



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROGRAMA ACADÉMICO PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO
MODAL DE ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES CON TRES
GRADOS DE LIBERTAD POR PLANTA**

*Tesis Previa a la Obtención
del Título de Ingeniero Civil*

AUTORA:

Doris Andrea Guachizaca Vera

DIRECTOR:

Ing. Humberto Ramírez Romero

Loja – Ecuador

2009

CERTIFICACIÓN

Ing.

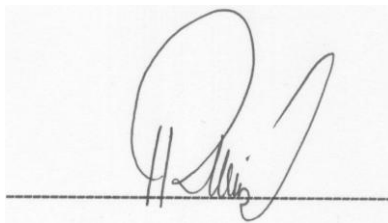
Humberto Ramírez Romero

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, revisado y aprobado, la presente tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Civil, realizada por la Egresada Doris Andrea Guachizaca Vera, titulada: “**PROGRAMA ACADÉMICO PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO MODAL DE ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES CON TRES GRADOS DE LIBERTAD POR PLANTA**”; la misma que se encuentra científica y reglamentariamente en condiciones de presentarse para la graduación del postulante.

Por lo expuesto, autorizo su presentación, disertación defensa.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. Ramírez', is written over a horizontal dashed line. The signature is stylized and cursive.

.....
Ing. Humberto Ramírez Romero
DIRECTOR DE TESIS

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Doris Andrea Guachizaca Vera, declaro ser autora del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional operativo de la Universidad".

Doris Andrea Guachizaca Vera

.....

La autora

AUTORÍA

El proceso de investigación que se ha realizado en la presente tesis como: análisis, verificaciones, comprobaciones, conclusiones y recomendaciones, así también como observaciones son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Además, cabe indicar que la información recopilada para el presente trabajo, se encuentra debidamente especificada en el apartado de las referencias.

Doris Andrea Guachizaca Vera

.....
Doris Andrea Guachizaca Vera

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Particular de Loja, en base a los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera universitaria en el ámbito de la Ingeniería Civil, de la misma manera al apoyo brindado en la preparación, revisión y sugerencias críticas vertidas en el contenido de esta tesis por parte del Ing. Humberto Ramírez Romero.

Y sirvan los siguientes párrafos como justo agradecimiento a todos aquellos con quienes he compartido todos estos años. Y sin olvidar el apoyo y colaboración de todos los miembros del departamento de simulación de estructuras.

DEDICATORIA

A Dios por la vivificadora luz enmarcada en el transcurso de mis años.

A José y Teresa mis padres, por el apoyo incondicional en todo momento y quienes han sido un ejemplo a seguir.

A mis hermanos Jhandry, Jimmy, Joel, Zhully y sobre todo a una persona muy cercana a pesar de su lejanía Jenny mi hermana.

A toda mi familia y amigos por el gran apoyo brindado y colaboración para la culminación de este trabajo, sobre todo a Carlos Cárdenas, Ing. Hernán De La Torre y Lic. Milton Salcedo por el incentivo, respaldo y confianza.

Doris Andrea Guachizaca Vera

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	.....	I
CESIÓN DE DERECHOS	.....	II
AUTORÍA	.....	III
AGRADECIMIENTO	.....	IV
DEDICATORIA	.....	V

CAPÍTULO I: PRELIMINARES

1.1 Descripción general del proyecto	.....	1
1.2 Introducción	.....	2
1.3 Antecedentes	.....	2
1.4 Objetivos	.....	3
1.5 Organización y contenido del proyecto.....		3
1.6 Resumen	.....	5

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DINÁMICO MODAL DE ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES CON TRES GRADOS DE LIBERTAD POR PLANTA

2.1 Introducción	.....	6
2.2 Marco conceptual	.....	7
2.2.1 Código ecuatoriano de la construcción CEC-2000	.....	7
2.2.2 Configuración estructural.....		7
2.3 Aplicación práctica: proceso generalizado para el análisis dinámico de estructuras tridimensionales		
2.3.1 Descripción de los modelos de análisis.....		9
2.3.2 Sistema de coordenadas: locales y globales.....		13
2.3.3 Matriz de rigidez “SM” con respecto a ejes locales.....		20

2.3.4	Matriz de rigidez “SMD” con respecto a ejes globales.....	31
2.3.5	Matriz de rigidez “Sj” del pórtico plano.....	42
2.3.6	Matriz de rigidez “S”	42
2.3.7	Matriz de rigidez lateral “SL”	42
2.3.8	Matriz de rigidez espacial “SE” en pórticos con tres grados de libertad por planta.....	49
2.3.9	Matriz de masas. Matriz “So”. Vectores propios. Modos de vibración sin normalizar.....	53
2.3.10	Frecuencia y periodo.....	55
2.3.11	Autovectores normalizados.....	55
2.3.12	Modos de vibración en edificios de tres grados de libertad por planta.....	57
2.3.13	Factores de participación modal	57
2.3.14	Aceleraciones espectrales.....	58
2.3.15	Fuerza estática equivalente.....	58
2.3.16	Cortante basal de cada modo	59
2.3.17	Periodo efectivo modal.....	59
2.3.18	Coordenadas máximos probables.....	62
2.3.19	Desplazamientos máximos probables en cada pórtico en cada modo.....	65
2.3.20	Fuerzas laterales máximas probables en cada pórtico en cada modo.....	65
2.3.21	Fuerzas cortantes en cada pórtico por piso y por modo.....	68
2.3.22	Criterios de combinación modal.....	70
2.3.23	Derivas de piso y cortante basal mínimo.....	73
2.3.24	Control del efecto(P-Δ):estabilidad estructural.....	79
2.3.25	Torsión accidental.....	81
2.3.26	Cálculo de coordenadas de piso por torsión accidental....	82

2.3.27	Desplazamientos laterales en cada pórtico y en cada piso por torsión accidental.....	83
2.3.28	Cortantes en cada pórtico y en cada piso por torsión Accidental.....	83
2.3.29	Fuerzas laterales en cada pórtico debido a la torsión accidental en cada piso.....	83
2.3.30	Fuerzas laterales totales por análisis sísmico dinámico: dinámicas mas torsión accidental	84

CAPÍTULO III: MANUAL DEL USUARIO DYNAMIC 3D V1.0

3.1	Introducción	89
3.2	Instalación del programa DYNAMIC 3D.....	90
3.2.1	Requerimientos.....	90
3.2.2	Pasos.....	90
3.3	Interfaz del usuario	
3.3.1	Ejecución de DYNAMIC 3D.....	92
3.3.2	Herramientas en la ventana principal.....	92
3.4	Procedimiento para modelar una estructura	
3.4.1	Iniciando la modelación.....	107
3.4.2	Análisis dinámico de la estructura.....	111
3.4.3	Visualización de las matices resultantes.....	114

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones.....	115
4.2	Recomendaciones	116

REFERENCIAS

CAPÍTULO

I

PRELIMINARES



PRELIMINARES

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Actualmente la ingeniería estructural se encuentra respaldada por una variedad de software de análisis y diseño de cualquier sistema estructural, los mismos que han permitido automatizar procedimientos, su efectividad está en la aplicación adecuada de estas herramientas, debido a que el usuario controla completamente las características de la estructura.

La presente investigación está enfocada al análisis dinámico modal de estructuras tridimensionales con tres grados de libertad por planta, con la ayuda del programa DYNAMIC 3D V1.0, programa automatizado cuyo lenguaje de programación se realizó en VISUAL.NET, con el fin de poderla incluir en la red del Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica (VLEE). Además la herramienta de análisis resulta versátil y con varias alternativas de análisis, en donde a más de realizar el análisis dinámico de pórticos regulares, se puede analizar pórticos irregulares en elevación. Con ello debido a que se trata de un programa académico, se utilizará en la asignatura complementaria “ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTRUCTURAS” donde se pretende optimizar tiempo de enseñanza y aprendizaje, así como también que constituya una herramienta de ayuda a las asignaturas que se dictan referentes a este tema.

No obstante el objetivo del programa de análisis dinámico modal de estructuras tridimensionales, es básicamente solventar de manera útil problemas de la realidad de la práctica actual, que permita facilitar y evaluar de manera confiable pórticos regulares e irregulares en elevación, así como dar uso a dichas herramientas útiles en el campo de la ingeniería estructural.

Finalmente la aplicación será aprovechada al acceso de los servicios de la web, en este caso estará disponible en el Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica (VLEE), en donde se tendrá la oportunidad de producir servicios, constituyendo no solo una herramienta de desarrollo, sino también de servicios.



1.2 INTRODUCCIÓN

La tendencia actual en los procesos de análisis dinámico de estructuras tridimensionales, ante una determinada amenaza sísmica, han producido nuevos estudios en la eficiencia de programas, que constituyen las mejores herramientas en el desarrollo de la ingeniería estructural.

Es por ello que la automatización de cálculos para el análisis de estructuras tridimensionales, con la elaboración de módulos ejecutables en Visual.net, resultan de gran eficacia, debido a que se brinda una herramienta computacional confiable para el análisis de edificios regulares e irregulares en elevación, el uso adecuado de estas herramientas permitirá una mejora para la resolución y comprensión del comportamiento de un determinado sistema estructural, proporcionándole al usuario, alumno y profesor, un instrumento de ayuda y enseñanza, permitiendo solventar de mejor manera el análisis de estructuras. Anteriormente programas desarrollados resultaban poco prácticos para el aprendizaje y al ser realizados manualmente producían mayor demanda de tiempo, corriendo el riesgo de obtener resultados imprecisos, debido a ello se propicia el desarrollo de métodos alternativos y simplificados que permiten una implementación práctica para el aprendizaje.

1.3 ANTECEDENTES

En la actualidad existe un estudio relacionado con el tema, en el citado estudio se automatizó el proceso para el análisis dinámico de estructuras, mediante una macro secuencial de Excel por medio del Editor de Visual Basic, en donde se tuvo en cuenta solo para el análisis de estructuras regulares.

