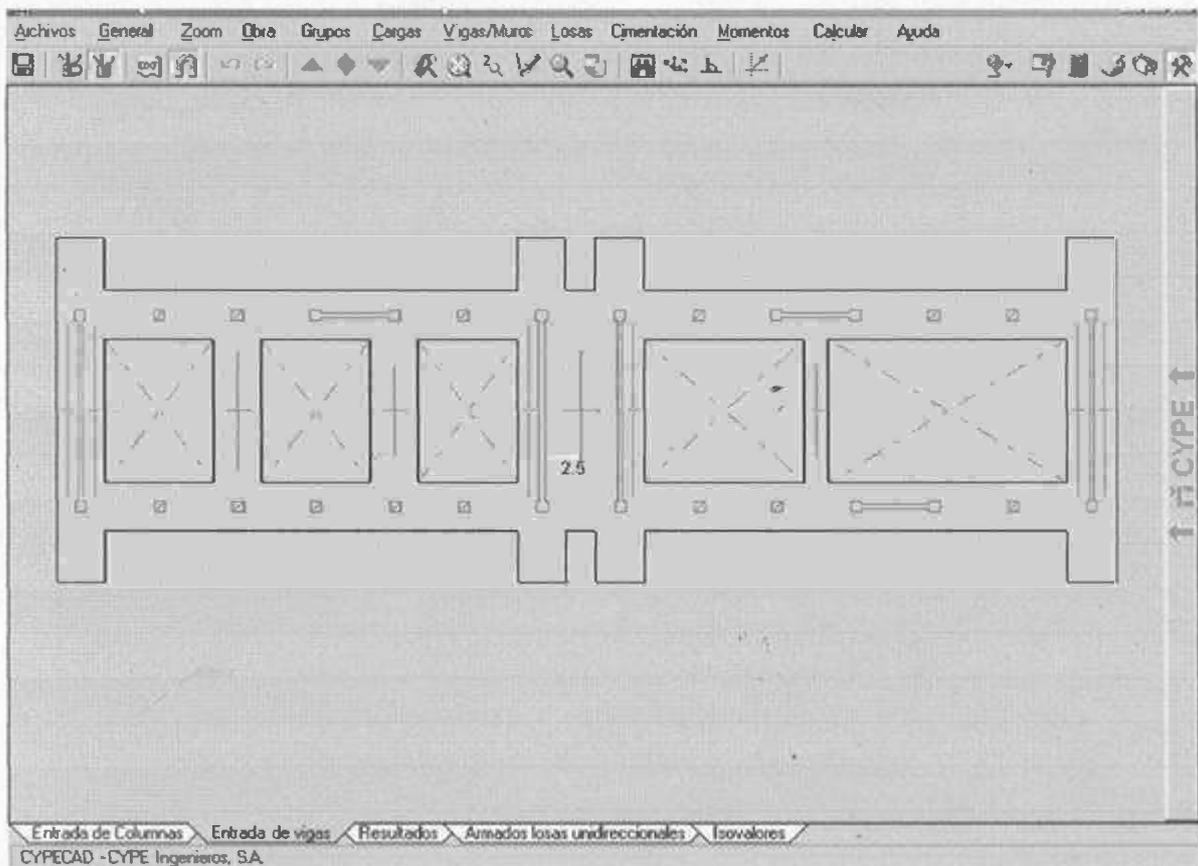
Desnivel de apoyo **0** m

Altura de apoyo **0.5** m

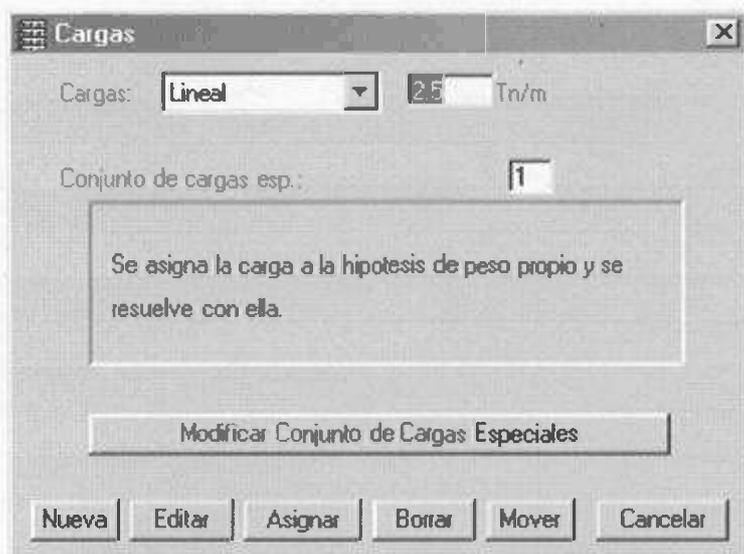



**Aceptar** **Cancelar**

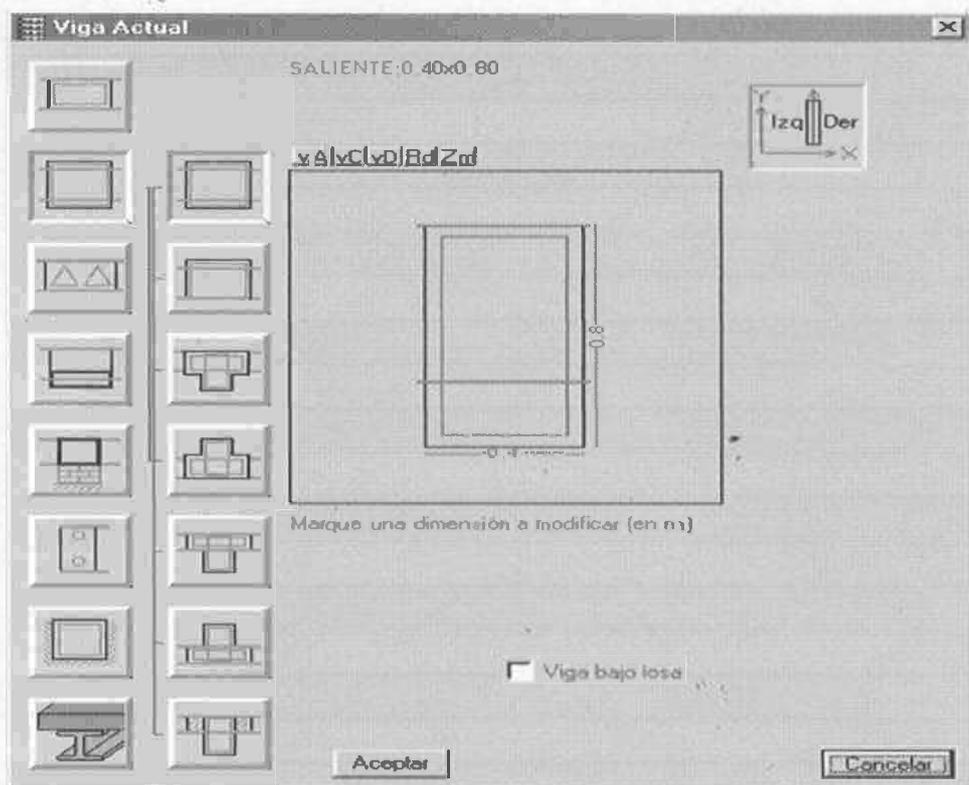
Datos de muros de cortante



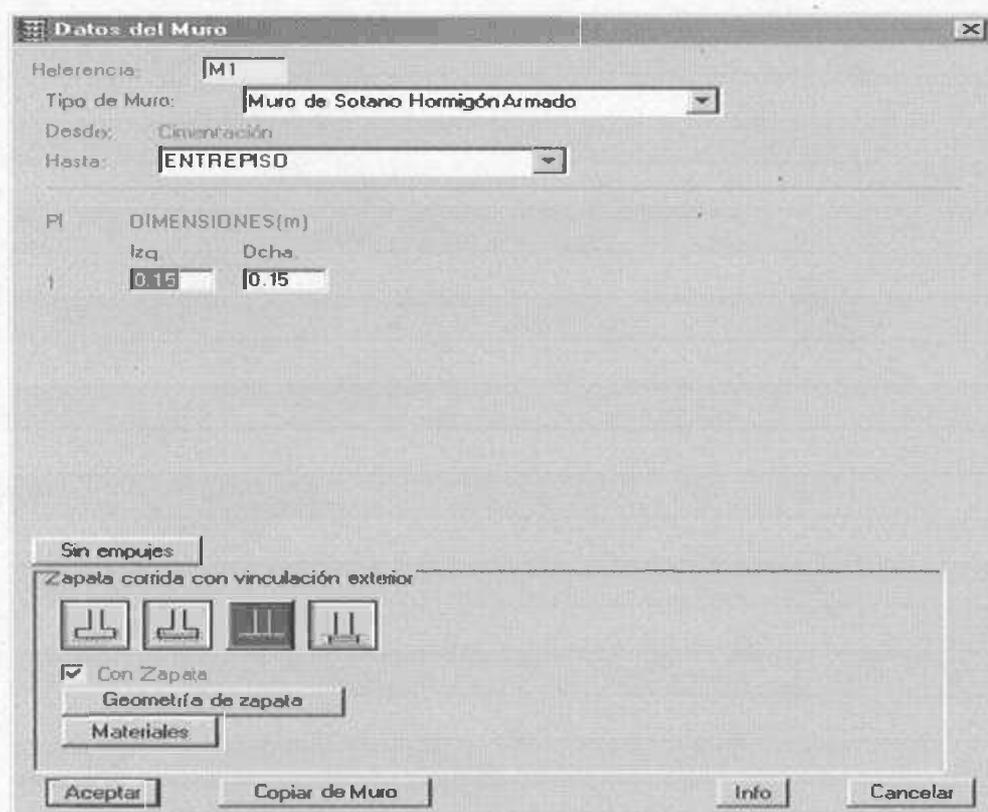
Cimentación flexible



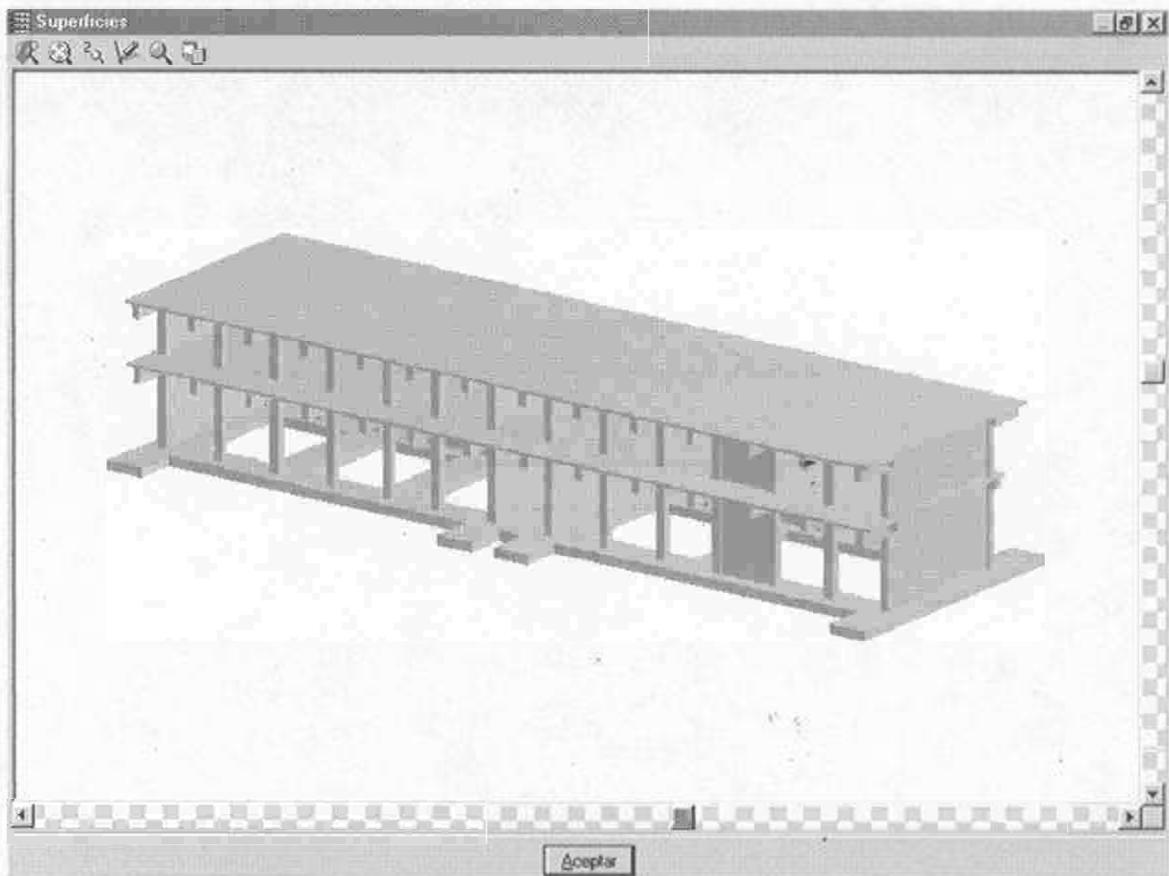
Introducción de cargas



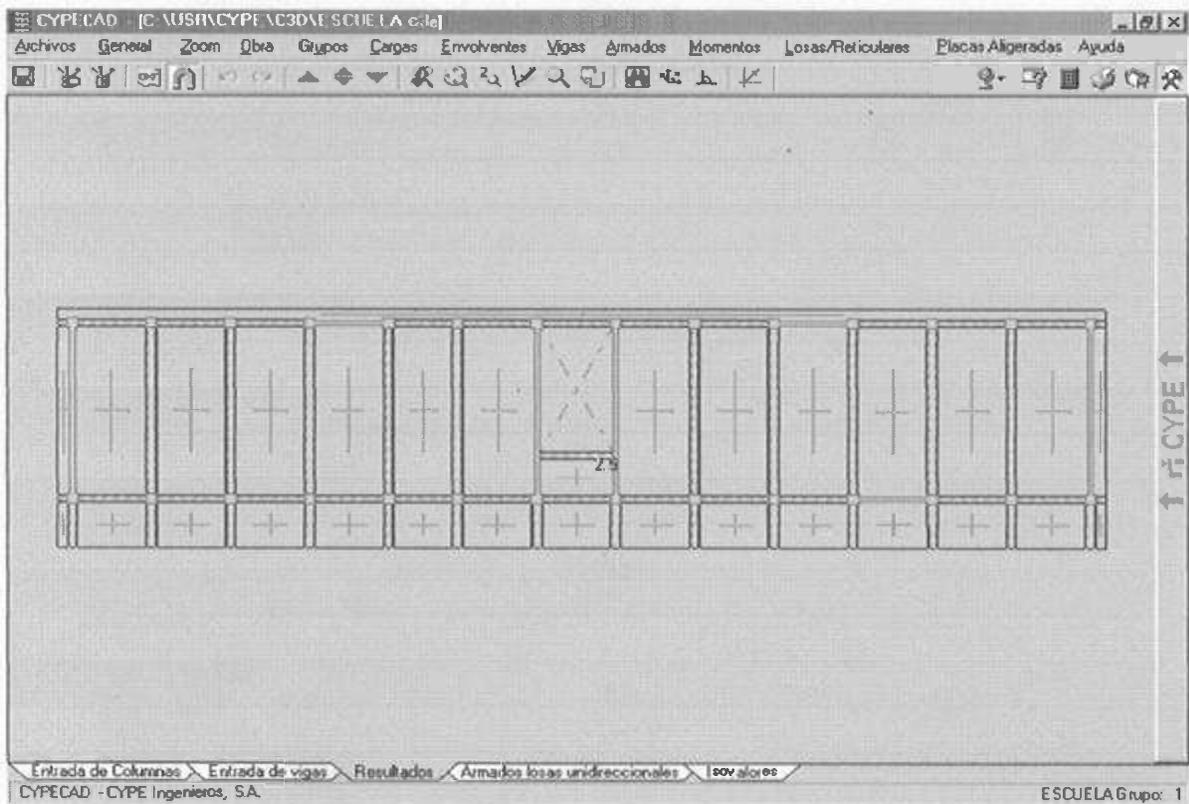
