



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UNA CUBIERTA  
SEMIESFÉRICA DE FERROCEMENTO  
SOMETIDA A VIENTO Y SISMO

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA (ESTRUCTURAS)**

P R E S E N T A:

**PEDRO MONTES GARCÍA**

Asesor de Tesis: M. en C. Neftalí Rodríguez Cuevas

Ciudad Universitaria

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos:

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO:

Que me brindó la oportunidad de efectuar estudios de posgrado, los cuáles representan una etapa trascendental en mi formación profesional.

Al INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL:

Al CIIDIR-I.P.N.- Unidad Oaxaca:

A la COFFA-I.P.N. :

Ya que sin el enorme apoyo que me han brindado estas instituciones a través de sus directivos hubiese sido imposible concluir mis estudios .

A los profesores de la Facultad de Ingeniería:

M. en C. Neftalí Rodríguez Cuevas, M. en I. Carlos Javier Mendoza Escobedo, Ing. Santiago Loera Pizarro, Dr. José Alberto Escobar Sánchez y Dr. Oscar López Bátiz, por las revisiones y valiosas sugerencias hechas en la realización de este trabajo.

El autor desea expresar su más sincero agradecimiento al M. en C. Neftalí Rodríguez Cuevas y al Dr. Alonso Fernández González, por el valioso asesoramiento otorgado en la realización de este trabajo.

De manera muy especial al Doctor Alonso Fernández:

A quién considero mi mejor amigo, como muestra de infinita gratitud y aprecio por sus sabios consejos y gran apoyo, los que me han ayudado al tomar decisiones importantes en momentos difíciles de mi carrera profesional y vida personal.

A mi Madre:

Como un testimonio de eterno agradecimiento por su enorme labor de sacrificio, apoyo moral y gran amor que siempre me ha brindado, con lo cuál he logrado terminar mis estudios de posgrado, siendo para mi la mejor de las herencias,.

A mis hermanas:

Irma, Rosa, Emma, Blanca y María, por su comprensión y cariño.

A mis amigos y sobrinos:

Por su desinteresado apoyo y alegría que me han manifestaron.

A mis compañeros politécnicos y universitarios.

"gracias a la vida, que me ha dado tanto"

Violeta Parra "

# I N D I C E

	pág
RESUMEN	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAP. I.- CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DEL MODELO	1
CAP. II.- FERROCEMENTO	9
2.1 Antecedentes	10
2.2 Definición, ventajas y propiedades	11
CAP. III.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL	22
3.1 Método del Elemento Finito	23
3.2 Teoría de cascarones	25
3.3 Programa de Análisis utilizado	27
CAP. IV.- CARGAS ACTUANTES	32
4.1 Peso propio y carga viva	33
4.2 Viento	34
i) Determinación de las fuerzas debidas al viento	35
a) Pruebas en Túnel de Viento	44
b) Series de Fourier para obtener los coeficientes de Presión	46
4.3 Sismo	53
i) Determinación de las fuerzas debidas a sismos	53
a) Análisis con método simplificado, estático y dinámico	56
b) Espectro de Diseño	59
4.4 Combinaciones de carga	60
CAP. V.- ANÁLISIS	62
5.1 Distribución de esfuerzos	63
5.2 Desplazamientos	72
5.3 Propiedades dinámicas de la estructura	73
CAP. VI.- DISEÑO	76
6.1 Revisión de esfuerzos en el cascarón	80
CAP. VII.- BREVE ESTUDIO SOBRE CORROSIÓN	83
7.1 Mecanismos de generación	84
7.2 Medidas para minimizar la corrosión	86
CAP. VIII.- ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA	88
8.1 Conceptos básicos y teorías de pandeo	89
9.1 Revisión del pandeo criterio elástico	91
9.2 Criterio inelástico	96
CAP. IX.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS	107
APÉNDICE A (Archivo de datos para el programa SAP-90)	

## RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el análisis y diseño estructural por viento y sismo de una cubierta semiesférica de 12 metros de radio y cuatro centímetros de espesor, construida a base de ferrocemento. Se hace un análisis comparativo de comportamiento de la cubierta simple y reforzada con nervaduras verticales del mismo material, colocadas perimetralmente en la parte exterior del cascarón y que siguen la forma de la cubierta.

Al evaluar la acción viento sobre la estructura según el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad en su apartado Diseño por Viento, se adoptaron estudios experimentales previos hechos en túnel de viento, en donde se presenta la distribución de coeficientes de presión sobre una superficie semiesférica, y mediante Series de Fourier, características de la estructura y sitio de construcción se llega a las cargas debidas a tal acción; en el caso de sismo se hizo un análisis modal obteniendo los cuatro primeros modos de vibrar, y para evaluar las acciones se aplicó a la estructura el espectro de diseño del mismo Manual de la C. F. E., en su apartado de Diseño por sismo, considerando una estructura del Grupo A, ubicada en la zona sísmica C.

Para efectuar el análisis se utilizó el programa para computadora de Elemento Finito SAP-90, que modela la estructura como un elemento continuo.

También se presenta un breve estudio sobre corrosión en elementos construidos con ferrocemento, así como las medidas para minimizar este efecto.

Finalmente se revisa la estabilidad de la estructura mediante la evaluación de la carga de pandeo, con ambos enfoques, lineal y no lineal.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta tesis es el de mostrar el análisis estructural de una cubierta semiesférica de ferrocemento de cuatro centímetros de espesor con y sin nervaduras, sometida a viento y sismo utilizando el programa para computadora SAP-90, que se basa en el Método del Elemento Finito; también se hace una revisión de los esfuerzos actuantes sobre el cascarón y nervaduras; finalmente se evalúa el pandeo de la estructura sin nervaduras con ambos criterios, elástico e inelástico.

Dentro del conjunto de problemas de la economía, las construcciones ocupan un lugar importante al constituir una de las ramas fundamentales en el desarrollo de un país, garantizan además los ritmos de crecimiento, la creación de nuevas capacidades productivas en todas las ramas de la economía y la ampliación de las capacidades en las esferas no productivas, también son indicativo del mejoramiento de las condiciones de trabajo y nivel de vida de la población; por tal motivo, una de las direcciones principales del progreso en la industria de la construcción lo constituye la consiguiente y continuada búsqueda de materiales y procedimientos constructivos para la disminución de costos en la construcción de edificios para diversos fines.

Actualmente, entre todos los materiales de construcción el más utilizado es el concreto, el cual cumple con los requisitos fundamentales para la construcción en general, y al parecer esta tendencia se mantendrá en el futuro tanto en la construcción de obras nuevas como en la reconstrucción de las ya existentes.

El ferrocemento, en cambio, es poco utilizado en nuestro medio, sin embargo en países como Inglaterra, Canadá, Rusia, Estados Unidos, Brasil y Cuba ha tenido un desarrollo importante; y aunque en un principio el uso que se le dió no fue precisamente para edificación, sino que se construyeron barcos y depósitos para granos y líquidos; en la actualidad se retoma debido a que se ha comprobado que cubre también todos los requisitos necesarios para ser considerado material de construcción que compita a la par con el concreto<sup>(1)</sup>.

Por otra parte, es palpable la necesidad de disponer de recintos que puedan alojar un gran número de personas, con grandes espacios libres sin elementos intermedios que limiten dichos espacios y debido a esto se pierda funcionalidad y belleza. Estos edificios pueden ser auditorios, teatros, salas de exposición, etc., en donde se puedan realizar actividades de diversa índole y que cubran los requisitos indispensables de seguridad, comodidad y economía.

El uso del ferrocemento en construcciones donde se requiera salvar grandes claros es ideal, ya que al utilizar un procedimiento constructivo adecuado es posible adoptar la forma que se desee sin usar tanta cimbra -y en ocasiones eliminarla- como en el concreto reforzado, reduciendo de manera notable los costos.

Para tal efecto es necesario hechar mano de formas curvas naturales (i.e. cascarón de huevo, carrizo, etc.) que ofrecen gran resistencia por la manera como están constituidas, y que en el pasado han servido para construir grandes obras de la arquitectura por su belleza, funcionalidad y economía.

Debido a que el edificio propuesto es monolítico, posee poca masa, gran rigidez y el material a utilizar para su construcción tiende a ser homogéneo, se espera buen comportamiento de la estructura ante la acción tanto del viento como de sismo.

# CAPITULO I

## CAP. I.- CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DEL MODELO

El edificio en estudio se ubicará en la ciudad de Oaxaca, donde la acción del viento sobre las estructuras es frecuente, con largos periodos de duración y debido a que el sitio destinado para su construcción no tiene barreras naturales que lo protejan, este hecho cobra importancia; es también sabido que Oaxaca pertenece a una zona con gran actividad sísmica, por tal motivo es fundamental considerar la acción de sismos frecuentes de regular intensidad que actúen sobre la estructura.

El recinto se destinará a uso múltiple, donde se podrán desarrollar actividades tanto culturales y académicas, como de integración y políticas. Tiene la capacidad de albergar a 250 personas sentadas cómodamente. En el interior se observan dos niveles, en la planta baja se localiza un amplio vestíbulo que conduce a una sala para exposiciones de muestras artísticas como pueden ser pintura, escultura, etc., y a un costado se encuentran los servicios sanitarios, por los cuales se ingresa a un pequeño cuarto de utilería, en la parte posterior se localiza un amplio escenario y la primer zona de gradas. Al subir por las escaleras es posible acceder al área de gradas complementarias que se encuentran en el segundo nivel, además se tienen el escenario, vestidores y cuarto de proyecciones, (figuras de 1.1 a 1.4 inclusive).

La estructura principal es un domo semiesférico de 12 metros de radio hecha de ferrocemento empotrado en su base, el cual tiene cuatro huecos de dimensiones importantes a considerar en el modelo, tres de ellos destinados a puertas, una principal de cuatro metros de altura por diez de ancho, dos de emergencia situadas a los costados de tres por tres metros y la última es una linternilla circular de dos metros de diámetro colocada en la parte superior, que está delimitada por un elemento de borde anular sobre el que se sujetará un dispositivo para mejorar la ventilación del interior. Los huecos de ventanas para ventilación en baños no se consideran en el modelo debido a sus pequeñas dimensiones (troncos de 30 x 30 cms.). Se propone un espesor variable de la cáscara, en la parte inferior será de diez centímetros y disminuirá gradualmente hasta cuatro centímetros a una altura de tres metros, conservándose después este espesor constante

hasta llegar al elemento de borde anular. Este cambio de espesor es con el fin de proporcionar una mayor área en la zona donde se esperan los mayores esfuerzos cortantes y de flexión. Además, en la parte inferior se localizan varios huecos de dimensiones importantes donde se tiene una considerable falta de rigidez, por tal motivo se hace necesario compensarla, y una forma es aumentando el espesor del cascarón en dicha zona.

Los elementos estructurales internos como son arcos, losas, vigas y columnas que soportan gradas, cuarto de proyecciones y elementos arquitectónicos externos estarán desligados del cascarón para evitar que se introduzcan efectos no deseados en el comportamiento del mismo. La decisión de desligar los elementos arquitectónicos externos, obedece también al hecho de que al considerar una geometría complicada, es difícil disponer de información que muestre la distribución de coeficientes de presión necesaria para la obtención de las fuerzas debidas a la acción del viento, esta información se obtiene en pruebas de túnel de viento, afortunadamente para domos semiesféricas ya existe tal información generada mediante dichas pruebas realizadas con anterioridad.

La cimentación será a base de una zapata corrida perimetral de concreto reforzado, del mismo material se construirá el elemento de borde y ambos deberán ser capaces de soportar las fuerzas y momentos internos que les induce la estructura.

Además de las dos variables principales que intervienen en el comportamiento del domo, como son el uso del ferrocemento en su construcción y el aprovechamiento de la geometría curva, se le adicionará una más que es la colocación de 17 nervaduras verticales de concreto reforzado con una sección de 15x30 centímetros. Las nervaduras siguen la forma del domo, empiezan en la cimentación apoyadas en la zapata y terminan en el anillo superior formando parte de la estructura resistente principal.

Los huecos para puertas se reforzarán adecuadamente colocando un marco formado con elementos verticales de ferrocemento, para sustituir de alguna manera parte de rigidez que se pierde al tener dichos huecos.

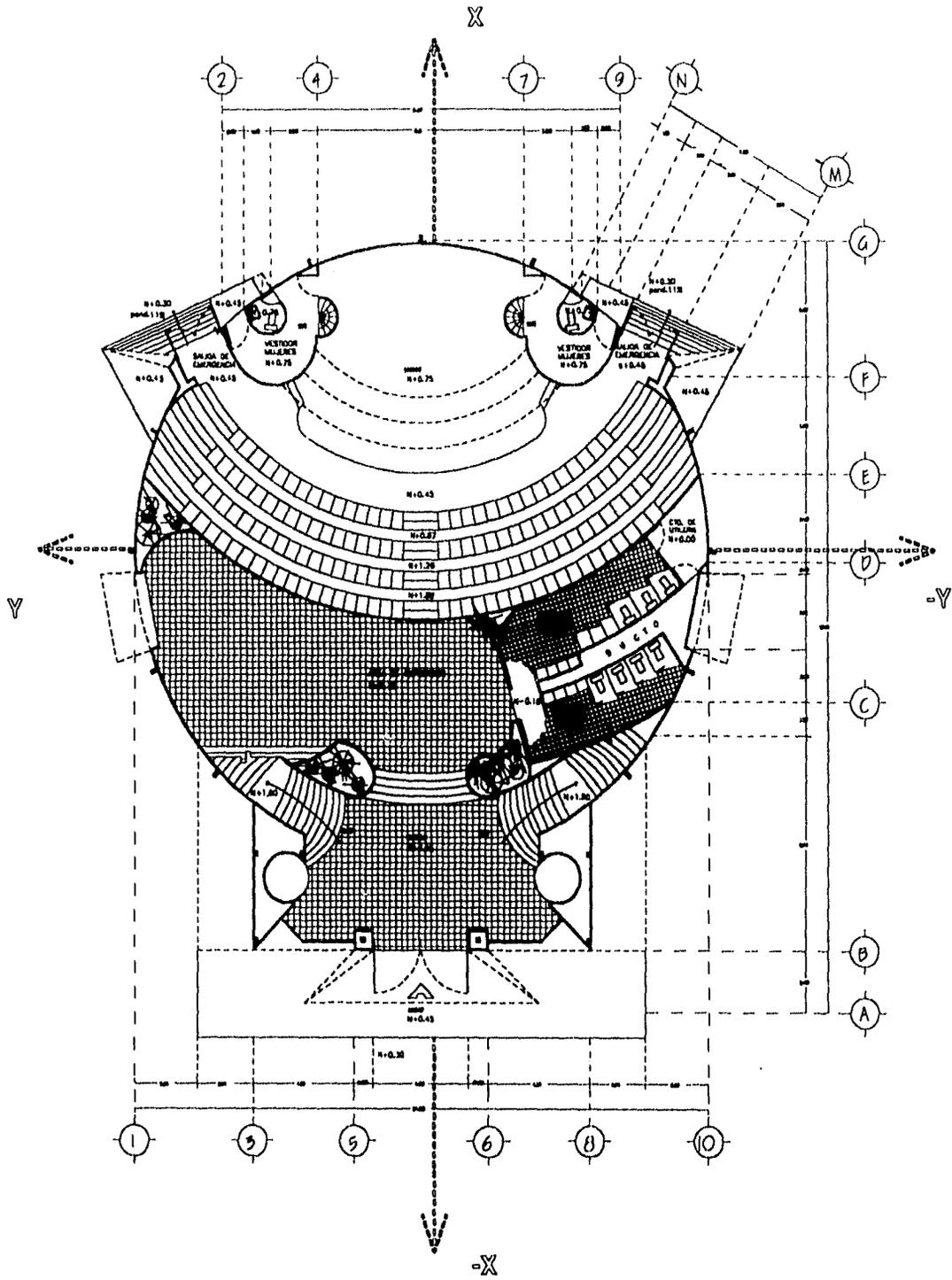


figura 1.1.- Planta Arquitectónica Baja

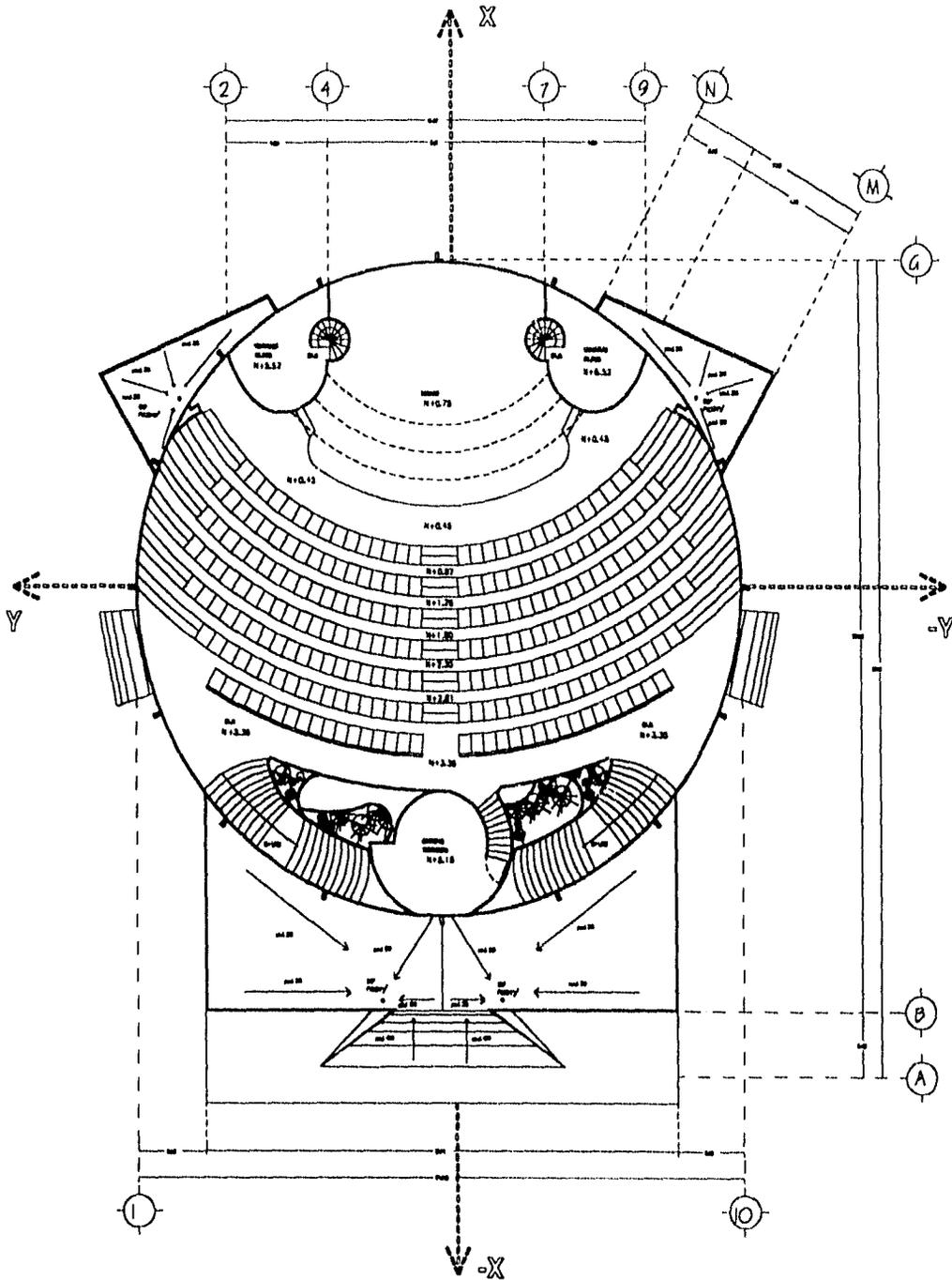


figura 1.2.- Planta Arquitectónica Alta

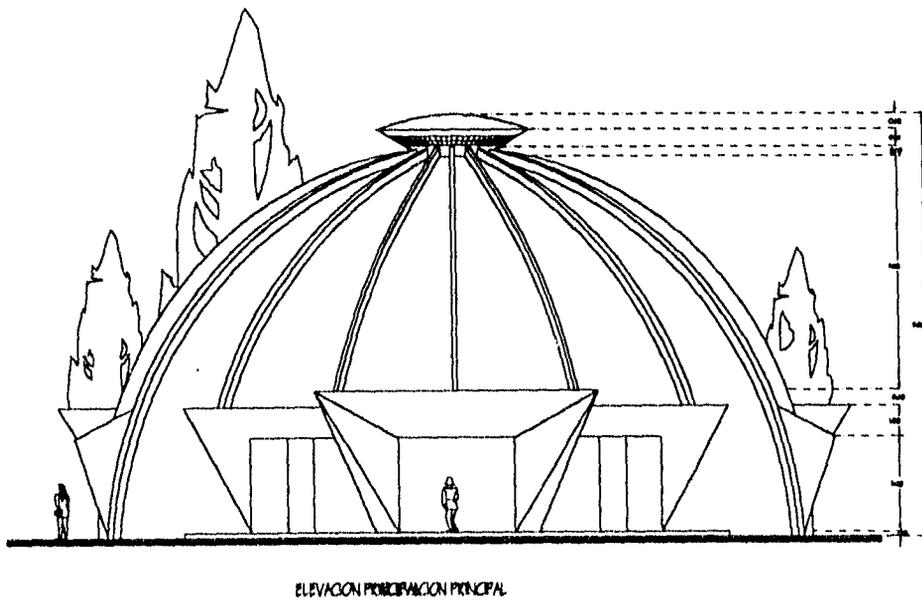
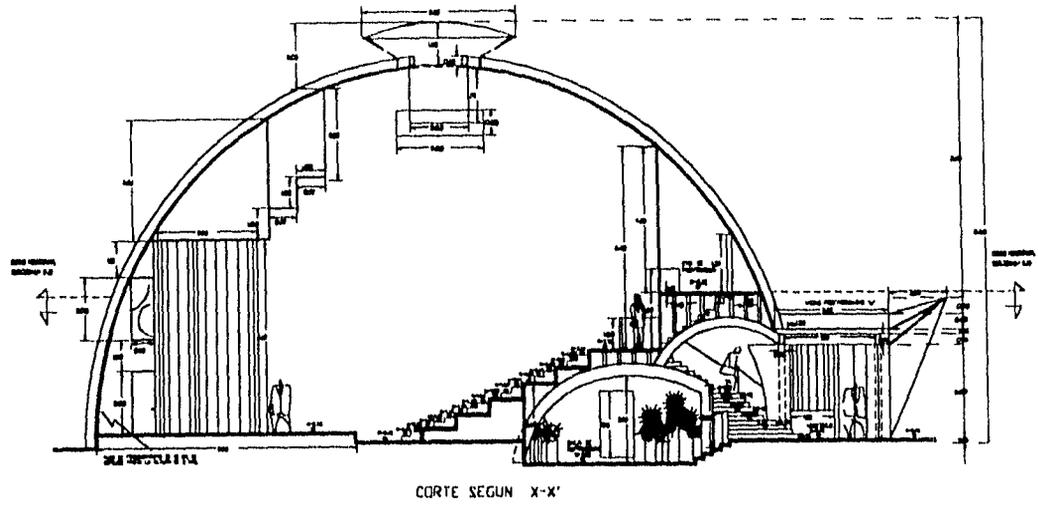


figura 1.3.- Corte interior y fachada principal

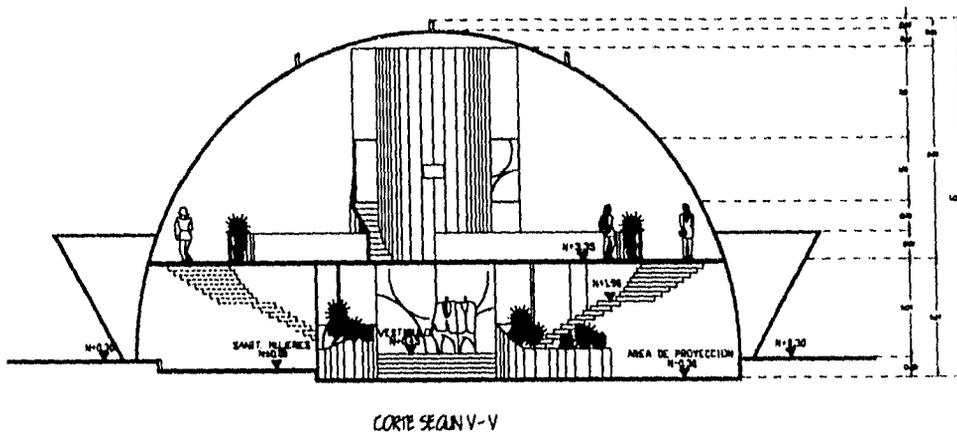
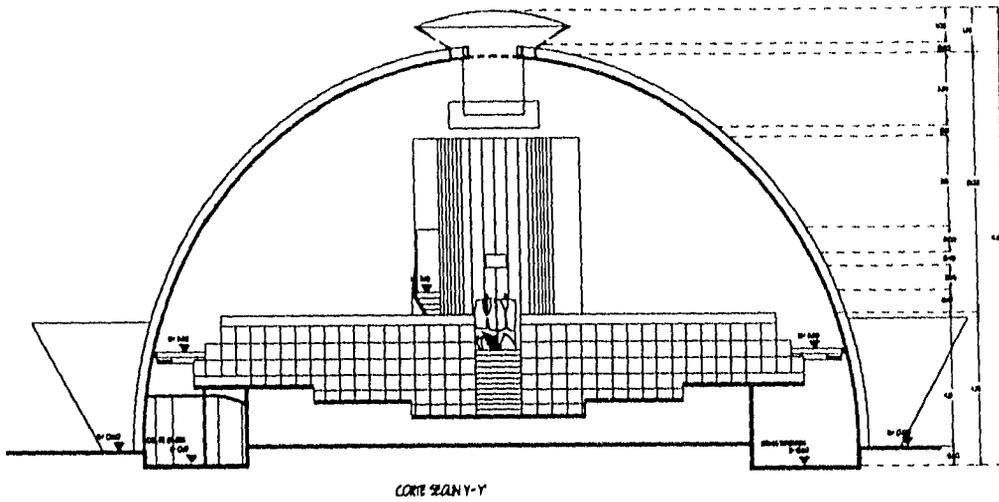


Figura 1.4.- Cortes interiores

Se contempla hacer un análisis comparativo de las propiedades dinámicas de ambas estructuras analizando parámetros como el periodo de vibración, así como los esfuerzos y desplazamientos máximos debidos a diferentes sollicitaciones de carga.

Más adelante se realizará la revisión y diseño definitivo de las dimensiones propuestas para la elaboración del análisis estructural, y la evaluación de la estabilidad de la estructura.

## CAPITULO II

## CAP. II.- FERROCEMENTO <sup>(1)</sup>

### 2.1 Antecedentes

Como se mencionó brevemente en la introducción, en la actualidad el concreto es uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción, ya sea prefabricado ó colado en el sitio, el cual cumple con los requerimientos fundamentales para la construcción de grandes obras de ingeniería, así como de viviendas, edificios públicos y otras en particular. Estos requerimientos son satisfechos ampliamente con el uso del ferrocemento, material conocido y aplicado por primera vez en el año de 1848 ( Jean Louis Lambot.) aunque no precisamente en edificios sino en botes; en 1943, casi un siglo después, Pier Luigi Nervi ingeniero-arquitecto se destacó por la construcción de grandes obras como lo es la cubierta de la Sala Central del Palacio de Exposiciones de Turín con un claro de 95 metros empleando elementos prefabricados de ferrocemento ligados con arcos de concreto reforzado<sup>(1)</sup>.

A pesar de los grandes logros realizados, el uso del ferrocemento decayó debido a la inercia en la mentalidad de los ingenieros formada bajo la influencia de muchos años de trabajo con el concreto armado tradicional. Los elementos con paredes delgadas y secciones pequeñas influyeron psicológicamente y provocaron desconfianza e inseguridad de su resistencia. También se dudaba de su durabilidad, el hecho de que se manejaran pequeños recubrimientos era indicativo de que en caso de agrietamiento del mortero se presentaría la corrosión de todo el refuerzo. Por otro lado, debido a las características intrínsecas del ferrocemento, era necesario construir elementos con cierta curvatura, lo que dificultaría el diseño de la cimbra y encarecería el proceso.

Todos estos aspectos hicieron que se frenara el desarrollo del ferrocemento durante muchos años, desaprovechando el uso de un material de construcción realmente económico y con perspectivas.

La búsqueda de nuevos materiales y procedimientos constructivos más rápidos y económicos, hizo que se retornara al uso del ferrocemento, por lo que se tiene a la fecha

información de las propiedades más importantes de elementos construidos con este material como son comportamiento a la tensión, compresión, flexión y agrietamiento.

## 2.2 Definición, ventajas y propiedades

Definición de ferrocemento(según el comité 549 del ACI)<sup>(1)</sup>.

“Es un tipo de concreto armado en forma de lámina delgada comúnmente constituido con mortero de cemento hidráulico y reforzado con capas de telas de malla poco separadas entre sí, formadas por alambres continuos y de diámetro relativamente pequeño”.

### Ventajas

- El ferrocemento presenta mejores propiedades mecánicas y durabilidad que el concreto armado<sup>(1)</sup>, se observa que ante solicitaciones de carga su proceso deformativo es notablemente distinto al del concreto, debido a que tiene mayor resistencia al agrietamiento<sup>(1)</sup>; la suave configuración de la deformada, el gran margen entre la primera grieta y la carga a la falla, así como la gran deformación que admite antes de la misma, permite que se comporte dentro de ciertos límites como un material elástico y homogéneo.
- La distribución uniforme del refuerzo y alta relación entre el área superficial del refuerzo al volumen del compuesto, da como resultado una mayor oposición al surgimiento y propagación de las grietas, lo que incrementa la resistencia a la tensión del material.
- El mortero puede experimentar mayores deformaciones en las cercanías al refuerzo sin agrietarse, ya que la magnitud de las deformaciones depende de la subdivisión y distribución del refuerzo a través de la masa de mortero.
- El ferrocemento es esencialmente ventajoso también en estructuras espaciales de paredes delgadas en donde la rigidez y resistencia se desarrollan a través de la forma, teniendo la ventaja de poder ser moldeable y construida de una sola pieza.

## Desventajas

Debido a los pequeños espesores que se manejan en el diseño y construcción de estructuras de ferrocemento, uno de los principales problemas que se tienen es que el material está propenso al ataque de la corrosión sobre el refuerzo metálico utilizado.

Son varias las razones por las que se puede presentar dicha corrosión, algunas de ellas dependen de las condiciones de humedad de la zona en que se desplante la estructura, un deficiente método en la colocación del mortero dejando demasiados huecos por falta de compactación o vibrado, agrietamiento excesivo por un curado inadecuado y tipo de refuerzo utilizado, principalmente.

A pesar de utilizar como refuerzo tela de malla galvanizada también puede presentarse corrosión debido a un efecto galvánico que se estudiará posteriormente, así como la forma de minimizarlo (capítulo VII).

Si llega a presentarse el fenómeno de corrosión del refuerzo, esto puede generar inestabilidad estructural debido al flujo plástico del material al ser sometido a esfuerzo constante durante un periodo largo de tiempo y carecer del refuerzo necesario. Por tal motivo en el capítulo VIII se realiza una revisión del pandeo de la estructura considerando que las propiedades del ferrocemento varían con el tiempo.

## Propiedades<sup>(1)</sup>

Muchas de las propiedades del ferrocemento se derivan de tener una alta cantidad de refuerzo distribuido en toda la sección logrando con esto que los elementos construidos con este material sean homogéneos y su comportamiento sea casi elástico para determinados regímenes de carga, debido a que hay relajación de esfuerzos que inciden en el cemento.

En los últimos años, en varios países se han realizado pruebas para determinar las características mecánicas del ferrocemento, y su comportamiento a los diferentes tipos de sollicitaciones como son tensión, compresión, flexión y agrietamiento.

#### a) Comportamiento a la tensión

Tanto el concreto como el mortero son considerados materiales con poca resistencia a la tensión, normalmente la resistencia a la tensión oscila entre 1/10 de la resistencia a la compresión. El ferrocemento tiene una mayor resistencia a la tensión debido a su alto contenido de acero y gran dispersión de éste, además de que en su elaboración se utiliza generalmente mortero con altos valores de resistencia a la compresión.

#### Módulo de elasticidad a la tensión

El módulo de elasticidad del ferrocemento a la tensión cuando no se tienen datos más precisos se puede tomar como 5000 Mpa ( $5.0968 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ ), valor propuesto por Bezukladov<sup>(2)</sup>.

#### b) Comportamiento a la compresión

Los resultados experimentales muestran que la resistencia del ferrocemento en compresión está dada principalmente por el mortero en proporción directa al área de su sección transversal. Las variaciones de la superficie específica y el factor de refuerzo, \_parámetros que se definen a continuación\_ no ejercen influencia significativa en la resistencia a la compresión del ferrocemento, sin embargo la orientación y colocación del refuerzo pueden tener alguna influencia.

#### Módulo de elasticidad a la compresión

El módulo de elasticidad del ferrocemento a la compresión en caso de no contar con datos precisos se puede tomar provisionalmente como 20000 Mpa ( $2.038 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ), valor también propuesto por Bezukladov.

También es posible obtener este módulo en base a un importante estudio hecho por Kameswararao C. Y Kamasundararo<sup>(3)</sup>, el cual se describe en seguida:

### Curva esfuerzo-deformación para ferrocemento en compresión axial<sup>(3)</sup>

Las variables que determinan los valores de resistencia última, deformación en la resistencia última y módulo de elasticidad son el contenido de acero, el diámetro de los alambres, espaciamiento de los mismos, esfuerzo de fluencia y resistencia a la compresión del mortero simple.

Los primeros tres parámetros son unificados como uno sólo llamado relación de superficie específica ( $s$ ).

La relación de superficie específica se define como el área superficial total de contacto de los alambres de refuerzo por unidad de longitud del espécimen, en la dirección de la aplicación de la carga con un ancho y espesor dado, a el volumen de mortero por unidad de longitud del espécimen en la dirección de la fuerza con el mismo ancho y espesor.

Combinando la relación de superficie específica, el esfuerzo de fluencia de los alambres de refuerzo ( $\sigma_y$ ), y resistencia a la compresión del mortero simple ( $f_c$ ) se obtiene otro parámetro denominado Factor de Superficie Específica dado por la siguiente expresión:

$$S_F = s \frac{\sigma_y}{f_c}$$

Por medio de trabajo experimental, con la ayuda del parámetro anterior, y al realizar regresiones se obtuvieron expresiones para obtener la resistencia última a la compresión, deformación en la resistencia última y módulo de elasticidad del ferrocemento<sup>(3)</sup>:

$$\frac{f_f}{f_c} = 1 + 0.012 S_F \quad \rightarrow \quad 1$$

$$\frac{\epsilon_f}{\epsilon_c} = 1 + 0.03 S_F \quad \rightarrow \quad 2$$

$$\frac{E_f}{E_c} = 1.19 + 0.007 S_f \quad \rightarrow \quad 3$$

donde:

$f_f$  = resistencia última del ferrocemento en compresión

$f_c$  = resistencia última del mortero simple en compresión

$S_f$  = factor de superficie específica

$\epsilon_f$  = deformación en la resistencia última del ferrocemento en compresión

$\epsilon_c$  = deformación en la resistencia última del mortero simple en compresión

$E_f$  = módulo de elasticidad del ferrocemento

$E_c$  = módulo de elasticidad del mortero simple

Es posible obtener la curva esfuerzo deformación del ferrocemento adoptando la sugerida por Sanz L. P. para concreto<sup>(3)</sup>:

$$\sigma = \frac{A \epsilon + D}{1 + B \epsilon + C \epsilon^2}$$

donde:

$\epsilon$  = deformación en el concreto

$\sigma$  = esfuerzo correspondiente a dicha deformación

A, B, C, D = variables

Con base en una serie de datos experimentales<sup>(3)</sup>, se obtuvieron los valores de las variables y llegó finalmente la siguiente expresión:

$$\frac{\sigma}{f_f} = \frac{1.77(\epsilon/\epsilon_f)}{1 - 0.23(\epsilon/\epsilon_f) + (\epsilon/\epsilon_f)^2}$$

donde  $f_f$  y  $\epsilon_f$  son resistencia última y deformación en resistencia última para el ferrocemento en compresión y se obtienen de las expresiones 1 y 2 anteriores. Y  $\sigma$  es el esfuerzo en el ferrocemento en una deformación  $\epsilon$ .