Sin embargo lo que se pretende con esta nueva investigación es además dar alternativas de análisis para edificios irregulares en elevación, así como la automatización de cálculos mediante Visual.net, prestando una herramienta computacional que permitan facilidad, rapidez y a su vez mayor confiabilidad en sus resultados, dando una gran ventaja para mejorar el aprendizaje en los temas



referentes al análisis dinámico y en donde se permita optimizar el tiempo de enseñanza y aprendizaje, además de proporcionar procedimientos claros con base al análisis dinámico estructural, que anteriormente resultaban algo complejo obtenerlos en conjunto.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Automatizar los cálculos para el análisis dinámico mediante un Setup, con la elaboración de módulos ejecutables en Visual Net, con el fin de brindar una herramienta computacional para el análisis de estructuras tridimensionales.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar módulos ejecutables para el análisis dinámico de pórticos regulares e irregulares en geometría vertical, utilizando el lenguaje de programación Visual.net
- Una vez comprobada la efectividad de DYNAMIC 3D V1.0, el programa estará disponible en el Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica VLEE.

1.5 ORGANIZACIÓN Y CONTENIDO DEL PROYECTO

Dentro de la metodología de esta investigación, la macro secuencial existente de Excel, se mejora mediante el lenguaje de programación Visual.net, en donde se permite analizar edificios irregulares en elevación mediante DYNAMIC 3D V1.0. Finalmente se presenta un manual de ayuda para el usuario, que permite la comprensión en el desarrollo de análisis dinámico de estructuras tridimensionales con tres grados de libertad por planta, cumpliendo en definitiva con todos los objetivos planteados.



La siguiente investigación esta estructurada en IV capítulos, incluyéndose en su parte final las respectivas referencias bibliográficas.

En el primer capítulo se plantea los objetivos y acciones emprendidas en la investigación, incluyendo además un resumen.

En el segundo capítulo se presenta la información sobre las generalidades características del análisis dinámico, así como el procedimiento para obtener los diferentes parámetros que intervienen en el análisis, concluyendo un ejemplo de aplicación práctica para el análisis de pórticos tridimensionales.

En el tercer capítulo se presenta un manual que describe el proceso del uso y manejo de la herramienta de análisis DYNAMIC 3D V1.0, de ayuda al usuario para el análisis dinámico de estructuras tridimensionales, con la descripción y proceso de funcionamiento de la herramienta, y en donde se incluye su procedimiento con la debida secuencia, basándose en las normativas del CEC-2000, presentando para su comprensión un ejemplo.

En el cuarto capítulo a partir de la información experimental recogida se establecen las respectivas conclusiones y recomendaciones, en donde se espera que las teorías, conceptos y procedimientos contenidos en esta investigación contribuyan a lograr por parte de los usuarios una correcta interpretación de sus preceptos que conduzcan y sirvan para futuros trabajos investigativos.



**PROGRAMA ACADÉMICO PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO DE
ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES CON TRES GRADOS DE
LIBERTAD POR PLANTA**

Doris Guachizaca Vera ^{a)}, Humberto Ramírez Romero ^{b)}

Universidad Técnica Particular de Loja

RESUMEN

La presente investigación está enfocada en el estudio para el análisis dinámico de estructuras tridimensionales con tres grados de libertad por planta, desarrollando para su aprendizaje el programa DYNAMIC 3D V1.0, incluyendo en esta vez el análisis para pórticos irregulares en elevación, por tanto el software permite analizar estructuras con cualquier geometría irregular en elevación, material y condición de carga.

Cabe resaltar que en la actualidad existe un estudio relacionado con el tema, sin embargo lo que se pretende en esta ocasión es que el programa que anteriormente dependía de EXCEL en el presente sea un programa cuyo lenguaje de programación sea VISUAL.NET. Además se introducen cambios para que resulte versátil y con varias alternativas de análisis, y donde se puede además realizar el análisis dinámico de pórticos irregulares en elevación, presentando a su vez el respectivo proceso, incluyendo las particularidades características propias, permitiendo una implementación práctica para el aprendizaje.

En definitiva la herramienta de análisis proporcionará al usuario, alumno y profesor, un instrumento de ayuda y enseñanza, que anteriormente al realizarlos manualmente producían mayor demanda de tiempo para ser analizados, dando cabida a un amplio margen para errores humanos, de difícil detección e indiscutible gravedad; en conclusión, con el nuevo software se optimiza tiempo de enseñanza y aprendizaje.

Finalmente una vez comprobada, demostrada y verificada la efectividad de la herramienta de análisis dinámico DYNAMIC 3D V1.0, se la incluirá y estará disponible en la red del Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica VLEE.

^{a)} Egresada Ingeniería Civil. Universidad Técnica Particular de Loja. e.mail: daguachizaca@utpl.edu.ec

^{b)} Docente Investigador de la Unidad de Ingeniería Civil. Universidad Técnica Particular de Loja. e.mail: hjramirez@utpl.edu.ec

CAPÍTULO

II

**ANÁLISIS DINÁMICO MODAL DE ESTRUCTURAS
TRIDIMENSIONALES CON TRES GRADOS DE
LIBERTAD POR PLANTA**



ANÁLISIS DINÁMICO MODAL DE ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES CON TRES GRADOS DE LIBERTAD POR PLANTA

2.1 INTRODUCCIÓN

La importancia del análisis dinámico de estructuras radica en que estas deben responder con un buen comportamiento estructural a cualquier excitación del suelo, ya que actúan dinámicamente bajo la acción de éstas fuerzas sísmicas desarrollando acciones opuestas al movimiento.

Es por ello que considerando el potencial destructivo que la actividad sísmica genera en las estructuras, y la manera como éstas puedan responder a dicho fenómeno, es importante realizar un estudio minucioso del mismo para reducir y limitar daños, que pudiesen provocar en el sistema estructural, utilizando los principios aceptados de la dinámica, siendo primordial conocer, analizar y evaluar las características de la estructura.

Dentro del análisis dinámico de estructuras tridimensionales, se considera tres grados de libertad asociados a la masa de cada nivel: dos movimientos de translación y uno de rotación. Evidentemente se supone que la masa de cada nivel está asociada a un diafragma rígido.

Se considera que la losa es completamente rígida, si la relación entre el largo y el ancho de la losa o diafragma horizontal tiende a uno. Si es mayor que tres ya no se podrá modelar como piso rígido. ¹

El presente capítulo enfoca en forma clara el fundamento teórico del proceso de análisis dinámico de estructuras tridimensionales, mediante la aplicación práctica, desarrollando para el efecto un ejemplo numérico y con cuyos preceptos se organiza el programa, de esta manera no se pretende transcribir conceptos sino dar un apoyo conceptual en cuanto a fórmulas y obtención de matrices, con el fin de ayudar al usuario al entendimiento del

¹ AGUIAR Roberto (1995), "Análisis Matricial de Estructuras", Escuela Politécnica del Ejército. Segunda Edición. Quito, Ecuador.



proceso interno del programa, poniendo en evidencia la importancia en la etapa del análisis estructural la concepción teórica.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN CEC-2000

El CEC-2000, constituye un código de análisis sismo-resistente de estructuras, que controla el daño de la estructura mediante el nivel de resistencia que se le asigna a la misma.

2.2.2 CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

Cada estructura debe designarse como regular o irregular desde el punto de vista estructural:

- a) Estructuras regulares. Las estructuras regulares no tienen discontinuidades físicas considerables en su configuración en planta y configuración vertical o en sus sistemas resistentes a las fuerzas laterales.
- b) Estructuras irregulares. Las estructuras irregulares tienen discontinuidades físicas considerables en su configuración o en sus sistemas resistentes a las fuerzas laterales. Las características irregulares incluyen, sin estar limitadas a ello, las descritas a continuación, donde se presentan las diferentes irregulares con más detalle.

Configuración en elevación

Tipo	Definición de irregularidad
1A	Irregularidad de rigidez (piso blando) Un piso blando es aquel cuya rigidez lateral es menor del 70% de la rigidez del piso superior o menor del 80% de la rigidez promedio de los 3 pisos superiores al piso blando, en tal caso se considera irregular.
2A	Irregularidad de peso (masa) Debe considerarse que existe irregularidad de masa cuando la masa efectiva de cualquier piso es mayor del 150% de la masa efectiva de uno de los pisos contiguos. No es necesario considerar un techo que sea más liviano que el piso inferior.



3A	Irregularidad vertical geométrica Se considera que existe irregularidad vertical geométrica cuando la dimensión horizontal del sistema de resistencia a las fuerzas laterales en cualquier piso es mayor del 130% de la de un piso colindante. No es necesario considerar los pisos de azotea de un solo nivel.
4A	Discontinuidad en el plano de los elementos verticales resistente a las fuerzas laterales Se considera este tipo de irregularidad, cuando existe un desplazamiento en el plano de los elementos resistentes a las cargas laterales mayor que la longitud de esos elementos.
5A	Discontinuidad en capacidad (piso débil) Un piso débil es aquel en que la resistencia del piso es menor del 80% de la resistencia del piso inmediatamente superior, en tal caso se considera irregular. La resistencia del piso es la resistencia total de todos los elementos resistentes a las fuerzas sísmicas que comparten el esfuerzo cortante del piso en la dirección bajo consideración.

Cuadro 2.1 Irregularidades verticales estructurales

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2000)

Sin embargo en este caso sólo se analizarán pórticos regulares e irregulares en geometría vertical.