Introducción de vigas



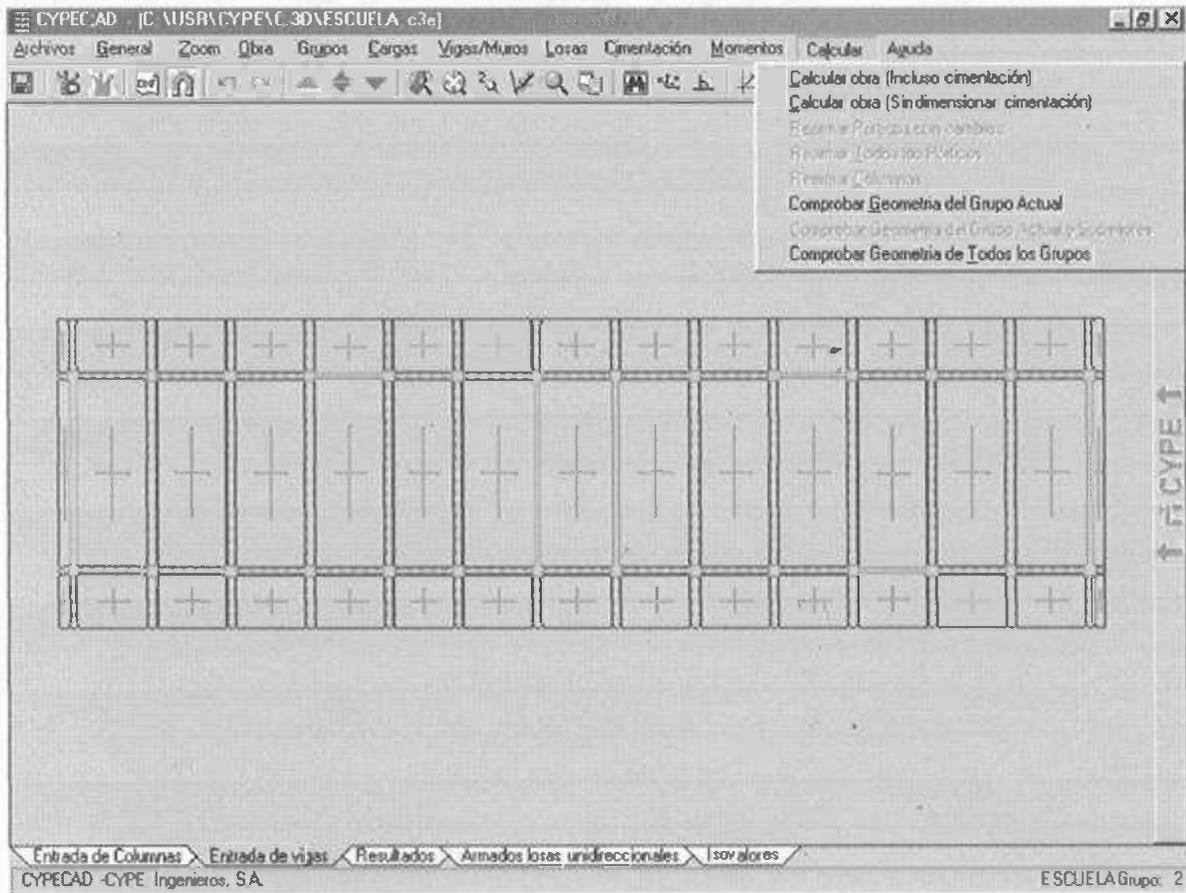
Introducción de muro



Vista del proyecto en 3D



Vista de planta



Losa de entrepiso

## **CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Este programa denominado CYPECAD nos es de gran utilidad para la realización de un diseño de una estructura, que represente el peso de losas y muros con carga uniformemente distribuida.