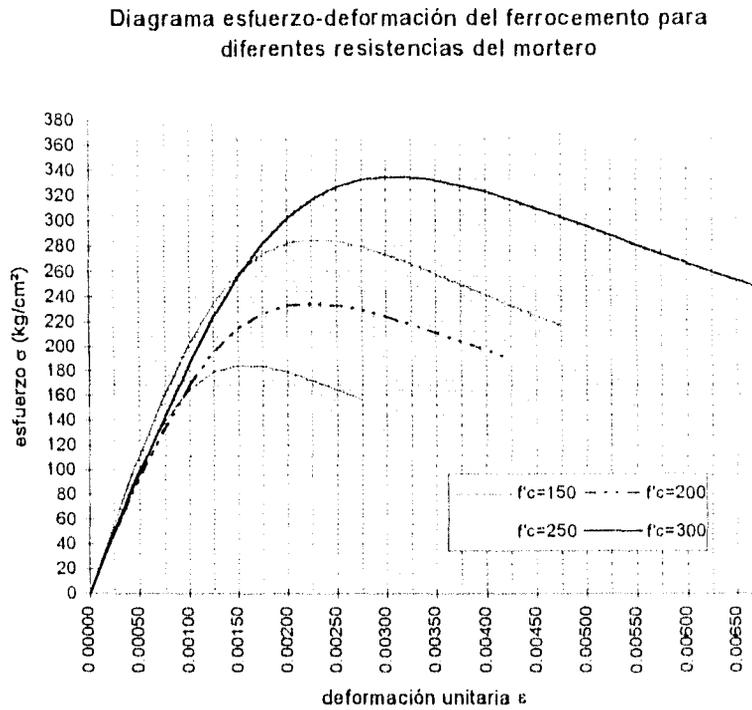


Fig. 2.3.- Diagrama Esfuerzo-deformación del ferrocemento en compresión.

Para evaluar el factor de superficie específica es necesario proponer una distribución de refuerzo tentativa y de esta manera se tiene que:

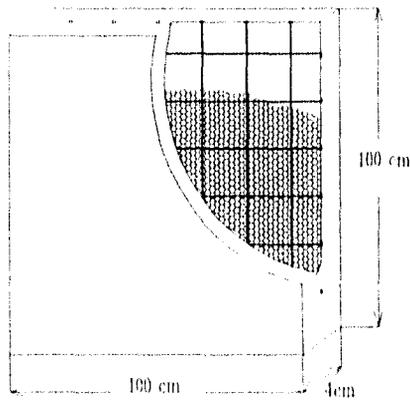


figura 2.1.- Detalle de armado

Tela de gallinero (figura 2.2):

Longitud del alambre (La)

$$\begin{aligned} \operatorname{sen}\theta &= \frac{d}{x} \quad \therefore \quad x = \frac{d}{2 \operatorname{sen}\theta} \quad \rightarrow \quad \frac{d}{2} = \frac{1.27}{2} = 0.635 \\ x &= \frac{0.635}{\operatorname{sen}60^\circ} = 0.733 \end{aligned}$$

con 136 espacios se tiene:

$$\text{elementos} = 1.29x + 0.254 = 1.29(136) + 0.254 = 175.7$$

$$\text{longitud} = 175.7(0.733) = 128.8 \text{ cms.}$$

Número de alambres: en 1/2" se tienen dos alambres, y en todo el ancho:

$$\frac{100}{1.27}(2) = 157.5$$

alambres por capa y en total 315 por ser dos capas.

$$\text{Long. Total} = 315(128.8) = 40572 \text{ cm. Lineales}$$

$$\text{diámetro del alambre} = 0.073 \text{ cm.}$$

$$\text{Perímetro} = 3.14(0.073) = 0.23 \text{ cm}$$

$$\text{Área superficial} = 0.23(40573) = 9331.53 \text{ cm}^2$$

Malla electrosoldada:

$$\text{No. de barras} = \frac{100}{15} + 1 = 7.67 \text{ varillas en una dirección}$$

$$\text{total de barras} = 15.33$$

$$\text{Longitud} = 15.33(100) = 1533 \text{ cm.}$$

$$\text{Diámetro} = 0.412 \text{ cm.}$$

$$\text{Perímetro} = 3.14(0.412) = 1.29 \text{ cm.}$$

$$\text{Área superficial} = 1.29(1533) = 1977.57 \text{ cm}^2$$

Varillas (1/2")

$$\frac{100}{50} + 1 = 3 \text{ varillas en una dirección total} = 6 \text{ varillas}$$

$$\text{longitud} = 600 \text{ cm.}$$

$$\text{diámetro} = 1.27 \text{ cm.}$$

$$\text{Perímetro} = 3.14(1.27) = 3.99 \text{ cm.}$$

$$\text{Área superficial} = 3,99 (600) = 2394 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área superficial de refuerzo total} = 9331,56 + 1977,57 + 2394 = 13703,13 \text{ cm}^2$$

$$\text{Volumen de mortero} = 4 (100) (100) = 40000 \text{ cm}^3$$

$$\text{Superficie específica } (\vartheta) = \frac{13703,13}{40000} = 0,34 \text{ cm}^{-1}$$

con cuatro capas de tela de gallinero se tiene:

$$\text{Área superficial total} = 2 (9331,56) + 1977,57 + 2394 = 23034,69 \text{ cm}^2$$

$$\text{Superficie específica} = \frac{23034,69}{40000} = 0,576 \text{ cm}^{-1}$$

Hay discrepancia entre autores para establecer el límite inferior del parámetro superficie específica total del refuerzo, puesto que debe variar dependiendo de las técnicas y procedimientos constructivos empleados, pero se puede considerar no debe ser menor  $0,5 \text{ cm}^2 \text{ por cm}^3$ , para que el material en cuestión se considere ferrocemento<sup>(1)</sup>.

Por otra parte, se sabe que debido al procedimiento constructivo de la tela de gallinero no tiene las mismas propiedades en dos direcciones ortogonales, es decir, en una es más fuerte que en la otra, por esta razón, las telas de gallinero se colocarán cuatrapereadas para poder considerar un material isótropo, esto es, obtener las mismas propiedades en ambas direcciones.

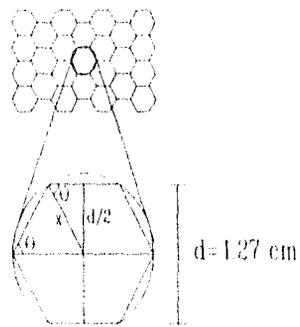


Fig. 2.2.- Detalle de tela de gallinero

### c) Comportamiento a la flexión

La curva carga-desplazamiento de un elemento sometido a flexión simple se puede considerar como aproximadamente trilineal (figura 2.4), donde se aprecian tres zonas de comportamiento bien definidas, elástica, elasto-plástica y plástica.

El material se comporta como elástico hasta la primera grieta, en donde ocurre una sensible disminución de rigidez del elemento. En la siguiente zona el material pasa a ser elasto-plástico, ocurriendo un aumento del número de fisuras con un ligero aumento en la abertura de las mismas. En la tercera zona de comportamiento ocurre un rápido aumento en el número de grietas así como de su abertura hasta que se presenta la falla. La resistencia del ferrocemento a flexión depende no solamente de la superficie específica, sino también del tipo de malla, su orientación y geometría, así como la presencia o no de acero de esqueleto.

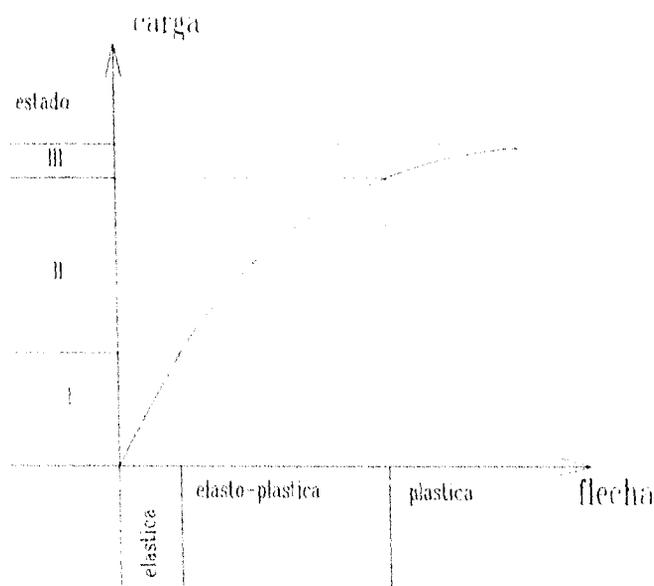


figura 2.4.- Diagrama carga-flecha de un elemento de ferrocemento sometido a flexión<sup>(1)</sup>

### Módulo de elasticidad a la flexión

$$E_r = \frac{4E_{ft} E_{fc}}{(\sqrt{E_{ft}} + \sqrt{E_{fc}})^2}$$

$E_r$  = Módulo de elasticidad reducido a la flexión.

$E_{ft}$  = Módulo de elasticidad a la tracción.

$E_{fc}$  = Módulo de elasticidad a la compresión.

Bezukladov nuevamente plantea valores para diseño  $E_r = 20000$  Mpa ( $2.034 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>) para cargas de corta duración y  $E_r = 10000$  Mpa ( $1.09 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>) para cargas de larga duración.

Utilizando los valores del módulo de tensión y compresión del ferrocemento se tiene:

$$E_r = \frac{4 \times 5000 \times 20000}{(\sqrt{5000} + \sqrt{20000})^2} = 8888.88 \text{ Mpa. } (0.9061 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2)$$

### Transmisión térmica

Debido al pequeño espesor de cascarón que se propone (4 cms.), la transmisión térmica es intensa en época de frío o calor

Se propone un aislamiento térmico, que mejore las características internas del edificio proporcionando un ambiente de confort para los ocupantes, esto también contribuirá de manera importante a mejorar la acústica del recinto; sin embargo, estas medidas se tomarán en cuenta durante el proceso constructivo del edificio, etapa que va más allá del alcance de esta tesis.

## Permeabilidad

La permeabilidad del mortero y el concreto es una propiedad muy importante, ya que refleja la capacidad del material para obstaculizar la penetración de líquidos y gases en su interior. Si llegara a presentarse este fenómeno, es probable que los líquidos que penetran, principalmente el agua, ataquen el acero de refuerzo promoviendo la corrosión de dicho refuerzo.

La permeabilidad depende fundamentalmente de la porosidad de la pasta endurecida de cemento, ya que la porosidad de los granos de los agregados es baja comparada con la de la pasta de cemento utilizada.

La permeabilidad de la pasta de cemento disminuye a medida que se produce la hidratación, según Neville<sup>(23)</sup>, se observa también que la disminución del coeficiente de permeabilidad es mayor cuanto menor es la relación agua/cemento

Se puede lograr una baja permeabilidad, que se logra generalmente con una baja relación agua/cemento, un consumo elevado de cemento, una granulometría adecuada de los agregados utilizados, un sistema de colocación del mortero adecuado y un buen curado.

En el Capítulo VII se proponen algunas medidas para disminuir la permeabilidad del mortero y de esta manera minimizar al máximo los efectos de la corrosión sobre el refuerzo metálico en la matriz de mortero.

## CAPITULO III.

## CAP. III.- ANÁLISIS ESTRUCTURAL

### 3.1 Método del Elemento Finito

#### Definición.

El método del elemento finito es una técnica de análisis para obtener soluciones aproximadas de una gran variedad de problemas de ingeniería. Aunque originalmente se desarrolló para otros fines tales como estudiar esfuerzos en fuselajes de aeronaves, su uso se ha extendido a la mecánica del continuo. Por su diversidad y flexibilidad como una herramienta de análisis es muy útil en las escuelas de ingeniería y en la industria.

#### Consideraciones del método.

Un problema continuo de una dimensión de campo variable tal como temperatura, presión, desplazamientos, esfuerzos, posee un número infinito de valores porque es función de cada punto genérico en un cuerpo o región solución. Por tal razón el problema tiene un número infinito de incógnitas. El método del elemento finito discretiza el continuo y reduce el problema a uno con un número finito de incógnitas, al dividir la región solución en elementos y expresar el campo variable desconocido en términos de funciones de aproximación, que también se les conoce como funciones de interpolación. Estas funciones son definidas de los valores del campo de variables en puntos específicos llamados nodos o puntos nodales. La descripción del comportamiento del elemento en estudio generalmente falla en los nodos cercanos a las fronteras del elemento, pero un elemento finito de este tipo puede tener a su vez nodos interiores que representarán de mejor manera el continuo. Los valores nodales del campo variable y las funciones de interpolación definen completamente el comportamiento en los elementos. Para tener un mejor

seguimiento del método se presenta a continuación un procedimiento paso a paso que sintetiza en lo general la aplicación del método en la solución de problemas<sup>(4)</sup>:

1.- Discretización del continuo.

El primer paso es dividir el continuo o región solución en elementos. Se pueden utilizar varios tipos de elementos y es posible combinar tipos diferentes dentro de una misma región.

2.- Seleccionar funciones de interpolación.

Este paso consiste en asignar nodos a cada elemento y luego escoger el tipo de función de interpolación que represente la variación del campo de variables sobre el elemento.

3.- Encontrar las propiedades del elemento.

Una vez que se han seleccionado las funciones de interpolación, es posible determinar las ecuaciones matriciales que expresen las propiedades de los elementos individuales. En este paso se puede hacer uso de cuatro propuestas: la directa, variacional, residuos pesados y balance de energía. Todo depende de la naturaleza del problema.

4.- Ensamblar las propiedades del elemento y obtener el sistema de ecuaciones.

En esta etapa se deben combinar las ecuaciones matriciales que expresan el comportamiento de los elementos y formar las ecuaciones matriciales que describan el comportamiento de toda la estructura. Las bases para el procedimiento de ensamblaje es que en un nodo en donde se interconectan varios elementos, los valores del campo de variables son los mismos para cada elemento que llega al nodo. Posteriormente se toman en cuenta las condiciones de frontera y se procede a solucionar el sistema.

5.- Resolver el sistema de ecuaciones.

Los pasos anteriores generan un sistema de ecuaciones simultáneas que al resolverlas se obtienen los valores nodales desconocidos del campo de variables. El sistema de ecuaciones puede ser lineal o no, dependiendo del tipo de problema que se resuelva, lo que complica un poco la solución.

### **Ventajas y desventajas.**

Al utilizar este método se observan las siguientes ventajas:

- 1.- Las propiedades de los materiales en elementos adyacentes no tiene que ser las mismas, esto permite que el método se aplique a cuerpos compuestos de varios materiales.
- 2.- Se pueden aproximar las fronteras irregulares al usar elementos con lados rectos o curvos, el método por lo tanto no está limitado a sólo formas regulares u fronteras fácilmente definidas.
- 3.- El tamaño de los elementos puede ser variado. Esto permite que la malla pueda refinarse o aumentarse como sea requerido.
- 4.- Se pueden manejar condiciones de frontera mixta.
- 5.- El método se puede automatizar sin gran dificultad mediante el diseño de programas para computadora y así resolver problemas muy complejos que manualmente sería prácticamente imposible.

La desventaja que tiene el método está muy ligada al último inciso del apartado anterior, y es el uso forzoso de computadoras de gran capacidad si se desea solucionar problemas complejos, aunque hoy en día ese problema se ha superado con los grandes avances tecnológicos en el cálculo electrónico.

### **3.2 Teoría de cascarones <sup>(b)</sup>**

Un cascarón se define como un objeto, que para propósito de análisis puede considerarse como la materialización de una superficie curva. Esta definición implica que el espesor del cascarón es pequeño comparado con las otras dimensiones, puede ser de la misma dimensión en todo el cascarón ó ser variable de un punto a otro.

En un cascarón semiesférico también llamado cúpula, se definen dos elementos geométricos básicos que son la directriz y la generatriz.

La superficie se forma cuando la generatriz se hace girar apoyada en un eje vertical y en la directriz, por esta razón se considera una superficie de revolución. Se observa también que la directriz debe ser siempre un círculo, y la generatriz arco de circunferencia de medio punto (figura 3.1).

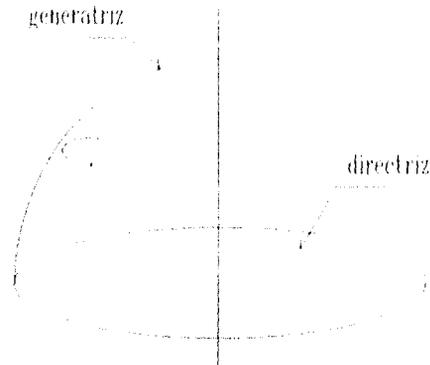


figura 3.1.- Generación de un cascarón semiesférico.

Generalmente este tipo de estructuras se proyectan para cubrir grandes claros en donde es necesario resolver el problema de iluminación y ventilación del área cubierta. Una solución consiste en dejarle a la cúpula un hueco en la parte alta, generalmente de forma circular que recibe el nombre de linternilla.

El cascarón se puede considerar formado por una serie de arcos o meridianos ubicados sobre la directriz, y una serie de anillos paralelos a aquélla.

Si se discretiza el domo en pequeños elementos se observa que debido a su geometría las cargas externas originan esfuerzos internos como respuesta ante dichas acciones. Para efectos de análisis, es necesario definir un sistema de coordenadas que describa la posición de cualquier punto, así como también para evaluar los esfuerzos que se generan. Resulta conveniente proponer un sistema de ejes locales en cada elemento discreto (en este caso se tiene el sistema de ejes 1, 2, 3).

En todos los elementos del cascarón se presentan esfuerzos normales, tangenciales, efectos de flexión y torsión (figura 3.2). Estos últimos varían de manera significativa con la forma de la generatriz que se adopte. Si se minimizan de manera considerable, es posible obtener sólo los esfuerzos normales y tangenciales, con lo que se dice que el

cascarón tiene un comportamiento de membrana y la distribución de esfuerzos estará regida por el patrón que indica la figura 3,3:

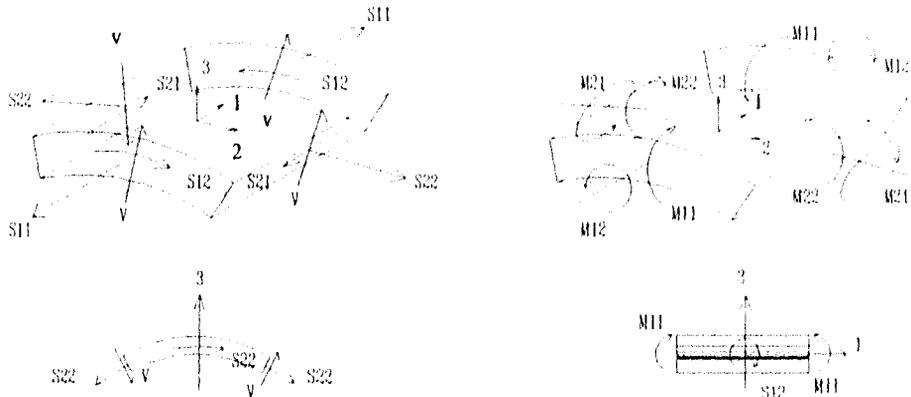


figura 3.2.- Distribución de esfuerzos en un cascarón

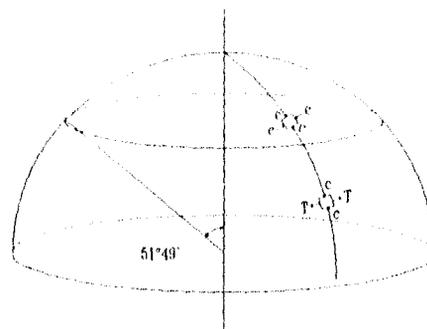


figura 3.3.- Patrón de esfuerzos de un cascarón semiesférico.

Se observa en la figura anterior que en cualquier punto el esfuerzo meridional es de compresión. En cualquier punto de la cúpula que forme un ángulo con la vertical menor de  $51^{\circ} 49'$ , el esfuerzo anular será de tensión y en caso contrario de compresión.

### 3.3 Programa de Análisis utilizado

Debido a la complejidad de la estructura propuesta, por el hecho de ser un continuo su comportamiento estructural difiere notablemente de una estructura reticular que se usa

comúnmente en la estructuración de edificios, por esta razón, se buscó en la literatura un programa de análisis que cumpla con los requisitos necesarios para la elaboración de un modelo, el cual represente lo más aproximado posible el comportamiento del domo. Con base en lo anterior se eligió una serie de programas de análisis para computadora llamado: "SAP-90 A Series of Computer Programs for the Static and Dynamic Analysis of Structures", por ser éste el más adecuado ya que cubre los requerimientos mencionados anteriormente.

El programa de Análisis SAP-90<sup>(6)</sup> es el resultado de varios años de investigación en este campo; fue desarrollado en la Universidad de California en Berkeley, por el profesor Edward L. Wilson. El lenguaje de programación utilizado es Fortran-77 y esta versión del programa está diseñada para ser usada en computadoras con sistema operativo MS-DOS. La computadora debe contar con 640 Kb en memoria y un espacio en disco duro de 30 Mb. El programa es capaz de resolver problemas que tengan hasta 4000 nodos u 8000 ecuaciones, pero con más capacidad en disco duro y versiones de programas utilizando memoria extendida mayores de 640 Kb, se pueden resolver problemas mayores. Todas las operaciones aritméticas son ejecutadas en doble precisión.

El programa tiene la opción de realizar análisis estático y dinámico de una estructura en la misma corrida, y en las combinaciones de carga se pueden incluir resultados de ambos análisis. Para ejecutar el programa es necesario construir un archivo de datos con formato libre en donde se describan con detalle las características geométricas de la estructura así como las propiedades de los materiales utilizados.

El programa trabaja con el Método del Elemento Finito, y para modelar una estructura en el SAP-90 se cuenta con cuatro elementos designados como FRAME, para elementos tridimensionales prismáticos o no prismáticos, SHELL para elementos tridimensionales tales como cascarones, membranas y placas, ASOLID para elementos sometidos a esfuerzos planos, y por último SOLID para elementos tridimensionales masivos o no.

La simplificación de estos elementos conduce a cualquier estructura que se desee analizar, ya sea plana o tridimensional; también se incluyen todos los tipos de cargas asociadas con cada geometría.

El programa tiene otras ventajas como incluir elementos de frontera en la forma de apoyos con resortes, además no hay restricción en la combinación de tipos de elementos en un modelo particular que lo requiera, y es posible incluir el efecto P-Delta en el elemento FRAME.

Con respecto al tipo de cargas, el programa admite cargas por gravedad, térmicas y presfuerzo, además de las nodales con fuerzas y desplazamientos especificados. En lo que respecta a la carga dinámica, puede ser en la forma de espectro de respuesta de aceleración en la base del edificio ó cargas que varían con el tiempo.

El archivo de datos contiene 21 bloques donde se describe con detalle las características de la estructura, los materiales utilizados y las cargas actuantes (Tabla I).

Bloque de datos	Descripción	Obligatorio
1.- Title Line	Información del título del trabajo	Sí
2.- SYSTEM	Información de control	Sí
3.- JOINTS	Coordenadas de los nodos	Sí
4.- RESTRAINTS	Restricciones	Sí <sup>1</sup>
5.- SPRINGS	Apoyos con resortes	No
6.- MASSES	Masas en los nodos	No
7.- POTENTIAL	Temperaturas y presiones en los nodos	No
8.- CONSTRAINTS	Relaciones entre grados de libertad de los nodos	No
9.- FRAME	Datos de los elementos FRAME	Sí <sup>2</sup>
10.- SHELL	Datos de los elementos SHELL	Sí <sup>2</sup>
11.- ASOLID	Datos de los elementos ASOLID	Sí <sup>2</sup>
12.- SOLID	Datos de los elementos SOLID	Sí <sup>2</sup>
13.- LOADS	Cargas aplicadas en los nodos	No
14.- DISPLACEMENTS	Desplazamientos aplicados a las juntas	No
15.- PRESTRESS	Cargas de presfuerzo en vigas	No
16.- PDELTA	Control del análisis P-Delta	No
17.- SPEC	Datos del espectro de respuesta	No
18.- TIMEH	Análisis en la historia del tiempo	No
19.- COMBO	Combinación de cargas	No
20.- ENVELOPE	Envolvente de combinaciones	No
21.- SELECT	Impresión de datos seleccionados	No

<sup>1</sup> Este bloque de datos puede omitirse si la estructura está completamente apoyada sobre resortes.

<sup>2</sup> Al menos uno de estos cuatro bloques deben existir en el archivo de datos.

Tabla I.- Estructura del archivo de datos

En todos los bloques de datos es posible generar elementos, lo que agiliza la construcción y reduce el tamaño del archivo.

Para la elaboración del archivo de datos se cuenta con una valiosa herramienta llamada SAPIN<sup>(6)</sup>, que es un editor gráfico donde se puede construir el modelo y verificar que corresponda con exactitud al que se desea.

Posteriormente a la creación del archivo se inicia la corrida en una primer etapa donde es posible realizar otra inspección a la geometría no deformada del modelo mediante un graficador llamado SAPLOT<sup>(6)</sup>. Una vez revisada la geometría se procede al análisis, segunda etapa del programa, y al concluir, nuevamente mediante el uso del SAPLOT es posible observar la geometría deformada y distribución de fuerzas y momentos internos sobre la estructura. Luego, mediante una exhaustiva revisión de los archivos generados por el programa, se extraen los resultados requeridos al programa, como son fuerzas, momentos y desplazamientos. Para ejemplificar se supone un archivo de datos llamado domo y los archivos generados se presentan en la Tabla 2.

Nombre del archivo	Contenido
1.- DOMO.SAP	Datos de entrada de la estructura
2.- DOMO.EQN	Número de ecuaciones asociado a cada grado de libertad
3.- DOMO.EIG	Frecuencias y otros parámetros modales (eigenectores)
4.- DOMO.RIT	Frecuencias y otros parámetros modales (vectores de Ritz)
5.- DOMO.SPC	Factores del análisis modal espectral
6.- DOMO.SOL	Reacciones y desplazamientos en los nodos (estático y dinámico)
7.- DOMO.F3F	Fuerzas en los elementos FRAME (estático y dinámico)
8.- DOMO.F4F	Fuerzas en los elementos SHELL (estático y dinámico)
9.- DOMO.F5F	Fuerzas en los elementos ASOLID (estático y dinámico)
10.- DOMO.F6F	Fuerzas en los elementos SOLID (estático y dinámico)
11.- DOMO.FEF	Fuerza en los nodos de los elementos
12.- DOMO.ERR	Precauciones y errores

Tabla 2.- Archivos de salida del programa SAP-90

Como se mencionó en su oportunidad, se evaluaron dos modelos, con y sin nervaduras de los cuales se presenta un resumen con los principales parámetros que se definen:  
Se seleccionó el tipo de elemento SHELL, que a su vez tiene tres opciones:

- 1.- SHELL (flexión y membrana)
- 2.- MEMBRANE (comportamiento de membrana)
- 3.- PLATE (placa en flexión)

Como es de interés conocer el comportamiento lo más real posible de la estructura se seleccionó la opción uno, que nos proporcionará esfuerzos normales, tangenciales y momentos flexionantes y torsionantes según figura 3.2.

Modelo	No. de nodos	No. de elementos	Peso total (Ton.)
sin nervaduras	2777	2588	158.94
con nervaduras	3202	2997	181.56

Tabla 3.- Principales parámetros de los modelos para el SAP.

## CAPITULO IV.

## CAP. IV.- CARGAS ACTUANTES

### 4.1 Peso propio y carga viva.

Modelo sin nervaduras

Peso total = 158,747.47 kg. = 158.75 ton

Modelo con nervaduras

Peso total = 181,556.84 kg. = 181.56 ton

Carga viva.

En lo que respecta a la carga viva se tiene que debido a la geometría curva del edificio es difícil clasificarlo dentro de la tabla de cargas vivas que marca del RDF que están en función del uso del inmueble, ya que el hecho de estar desligada la cubierta de la estructura interior la exime de toda carga relacionada a aquélla, sin embargo se debe considerar una carga mínima para el análisis. Se adoptó una carga de 40 kg/m<sup>2</sup> que corresponde a una cubierta con pendiente mayor de 5%.

Esta carga multiplicada por la superficie del domo dió como resultado una carga total que se dividió entre el número de nodos a partir de una altura de 4 metros, considerando que es posible que una persona pueda subir y caminar sobre la superficie.

$$\text{superficie de la semiesfera} = (4 \times \pi \times r^2) / 2 = 904.779 \text{ m}^2$$

$$\text{carga viva total} = 40 \times 904.779 = 36191.16 \text{ kg.}$$

$$\text{carga/nodo} = 36191.16 / (2602 - 603) = 18.1 \text{ kg/nodo}$$

Carga sobre el elemento de borde superior.

Se consideró que se colocará un dispositivo de 200 kg. de peso

El peso propio del elemento considerando que tiene dimensiones de 15 x 30 cms. es:

$$\text{Longitud} = \pi \times d \ 3.1415 \times 2 \text{ m} = 6.28 \text{ mts.}$$

$$\text{Volumen} = 6,28 \times 0,15 \times 0,3 = 0,28 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso} = 0,28 \times 2400 = 678 \text{ kgs.}$$

$$\text{peso/nodo} = 678/99 = 6,85 = 9 \text{ kgs.}$$

## 4.2 Viento

El entendimiento adecuado del flujo de viento alrededor de cualquier estructura conduce a una predicción adecuada de las fuerzas y presiones debidas a aquel, requerimiento que es esencial para el diseño estructural moderno. Esto es especialmente importante debido al rápido desarrollo en técnicas de diseño y construcción de edificios, que son más susceptibles a la acción del viento.

Esto a su vez, se debe al uso de materiales ligeros en la construcción de edificios lo que ocasiona reducciones en resistencia y rigidez, y por otra parte al uso de métodos de diseño asistido por computadora.

Por tal motivo, es de fundamental importancia que las cargas externas, especialmente las debidas a viento sean estimadas correctamente.

Debido a lo anterior, para realizar el diseño de estructuras por la acción del viento, buena parte del problema reside en la estimación de las fuerzas que produce el viento. Para ello se recurre a reglamentos. Desafortunadamente, la mayoría de los reglamentos dan información acerca de los tipos de estructuras más comunes y no dan para estructuras poco usuales tales como domos. Para las estructuras donde no hay información disponible, los reglamentos generalmente recomiendan que se pueden llevar a cabo pruebas en túnel de viento sobre el modelo de la estructura en cuestión, para poder establecer la distribución de presiones y posteriormente poder evaluar las fuerzas que actúan sobre la estructura, de ahí en adelante se recurre a análisis estructurales convencionales del tipo elástico lineal. No se aceptan como en el caso de sismo reducciones por ductilidad, ya que las fuerzas de viento pueden permanecer por muchas horas actuando sobre la estructura, no son fenómenos transitorios de algunos minutos como en el caso de sismos.

De manera general, en el análisis de empuje de viento sobre estructuras es necesario conocer:

- a) Las características topográficas circundantes a la construcción en estudio
- b) La velocidad regional y los factores de importancia, vida útil y de exposición, para establecer la velocidad en distintos puntos de la estructura
- c) Un modelo matemático que represente la estructura, que puede ser un modelo reticular, un modelo dinámico o bien un modelo de elemento finito.
- d) Información de túneles de viento para estimar los coeficientes locales de presión.
- e) Información sobre las características de apoyo de la estructura, a fin de revisar que existan las condiciones de apoyo suficientes.

Para la evaluación de las fuerzas ocasionadas por la acción del viento sobre la estructura se utilizó el procedimiento establecido por la Comisión Federal de Electricidad en su Manual de Diseño de Obras Civiles<sup>(7)</sup> en el Capítulo titulado: Diseño por Viento.

#### i) Determinación de las fuerzas debidas al viento

Para evaluar las cargas producidas por la acción viento sobre las estructuras, se siguen los pasos mostrados por el diagrama de flujo de la figura 4.1.

Clasificación de la estructura:

- Según su nivel de importancia o de seguridad : La edificación albergará a más de 200 personas, por tanto se considera que debe tener un grado de seguridad elevado y se clasifica dentro del Grupo A.

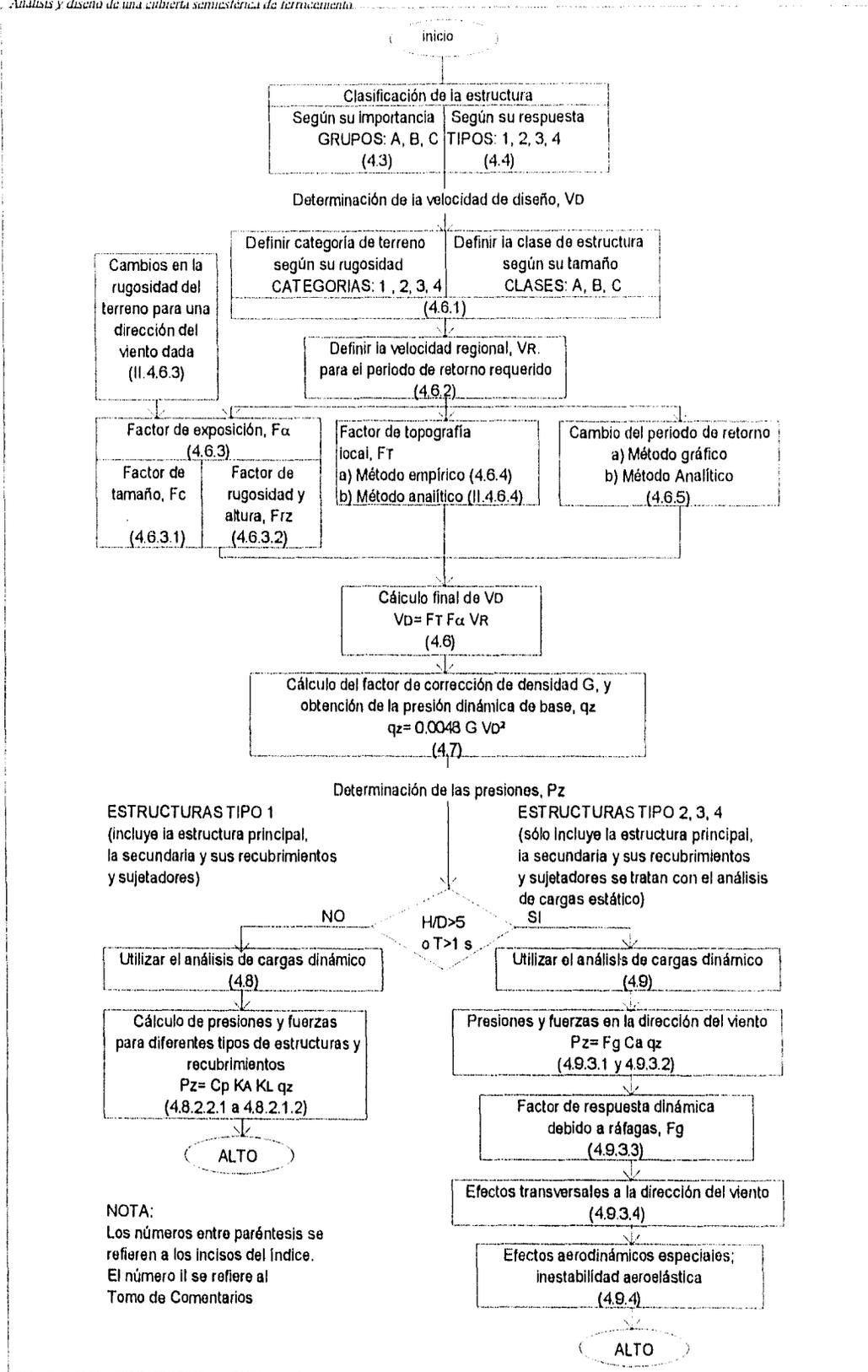


fig. 4.1.- Diagrama de flujo para determinar las fuerzas por viento (7)

- Según su respuesta: Con base en esta clasificación se podrá seleccionar el método para obtener las cargas de diseño por viento sobre la estructura y la determinación de los efectos dinámicos suplementarios si es que los hay. La relación de aspecto (definida como el cociente entre la altura y la menor dimensión en planta) es:

$$I = 12 / 12_{\text{prom}} = 1$$

por tal motivo se clasifica como Tipo I.