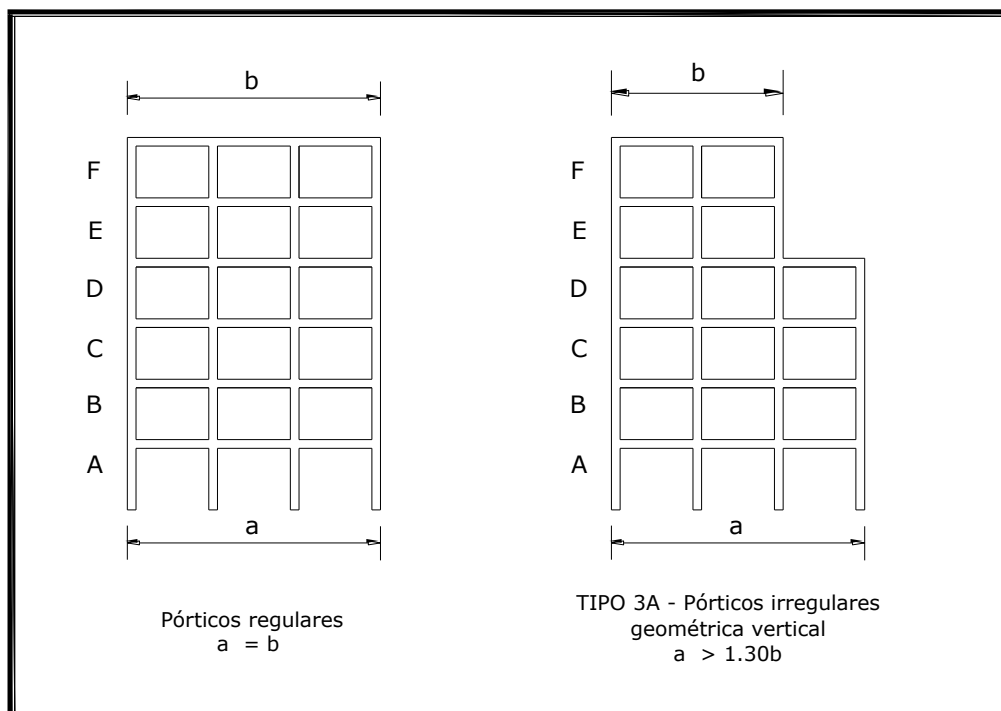


Figura 2.1 Pórtico regular e irregular en geometría vertical (CEC-2000)

Fuente: Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2000)



2.3 APLICACIÓN PRÁCTICA: PROCESO GENERALIZADO PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO DE ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES

La secuencia operativa y cada paso es crítico para el proceso y éxito del análisis y que requiere el empleo de modelos teóricos aceptables.

Como primer paso para el desarrollo de este análisis, se realiza la definición de la geometría del modelo, y al mismo tiempo una idealización en el plano de todos los pórticos, acopladas a las direcciones de análisis.

2.3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS DE ANÁLISIS

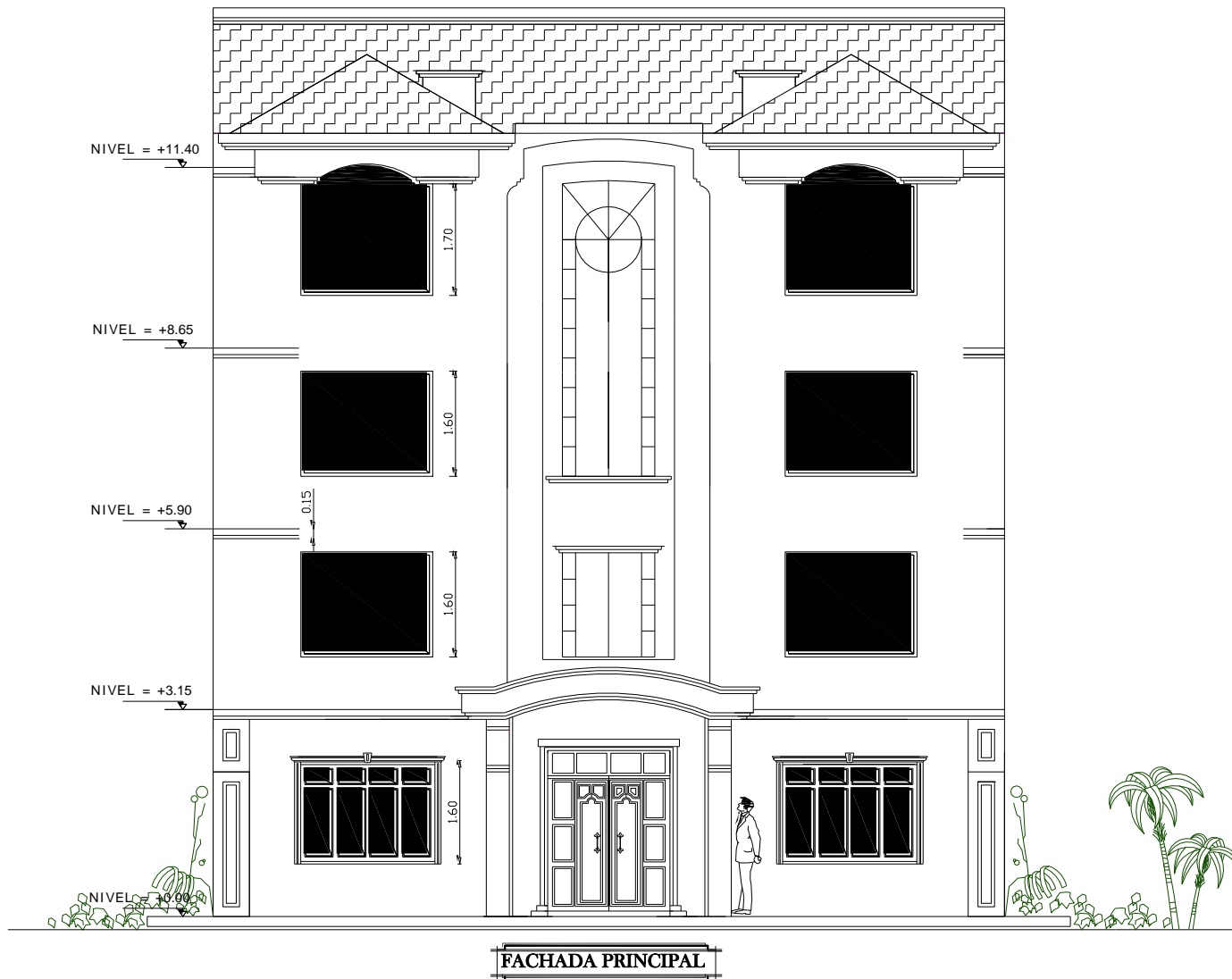
La estructura que se analiza corresponde a pórticos regulares, con una distribución de columnas y vigas que siguen un patrón regular en toda su altura, diferenciándolos sólo en las dimensiones de vanos en cada sentido.

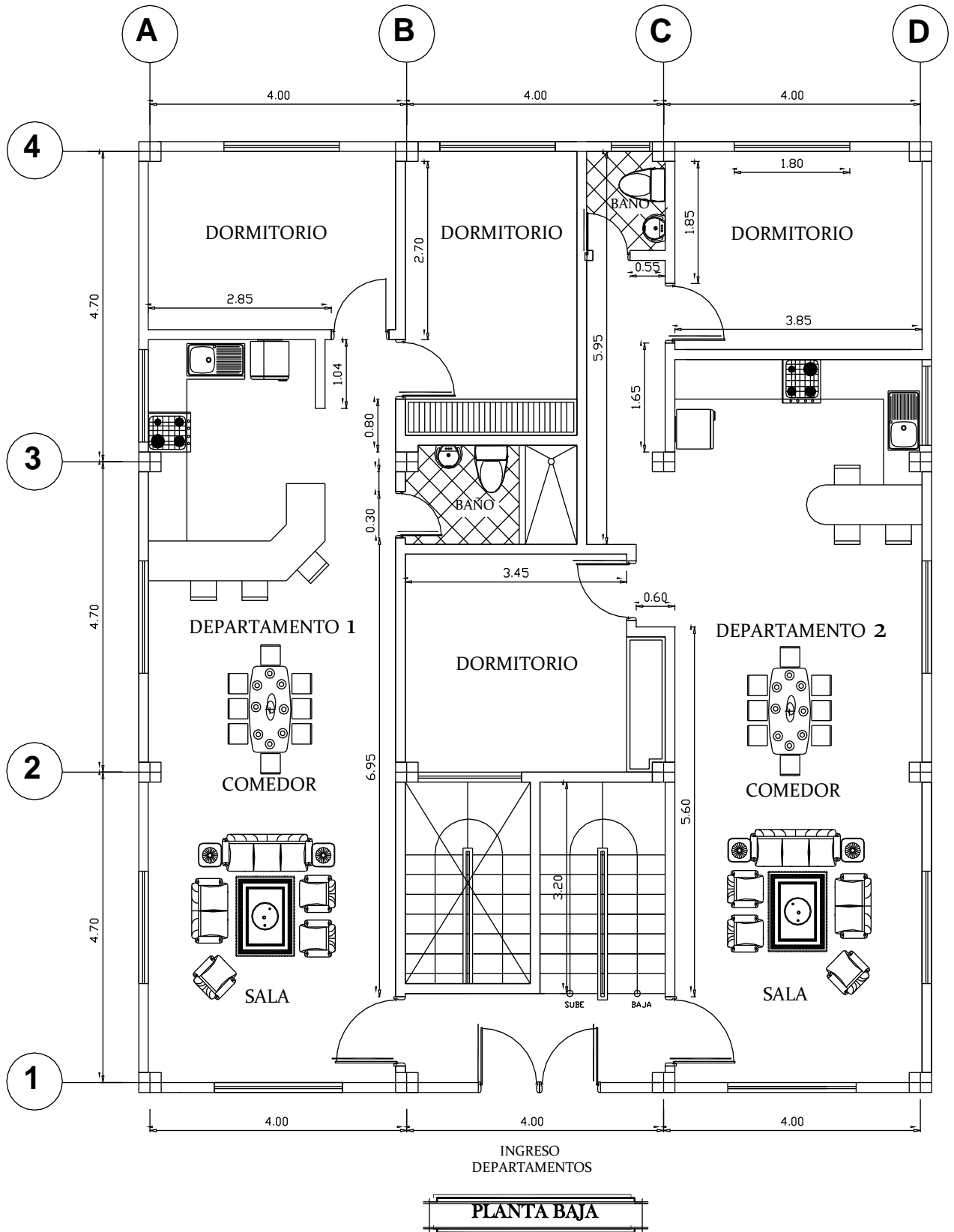
El modelo estructural está representado por 8 pórticos regulares planos, de cuatro pisos y tres vanos en cada sentido de análisis, cuyo piso inferior se le asigna una altura de 3.0 m y al resto de 2.60 m. Y a nivel cero se supone que las columnas están empotradas. Además se encuentra indicadas las cargas que actúan y elementos del pórtico con la geometría y propiedades de los materiales, manteniendo constante la resistencia del acero en 420 MPa y con niveles de deriva controlados y admitidos por el CEC-2000.