También cuenta con una gran variedad de información relacionada con datos y resultados del cálculo almacenadas en la memoria de cálculo, haciendo posible su mejor entendimiento.

La manera más óptima de su manejo es primeramente hacer un prediseño para introducir las secciones que se deseen.

Este programa cuenta con algunas limitaciones que fueron detectadas al momento de su corrida las cuales son el cálculo de losas inclinadas, el peralte mínimo de las vigas que la señala como armado de piel cuando son menores de 25 cm. Por mencionar algunas.

Su ventaja es que al momento de importar un archivo de AUTOCAD se puede editar en CYPECAD o inversamente ya que esto facilita su uso y tiempo.

Como punto de vista dado por nosotros acerca de CYPECAD es el que nos mostró que es fácil su manejo y uno mismo como estructurista se da una cuenta de los grandes beneficios que ofrece comparado con otros programas, ya que es más económico y exacto al momento de su cálculo.

Como conclusión quedamos en que el CYPECAD es apto para proyectos desde casas habitación hasta grandes edificios, ya que sus limitaciones son muy escasas comparadas con la amplia variedad que contiene este programa.

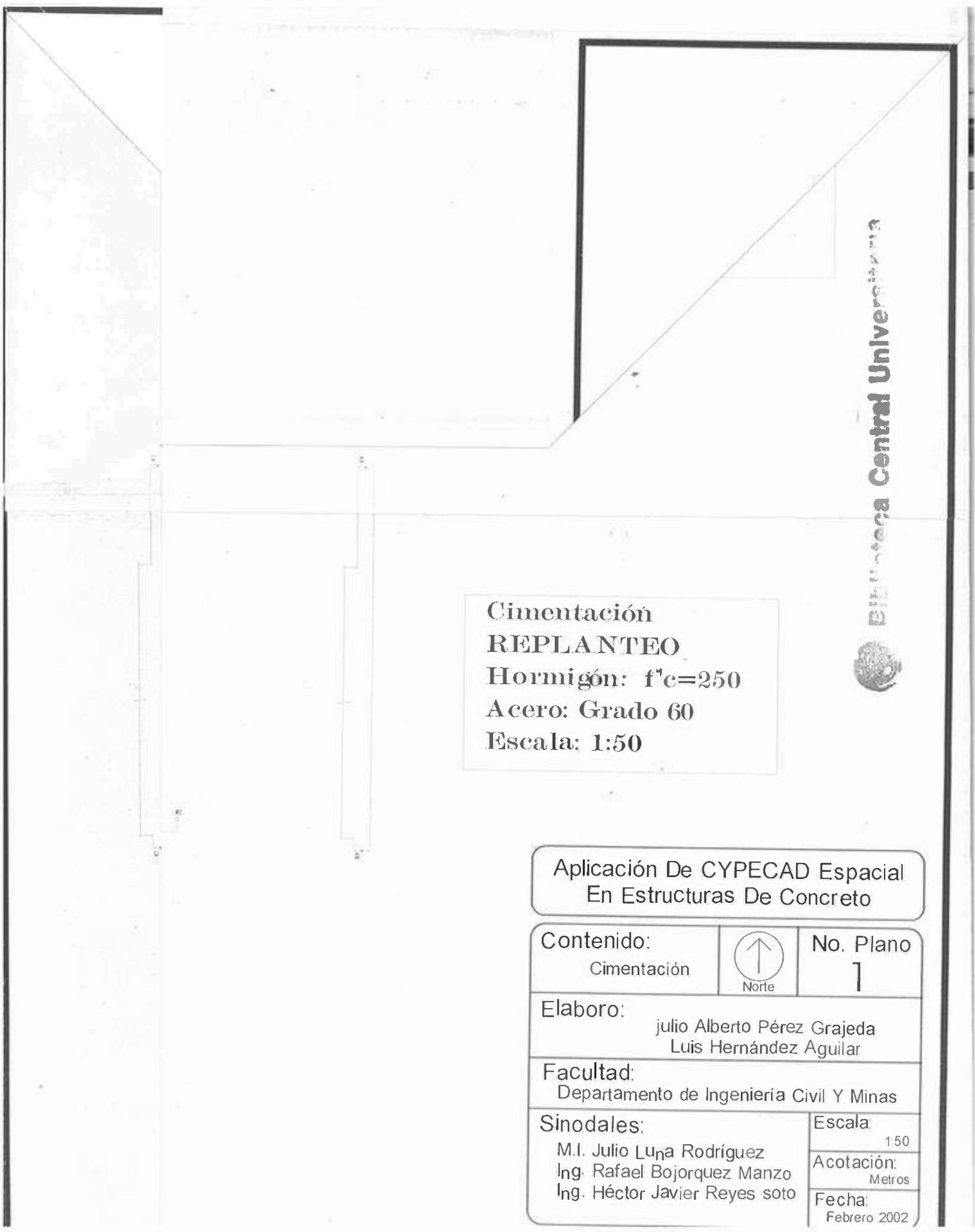
Su aprendizaje es rápido y sencillo que es lo que solicita el usuario y además cuenta con un manual que sirve para consulta en dudas que se tengan al respecto de dicho programa.

## ANEXOS

A continuación se anexa la siguiente información adicional del proyecto:

- 1.- Planos
- 2.- Memoria de cálculo
- 3.- Criterios para sismo
- 4.- Predimensionamiento de columnas y vigas, así como reglamento de cargas vivas y muertas.
- 5.- Modulo de balasto

# ANEXO I



Biblioteca Central Universidad



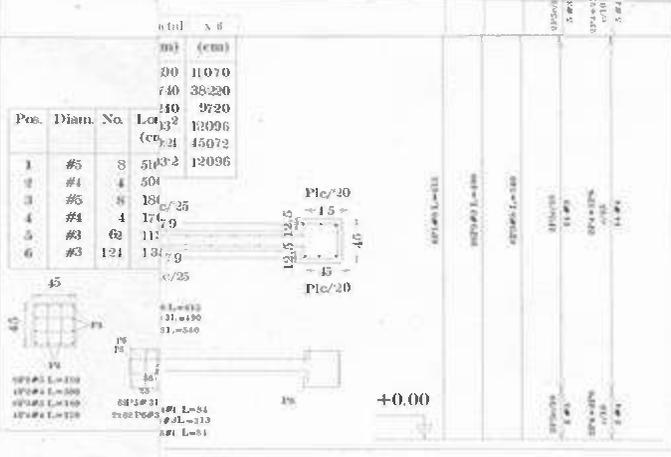
**Cimentación**  
**REPLANTEO**  
**Hormigón:  $f'c=250$**   
**Acero: Grado 60**  
**Escala: 1:50**

Aplicación De CYPECAD Espacial  
 En Estructuras De Concreto

Contenido: Cimentación	 Norte	No. Plano 1
Elaboro: julio Alberto Pérez Grajeda Luis Hernández Aguilar		
Facultad: Departamento de Ingeniería Civil Y Minas		
Sinodales: M.I. Julio Luna Rodríguez Ing. Rafael Bojorquez Manzo Ing. Héctor Javier Reyes soto		Escala: 1:50
		Acotación: Metros
		Fecha: Febrero 2002



C9=C10=C1  
 C21=C25=C  
 C16=C19



Pos.	Diam.	No.	L <sub>o</sub>	L <sub>d</sub>
			110	9720
			132	12096
			21	45072
			32	12096
1	#5	8	510	32
2	#4	4	504	
3	#5	8	180	c/25
4	#4	4	179	
5	#3	6	117	
6	#3	121	134	g