- Categoría del terreno según su rugosidad: La estructura se ubica en terreno plano y ondulado, con pocas obstrucciones, rodeada de terrenos de cultivo. Debido a estas condiciones le corresponde la Categoría 2.

- Clase de la estructura según su tamaño: La dimensión mayor de la estructura es de 2.1 mts. en la parte inferior de la dirección horizontal, entonces, se trata de una estructura de Clase B.

Velocidad de diseño,  $V_D$ .

$$V_D = F_T F_a V_R$$

donde:

$F_T$  = factor de topografía

$F_a$  = factor de exposición

$V_R$  = velocidad regional

Factor de topografía. Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplantará la estructura. Se trata de un sitio normal, con un factor de topografía  $F_T=1.0$ , puesto que la construcción se localiza en un terreno plano con ausencia de cambios topográficos importantes y pendiente menor del 5%, como ya se mencionó con anterioridad

Factor de exposición. Refleja la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura  $Z$  (altura del edificio= 12 mts.). De igual manera, considera el tamaño de la construcción o de los elementos de recubrimiento y las características de exposición, y es igual a:

$$F_u = F_c \cdot F_{rz}$$

donde:

$F_c$ , Factor de tamaño, determina la influencia del tamaño de la construcción, adimensional. Toma en cuenta el tiempo en el que la ráfaga de viento actúa de manera efectiva sobre la construcción de dimensiones preestablecidas. Para una estructura clase B, le corresponde un  $F_c=0.95$ .

$F_{rz}$ , Factor de rugosidad y altura. Establece la variación de la velocidad del viento con la altura  $Z$ . Es adimensional. Dicha variación está en función de la categoría del terreno (Categoría 2) y del tamaño de la construcción, es igual a:

$$F_{rz} = 1.56 \left[ \frac{10}{\delta} \right]^{\alpha} \quad \text{si } Z \leq 10$$

$$F_{rz} = 1.56 \left[ \frac{Z}{\delta} \right]^{\alpha} \quad \text{si } 10 < Z < d$$

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

$\delta$ , es la altura, medida a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cuál la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante; a esta altura se le conoce como altura gradiente;  $\delta$  y  $Z$  están en metros.

$\alpha$ , es el exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura y es adimensional.

Estos coeficientes están en función de la rugosidad del terreno y del tamaño de la construcción, para una Categoría 2 y Clase B se tiene que  $\alpha=0.131$  y  $\delta=315$  mts.

Sustituyendo los valores de los coeficientes en la segunda expresión, ya que  $10 < Z < d$ , tenemos:

$$F_{rz} = 1.56 \left[ \frac{12}{315} \right]^{0.131} = 1.01676$$

Sustituyendo valores, el factor de exposición queda de la siguiente manera:

$$F_a = 0.95 \times 1.01676 = 0.96592$$

### Velocidad Regional.

La velocidad regional del viento,  $V_R$ , es la máxima velocidad media probable de presentarse con un cierto periodo de recurrencia en una zona o región determinada del país. Se determina tomando en cuenta la localización geográfica del sitio de desplante de la estructura y de su importancia.

La importancia de la estructura (Grupo A) determina el periodo de retorno, en este caso es de 200 años y será desplantada en la ciudad de Oaxaca, Oax., por lo que le corresponde una velocidad regional de  $V_R = 122$  km./hr (mapa de isotacas).

Finalmente la velocidad de diseño es:

$$V_D = (1.0)(0.96592)(122) = 117.843 \text{ km/hr.}$$

Factor de corrección de densidad,  $G$ .

Dicha corrección está dada por la expresión:

$$G = \frac{0.392 \Omega}{273 + \tau}$$

donde:

$\Omega$  = Presión barométrica, en mm. de mercurio

$\tau$  = Temperatura ambiental en °C.

La altura sobre el nivel del mar de la ciudad de Oaxaca es de 1550 mts. y la temperatura media de  $\tau = 20.6$  °C. Con estos datos es posible obtener la presión barométrica, interpolando en la tabla 4, se tiene que  $\Omega = 631.5$  mm. de Hg.

Altura (metros)	Presión barométrica (mm de Hg)
0	760
500	720
1000	675
1500	635
2000	600
2500	565
3000	530
3500	495

Nota: Puede interpolarse para valores intermedios de la altitud

Tabla 4.- Relación entre la altitud y la presión barométrica<sup>(7)</sup>.

Sustituyendo en G, se tiene:

$$G = \frac{0.392 (631.5)}{273 + 20.6} = 0.84315$$

Cálculo de la presión dinámica de base,  $q_z$ .

$$q_z = 0.0048 G V_n^2$$

Sustituyendo valores en la expresión de la presión dinámica de base tenemos:

$$\begin{aligned} q_z &= (0.0048) (0.84315) (117.843)^2 = \\ q_z &= 56.202 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

La presión actuante sobre una construcción determinada,  $p_z$ , en  $\text{kg/m}^2$ , se obtiene tomando en cuenta principalmente su forma y está dada de manera general por la siguiente ecuación:

$$p_z = C_p q_z$$

en donde  $C_p$  se denomina coeficiente de presión y es adimensional.

#### Análisis estático.

Debido a que la estructura es Tipo I es posible evaluar las presiones medias por medio de un análisis estático, con las siguientes limitaciones:

“El método estático sólo puede utilizarse para diseñar estructuras o elementos estructurales poco sensibles a la acción turbulenta del viento. Esta condición se satisface cuando:

a) la relación  $H/D \leq 5$ , en donde H es la altura de la construcción y D es la dimensión mínima de la base.

b) el periodo fundamental de la estructura es menor o igual a un segundo.

Para el caso de construcciones cerradas, techos aislados y toldos y cubiertas adyacentes, no es necesario calcular su periodo fundamental cuando se cumplan las siguientes condiciones:

a) la altura total de la construcción, H, es menor o igual a 15 mts.

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; para toldos y cubiertas adyacentes en voladizo, el claro no debe ser mayor de 5 mts.

d) para construcciones cerradas y techos aislados, la pendiente de sus techos inclinados a dos aguas no debe exceder los  $20^\circ$ , y en techos de claros múltiples deberá ser menor de  $60^\circ$ ; para toldos y cubiertas adyacentes, la pendiente no será mayor que  $5^\circ$ .

La estructura cumple con todas las condiciones por lo tanto puede aplicarse el método estático para realizar el análisis de la estructura ante la acción del viento.

### Fuerzas sobre la estructura.

Las fuerzas que se ejercen sobre la estructura, serán las resultantes de las presiones actuantes sobre las superficies exteriores e interiores y deberán calcularse de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$F_c = p_z A_z$$

donde:

$p_z = (p_e - p_i)$  ; para construcciones cerradas,

$p_z = p_n$  ; para el caso en que se aplique la presión neta (letreros y techos y muros aislados),

en donde:

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

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

$p_e$  es la presión exterior, en kg./cm<sup>2</sup>

$p_i$  es la presión interior, en kg./cm<sup>2</sup>

$p_n$  es la presión neta, en kg./cm<sup>2</sup>

$A_z$  es el área de la estructura, o parte de ella, en m<sup>2</sup>, a la altura Z, sobre la que actúa la presión de diseño  $p_z$ . Esta área podrá ser:

- una parte de alguna de las superficies de la construcción; la presión de diseño que corresponde a una velocidad y dirección del viento, se verá afectada por el coeficiente de presión,  $C_p$ , el cuál a su vez depende de la forma de la estructura.
- la superficie de la construcción o de un elemento estructural, proyectada sobre un plano normal al flujo del viento; la presión de diseño se verá afectada por el coeficiente de arrastre,  $C_a$ , según la forma de la construcción o del elemento estructural.
- las superficies que se indiquen en los incisos correspondientes cuando se empleen coeficientes de fuerza,  $C_f$ , ó coeficientes de presión neta,  $C_{pn}$ , para evaluar la fuerza total de diseño.

La construcción es cerrada y sin presiones interiores, ya que no existen huecos o hendiduras por donde penetre el flujo del viento y genere dichas presiones.

Las fuerzas y los momentos de volteo totales que actúan sobre una construcción deberán obtenerse sumando los efectos de las presiones exteriores e interiores, o de las presiones netas, que se presentan sobre sus superficies.

#### Presiones exteriores.

La presión exterior sobre una de las superficie exteriores de una construcción cerrada se calcula de la siguiente manera:

$$p_e = C_{pe} K_A K_L q_z$$

en donde:

$p_e$  = la presión exterior, en  $\text{kg./cm}^2$

$C_{pe}$  = coeficiente de presión exterior, adimensional.

$K_A$  = factor de reducción de presión por tamaño de área, adimensional

$K_L$  = factor de presión local, adimensional.

$q_z$  = presión dinámica de base del viento, en  $\text{kg./cm}^2$

Factor de reducción de presión por tamaño de área, adimensional,  $K_A$

Este factor depende del área tributaria de diseño. En la siguiente tabla 5 se muestran los valores de  $K_A$ .

Área tributaria en $\text{m}^2$ $A$	Factor de reducción $K_A$
$\leq 10$	1.0
25	0.9
$\geq 100$	0.5

Tabla 5.- Factor de reducción,  $K_A$  para techos y muros laterales<sup>(7)</sup>

Para áreas tributarias menores de  $10 \text{ m}^2$   $K_A = 1.0$  que es el caso en estudio, ya que el domo se discretizó en elementos cuya área de cada elemento es menor que los  $10 \text{ m}^2$  ya mencionados.

Factor de presión local,  $K_L$ .

Este factor sólo afecta el diseño de los recubrimientos, elementos que soportan los recubrimientos y dispositivos de sujeción. Cuando se diseña la estructura principal  $K_L$  se tomará igual a la unidad.

Con estas consideraciones se llega nuevamente a la expresión que define los valores de la presión exterior como:

$$p_e = C_{pe} q_z$$

y las fuerzas:

$$F_e = p_e A_z$$

$$F_e = C_{pe} q_z A_z$$

$$F_e = 56.202 C_{pe} A_z \quad \text{kgf.} \quad \text{-----} \quad (A)$$

En esta última expresión se observa claramente que para obtener los valores de las fuerzas actuantes en cada punto de la estructura debido a la acción del viento, basta con sustituir el valor del coeficiente de presión en ese punto, y la proyección del área (mts.) del elemento finito que contenga dicho punto.

#### a) Pruebas en Túnel de Viento.

Se observa en la expresión anterior que es necesario definir los coeficientes de presión en todos los nodos que definen a cada elemento finito, así como las proyecciones de sus áreas. Pero se sabe que en algunos tipos de estructuras de geometría poco común es

difícil conocer su comportamiento ante cargas debidas a la acción del viento, en consecuencia, se desconoce la distribución de presiones sobre dicha estructura y la única manera de averiguarla es recurrir a pruebas realizadas sobre un modelo a escala en un túnel de viento.

Afortunadamente se cuenta con pruebas realizadas con anterioridad en túnel de viento sobre cubiertas semiesféricas <sup>(8 y 9)</sup>, con diferentes relaciones claro/flecha que dan la distribución de coeficientes de presión que se muestra en la figura 4.2. Se observa simetría en la distribución y que en la región de sotavento se presentan presiones marcadas con líneas continuas, y en la de barlovento succiones, que se indican con líneas discontinuas.

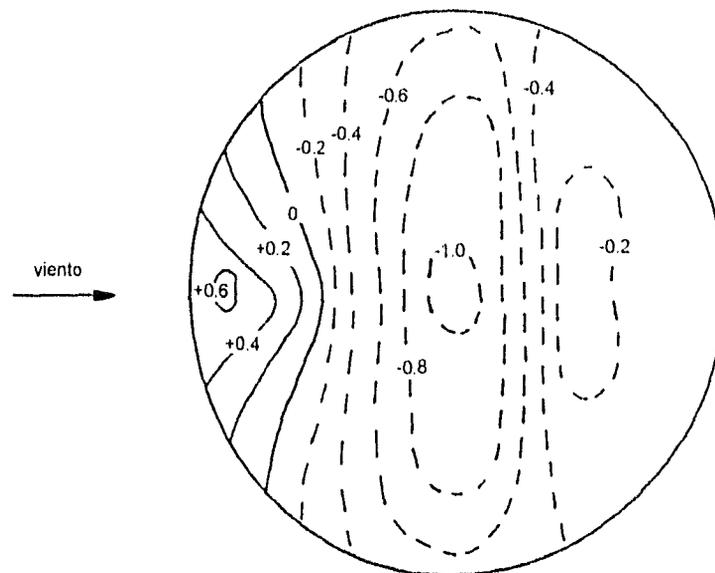


Figura 4.2.- Distribución de coeficientes de presión

El procedimiento para obtener la distribución espacial de coeficientes de presión sobre la superficie del domo se indica a continuación, cabe señalar que por ser simétrica sólo se analizó la mitad:

- a) Sobre un alzado del domo se definieron 17 franjas horizontales equidistantes, que corresponden a 18 líneas que se interceptan con el perfil del domo.

b) Los puntos de intersección se proyectaron de manera vertical sobre la distribución de coeficientes de presión, para definir el diámetro de una circunferencia que corresponde al nivel en elevación que se proyectó.

c) Esta circunferencia se radió a cada 15 grados y posteriormente se interpoló linealmente para encontrar los valores de los coeficientes  $C_p$  en la periferia del domo en cada nivel.

Con este procedimiento se obtuvieron los valores de los coeficientes de presión sobre la periferia a cada 15° y en cada uno de los 18 niveles verticales, pero es necesario obtener los coeficiente en los nodos que delimitan elementos finitos que forman la estructura fueron generados a ese intervalo.

La presión de diseño en cualquier punto de una superficie depende de la variación del coeficiente de presión  $P_c$  en ella. Por esta razón, es conveniente hacer uso de series de Fourier para obtener los coeficiente de presión en cualquier punto que se desee.

#### b) Series de Fourier para obtener los coeficientes de presión

La variación del coeficiente de presión en la superficie exterior del domo obtenida de pruebas de túnel de viento, se puede representar por medio de una expresión matemática que defina el  $C_p$  para todos y cada uno de los puntos. Esto se logró discretizando el domo en circunferencias como se mencionó anteriormente y mediante el desarrollo de una serie de Fourier<sup>(10 y 11)</sup> para cada una de ellas. El tipo de serie a desarrollar es:

$$f(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos 2n\pi t + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \sen 2n\pi t$$

pero se ha visto que al graficar los coeficientes de presión en un eje cartesiano siguen un comportamiento aproximadamente cosenoidal<sup>(6)</sup>, por lo que es posible tomar sólo el primer término de la serie, y la expresión se reduce a:

$$f(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos 2n\pi t \quad \text{que equivale a:} \quad C_{p\theta} = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos n\theta$$

con  $n = 13$  y  $\theta = 15^\circ$ , donde  $n$  es el número de circunferencias en que se discretizó el perfil del domo, y  $\theta$  es la magnitud del ángulo en que se radió la planta de distribución de coeficientes de presión.

Al sustituir los parámetros indicados en la serie, se obtienen finalmente 13 sistemas de ecuaciones de  $13 \times 13$  en donde las incógnitas son los coeficientes  $A_n$  de la serie de Fourier, y al resolverlos nos arroja los siguientes resultados:

	nivel 1	nivel 2	nivel 3	nivel 4	nivel 5	nivel 6	nivel 7	nivel 8	nivel 9
A0	-0.90953	-0.79147	-0.67896	-0.57382	-0.49188	-0.43965	-0.37342	-0.32365	-0.28241
A1	-0.01015	-0.01474	-0.05356	-0.09297	-0.04196	0.04103	0.08453	0.12114	0.19966
A2	0.07165	0.164	0.25074	0.33575	0.37106	0.41923	0.42109	0.4129	0.3526
A3	-0.00968	-0.01957	-0.02461	-0.01653	0.03861	0.05321	0.10839	0.13506	0.11275
A4	0.00127	-0.01031	-0.00292	-0.01969	-0.04099	-0.0307	-0.05091	-0.05354	-0.06176
A5	-0.00212	-0.00311	0.00253	0.02582	0.0475	0.06416	0.04164	0.03372	0.04116
A6	0.0065	-0.01017	0.00003	-0.00853	-0.00942	-0.02167	0.01542	0.0315	0.07053
A7	-0.00314	-0.01422	0.00001	-0.00145	-0.00203	0.0085	-0.01219	-0.00057	0.01853
A8	-0.00077	-0.00169	-0.00412	0.00186	0.00749	0.0277	0.00791	0.00521	-0.01403
A9	-0.00385	0.0062	-0.00622	0.00141	-0.00144	-0.03121	0.02012	0.01927	-0.01725
A10	-0.00115	0.00667	0.00393	-0.00892	0.00011	0.00643	-0.01076	0.0001	-0.01144
A11	0.00404	0.00973	-0.00164	0.00227	0.00073	0.01426	-0.00202	0.00933	0.0213
A12	0.00133	0.00797	-0.00196	0.0019	0.00513	-0.01135	0.01117	0.00419	0.021

Tabla 6.- Coeficientes  $A_n$  de las Series de Fourier del nivel 1 al 9

	nivel 10	nivel 11	nivel 12	nivel 13	nivel 14	nivel 15	nivel 16	nivel 17	nivel 18
A0	-0.27177	-0.25622	-0.24353	-0.23707	-0.21019	-0.21106	-0.20484	-0.20452	-0.20452
A1	0.2291	0.25617	0.286	0.30678	0.34504	0.33891	0.34302	0.34272	0.34272
A2	0.3621	0.36	0.34103	0.32891	0.2989	0.26361	0.23947	0.22572	0.22572
A3	0.15144	0.14856	0.14611	0.13652	0.13527	0.11376	0.09996	0.09649	0.09649
A4	-0.03482	-0.02583	-0.01909	-0.0201	0.0058	0.00679	0.00519	0.00595	0.00595
A5	0.03065	0.01921	0.00988	0.00633	-0.00162	-0.0045	-0.01305	-0.02609	-0.02609
A6	0.04158	0.04625	0.04283	0.03617	0.01325	0.00625	0.0035	-0.0205	-0.0205
A7	-0.00537	0.00936	0.00883	0.00198	-0.00274	-0.00175	0.00699	-0.0062	-0.0062
A8	0.00215	0.00305	0.00059	0.0021	-0.01113	-0.00712	-0.00569	0.00021	0.00021
A9	0.01606	0.02237	0.01789	0.02318	-0.01044	-0.00592	-0.01327	-0.00318	-0.00318
A10	0.01656	0.0055	0.00213	0.00242	-0.0169	-0.00861	-0.01197	-0.00522	-0.00522
A11	-0.00837	0.00392	0.00123	0.00291	-0.01801	-0.00799	-0.00729	-0.00377	-0.00377
A12	0.00509	0.00781	0.00608	0.00957	-0.00723	-0.00236	-0.00166	-0.00165	-0.00165

Tabla 7.- Coeficientes  $A_n$  de las series de Fourier del nivel 10 al 18

Si se desea conocer el coeficiente de presión en un determinado punto situado a un ángulo  $\phi$  por ejemplo se tiene para el primer nivel la siguiente serie:

$$Cp_{\phi} = A_0 + A_1 \cos \phi + A_2 \cos 2\phi + A_3 \cos 3\phi + A_4 \cos 4\phi + A_5 \cos 5\phi + A_6 \cos 6\phi + A_7 \cos 7\phi + A_8 \cos 8\phi + A_9 \cos 9\phi + A_{10} \cos 10\phi + A_{11} \cos 11\phi + A_{12} \cos 12\phi$$

donde los coeficientes  $A_n$  para cada uno de los niveles se dan en las tablas anteriores.

Con base en los datos obtenidos se calcularon los coeficientes de presión en todos los nodos de la estructura; posteriormente se compararon los obtenidos por interpolación y mediante la serie de Fourier en los mismos puntos, y se encontró que el error máximo que se obtuvo fue de 0.9 % lo que indica que los trece términos de las serie empleados nos da una excelente representación de la distribución espacial de los coeficientes de presión sobre la superficie del domo.

A continuación se muestran algunas de las gráficas de coeficientes de presión obtenidos mediante series.

Distribución de coeficientes de presión utilizando series de Fourier para los niveles impares (figuras 4.3 a la 4.12).

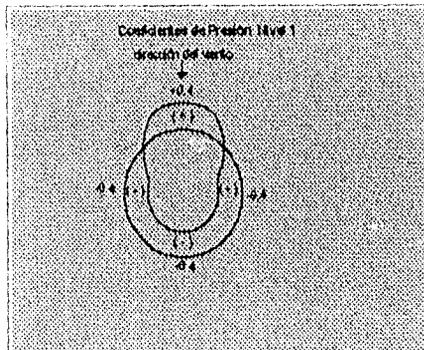


figura 4.3.

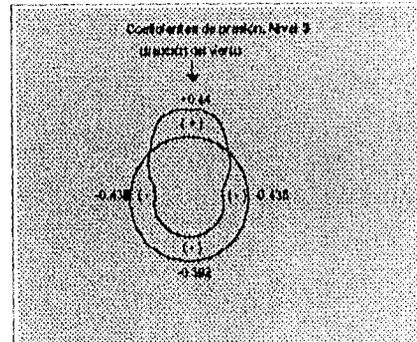


figura 4.4

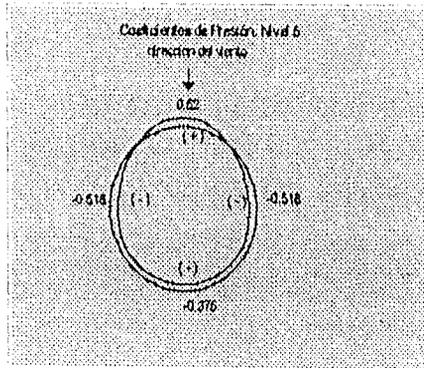


figura 4.5

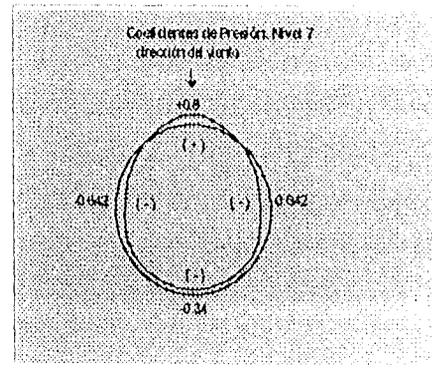


figura 4.6

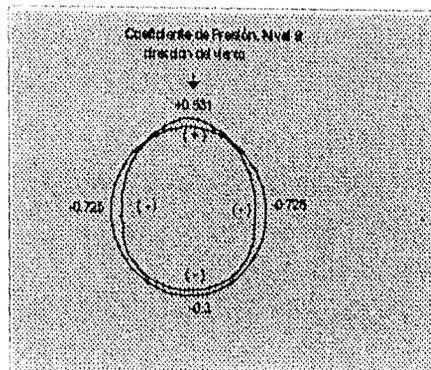


figura 4.7

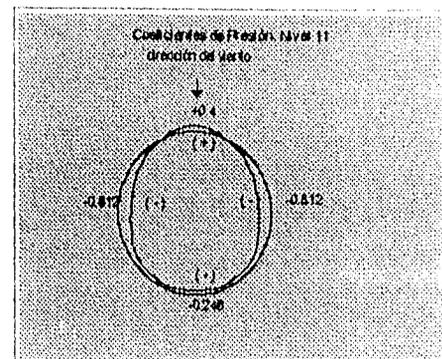


figura 4.8

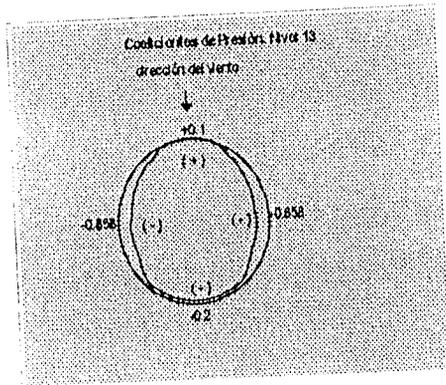


figura 4.9

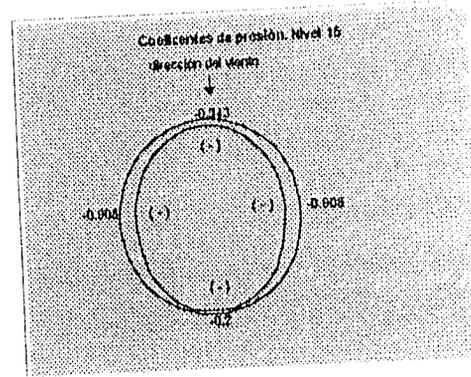


figura 4.10

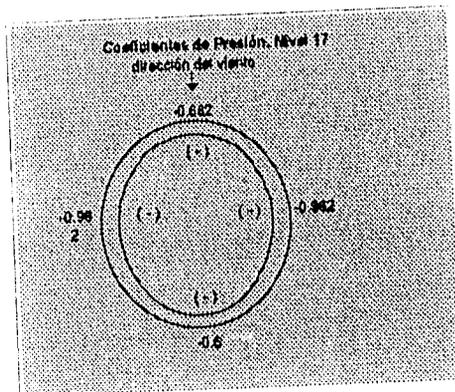


figura 4.11

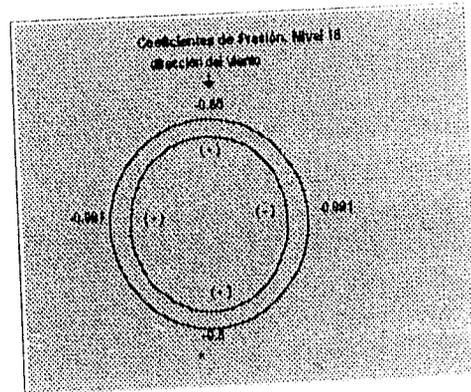


figura 4.12

Cálculo de la proyección de las áreas.

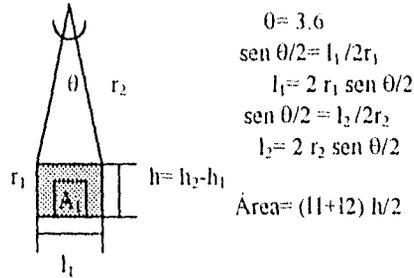


figura 4.13.- Proyección de áreas.

Cálculo de las fuerzas debidas al viento.

franja	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>2</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h	Área
	(mts.)	(mts.)	(mts.)	(mts.)	(mts.)	(mts.)	(mts.)	(m <sup>2</sup> )
1	12.000	11.976	0.754	0.752	0.753	0.000	0.753	0.567
2	11.976	11.905	0.752	0.748	1.504	0.753	0.751	0.563
3	11.905	11.787	0.748	0.740	2.249	1.504	0.745	0.554
4	11.787	11.623	0.740	0.730	2.984	2.249	0.735	0.54
5	11.623	11.413	0.73	0.717	3.708	2.984	0.724	0.524
6	11.413	11.157	0.717	0.701	4.417	3.708	0.709	0.503
7	11.157	10.858	0.701	0.682	5.109	4.417	0.692	0.479
8	10.858	10.516	0.682	0.661	5.781	5.109	0.672	0.451
9	10.516	10.132	0.661	0.637	6.430	5.781	0.649	0.421
10	10.132	9.708	0.637	0.610	7.053	6.430	0.623	0.388
11	9.708	9.246	0.610	0.581	7.649	7.053	0.596	0.355
12	9.246	8.748	0.581	0.550	8.215	7.649	0.566	0.32
13	8.748	8.215	0.55	0.510	8.748	8.215	0.533	0.282
14	8.215	7.649	0.516	0.481	9.246	8.748	0.498	0.248
15	7.649	7.053	0.481	0.443	9.708	9.246	0.462	0.213
16	7.053	6.430	0.443	0.404	10.132	9.708	0.424	0.180
17	6.430	5.781	0.404	0.363	10.516	10.132	0.384	0.147
18	5.781	5.109	0.363	0.321	10.858	10.516	0.342	0.117
19	5.109	4.417	0.321	0.277	11.157	10.858	0.299	0.089
20	4.417	3.708	0.277	0.233	11.413	11.157	0.256	0.065
21	3.708	2.984	0.233	0.187	11.623	11.413	0.210	0.044
22	2.984	2.249	0.187	0.141	11.787	11.623	0.164	0.027
23	2.249	1.504	0.141	0.094	11.905	11.787	0.118	0.014
24	1.504	1.0	0.094	0.063	11.958	11.905	0.053	0.004
25	1.504	1.0	0.094	0.063	11.958	11.905	0.053	0.002

Tabla 8.- Cálculo de proyección de áreas de elementos.

Una vez determinados los coeficientes de presión y las proyecciones de áreas tributarias de cada elemento finito se puede calcular la fuerza debida al viento en cada nodo con sólo aplicar la fórmula (A).

Las fuerzas obtenidas son perpendiculares a la superficie en que se aplican, como en el modelo no es posible aplicarlas tal como se obtuvieron fué necesario descomponerlas en sus componentes en la dirección x e y tal como lo indica la figura

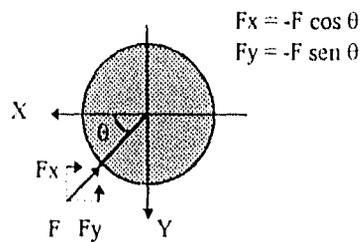


Fig. 4.14.- Proyección de fuerzas de viento en x e y

Para estudiar el comportamiento del domo, se aplicaron los cargas en ambas direcciones.

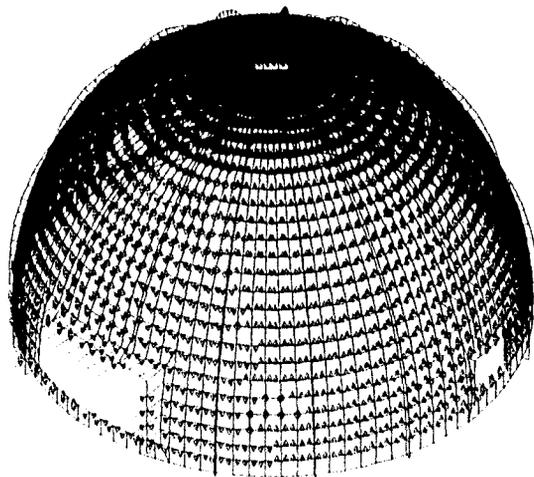


Fig. 4. 15.- Discretización de fuerzas debidas a viento en la dirección x.

En el archivo de datos (Apéndice A ) se pueden observar los valores de la cargas de viento en dirección x aplicadas a la estructura.

### 4.3 Sismo

#### i) Determinación de las fuerzas debidas a sismos

Para evaluar la acción sísmica sobre las estructuras, es necesario determinar principalmente tres parámetros de fundamental importancia que rigen el comportamiento de la estructura ante la presencia de este fenómeno. Estos son, tipo de terreno sobre el que se desplanta, grupo al que pertenece la estructura y zona sísmica donde se ubica dicha estructura.

#### Clasificación del terreno de cimentación.

El movimiento del suelo en sitios de terreno blando es muy diferente del que ocurre en terreno firme, debido a la amplificación dinámica por efectos locales que sufren las ondas sísmicas al propagarse a través de las formaciones de suelos blandos.

La respuesta de un depósito de suelo ante excitación sísmica es función de varios factores que están relacionados con la irregularidad de la geometría y la heterogeneidad de los materiales que definen el depósito. Esta complejidad se puede reducir si la amplificación de las ondas sísmicas debida a efectos locales se relaciona exclusivamente con dos parámetros que miden las características más relevantes del depósito real, estos son el periodo dominante de vibración y la velocidad de propagación de la onda en el sitio.

Es posible determinar de manera aproximada los parámetros anteriores para conocer el comportamiento del suelo, pero se requiere el perfil estratigráfico del depósito. Cuando no se cuenta con este tipo de información, - la cual se obtiene de exploración del subsuelo

hasta encontrar terreno firme -, se debe clasificar el terreno de cimentación como tipo III<sup>22)</sup>, que corresponde a terreno suave.

Para el problema que nos ocupa se desconoce la estratigrafía del suelo, por lo que se clasificará el terreno como tipo III o terreno suave.

#### *Clasificación de las estructuras según su destino<sup>(22)</sup>*

Atendiendo a la seguridad estructural aconsejable para la estructura, las construcciones se clasifican según su destino como se indica de manera resumida 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 ó pérdidas económicas o culturales de magnitud excepcionalmente alta (sistemas de abastecimiento, hospitales, museos, salas de espectáculos, etc).*

*Grupo B. Estructuras en que se requiere de un grado de seguridad intermedio. Construcciones cuya falla estructural ocasionaría pérdidas de magnitud intermedia o pondría en peligro a otras construcciones de este grupo o del A (naves industriales, locales comerciales, viviendas comunes, oficinas, etc).*

*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 (bodegas provisionales, bardas altura no mayor de 2.5 m, etc.).*

El domo propuesto se destinará a usos múltiples, como son reuniones de tipo académico, cultural, etc.; cuenta con 250 butacas para albergar a la misma cantidad de personas, por tal motivo según la clasificación anterior se concluye que pertenece al Grupo A.

### Regionalización sísmica de la República Mexicana

Con base en un estudio de riesgo sísmico<sup>(22)</sup>, se encontró que para fines de diseño sísmico al República Mexicana se considerará dividida en cuatro zonas( figura -4.15)

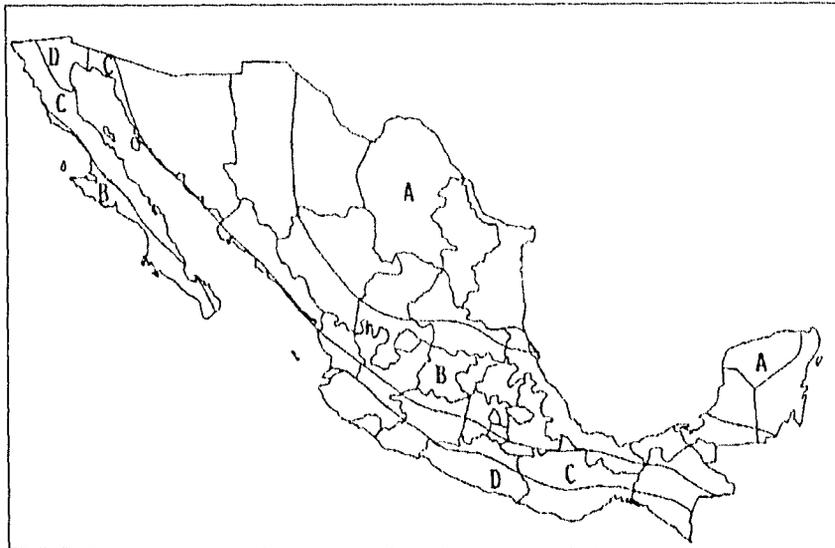


figura - Regionalización sísmica de la República Mexicana<sup>(22)</sup>

Se observa que el estado de Oaxaca prácticamente está dividido en dos zonas sísmicas según la carta anterior, la zona C y la zona D. La ciudad de Oaxaca, el lugar donde se ubicará el edificio en estudio pertenece a la zona C, mientras que la costa a la zona D.

Para el análisis sísmico de estructuras de edificios se puede recurrir a tres métodos<sup>(22)</sup>:

- a) Método simplificado
- b) Análisis estático
- c) Análisis dinámico

### Método simplificado

El método simplificado será aplicable al análisis de estructuras que cumplan simultáneamente los siguientes requisitos<sup>(22)</sup>:

1.- En cada planta, al menos el 75% de las cargas verticales estarán soportadas por muros ligados entre sí mediante losas monolíticas u otros sistemas de piso suficientemente resistentes y rígidos al corte. Dichos muros tendrán distribución sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales y deberán satisfacer las condiciones que establecen las correspondientes normas técnicas para estructuras de concreto o mampostería. Será admisible cierta asimetría en la distribución de los muros cuando existan en todos los pisos cuando menos dos muros de carga perimetrales paralelos entre sí, cada uno con una longitud no menor que la mitad de la dimensión mayor en planta de la estructura. Estos muros deben ser de mampostería, concreto reforzado o madera; en este último caso estarán arriostrados con diagonales.