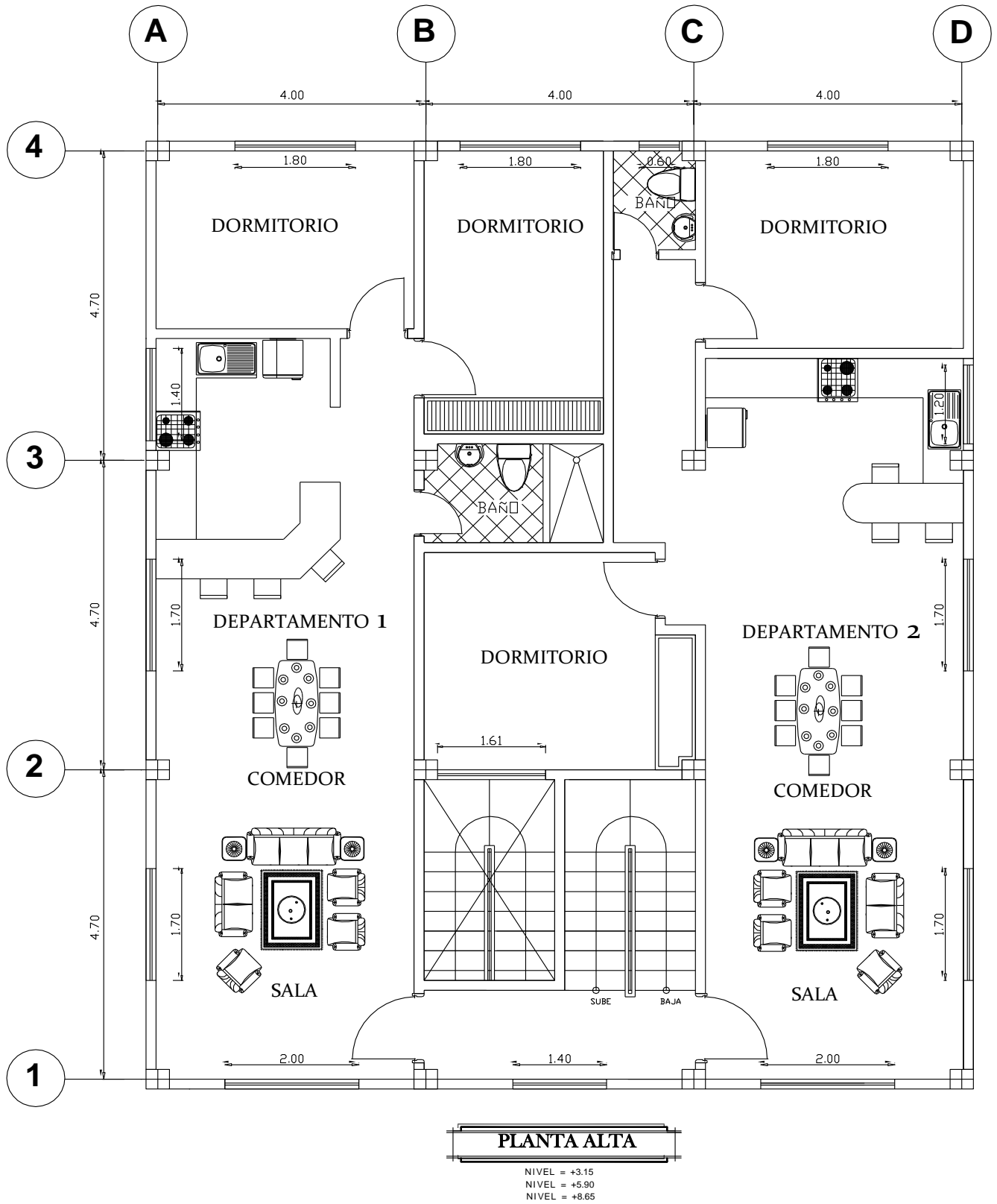
Para el análisis se permite que todos los aspectos relevantes de la realidad se encuentren en el modelo, tomando en cuenta la sismicidad de la región en la cual está localizada la estructura, por tanto se establece que la estructura está dentro de una zona sísmica IV, considerándose también necesarios los factores importancia, ocupación y suelo.

La evaluación de los sistemas estructurales se realiza paralelamente utilizando como guía de análisis el CEC-2000.

A continuación se presentan los planos del edificio en planta y elevación:









DATOS(KN,m)					
GEOMETRÍA DE PÓRTICOS					
número de pisos	número de claros	altura piso 1	altura pisos 2-3-4		
4	3	3.00	2.60		
GEOMETRÍA DE SECCIONES					
PISO	Bviga	Hviga	Bcol	Hcol	longitud claros
1-2-3-4	0.3	0.35	0.35	0.35	4
PROPIEDADES DE MATERIAL					
f_c	f_y				
21000	420000				
DEMANDA SÍSMICA					
Z	I	S	Cm		
0.4	1	1.2	3.0		

Cuadro 2.2 Datos del modelo estructural

2.3.2 SISTEMAS DE COORDENADAS: LOCALES Y GLOBALES

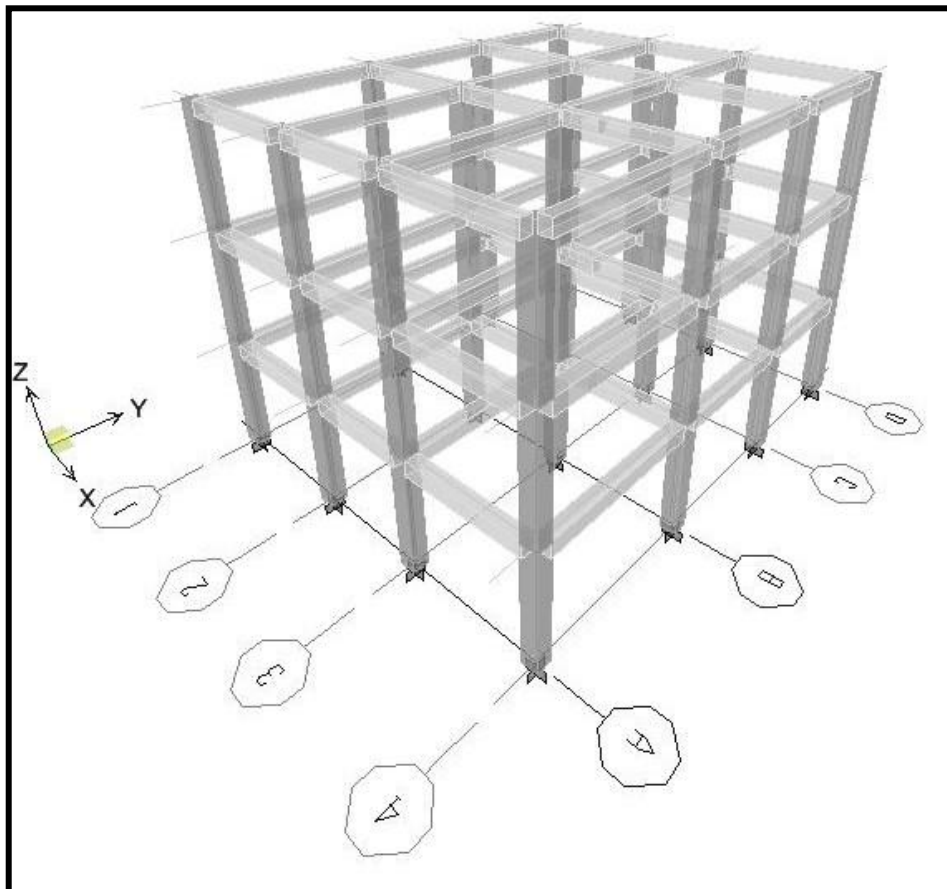


Figura 2.2 Sistema de coordenadas de la estructura



PÓRTICOS EJE X (1 - 2 - 3 - 4)