Aplicación De CYPECAD Espacial  
 En Estructuras De Concreto

Contenido:  
 Armado de traves  
 Entrepiso



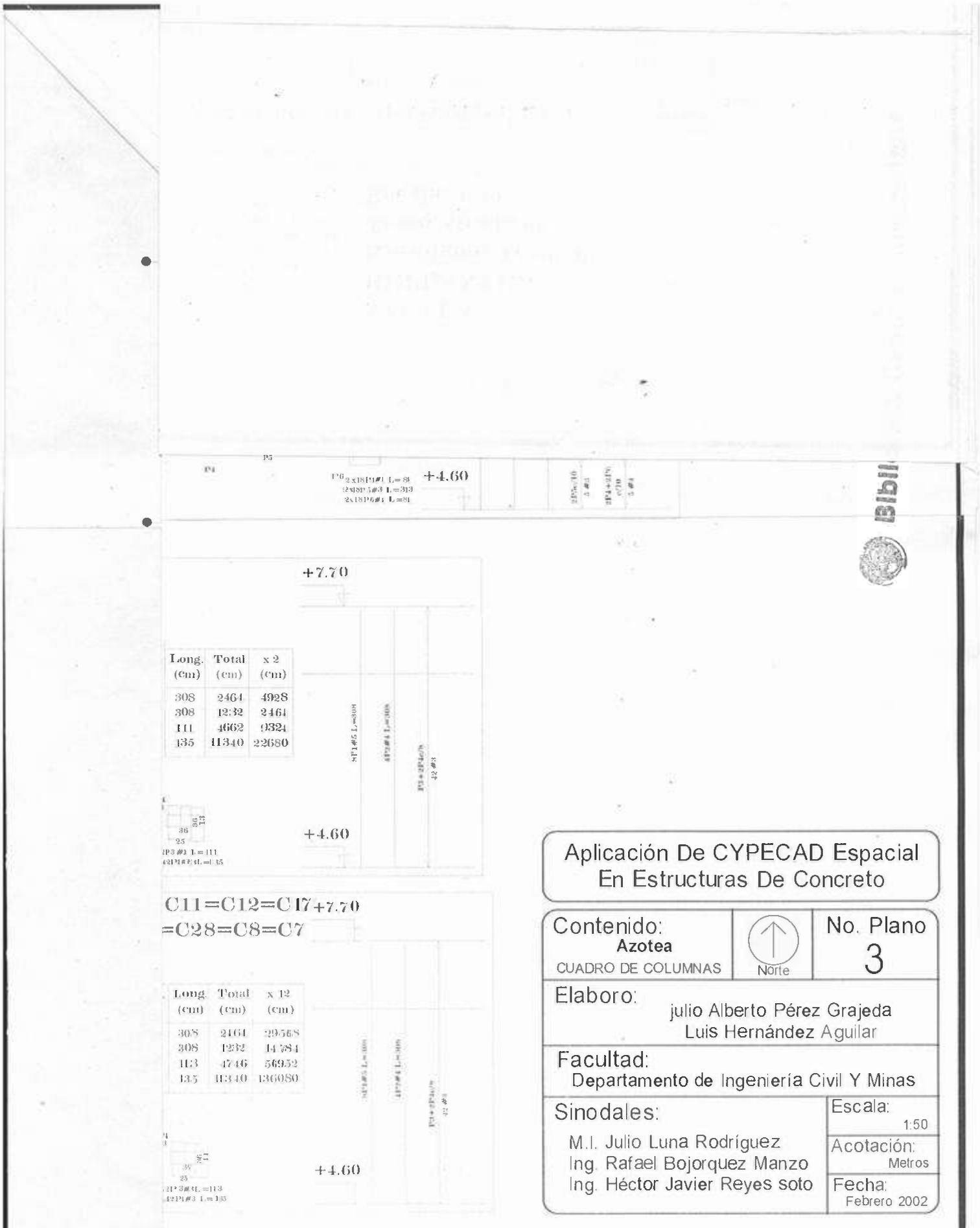
No. Plano  
 2

Elaboro:  
 julio Alberto Pérez Grajeda  
 Luis Hernández Aguilar

Facultad:  
 Departamento de Ingeniería Civil Y Minas

Sinodales:  
 M.I. Julio Luna Rodríguez  
 Ing. Rafael Bojorquez Manzo  
 Ing. Héctor Javier Reyes soto

Escala:  
 1:50  
 Acotación:  
 Metros  
 Fecha:  
 Febrero 2002



Aplicación De CYPECAD Espacial  
En Estructuras De Concreto

Contenido: <b>Azotea</b> CUADRO DE COLUMNAS	 Norte	No. Plano <b>3</b>
---	--	-----------------------

Elaboro: julio Alberto Pérez Grajeda  
Luis Hernández Aguilar

Facultad:  
Departamento de Ingeniería Civil Y Minas

Sinodales: M.I. Julio Luna Rodríguez Ing. Rafael Bojorquez Manzo Ing. Héctor Javier Reyes soto	Escala: 1:50
	Acotación: Metros
	Fecha: Febrero 2002

---

# ANEXO III

**LISTADO DE MEDICION DE VIGAS  
OBRA: EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES**

**MATERIALES:**

**CONCRETO:**  $f_c=250$  KG/CM<sup>2</sup>

**ACERO:** Grado 60

	TIPO	A.POS. Kg	A.MON. Kg	A.PIEL Kg	A.EST. Kg	TOTAL Kg
ENTREPISO						
*MARCO 1						
V-101(B25-C13)	DESC.	75.8	80.0	10.3	2.8	168.9
V-102 (C13-C16)	DESC.			7.7	22.3	30.0
V-103(C16-C19)	DESC.			8.6	22.3	30.9
V-104(C19-C27)	DESC.				22.3	22.3
<b>TOTAL MARCO</b>	<b>1</b>	<b>75.8</b>	<b>80.0</b>	<b>26.6</b>	<b>69.7</b>	<b>252.1</b>
*MARCO 2						
V-105(C27-C11)	DESC.	71.0	34.5	15.5	18.6	139.6
V-106(C11-C14)	DESC.		64.7	7.7	22.3	94.7
V-107(C14-C15)	DESC.	52.3		7.7	22.3	82.3
V-108(C15-C17)	DESC.			8.6	22.3	30.9
V-109(C17-C18)	DESC.		14.9		22.3	37.2
<b>TOTAL MARCO</b>	<b>2</b>	<b>123.3</b>	<b>114.1</b>	<b>39.5</b>	<b>107.8</b>	<b>384.7</b>
*MARCO 3						
V-110(C18-C20)	DESC.	76.0	69.3	16.3	22.3	183.9
V-111(C20-C25)	DESC.			7.7	22.3	30.0
V-112 (C25-C29)	DESC.		10.9	2.6	22.3	35.8
V-113 (C29-B30)	DESC.				3.7	3.7
<b>TOTAL MARCO</b>	<b>3</b>	<b>76.0</b>	<b>80.2</b>	<b>26.6</b>	<b>70.6</b>	<b>253.4</b>
*MARCO 4						
V-114 (C14-C15)	DESC.	18.7	17.6		20.5	56.8
*MARCO 5						
V-115 (B24-C13)	DESC.	53.7	27.4	10.3	2.8	94.2
V-116(C13-C7)	DESC.		64.7	7.7	22.3	94.7
V-117(C7-C8)	DESC.	55.0		7.7	22.3	85.0
V-118 (C8-C9)	DESC.			7.7	22.3	30.0
V-119(C9-C10)	DESC.		64.3	6.9	22.3	93.5
V-120 (C10-C12)	DESC.	45.3		7.7	18.6	71.6
V-121 (C12-C14)	DESC.	51.3		7.7	22.3	81.3
V-122 (C14-C15)	DESC.		64.3	7.7	22.3	94.3
V-123(C15-C21)	DESC.	52.3		7.7	22.3	82.3
V-124 (C21-C22)	DESC.			8.6	22.3	30.9
V-125 (C22-C24)	DESC.		14.9		22.3	37.2
<b>TOTAL MARCO</b>	<b>5</b>	<b>257.6</b>	<b>235.6</b>	<b>79.7</b>	<b>222.1</b>	<b>795.0</b>

## Combinaciones

Nombre Obra: Escuela de 2 niveles

---

### Combinaciones usadas en el cálculo

Combinaciones para concreto: ACI 318-95

Combinaciones para Equilibrio: ACI 318-95

Combinaciones para concreto de Vigas Centradoras: ACI 318-95

Nombre de combinación	Peso propio	Carga viva
1.1.4D + 1.7L	1.000	0.000
2.1.4D + 1.7L	1.400	0.000
3.1.4D + 1.7L	1.000	1.700
4.1.4D + 1.7L	1.400	1.700
5.0.75(1.4D+1.7L+1.7x1.1E1)	1.050	0.000
6.0.75(1.4D+1.7L+1.7x1.1E1)	1.050	1.275
7.0.75(1.4D+1.7L+1.7x1.1E1)	1.050	0.000
8.0.75(1.4D+1.7L+1.7x1.1E1)	1.050	1.275
9.0.75(1.4D+1.7L+1.7x1.1E2)	1.050	0.000
10.0.75(1.4D+1.7L+1.7x1.1E2)	1.050	1.275
11.0.75(1.4D+1.7L+1.7x1.1E2)	1.050	0.000
12.0.75(1.4D+1.7L+1.7x1.1E2)	1.050	1.275
13.0.9D+1.3x1.1E1	0.900	0.000
14.0.9D+1.3x1.1E1	0.900	0.000
15.0.9D+1.3x1.1E2	0.900	0.000
16.0.9D+1.3x1.1E2	0.900	0.000

Combinaciones para Tensión del Terreno: Acciones Características  
 Combinaciones para Desplazamientos: Acciones Características  
 Combinaciones para Acero Laminado: Acciones Características  
 Combinaciones para Acero Conformado: Acciones Características

Nombre de combinación	Peso propio	Carga viva
1. Sobrecarga	1.000	0.000
2. Sobrecarga	1.000	1.000
3. Sobrecarga + Sismo1	1.000	0.000
4. Sobrecarga + Sismo1	1.000	1.000
5. Sobrecarga + Sismo1	1.000	0.000
6. Sobrecarga + Sismo1	1.000	1.000
7. Sobrecarga + Sismo2	1.000	0.000
8. Sobrecarga + Sismo2	1.000	1.000
9. Sobrecarga + Sismo2	1.000	0.000
10. Sobrecarga + Sismo2	1.000	1.000

---

# ANEXO III

---

## **SISMO**

### **MODOS DE VIBRACIÓN A CONSIDERAR SEGÚN LA NORMATIVA NCSE-94 (ANÁLISIS DINÁMICO).**

Tal y como viene expresado en la Norma NCSE-94: “los edificios de pisos con soportes continuos hasta la cimentación, pueden analizarse a partir de solo tres grados de libertad por planta, suponiendo en esta los movimientos del sólido rígido en su plano: dos traslaciones y una rotación.