2.- La relación entre longitud y anchura de la planta de la estructura no excederá de 2, a menos que, para fines de análisis sísmico, se pueda suponer dividida dicha planta en tramos independientes cuya relación entre longitud y anchura satisfaga esta restricción y cada tramo resista la fuerza cortante que le corresponda calculada como se indica al final de esta sección.

3.- La relación entre la altura y la dimensión mínima de la base de la estructura no excederá de 1.5 y la altura de la estructura no será mayor de 13 mts.

Para aplicar este método se hará caso omiso de los desplazamientos horizontales, momentos torsionantes y momentos de volteo. Se verificará únicamente que en cada piso la suma de las resistencias al corte de los muros de carga, proyectadas en la dirección en que se considera la aceleración, sea cuando menos igual a la fuerza cortante total que

obre en dicho piso, calculada según se especifica en la sección 3.4.4.1 de la ref. 22, pero empleando los coeficientes sísmicos ya reducidos por ductilidad que se establecen en la siguiente tabla<sup>(22)</sup> para construcciones del grupo B:

Zona sísmica	Tipo de terreno	Muros de piezas macizas o diafragma de madera contrachapada			Muros de piezas huecas o diafragma de duelas de madera		
		H < 4 (m)	4 ≤ H ≤ 7 (m)	7 < H ≤ 13 (m)	H < 4 (m)	4 ≤ H ≤ 7 (m)	7 < H ≤ 13 (m)
A	I	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
	II	0.06	0.07	0.08	0.07	0.09	0.11
	III	0.07	0.08	0.10	0.08	0.10	0.13
B	I	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09
	II	0.13	0.15	0.18	0.15	0.18	0.22
	III	0.13	0.16	0.19	0.15	0.19	0.23
C	I	0.18	0.18	0.18	0.24	0.24	0.24
	II	0.32	0.32	0.32	0.43	0.43	0.43
	III	0.32	0.32	0.32	0.43	0.43	0.43
D	I	0.25	0.25	0.25	0.33	0.33	0.33
	II	0.43	0.43	0.43	0.57	0.57	0.57
	III	0.43	0.43	0.43	0.57	0.57	0.57

Tabla 9.- Coeficientes sísmicos reducidos para el método simplificado; construcciones del grupo B

Cuando se trate de construcciones del grupo A, estos coeficientes se multiplicarán por 1.5<sup>(22)</sup>.

#### Condiciones de regularidad

Para que una estructura pueda considerarse regular debe satisfacer los siguientes requisitos<sup>(13)</sup>:

- 1.- La planta es sensiblemente simétrica con respecto a dos ejes ortogonales por lo que toca a masas, así como muros y otro elementos resistentes.
- 2.- La relación de altura a la dimensión menor de la base no es mayor que 2.5.
- 3.- La relación de largo a ancho de la base no excede de 2.5.

- 4.- En planta no tiene entrantes ni salientes cuya dimensión exceda de 20% de la dimensión de la planta, medida paralelamente a la dirección que se considera de la entrante o saliente.
- 5.- En cada nivel tiene un sistema de techo o piso rígido resistente.
- 6.- No tiene aberturas en los sistemas de piso o techo cuya dimensión exceda de 20% de la dimensión de la planta medida paralelamente a la dirección que se considera de la abertura, las áreas huecas no ocasionan asimetrías significativas ni difieren en posición de un piso a otro y el área total de aberturas no excede en ningún nivel de 20% del área de la planta.
- 7.- El peso en cada nivel, incluyendo la carga viva que debe considerarse para diseño sísmico, no es mayor que el del piso inmediato inferior ni, excepción hecha del último nivel de la construcción, es menor que 70% de dicho piso.
- 8.- Ningún piso tiene un área, delimitada por los paños exteriores de sus elementos resistentes verticales, mayor que la del piso inmediato inferior ni menor que 70% de ésta. Se exige de este último requisito únicamente al último piso de la construcción.
- 9.- Todas las columnas están restringidas en todos los pisos en dos direcciones ortogonales por diafragmas horizontales y por trabes o losas planas.
- 10.- La rigidez al corte de ningún entrepiso excede en más de 100% a la del entrepiso inmediatamente inferior.
- 11.- En ningún entrepiso la excentricidad torsional calculada estáticamente excede del 10% de la dimensión en planta de ese entrepiso medida paralelamente a la excentricidad mencionada.

#### Análisis estático<sup>(22)</sup>

El método de análisis estático consta esencialmente de los siguientes pasos:

- 1.- Calcular las fuerzas laterales aplicadas en los centros de masa de los pisos que produzcan efectos equivalentes a la acción sísmica.

2.- Distribuir las fuerzas laterales del paso 1 y los momentos torsionantes asociados a dichas fuerzas entre los sistemas resistentes a carga lateral que conforman la estructura, como son marcos, muros o combinaciones de éstos.

3.- Analizar cada sistema resistente ante las cargas laterales que le correspondan.

### Análisis dinámico<sup>(22)</sup>

El método de análisis dinámico consta de los mismos pasos básicos del estático, con la salvedad de que las fuerzas laterales aplicadas en los centros de masa de los pisos se determinan a partir de la respuesta dinámica de la estructura. Pueden emplearse como métodos dinámicos el análisis modal espectral y el análisis paso a paso o cálculo de respuestas ante temblores específicos. Cabe aclarar que el análisis paso a paso también puede ser modal, siempre que la respuesta total se encuentre mediante la superposición en el tiempo de las respuestas modales para cada uno de los modos de vibración.

### Espectro de diseño

Las ordenadas del espectro de aceleraciones para diseño sísmico,  $a$ , expresadas como fracción de la aceleración de la gravedad, están dadas por las siguientes expresiones<sup>(22)</sup>:

$$a = a_0 + (c - a_0) \frac{T}{T_a}; \quad \text{si } T < T_a$$

$$a = c; \quad \text{si } T_a \leq T \leq T_b$$

$$a = c \left( \frac{T_b}{T} \right)^r; \quad \text{si } T > T_b$$

donde  $a_0$  es el coeficiente de aceleración del terreno,  $c$  el coeficiente sísmico y  $T$  el periodo natural de interés;  $T_a$  y  $T_b$  son dos periodos característicos que delimitan la meseta y  $r$  un exponente que define la parte curva del espectro de diseño<sup>(22)</sup>.

$$T_a = 0.0 \text{ seg.}, T_b = 1.9 \text{ seg.}, r = 1, c = (0.32) (1.5) = 0.48$$

Los puntos que definen el espectro son por tanto :

	T	a
$T_A < T \leq T_B$	0.0	0.48
	0.1	0.48
	0.2	0.48
	0.3	0.48
	0.5	0.48
	0.7	0.48
	0.9	0.48
	1.1	0.48
	1.3	0.48
	1.5	0.48
	1.7	0.48
$T < T_B$	1.9	0.48
	2.0	0.456
	2.1	0.434

Tabla 10.- Puntos del espectro de diseño

El espectro finalmente queda:

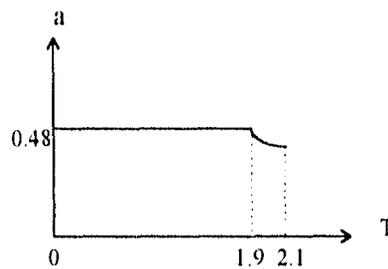


Figura 4.15.- Espectro de diseño

#### 4.4 Combinaciones de carga.

Se hicieron las combinaciones de carga que marca el RDF que en su artículo 188 dice:

1.- Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes y acciones variables, se considerarán todas las acciones permanentes que actúen sobre la estructura y las distintas acciones variables.

II.- Para las combinaciones que incluyan acciones permanentes, variables y accidentales, se considerarán todas las acciones permanentes, las acciones variables con sus valores instantáneos y únicamente una acción accidental en cada combinación.

El Art. 194 del Reglamento marca lo referente a los factores de carga:

I.- Para combinaciones de acciones clasificadas en la fracción I del Art. 188, se aplicará un factor de carga de 1.4

II.- Para combinaciones de acciones clasificadas en la fracción II del Art- 188, se considerará un factor de carga de 1.1 aplicado a los efectos de todas las acciones que intervienen en la combinación.

III.- Para acciones o fuerzas internas cuyo efectos sea favorable a la resistencia o estabilidad de la estructura, el factor de carga se tomará igual a 0.9.

IV.- Para revisión de estados límite de servicio se tomará en todos los casos un factor de carga unitario.

En base a todo lo anterior las combinaciones resultantes fueron:

1.4 (CV+CM)

1.1 (CV+CM+VIENTO X)

1.1 (CV+CM+VIENTO Y)

1.1 (CV+CM+SX+0.3 SY)

1.1 (CV+CM-SX+ 0.3 SY)

1.1 (CV+CM+SY+0.3 SX)

1.1 (CV+CM-SY+ 0.3 SX)

## CAPITULO V.

## CAP. V.- ANÁLISIS

### 5.1.- Distribución de esfuerzos

Después de una cuidadosa revisión de las fuerzas y momentos internos obtenidos por el programa de análisis, para toda combinación de carga y ambos modelos, con y sin nevaduras, se seleccionaron los más críticos en la dirección de los tres ejes ortogonales (1, 2, 3)(figura 3.2), los esfuerzos que se muestran son totales, es decir son el resultado de la combinación de los esfuerzos de membrana y flexión. Comparando las acciones de cargas verticales (peso propio y carga viva), carga por viento y sismo, se observó que debido a la acción del viento en la dirección x se presentan los mayores fuerzas y momentos internos; por tal motivo sólo se consideran cargas por viento y peso propio (tabla II). Las siglas pp significan cargas verticales(viva+muerta), v carga por viento en la dirección x, y los números 3, 53 son la línea de nodos en el sentido vertical que definen las aristas de los elementos en que se discretizó el domo para el análisis, estos nodos representan exactamente sentidos opuestos, es decir, el primero es un punto representativo de una zona en donde no existen aperturas próximas y el segundo está situado en la zona de acceso al edificio, que incluye una puerta de 10x4 mts. (Las celdas que no tienen datos corresponden a la zona de la puerta). Los esfuerzos totales en el eje 2 (S22) son los llamados esfuerzos meridionales que actúan sobre planos tangentes a la superficie del domo y siguen el perfil en elevación de la estructura. Son predominantemente de compresión tanto para cargas gravitacionales como para viento; esta tendencia no cambia con la posición de los nodos lo cual se puede corroborar en la gráfica 5.1. Los esfuerzos totales en el eje 1 (S11) corresponden a los esfuerzos anulares. Se observa claramente que para el caso de línea vertical de nodos 3 se presenta tensión en la parte inferior hasta dos terceras partes del domo y posteriormente compresión hasta llegar a la lintenilla; no ocurriendo lo mismo en la línea de nodos 53, donde se presenta tensión hasta una cuarta parte del domo y brúscamente cambia a compresión para continuar así hasta la cúspide, esto se debe a la presencia de la puerta. Los esfuerzos en el eje 1 (S11) son los esfuerzos anulares obtenidos también en elevación del domo, es decir, como varían con la altura. Finalmente se tiene S12 que son los esfuerzos cortantes; se observa que

estos valores que se presentan son muy pequeños comparados con los meridionales y anulares. Los esfuerzos meridionales, anulares y cortantes se resumen en las tablas de la 9 a la 11, y en las gráficas de la 5.1 a la 5.3.

Altura	Esfuerzo	Esfuerzo	Esfuerzo	Esfuerzo
	922	922	922	922
	pp-3	v-3	pp-53	v-53
-0.800	-0.617	-1.886	0.001	0.019
0.000	-0.622	-1.582	-----	-----
0.754	-0.305	-0.902	-----	-----
1.508	-0.378	-1.042	-----	-----
2.262	-0.341	-0.872	-----	-----
3.016	-0.385	-0.959	-6.657	-16.900
3.770	-0.269	-0.771	1.337	6.123
4.524	-0.210	-0.661	-2.735	-5.856
5.278	-0.210	-0.663	-0.621	-1.461
6.032	-0.230	-0.714	0.002	0.178
6.786	-0.247	-0.765	-0.236	-0.278
7.540	-0.311	-0.311	-0.195	-0.739
8.294	-0.398	-0.398	-0.702	-1.068
9.048	-0.503	-0.503	-0.906	-1.342
9.802	-0.593	-0.593	-1.141	-1.641
10.556	-0.682	-0.682	-1.456	-2.043
11.310	-0.828	-0.828	-1.768	-2.428
12.064	-1.043	-1.043	-2.040	-2.790
12.818	-1.344	-1.344	-2.355	-3.408
13.572	-1.764	-1.764	-2.666	0.437
14.326	-2.368	-2.368	-2.997	-0.720
15.080	-3.084	-3.084	-3.107	-1.696
15.834	-3.598	-3.598	-3.542	-2.196
16.588	-3.434	-3.434	-3.720	-2.503
17.340	-2.667	-2.667	-3.357	-2.845
17.849	-1.738	-1.738	1.530	-3.390
18.149	-5.265	-5.265	-0.652	-3.814

Tabla 11.- Esfuerzos meridionales, eje normal 2 (kg/cm<sup>2</sup>)

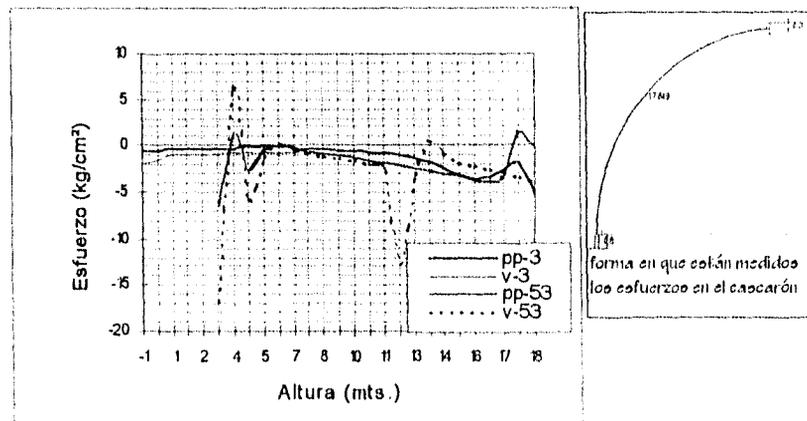


Figura 5.1.- Distribución de esfuerzos meridionales, eje 2

Altura	Esfuerzo 911 pp-3	Esfuerzo 911 v-3	Esfuerzo 911 pp-53	Esfuerzo 911 v-53
-0.800	-0.647	-1.980	0.001	0.020
0.000	-0.426	-1.139	-----	-----
0.754	0.314	0.503	-----	-----
1.508	0.889	1.823	-----	-----
2.262	1.676	3.755	-----	-----
3.016	2.033	4.464	-5.899	-13.816
3.770	2.580	5.065	15.341	37.158
4.524	2.832	5.250	-3.494	-7.500
5.278	2.740	4.755	-2.897	-8.077
6.032	2.577	4.065	-0.503	-2.554
6.786	2.456	3.373	-0.086	-1.373
7.540	2.378	2.737	-0.137	-1.429
8.294	2.281	2.162	-0.046	-1.196
9.048	2.171	1.546	0.028	-0.959
9.802	2.145	1.108	-0.012	-0.862
10.556	2.213	0.797	-0.194	-1.011
11.310	2.258	0.453	-0.349	-1.154
12.064	2.218	0.046	-0.428	-1.148
12.818	2.108	-0.399	-0.520	-1.200
13.572	1.785	-0.930	-0.613	-1.373
14.326	1.060	-1.754	-0.742	-1.617
15.080	-0.407	-3.295	-0.911	-1.913
15.834	-1.887	-4.607	-1.955	-3.199
16.588	-3.536	-6.059	-3.806	-5.258
17.342	-5.843	-8.551	-7.511	-9.071
17.849	-9.305	-11.967	-8.208	-10.746
18.149	-26.308	-28.085	-10.472	-10.350

Tabla 12.- Esfuerzos anulares, eje normal 1 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

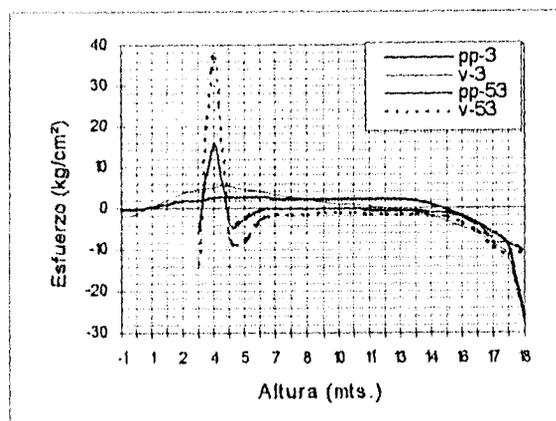


Figura 5.2.- Distribución de esfuerzos anulares, eje 1

Altura	Esfuerzo			
	∅12	∅12	∅12	∅12
	pp-3	v-3	pp-53	v-53
0.200	0.005	-0.018	0.000	0.000
0.000	0.018	0.048	-----	-----
0.754	-0.029	-0.114	-----	-----
1.508	-0.023	-0.058	-----	-----
2.262	0.018	0.077	-----	-----
3.016	0.023	0.079	0.635	1.461
3.770	0.060	0.125	-0.089	0.204
4.524	0.048	0.112	0.212	0.481
5.278	0.033	0.080	0.026	0.021
6.032	0.025	0.055	0.263	0.879
6.786	0.022	0.039	-0.030	-0.072
7.540	0.017	0.024	0.130	0.335
8.294	0.008	0.004	-0.012	-0.016
9.048	0.008	0.002	0.050	0.159
9.802	0.013	0.007	-0.026	-0.017
10.556	0.013	0.005	-0.004	0.054
11.310	-0.004	-0.016	-0.040	-0.029
12.064	-0.020	-0.031	-0.029	0.004
12.818	-0.042	-0.043	-0.042	-0.027
13.572	-0.059	-0.052	-0.035	-0.018
14.326	-0.084	-0.074	-0.030	-0.023
15.080	-0.042	-0.029	-0.027	-0.022
15.834	0.018	0.026	-0.040	-0.037
16.588	0.144	0.125	-0.047	-0.038
17.342	-0.011	-0.104	0.043	0.064
17.849	-0.057	-0.572	-0.043	-0.057
18.149	-0.056	-0.499	0.576	0.608

Tabla 13.- Esfuerzos cortantes, eje 1-2 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

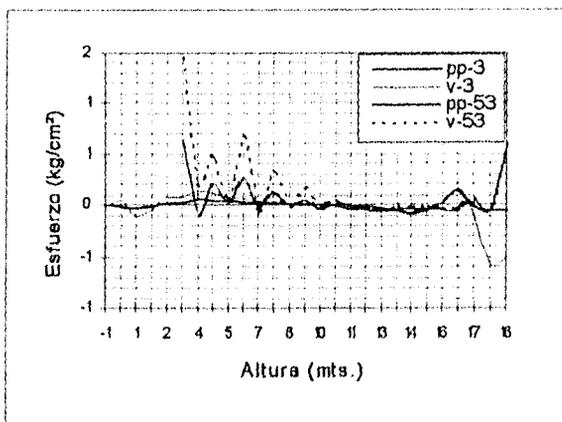


Figura 5.3.- Distribución de esfuerzos cortantes, eje 1-2

Al combinar esfuerzos normales y tangenciales se obtienen los esfuerzos principales debidos a la acción del viento en la dirección x del modelo con y sin nervaduras:

$$\sigma = \frac{\sigma_{11} + \sigma_{22}}{2} \pm \sqrt{\frac{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2}{4} + \sigma_{12}^2}$$

se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Altura	sin nervaduras				con nervaduras			
	línea nodal 3		línea nodal 53		línea nodal 3		línea nodal 53	
	$\sigma_{m\acute{a}x}$	$\sigma_{m\acute{i}n}$	$\sigma_{m\acute{a}x}$	$\sigma_{m\acute{i}n}$	$\sigma_{m\acute{a}x}$	$\sigma_{m\acute{i}n}$	$\sigma_{m\acute{a}x}$	$\sigma_{m\acute{i}n}$
0.00	-1.515	-4.592	0.0807	0.0266	-2.64	-8.00	0.031	0.0268
0.75	-2.897	-9.388	-----	-----	-1.518	-6.713	-----	-----
1.50	1.126	-3.109	-----	-----	0.676	-3.831	-----	-----
2.25	3.574	-2.406	-----	-----	2.432	-4.42	-----	-----
3.00	4.126	-4.059	-----	-----	5.00	-3.70	-----	-----
3.75	4.348	-4.836	-16.497	-63.356	5.954	-4.07	-18.36	-71.77
4.50	4.24	-4.696	46.63	26.692	6.756	-3.272	49.547	25.973
5.25	3.334	-5.274	-9.248	-22.035	7.01	-2.808	-9.963	-24.873
6.00	2.583	-5.102	-5.809	-11.249	6.342	-2.815	-6.20	-10.77
6.75	2.446	-4.845	1.184	-4.131	5.421	-3.209	0.942	-3.594
7.50	1.896	-4.844	-1.084	-1.743	4.497	-3.244	-1.167	-1.844
8.25	1.312	-4.983	-1.629	-3.118	3.70	-3.47	-1.699	-2.871
9.00	0.91	-4.963	-1.674	-3.557	2.869	-3.746	-1.593	-3.329
9.75	0.619	-4.866	-1.139	-3.795	2.061	-4.01	-1.26	-3.688
10.50	0.171	-4.983	-1.252	-3.995	1.477	-4.166	-1.148	-4.065
11.25	-0.334	-5.25	-1.428	-4.552	1.063	-4.297	-1.346	-4.645
12.00	-0.728	-5.487	-1.576	-4.924	0.604	-4.55	-1.538	-5.059
12.75	-0.884	-5.536	-1.518	-5.148	0.017	-4.919	-1.531	-5.234
13.50	-1.153	-5.804	-1.369	-5.361	-0.531	-5.331	-1.596	-5.457
14.25	-1.603	-6.337	-1.927	-6.078	-1.239	-5.824	-1.83	-5.863
15.00	-2.12	-7.453	-2.357	-7.165	-2.336	-6.517	-2.155	-6.203
15.75	-1.9	-8.163	-2.102	-7.981	-4.393	-7.273	-2.551	-6.143
16.50	-1.333	-8.028	-1.517	-7.889	-6.142	-7.528	-4.264	-6.671
17.25	-2.573	-2.844	-2.478	-2.957	-6.627	-8.098	-6.648	-7.018
18.00	-7.31	-1.92	-7.232	-19.239	-5.151	-1.14	-5.404	-12.10
18.75	-16.438	-31.259	-16.469	-31.358	-3.03	-16	1.548	-14.239
19.50	8.846	5.967	8.948	6.00			-0.302	-13.845

Tabla 14.- Esfuerzos principales (kg/cm<sup>2</sup>)

A continuación se presentan gráficas obtenidas por medio del SAPLOT, post-procesador gráfico del Programa SAP-90, donde se muestra la distribución de esfuerzos sobre el cascarón resultado del análisis estructural del modelo con y sin nervaduras y ante sollicitaciones de cargas verticales y por viento. Los esfuerzos están dados en kg/m<sup>2</sup>.

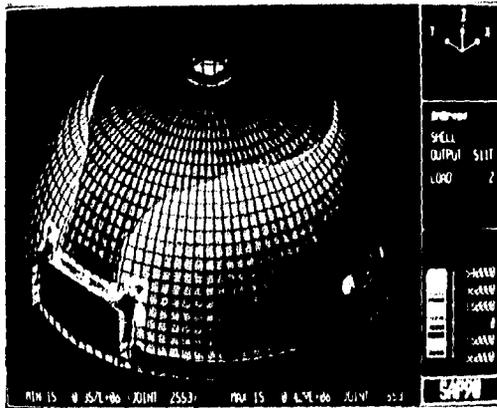


figura 5.4.- Esfuerzos anulares, modelo sin nervaduras, carga de viento en dirección x ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

figura 5.5.- Esfuerzos meridianos, modelo sin nervaduras, carga de viento en dirección x ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

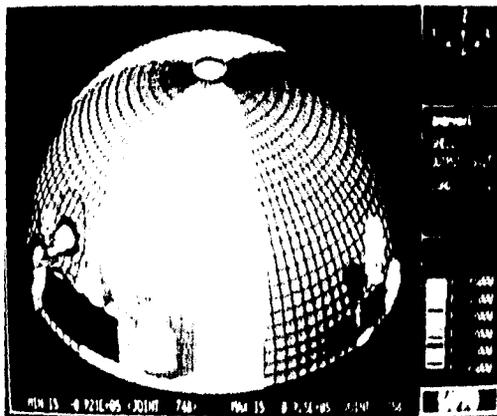
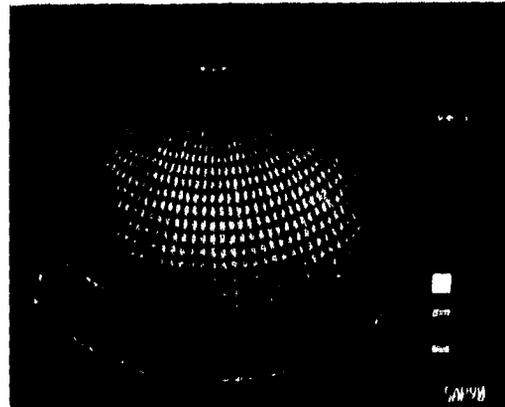


figura 5.6.- Esfuerzos cortantes, modelo sin nervaduras, carga de viento en dirección x ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

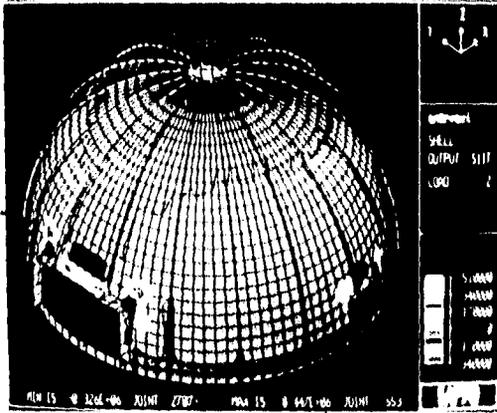


figura 5.7.- Esfuerzos anulares, modelo con nervaduras, carga de viento en dirección x ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

figura 5.8.- Esfuerzos meridianos, modelo con nervaduras, carga de viento en dirección x ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

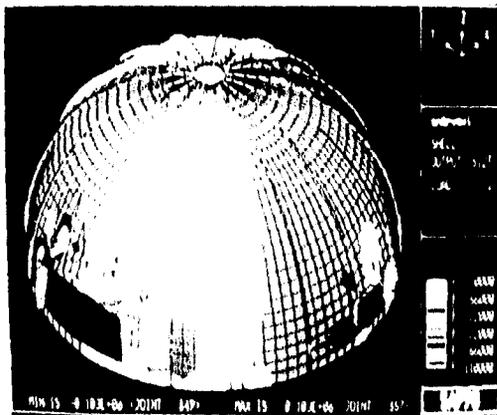
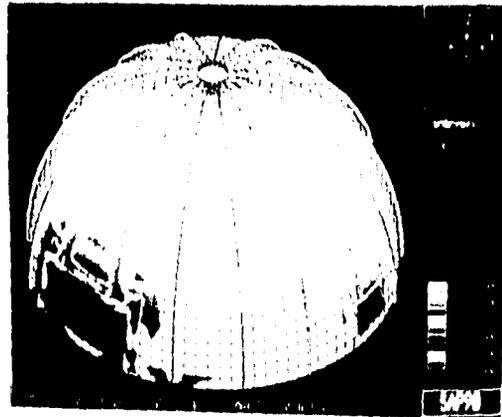


figura 5.9.- Esfuerzos cortantes, modelo con nervaduras, carga de viento en dirección x ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

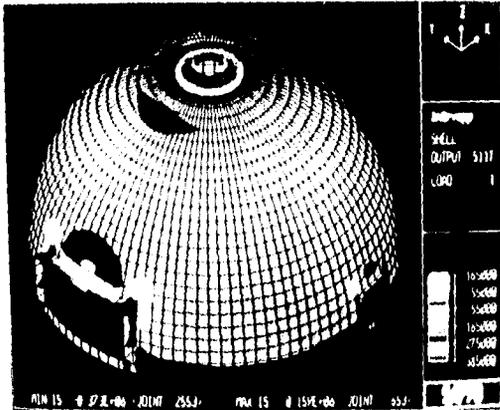


figura 5.10.- Esfuerzos anulares, modelo sin nervaduras, carga de peso propio+viva ( $\text{kg/m}^2$ )

figura 5.11.- Esfuerzos meridionales, modelo sin nervaduras, carga de peso propio+viva ( $\text{kg/m}^2$ )

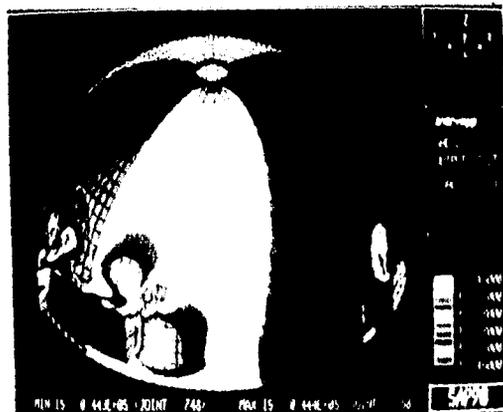
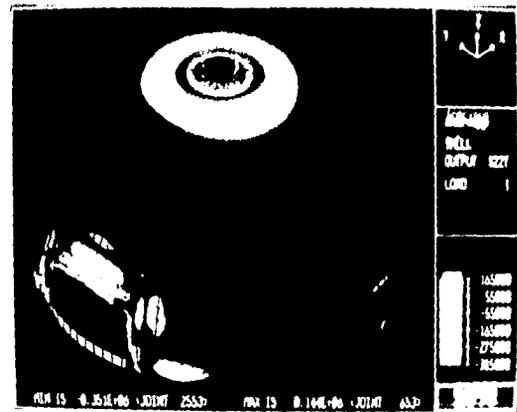


figura 5.12.- Esfuerzos cortantes, modelo sin nervaduras, carga de peso propio+viva ( $\text{kg/m}^2$ )

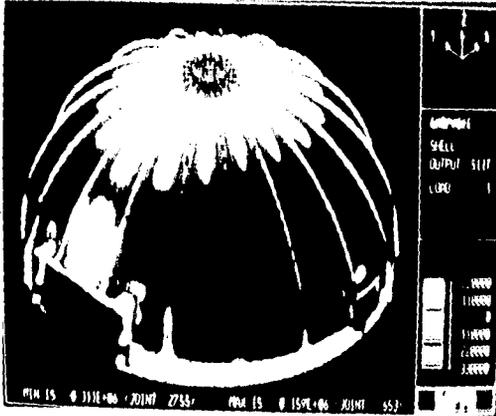


figura 5.13.- Esfuerzos anulares, modelo con nervaduras, carga de peso propio+viva ( $\text{kg/m}^2$ )

figura 5.14.- Esfuerzos meridianos, modelo con nervaduras, carga de peso propio+viva ( $\text{kg/m}^2$ )

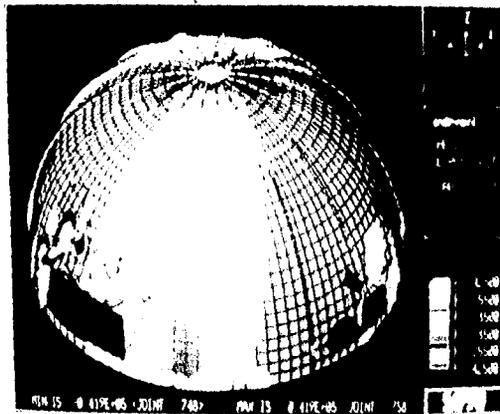
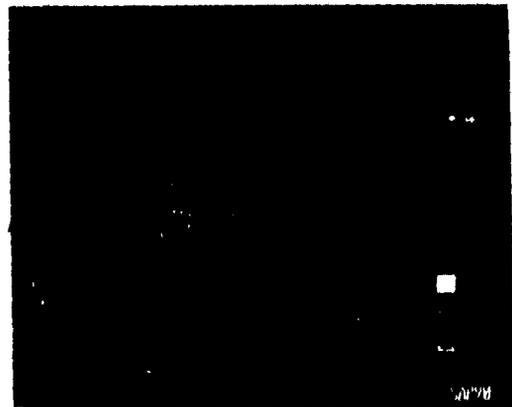


figura 5.15.- Esfuerzos cortantes, modelo con nervaduras, carga de peso propio+viva ( $\text{kg/m}^2$ )

## 5.2 Desplazamientos

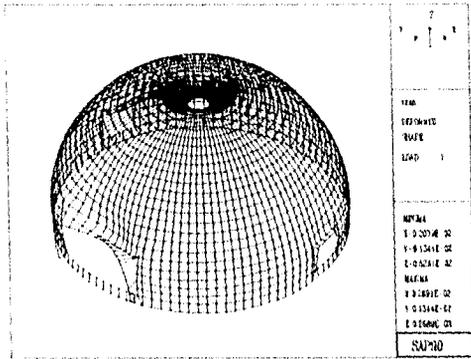


fig. 5.16 Desplazamientos por cargas verticales, modelo sin nervaduras (mts.)

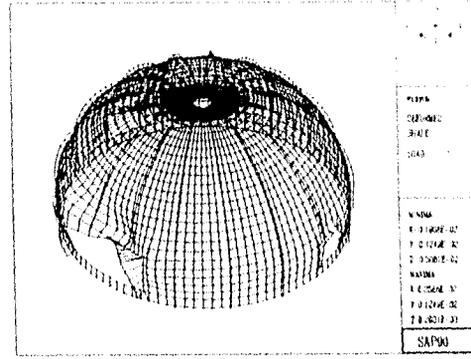


fig. 5.17 Desplazamientos por cargas verticales, modelo con nervaduras (mts.)

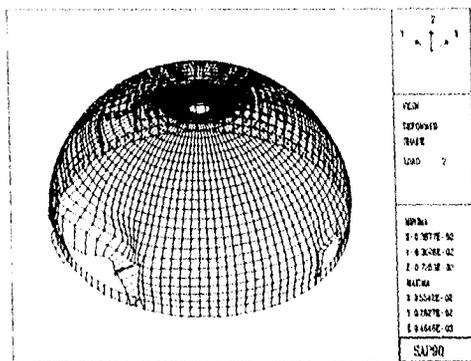


fig. 5.18 Desplazamientos debidos a viento, modelo sin nervaduras (mts.)

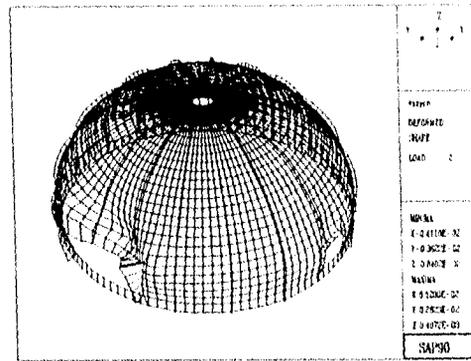


fig. 5.19 Desplazamientos debidos a viento, modelo con nervaduras (mts.)

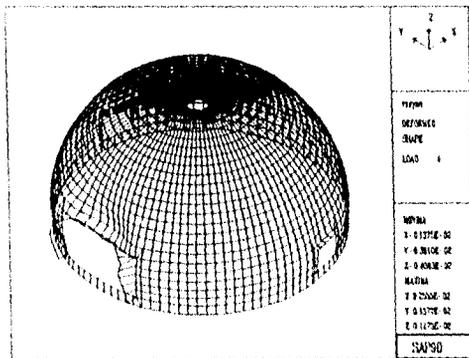


fig. 5.20 Desplazamientos debidos a sismo, modelo sin nervaduras (mts.)

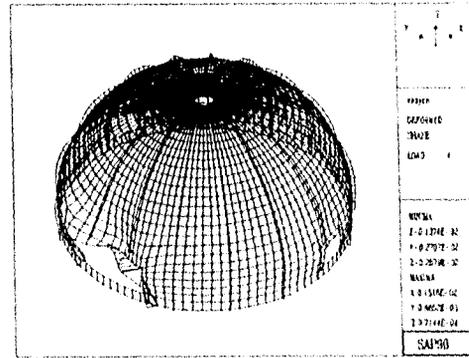


fig. 5.21 Desplazamientos debidos a sismo, modelo con nervaduras (mts.)