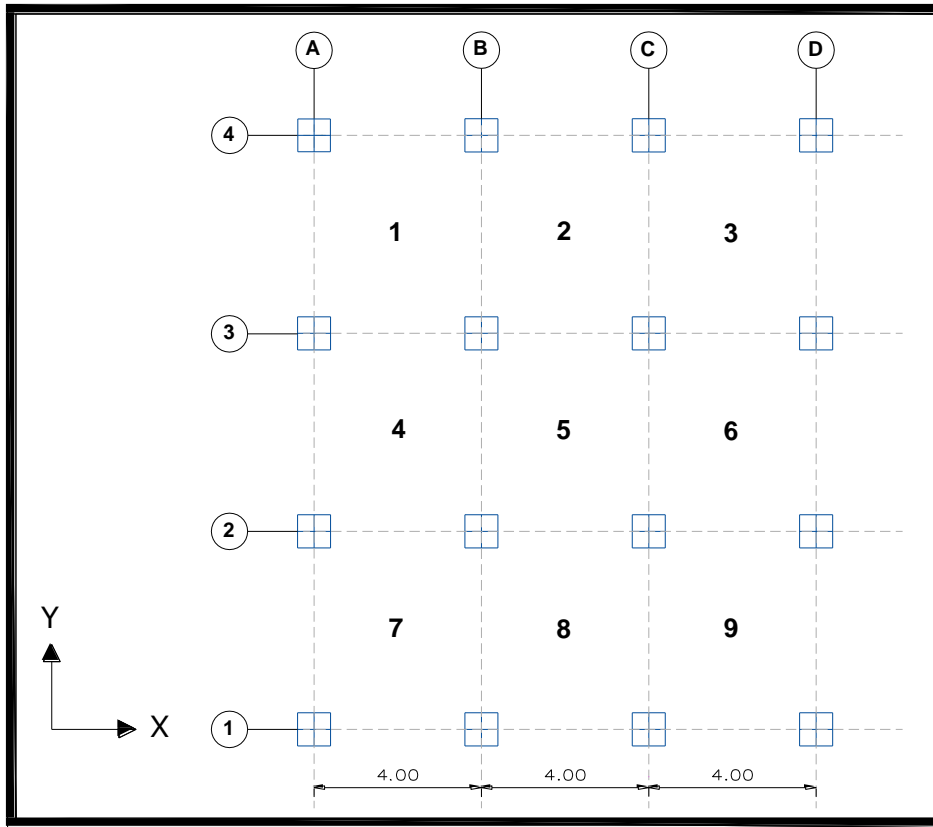


Figura 2.3 Vista en planta de la estructura

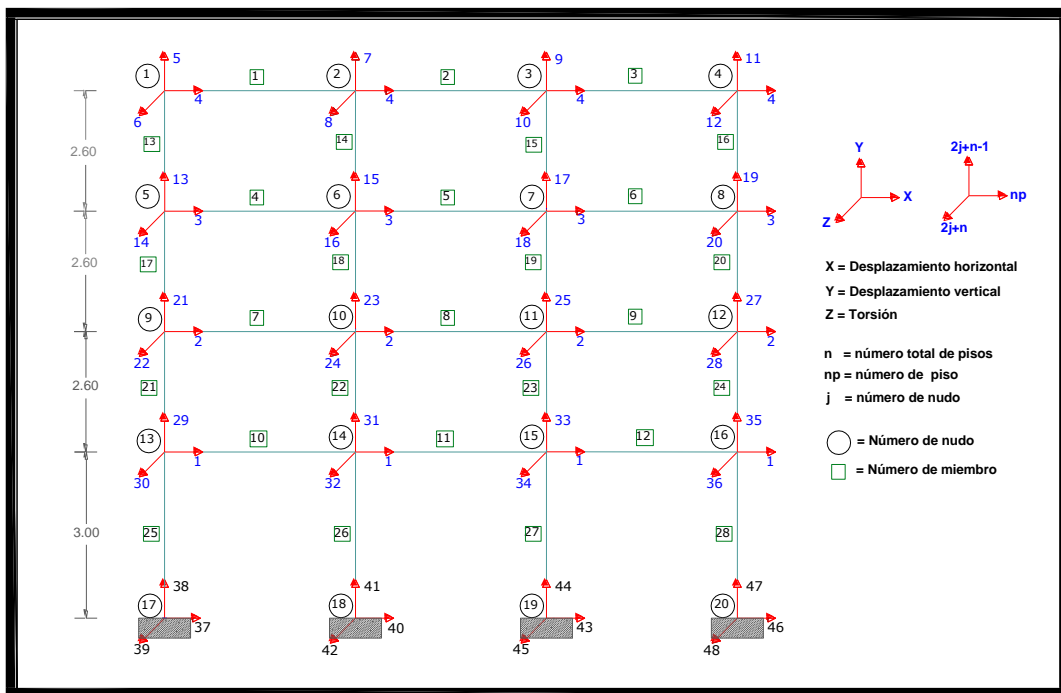


Figura 2.4 Número de miembro, nudo e índices de rigidez



DATOS DE NUDOS

NUDO	COORDENADAS		RESTRICCIONES		
	X	Y	Rx	Ry	Tz
1	0	10.8	0	0	0
2	4	10.8	0	0	0
3	8	10.8	0	0	0
4	12	10.8	0	0	0
5	0	8.2	0	0	0
6	4	8.2	0	0	0
7	8	8.2	0	0	0
8	12	8.2	0	0	0
9	0	5.6	0	0	0
10	4	5.6	0	0	0
11	8	5.6	0	0	0
12	12	5.6	0	0	0
13	0	3	0	0	0
14	4	3	0	0	0
15	8	3	0	0	0
16	12	3	0	0	0
17	0	0	1	1	1
18	4	0	1	1	1
19	8	0	1	1	1
20	12	0	1	1	1



DATOS DE MIEMBROS

MIEMBRO	NUDO		AREAS (m ²)	I	LONGITUD (m)	COSENOS DIRECTORES		EAX / L	$\frac{12EI}{L^3}$	$\frac{6EI}{L^2}$	$\frac{4EI}{L}$	$\frac{2EI}{L}$
	J	K				CX	CY					
1	1	2	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
2	2	3	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
3	3	4	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
4	5	6	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
5	6	7	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
6	7	8	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
7	9	10	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
8	10	11	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
9	11	12	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
10	13	14	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
11	14	15	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
12	15	16	0.1050	0.00053594	4.0	1	0	565375.2764	2164.3272	4328.6545	11543.0786	5771.5393
13	5	1	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
14	6	2	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
15	7	3	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
16	8	4	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
17	9	5	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
18	10	6	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
19	11	7	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
20	12	8	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
21	13	9	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
22	14	10	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
23	15	11	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
24	16	12	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
25	17	13	0.1225	0.00100042	3.0	0	1	879472.6521	9576.4800	14364.7200	28729.4400	14364.7200
26	18	14	0.1225	0.00100042	3.0	0	1	879472.6521	9576.4800	14364.7200	28729.4400	14364.7200
27	19	15	0.1225	0.00100042	3.0	0	1	879472.6521	9576.4800	14364.7200	28729.4400	14364.7200
28	20	16	0.1225	0.00100042	3.0	0	1	879472.6521	9576.4800	14364.7200	28729.4400	14364.7200



PÓRTICOS EJE Y (A - B - C - D)

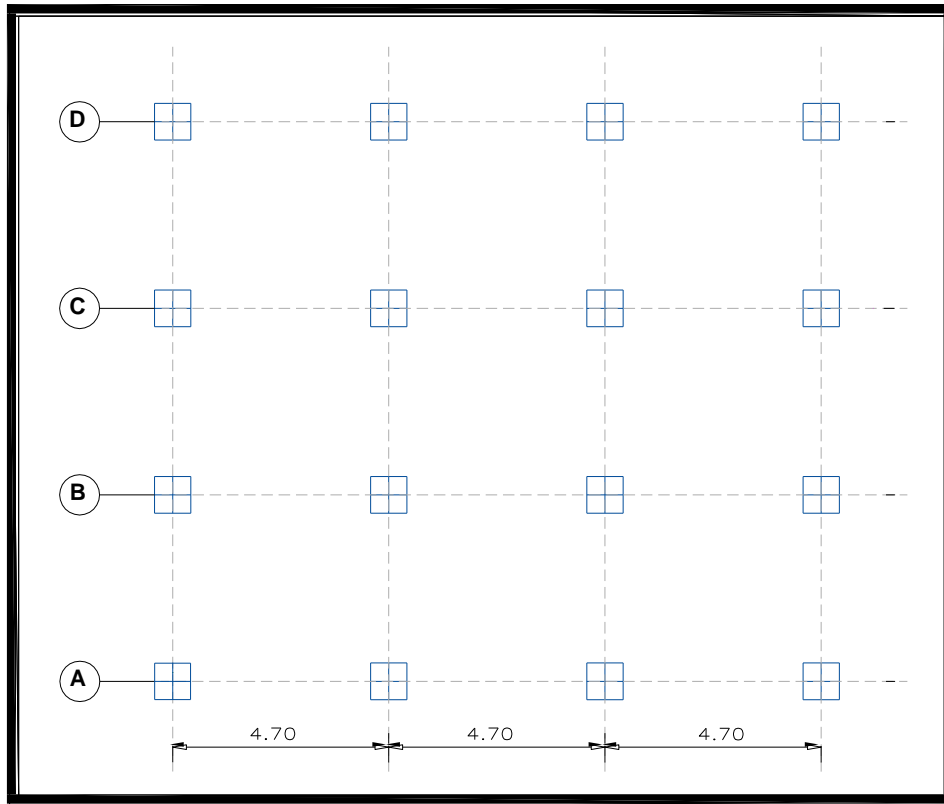


Figura 2.5 Vista en planta de la estructura

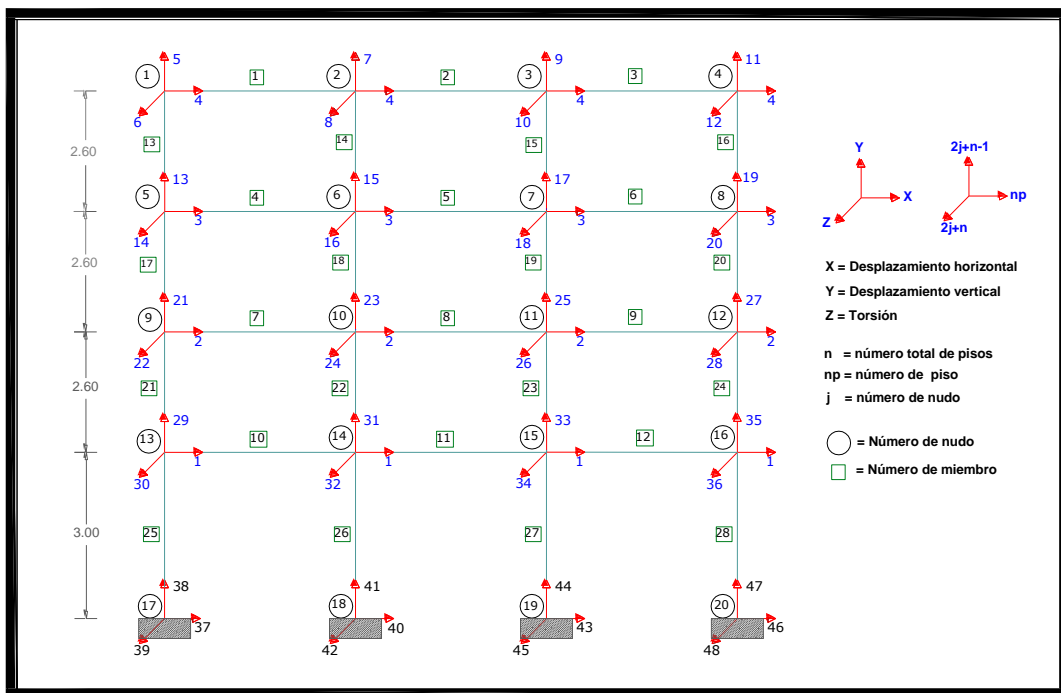


Figura 2.6 Número de miembro, nudo e índices de rigidez



DATOS DE NUDOS

NUDO	COORDENADAS		RESTRICCIONES		
	X	Y	Rx	Ry	Tz
1	0	10.8	0	0	0
2	4.7	10.8	0	0	0
3	9.4	10.8	0	0	0
4	14.1	10.8	0	0	0
5	0	8.2	0	0	0
6	4.7	8.2	0	0	0
7	9.4	8.2	0	0	0
8	14.1	8.2	0	0	0
9	0	5.6	0	0	0
10	4.7	5.6	0	0	0
11	9.4	5.6	0	0	0
12	14.1	5.6	0	0	0
13	0	3	0	0	0
14	4.7	3	0	0	0
15	9.4	3	0	0	0
16	14.1	3	0	0	0
17	0	0	1	1	1
18	4.7	0	1	1	1
19	9.4	0	1	1	1
20	14.1	0	1	1	1