Así pues debe considerarse que la estructura puede calcularse con suficiente aproximación según tres modos de vibración por planta (dos traslaciones y un giro) Con lo que su estructura tiene “n” plantas aconsejamos seleccionar  $3.n$  modos distintos, con un límite de 30 modos (aunque normalmente solo son representativos los primeros).

### **RECOMENDACIONES DE CÁLCULO**

- Calcule la estructura exclusivamente a cargas gravitatorias (sin sismo ni viento)
- Compruebe los pilares y redimensione hasta que desaparezcan los mensajes de cuantía excesiva e incluso los armados del 25 aumentando secciones.
- Calcule ahora con sismo y/o viento.
- Vuelva a comprobar los pilares y a redimensionar pilares. Pero atención, si algún pilar falla es conveniente aumentarlo y a todos los demás, pues si no se vuelve más rígido y en un calculo posterior volveria a fallar.
- Vuelva a calcular la estructura y a comprobar los pilares.

Para el sismo se puede definir dos métodos de cálculo generales: calculo estático y calculo dinámico.

Es posible aplicar ambos métodos generales o específicos indicados con la población donde se encuentre la edificación.

## CONSIDERACIÓN DE EFECTOS DE 2º ORDEN

De forma potestativa se puede considerar cuando se define hipótesis de viento o sismo, el cálculo de la aplicación de los esfuerzos producidos por la actualización de dichas cargas horizontales. Es aconsejable activar esta opción en el cálculo.

El método está basado en el efecto p-delta debido a los desplazamientos producidos por las acciones horizontales abordando la forma sencilla los efectos de segundo orden a partir de un cálculo de primer orden, y un comportamiento lineal de los materiales, con unas características mecánicas calculadas con las secciones brutas de los materiales y su módulo de elasticidad secante.

En la norma ACI-318-95 existe el índice de estabilidad  $Q$  por planta, no para el global del edificio, aunque no podría establecer una relación con el coeficiente de estabilidad global si las plantas son muy similares, relacionándolos mediante:

$$Y_z = \text{coeficiente de estabilidad global} = 1/(1-Q)$$

En cuanto al límite que establece para la consideración de la planta como intraslacional, o lo que en este caso sería el límite para su consideración o no, se dice que  $Q=0.05$ , es decir:  $1/0.95 = 1.05$ .

Para este caso supone calcularlo y tenerlo en cuenta siempre que se supere dicho valor, lo que en definitiva conduce a considerar el cálculo prácticamente siempre y amplificar los esfuerzos por este método.

En cuanto al coeficiente multiplicador de los desplazamientos se indica que, dado que las acciones horizontales son temporales y de corta duración se puede considerar una reducción del orden del 70% de la inercia, y como el módulo de elasticidad es menor ( $15100/19000=0.8$ ), es decir, un coeficiente amplificador de los desplazamientos de  $1/(0.7 \times 0.8)=1.78$  y, de acuerdo al coeficiente de estabilidad global, no superar el valor 1.35 sería lo razonable.

Se puede apreciar que el criterio del código modelo sería recomendable y fácil de recordar, así como aconsejable en todos los casos su aplicación.

*Coe ficiente multiplicador de los desplazamientos =2*

*Limite para el coe ficiente de estabilidad global =1.5*

En verdad que, por otro lado siempre existen en los edificios , elementos rigidizantes, fachadas, escaleras, muros portantes, etc., que aseguran un menor desplazabilidad frente a las acciones horizontales que las calculadas. Para ello el programa deja en 1.00 el coeficiente multiplicador de los desplazamientos.

Queda a criterio del proyectista su modificación, dado que no todos los elementos se pueden discretizar en el cálculo de la estructura.

## **DISEÑO POR SISMO**

Este es uno de los capítulos más modificados al igual que las normas técnicas respectivas (después de los sismos de 1985, fue que se le dio mayor importancia) sobre todo tomando en cuenta la recurrencia

Art.202.

En este capítulo se establece las bases y requisitos generales mínimos de diseño para que las estructuras tengan seguridad adecuada ante los efectos de los sismos, los métodos de análisis y los requisitos para estructuras específicas se detallarán en las normas técnicas complementarias.

# MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES DE LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

## CRITERIOS PARA DISEÑO POR SISMO

TIPO I Terreno firme: Depósitos de suelo formados solamente por estratos con velocidades de propagación  $\beta_0 \geq 700$  m/s o módulos de rigidez  $G_0 \geq 85000$  t/m<sup>2</sup>.

TIPO II Terreno intermedio: Depósitos de suelo con periodo fundamental de vibración y velocidad efectiva de propagación tales que se cumple la relación

$$\beta_c T_n + \beta_w T_c \geq \beta_c T_c \quad (1.2)$$

TIPO III Terreno blando: Depósitos de suelo con periodo fundamental de vibración y velocidad efectiva de propagación tales que se cumple la relación

$$\beta_c T_n + \beta_w T_c < \beta_c T_c \quad (1.3)$$

Para las ciudades de México y Acapulco son aplicables las microrregionalizaciones sísmicas realizadas con motivo de su reglamentación sísmica. Asimismo, las microzonificaciones sísmicas que se conozcan para otras localidades serán aplicables siempre y cuando sean congruentes con los criterios de clasificación de terrenos de cimentación establecidos en el presente capítulo.

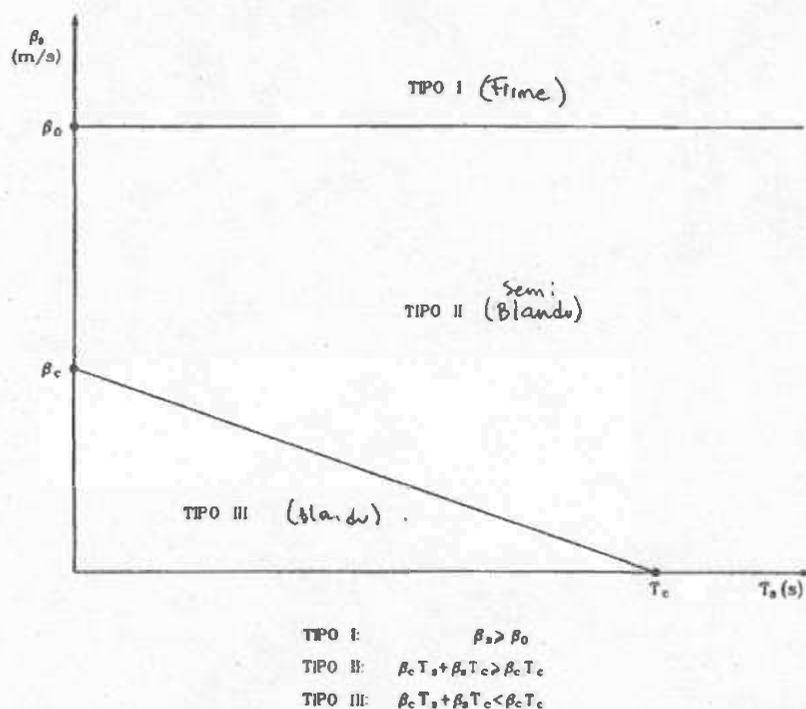


Fig. 1.3 Carta de microzonificación sísmica

Argumentando razones económicas, para estructuras sencillas no siempre se realizan exploraciones del subsuelo hasta la profundidad de terreno firme. En estas situaciones, el terreno de cimentación en cuestión se debe clasificar como del tipo III. Se puede aplicar un criterio menos severo sólo si existen evidencias claras de que el subsuelo que se encuentra por debajo del nivel de exploración es lo suficientemente rígido como para ignorarlo. En estos casos, tanto el periodo fundamental de vibración como la velocidad efectiva de propagación del sitio, calculados aproximadamente con los estratos conocidos, resultan ser menores que los reales. Por consiguiente, el uso de tal criterio se traducirá en un corrimiento hacia el tipo de terreno de mayor amplificación según la carta de microzonificación sísmica, lo que implicará que la clasificación del suelo sea conservadora.

### 3.2.2 Clasificación de Construcciones según su Destino

Atendiendo a la seguridad estructural aconsejable para la estructura, las construcciones se clasifican según su destino como se indica a continuación:

**GRUPO A** Estructuras en que se requiere un grado de seguridad alto. Construcciones cuya falla estructural causaría la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales de magnitud excepcionalmente alta, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o inflamables, así como construcciones cuyo funcionamiento sea esencial a raíz de un sismo. Tal es el caso de puentes principales, sistemas de abastecimiento de agua potable, subestaciones eléctricas, centrales telefónicas, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, monumentos, museos, hospitales, escuelas, estadios, templos, terminales de transporte, salas de espectáculos y hoteles que tengan áreas de reunión que pueden alojar un número elevado de personas, gasolineras, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas y locales que alojen equipo especialmente costoso. Se incluyen también todas aquellas estructuras de plantas de generación de energía eléctrica cuya falla por movimiento sísmico pondría en peligro la operación de la planta, así como las estructuras para la transmisión y distribución de energía eléctrica.

**GRUPO B** Estructuras en que se requiere un grado de seguridad intermedio. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría pérdidas de magnitud intermedia o pondría en peligro otras construcciones de este grupo o del A, tales como naves industriales, locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, hoteles, depósitos y estructuras urbanas o industriales no incluidas en el grupo A, así como muros de retención, bodegas

Incluyen todas aquellas estructuras de plantas de generación de energía eléctrica que en caso de fallar por temblor no paralizarían el funcionamiento de la planta.