En las figuras anteriores se presentan los desplazamientos del domo obtenidos del análisis, ambos casos, con y sin nervaduras, para tres condiciones de carga. Los debidos a cargas verticales (figs. 5.16 y 5.17), viento en la dirección x (figs. 5.18 y 5.19) y sismo en la dirección y (5.20 y 5.21). Se eligieron estas combinaciones por que son ilustrativas de lo siguiente:

en el caso de cargas verticales se observa que el hecho de adicionar nervaduras al cascarón no contribuye a disminuir los desplazamientos de manera apreciable. Lo mismo sucede en el caso de viento, ya que las reducciones son igual que en el caso de cargas verticales insignificantes. No así para la combinación de carga por sismo en dirección y, donde se observa que los desplazamientos obtenidos en el domo con nervaduras son mucho menores que cuando no se incluyen éstas. Es probable que esto se deha a que al aplicar el sismo en la dirección y, se cuenta con menos rigidez debido a la presencia del hueco que se utilizará como acceso, y al colocar las nervaduras se compensa de alguna manera esa falta de rigidez.

### 5.3 Propiedades dinámicas de la estructura

Se presentan los primeros cuatro periodos de vibración de la estructura, donde se observa que al adicionar nervaduras a la estructura, el periodo disminuye aproximadamente un 10% del valor del periodo del modelo sin nervaduras.

A continuación se presentan gráficas en las cuales se observan las distribuciones de esfuerzos debidas a cargas de viento en la dirección x, con y sin nervaduras para efecto de comparación, así mismo se muestran las deformadas obtenidas con el programa SAPLOT.

Número de modo	sin nervaduras		con nervaduras	
	frecuencia	Periodo	frecuencia	Periodo
	ciclos/seg.	seg.	ciclos/seg.	seg.
1	9.7075	0.103	10.0052	0.089947
2	10.1941	0.098	10.5554	0.084738
3	10.4457	0.095	11.1470	0.079710
4	11.1424	0.089	11.4984	0.076968

Tabla 15.- Comparación de los periodos de vibración.

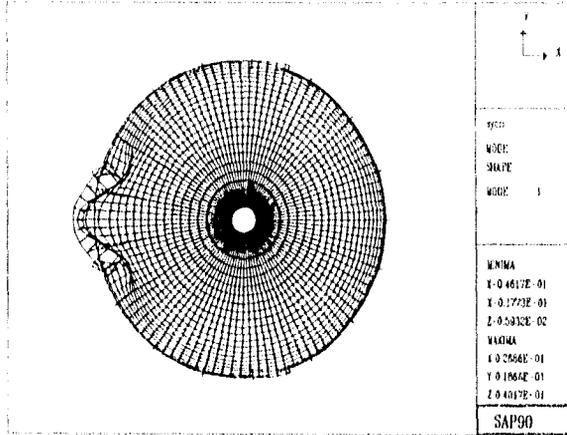


figura 5.22.- Primer modo de vibración del domo

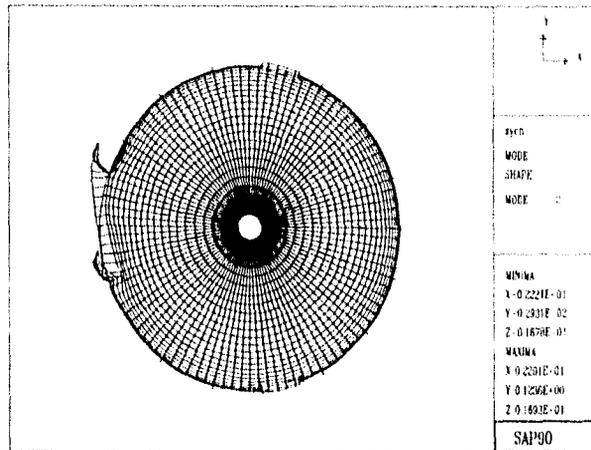


figura 5.23.- Segundo modo de vibración del domo

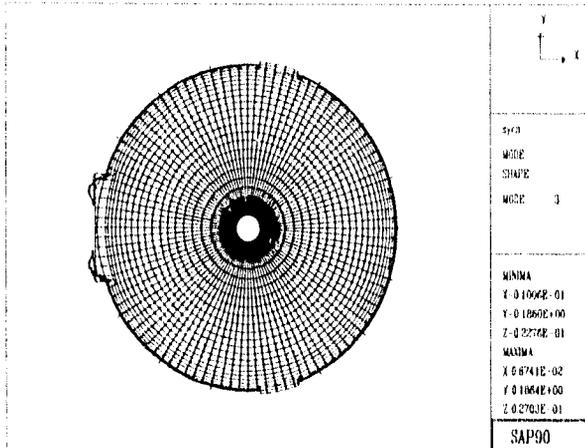


figura 5.24.- Tercer modo de vibración del domo

## CAPITULO VI.

CAP.VI.- DISEÑO

Aunque el concreto es capaz de resistir esfuerzos de tensión del orden del 10% de su resistencia a la compresión, se debe proporcionar acero para resistir todas las fuerzas de tensión. Esto se puede lograr colocando el refuerzo en dirección de las líneas de esfuerzos principales. Esta disposición del acero requiere la flexión de las barras a lo largo de su longitud y adherencia para definir las trayectorias de dicho refuerzo; sin embargo tal como en las estructuras convencionales como losas, esta disposición no es esencial para lograr una adecuada transferencia de fuerzas internas. El refuerzo puede colocarse en un ángulo en la dirección de los esfuerzos principales para facilidad en detallado y construcción. Al colocar el refuerzo de esta manera existe incertidumbre en el hecho de si se reduce la efectividad del refuerzo. En el caso de refuerzo en una dirección se reduce la efectividad como la secante del ángulo entre la dirección de los esfuerzos principales y la dirección del refuerzo. Esta reducción resulta del incremento de la distancia entre las barras y el decremento de los componentes de la tensión permisible en barras según figura 6.1.

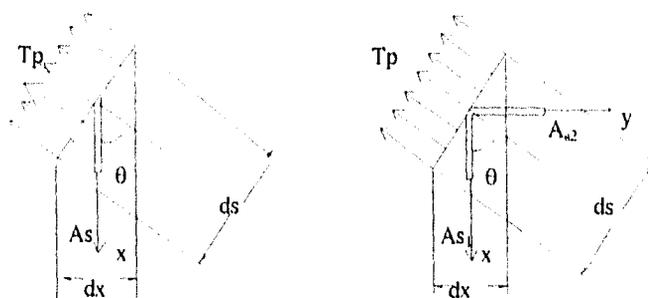


Fig. 6.1

Igualando las fuerzas en la dirección del esfuerzo principal  $T_p$ , se tiene:

$$T_p ds = A_s f_s dx \cos \theta$$

donde  $A_s$  es el área por unidad de longitud en la dirección  $x$ , dividiendo entre  $ds$  :

$$T_p = A_s f_s \cos \theta \, dx/ds = A_s f_s \cos^2 \theta$$

Cuando el acero es colocado en dos direcciones perpendiculares entre sí los esfuerzos en una dirección se pueden especificar arbitrariamente, pero en la otra dirección rige la dirección de las deformaciones principales. Nuevamente al establecer el equilibrio se tiene:

$$T_p \, ds = A_{s_1} f_{s_1} \, ds \cos \theta + A_{s_2} f_{s_2} \, dy \sin \theta$$

donde  $A_{s_2}$  es el área de acero por unidad de longitud en la dirección  $y$ . Al dividir entre  $ds$  como antes :

$$T_p = A_{s_1} f_{s_1} \cos^2 \theta + A_{s_2} f_{s_2} \sin^2 \theta$$

La deformación resultante en el refuerzo es en la dirección del esfuerzo principal, por lo tanto:

$$f_{s_2} = f_{s_1} \tan \theta$$

Finalmente se tiene que el refuerzo en dos direcciones es:

$$T_p = f_{s_1} (A_{s_1} \cos^2 \theta + A_{s_2} \sin^2 \tan \theta)$$

En el análisis del cascarón se consideró que el material es homogéneo e isotrópico, es decir, las propiedades elásticas del material permanecen constantes. Para ser consistentes, entonces, los esfuerzos en el acero se deberán basar en la relación deformación del acero a deformación del concreto. Este arreglo requiere de un porcentaje de acero constante en toda la zona de tensión. El mismo problema existe en el detallado de estructuras indeterminadas tales como marcos rígidos y arcos. En este tipo de estructuras es

costumbre analizar la estructura en base a las propiedades elásticas constantes del miembro y determinar el área de acero requerido suponiendo que está esforzado para un valor de diseño permisible. Una práctica similar se puede seguir en el diseño de cascarones con la modificación que los esfuerzos en el acero longitudinal será proporcionada de acuerdo a su distancia de los ejes neutros, esto es, el punto donde  $T_p$  es igual con cero<sup>(11)</sup>.

#### Refuerzo utilizado.

Como se mencionó en el capítulo II del presente trabajo, en construcciones de ferrocemento, el refuerzo que se coloca es altamente dependiente del método de construcción utilizado, en este caso se propone el siguiente refuerzo:

- 1.- Una retícula de varillas del No. 4 en ambas direcciones colocadas a cada 45 cms. que nacen en la cimentación y se prolongan hasta una altura vertical de 3 mts., para posteriormente espaciar la cuadrícula a 90 cms. en ambas direcciones. Este armado además de contribuir para contrarrestar parte de los esfuerzos actuantes, tiene la función de estructura de soporte para dar forma al cascarón. Estas varillas tienen un esfuerzo de fluencia de  $4200 \text{ kg/cm}^2$ .
- 2.- Una capa de malla electrosoldada 6x6-8/8, es importante puesto que es de pequeño diámetro y trabaja en dos direcciones ortogonales, cubriendo los espacios existentes entre la retícula que forman las varillas de esqueleto, al igual que el refuerzo complementario, contribuye de manera importante en el procedimiento constructivo para ayudar a mantener la forma del cascarón. Su esfuerzo de fluencia es de  $5000 \text{ kg/cm}^2$ .
- 3.- Dos capas cuatrapeadas entretrejidas de tela de gallinero galvanizada calibre 22 de 1/2" de ojo. (Figura 6.2). Estas capas son de fundamental importancia, ya que por ser los alambres tan delgados se integran en buena medida a la matriz de mortero dándole un carácter de homogeneidad e isotropía, y esto contribuye de manera importante a evitar

agrietamiento debido a la gran dispersión de refuerzo con que se cuenta. Además el uso de estas mallas disminuye el uso de cimbra. El esfuerzo de fluencia de los alambres es del orden de  $4000 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **Mortero.**

Se usará mortero cemento-arena con una proporción 1:2.5 en volumen y una relación agua/cemento de 0.5, dependiendo de la humedad de la arena. Se trata de que el mortero sea lo más seco posible para evitar reducciones apreciables en su resistencia y minimizar de esta forma la aparición de grietas en el producto final, claro está que el mortero debe ser manejable para permitir su fácil colocación sobre las mallas de refuerzo. Según evidencias experimentales se ha observado que con este proporcionamiento se obtiene una resistencia a la compresión promedio a los 28 días de aproximadamente  $225^{(15)} \text{ kg/cm}^2$ .

#### **Revisión de esfuerzos.**

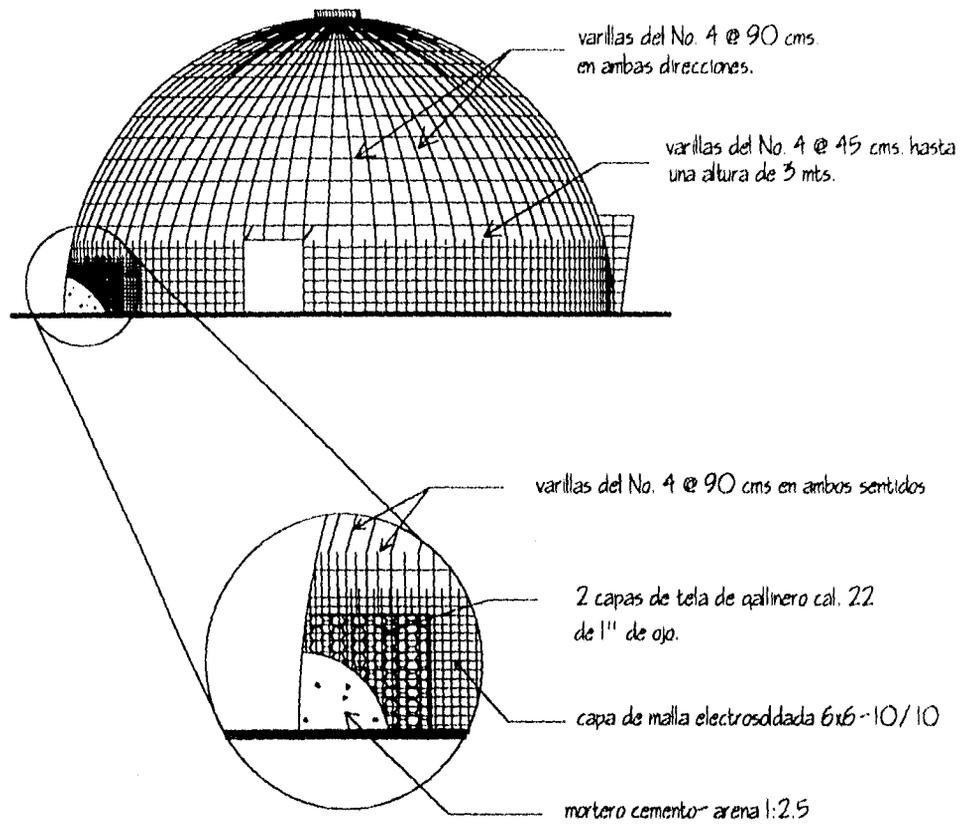
Al considerar los esfuerzos actuantes sobre la estructura, se obtiene de la tabla 14 que los esfuerzos máximos actuantes en el caso sin nervaduras son de  $46.63 \text{ kg/cm}^2$  en tensión y  $63.355 \text{ kg/cm}^2$  en compresión, y con nervaduras  $49.547 \text{ kg/cm}^2$  en tensión y  $71.77 \text{ kg/cm}^2$  en compresión; se observa poca variación en el nivel de esfuerzos para ambos casos, por lo que como antes, además de otros aspectos que se analizarán posteriormente, en adelante se contemplará sólo el domo que incluye nervaduras.

Con lo anterior se concluye que debido a los esfuerzos tan pequeños que se presentan, la resistencia de los materiales es poco solicitada, trabajando éstos en el rango elástico de comportamiento, los esfuerzos de compresión actuantes son del orden del 30% de la resistencia del mortero a la compresión.

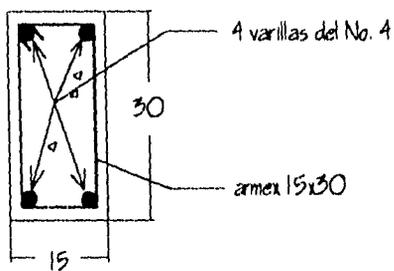
Aunque el nivel de esfuerzos es bajo, existen muchas incertidumbres sobre el análisis del comportamiento de cascarones<sup>(19,20 y 21)</sup>, ya que los desarrollos teóricos no coinciden en buena medida con los estudios experimentales, además, existen otro tanto de incertidumbres en la construcción de estas estructuras, debido principalmente al uso de materiales y sistemas constructivos poco convencionales, por esta razón se estima necesario revisar la estabilidad de la estructura, tema que se tratará en el CAPITULO VIII.

#### **Nervaduras.**

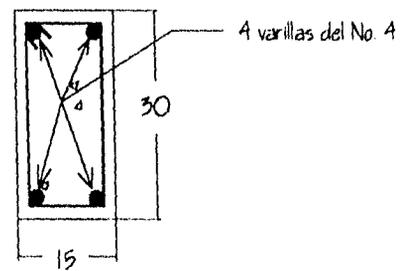
Se proponen 17 nervaduras de concreto de 15x30 cms. de sección, reforzadas con cuatro varillas del No. 4, y un concreto con resistencia de 250 kg/cm<sup>2</sup> a la compresión. Las nervaduras se colocarán en la periferia del domo y tendrán la forma del perfil del cascarón y estarán empotradas en el elemento anular de borde que sirve de cimentación y en el anillo de compresión situado en la parte más alta del domo.



armado del cascaron



armado de las nervaduras



armado del anillo de compresion

Figura 6.2.- Armado del domo y nervaduras

## CAPITULO VII.

## Cap.VII.- Breve estudio sobre corrosión.

### Corrosión.

El proceso corrosivo depende de una diversidad de factores como son los relacionados con el medio ambiente que lo rodea, las características y elaboración del mortero, la protección de la malla y el acero de refuerzo, el diseño y el proceso tecnológico de la construcción. Es precisamente la interacción de estos factores en su conjunto lo que hace difícil determinar cual o cuáles son las causas del deterioro de la estructura.

Se presentan a continuación algunos aspectos relativos a la corrosión de estructuras.

La durabilidad de las estructuras de concreto reforzado es el resultado de la acción protectora de doble naturaleza que ejerce el mortero sobre el acero de refuerzo:

- Por una parte, el mortero constituye una barrera física entre el acero y el medio ambiente.
- Por otro lado, la elevada alcalinidad del cemento desarrolla sobre el acero una capa de óxidos pasivantes que los protege indefinidamente.

La alcalinidad del mortero es debida principalmente al hidróxido cálcico que se forma durante la hidratación de los silicatos del cemento y los álcalis incorporados al clinker. Estas sustancias sitúan el PH de la fase acuosa en valores comprendidos entre 12.6 y 14, sumamente alcalinos, debido a lo cual el acero se encuentra pasivado, es decir, recubierto de una capa de óxidos compacta y continua que lo mantiene protegido por largo tiempo en presencia de una cierta cantidad de oxígeno y aún en presencia de humedades elevadas del mortero.

Esta situación se mantiene mientras que el recubrimiento de mortero no cambie sus características físicas ó químicas por agresiones externas, o se fisure, permitiendo en ambos casos la entrada de sustancias agresivas que destruyan la capa pasiva del acero.

Las causas que pueden dar lugar a la destrucción de esta capa pasiva son:

- La llegada de una cantidad suficiente de iones cloruros que penetran desde el exterior, dando lugar a una corrosión local.
- La disminución de la alcalinidad del mortero. La reducción del PH permite la disolución completa de la capa pasivante, dando lugar a una corrosión generalizada.

Una vez que la presencia de cloruros o la disminución de alcalinidad hayan iniciado la corrosión, los encargados de propagarla más o menos rápido son el contenido de humedad y oxígeno que rodean al estructura de acero, observándose los siguientes efectos:

- El acero disminuye su sección y por tanto su capacidad mecánica.
- El mortero puede fisurarse o desintegrarse debido a las presiones que ejerce el óxido al generarse.
- Disminuye la adherencia del mortero sobre el acero debido a la naturaleza expansiva del fenómeno de corrosión.

Estos factores pueden tener una incidencia directa en el deterioro acelerado de la estructura por corrosión del acero.

La presencia de cloruros es uno de los factores despasivantes fundamentales. Por tal motivo se ha tratado de obtener un límite seguro por debajo del cual no exista riesgo de corrosión. Así, es posible adoptar el valor de 0,3% de iones cloruros en relación al peso del cemento <sup>(10)</sup>.

Otros factores importantes de los cuales depende que se mantengan controlados los cloruros son la relación agua/cemento y las condiciones de curado que determinan el grado de impermeabilidad del mortero para evitar la penetración del medio agresivo.

Otro efecto que produce la corrosión del ferrocemento es la malla galvanizada .

El mortero presenta una alta alcalinidad, y se sabe que la corrosión del zinc aumenta en forma exponencial con el pH. (Figura 7.1)

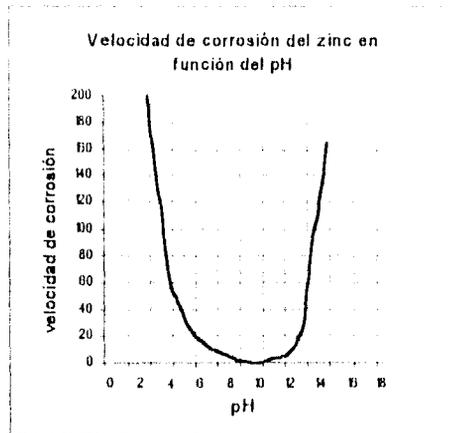


Fig. 7.1.- Velocidad de corrosión del zinc

Por otra parte se sabe que la corrosión se produce simultáneamente con el desprendimiento de hidrógeno. Es decir, la malla galvanizada al estar en contacto con el mortero se corroe desprendiendo hidrógeno continuamente; este hidrógeno puede fragilizar al acero, y al quedar aprisionadas las burbujas de gas sobre el metal por el fraguado del cemento, se produce una menor superficie de contacto del mortero que se traduce en una menor adherencia.<sup>(17)</sup>

Estos son, entre otros, los factores fundamentales relacionados con el proceso corrosivo en estructuras de ferrocemento.

Para evitar la corrosión del acero de refuerzo es necesario señalar que el lograr la impermeabilidad y la compactación del mortero juega un papel más que importante. Adicionalmente se recomienda tomar las siguientes medidas<sup>(18)</sup>:

- El uso de trióxido de cromo en el agua para la preparación de la mezcla. Se usará como aditivo en una concentración de 300 ppm, la cual es reportada como práctica usual para

contrarrestar el efecto del desprendimiento de hidrógeno debido a la reacción del mortero sobre la malla galvanizada.

- El empleo de silicato de sodio como impermeabilizante. Su uso dependerá de la compatibilidad con los diferentes esquemas de pintado de la estructura.

El empleo de estas medidas de protección no redundan de manera significativa en el costo de la estructura; sin embargo, proveen una importante barrera contra la corrosión del refuerzo a utilizar.

## CAPITULO VIII.

## Cap.VIII.- Análisis de la estabilidad de la estructura

### 8.1.- Conceptos básicos y teorías de pandeo

El concepto físico de pandeo se define como el colapso de una estructura bajo esfuerzos o cargas menores a las que causan la falla de los materiales. El pandeo generalmente se manifiesta como un colapso repentino de la estructura debido a la presencia de grandes desplazamientos.

Dentro del estudio de pandeo de las estructuras es importante conocer el término bifurcación, ya que es aplicado a menudo en la estabilidad de estructuras. Físicamente, se puede pensar en una curva o serie de curvas donde se grafica carga contra deflexión. Previo al pandeo la curva es singular, esto es, la curva carga deflexión es una línea recta o una curva que depende de las propiedades de los materiales y deflexiones iniciales o imperfecciones. En el punto de bifurcación solo son posibles dos trayectorias, la de carga alta que ocurre cuando se previene el pandeo y se logran las relaciones carga-esfuerzo-deformación-desplazamiento (comportamiento 1), el otro caso es el de carga baja, que es cuando ocurre el pandeo y no se cumplen dichas relaciones (comportamiento 2).

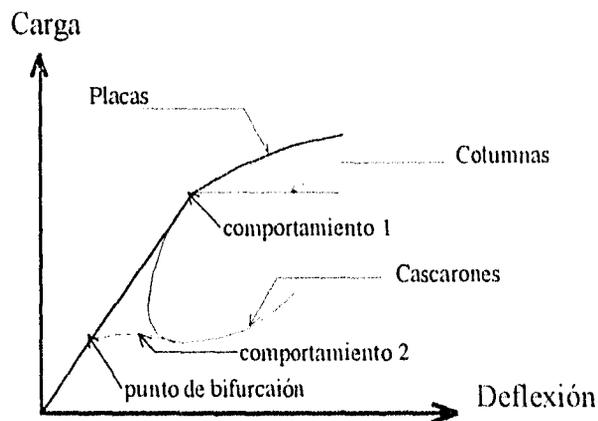


Figura 8.1.- Curvas carga deflexión para columnas, placas y cascarones<sup>(19)</sup>

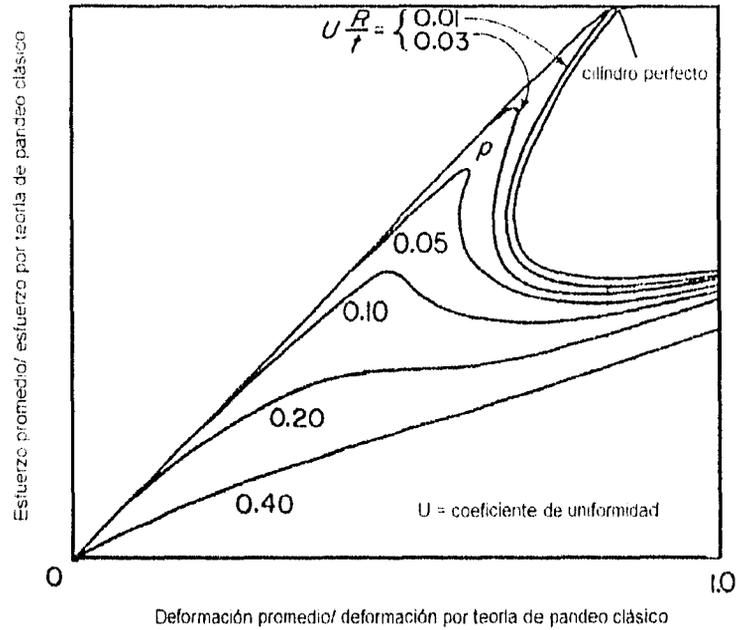


Figura 8.2.- Curvas carga deflexión para cascarones cilíndricos sometidos a compresión axial<sup>(20)</sup>.

El punto sobre la curva carga deflexión donde se definen las dos trayectorias anteriores se conoce como punto de bifurcación (figuras 8.1 y 8.2).

Teorías de pandeo disponibles.

Hay muchas teorías disponibles sobre el estudio de pandeo de las estructuras. Las teorías se dividen en matemáticas y físicas. Las primeras prescriben un tratamiento matemático para algún problema determinado y las segundas intentan describir un acontecimiento físico. Hoy en día, a pesar de muchas investigaciones no se ha establecido una teoría aplicable a las matemáticas y física del problema de pandeo en cascarones, aunque este problema es universalmente aceptado<sup>(19)</sup>.

### Teorías lineal y no lineal.

Nuevamente se tiene que existen muchas definiciones de teorías lineal y no lineal cuando se describen problemas de pandeo. Un concepto matemático de teoría lineal ignora términos de mayor orden que uno (tales como deflexión dividida entre el espesor al cuadrado, cubo, etc.). Físicamente un concepto solo considera curvas carga-deflexión como líneas rectas e ignora curva de orden mayor. La teoría no lineal toma en cuenta los efectos de segundo, tercero, etc. orden.

### Estabilidad en cascarones

En el caso de diseño de placas y columnas, la predicción de las cargas de diseño, esfuerzos, cargas de pandeo y parámetros relacionados se pueden obtener con relativa precisión. Desafortunadamente, esto no sucede en el caso de cascarones. Si es posible que el diseñador obtenga la carga de pandeo de una estructura con un error de más o menos el 25% se considera que se ha hecho un buen trabajo<sup>(19)</sup>. Los cascarones son más sensibles a deflexiones, imperfecciones, propiedades del material, etc. que las columnas o placas.

Un método tradicional de sintetizar algunas de las diferencias se ilustra en la figura 8.1, donde se grafica carga o esfuerzo contra deflexión para columnas, placas y cascarones. Obsérvese que la carga post-pandeo para un cascarón es mucho más baja que la de pandeo. En el caso de columnas puede ser la misma y para una placa se incrementa. La línea discontinua ilustra una curva real poco típica. No es raro que un cascarón real sufra pandeo en menos de la tercera parte del valor de la teoría lineal clásica.

### Pandeo de cascarones esféricos enfoque clásico lineal.

Un cascarón esférico sometido a presión externa es una estructura en la cual las deformaciones difieren apreciablemente de la teoría clásica lineal en valores

relativamente pequeños de deflexiones, aunque se le puede dar un tratamiento elástico. Por esta razón, el proceso de pandeo se caracteriza por un rápido decremento en el equilibrio de cargas una vez que se alcanza el valor crítico. El comportamiento de cascarones esféricos con bordes empotrados sometidos a presión externa (figura 8.3) ha sido estudiado por Y. C. Fung y E. E. Sechler utilizando presión de aceite en las especímenes de prueba<sup>(20)</sup>, y el comportamiento puede ilustrarse mediante las curvas carga contra deflexión en la cúspide del cascarón (figuras 8.4 y 8.5). Aunque estos estudios se hicieron sobre modelos sin nervaduras, es posible adoptarlos para evaluar el comportamiento al pandeo, ya que el caso sin nervaduras es más crítico.

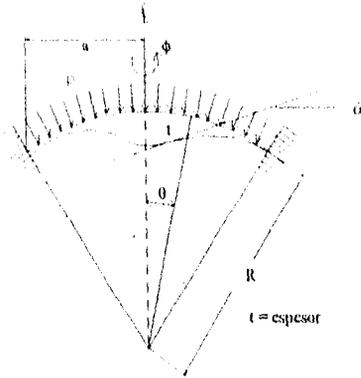


figura 8.3.- Características geométricas de un cascarón esférico.

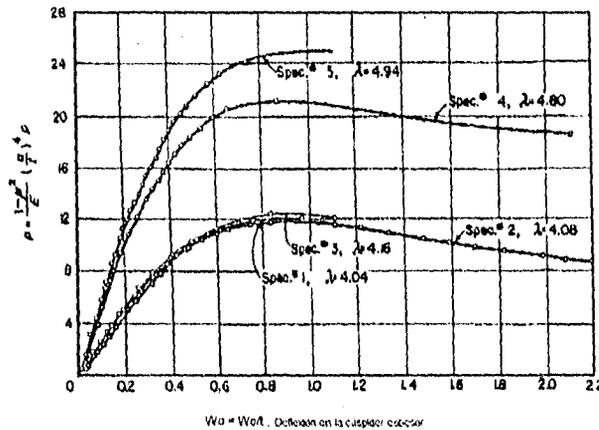


figura 8.4.- Presión vs. deflexión en la cúspide para cascarones esféricos suavizados<sup>(20)</sup>



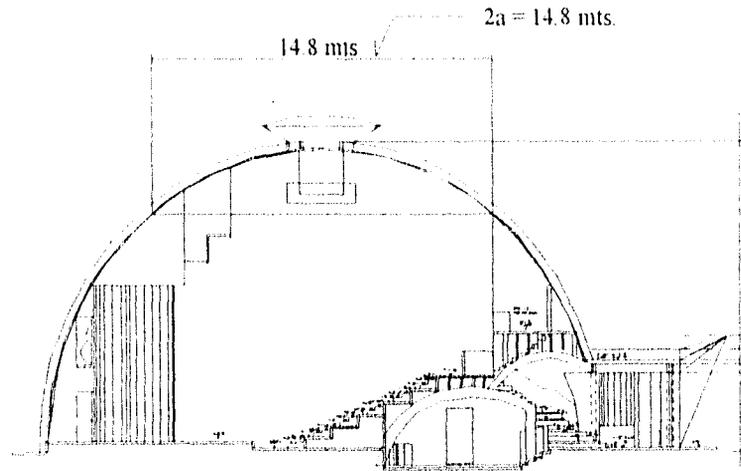


fig. 8.6.- Determinación del parámetro a

se observa en la figura que el cascarón tiene en su interior muros verticales que limitan la dimensión de  $a$ , es de hacerse notar que las uniones entre los muros y cascarón no son lo suficientemente rígidas para que se puedan considerar como empotramientos, pero al no disponer de estudios que aborden específicamente es problema, se adoptarán los realizados por Y. C. Fung y E. E. Sechler<sup>(20)</sup>, por tanto, sustituyendo los valores en la fórmula se tiene que  $\lambda$  es igual a:

$$\lambda = \left[ 12(1 - (0.3)^2) \right]^{1/4} \frac{740}{\sqrt{4(1200)}} = 19.42$$

Así mismo, al analizar los desplazamientos máximos obtenidos tanto por peso propio (0.75 cm.) como por viento (0.24 cm.) se observa que la relación desplazamiento en la cúspide contra espesor del cascarón es muy pequeña, por lo que se puede adoptar un valor de  $P=200$  (figura 8.5) para estimar la presión vertical constante que puede soportar dicho cascarón. Con lo anterior se tiene:

$$P = (1 - \mu^2) / E \times (a/t)^4 \quad p = 200$$

$$P = 200 E / (1 - \mu^2) (t/a)^4 = 200 / (1 - 0.3^2) (2.03 \times 10^5) (4/740)^4 = 0.039 \text{ kg/cm}^2$$

La carga por centímetro cuadrado debida a peso propio es:

p.p. = peso volumétrico del ferrocemento x espesor del cascarón

$$p.p. = 2300 \text{ kg/m}^3 \times 0.04 = 92 \text{ kg/m}^2 = 0.0092 \text{ kg/cm}^2$$

Factor de seguridad:

$$F.S. = 0.039/0.0092 = 4.2$$

Calculo del esfuerzo de pandeo crítico elástico.

El esfuerzo de pandeo para cascarones esféricos se expresa generalmente por la ecuación:

$$\sigma_{cr} = K E t/R \quad \text{donde :}$$

K = constante numérica

E = módulo de elasticidad en compresión del material =  $2.08 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

t = espesor del cascarón = 4 cm.

R = radio del cascarón = 12 mt.

La teoría lineal clásica para el problema de pandeo de esferas completas da un valor de  $K=0.606$  con un módulo de Poisson de 0.3, desde luego que este es un problema más complejo; la teoría basada en el criterio de energía, así como la teoría clásica dan un rango de valores de K de 0.15 a 0.40. Estos valores se obtuvieron experimentalmente y se observa que pueden relacionarse de manera aproximada con  $\lambda$ , según figura 8.7.

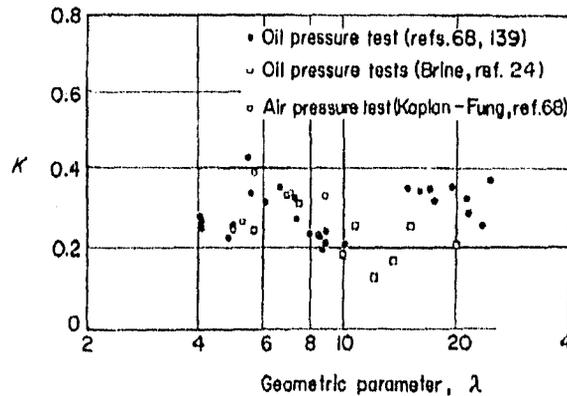


Fig.- 8.7 Valores experimentales de K para cascarones esféricos bajo presión uniforme<sup>(20)</sup>

Según la figura anterior, el valor de K para un  $\lambda=19.42$  oscila aproximadamente entre 0.25 a 0.35, por lo que tomando el menor valor se tiene que el esfuerzo crítico de pandeo es del orden de:

$$\sigma_{cr} = 0.25 \times (2.08 \times 10^5) \left( \frac{4}{1200} \right) = 173.33 \text{ kg/cm}^2$$

Considerando un factor de seguridad de 6, debido a la gran fluctuación que se tiene entre esfuerzos donde se presenta el pandeo en cascarones esféricos (figura 8.5) se tiene un esfuerzo crítico  $\sigma_{cr} = 28.89 \text{ kg/cm}^2$ .

Por otra parte, al revisar los esfuerzos actuantes debidos a cargas verticales y viento se observó que son muy pequeños comparados con el del pandeo, por tanto se concluye que no se presentará inestabilidad estructural debida a pandeo del cascarón en la zona de compresión considerando un enfoque de comportamiento elástico de los materiales.

#### Criterio inelástico.

Para evaluar la resistencia al pandeo del domo de ferrocemento considerando un criterio inelástico, se adoptan estudios realizados con anterioridad sobre pandeo de domos delgados de concreto<sup>(21)</sup>, estos fueron hechos sobre un modelo conceptual para predecir la resistencia al pandeo de domos. Estas investigaciones están basadas en la literatura disponible sobre estabilidad de cascarones esféricos y flujo plástico del concreto. Al modelo se le incluyeron efectos tales como no linealidad geométrica, flujo plástico y no linealidad del material.