DATOS DE MIEMBROS

MIEMBRO	NUDO		AREAS (m ²)	I	LONGITUD L (m)	COSENOS DIRECTORES		EAx / L	$\frac{12EI}{L^3}$	$\frac{6EI}{L^2}$	$\frac{4EI}{L}$	$\frac{2EI}{L}$
	J	K				CX	CY					
1	1	2	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
2	2	3	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
3	3	4	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
4	5	6	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
5	6	7	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
6	7	8	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
7	9	10	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
8	10	11	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
9	11	12	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
10	13	14	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
11	14	15	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
12	15	16	0.1050	0.00053594	4.7	1	0	481170.4480	1334.1643	3135.2862	9823.8966	4911.9483
13	5	1	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
14	6	2	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
15	7	3	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
16	8	4	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
17	9	5	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
18	10	6	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
19	11	7	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
20	12	8	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
21	13	9	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
22	14	10	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
23	15	11	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
24	16	12	0.1225	0.00100042	2.6	0	1	1014776.1371	14711.2517	19124.6272	33149.3538	16574.6769
25	17	13	0.1225	0.00100042	3.0	0	1	879472.6521	9576.4800	14364.7200	28729.4400	14364.7200
26	18	14	0.1225	0.00100042	3.0	0	1	879472.6521	9576.4800	14364.7200	28729.4400	14364.7200
27	19	15	0.1225	0.00100042	3.0	0	1	879472.6521	9576.4800	14364.7200	28729.4400	14364.7200
28	20	16	0.1225	0.00100042	3.0	0	1	879472.6521	9576.4800	14364.7200	28729.4400	14364.7200



2.3.3 MATRIZ DE RIGIDEZ “SM” CON RESPECTO A EJES LOCALES

El cálculo de la rigidez de los miembros estructurales considera el efecto del agrietamiento, admitiéndose rigidez de vigas agrietadas como la mitad del momento de inercia de la sección bruta de concreto $0.5I_g$, y con secciones agrietadas para columnas de $0.8I_g$, permitiendo controlar el comportamiento estructural.

$$I_{cr_{VIGAS}} = 0.5 \times I_g \quad \text{Ec. 1}$$

$$I_{cr_{COLUMNAS}} = 0.8 \times I_g \quad \text{Ec. 2}$$

$$I_g = \text{base} \times \text{altura} \quad \text{Ec. 3}$$

Matriz de rigidez de vigas axialmente rígida y flexuralmente deformable (A_∞ , I_0)

$$SM = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & \frac{6EI_z}{L^2} & 0 & -\frac{12EI_z}{L^3} & \frac{6EI_z}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & \frac{4EI_z}{L} & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & \frac{2EI_z}{L} \\ 0 & \frac{L^2}{L^2} & \frac{L}{L} & 0 & -\frac{L^2}{L^2} & \frac{L}{L} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI_z}{L^3} & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & -\frac{6EI_z}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & \frac{2EI_z}{L} & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & \frac{4EI_z}{L} \\ 0 & \frac{L^2}{L^2} & \frac{L}{L} & 0 & -\frac{L^2}{L^2} & \frac{L}{L} \end{vmatrix}$$

Matriz de rigidez de columnas axial y flexuralmente deformables (A_0 , I_0)

$$SM = \begin{vmatrix} \frac{EAx}{L} & 0 & 0 & -\frac{EAx}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & \frac{6EI_z}{L^2} & 0 & -\frac{12EI_z}{L^3} & \frac{6EI_z}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & \frac{4EI_z}{L} & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & \frac{2EI_z}{L} \\ -\frac{EAx}{L} & 0 & 0 & \frac{EAx}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI_z}{L^3} & -\frac{6EI_z}{L^2} & 0 & \frac{12EI_z}{L^3} & -\frac{6EI_z}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI_z}{L^2} & \frac{2EI_z}{L} & 0 & -\frac{6EI_z}{L^2} & \frac{4EI_z}{L} \end{vmatrix}$$

Donde:

E - módulo de elasticidad del hormigón ($E = 4700\sqrt{f'c}$, $f'c$ en MPa)

I_z - Inercia del elemento respecto al eje ZM

L - longitud del elemento

A_x - área de la sección transversal del elemento



A continuación se presenta de manera separada el cálculo de la matriz de rigidez de los elementos que componen todos los pórticos diferentes, se partirá de datos geométricos de los pórticos con una numeración adoptada para el análisis y un módulo de elasticidad del concreto para $f'c = 21$ MPa de $E = (4700\sqrt{f'c})$ en donde $f'c$ está en MPa; entonces $E = 21538,10577\text{MPa} \approx 21538105,77 \text{ KN/m}^2$.

MATRIZ DE RIGIDEZ "SM"

PARA LOS PÓRTICOS 1 - 2 - 3 - 4

		4	5	6	4	7	8
SM 1	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	6	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	8	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		4	7	8	4	9	10
SM 2	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	8	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	10	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		4	9	10	4	11	12
SM 3	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	10	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	11	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	12	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		3	13	14	3	15	16
SM 4	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	13	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	14	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	16	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786



		3	15	16	3	17	18
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SM	16	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
5	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	17	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
7	18	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		3	17	18	3	19	20
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	17	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SM	18	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
6	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	19	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
8	20	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		2	21	22	2	23	24
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	21	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SM	22	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
7	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	23	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
10	24	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		2	23	24	2	25	26
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	23	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SM	24	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
8	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	25	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
11	26	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		2	25	26	2	27	28
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	25	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SM	26	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
9	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	27	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
12	28	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		1	29	30	1	31	32
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	29	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SM	30	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
10	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	31	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
14	32	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786



		1	31	32	1	33	34
SM	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	31	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	32	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	11	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	14	33	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
15	34	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		1	33	34	1	35	36
SM	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	33	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	34	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	12	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	35	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
16	36	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		3	13	14	4	5	6	
SM	3	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	13	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	14	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	13	4	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	0,00
	5	5	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	1	6	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		3	15	16	4	7	8	
SM	3	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	15	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	16	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	14	4	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	0,00
	6	7	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	2	8	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		3	17	18	4	9	10	
SM	3	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	17	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	18	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	15	4	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	0,00
	7	9	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	3	10	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		3	19	20	4	11	12	
SM	3	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	19	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	20	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	16	4	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	0,00
	8	11	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	4	12	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538



		2	21	22	3	13	14	
SM	2	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	21	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	22	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	17	3	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
	9	13	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	5	14	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		2	23	24	3	15	16	
SM	2	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	23	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	24	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	18	3	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
	10	15	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	6	16	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		2	25	26	3	17	18	
SM	2	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	25	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	26	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	19	3	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
	11	17	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	7	18	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		2	27	28	3	19	20	
SM	2	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	27	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	28	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	20	3	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
	12	19	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	8	20	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		1	29	30	2	21	22	
SM	1	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	29	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	30	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	21	2	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
	13	21	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	9	22	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		1	31	32	2	23	24	
SM	1	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	31	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	32	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	22	2	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
	14	23	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	10	24	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538



		1	33	34	2	25	26	
SM	1	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	33	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	34	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	23	2	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	0,00
	15	25	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	11	26	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		1	35	36	2	27	28	
SM	1	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	35	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	36	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	24	2	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	0,00
	16	27	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	12	28	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		37	38	39	1	29	30	
SM	37	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	
	38	0,00	9576,4800	14364,7200	0,00	-9576,4800	14364,7200	
	39	0,00	14364,7200	28729,4400	0,00	-14364,7200	14364,7200	
	25	1	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00	0,00
	17	29	0,00	-9576,4800	-14364,7200	0,00	9576,4800	-14364,7200
	13	30	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	-14364,7200	28729,4400

		40	41	42	1	31	32	
SM	40	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	
	41	0,00	9576,4800	14364,7200	0,00	-9576,4800	14364,7200	
	42	0,00	14364,7200	28729,4400	0,00	-14364,7200	14364,7200	
	26	1	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00	0,00
	18	31	0,00	-9576,4800	-14364,7200	0,00	9576,4800	-14364,7200
	14	32	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	-14364,7200	28729,4400

		43	44	45	1	33	34	
SM	43	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	
	44	0,00	9576,4800	14364,7200	0,00	-9576,4800	14364,7200	
	45	0,00	14364,7200	28729,4400	0,00	-14364,7200	14364,7200	
	27	1	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00	0,00
	19	33	0,00	-9576,4800	-14364,7200	0,00	9576,4800	-14364,7200
	15	34	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	-14364,7200	28729,4400

		46	47	48	1	35	36	
SM	46	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	
	47	0,00	9576,4800	14364,7200	0,00	-9576,4800	14364,7200	
	48	0,00	14364,7200	28729,4400	0,00	-14364,7200	14364,7200	
	28	1	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00	0,00
	20	35	0,00	-9576,4800	-14364,7200	0,00	9576,4800	-14364,7200
	16	36	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	-14364,7200	28729,4400