**GRUPO C** Estructuras en que es admisible un grado de seguridad bajo. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría pérdidas de magnitud sumamente pequeña y no causaría normalmente daños a construcciones de los grupos A y B ni pérdida de vidas. Se incluyen en este grupo, por ejemplo, bodegas provisionales y bardas con altura no mayor de 2.5 m.

En algunas estructuras especialmente importantes, como los reactores nucleares o las grandes presas, el grado de seguridad recomendable es tan alto que escapan a la clasificación que antecede. En el diseño sísmico de tales estructuras se seguirán criterios especiales acordes con el estado del conocimiento.

### 3.2.3 Clasificación de Construcciones según su Estructuración

Atendiendo a las características estructurales que influyen en la respuesta sísmica de la estructura, las construcciones se clasifican según su estructuración como se indica a continuación:

**TIPO 1** Estructuras de edificios: Estructuras comunes tales como edificios urbanos, naves industriales típicas, salas de espectáculos y estructuras semejantes, en que las fuerzas laterales se resisten en cada nivel por marcos continuos contraventados o no, por diafragmas o muros o por combinación de diversos sistemas como los mencionados.

**TIPO 2** Péndulos invertidos y apéndices: Péndulos invertidos o estructuras en que 50 por ciento o más de su masa se halle en el extremo superior y tengan un solo elemento resistente en la dirección de análisis o una sola hilera de columnas

perpendicular a ésta. Apéndices o elementos cuya estructuración difiera radicalmente de la del resto de la estructura, tales como tanques, parapetos, pretilas, anuncios, ornamentos, ventanales, muros y revestimientos, entre otros.

TIPO 3 Muros de retención.

TIPO 4 Chimeneas, silos y similares: Chimeneas, y silos, o estructuras semejantes en que la masa y rigidez se encuentren distribuidas continuamente a lo largo de su altura y donde dominen las deformaciones por flexión.

TIPO 5 Tanques, depósitos y similares: Tanques elevados y depósitos superficiales, o estructuras semejantes destinadas al almacenamiento de líquidos que originan importantes fuerzas hidrodinámicas sobre el recipiente.

TIPO 6 Estructuras industriales: Estructuras fabriles en que se requieren grandes áreas libres de columnas y donde se permite casi siempre colocar columnas relativamente cercanas unas de las otras a lo largo de los ejes longitudinales, dejando entonces grandes claros libres entre esos ejes. Estas estructuras están formadas en la mayoría de los casos por una sucesión de marcos rígidos transversales, todos iguales o muy parecidos, ligados entre sí por los elementos de contraventeo que soportan los largueros para la cubierta y los recubrimientos de las paredes.

TIPO 7 Puentes.

TIPO 8 Tuberías.

TIPO 9 Presas.

TIPO 10 Otras estructuras.

#### 3.2.4 Factor de Comportamiento Sísmico

La forma más adecuada en la actualidad de caracterizar las estructuras en función de su ductilidad consiste en el empleo del factor de comportamiento sísmico  $Q$ , el cual en realidad no sólo está asociado a la ductilidad estructural, sino también a la estructuración misma, al deterioro o efecto que puede llegar a contrarrestar gran parte de la capacidad extra en resistencia que suministra la ductilidad y a reservas de capacidad ante carga sísmica que los métodos convencionales de diseño no consideran.

Para las distintas estructuras comprendidas dentro de la clasificación por tipos considerada se adoptarán los siguientes valores del factor de comportamiento sísmico:

TIPO 1 Se usará  $Q = 4$  cuando se cumplan los requisitos siguientes:

1. La resistencia en todos los entrepisos es suministrada exclusivamente por marcos no contraventeados de acero o concreto reforzado, o bien por marcos contraventeados o con muros de concreto reforzado en los que en cada entrepiso los marcos son capaces de resistir, sin contar muros ni contravientos, cuando menos 50 por ciento de la fuerza sísmica actuante.
2. Si hay muros ligados adecuadamente en todo su perímetro a los marcos estructurales o a castillos y dadas ligados a los marcos, éstos se deben tener en cuenta en el análisis de la estructura, pero su contribución a la capacidad ante fuerzas laterales sólo se tomará en cuenta si estos muros son de piezas macizas, y los marcos, sean o no contraventeados, y los muros de concreto reforzado son capaces de resistir al menos 80 por ciento de las fuerzas laterales totales sin la contribución de los muros de mampostería.

3. El mínimo cociente de la capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere en más de 35 por ciento del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente de cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir a la resistencia, en particular los muros ligados a la estructura en la forma especificada en el requisito 2.

4. Los marcos y muros de concreto reforzado cumplen con los requisitos que fijan para marcos y muros dúctiles las normas técnicas para estructuras de concreto (ref. 6).

5. Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para marcos dúctiles que fijan las normas técnicas para estructuras metálicas (ref. 8).

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 entrepisos es suministrada por columnas de acero o de concreto reforzado con 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 (ref. 6).

Se usará  $Q = 2$  cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero o de concreto reforzado, por marcos de acero o de concreto reforzado, contraventados o no, o por muros o columnas de concreto reforzado, que no cumplen en algún entrepiso lo especificado para los casos  $Q = 4$  y  $Q = 3$ , o por muros de mampostería de

piezas macizas confinados por castillos, dadas, columnas o traves de concreto reforzado o de acero, que satisfacen los requisitos de las normas técnicas para estructuras de mampostería (ref. 7), o diafragmas contruidos con duelas inclinadas o por sistemas de muros formados por duelas de madera horizontales o verticales combinados con elementos diagonales de madera maciza. También se usará  $Q = 2$  cuando la resistencia es suministrada por elementos de concreto prefabricado o presforzado, con las excepciones que sobre el particular marcan las normas técnicas para estructuras de concreto (ref. 6).

Se usará  $Q = 1.5$  cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada en todos los entrepisos por muros de mampostería de piezas huecas, confinados o con refuerzo interior, que satisfacen los requisitos de las normas técnicas para estructuras de mampostería (ref. 7), o por combinaciones de dichos muros con elementos como los descritos para los casos  $Q = 3$  y  $Q = 2$ , o por marcos y armaduras de madera.

Se usará  $Q = 1$  en estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales es suministrada al menos parcialmente por elementos o materiales diferentes de los arriba señalados, a menos que se haga un estudio que demuestre claramente que se puede emplear un valor más alto que el que aquí se especifica.

En todos los casos se empleará para toda la estructura en la dirección de análisis el valor mínimo de  $Q$  que corresponde a los diversos entrepisos de la estructura en dicha dirección.

El factor  $Q$  puede diferir en las dos direcciones ortogonales en que se analiza la estructura, según sean las propiedades de ésta en dichas direcciones.

**TIPO 2** Se emplearán los mismos valores de  $Q$  especificados para estructuras de edificios, dependiendo de la forma en que se

encuentre estructurado el sistema resistente del péndulo invertido o apéndice.

TIPO 3 Para muros de retención no se requiere del factor de comportamiento sísmico.

TIPO 4 Se utilizará un valor de  $Q = 2$  cuando se trate de chimeneas de concreto reforzado o bien de  $Q = 3$  en caso de chimeneas de acero. Según el material, para silos se utilizarán los mismos valores de  $Q$  anteriores.

TIPO 5 Tratándose de tanques elevados se emplearán los mismos valores de  $Q$  estipulados para estructuras de edificios, dependiendo de la forma en que se encuentre estructurada la plataforma de soporte. Para depósitos apoyados directamente sobre el terreno se usará un valor de  $Q = 1.5$  en caso de recipientes de concreto reforzado o bien de  $Q = 2$  cuando se trate de recipientes de acero.

TIPO 6 En la tabla 2.1 se presentan valores representativos de  $\xi/Q$  para este tipo de estructuras, siendo  $\xi$  un factor reductor que depende del amortiguamiento de la estructura. Alternativamente, podrán emplearse los mismos valores de  $Q$  especificados para estructuras de edificios, siempre que se justifique y cuando se cumplan adicionalmente los requisitos para estructuras dúctiles que fijan el AISC (ref. 11) en acero y el ACI (ref. 3) en concreto.

TIPO 7 Se usará  $Q = 3$  cuando la resistencia a fuerzas laterales sea suministrada por marcos de dos o más columnas de concreto reforzado o acero.

Se usará  $Q = 2$  cuando la resistencia a fuerzas laterales sea suministrada por pilas de una sola columna de concreto reforzado

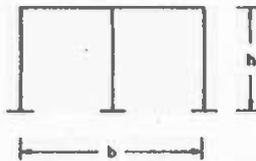
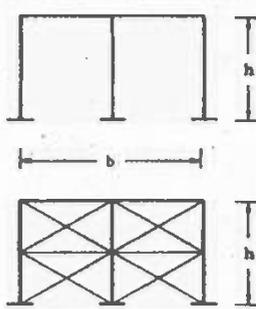
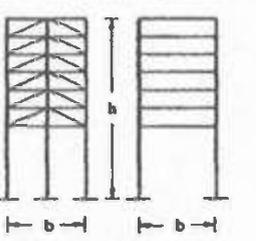
laterales sea suministrada por sistemas pila-muro.

Se usará  $Q = 1.5$  para el diseño de pilas aisladas y estribos de mampostería, así como para el diseño de las conexiones de la subestructura tanto con la cimentación como con la superestructura.

Se usará  $Q = 1$  para el diseño de las conexiones entre las pilas con la superestructura y las pilas con la cimentación.