Se sabe que la carga crítica de pandeo se ve fuertemente afectada por las desviaciones de una forma esférica perfecta de proyecto con respecto a la forma real en que se construye, esto se manifiesta en un cambio de la relación  $R/t$  sobre una región suficientemente grande. Estas imperfecciones son la principal causa de la discrepancia entre los resultados experimentales, y los obtenidos basándose en la teoría clásica, son

consecuencia además de deformaciones instantáneas, deformaciones por flujo plástico, tolerancias de construcción y otros factores que se describen posteriormente.

### Efecto del flujo plástico

La magnitud del flujo plástico último depende de muchos factores, como son: la resistencia del material utilizado, la relación volumen superficie, duración de la carga, edad del material al aplicar la carga, así como la humedad promedio durante la aplicación de la carga lo que modifica el comportamiento del material a largo plazo.

### Efecto de agrietamiento del material

En general el agrietamiento por tensión debida a flexión en un cascarón hecho de material elástico lineal no afecta de manera apreciable el estado de esfuerzos o la rigidez de dicho cascarón.

Para materiales no lineales cuyas propiedades dependen del tiempo los efectos del agrietamiento debido a flexión son también insignificantes<sup>(21)</sup>.

### Efecto de no linealidad del material.

La relación esfuerzo-deformación para el concreto es altamente no lineal si los esfuerzos exceden 0.7  $f_c$ . Para un cascarón hecho de materiales elásticos lineales, puede ocurrir pandeo en nivel de esfuerzos muy por debajo de la fluencia. Las imperfecciones geométricas y el flujo plástico incrementa la relación radio a espesor, lo que reduce los esfuerzos.

Por otra parte, si la relación  $R/t$  es mucho menor que 500, el pandeo no regirá el criterio de diseño del cascarón<sup>(21)</sup>.

Con base en las consideraciones anteriores y con los resultados obtenidos del modelo estudiado, se procede a evaluar la resistencia al pandeo de domos de concreto reforzado mediante el procedimiento propuesto por Zarghamee y Heger<sup>(21)</sup>:

- 1.- Proponer un espesor  $t$ , dado un radio  $R$  del domo
- 2.- Estimar la carga muerta basándose en el espesor propuesto, así como la carga viva.
- 3.- Calcular la carga total, esto es, la carga muerta factorizada por 1.4 y la carga viva por 1.7.
- 4.- Seleccionar un factor de reducción  $\phi = 0.7$  para tomar en cuenta la variabilidad de las propiedades del concreto, construcción del domo, y precisión del análisis del pandeo.
- 5.- Seleccionar un factor de reducción debido a imperfecciones  $\beta_{imp} = 0.5$ , si el promedio de radios de curvatura  $R_{imp}$  medidos sobre una región de diámetro  $d = 2.5 \sqrt{R t}$  no excede 1.4  $R$ , donde  $R$  es el radio de curvatura nominal, en caso contrario,  $\beta_{imp} = \left( \frac{R}{R_{imp}} \right)^2$
- 6.- Seleccionar un factor de reducción  $\beta_c$  debido a flujo plástico, no linealidad del material y agrietamiento del concreto. Este factor se obtiene de las figuras 1 y 2, corrigiendo el flujo plástico por carga muerta debido a la edad del concreto en el momento de aplicación de la carga, si es que fuera diferente de 28 días.
- 7.- Calcular la carga de pandeo crítico, mediante la siguiente expresión:

$$p'_o = 0.66 \phi \beta_{imp} \beta_c E \left( \frac{t}{R} \right)^2$$

- 8.- Finalmente, revisar que la carga factorizada total  $p$  sea menor que  $p'_o$  ( $p \leq p'_o$ ) donde:

$$p = 1.4 c_m + 1.7 c_v$$

Para poder aplicar el procedimiento antes descrito y así evaluar la resistencia al pandeo de domos considerando los factores ya descritos se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- 1.- El domo es soportado por puntales y es curado apropiadamente al menos durante 7 días después de la colocación del mortero. La cimbra se removerá después de 7 días.
- 2.- El domo está sometido a los efectos de carga muerta (peso propio) durante toda su vida.
- 3.- La máxima carga viva es aplicada cuando el mortero tiene una vida de al menos 30 días, para una duración continua que no excederá de un mes.
- 4.- La presión última  $p$  debe satisfacer la siguiente desigualdad:

$$p \geq 1.4 \text{ c.m.} + 1.7 \text{ c.v.}$$

los coeficientes 1.4 y 1.7 son los factores para carga muerta y viva que marca el reglamento ACI 318.

#### Revisión del pandeo en el cascarón de ferrocemento.

- 1.- El espesor propuesto del cascarón es de 5 cms.
- 2.- La carga muerta es:

$$\text{c.m.} = (0.05\text{m})(2350 \text{ kg/m}^3) = 117.5 \text{ kg/m}^2 = 0.0118 \text{ kg/cm}^2$$

donde  $2350 \text{ kg/m}^3$  es el peso volumétrico del ferrocemento.

Suponiendo una carga viva de  $40 \text{ kg/cm}^2$  sobre la superficie del domo se tiene:

$$\text{c.v.} = 40 \text{ kg/m}^2 = 0.004 \text{ kg/cm}^2.$$

- 3.- La carga factorizada total es:

$$p = 1.4 \text{ c.m.} + 1.7 \text{ c.v.}$$

$$p = 1.4 (0.0118) + 1.7 (0.004) = 0.0233 \text{ kg/cm}^2.$$

- 4.- Factor de reducción debido a la variabilidad en las propiedades del material, problemas de construcción y precisión del análisis  $\phi = 0.7$

5.- Durante la construcción del cascarón, se han observado variaciones del radio teórico con respecto del  $R_{imp}$  del orden del 1.5%, en una zona  $d = 2.5 \sqrt{R t} = 193 \text{ cm}$ , por tal razón se tiene que:

$$\beta_{imp} = 0.5$$

6.- Factor de reducción debido a no linealidad de los materiales, flujo plástico y agrietamiento (según gráficas 1 y 2):  $\beta_c = 0.45$

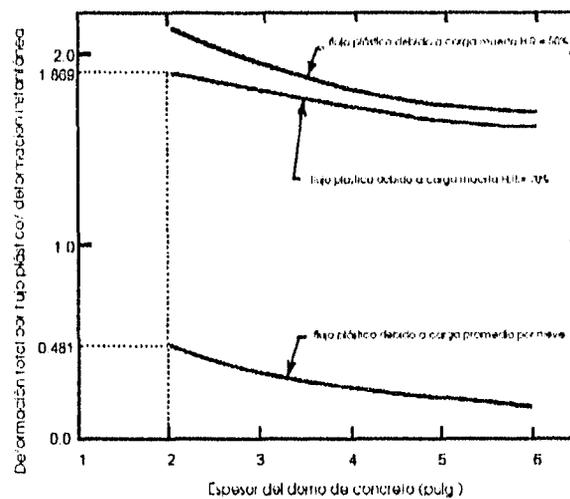


figura 8.8.- Flujo plástico vs. espesor de un domo ubicado en un ambiente con humedad relativa exterior promedio anual de 50%, 70% y 100% interior, cargada después de 28 días con un  $f_c = 3750 \text{ p.s.i. (25.9 Mpa.)}^{(21)}$

Si consideramos un incremento en el factor de reducción  $\beta_c$ , debido a la diferencia en los valores de resistencia a la compresión consideradas en la elaboración de la gráfica ( $259 \text{ kg/cm}^2$ ) y el mortero del modelo de ferrocemento ( $225 \text{ kg/cm}^2$ ), puesto que la tendencias son aproximadamente lineales, se disminuirá en un 15% el valor del factor de reducción, por tanto  $\beta_c = 0.45/1.15 = 0.39$

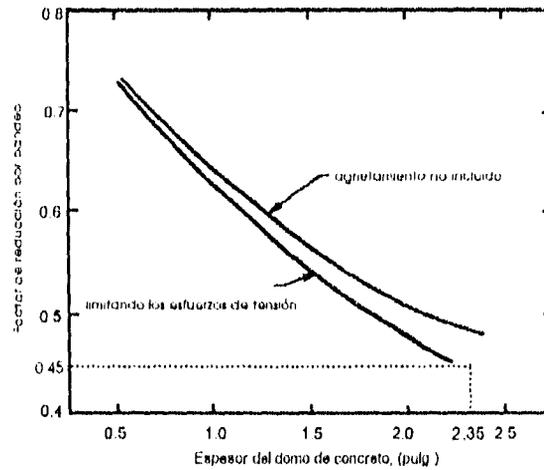


figura 8.9.- Factor de reducción para resistencia al pandeo de un cascarón esférico suavizado de concreto, debido a la no linealidad, flujo plástico y agrietamiento<sup>(20)</sup>

$$7.- p'_0 = 0.66 \phi \beta_{imp} \beta_c E \left( \frac{t}{R} \right)^2 = 0.66 (0.7) (0.5) (0.39) (2.09 \times 10^5) \left( \frac{5}{1200} \right)^2 =$$

$$p'_0 = (0.09) (2.09 \times 10^5) (5/1200)^2 = 0.327 \text{ Kg/cm}^2.$$

donde E es el módulo de elasticidad del ferrocemento obtenido con anterioridad.

8.- Al comparar la carga viva y muerta factorizadas con la de pandeo se tiene:

$$0.0233 \text{ Kg/cm}^2 < 0.327 \text{ Kg/cm}^2$$

con lo que se observa que se cumple la condición  $p < p'_0$ , lo que indica que no se presentará inestabilidad de la estructura debido a pandeo inelástico.

## CAPITULO IX.

## CAP.IX.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Después de una minuciosa revisión de los resultados obtenidos en este trabajo, y observar las gráficas de fuerzas y esfuerzos obtenidos del análisis estructural (el análisis se realizó de las dos maneras, es decir, se obtuvieron los fuerzas y momentos internos que actúan sobre los elementos y los esfuerzos totales a que están sometidos), se concluye que la combinación de carga que produjo los mayores fuerzas y momentos internos así como los mayores desplazamientos fue carga muerta+carga viva+carga de viento en la dirección x. Esta combinación predominó en ambos modelos, con y sin nervaduras. En huecos de puertas se observan las mayores concentraciones de esfuerzos debido a la falta de continuidad, pero es sin duda en la puerta principal en donde se localizan los elementos más esforzados debido al gran hueco que presenta.

En lo que respecta a la acción del viento en las otras direcciones, se observó que en la dirección y, se generan distribuciones de esfuerzos que aunque son de menor orden que en la dirección x, son significativos y también se presentan en los elementos que forman la puerta principal.

Al someter la estructura a la acción del viento en ambas direcciones se observó claramente la presencia de presiones en la zona de sotavento hasta una altura aproximada de 4 metros justo encima de la puerta principal, y succiones en la zona de barlovento (costados, zona posterior y zona superior de la estructura).

En el caso de aplicación de carga sísmica en dos direcciones ortogonales, como era de esperarse, la estructura no presenta desplazamientos ni esfuerzos excesivos debido a la poca masa y gran rigidez que posee, también el utilizar un material homogéneo dentro de ciertos regímenes de carga, y no tener cambios bruscos de resistencia en el material que la constituye, contribuye de manera importante a mejorar su comportamiento.

El uso de nervaduras permite definir claramente zonas de igual comportamiento donde todos los elementos que conforman dicha zona están sometidos a tensión o compresión, esto es, uniformizan la distribución de esfuerzos sobre la superficie del domo, así como

También reducen la magnitud de los esfuerzos que actúan en el cascarón; claro está que esta disminución en los valores de los esfuerzos en dicho cascarón no es gratis, ya que se observa una marcada tendencia a incrementar los esfuerzos que actúan sobre la cimentación.

Se encontró que los esfuerzos meridionales que actúan sobre los elementos en la parte superior son mayoritariamente de compresión, en cambio los anulares son de compresión en la parte superior y cambian a tensión en la inferior, con lo que se corrobora la teoría de comportamiento de cascarones de geometría conocida tales como domos. Los valores de los momentos son muy pequeños, lo que indica que es posible utilizar la teoría de la membrana para determinar los esfuerzos actuantes debido a peso propio, sin incurrir en errores graves al no considerar los momentos flexionantes y torsionantes que actúan sobre los elementos finitos.

En lo referente a los desplazamientos se tiene que el máximo desplazamiento vertical se presenta en el elemento anular de borde superior y es prácticamente el mismo en valor numérico con nervaduras y sin ellas; al parecer las nervaduras no limitan los desplazamientos instantáneos debido a que son muy esbeltas y no provocan un incremento de rigidez considerable, hecho que se manifiesta al comparar los periodos de ambas estructuras que para fines prácticos son semejantes.

Un desplazamiento vertical del orden de 6.4 milímetros es en valor absoluto el más grande registrado en las tres direcciones, como consecuencia del peso que le transmite el dispositivo de ventilación propuesto, que se colocará en la linternilla.

Se tiene que la deformación total considerando desplazamientos diferidos es igual a:  $d_{\text{total}} = 6.4 + 2.35(6.4) = 21.44$  mm, valor pequeño considerando las dimensiones del domo.

Cabe señalar además, que aunque las nervaduras no limiten de manera importante los desplazamientos inmediatos, se observa en las configuraciones deformadas que mejora el comportamiento global de la estructura, al integrarse las nervaduras al elemento de borde y trabajar en conjunto con el cascarón, lo que evita tener zonas de grandes concentraciones de esfuerzos sobre dicho cascarón. Por otra parte, al considerar los desplazamientos a largo plazo que pudieran presentarse y las incertidumbres que se

tienen en la determinación de la carga de pandeo, las nevaduras cobran importancia como un factor de seguridad adicional.

Con base en las observaciones hechas con anterioridad se concluye que en estructuras tipo domo de pequeño espesor, construidas a base de ferrocemento, la acción del sismo no es relevante debido a las características geométricas y del material utilizado, no así la acción del viento que puede generar esfuerzos de tensión y compresión, así como desplazamientos considerables sobre la estructura. Además el uso de nevaduras es adecuado ya que mejora el comportamiento del cascarón.

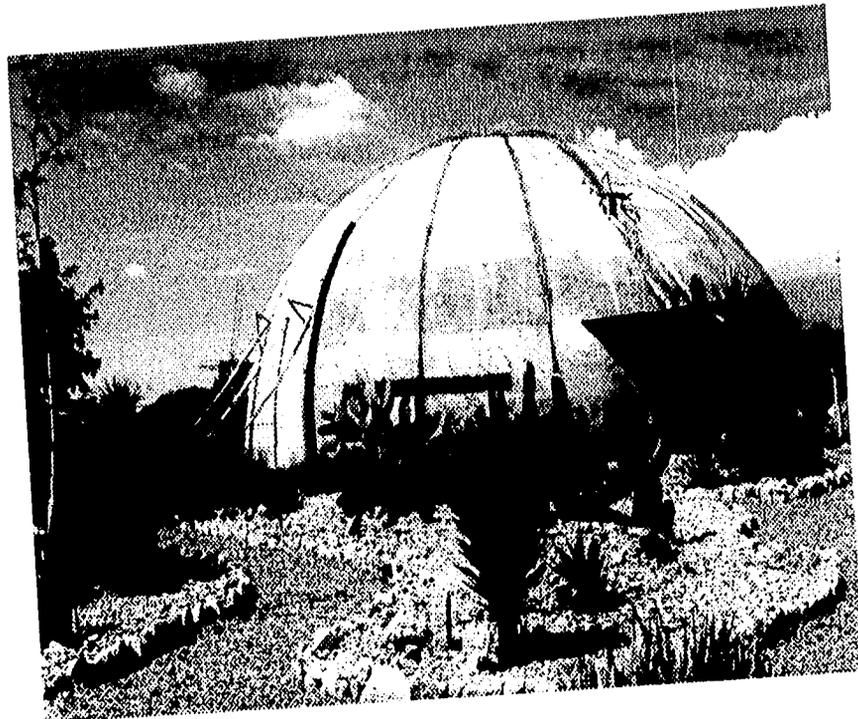
Es sin duda ventajoso construir modelos mediante el uso de programas para computadora; se tiene la posibilidad de evaluar fenómenos tales como viento y sismo, cuyas acciones se simplifican suponiendo fuerzas horizontales que actúan sobre las estructuras, y que con un desarrollo teórico sería muy complejo y humanamente imposible de realizar cuando se trata de estructuras muy grandes y de geometría complicada. Naturalmente que se debe tener suficiente juicio al analizar los resultados, y de ser posible calibrarlos mediante trabajo experimental.

Se sabe que los desarrollos teóricos tratan de representar el comportamiento real de las estructuras, y que existen muchas incertidumbres que se reflejan en variables difíciles de controlar. Así por ejemplo, en la concepción de cualquier obra de ingeniería se tienen incertidumbres inherentes al método de análisis utilizado, evaluación adecuada de las cargas, resistencia de los materiales, consideraciones hechas en el diseño y procedimientos y técnicas de construcción.

El uso de ferrocemento como material de construcción ha sido ampliamente aceptado en otros medios como una alternativa para construir obras que proporcionen seguridad, comodidad y sean económicas.

Obviamente se tienen que modificar algunos usos y costumbres de los sistemas tradicionales, pero que no representan gran problema si se trata de mejorar.

Por ejemplo, al elaborar el mortero para el ferrocemento se debe ser extremadamente cuidadoso en el proporcionamiento y cantidad de agua suministrada, se requiere de un curado controlado con cualquiera de los métodos existentes, además se considerará el método de colocación del mortero en su elaboración. En lo que se refiere a las mallas se tiene que ambas, la malla electrosoldada y la tela de gallinero son de gran importancia, ya que absorben los esfuerzos por temperatura que pudieran presentarse; aunque en este caso, no se espera un incremento considerable de esfuerzos debido a este efecto, esto es, los esfuerzos por temperatura se evalúan en función del cambio de temperatura de un punto con respecto a otro, en el cascarón en estudio debido a la forma y espesor que se maneja, no se presentarán cambios de temperatura considerables entre puntos cercanos. Se considerarán longitudes de traslape reglamentarios tanto en varillas de refuerzo como en mallas.



*Prototipo de edificio propuesto, construido en las instalaciones del CIIDIR-IPN- Unidad Oaxaca*

REFERENCIAS:

- 1.- Wainhetok Rivas Hugo. El Ferrocemento. Editorial Félix Varela . El Vedado, Ciudad de la Habana, Cuba. 1992.
- 2.- Bezukladov, V. F. et al : Ship Hulls of Reinforced Concrete, Ship Building Publishing House, Leningrado, 1968.
- 3.- Kameswararao C. B., Kamasundararo A. K., Generalized Stress-Strain curve for ferrocement in axial compression. Proceedings IV Reunión Internacional de Ferrocemento. Ciudad de La Habana, Cuba.
- 4.- Wuehner, Thornton. The Finite Element Method for Engineers. 1982 by Wiley-Interscience . E.E.U.U.
- 5.- Flüggé, W., Stresses in Shells, Springer-Verlag OHG, Berlin, 1960.
- 6.- Wilson E. L., Habibullah A., SAP-90 A Series of Computer Programs for the Static and Dynamic Finite Element Analysis of Structures, Users Manual, Computers & Structures. Inc. 1918 University Avenue, Berkeley, California 94704 U.S.A.  
SAP-90 - Structural Analysis Verification Manual,  
SAPIN - An Interactive Graphical Input Generator for SAP-90,  
SAPLOT - A interactive Input and Output Display Postprocessor for Sap-90
- 7.- Manual de Diseño de Obras Civiles. Sección C . Estructuras. Capítulo 4. Diseño por Viento. Comisión Federal de Electricidad.- Instituto de Investigaciones Eléctricas. Año 1993.
- 8.- Baker S. "A Comparison of the Codes of Practice used in different countries for the determination of Wind Loads on Domes. Analysis, Design and Construction of Braced Domes . Edited by Z. S. Makowski. Nichols Publishing Company, New York
- 9.- Eugene Servin and John L MacDonal. Model Studies of  $\frac{3}{4}$ -Spherical Radome Shell under Wind Loading. Proceedings of The First International Congress on Experimental Mechanics Held in New York, november 1-3, 1961. Editado por B. E. Rossi. TheMacMillan Company.
- 10.- Cedeno Rosete Rafael. "Análisis por viento de silos de lámina delgada para almacenamiento de granos". Tesis de Maestría. UNAM División de Estudios de Posgrado Facultad de Ingeniería . México, D.F. Abril 2, 1984.

- 11.- Hernández Güitrón Cesar Agustín. " Análisis Estructural de Silos de Pared Delgada". Tesis de Maestría. UNAM División de Estudios de Posgrado. Facultad de Ingeniería. México, 1991.
- 12.- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, 15ª edición. Editorial Porrúa, S. A., Avenida República de Argentina, 15, México, 1994
- 13.- Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo. Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal, Organó del Gobierno del Distrito Federal. Quinta Época No. 38, México, D.F., 5 de noviembre de 1987.
- 14.- Design of Cylindrical Concrete Shell Roofs. Prepared by The Committee on Masonry and Reinforced Concrete of The Structural Division through its Subcommittee on Thin Shell Design. Portland Cement Association. 1946
- 15.- Botello, Z. E. S. Proyecto y diseño con ferrocemento para un centro académico Cultural para el Instituto Tecnológico de Oaxaca. Tesis Profesional. Oaxaca, Oax., Abril, 1995
- 16.- Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado (ACI 318-89) y Comentarios (ACI 318R-89). Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. Av. Insurgentes sur 1846, Col. Florida, México, D. F. C.P. 01030. 1991
- 17.- Andrade C y González J. A. " Revista Iberoamericana de Corrosión y protección". XX, 4:35 - 41 (1984)
- 18.- Cuspineda Leyva Blanca E. " La protección de las embarcaciones de ferrocemento y su durabilidad". Proceedings IV Reunión Internacional de Ferrocemento. Ciudad de La Habana, Cuba.
- 19.- Buchert Kenneth P., Buckling of Shell & Shell-Like Structures, K.P. Buchert & Associates, Columbia, Missouri, U.S.A., 1973.
- 20.- Fung, Y. C. and Sechler E. E. Instability of Elastic Shells. Proceedings of Mechanical Engineering. Englewood Cliffs N. J. 1974.
- 21.- Zarghamee, M. S. y Heger, F. J. " Buckling of Thin Concrete Domes" , ACI Journal Proc. V80, No. 6 nov, dic /1983, pp. 487-500
- 22.- Manual de Diseño de Obras Civiles. Sección C . Estructuras. Diseño por Sismo. Comisión Federal de Electricidad.- Instituto de Investigaciones Eléctricas. Año 1993.

23.- Neville , A. M., *Tecnología del Concreto*, Tomo 1 y Tomo 2. Noriega Editores Limusa. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. Balderas 95, Primer Piso. México, D. F.

**Bibliografía adicional:**

Alexander, Douglas. An Evolutionary View of Ferrocement Material Used in Ship Building. *Proceedings IV Reunión Internacional de Ferrocemento*. Ciudad de La Habana, Cuba.

Rao, P. K. Stress-Strain Behaviour of Ferrocement Elements Under Compression. *Journal of Ferrocement*: Vol. 22, No. 4, October 1992.

Walker, P. J. Moment-Curvature Relations for Ferrocement Beams. *Journal of Ferrocement*: Vol. 25, No.4, October 1995.

Onet, Traian. Aspects Concerning the Behaviour of Ferrocement in Flexure. *Proceedings IV Reunión Internacional de Ferrocemento*. Ciudad de La Habana, Cuba.

Onet, Traian. Physical and Mechanical Properties of Ferrocement. *Proceedings IV Reunión Internacional de Ferrocemento*. Ciudad de La Habana, Cuba.

Liborio, Jefferson B. L., Bento de Hanai João. Technopathology Study of Ferrocement Buildings in Brasil. *Proceedings IV Reunión Internacional de Ferrocemento*. Ciudad de La Habana, Cuba.

Leiva, Aravena Luis, Comportamiento del Ferrocemento ante Solicitaciones de Flexión y Corte. *Proceedings IV Reunión Internacional de Ferrocemento*. Ciudad de La Habana, Cuba.

Gayoso, Blanco Regino, Gil Izquierdo Carlos, Gayoso Rosabal César D. Comportamiento de la Resistencia a la Tracción de Ferrocemento con Áridos ligeros Naturales Zeolitizados.

Toy, N., Wong, C.W. Wind-tunnel test of pressure distribution on domes in different boundary layer. *Analysis, Design and Construction of Braced Domes* . Edited by Z. S. Makowski. Nichols Publishing Company, New York

Olvera, L. Alfonso, Wainshtok R. Hugo. Diseño y Revisión de Elementos de Ferrocemento Sometidos a Flexión.

Mansur M.A., Paramasivam P., Wee T. H. And Lim H.B. "Durability of Ferrocement - A Case Study".

*Journal of Ferrocement*: Vol. 26, No. 1, January 1996. Bangkok, Tailandia.

Mathews M.S., Sudhakumar J., Jayasree P., "Durability Studies on Ferrocement".

*Journal of Ferrocement*: Vol. 23, No. 1, January 1993. Bangkok, Tailandia.

## APÉNDICE A

CM+CV+VIENTO EN X, SISMO EN X+ 30% EN DIRECCION Y, CON NERVADURAS

C This is file MODELO written by SAPIN on Fri Mar 15 15:56:52 1996

C Units are kgf METERS SYSTEM

R=0 I=2 C=0 V=0 T=0.005 P=0 W=0 Z=0

JOINTS

C

C COORDENADAS

C

1 X=0 Y=0 Z=0 INICIA VECTOR CENTRO  
2 X=0 Y=0 Z=12 TERMINA VECTOR CENTRO

C

C NODOS GENERADORES Y GENERACION DE NODOS DEL CASCARON

C

3 X=12 Y=0 Z=0.8 A=1.2,3.99,1,3.6,0,1  
103 X=12 Y=0 Z=0 A=1.2,103.99,1,3.6,0,1  
203 X=11.976 Y=0 Z=0.753 A=1.2,203.99,1,3.6,0,1  
303 X=11.905 Y=0 Z=1.504 A=1.2,303.99,1,3.6,0,1  
403 X=11.787 Y=0 Z=2.249 A=1.2,403.99,1,3.6,0,1  
503 X=11.623 Y=0 Z=2.984 A=1.2,503.99,1,3.6,0,1  
603 X=11.413 Y=0 Z=3.708 A=1.2,603.99,1,3.6,0,1  
703 X=11.157 Y=0 Z=4.417 A=1.2,703.99,1,3.6,0,1  
803 X=10.858 Y=0 Z=5.109 A=1.2,803.99,1,3.6,0,1  
903 X=10.516 Y=0 Z=5.781 A=1.2,903.99,1,3.6,0,1  
1003 X=10.132 Y=0 Z=6.43 A=1.2,1003.99,1,3.6,0,1  
1103 X=9.708 Y=0 Z=7.052999 A=1.2,1103.99,1,3.6,0,1  
1203 X=9.246 Y=0 Z=7.649001 A=1.2,1203.99,1,3.6,0,1  
1303 X=8.748 Y=0 Z=8.215 A=1.2,1303.99,1,3.6,0,1  
1403 X=8.215 Y=0 Z=8.748 A=1.2,1403.99,1,3.6,0,1  
1503 X=7.649001 Y=0 Z=9.246 A=1.2,1503.99,1,3.6,0,1  
1603 X=7.052999 Y=0 Z=9.708 A=1.2,1603.99,1,3.6,0,1  
1703 X=6.43 Y=0 Z=10.132 A=1.2,1703.99,1,3.6,0,1  
1803 X=5.781 Y=0 Z=10.516 A=1.2,1803.99,1,3.6,0,1  
1903 X=5.109 Y=0 Z=10.858 A=1.2,1903.99,1,3.6,0,1  
2003 X=4.417 Y=0 Z=11.157 A=1.2,2003.99,1,3.6,0,1  
2103 X=3.708 Y=0 Z=11.413 A=1.2,2103.99,1,3.6,0,1  
2203 X=2.984 Y=0 Z=11.623 A=1.2,2203.99,1,3.6,0,1  
2303 X=2.249 Y=0 Z=11.787 A=1.2,2303.99,1,3.6,0,1  
2403 X=1.504 Y=0 Z=11.905 A=1.2,2403.99,1,3.6,0,1  
2503 X=1 Y=0 Z=11.958 A=1.2,2503.99,1,3.6,0,1

C

C

C NODOS ADICIONALES EN LA PRIMERA PUERTA

C

2603 X=4.000 Y=11.313 Z=0.0  
2604 X=3.992 Y=11.291 Z=0.753  
2605 X=3.969 Y=11.224 Z=1.504  
2606 X=3.929 Y=11.113 Z=2.249

C

2607 X=1.000 Y=11.958 Z=0.000  
2608 X=0.998 Y=11.935 Z=0.753  
2609 X=0.992 Y=11.863 Z=1.504  
2610 X=0.982 Y=11.746 Z=2.249

C

C NODOS ADICIONALES EN LA SEGUNDA PUERTA

C

2611 X=-11.313 Y=4.000 Z=0  
2612 X=-11.291 Y=3.992 Z=0.753  
2613 X=-11.224 Y=3.969 Z=1.504  
2614 X=-11.113 Y=3.929 Z=2.249  
2615 X=-10.959 Y=3.875 Z=2.984  
2616 X=-10.761 Y=3.804 Z=3.708

C

2617 X=-11.314 Y=-1.000 Z=0  
2618 X=-11.291 Y=-3.992 Z=0.753  
2619 X=-11.224 Y=-3.968 Z=1.504

2620 X=-11.113 Y=-3.929 Z=2.249  
2621 X=-10.958 Y=-3.875 Z=2.984  
2622 X=-10.760 Y=-3.805 Z=3.708

C

C GENERADORES DE NODOS EN LA TERCER PUERTA

C

2623 X=1.000 Y=-11.958 Z=0  
2624 X=0.998 Y=-11.934 Z=0.753  
2625 X=0.993 Y=-11.864 Z=1.504  
2626 X=0.982 Y=-11.746 Z=2.249

C

2627 X=1.000 Y=-11.314 Z=0  
2628 X=3.992 Y=-11.291 Z=0.753  
2629 X=3.968 Y=-11.224 Z=1.504  
2630 X=3.929 Y=-11.113 Z=2.249

C

C NODOS PARA LOS ELEMENTOS DE BORDE DE LA PRIMERA PUERTA

C

2631 X=4.067 Y=11.502 Z=0  
2632 X=4.067 Y=11.502 Z=0.753  
2633 X=4.067 Y=11.502 Z=1.504  
2634 X=4.067 Y=11.502 Z=2.249

C

2635 X=3.77 Y=11.603 Z=2.249  
2636 X=3.034 Y=11.817 Z=2.249  
2637 X=2.286 Y=11.984 Z=2.249  
2638 X=1.529 Y=12.104 Z=2.249

C

2639 X=1.017 Y=12.158 Z=0  
2640 X=1.017 Y=12.158 Z=0.753  
2641 X=1.017 Y=12.158 Z=1.504  
2642 X=1.017 Y=12.158 Z=2.249

C

C NODOS PARA LOS ELEMENTOS DE BORDE DE LA SEGUNDA PUERTA

C

2643 X=-12.2 Y=4 Z=0  
2644 X=-12.2 Y=4 Z=0.753  
2645 X=-12.2 Y=4 Z=1.504  
2646 X=-12.2 Y=4 Z=2.249  
2647 X=-12.2 Y=4 Z=2.984  
2648 X=-12.2 Y=4 Z=3.708

C

2649 X=-12.2 Y=3.527 Z=3.708  
2650 X=-12.2 Y=2.838 Z=3.708  
2651 X=-12.2 Y=2.139 Z=3.708  
2652 X=-12.2 Y=1.43 Z=3.708  
2653 X=-12.2 Y=0.717 Z=3.708  
2654 X=-12.2 Y=0 Z=3.708  
2655 X=-12.2 Y=-0.717 Z=3.708  
2656 X=-12.2 Y=-1.43 Z=3.708  
2657 X=-12.2 Y=-2.139 Z=3.708  
2658 X=-12.2 Y=-2.838 Z=3.708  
2659 X=-12.2 Y=-3.527 Z=3.708

C

2660 X=-12.2 Y=-4 Z=0  
2661 X=-12.2 Y=-4 Z=0.753  
2662 X=-12.2 Y=-4 Z=1.504  
2663 X=-12.2 Y=-4 Z=2.249  
2664 X=-12.2 Y=-4 Z=2.984  
2665 X=-12.2 Y=-4 Z=3.708

C

C NODOS PARA LOS ELEMENTOS DE BORDE DE LA TERCER PUERTA

C

2666 X=1.017 Y=-12.158 Z=0  
2667 X=1.017 Y=-12.158 Z=0.753  
2668 X=1.017 Y=-12.158 Z=1.504

2669 X=1.017 Y=-12.158 Z=2.249  
 C  
 2670 X=1.529 Y=-12.104 Z=2.249  
 2671 X=2.286 Y=-11.984 Z=2.249  
 2672 X=3.034 Y=-11.817 Z=2.249  
 2673 X=3.77 Y=-11.603 Z=2.249  
 C  
 2674 X=4.067 Y=-11.502 Z=0  
 2675 X=4.067 Y=-11.502 Z=0.753  
 2676 X=4.067 Y=-11.502 Z=1.504  
 2677 X=4.067 Y=-11.502 Z=2.249  
 C  
 C NODOS PARA DEFINIR EL ANILLO SUPERIOR  
 C  
 2678 X=1 Y=0 Z=12.26 A=1,2,2678,99,1,3,6,0,1  
 C  
 C COORDENADAS DE LA PRIMER NERVADURA  
 C  
 2778 X=12.300 Y=0 Z=-0.80  
 2795 X=12.300 Y=0 Z=0.000  
 2812 X=12.276 Y=0 Z=0.772  
 2829 X=12.203 Y=0 Z=1.542  
 2846 X=12.082 Y=0 Z=2.305  
 2863 X=11.914 Y=0 Z=3.059  
 2880 X=11.698 Y=0 Z=3.801  
 2897 X=11.436 Y=0 Z=4.528  
 2914 X=11.130 Y=0 Z=5.237  
 2931 X=10.779 Y=0 Z=5.925  
 2948 X=10.385 Y=0 Z=6.590  
 2965 X=9.951 Y=0 Z=7.229  
 2982 X=9.478 Y=0 Z=7.840  
 2999 X=8.967 Y=0 Z=8.419  
 3016 X=8.420 Y=0 Z=8.966  
 3033 X=7.841 Y=0 Z=9.477  
 3050 X=7.230 Y=0 Z=9.950  
 3067 X=6.591 Y=0 Z=10.385  
 3084 X=5.926 Y=0 Z=10.778  
 3101 X=5.238 Y=0 Z=11.129  
 3118 X=4.529 Y=0 Z=11.436  
 3135 X=3.802 Y=0 Z=11.698  
 3152 X=3.060 Y=0 Z=11.913  
 3169 X=2.306 Y=0 Z=12.082  
 3186 X=1.543 Y=0 Z=12.203  
 C  
 C COORDENADAS DE LA SEGUNDA A LA 17a NERVADURA  
 C  
 2779 X=11.698 Y=3.801 Z=-0.80 A=1,2,2779,15,1,21,6,0,1  
 2796 X=11.698 Y=3.801 Z=0.000 A=1,2,2796,15,1,21,6,0,1  
 2813 X=11.675 Y=3.794 Z=0.772 A=1,2,2813,15,1,21,6,0,1  
 2830 X=11.606 Y=3.771 Z=1.542 A=1,2,2830,15,1,21,6,0,1  
 2847 X=11.491 Y=3.734 Z=2.305 A=1,2,2847,15,1,21,6,0,1  
 2864 X=11.331 Y=3.682 Z=3.059 A=1,2,2864,15,1,21,6,0,1  
 2881 X=11.125 Y=3.615 Z=3.801 A=1,2,2881,15,1,21,6,0,1  
 2898 X=10.876 Y=3.534 Z=4.528 A=1,2,2898,15,1,21,6,0,1  
 2915 X=10.585 Y=3.439 Z=5.237 A=1,2,2915,15,1,21,6,0,1  
 2932 X=10.251 Y=3.331 Z=5.925 A=1,2,2932,15,1,21,6,0,1  
 2949 X=9.877 Y=3.209 Z=6.590 A=1,2,2949,15,1,21,6,0,1  
 2966 X=9.464 Y=3.075 Z=7.229 A=1,2,2966,15,1,21,6,0,1  
 2983 X=9.014 Y=2.929 Z=7.840 A=1,2,2983,15,1,21,6,0,1  
 3000 X=8.528 Y=2.771 Z=8.419 A=1,2,3000,15,1,21,6,0,1  
 3017 X=8.008 Y=2.602 Z=8.966 A=1,2,3017,15,1,21,6,0,1  
 3034 X=7.457 Y=2.423 Z=9.477 A=1,2,3034,15,1,21,6,0,1  
 3051 X=6.876 Y=2.234 Z=9.950 A=1,2,3051,15,1,21,6,0,1  
 3068 X=6.268 Y=2.037 Z=10.385 A=1,2,3068,15,1,21,6,0,1  
 3085 X=5.636 Y=1.831 Z=10.778 A=1,2,3085,15,1,21,6,0,1  
 3102 X=4.982 Y=1.619 Z=11.129 A=1,2,3102,15,1,21,6,0,1  
 3119 X=4.307 Y=1.400 Z=11.436 A=1,2,3119,15,1,21,6,0,1  
 3136 X=3.616 Y=1.175 Z=11.698 A=1,2,3136,15,1,21,6,0,1  
 3153 X=2.910 Y=0.946 Z=11.913 A=1,2,3153,15,1,21,6,0,1