**MATRIZ DE RIGIDEZ "SM"****PARA LOS PÓRTICOS A - B - C - D**

		4	5	6	4	7	8	
SM	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862	
	6	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483	
	1	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	1	7	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	2	8	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		4	7	8	4	9	10	
SM	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	7	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862	
	8	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483	
	2	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	2	9	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	3	10	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		4	9	10	4	11	12	
SM	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	9	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862	
	10	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483	
	3	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	3	11	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	4	12	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		3	13	14	3	15	16	
SM	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	13	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862	
	14	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483	
	4	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5	15	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	6	16	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		3	15	16	3	17	18	
SM	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	15	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862	
	16	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483	
	5	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	6	17	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	7	18	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966



		3	17	18	3	19	20
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	17	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
SM	18	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
6	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	19	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
8	20	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		2	21	22	2	23	24
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	21	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
SM	22	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
7	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	23	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
10	24	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		2	23	24	2	25	26
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	23	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
SM	24	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
8	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	25	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
11	26	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		2	25	26	2	27	28
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	25	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
SM	26	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
9	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	27	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
12	28	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		1	29	30	1	31	32
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	29	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
SM	30	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
10	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	31	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
14	32	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		1	31	32	1	33	34
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	31	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
SM	32	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
11	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	33	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
15	34	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966



		1	33	34	1	35	36	
SM	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	33	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862	
	34	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483	
	12	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	15	35	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	16	36	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		3	13	14	4	5	6	
SM	3	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	13	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	14	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	13	4	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	0,00
	5	5	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	1	6	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		3	15	16	4	7	8	
SM	3	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	
	15	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	16	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	14	4	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	0,00
	6	7	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	2	8	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		3	17	18	4	9	10	
SM	3	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00	
	17	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	18	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	15	4	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	0,00
	7	9	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	3	10	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		3	19	20	4	11	12	
SM	3	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00	
	19	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	20	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	16	4	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	0,00
	8	11	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	4	12	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		2	21	22	3	13	14	
SM	2	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00	
	21	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	22	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	17	3	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	0,00
	9	13	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	5	14	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538



		2	23	24	3	15	16
SM	2	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00
	23	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272
	24	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769
	3	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	0,00
	15	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	16	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		2	25	26	3	17	18
SM	2	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00
	25	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272
	26	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769
	3	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	0,00
	17	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	18	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		2	27	28	3	19	20
SM	2	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00
	27	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272
	28	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769
	3	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	0,00
	19	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	20	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		1	29	30	2	21	22
SM	1	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00
	29	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272
	30	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769
	2	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	0,00
	21	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	22	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		1	31	32	2	23	24
SM	1	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00
	31	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272
	32	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769
	2	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	0,00
	23	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	24	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		1	33	34	2	25	26
SM	1	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00
	33	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272
	34	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769
	2	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	0,00
	25	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	26	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538



		1	35	36	2	27	28	
SM	1	1014776,14	0,00	0,00	-1014776,14	0,00	0,00	
	35	0,00	14711,2517	19124,6272	0,00	-14711,2517	19124,6272	
	36	0,00	19124,6272	33149,3538	0,00	-19124,6272	16574,6769	
	24	2	-1014776,14	0,00	0,00	1014776,14	0,00	
	16	27	0,00	-14711,2517	-19124,6272	0,00	14711,2517	-19124,6272
	12	28	0,00	19124,6272	16574,6769	0,00	-19124,6272	33149,3538

		37	38	39	1	29	30	
SM	37	879472,65	0,00	0,00	-879472,65	0,00	0,00	
	38	0,00	9576,4800	14364,7200	0,00	-9576,4800	14364,7200	
	39	0,00	14364,7200	28729,4400	0,00	-14364,7200	14364,7200	
	25	1	-879472,65	0,00	0,00	879472,65	0,00	0,00
	17	29	0,00	-9576,4800	-14364,7200	0,00	9576,4800	-14364,7200
	13	30	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	-14364,7200	28729,4400

		40	41	42	1	31	32	
SM	40	879472,65	0,00	0,00	-879472,65	0,00	0,00	
	41	0,00	9576,4800	14364,7200	0,00	-9576,4800	14364,7200	
	42	0,00	14364,7200	28729,4400	0,00	-14364,7200	14364,7200	
	26	1	-879472,65	0,00	0,00	879472,65	0,00	0,00
	18	31	0,00	-9576,4800	-14364,7200	0,00	9576,4800	-14364,7200
	14	32	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	-14364,7200	28729,4400

		43	44	45	1	33	34	
SM	43	879472,65	0,00	0,00	-879472,65	0,00	0,00	
	44	0,00	9576,4800	14364,7200	0,00	-9576,4800	14364,7200	
	45	0,00	14364,7200	28729,4400	0,00	-14364,7200	14364,7200	
	27	1	-879472,65	0,00	0,00	879472,65	0,00	0,00
	19	33	0,00	-9576,4800	-14364,7200	0,00	9576,4800	-14364,7200
	15	34	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	-14364,7200	28729,4400

		46	47	48	1	35	36	
SM	46	879472,65	0,00	0,00	-879472,65	0,00	0,00	
	47	0,00	9576,4800	14364,7200	0,00	-9576,4800	14364,7200	
	48	0,00	14364,7200	28729,4400	0,00	-14364,7200	14364,7200	
	28	1	-879472,65	0,00	0,00	879472,65	0,00	0,00
	20	35	0,00	-9576,4800	-14364,7200	0,00	9576,4800	-14364,7200
	16	36	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	-14364,7200	28729,4400



2.3.4 MATRIZ DE RIGIDEZ “SMD” CON RESPECTO A EJES GLOBALES

La matriz de rigidez “SMD” es el resultado de la operación de matrices de ejes locales que deben rotarse por medio de la matriz RT .

$$SMD = R^T \times SM \times RT \quad \text{Ec. 4}$$

La matriz RT puede desarrollarse expresando los cosenos directores de ejes de miembros en término del ángulo con respecto a un eje de referencia horizontal.

$$RT = \begin{bmatrix} Cx & Cy & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Cy & Cx & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & Cx & Cy & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -Cy & Cx & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

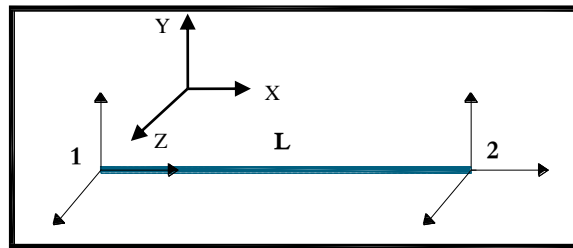


Figura 2.7 Cosenos directores de miembros

Coseno director de la barra en la dirección x, y:

$$Cx = \frac{X2 - X1}{L} \quad \text{Ec. 5}$$

$$Cy = \frac{Y2 - Y1}{L} \quad \text{Ec. 6}$$

La longitud de las barras de la estructura espacial se calculan mediante:

$$L = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

- SM - Matriz de rigidez de miembro en coordenadas locales
- SMD - Matriz de rigidez de miembro en coordenadas globales
- RT - Matriz de rotación transformada
- R^T - Matriz transpuesta de RT



**MATRIZ DE ROTACIÓN "RT"
PARA LOS PÓRTICOS 1 - 2 - 3 - 4**

RT 1 - 12	1	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	1
RT 13 - 28	0	1	0	0	0	0
	-1	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	-1	0	0
	0	0	0	0	0	1

MATRIZ DE RIGIDEZ "SMD" CON RESPECTO A EJES GLOBALES

		4	5	6	4	7	8
SMD 1	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	5	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	6	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	8	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		4	7	8	4	9	10
SMD 2	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	7	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	8	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	10	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		4	9	10	4	11	12
SMD 3	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	9	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	10	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	11	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	12	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		3	13	14	3	15	16
SMD 4	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	13	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	14	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	16	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786



		3	15	16	3	17	18
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SMD	16	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
5	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	17	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	18	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786
		3	17	18	3	19	20
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	17	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SMD	18	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
6	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	19	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	20	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786
		2	21	22	2	23	24
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	21	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SMD	22	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
7	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	23	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	24	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786
		2	23	24	2	25	26
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	23	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SMD	24	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
8	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	25	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	26	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786
		2	25	26	2	27	28
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	25	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SMD	26	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
9	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	27	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	28	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786
		1	29	30	1	31	32
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	29	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
SMD	30	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
10	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	31	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	32	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786



		1	31	32	1	33	34
SMD 11	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	31	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	32	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	33	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	34	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		1	33	34	1	35	36
SMD 12	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	33	0,00	2164,3272	4328,6545	0,00	-2164,3272	4328,6545
	34	0,00	4328,6545	11543,0786	0,00	-4328,6545	5771,5393
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	35	0,00	-2164,3272	-4328,6545	0,00	2164,3272	-4328,6545
	36	0,00	4328,6545	5771,5393	0,00	-4328,6545	11543,0786

		3	13	14	4	5	6
SMD 13	3	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
	13	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	14	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769
	4	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272
	5	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	6	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538

		3	15	16	4	7	8
SMD 14	3	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
	15	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	16	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769
	4	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272
	7	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	8	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538

		3	17	18	4	9	10
SMD 15	3	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
	17	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	18	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769
	4	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272
	9	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	10	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538

		3	19	20	4	11	12
SMD 16	3	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
	19	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	20	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769
	4	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272
	11	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	12	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538



	2	21	22	3	13	14	
SMD 17	2	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
21	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	
22	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769	
3	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272	
13	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
14	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538	

	2	23	24	3	15	16	
SMD 18	2	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
23	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	
24	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769	
3	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272	
15	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
16	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538	

	2	25	26	3	17	18	
SMD 19	2	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
25	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	
26	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769	
3	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272	
17	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
18	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538	

	2	27	28	3	19	20	
SMD 20	2	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
27	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	
28	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769	
3	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272	
19	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
20	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538	

	1	29	30	2	21	22	
SMD 21	1	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
29	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	
30	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769	
2	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272	
21	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
22	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538	

	1	31	32	2	23	24	
SMD 22	1	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
31	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	
32	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769	
2	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272	
23	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
24	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538	



	1	33	34	2	25	26	
SMD 23	1	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
33	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	
34	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769	
2	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272	
25	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
26	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538	