Se usará  $Q = 0.8$  para el diseño de las conexiones entre los estribos y la superestructura.

Tabla 2.1 Valores representativos de  $\xi/Q$

	$\xi = 1$	$\xi = 0.9$	$\xi = 0.8$
 $h/b \leq 2$	0.27	0.24	0.22
 $h/b \leq 2$	0.33	0.29	0.27
 $h/b \geq 3$	0.44	0.40	0.36

TIPO 8 Para tuberías no se requiere del factor de comportamiento sísmico.

valor de  $Q = 1$ , mientras que en presas de gravedad de mampostería o concreto se empleará un valor de  $Q = 1.5$ .

TIPO 10 Para estructuras que no se encuentren comprendidas dentro de las clasificadas en los tipos 1 a 9 se deberán emplear valores de  $Q$  acordes con las reducciones por comportamiento inelástico que se concluyan a partir de estudios específicos sobre la respuesta probable de la estructura en cuestión.

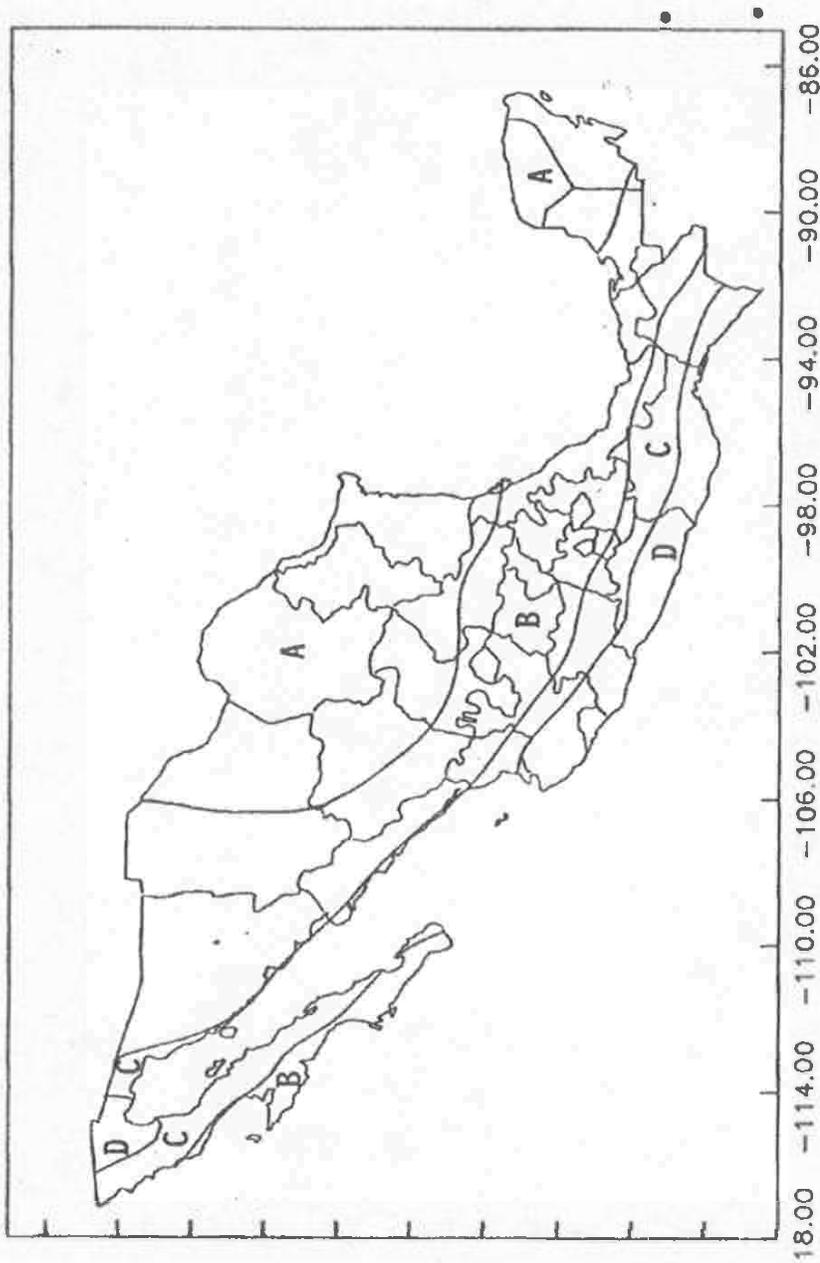


Fig. 3.1 Regionalización sísmica de la República Mexicana

---

# ANEXO IV

## PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

### SECCIONES DE COLUMNAS Y MUROS

DE	HASTA	COLUMNAS C1-C14	MUROS M1-M7
Cimentación	Entrepiso	45x45 cm	45x45 cm
Entrepiso	Azotea	45x45 cm	45x45 cm

Nota: En éste caso no se consideró columnas de esquinas ya que fueron sustituidos por muros de cortante, esta razón se debe a que este tipo de columnas soportan menos cargas. Las dimensiones de 45x45 cm es debido a que el armado de los muros no se empalme con el armado de la viga.

## PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

### SECCIONES DE VIGAS

PLANTAS		VIGAS V1-V10	VIGAS V11 Y V22
Cimentación	Entrepiso	40*85 cm	20*35cm
Entrepiso	Azotea	40*85 cm	20*35cm

Nota: Las vigas transversales tienen un claro de 3.24 mts y la propuesta de su dimensionamiento fueron basados en los criterios de las tablas asignados por el asesor. Considerando un dimensionamiento de 20x35 cm, en tanto a las vigas longitudinales con de 8 mts se consideraron de 40x80 cm.

## CARGAS MUERTAS

**Art. 196.** Se considerarán como cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo.

Para la evaluación de las cargas muertas se emplearán las dimensiones especificadas de los elementos constructivos y los pesos unitarios de los materiales. Para estos últimos se utilizarán valores mínimos probables cuando sea más desfavorable. Para la estabilidad de la estructura se considerará una carga muerta menor, como en el caso del volteo, flotación, lastre y succión producida por el viento. En algunos casos se emplearán valores máximos probables.

## SEGURIDAD ESTRUCTURAL

**Art. 197.** El peso muerto calculado de losas de concreto de peso normal coladas en el lugar se incrementará en  $20 \text{ kg/m}^2$ . Cuando sobre una losa colada en el lugar o precolada, se coloque una capa de mortero de peso normal, el peso normal calculado de esta capa se incrementará también en  $20 \text{ kg/m}^2$ , de manera que el incremento total será de  $40 \text{ kg/m}^2$ .

Tratándose de losas y morteros que posean pesos volumétricos diferentes del normal, estos valores se modificarán en proporción a los pesos volumétricos.

Estos aumentos no se aplicarán cuando el efecto de la carga muerta sea favorable a la estabilidad de la estructura.

## CARGAS VIVAS

**Art. 198.** - Se considerarán cargas vivas las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las Edificaciones y que no tienen carácter permanente al menos que se justifiquen racionalmente otros valores, estas cargas se tomarán iguales a las especificadas en el artículo 199.

Las cargas especificadas no incluyen el peso de muros divisorios de mampostería o de otros materiales, ni el de muebles, equipos u objetos de peso fuera de lo común, como cajas fuertes de gran tamaño, archivos importantes, libreros pesados o cortinajes en salas de espectáculos. Cuando se prevean tales cargas deberán cuantificarse y tomarse en cuenta en el diseño en forma independiente de la carga viva especificada. Los valores adoptados deberán justificarse en la memoria de cálculo e indicarse en los planos estructurales.

**Art. 199.** - Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberá tomar en consideración las siguientes disposiciones:

- I. La carga viva máxima  $W_m$  se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como en el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales;
- II. La carga instantánea  $W_a$  se deberá usar para diseño sísmico y por viento y cuando se revisen distribuciones de cargas más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área;
- III. La carga media  $W$  se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas;
- IV. Cuando el efecto de carga viva sea favorable para la estabilidad de la estructura, como en el caso de problemas de flotación, volteo y de succión por viento, su intensidad se considerará nula sobre toda el área, a menos que pueda justificarse otro valor acorde con la definición del artículo 187 de este reglamento, y

V. Las cargas uniformes de la tabla de esta pagina, se consideran distribuidas sobre el area tributaria de cada elemento:

#### Observaciones a la tabla de cargas vivas unitarias:

1. Para elementos con carga tributaria mayor de  $36m^2$ ,  $W_m$  podra reducirse tomándola igual a  $100+420 A^{-1/2}$  (A es el área tributaria en  $m^2$ ). Cuando sea mas desfavorable se considera en lugar de  $W_m$ , una carga de 500kg aplicada sobre un área de  $50*50cm$  en la posición mas critica.

Para sistemas de piso ligero con cubierta rigidizante, se considera en lugar de  $W_m$ , cuando sea mas desfavorable, una carga concentrada de 250kg para diseño de los elementos de soporte y de 100 kg. para el diseño de la cubierta, ambos casos ubicadas en la posición mas desfavorable

Se consideraran sistemas de piso ligero aquellos formados por tres o mas miembros aproximadamente paralelos y separados entre si no mas de 80cm y unidos con una cubierta de madera contrachapada, de duclas de madera bien clavadas u otro material que proporcione una rigidez equivalente.

2. Para elementos con área tributaria mayor de  $36m^2$ ,  $W_m$  podrá reducirse, tomándola igual a  $180+420 A^{-1/2}$  (A es el área tributaria en  $m^2$ ). Cuando sea mas desfavorable se considera en lugar de  $W_m$ , una carga de 1000kg aplicada sobre un área de  $50*50cm$  en la posición mas critica.