3170 X=2.193 Y=0.713 Z=12.082 A=1,2,3170,15,1,21,6,0,1  
 3187 X=1.468 Y=0.477 Z=12.203 A=1,2,3187,15,1,21,6,0,1  
 C 3204 X=0.845 Y=0.274 Z=12.245 A=1,2,3204,15,1,21,6,0,1

RESTRAINTS

1 R=1,1,1,1,1,1  
 2 R=1,1,1,1,1,1  
 3 102 1 R=1,1,1,1,1,1  
 223 226 1 R=1,1,1,1,1,1  
 323 326 1 R=1,1,1,1,1,1  
 248 258 1 R=1,1,1,1,1,1  
 348 358 1 R=1,1,1,1,1,1  
 448 458 1 R=1,1,1,1,1,1  
 548 558 1 R=1,1,1,1,1,1  
 280 283 1 R=1,1,1,1,1,1  
 380 383 1 R=1,1,1,1,1,1  
 2782 R=1,1,1,1,1,1  
 2799 R=1,1,1,1,1,1  
 2816 R=1,1,1,1,1,1  
 2833 R=1,1,1,1,1,1  
 2850 R=1,1,1,1,1,1  
 2786 2787 1 R=1,1,1,1,1,1  
 2803 2804 1 R=1,1,1,1,1,1  
 2820 2821 1 R=1,1,1,1,1,1  
 2837 2838 1 R=1,1,1,1,1,1  
 2854 2855 1 R=1,1,1,1,1,1  
 2871 2872 1 R=1,1,1,1,1,1  
 2888 2889 1 R=1,1,1,1,1,1  
 2791 R=1,1,1,1,1,1  
 2808 R=1,1,1,1,1,1  
 2825 R=1,1,1,1,1,1  
 2842 R=1,1,1,1,1,1  
 2859 R=1,1,1,1,1,1

SHELL

NM=2 Z=-1.1 O=1  
 1 E=2.2136E+09 U=0.33 W=2400 M=244.65 TA=0  
 2 E=0.9061E+09 U=0.33 W=2450 M=249.75 TA=0  
 1 JQ=3,4,103,104 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25 LP=0  
 G=19,1  
 20 JQ=22,2603,122 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25 LP=0  
 G=1,1  
 21 JQ=22,23,2603,123 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25  
 LP=0 G=1,1  
 22 JQ=23,24,123,124 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25  
 LP=0 G=3,1  
 25 JQ=26,27,126,2607 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25  
 LP=0 G=1,1  
 26 JQ=27,127,2607 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25 LP=0  
 G=1,1  
 27 JQ=27,28,127,128 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25  
 LP=0 G=20,1  
 47 JQ=47,2611,147 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25 LP=0  
 G=1,1  
 48 JQ=47,48,2611,148 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25  
 LP=0 G=1,1  
 49 JQ=48,49,148,149 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25  
 LP=0 G=10,1  
 59 JQ=58,59,158,2617 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25  
 LP=0 G=1,1  
 60 JQ=59,159,2617 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25 LP=0  
 G=1,1  
 61 JQ=59,60,159,160 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25  
 LP=0 G=20,1  
 81 JQ=79,2623,179 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25 LP=0  
 G=1,1  
 82 JQ=79,80,2623,180 ETYPPE=0 M=1 TZ=0 TH=0.25,0.25  
 LP=0 G=1,1

83	JQ=80,81,180,181 ETYPI=0 M=1 TZ=0 TH=0 25,0 25 LP=0 G=3,1	338	JQ=379,2625,479,2626 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=1,1
86	JQ=83,84,183,2627 ETYPI=0 M=1 TZ=0 TH=0 25,0 25 LP=0 G=1,1	339	JQ=2629,384,2630,484 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=1,1
87	JQ=84,184,2627 ETYPI=0 M=1 TZ=0 TH=0 25,0 25 LP=0 G=1,1	340	JQ=384,385,484,485 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=18,1
88	JQ=84,85,184,185 ETYPI=0 M=1 TZ=0 TH=0 25,0 25 LP=0 G=18,1	358	JQ=402,303,502,403 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=1,1
106	JQ=102,3,202,103 ETYPI=0 M=1 TZ=0 TH=0 25,0 25 LP=0 G=1,1	359	JQ=403,404,503,504 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=19,1
107	JQ=103,104,203,204 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=19,1	378	JQ=422,2606,522 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
126	JQ=122,2603,222,2604 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=1,1	379	JQ=2606,423,522,523 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
127	JQ=2607,127,2608,227 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=1,1	380	JQ=423,424,523,524 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=3,1
128	JQ=127,128,227,228 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=20,1	383	JQ=426,2610,526,527 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
148	JQ=147,2611,247,2612 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=1,1	384	JQ=2610,427,527 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
149	JQ=2617,159,2618,259 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=1,1	385	JQ=427,428,527,528 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=20,1
150	JQ=159,160,259,260 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=20,1	405	JQ=447,2614,547,2615 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
170	JQ=179,2623,279,2624 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=1,1	406	JQ=2620,459,2621,559 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
171	JQ=2627,184,2628,284 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=1,1	407	JQ=459,460,559,560 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=20,1
172	JQ=184,185,284,285 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=18,1	427	JQ=479,2626,579 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
190	JQ=202,103,302,203 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 1,0 1 LP=0 G=1,1	428	JQ=2626,480,579,580 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
191	JQ=203,204,303,304 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=19,1	429	JQ=480,481,580,581 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=3,1
210	JQ=222,2604,322,2605 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=1,1	432	JQ=483,2630,583,584 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
211	JQ=2608,227,2609,327 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=1,1	433	JQ=2630,484,584 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
212	JQ=227,228,327,328 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=20,1	434	JQ=484,485,584,585 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=18,1
232	JQ=247,2612,347,2613 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=1,1	452	JQ=502,403,602,503 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0625,0 0625 LP=0 G=1,1
233	JQ=2618,259,2619,359 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=1,1	453	JQ=503,504,603,604 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=44,1
234	JQ=259,260,359,360 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=20,1	497	JQ=547,2615,647,2616 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=1,1
254	JQ=279,2624,379,2625 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=1,1	498	JQ=2621,559,2622,659 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=1,1
255	JQ=2628,284,2629,384 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=1,1	499	JQ=559,560,659,660 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=43,1
256	JQ=284,285,384,385 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=18,1	542	JQ=602,503,702,603 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=1,1
274	JQ=302,203,402,303 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 0875,0 0875 LP=0 G=1,1	543	JQ=603,604,703,704 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=44,1
275	JQ=303,304,403,404 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=19,1	587	JQ=647,2616,747 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=1,1
294	JQ=322,2605,422,2606 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=1,1	588	JQ=2616,648,748 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=1,1
295	JQ=2609,327,2610,427 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=1,1	589	JQ=648,649,748,749 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=10,1
296	JQ=327,328,427,428 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=20,1	599	JQ=658,2622,758,759 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=1,1
316	JQ=347,2613,447,2614 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=1,1	600	JQ=2622,659,759 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=1,1
317	JQ=2619,359,2620,459 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=1,1	601	JQ=659,660,759,760 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=43,1
318	JQ=359,360,459,460 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 075,0 075 LP=0 G=20,1	644	JQ=702,603,802,703 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0 05,0 05 LP=0 G=1,1

645 JQ=703,704,803,804 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 744 JQ=802,703,902,803 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 745 JQ=803,804,903,904 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 844 JQ=902,803,1002,903 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 845 JQ=903,904,1003,1004 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 944 JQ=1002,903,1102,1003 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 945 JQ=1003,1004,1103,1104 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1044 JQ=1102,1003,1202,1103 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1045 JQ=1103,1104,1203,1204 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1144 JQ=1202,1103,1302,1203 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1145 JQ=1203,1204,1303,1304 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1244 JQ=1302,1203,1402,1303 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1245 JQ=1303,1304,1403,1404 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1344 JQ=1402,1303,1502,1403 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1345 JQ=1403,1404,1503,1504 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1444 JQ=1502,1403,1602,1503 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1445 JQ=1503,1504,1603,1604 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1544 JQ=1602,1503,1702,1603 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1545 JQ=1603,1604,1703,1704 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1644 JQ=1702,1603,1802,1703 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1645 JQ=1703,1704,1803,1804 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1744 JQ=1802,1703,1902,1803 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1745 JQ=1803,1804,1903,1904 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1844 JQ=1902,1803,2002,1903 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1845 JQ=1903,1904,2003,2004 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 1944 JQ=2002,1903,2102,2003 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 1945 JQ=2003,2004,2103,2104 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 2044 JQ=2102,2003,2202,2103 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2045 JQ=2103,2104,2203,2204 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 2144 JQ=2202,2103,2302,2203 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2145 JQ=2203,2204,2303,2304 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 2244 JQ=2302,2203,2402,2303 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2245 JQ=2303,2304,2403,2404 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 2344 JQ=2402,2303,2502,2403 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1

2345 JQ=2403,2404,2503,2504 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=99,1  
 2444 JQ=2502,2403,2602,2503 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 C  
 C ELEMENTOS EN TRABE DE BORDE PUERTA 1  
 C  
 2445 JQ=2603,2631,2604,2632 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2446 JQ=2604,2632,2605,2633 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2447 JQ=2605,2633,2606,2634 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 C  
 2448 JQ=2606,2634,423,2635 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2449 JQ=423,2635,424,2636 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2450 JQ=424,2636,425,2637 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2451 JQ=425,2637,426,2638 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2452 JQ=426,2638,2610,2642 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 C  
 2453 JQ=2639,2607,2640,2608 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2454 JQ=2640,2608,2641,2609 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2455 JQ=2641,2609,2642,2610 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 C  
 C ELEMENTOS EN TRABE DE BORDE TRABE 2  
 C  
 2456 JQ=2611,2643,2612,2644 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2457 JQ=2612,2644,2613,2645 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2458 JQ=2613,2645,2614,2646 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2459 JQ=2614,2646,2615,2647 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2460 JQ=2615,2647,2616,2648 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 C  
 2461 JQ=2616,2648,648,2649 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2462 JQ=648,2649,649,2650 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2463 JQ=649,2650,650,2651 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2464 JQ=650,2651,651,2652 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2465 JQ=651,2652,652,2653 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2466 JQ=652,2653,653,2654 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2467 JQ=653,2654,654,2655 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2468 JQ=654,2655,655,2656 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2469 JQ=655,2656,656,2657 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2470 JQ=656,2657,657,2658 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2471 JQ=657,2658,658,2659 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2472 JQ=658,2659,2622,2665 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1

C  
 2473 JQ=2660,2617,2661,2618 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2474 JQ=2661,2618,2662,2619 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2475 JQ=2662,2619,2663,2620 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2476 JQ=2663,2620,2664,2621 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 2477 JQ=2664,2621,2665,2622 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.05,0.05 LP=0 G=1,1  
 C  
 C ELEMENTOS EN TRABE DE BORDE PUERTA 3  
 C  
 2478 JQ=2623,2666,2624,2667 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2479 JQ=2624,2667,2625,2668 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2480 JQ=2625,2668,2626,2669 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 C  
 2481 JQ=2626,2669,480,2670 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2482 JQ=480,2670,481,2671 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2483 JQ=481,2671,482,2672 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2484 JQ=482,2672,483,2673 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2485 JQ=483,2673,2630,2677 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 C  
 2486 JQ=2674,2627,2675,2628 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2487 JQ=2675,2628,2676,2629 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 2488 JQ=2676,2629,2677,2630 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=1,1  
 C  
 C ELEMENTOS DEL ANILLO SUPERIOR  
 C  
 2489 JQ=2503,2504,2678,2679 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=99,1  
 2588 JQ=2602,2503,2777,2678 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.10,0.10 LP=0 G=4,1  
 C  
 C ELEMENTOS EN NERVADURAS  
 C  
 2589 JQ=3,103,2778,2795 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2590 JQ=103,203,2795,2812 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2591 JQ=203,303,2812,2829 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2592 JQ=303,403,2829,2846 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2593 JQ=403,503,2846,2863 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2594 JQ=503,603,2863,2880 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2595 JQ=603,703,2880,2897 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2596 JQ=703,803,2897,2914 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2597 JQ=803,903,2914,2931 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2598 JQ=903,1003,2931,2948 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1

2599 JQ=1003,1103,2948,2965 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2600 JQ=1103,1203,2965,2982 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2601 JQ=1203,1303,2982,2999 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2602 JQ=1303,1403,2999,3016 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2603 JQ=1403,1503,3016,3033 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2604 JQ=1503,1603,3033,3050 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2605 JQ=1603,1703,3050,3067 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2606 JQ=1703,1803,3067,3084 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2607 JQ=1803,1903,3084,3101 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2608 JQ=1903,2003,3101,3118 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2609 JQ=2003,2103,3118,3135 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2610 JQ=2103,2203,3135,3152 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2611 JQ=2203,2303,3152,3169 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2612 JQ=2303,2403,3169,3186 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2613 JQ=2403,2503,3186,2678 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2614 JQ=8,108,2779,2796 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2615 JQ=108,208,2796,2813 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2616 JQ=208,308,2813,2830 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2617 JQ=308,408,2830,2847 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2618 JQ=408,508,2847,2864 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2619 JQ=508,608,2864,2881 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2620 JQ=608,708,2881,2898 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2621 JQ=708,808,2898,2915 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2622 JQ=808,908,2915,2932 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2623 JQ=908,1008,2932,2949 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
 LP=0 G=1,1  
 2624 JQ=1008,1108,2949,2966 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2625 JQ=1108,1208,2966,2983 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2626 JQ=1208,1308,2983,3000 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2627 JQ=1308,1408,3000,3017 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2628 JQ=1408,1508,3017,3034 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2629 JQ=1508,1608,3034,3051 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2630 JQ=1608,1708,3051,3068 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2631 JQ=1708,1808,3068,3085 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
 2632 JQ=1808,1908,3085,3102 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
 TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2633 JQ=1908,2008,3102,3119 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2634 JQ=2008,2108,3119,3136 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2635 JQ=2108,2208,3136,3153 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2636 JQ=2208,2308,3153,3170 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2637 JQ=2308,2408,3170,3187 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2638 JQ=2408,2508,3187,2683 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2639 JQ=14,114,2780,2797 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2640 JQ=114,214,2797,2814 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2641 JQ=214,314,2814,2831 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2642 JQ=314,414,2831,2848 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2643 JQ=414,514,2848,2865 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2644 JQ=514,614,2865,2882 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2645 JQ=614,714,2882,2899 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2646 JQ=714,814,2899,2916 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2647 JQ=814,914,2916,2933 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2648 JQ=914,1014,2933,2950 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2649 JQ=1014,1114,2950,2967 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2650 JQ=1114,1214,2967,2984 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2651 JQ=1214,1314,2984,3001 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2652 JQ=1314,1414,3001,3018 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2653 JQ=1414,1514,3018,3035 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2654 JQ=1514,1614,3035,3052 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2655 JQ=1614,1714,3052,3069 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2656 JQ=1714,1814,3069,3086 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2657 JQ=1814,1914,3086,3103 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2658 JQ=1914,2014,3103,3120 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2659 JQ=2014,2114,3120,3137 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2660 JQ=2114,2214,3137,3154 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2661 JQ=2214,2314,3154,3171 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2662 JQ=2314,2414,3171,3188 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2663 JQ=2414,2514,3188,2689 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2664 JQ=20,120,2781,2798 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2665 JQ=120,220,2798,2815 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2666 JQ=220,320,2815,2832 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2667 JQ=320,420,2832,2849 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2668 JQ=420,520,2849,2866 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2669 JQ=520,620,2866,2883 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2670 JQ=620,720,2883,2900 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2671 JQ=720,820,2900,2917 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2672 JQ=820,920,2917,2934 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2673 JQ=920,1020,2934,2951 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2674 JQ=1020,1120,2951,2968 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2675 JQ=1120,1220,2968,2985 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2676 JQ=1220,1320,2985,3002 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2677 JQ=1320,1420,3002,3019 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2678 JQ=1420,1520,3019,3036 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2679 JQ=1520,1620,3036,3053 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2680 JQ=1620,1720,3053,3070 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2681 JQ=1720,1820,3070,3087 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2682 JQ=1820,1920,3087,3104 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2683 JQ=1920,2020,3104,3121 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2684 JQ=2020,2120,3121,3138 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2685 JQ=2120,2220,3138,3155 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2686 JQ=2220,2320,3155,3172 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2687 JQ=2320,2420,3172,3189 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2688 JQ=2420,2520,3189,2695 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2690 JQ=426,526,2638,2867 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2691 JQ=526,626,2867,2884 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2692 JQ=626,726,2884,2901 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2693 JQ=726,826,2901,2918 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2694 JQ=826,926,2918,2935 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2695 JQ=926,1026,2935,2952 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1  
2696 JQ=1026,1126,2952,2969 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2697 JQ=1126,1226,2969,2986 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2698 JQ=1226,1326,2986,3003 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2699 JQ=1326,1426,3003,3020 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2700 JQ=1426,1526,3020,3037 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
2701 JQ=1526,1626,3037,3054 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2702 JQ=1626,1726,3054,3071 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2703 JQ=1726,1826,3071,3088 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2704 JQ=1826,1926,3088,3105 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2705 JQ=1926,2026,3105,3122 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2706 JQ=2026,2126,3122,3139 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2707 JQ=2126,2226,3139,3156 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2708 JQ=2226,2326,3156,3173 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2709 JQ=2326,2426,3173,3190 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2710 JQ=2426,2526,3190,2701 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2711 JQ=32,132,2783,2800 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2712 JQ=132,232,2800,2817 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2713 JQ=232,332,2817,2834 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2714 JQ=332,432,2834,2851 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2715 JQ=432,532,2851,2868 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2716 JQ=532,632,2868,2885 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2717 JQ=632,732,2885,2902 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2718 JQ=732,832,2902,2919 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2719 JQ=832,932,2919,2936 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2720 JQ=932,1032,2936,2953 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2721 JQ=1032,1132,2953,2970 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2722 JQ=1132,1232,2970,2987 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2723 JQ=1232,1332,2987,3004 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2724 JQ=1332,1432,3004,3021 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2725 JQ=1432,1532,3021,3038 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2726 JQ=1532,1632,3038,3055 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2727 JQ=1632,1732,3055,3072 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2728 JQ=1732,1832,3072,3089 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2729 JQ=1832,1932,3089,3106 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2730 JQ=1932,2032,3106,3123 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2731 JQ=2032,2132,3123,3140 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2732 JQ=2132,2232,3140,3157 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2733 JQ=2232,2332,3157,3174 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2734 JQ=2332,2432,3174,3191 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2735 JQ=2432,2532,3191,2707 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2736 JQ=38,138,2784,2801 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2737 JQ=138,238,2801,2818 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2738 JQ=238,338,2818,2835 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2739 JQ=338,438,2835,2852 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2740 JQ=438,538,2852,2869 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2741 JQ=538,638,2869,2886 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2742 JQ=638,738,2886,2903 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2743 JQ=738,838,2903,2920 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2744 JQ=838,938,2920,2937 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2745 JQ=938,1038,2937,2954 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2746 JQ=1038,1138,2954,2971 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2747 JQ=1138,1238,2971,2988 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2748 JQ=1238,1338,2988,3005 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2749 JQ=1338,1438,3005,3022 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2750 JQ=1438,1538,3022,3039 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2751 JQ=1538,1638,3039,3056 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2752 JQ=1638,1738,3056,3073 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2753 JQ=1738,1838,3073,3090 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2754 JQ=1838,1938,3090,3107 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2755 JQ=1938,2038,3107,3124 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2756 JQ=2038,2138,3124,3141 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2757 JQ=2138,2238,3141,3158 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2758 JQ=2238,2338,3158,3175 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2759 JQ=2338,2438,3175,3192 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2760 JQ=2438,2538,3192,2713 ETYPE=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2761 JQ=44,144,2785,2802 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2762 JQ=144,244,2802,2819 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2763 JQ=244,344,2819,2836 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2764 JQ=344,444,2836,2853 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2765 JQ=444,544,2853,2870 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2766 JQ=544,644,2870,2887 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2767 JQ=644,744,2887,2904 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2768 JQ=744,844,2904,2921 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2769 JQ=844,944,2921,2938 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2770 JQ=944,1044,2938,2955 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2771 JQ=1044,1144,2955,2972 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2772 JQ=1144,1244,2972,2989 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2773 JQ=1244,1344,2989,3006 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2774 JQ=1344,1444,3006,3023 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2775 JQ=1444,1544,3023,3040 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2776 JQ=1544,1644,3040,3057 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2777 JQ=1644,1744,3057,3074 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2778 JQ=1744,1844,3074,3091 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2779 JQ=1844,1944,3091,3108 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2780 JQ=1944,2044,3108,3125 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2781 JQ=2044,2144,3125,3142 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2782 JQ=2144,2244,3142,3159 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2783 JQ=2244,2344,3159,3176 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2784 JQ=2344,2444,3176,3193 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2785 JQ=2444,2544,3193,2719 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2787 JQ=650,750,2651,2905 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2788 JQ=750,850,2905,2922 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2789 JQ=850,950,2922,2939 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2790 JQ=950,1050,2939,2956 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2791 JQ=1050,1150,2956,2973 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2792 JQ=1150,1250,2973,2990 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2793 JQ=1250,1350,2990,3007 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2794 JQ=1350,1450,3007,3024 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2795 JQ=1450,1550,3024,3041 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2796 JQ=1550,1650,3041,3058 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2797 JQ=1650,1750,3058,3075 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2798 JQ=1750,1850,3075,3092 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2799 JQ=1850,1950,3092,3109 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2800 JQ=1950,2050,3109,3126 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2801 JQ=2050,2150,3126,3143 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2802 JQ=2150,2250,3143,3160 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2803 JQ=2250,2350,3160,3177 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2804 JQ=2350,2450,3177,3194 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2805 JQ=2450,2550,3194,2725 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2807 JQ=656,756,2657,2906 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2808 JQ=756,856,2906,2923 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2809 JQ=856,956,2923,2940 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2810 JQ=956,1056,2940,2957 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2811 JQ=1056,1156,2957,2974 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2812 JQ=1156,1256,2974,2991 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2813 JQ=1256,1356,2991,3008 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2814 JQ=1356,1456,3008,3025 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2815 JQ=1456,1556,3025,3042 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2816 JQ=1556,1656,3042,3059 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2817 JQ=1656,1756,3059,3076 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2818 JQ=1756,1856,3076,3093 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2819 JQ=1856,1956,3093,3110 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2820 JQ=1956,2056,3110,3127 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2821 JQ=2056,2156,3127,3144 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2822 JQ=2156,2256,3144,3161 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2823 JQ=2256,2356,3161,3178 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2824 JQ=2356,2456,3178,3195 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2825 JQ=2456,2556,3195,2731 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2826 JQ=62,162,2788,2805 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2827 JQ=162,262,2805,2822 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2828 JQ=262,362,2822,2839 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2829 JQ=362,462,2839,2856 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2830 JQ=462,562,2856,2873 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2831 JQ=562,662,2873,2890 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2832 JQ=662,762,2890,2907 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2833 JQ=762,862,2907,2924 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2834 JQ=862,962,2924,2941 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2835 JQ=962,1062,2941,2958 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2836 JQ=1062,1162,2958,2975 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2837 JQ=1162,1262,2975,2992 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2838 JQ=1262,1362,2992,3009 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1  
 2839 JQ=1362,1462,3009,3026 ETYPE=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2840 JQ=1462,1562,3026,3043 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2841 JQ=1562,1662,3043,3060 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2842 JQ=1662,1762,3060,3077 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2843 JQ=1762,1862,3077,3094 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2844 JQ=1862,1962,3094,3111 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2845 JQ=1962,2062,3111,3128 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2846 JQ=2062,2162,3128,3145 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2847 JQ=2162,2262,3145,3162 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2848 JQ=2262,2362,3162,3179 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2849 JQ=2362,2462,3179,3196 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2850 JQ=2462,2562,3196,2737 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2851 JQ=68,168,2789,2806 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2852 JQ=168,268,2806,2823 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2853 JQ=268,368,2823,2840 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2854 JQ=368,468,2840,2857 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2855 JQ=468,568,2857,2874 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2856 JQ=568,668,2874,2891 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2857 JQ=668,768,2891,2908 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2858 JQ=768,868,2908,2925 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2859 JQ=868,968,2925,2942 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2860 JQ=968,1068,2942,2959 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2861 JQ=1068,1168,2959,2976 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2862 JQ=1168,1268,2976,2993 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2863 JQ=1268,1368,2993,3010 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2864 JQ=1368,1468,3010,3027 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2865 JQ=1468,1568,3027,3044 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2866 JQ=1568,1668,3044,3061 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2867 JQ=1668,1768,3061,3078 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2868 JQ=1768,1868,3078,3095 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2869 JQ=1868,1968,3095,3112 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2870 JQ=1968,2068,3112,3129 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2871 JQ=2068,2168,3129,3146 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2872 JQ=2168,2268,3146,3163 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2873 JQ=2268,2368,3163,3180 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2874 JQ=2368,2468,3180,3197 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2875 JQ=2468,2568,3197,2743 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2876 JQ=74,174,2790,2807 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2877 JQ=174,274,2807,2824 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2878 JQ=274,374,2824,2841 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2879 JQ=374,474,2841,2858 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2880 JQ=474,574,2858,2875 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2881 JQ=574,674,2875,2892 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2882 JQ=674,774,2892,2909 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2883 JQ=774,874,2909,2926 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2884 JQ=874,974,2926,2943 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2885 JQ=974,1074,2943,2960 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2886 JQ=1074,1174,2960,2977 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2887 JQ=1174,1274,2977,2994 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2888 JQ=1274,1374,2994,3011 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2889 JQ=1374,1474,3011,3028 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2890 JQ=1474,1574,3028,3045 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2891 JQ=1574,1674,3045,3062 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2892 JQ=1674,1774,3062,3079 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2893 JQ=1774,1874,3079,3096 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2894 JQ=1874,1974,3096,3113 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2895 JQ=1974,2074,3113,3130 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2896 JQ=2074,2174,3130,3147 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2897 JQ=2174,2274,3147,3164 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2898 JQ=2274,2374,3164,3181 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2899 JQ=2374,2474,3181,3198 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2900 JQ=2474,2574,3198,2749 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2902 JQ=480,580,2670,2876 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2903 JQ=580,680,2876,2893 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2904 JQ=680,780,2893,2910 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2905 JQ=780,880,2910,2927 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2906 JQ=880,980,2927,2944 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2907 JQ=980,1080,2944,2961 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0,1,0,1  
LP=0 G=1,1

2908 JQ=1080,1180,2961,2978 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0,1,0,1 LP=0 G=1,1

2909 JQ=1180,1280,2978,2995 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2910 JQ=1280,1380,2995,3012 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2911 JQ=1380,1480,3012,3029 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2912 JQ=1480,1580,3029,3046 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2913 JQ=1580,1680,3046,3063 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2914 JQ=1680,1780,3063,3080 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2915 JQ=1780,1880,3080,3097 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2916 JQ=1880,1980,3097,3114 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2917 JQ=1980,2080,3114,3131 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2918 JQ=2080,2180,3131,3148 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2919 JQ=2180,2280,3148,3165 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2920 JQ=2280,2380,3165,3182 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2921 JQ=2380,2480,3182,3199 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2922 JQ=2480,2580,3199,2755 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2923 JQ=86,186,2792,2809 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2924 JQ=186,286,2809,2826 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2925 JQ=286,386,2826,2843 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2926 JQ=386,486,2843,2860 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2927 JQ=486,586,2860,2877 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2928 JQ=586,686,2877,2894 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2929 JQ=686,786,2894,2911 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2930 JQ=786,886,2911,2928 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2931 JQ=886,986,2928,2945 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2932 JQ=986,1086,2945,2962 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2933 JQ=1086,1186,2962,2979 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2934 JQ=1186,1286,2979,2996 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2935 JQ=1286,1386,2996,3013 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2936 JQ=1386,1486,3013,3030 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2937 JQ=1486,1586,3030,3047 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2938 JQ=1586,1686,3047,3064 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2939 JQ=1686,1786,3064,3081 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2940 JQ=1786,1886,3081,3098 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2941 JQ=1886,1986,3098,3115 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2942 JQ=1986,2086,3115,3132 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2943 JQ=2086,2186,3132,3149 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2944 JQ=2186,2286,3149,3166 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2945 JQ=2286,2386,3166,3183 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2946 JQ=2386,2486,3183,3200 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2947 JQ=2486,2586,3200,2761 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2948 JQ=92,192,2793,2810 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2949 JQ=192,292,2810,2827 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2950 JQ=292,392,2827,2844 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2951 JQ=392,492,2844,2861 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2952 JQ=492,592,2861,2878 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2953 JQ=592,692,2878,2895 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2954 JQ=692,792,2895,2912 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2955 JQ=792,892,2912,2929 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2956 JQ=892,992,2929,2946 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2957 JQ=992,1092,2946,2963 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2958 JQ=1092,1192,2963,2980 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2959 JQ=1192,1292,2980,2997 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2960 JQ=1292,1392,2997,3014 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2961 JQ=1392,1492,3014,3031 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2962 JQ=1492,1592,3031,3048 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2963 JQ=1592,1692,3048,3065 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2964 JQ=1692,1792,3065,3082 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2965 JQ=1792,1892,3082,3099 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2966 JQ=1892,1992,3099,3116 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2967 JQ=1992,2092,3116,3133 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2968 JQ=2092,2192,3133,3150 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2969 JQ=2192,2292,3150,3167 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2970 JQ=2292,2392,3167,3184 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2971 JQ=2392,2492,3184,3201 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2972 JQ=2492,2592,3201,2767 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

2973 JQ=98,198,2794,2811 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2974 JQ=198,298,2811,2828 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2975 JQ=298,398,2828,2845 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2976 JQ=398,498,2845,2862 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1

2977 JQ=498,598,2862,2879 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1  
2978 JQ=598,698,2879,2896 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1  
2979 JQ=698,798,2896,2913 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1  
2980 JQ=798,898,2913,2930 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1  
2981 JQ=898,998,2930,2947 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1  
2982 JQ=998,1098,2947,2964 ETYPI=0 M=2 TZ=0 TH=0.1,0.1  
LP=0 G=1,1  
2983 JQ=1098,1198,2964,2981 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2984 JQ=1198,1298,2981,2998 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2985 JQ=1298,1398,2998,3015 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2986 JQ=1398,1498,3015,3032 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2987 JQ=1498,1598,3032,3049 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2988 JQ=1598,1698,3049,3066 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2989 JQ=1698,1798,3066,3083 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2990 JQ=1798,1898,3083,3100 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2991 JQ=1898,1998,3100,3117 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2992 JQ=1998,2098,3117,3134 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2993 JQ=2098,2198,3134,3151 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2994 JQ=2198,2298,3151,3168 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2995 JQ=2298,2398,3168,3185 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2996 JQ=2398,2498,3185,3202 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1  
2997 JQ=2498,2598,3202,2773 ETYPI=0 M=2 TZ=0  
TH=0.1,0.1 LP=0 G=1,1

LOADS

C CARGAS DE VIENTO EN DIRECCION X

153 153 1 1 =1 F=28.572,7.949 : nivel 1  
154 156 1 1 =1 F=18.044,3.784  
157 157 1 1 =1 F=6.385,-0.001  
158 161 1 1 =1 F=5.854,1.901  
162 165 1 1 =1 F=2.742,1.739  
166 169 1 1 =1 F=-2.083,-3.281  
170 174 1 1 =1 F=-2.283,-4.150  
175 178 1 1 =1 F=-1.211,-6.339  
179 180 1 1 =1 F=0.398,-6.360  
181 181 1 1 =1 F=5.122,-18.374  
182 182 1 1 =1 F=5.122,-18.374  
183 183 1 1 =1 F=1.193,-6.264  
184 187 1 1 =1 F=3.416,-5.387  
188 192 1 1 =1 F=4.621,-4.343  
194 197 1 1 =1 F=5.944,-2.356  
198 202 1 1 =1 F=6.372,-0.404  
103 108 1 1 =1 F=6.385,0.000  
109 112 1 1 =1 F=5.945,2.354  
113 116 1 1 =1 F=5.147,3.739  
117 120 1 1 =1 F=4.049,4.894  
121 123 1 1 =1 F=2.723,5.784  
124 125 1 1 =1 F=6.657,17.888  
126 128 1 1 =1 F=0.799,6.321  
129 133 1 1 =1 F=-1.929,5.939

135 137 1 1 =1 F=-2.311,4.913  
138 140 1 1 =1 F=-4.721,2.369  
141 142 1 1 =1 F=0.142,-0.134  
143 144 1 1 =1 F=2.735,-1.736  
145 146 1 1 =1 F=3.659,-2.013  
147 149 1 1 =1 F=5.281,-2.092  
150 150 1 1 =1 F=17.653,-5.271  
151 151 1 1 =1 F=17.653,-5.271  
152 152 1 1 =1 F=18.772,-3.583

C

2661 2661 1 1 =1 F=23.318,7.57 : nivel 2  
259 260 1 1 =1 F=10.528,4.165  
261 262 1 1 =1 F=7.301,4.011  
263 265 1 1 =1 F=3.633,2.638  
266 267 1 1 =1 F=-2.403,-2.903  
268 268 1 1 =1 F=-3.421,-1.705  
269 272 1 1 =1 F=-4.348,-10.970  
273 276 1 1 =1 F=-3.846,-11.820  
277 279 1 1 =1 F=-0.806,-12.750  
2667 2667 1 1 =1 F=-0.806,-12.750  
2675 2675 1 1 =1 F=3.929,-12.110  
284 288 1 1 =1 F=6.125,-11.150  
289 293 1 1 =1 F=8.060,-9.751  
294 297 1 1 =1 F=10.720,-6.810  
298 301 1 1 =1 F=12.101,-3.938  
302 302 1 1 =1 F=12.690,-0.804  
203 208 1 1 =1 F=12.102,3.932  
209 213 1 1 =1 F=10.251,7.447  
214 217 1 1 =1 F=9.742,8.059  
218 222 1 1 =1 F=7.452,10.256  
2632 2632 1 1 =1 F=3.934,12.104  
2640 2640 1 1 =1 F=3.934,12.104  
227 228 1 1 =1 F=0.798,12.665  
229 231 1 1 =1 F=-2.407,12.626  
232 233 1 1 =1 F=-3.170,12.354  
234 238 1 1 =1 F=-4.345,10.979  
239 241 1 1 =1 F=-2.411,2.916  
242 242 1 1 =1 F=1.885,-1.560  
243 245 1 1 =1 F=3.620,-2.631  
246 247 1 1 =1 F=1.652,-3.789  
2644 2644 1 1 =1 F=24.024,-6.968

C

2662 2662 1 1 =1 F=25.463,7.361 : nivel 3  
359 359 1 1 =1 F=12.179,3.954  
360 361 1 1 =1 F=8.413,3.956  
362 363 1 1 =1 F=4.059,2.575  
364 364 1 1 =1 F=0.843,0.697  
365 368 1 1 =1 F=-1.926,-2.327  
369 371 1 1 =1 F=-3.897,-7.083  
372 372 1 1 =1 F=-4.202,-10.600  
373 374 1 1 =1 F=-3.902,-12.000  
375 378 1 1 =1 F=-2.603,-13.620  
379 379 1 1 =1 F=3.901,-12.020  
2668 2668 1 1 =1 F=3.901,-12.020  
2671 2672 1 1 =1 F=3.901,-12.020  
2676 2676 1 1 =1 F=3.901,-12.020  
384 387 1 1 =1 F=6.652,-10.490  
388 390 1 1 =1 F=7.312,-10.070  
391 394 1 1 =1 F=9.057,-8.512  
395 400 1 1 =1 F=11.145,-5.251  
401 402 1 1 =1 F=12.232,-1.551  
303 305 1 1 =1 F=12.233,1.545  
306 310 1 1 =1 F=11.148,5.245  
311 313 1 1 =1 F=9.992,7.259  
314 317 1 1 =1 F=8.528,9.080  
318 320 1 1 =1 F=7.316,10.068  
321 322 1 1 =1 F=5.294,11.249  
2633 2633 1 1 =1 F=5.294,11.249  
2636 2637 1 1 =1 F=5.294,11.249

2641 2641 1 1=1 F=5.294,11.249  
 327 328 1 1=1 F=1.666,13.173  
 329 331 1 1=1 F=-2.597,13.624  
 332 333 1 1=1 F=-3.339,13.011  
 334 336 1 1=1 F=-1.201,10.614  
 337 339 1 1=1 F=-3.364,5.302  
 340 341 1 1=1 F=-1.141,1.215  
 342 343 1 1=1 F=0.833,-0.690  
 344 345 1 1=1 F=6.158,-3.387  
 346 347 1 1=1 F=10.488,-4.155  
 2645 2645 1 1=1 F=24.338,-7.914

C

2663 2663 1 1=1 F=26.044,6.68 : nivel 4  
 459 460 1 1=1 F=10.295,4.073  
 461 461 1 1=1 F=6.053,3.325  
 462 463 1 1=1 F=3.979,2.524  
 464 464 1 1=1 F=0.826,0.683  
 465 465 1 1=1 F=-0.245,-0.230  
 466 467 1 1=1 F=-1.113,-1.184  
 468 470 1 1=1 F=-3.820,-6.943  
 471 474 1 1=1 F=-3.278,-12.750  
 475 478 1 1=1 F=-0.863,-13.640  
 479 481 1 1=1 F=2.391,-12.560  
 482 483 1 1=1 F=3.121,-12.170  
 484 487 1 1=1 F=5.185,-11.030  
 488 491 1 1=1 F=8.879,-8.345  
 492 493 1 1=1 F=9.355,-7.746  
 494 496 1 1=1 F=10.198,-6.478  
 497 498 1 1=1 F=11.239,-4.455  
 499 500 1 1=1 F=11.722,-3.015  
 501 502 1 1=1 F=11.991,-1.520  
 403 404 1 1=1 F=12.053,0.758  
 405 409 1 1=1 F=11.992,1.515  
 410 412 1 1=1 F=10.200,6.473  
 413 417 1 1=1 F=9.795,7.116  
 418 424 1 1=1 F=3.829,11.782  
 425 426 1 1=1 F=2.396,12.554  
 427 428 1 1=1 F=0.834,13.233  
 429 431 1 1=1 F=-2.546,13.355  
 432 435 1 1=1 F=-3.273,12.755  
 436 437 1 1=1 F=-3.823,6.957  
 438 440 1 1=1 F=-2.628,3.618  
 441 441 1 1=1 F=-0.252,0.236  
 442 444 1 1=1 F=3.965,-2.517  
 445 446 1 1=1 F=6.037,-3.320  
 447 447 1 1=1 F=11.929,-3.879  
 2646 2646 1 1=1 F=23.858,-7.758

C

2664 2664 1 1=1 F=26.55,6.81 : nivel 5  
 559 560 1 1=1 F=10.262,4.060  
 561 562 1 1=1 F=5.916,3.250  
 563 564 1 1=1 F=1.967,1.428  
 565 566 1 1=1 F=-0.748,-0.702  
 567 568 1 1=1 F=2.606,-3.148  
 569 571 1 1=1 F=-4.404,-9.351  
 572 573 1 1=1 F=-4.249,-10.720  
 574 575 1 1=1 F=2.550,-13.350  
 576 578 1 1=1 F=-0.005,-14.220  
 579 581 1 1=1 F=1.752,-13.910  
 582 583 1 1=1 F=3.943,-12.150  
 584 586 1 1=1 F=5.635,-10.260  
 587 590 1 1=1 F=6.197,-9.773  
 591 594 1 1=1 F=8.406,-7.900  
 595 598 1 1=1 F=10.074,-5.544  
 599 602 1 1=1 F=11.166,-2.872  
 503 507 1 1=1 F=11.529,0.000  
 508 512 1 1=1 F=10.077,5.539  
 513 515 1 1=1 F=8.883,7.348  
 516 517 1 1=1 F=7.895,8.406

518 521 1 1=1 F=6.774,9.322  
 522 526 1 1=1 F=-4.535,11.452  
 527 528 1 1=1 F=0.893,14.167  
 529 530 1 1=1 F=-1.742,13.802  
 531 532 1 1=1 F=-2.545,13.349  
 533 535 1 1=1 F=-3.849,11.850  
 536 538 1 1=1 F=-4.292,7.810  
 539 541 1 1=1 F=-2.612,3.158  
 542 544 1 1=1 F=3.788,-2.405  
 545 546 1 1=1 F=8.131,-3.828  
 547 547 1 1=1 F=13.268,-3.410

C

2647 2647 1 1=1 F=26.536,-6.82  
 2651 2653 1 1=1 F=38.092,-10.509  
 2654 2654 1 1=1 F=41.209,3.401  
 2655 2655 1 1=1 F=41.209,3.401  
 2656 2657 1 1=1 F=40.106,9.393

C

653 656 1 1=1 F=15.548,2.962 : nivel 6  
 657 659 1 1=1 F=15.032,3.856  
 660 661 1 1=1 F=8.721,4.101  
 662 663 1 1=1 F=3.381,2.144  
 664 666 1 1=1 F=-1.762,-1.876  
 667 668 1 1=1 F=-3.344,-4.599  
 669 673 1 1=1 F=-4.100,-12.610  
 674 676 1 1=1 F=-3.441,-13.380  
 677 679 1 1=1 F=-0.933,-14.750  
 680 682 1 1=1 F=2.645,-13.890  
 683 687 1 1=1 F=3.896,-12.010  
 688 693 1 1=1 F=6.336,-8.728  
 694 696 1 1=1 F=9.099,-5.780  
 697 701 1 1=1 F=10.075,-3.994  
 702 702 1 1=1 F=10.803,-0.685  
 603 606 1 1=1 F=10.629,2.027  
 607 609 1 1=1 F=10.077,3.989  
 610 614 1 1=1 F=8.284,6.853  
 615 616 1 1=1 F=7.842,7.364  
 617 618 1 1=1 F=6.868,8.300  
 619 621 1 1=1 F=4.836,10.276  
 622 623 1 1=1 F=3.900,12.000  
 624 626 1 1=1 F=2.650,13.886  
 627 628 1 1=1 F=0.940,14.915  
 629 632 1 1=1 F=-1.817,14.399  
 633 635 1 1=1 F=-4.096,12.613  
 636 638 1 1=1 F=-4.555,8.288  
 639 641 1 1=1 F=-2.556,3.091  
 642 644 1 1=1 F=3.364,-2.136  
 645 647 1 1=1 F=8.700,-4.096  
 648 651 1 1=1 F=15.025,-3.861  
 652 652 1 1=1 F=15.162,-0.957

C

753 753 1 1=1 F=16.557,-0.004 : nivel 7  
 754 755 1 1=1 F=16.094,1.009  
 756 757 1 1=1 F=12.999,2.477  
 758 759 1 1=1 F=9.081,2.948  
 760 761 1 1=1 F=5.931,2.789  
 762 764 1 1=1 F=3.185,2.020  
 765 767 1 1=1 F=-3.408,-4.117  
 768 769 1 1=1 F=-4.623,-7.279  
 770 774 1 1=1 F=-3.733,-14.520  
 775 777 1 1=1 F=-2.954,-15.460  
 778 788 1 1=1 F=-0.006,-16.920  
 779 782 1 1=1 F=2.094,-16.620  
 783 784 1 1=1 F=4.278,-13.180  
 785 787 1 1=1 F=4.655,-9.902  
 788 792 1 1=1 F=5.329,-7.341  
 793 797 1 1=1 F=8.090,-5.883  
 794 800 1 1=1 F=8.275,-5.256  
 801 802 1 1=1 F=9.736,-1.234

703 706 1 1	=1	F=9.596,1.830
707 709 1 1	=1	F=9.092,2.954
710 712 1 1	=1	F=8.572,4.033
713 715 1 1	=1	F=8.092,5.879
716 718 1 1	=1	F=6.607,7.035
719 721 1 1	=1	F=4.739,8.619
722 724 1 1	=1	F=3.776,14.701
725 726 1 1	=1	F=3.031,15.879
727 728 1 1	=1	F=1.067,16.935
729 731 1 1	=1	F=-1.045,16.645
732 734 1 1	=1	F=-3.727,14.526
735 736 1 1	=1	F=-4.916,10.451
737 739 1 1	=1	F=-4.625,7.291
740 741 1 1	=1	F=-2.417,2.575
742 743 1 1	=1	F=1.724,-1.253
744 746 1 1	=1	F=5.921,-2.788
747 748 1 1	=1	F=7.388,-2.927
749.752 1 1	=1	F=12.985,-2.480
C		
853 853 1 1	=1	F=15.680,-0.004 nivel 8
854 856 1 1	=1	F=15.242,0.955
857 859 1 1	=1	F=10.412,2.671
860 862 1 1	=1	F=5.617,2.641
863 864 1 1	=1	F=1.643,1.193
865 867 1 1	=1	F=-3.228,-3.899
868 870 1 1	=1	F=-4.378,-6.894
871 873 1 1	=1	F=-4.109,-12.630
874 875 1 1	=1	F=-2.798,-14.640
876 878 1 1	=1	F=-1.938,-15.300
879 880 1 1	=1	F=1.983,-15.740
881 883 1 1	=1	F=3.572,-13.930
884 886 1 1	=1	F=4.306,-10.890
887 891 1 1	=1	F=-4.673,-7.370
892 895 1 1	=1	F=7.353,-6.088
896 899 1 1	=1	F=8.117,-3.824
900 902 1 1	=1	F=9.086,-1.738
803 805 1 1	=1	F=9.304,0.000
806 808 1 1	=1	F=8.611,2.798
809 813 1 1	=1	F=8.341,3.302
814 818 1 1	=1	F=7.356,6.084
819 821 1 1	=1	F=4.488,8.163
822 824 1 1	=1	F=4.054,12.473
825 827 1 1	=1	F=2.870,15.038
828 828 1 1	=1	F=0.002,16.021
829 830 1 1	=1	F=-1.932,15.307
831 832 1 1	=1	F=-2.792,14.645
833 835 1 1	=1	F=-4.105,12.640
836 838 1 1	=1	F=-4.620,8.408
839 840 1 1	=1	F=-3.234,3.910
841 841 1 1	=1	F=-1.112,1.045
842 843 1 1	=1	F=1.633,-1.187
844 845 1 1	=1	F=4.315,-2.373
846 847 1 1	=1	F=5.607,-2.640
848 849 1 1	=1	F=8.588,-2.792
850 851 1 1	=1	F=14.019,-1.774
852 852 1 1	=1	F=15.236,-0.962
C		
953 954 1 1	=1	F=14.317,0.897 nivel 9
955 956 1 1	=1	F=13.222,1.667
957 958 1 1	=1	F=9.785,2.510
959 960 1 1	=1	F=6.209,2.457
961 962 1 1	=1	F=3.267,1.795
963 963 1 1	=1	F=0.712,0.517
964 966 1 1	=1	F=-2.540,-2.703
967 969 1 1	=1	F=-4.340,-6.835
970 974 1 1	=1	F=-3.508,-13.640
975 978 1 1	=1	F=-1.928,-15.220
979 981 1 1	=1	F=2.693,-14.150
982 985 1 1	=1	F=3.318,-12.940

986 987 1 1	=1	F=-4.192,-7.632
988 991 1 1	=1	F=-5.638,-6.009
992 993 1 1	=1	F=-6.517,-5.396
994 999 1 1	=1	F=7.239,-3.410
1000 1002 1 1	=1	F=8.232,-1.044
903 903 1 1	=1	F=8.334,0.000
904 913 1 1	=1	F=6.788,4.931
914 917 1 1	=1	F=5.132,6.202
918 920 1 1	=1	F=4.193,7.625
921 924 1 1	=1	F=3.322,12.934
925 926 1 1	=1	F=2.698,14.137
927 928 1 1	=1	F=0.002,15.736
929 931 1 1	=1	F=-2.776,14.562
932 934 1 1	=1	F=-4.065,12.517
935 937 1 1	=1	F=-4.600,9.780
938 940 1 1	=1	F=-3.932,5.414
941 942 1 1	=1	F=-1.587,1.491
943 944 1 1	=1	F=1.953,-1.240
945 947 1 1	=1	F=4.654,-2.191
948 950 1 1	=1	F=9.771,-2.511
951 952 1 1	=1	F=14.311,-0.904
C		
1053 1054 1 1	=1	F=13.215,0.828 nivel 10
1055 1056 1 1	=1	F=11.996,1.513
1057 1058 1 1	=1	F=8.323,2.135
1059 1060 1 1	=1	F=4.863,1.924
1061 1063 1 1	=1	F=2.342,1.287
1064 1065 1 1	=1	F=-1.988,-1.865
1066 1068 1 1	=1	F=-1.127,-5.676
1069 1071 1 1	=1	F=-4.551,-9.664
1072 1075 1 1	=1	F=-2.730,-14.280
1076 1079 1 1	=1	F=-1.896,-14.970
1080 1084 1 1	=1	F=3.676,-11.330
1084 1090 1 1	=1	F=3.870,-9.785
1091 1095 1 1	=1	F=5.283,-4.965
1096 1099 1 1	=1	F=6.096,-2.872
1100 1102 1 1	=1	F=6.999,-1.338
1003 1006 1 1	=1	F=7.001,1.335
1007 1010 1 1	=1	F=6.097,2.869
1011 1013 1 1	=1	F=5.762,4.186
1014 1019 1 1	=1	F=4.005,6.310
1020 1022 1 1	=1	F=3.871,9.773
1023 1025 1 1	=1	F=2.670,13.991
1026 1028 1 1	=1	F=0.969,15.378
1029 1031 1 1	=1	F=-2.724,14.289
1032 1034 1 1	=1	F=-3.979,12.250
1035 1037 1 1	=1	F=-4.550,9.674
1038 1039 1 1	=1	F=-4.130,5.686
1040 1042 1 1	=1	F=-2.900,3.090
1043 1046 1 1	=1	F=3.504,-1.650
1047 1048 1 1	=1	F=6.459,-2.100
1049 1052 1 1	=1	F=13.208,-0.834
C		
1153 1153 1 1	=1	F=11.094,-0.003 nivel 11
1154 1157 1 1	=1	F=10.767,0.675
1158 1159 1 1	=1	F=5.378,1.746
1160 1162 1 1	=1	F=2.645,1.244
1163 1164 1 1	=1	F=-1.581,-1.307
1165 1166 1 1	=1	F=-3.350,-3.566
1167 1168 1 1	=1	F=-4.444,-6.112
1169 1172 1 1	=1	F=-4.132,-10.430
1173 1175 1 1	=1	F=-2.516,-13.170
1176 1178 1 1	=1	F=-1.776,-14.020
1179 1181 1 1	=1	F=0.949,-15.160
1182 1183 1 1	=1	F=3.170,-12.360
1184 1187 1 1	=1	F=3.660,-9.254
1188 1194 1 1	=1	F=3.945,-5.435
1195 1200 1 1	=1	F=6.712,-1.284
1201 1202 1 1	=1	F=6.534,-0.828

1103 1105 1 1 =1 F=6.532,0.825  
 1106 1111 1 1 =1 F=5.695,2.680  
 1111 1118 1 1 =1 F=5.196,2.856  
 1119 1121 1 1 =1 F=3.709,7.881  
 1122 1124 1 1 =1 F=3.173,12.353  
 1125 1126 1 1 =1 F=1.856,14.678  
 1127 1128 1 1 =1 F=0.002,15.148  
 1129 1134 1 1 =1 F=-1.770,14.026  
 1135 1138 1 1 =1 F=-4.459,9.480  
 1139 1140 1 1 =1 F=-4.009,4.848  
 1141 1143 1 1 =1 F=-2.529,2.376  
 1144 1146 1 1 =1 F=2.636,-1.241  
 1147 1149 1 1 =1 F=6.934,-1.782  
 1150 1152 1 1 =1 F=10.762,-0.680

C

1253 1253 1 1 =1 F=10.063,-0.002 : nivel 12  
 1254 1257 1 1 =1 F=9.767,0.612  
 1258 1260 1 1 =1 F=4.878,1.584  
 1261 1262 1 1 =1 F=1.361,0.748  
 1263 1265 1 1 =1 F=-2.288,-2.147  
 1266 1268 1 1 =1 F=-1.031,-5.544  
 1269 1272 1 1 =1 F=-3.748,-9.457  
 1273 1279 1 1 =1 F=-1.611,-12.720  
 1280 1282 1 1 =1 F=2.369,-12.440  
 1283 1286 1 1 =1 F=3.181,-9.802  
 1287 1290 1 1 =1 F=3.845,-4.097  
 1291 1295 1 1 =1 F=4.009,-3.319  
 1296 1298 1 1 =1 F=5.162,-2.432  
 1299 1302 1 1 =1 F=6.126,-1.576  
 1203 1205 1 1 =1 F=5.925,0.749  
 1206 1210 1 1 =1 F=5.166,2.434  
 1211 1218 1 1 =1 F=3.580,4.927  
 1219 1221 1 1 =1 F=3.365,7.148  
 1222 1223 1 1 =1 F=3.182,9.791  
 1224 1226 1 1 =1 F=1.683,13.314  
 1227 1228 1 1 =1 F=0.867,13.750  
 1229 1231 1 1 =1 F=-2.278,11.949  
 1232 1234 1 1 =1 F=-3.344,10.297  
 1235 1238 1 1 =1 F=-4.045,8.599  
 1239 1240 1 1 =1 F=-3.044,3.243  
 1241 1242 1 1 =1 F=-2.294,2.155  
 1243 1243 1 1 =1 F=-0.536,0.390  
 1244 1246 1 1 =1 F=2.391,-1.126  
 1247 1249 1 1 =1 F=6.290,-4.616  
 1250 1252 1 1 =1 F=9.762,-0.616

C

1353 1353 1 1 =1 F=8.142,-0.002 : nivel 13  
 1354 1355 1 1 =1 F=7.063,0.891  
 1356 1359 1 1 =1 F=5.978,1.139  
 1360 1361 1 1 =1 F=1.817,0.854  
 1362 1364 1 1 =1 F=-2.216,-1.832  
 1365 1371 1 1 =1 F=-2.739,-2.570  
 1372 1374 1 1 =1 F=-3.194,-9.821  
 1375 1375 1 1 =1 F=-2.467,-12.930  
 1376 1380 1 1 =1 F=-1.715,-13.540  
 1381 1382 1 1 =1 F=2.180,-11.450  
 1383 1386 1 1 =1 F=3.161,-9.741  
 1387 1391 1 1 =1 F=3.142,-4.955  
 1392 1396 1 1 =1 F=3.523,-2.917  
 1397 1397 1 1 =1 F=3.813,-1.512  
 1398 1402 1 1 =1 F=-4.003,-1.303  
 1303 1306 1 1 =1 F=4.391,0.838  
 1307 1314 1 1 =1 F=3.633,1.997  
 1315 1319 1 1 =1 F=3.141,4.948  
 1320 1323 1 1 =1 F=3.163,9.733  
 1324 1325 1 1 =1 F=2.185,11.446  
 1326 1328 1 1 =1 F=1.527,12.077  
 1329 1332 1 1 =1 F=-2.463,12.918  
 1333 1334 1 1 =1 F=-3.194,9.835

1335 1337 1 1 =1 F=-2.826,6.009  
 1338 1341 1 1 =1 F=-2.541,3.499  
 1342 1344 1 1 =1 F=-1.358,0.987  
 1345 1346 1 1 =1 F=1.809,-0.852  
 1347 1349 1 1 =1 F=-4.816,-1.238  
 1350 1352 1 1 =1 F=7.056,-0.893

C

1453 1456 1 1 =1 F=5.744,0.360 : nivel 14  
 1457 1460 1 1 =1 F=3.066,0.786  
 1461 1463 1 1 =1 F=-1.624,-1.179  
 1464 1465 1 1 =1 F=-2.902,-2.724  
 1466 1469 1 1 =1 F=-4.064,-6.399  
 1470 1473 1 1 =1 F=-3.221,-9.901  
 1474 1476 1 1 =1 F=-2.742,-10.670  
 1477 1478 1 1 =1 F=-0.763,-12.060  
 1479 1480 1 1 =1 F=1.472,-11.690  
 1481 1483 1 1 =1 F=2.114,-11.110  
 1484 1486 1 1 =1 F=3.173,-8.022  
 1487 1492 1 1 =1 F=2.862,-4.513  
 1493 1499 1 1 =1 F=2.614,-1.901  
 1500 1502 1 1 =1 F=3.182,-0.609  
 1403 1409 1 1 =1 F=2.603,1.031  
 1410 1413 1 1 =1 F=2.614,1.899  
 1414 1418 1 1 =1 F=2.680,3.688  
 1419 1421 1 1 =1 F=3.176,6.749  
 1422 1423 1 1 =1 F=2.997,9.220  
 1424 1426 1 1 =1 F=1.477,11.683  
 1427 1428 1 1 =1 F=0.758,12.026  
 1429 1431 1 1 =1 F=-0.757,12.062  
 1432 1440 1 1 =1 F=-1.010,7.296  
 1441 1445 1 1 =1 F=-2.906,2.730  
 1446 1447 1 1 =1 F=1.146,-0.454  
 1448 1449 1 1 =1 F=3.058,-0.786  
 1450 1452 1 1 =1 F=5.072,-0.642

C

1553 1556 1 1 =1 F=3.425,0.000 : nivel 15  
 1557 1559 1 1 =1 F=1.619,0.415  
 1560 1562 1 1 =1 F=-1.620,-1.028  
 1563 1564 1 1 =1 F=-2.732,-2.259  
 1565 1569 1 1 =1 F=-3.911,-6.158  
 1570 1575 1 1 =1 F=-3.867,-7.029  
 1576 1576 1 1 =1 F=-1.314,-10.380  
 1577 1579 1 1 =1 F=-0.004,-10.820  
 1580 1580 1 1 =1 F=1.387,-11.010  
 1581 1583 1 1 =1 F=2.050,-10.770  
 1584 1586 1 1 =1 F=3.161,-7.991  
 1587 1592 1 1 =1 F=2.836,-4.475  
 1593 1596 1 1 =1 F=2.451,-1.782  
 1597 1602 1 1 =1 F=2.253,-0.893  
 1503 1503 1 1 =1 F=2.815,0.000  
 1504 1507 1 1 =1 F=2.531,0.650  
 1508 1513 1 1 =1 F=2.450,1.780  
 1514 1519 1 1 =1 F=2.707,3.725  
 1520 1523 1 1 =1 F=2.989,9.196  
 1524 1526 1 1 =1 F=2.054,10.763  
 1527 1528 1 1 =1 F=0.693,10.991  
 1529 1531 1 1 =1 F=-1.931,10.129  
 1532 1537 1 1 =1 F=-3.911,6.165  
 1538 1541 1 1 =1 F=-3.863,5.318  
 1542 1543 1 1 =1 F=-2.210,1.606  
 1544 1546 1 1 =1 F=-0.386,0.182  
 1547 1549 1 1 =1 F=0.924,-0.300  
 1550 1552 1 1 =1 F=3.279,-0.207

C

1653 1653 1 1 =1 F=2.912,0.000 : nivel 16  
 1654 1656 1 1 =1 F=2.790,0.175  
 1657 1659 1 1 =1 F=1.377,0.353  
 1660 1663 1 1 =1 F=-1.875,-1.362  
 1664 1666 1 1 =1 F=-2.977,-3.168

1667 1669 1 1=1 F=-3.325,-5.237  
 1670 1671 1 1=1 F=-3.158,-6.705  
 1672 1676 1 1=1 F=-2.920,-7.368  
 1677 1678 1 1=1 F=-0.570,-9.012  
 1679 1681 1 1=1 F=-1.743,-9.155  
 1682 1685 1 1=1 F=-2.674,-5.689  
 1686 1688 1 1=1 F=-2.302,-3.172  
 1689 1692 1 1=1 F=-2.250,-2.722  
 1693 1695 1 1=1 F=-1.887,-1.039  
 1696 1699 1 1=1 F=-2.151,-0.553  
 1700 1702 1 1=1 F=-2.264,-0.433  
 1603 1609 1 1=1 F=-1.916,0.759  
 1610 1614 1 1=1 F=-2.176,1.800  
 1615 1619 1 1=1 F=-2.412,3.800  
 1620 1622 1 1=1 F=-2.688,6.787  
 1623 1626 1 1=1 F=-2.542,7.820  
 1627 1628 1 1=1 F=0.001,9.200  
 1629 1634 1 1=1 F=-2.137,8.328  
 1635 1639 1 1=1 F=-3.325,5.242  
 1640 1642 1 1=1 F=-2.978,3.173  
 1643 1644 1 1=1 F=-1.879,1.366  
 1645 1646 1 1=1 F=-0.328,0.155  
 1647 1652 1 1=1 F=-2.444,-0.309

C

1753 1757 1 1=1 F=0.862,0.054 nivel 17  
 1758 1760 1 1=1 F=-0.823,-0.326  
 1761 1761 1 1=1 F=-1.698,-0.933  
 1762 1765 1 1=1 F=-2.835,-2.661  
 1766 1769 1 1=1 F=-3.021,-4.757  
 1770 1773 1 1=1 F=-2.212,-6.800  
 1774 1776 1 1=1 F=-1.002,-7.913  
 1777 1778 1 1=1 F=-0.504,-7.971  
 1779 1782 1 1=1 F=-1.854,-7.233  
 1783 1784 1 1=1 F=-2.781,-7.031  
 1785 1787 1 1=1 F=-3.266,-5.151  
 1788 1790 1 1=1 F=-2.990,-4.418  
 1791 1801 1 1=1 F=-1.702,-1.600  
 1802 1802 1 1=1 F=-1.821,-0.115  
 1703 1708 1 1=1 F=-1.782,0.579  
 1709 1711 1 1=1 F=-1.630,0.896  
 1712 1715 1 1=1 F=-1.700,1.596  
 1716 1718 1 1=1 F=-2.987,4.110  
 1719 1722 1 1=1 F=-3.139,6.668  
 1723 1723 1 1=1 F=-2.333,7.179  
 1724 1725 1 1=1 F=-1.394,7.302  
 1726 1728 1 1=1 F=-0.483,7.660  
 1729 1731 1 1=1 F=-1.463,7.675  
 1732 1736 1 1=1 F=-2.895,5.267  
 1737 1739 1 1=1 F=-3.020,4.760  
 1740 1743 1 1=1 F=-2.985,3.180  
 1744 1744 1 1=1 F=-2.066,4.312  
 1745 1748 1 1=1 F=-1.700,0.935  
 1749 1752 1 1=1 F=0.861,-0.054

C

1853 1855 1 1=1 F=-1.028,-0.130 nivel 18  
 1856 1860 1 1=1 F=-1.990,-0.936  
 1861 1865 1 1=1 F=-2.809,-2.636  
 1866 1868 1 1=1 F=-2.789,-3.836  
 1869 1872 1 1=1 F=-2.136,-5.390  
 1873 1876 1 1=1 F=-0.808,-6.381  
 1877 1879 1 1=1 F=-0.410,-6.547  
 1880 1884 1 1=1 F=-1.882,-5.798  
 1885 1888 1 1=1 F=-2.240,-3.086  
 1889 1890 1 1=1 F=-1.950,-2.078  
 1891 1894 1 1=1 F=-1.325,-0.841  
 1895 1900 1 1=1 F=-1.273,-0.700  
 1901 1902 1 1=1 F=-1.484,-0.188  
 1803 1809 1 1=1 F=-1.323,0.524  
 1810 1816 1 1=1 F=-1.949,2.075

1817 1822 1 1=1 F=-2.117,5.345  
 1823 1825 1 1=1 F=-1.216,6.371  
 1826 1828 1 1=1 F=-0.822,6.499  
 1829 1831 1 1=1 F=-0.806,6.382  
 1832 1833 1 1=1 F=-1.861,5.731  
 1834 1840 1 1=1 F=-2.858,3.044  
 1841 1845 1 1=1 F=-2.809,2.639  
 1846 1848 1 1=1 F=-1.991,0.938  
 1849 1852 1 1=1 F=-1.399,0.360

C

1953 1955 1 1=1 F=-0.803,-0.101 nivel 19  
 1956 1959 1 1=1 F=-1.404,-0.555  
 1960 1963 1 1=1 F=-1.994,-1.448  
 1964 1969 1 1=1 F=-2.098,-3.303  
 1970 1974 1 1=1 F=-1.207,-4.696  
 1975 1979 1 1=1 F=-0.930,-4.865  
 1980 1981 1 1=1 F=0.640,-5.077  
 1982 1984 1 1=1 F=-1.652,-4.178  
 1985 1988 1 1=1 F=-1.750,-2.410  
 1989 1992 1 1=1 F=-1.241,-1.028  
 1993 1998 1 1=1 F=-1.082,-0.352  
 1999 2002 1 1=1 F=-1.124,-0.289  
 1903 1913 1 1=1 F=-1.119,0.813  
 1914 1918 1 1=1 F=-1.749,2.407  
 1919 1921 1 1=1 F=-1.770,3.760  
 1922 1924 1 1=1 F=-1.232,4.796  
 1925 1928 1 1=1 F=-0.950,4.977  
 1929 1936 1 1=1 F=-1.844,3.920  
 1937 1941 1 1=1 F=-2.097,3.305  
 1942 1946 1 1=1 F=-1.556,0.732  
 1947 1949 1 1=1 F=-1.093,0.281  
 1950 1952 1 1=1 F=-0.939,0.179

C

2053 2058 1 1=1 F=-1.610,-0.523 nivel 20  
 2059 2062 1 1=1 F=-1.844,-1.170  
 2063 2065 1 1=1 F=-1.911,-1.793  
 2066 2073 1 1=1 F=-1.313,-3.313  
 2074 2078 1 1=1 F=-0.939,-3.650  
 2079 2082 1 1=1 F=-0.973,-3.793  
 2083 2088 1 1=1 F=-1.178,-3.631  
 2089 2092 1 1=1 F=-1.559,-1.886  
 2093 2096 1 1=1 F=-1.297,-0.943  
 2097 2102 1 1=1 F=-0.911,-0.361  
 2003 2003 1 1=1 F=-0.866,0.000  
 2004 2011 1 1=1 F=-1.089,0.598  
 2012 2017 1 1=1 F=-1.559,1.884  
 2018 2023 1 1=1 F=-1.180,3.630  
 2024 2028 1 1=1 F=-0.974,3.792  
 2029 2036 1 1=1 F=-1.582,2.880  
 2037 2040 1 1=1 F=-1.884,2.007  
 2041 2044 1 1=1 F=-1.845,1.171  
 2045 2052 1 1=1 F=-1.787,0.983

C

2153 2159 1 1=1 F=-1.548,-0.503 nivel 21  
 2160 2167 1 1=1 F=-1.439,-1.739  
 2168 2173 1 1=1 F=-0.821,-2.523  
 2174 2183 1 1=1 F=-0.677,-2.633  
 2184 2188 1 1=1 F=-1.090,-2.318  
 2189 2192 1 1=1 F=-1.394,-1.687  
 2193 2202 1 1=1 F=-1.363,-0.991  
 2103 2103 1 1=1 F=-1.068,0.000  
 2104 2110 1 1=1 F=-1.282,0.603  
 2111 2113 1 1=1 F=-1.363,0.990  
 2114 2118 1 1=1 F=-1.356,1.866  
 2119 2124 1 1=1 F=-1.291,2.034  
 2125 2128 1 1=1 F=-0.522,2.733  
 2129 2132 1 1=1 F=-0.676,2.634  
 2133 2137 1 1=1 F=-1.284,2.024  
 2138 2144 1 1=1 F=-1.588,1.008

2145 2152 1 1=1 F=-1.582,0.870

C

2253 2260 1 1=1 F=-1.196,-0.562 : nivel 22

2261 2263 1 1=1 F=-1.116,-0.810

2264 2270 1 1=1 F=-1.121,-0.927

2271 2271 1 1=1 F=-0.738,-1.568

2275 2277 1 1=1 F=-0.348,-1.820

2278 2278 1 1=1 F=0.000,-1.901

2279 2287 1 1=1 F=0.672,-1.699

2288 2291 1 1=1 F=1.129,-1.061

2292 2296 1 1=1 F=1.160,-0.960

2297 2302 1 1=1 F=1.188,-0.471

2203 2209 1 1=1 F=1.188,0.470

2210 2214 1 1=1 F=1.160,0.960

2215 2219 1 1=1 F=1.129,1.060

2220 2223 1 1=1 F=0.576,1.773

2224 2228 1 1=1 F=0.470,1.831

2229 2234 1 1=1 F=-0.646,1.632

2235 2239 1 1=1 F=-1.065,1.288

2240 2243 1 1=1 F=-1.107,1.179

2244 2247 1 1=1 F=-1.121,0.712

2248 2252 1 1=1 F=-1.312,0.427

C

2353 2360 1 1=1 F=-0.882,-0.415 : nivel 23

2361 2368 1 1=1 F=-0.613,-0.843

2369 2374 1 1=1 F=-0.273,-1.064

2375 2379 1 1=1 F=-0.208,-1.089

2380 2386 1 1=1 F=0.514,-0.936

2387 2393 1 1=1 F=0.809,-0.588

2394 2402 1 1=1 F=0.836,-0.531

2303 2303 1 1=1 F=0.898,0.000

2304 2312 1 1=1 F=0.836,0.531

2313 2321 1 1=1 F=0.460,0.977

2322 2327 1 1=1 F=0.401,1.013

2328 2328 1 1=1 F=0.000,1.112

2329 2335 1 1=1 F=-0.450,0.957

2336 2347 1 1=1 F=-0.505,0.919

2348 2352 1 1=1 F=-0.920,0.299

C

2453 2456 1 1=1 F=-0.418,-0.107 : nivel 24

2457 2462 1 1=1 F=-0.418,-0.107

2463 2471 1 1=1 F=-0.364,-0.264

2472 2478 1 1=1 F=-0.177,-0.445

2479 2502 1 1=1 F=0.179,-0.454

2403 2410 1 1=1 F=0.391,0.184

2411 2428 1 1=1 F=-0.384,0.211

2429 2452 1 1=1 F=-0.122,0.476

C

2553 2578 1 1=1 F=-0.080,-0.015 : nivel 25

2579 2602 1 1=1 F=0.006,-0.093

2503 2528 1 1=1 F=0.076,0.000

2529 2552 1 1=1 F=-0.006,0.094

603 2602 1 1=2 F=0.0,-18 :CARGA VIVA

2678 2777 1 1=2 F=0.0,-2 :DISPOSITIVO DE

VENTILACION

SPEC

A=0 S=9.81 D=0.05

0.0 0.48 0.144

0.1 0.48 0.144

0.2 0.48 0.144

0.3 0.48 0.144

0.5 0.48 0.144

0.7 0.48 0.144

0.9 0.48 0.144

1.1 0.48 0.144

1.3 0.48 0.144

1.5 0.48 0.144

1.7 0.48 0.144

1.9 0.48 0.144

1.9 0.48 0.144

2.0 0.456 0.144

2.1 0.434 0.144

COMBO

1 C=0,1,1 : 1,1 (CM+CV)

2 C=1,1,1 : 1,1 (CM+CV+viento en S)

3 C=0,1,1 D=1,1 : 1,1 (CM+CV+ismo en S+0.3 en S)