Para sistemas de piso ligero con cubierta rigidizante, definidos como en la nota se considera en lugar de  $W_m$ , cuando sea mas desfavorable, una carga concentrada de 500kg para el diseño de los elementos de soporte y de 150kg para el diseño de la cubierta, ubicadas en la posición mas desfavorable.

3. En áreas de comunicación de cada habitación y edificios de departamentos se considerará la misma carga viva que en el caso a) de la tabla.

4. Para el diseño de los pretilos y barandales en escaleras, rampas, pasillos y balcones se deberá fijar una carga por metro lineal no menor de 100kg/m actuando al nivel de pasamanos y en la dirección mas desfavorable.

5. En estos casos deberá ponerse particular atención a la revisión de estados límites de servicio relativos a vibraciones.

6. Atendiendo el destino del piso se determinará con los criterios del artículo 187, La carga unitaria,  $W$  que nos será inferior a  $350 kg/m^2$ , y deberá especificar en los planos estructurales y en placas coladas en lugares fácilmente visibles de la edificación.

7. Las cargas vivas especificadas para cubiertas y azotea no incluyen las cargas producidas por tinacos y anuncios, ni las que se deben a equipos u objetos pesados, que puedan apoyarse en o colgarse del techo. Estas cargas deben preverse por separado y especificarse en los planos estructurales. Adicionalmente los elementos de las cubiertas y azoteas deberán revisarse con una carga concentrada de 100 Kg. en la posición más critica.

8. Además en el fondo de los valles de techos inclinados se considerará una carga debida al granizo de  $30 kg/m^2$ , de proyección horizontal del techo que desagüe hacia el valle, esta carga se considerará como una acción accidental para fines de revisión de seguridad y se aplicarán los factores de carga correspondiente según el artículo 194.

9. Mas una concentración de 150 kg. En el lugar más desfavorable del miembro estructural de que se trate.



Se han incrementado notablemente los valores de las cargas vivas en oficinas, estacionamientos y lugares de reunión.

ART.200.

Durante el proceso de edificación deberán considerarse las cargas vivas transitorias que puedan producirse, éstas incluirán el peso de los materiales que se almacenan temporalmente, el de los vehículos y el equipo, el colado de plantas superiores que se apoyen en la planta que se analiza, y el personal necesario, no siendo esto último peso menor que  $150 \text{ kg/m}^2$ . Se considerará además una concentración de  $150 \text{ kg}$ . En el lugar más desfavorable.

ART.201.

El propietario o poseedor será responsable de los perjuicios que ocasione el cambio de uso de una edificación cuando produzca cargas muertas o vivas mayores, o con una distribución más desfavorable que las del diseño aprobado. El propietario deberá vigilar las cargas a las que se someta a su propiedad por terceros, de modificarse estas, el D.R.O.I. sus responsables en su caso no tendrán

El propietario o poseedor será responsable de los perjuicios que ocasione el cambio de uso de una edificación cuando produzca carga muertas o vivas mayores, o con una distribución mas desfavorable que las del diseño aprobado. el propietario deberá vigilar las cargas a las que se someta su propiedad por terceros, de modificarse estas, el d.r.o,i sus corresponsales en su caso no tendrán ninguna responsabilidad en el caso de fallo de la estructura el d.r.o. deberá hacer notar al departamento si las cargas han sido modificadas por los arrendatarios o propietario para deslindar su responsabilidad.

**Peso volumétrico de materiales de construcción.**

*Piedras naturales*

MATERIALES	PESO VOLUMETRICO	
	MAXIMO	MINIMO
Arcniscas	2.50	1.80
Basaltos	2.60	2.40
Granito	2.60	2.40
Mármol	2.80	2.50
Pizarras	2.80	2.30
Tepalates Secos	1.60	0.75
Saturados	1.90	1.30
Tezontles Secos	1.20	0.70
Saturados	1.60	1.10

*Piedras artificiales.*

MATERIALES	PESO VOLUMETRICO	
	MAXIMO	MINIMO
Concreto simple:		
Clase I	2.3	2.1
Clase II	2.1	1.9
Concreto reforzado		
Clase I	2.4	2.2
Clase II	2.2	2.0
Mortero de cal y arena	1.8	1.5
Mortero de cemento y arena	2.1	1.9
Tabique de barro hecho a mano	1.5	1.3
Tabique prensado o extruido	2.1	1.6
Bloque de concreto tipo pesado	2.1	1.9
Bloque de concreto tipo intermedio	1.7	1.3
Bloque de concreto tipo ligero	1.3	0.9
Mampostería de piedras naturales	2.5	2.1

*Varios*

MATERIALES	PESO VOLUMETRICO	
	MAXIMO	MINIMO
Caoba (seca)	0.55	0.65
Caoba (saturada)	0.70	1.00
Cedro (seco)	0.40	0.55
Cedro (saturado)	0.50	0.65
Oyamel (seco)	0.30	0.40
Oyamel (saturado)	0.55	0.65
Pino (seco)	0.45	0.65

MATERIAL	PESO VOLUMETRICO	
	minimo	maximo
Pino (saturado)	0.80	1.00
Encino (seco)	0.80	0.90
Encino (saturado)	0.80	1.00
Vidrio plano	0.80kg/m2	3.10 kg/m2
Azulcjo	10.0	15.0
Mosaico de pasta	25.0	35.0
Mosaico de terrazo (20x20)	35.0	45.0
Mosaico de terrazo (30x30)	45.0	55.0
Granito de terrazo	55.0	65.0
Loseta asfáltica o vinílica	5.0	10.0
Falso plafón de aplanado (incluye malla)	40.0	
Mármol de 2.5 cm de espesor	52.5	
Cancelería metálica para oficina	35.0	
Tabla roca de 1.25 cm	8.5	

Tabla de cargas vivas unitarias, en kg/m2

Destino de piso o cubierta	W	Wa	Wm	Observacion
a) Habitación (casa-habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, Correccionales, hospitales y similares.	70	90	170	1
b) Oficinas, despachos y laboratorios.	100	180	250	2
c) Comunicación para peatones(pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes De acceso libre al público.	40	150	350	3,4
d) Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales.	40	350	450	5
e) Otros lugares de reunión (templos, Cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, bibliotecas, aulas, Salas de juego y similares.	40	250	350	5
f) comercios, fabricas y bodegas.	0.8Wm	0.9Wm	Wm	6
g) Cubiertas y azoteas con pendiente no mayor de 5%	15	70	100	4,7
h) Cubiertas y azoteas con pendiente Mayor de 5%.	5	20	40	4,7,8
i) Volados en vía pública(marquesinas, Balcones y similares.	15	70	300	
j) Garajes y estacionamientos(para automóviles exclusivamente)	40	100	250	9

ANEXOV

## 5.13. Módulo de balasto.

### 5.13.1. Calcular módulo de balasto.

El módulo de balasto es un dato a introducir en el programa. Su determinación se realiza mediante métodos empíricos con ensayo de placa de carga.

Normalmente, si se ha hecho un estudio geotécnico, éste le debe proporcionar el valor exacto de este módulo para las dimensiones que va a tener la losa de cimentación.

Si el estudio no ha sido realizado, pero lo que se le proporciona es el módulo de balasto para placa de 30 x 30 cm (u otro tamaño de placa) y no para la dimensión total de la losa, tenga en cuenta que:

$$K1 \cdot d1 = K2 \cdot d2$$

Es decir, que los módulos de balasto K1 y K2 determinados con las placas de diámetro d1 y d2 cumplen la relación anterior.

Por tanto, de forma aproximada, se puede admitir que:

En suelos arenosos:

$$K1 = \frac{Kp(b+30)^2}{(2b)^2}$$

siendo:

K1: Módulo balasto de la losa o viga de cimentación

Kp: Módulo balasto de la placa de 30 x 30

b: Lado menor (ancho) de la losa o viga (en cm)

En zapatas regulares puede utilizar:

$$K' = \frac{2K1}{3} \left( 1 + \frac{b}{2l} \right)$$

En suelos arcillosos:

$$K1 = \frac{Kp \cdot (n + 0.5) \cdot 30}{(1.5 \cdot n \cdot b)}$$

siendo:

K1: Módulo balasto de la losa o viga de cimentación

Kp: Módulo balasto de la placa de 30 x 30

b: Lado menor (ancho) de la losa o viga (en cm)

Para vigas en particular sobre suelos arcillosos se puede utilizar:

$$K_1 = \frac{K_p \cdot 30}{b}$$

con idéntico significado que en las fórmulas anteriores.

Si no dispone de estudio geotécnico, puede optar por elegir entre los módulos de balasto indicativos siguientes:

0.5 kp/cm<sup>3</sup> para suelo malo

4.0 kp/cm<sup>3</sup> para suelo medio

12.0 kp/cm<sup>3</sup> para suelo muy bueno

Considerando tales valores como los proporcionados por un ensayo de placa de carga de 30 x 30 cm.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cypecad, "Manual del usuario"  
Cypecad de México, S.A de C.V.  
Versión 2000.1.g  
México, D.F. 2000
2. Reglamento de construcción del municipio de Hermosillo  
Dirección de desarrollo urbano y obras públicas del ayuntamiento  
Hermosillo, Sonora
3. Manual de diseño de obras civiles  
Diseño por sismo  
Comisión Federal de Electricidad  
Instituto de investigaciones eléctricas  
México, D.F. 1993
4. Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios  
ACI 318-95, ACI 318R-95  
1995, American concrete instiute  
1997, Instituto mexicano del cemento y el concreto A.C.  
México, D.F. 2000