	1	35	36	2	27	28	
SMD 24	1	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
35	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00	
36	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769	
2	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272	
27	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00	
28	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538	

	37	38	39	1	29	30	
SMD 25	37	9576,4800	0,00	-14364,7200	-9576,4800	0,00	-14364,7200
38	0,00	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00	
39	-14364,7200	0,00	28729,4400	14364,7200	0,00	14364,7200	
1	-9576,4800	0,00	14364,7200	9576,4800	0,00	14364,7200	
29	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00	
30	-14364,7200	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	28729,4400	

	40	41	42	1	31	32	
SMD 26	40	9576,4800	0,00	-14364,7200	-9576,4800	0,00	-14364,7200
41	0,00	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00	
42	-14364,7200	0,00	28729,4400	14364,7200	0,00	14364,7200	
1	-9576,4800	0,00	14364,7200	9576,4800	0,00	14364,7200	
31	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00	
32	-14364,7200	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	28729,4400	

	43	44	45	1	33	34	
SMD 27	43	9576,4800	0,00	-14364,7200	-9576,4800	0,00	-14364,7200
44	0,00	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00	
45	-14364,7200	0,00	28729,4400	14364,7200	0,00	14364,7200	
1	-9576,4800	0,00	14364,7200	9576,4800	0,00	14364,7200	
33	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00	
34	-14364,7200	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	28729,4400	

	46	47	48	1	35	36	
SMD 28	46	9576,4800	0,00	-14364,7200	-9576,4800	0,00	-14364,7200
47	0,00	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00	
48	-14364,7200	0,00	28729,4400	14364,7200	0,00	14364,7200	
1	-9576,4800	0,00	14364,7200	9576,4800	0,00	14364,7200	
35	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00	
36	-14364,7200	0,00	14364,7200	14364,7200	0,00	28729,4400	



**MATRIZ DE ROTACIÓN "RT"
PARA LOS PÓRTICOS A - B - C - D**

RT	1	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	1

RT	0	1	0	0	0	0
	-1	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	-1	0	0
	0	0	0	0	0	1

MATRIZ DE RIGIDEZ "SMD" CON RESPECTO A EJES GLOBALES

		4	5	6	4	7	8	
SMD	1	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		5	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
		6	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
		4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		7	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
		8	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		4	7	8	4	9	10	
SMD	2	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		7	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
		8	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
		4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		9	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
		10	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		4	9	10	4	11	12	
SMD	3	4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		9	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
		10	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
		4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		11	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
		12	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		3	13	14	3	15	16	
SMD	4	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		13	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
		14	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
		3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		15	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
		16	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966



		3	15	16	3	17	18
SMD 5	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	15	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
	16	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	17	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	18	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		3	17	18	3	19	20
SMD 6	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	17	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
	18	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
	3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	19	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	20	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		2	21	22	2	23	24
SMD 7	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	21	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
	22	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	23	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	24	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		2	23	24	2	25	26
SMD 8	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	23	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
	24	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	25	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	26	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		2	25	26	2	27	28
SMD 9	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	25	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
	26	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
	2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	27	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	28	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		1	29	30	1	31	32
SMD 10	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	29	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
	30	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	31	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	32	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966



		1	31	32	1	33	34
SMD 11	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	31	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
	32	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	33	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	34	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		1	33	34	1	35	36
SMD 12	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	33	0,00	1334,1643	3135,2862	0,00	-1334,1643	3135,2862
	34	0,00	3135,2862	9823,8966	0,00	-3135,2862	4911,9483
	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	35	0,00	-1334,1643	-3135,2862	0,00	1334,1643	-3135,2862
	36	0,00	3135,2862	4911,9483	0,00	-3135,2862	9823,8966

		3	13	14	4	5	6
SMD 13	3	14711,2517	0,00	-19124,6272	-14711,2517	0,00	-19124,6272
	13	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	14	-19124,6272	0,00	33149,3538	19124,6272	0,00	16574,6769
	4	-14711,2517	0,00	19124,6272	14711,2517	0,00	19124,6272
	5	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	6	-19124,6272	0,00	16574,6769	19124,6272	0,00	33149,3538

		3	15	16	4	7	8
SMD 14	3	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	15	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	16	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	4	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	7	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	8	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538

		3	17	18	4	9	10
SMD 15	3	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	17	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	18	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	4	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	9	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	10	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538

		3	19	20	4	11	12
SMD 16	3	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	19	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	20	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	4	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	11	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	12	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538



	2	21	22	3	13	14	
SMD 17	2	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	21	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	22	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	3	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	13	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	14	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538

	2	23	24	3	15	16	
SMD 18	2	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	23	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	24	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	3	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	15	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	16	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538

	2	25	26	3	17	18	
SMD 19	2	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	25	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	26	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	3	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	17	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	18	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538

	2	27	28	3	19	20	
SMD 20	2	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	27	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	28	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	3	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	19	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	20	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538

	1	29	30	2	21	22	
SMD 21	1	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	29	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	30	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	2	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	21	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	22	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538

	1	31	32	2	23	24	
SMD 22	1	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	31	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	32	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	2	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	23	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	24	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538



	1	33	34	2	25	26	
SMD 23	1	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	33	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	34	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	2	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	25	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	26	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538

	1	35	36	2	27	28	
SMD 24	1	14711,2517	0,00	-19124,63	-14711,2517	0,00	-19124,63
	35	0,00	1014776,1371	0,00	0,00	-1014776,1371	0,00
	36	-19124,63	0,00	33149,3538	19124,63	0,00	16574,6769
	2	-14711,2517	0,00	19124,63	14711,2517	0,00	19124,63
	27	0,00	-1014776,1371	0,00	0,00	1014776,1371	0,00
	28	-19124,63	0,0000	16574,6769	19124,63	0,00	33149,3538

	37	38	39	1	29	30	
SMD 25	37	9576,4800	0,00	-14364,72	-9576,4800	0,00	-14364,72
	38	0,00	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00
	39	-14364,72	0,00	28729,4400	14364,72	0,00	14364,7200
	1	-9576,4800	0,00	14364,72	9576,4800	0,00	14364,72
	29	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00
	30	-14364,72	0,0000	14364,7200	14364,72	0,00	28729,4400

	40	41	42	1	31	32	
SMD 26	40	9576,4800	0,00	-14364,72	-9576,4800	0,00	-14364,72
	41	0,00	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00
	42	-14364,72	0,00	28729,4400	14364,72	0,00	14364,7200
	1	-9576,4800	0,00	14364,72	9576,4800	0,00	14364,72
	31	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00
	32	-14364,72	0,0000	14364,7200	14364,72	0,00	28729,4400

	43	44	45	1	33	34	
SMD 27	43	9576,4800	0,00	-14364,72	-9576,4800	0,00	-14364,72
	44	0,00	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00
	45	-14364,72	0,00	28729,4400	14364,72	0,00	14364,7200
	1	-9576,4800	0,00	14364,72	9576,4800	0,00	14364,72
	33	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00
	34	-14364,72	0,0000	14364,7200	14364,72	0,00	28729,4400

	46	47	48	1	35	36	
SMD 28	46	9576,4800	0,00	-14364,72	-9576,4800	0,00	-14364,72
	47	0,00	879472,6521	0,00	0,00	-879472,6521	0,00
	48	-14364,72	0,00	28729,4400	14364,72	0,00	14364,7200
	1	-9576,4800	0,00	14364,72	9576,4800	0,00	14364,72
	35	0,00	-879472,6521	0,00	0,00	879472,6521	0,00
	36	-14364,72	0,0000	14364,7200	14364,72	0,00	28729,4400



2.3.5 MATRIZ DE RIGIDEZ “Sj” DEL PÓRTICO PLANO

La matriz de rigidez es una operación repetitiva de ensambles de matrices de rigidez en coordenadas globales de cada uno de los elementos, sean estas vigas o columnas, y se forma mediante la suma de todas las contribuciones comunes entre todas las matrices *SMD*, y se conserva el mismo número de índices de las matrices *SMD*. Esta es representada por una serie de submatrices, por consiguiente la matriz *Sj* depende del número de elementos.

Desarrollando matricialmente las particiones, la ecuación básica del análisis de estructuras adopta la forma:

$$S_j = \begin{vmatrix} S & S_{DR} \\ S_{RD} & S_{RR} \end{vmatrix}$$

2.3.6 MATRIZ DE RIGIDEZ “S”

La matriz de rigidez *S* a su vez está representada por una serie de submatrices:

$$S = \begin{vmatrix} S_{aa} & S_{ab} \\ S_{ba} & S_{bb} \end{vmatrix}$$

2.3.7 MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL “SL”

A partir de la matriz *S*, se realizan los productos matriciales para obtener la matriz de rigidez lateral de cada pórtico.

$$S_L = S_{aa} - S_{ab} \times S_{bb}^{-1} \times S_{ba} \quad \text{Ec. 8}$$

Las dimensiones “a” y “b” subdividen a la matriz de rigidez “S” y corresponden:

- a - número de pisos de la estructura
- b - diferencia entre el número de grados de libertad y el número de pisos de la estructura.



MATRIZ "SDR"

MATRIZ "SRP"

	1	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1 #	0	14364,7200	-9576,4800	0	14364,7200	-9576,4800	0	14364,7200	-9576,4800	0	14364,7200	0
2 #	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22 #	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24 #	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26 #	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28 #	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 0	-879472,6521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30 #	0	14364,7200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31 0	0	0	0	-879472,6521	0	0	0	0	0	0	0	0
32 #	0	0	-14364,7200	0	14364,7200	0	0	0	0	0	0	0
33 0	0	0	0	0	0	0	-879472,6521	0	0	0	0	0
34 #	0	0	0	0	0	-14364,7200	0	14364,7200	0	0	0	0
35 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-879472,6521	0	0
36 #	0	0	0	0	0	0	0	0	-14364,7200	0	14364,7200	0
37 0	-14364,7200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38 0	879472,6521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39 #	0	28729,4400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40 0	0	0	9576,4800	0	-14364,7200	0	0	0	0	0	0	0
41 0	0	0	0	879472,6521	0	0	0	0	0	0	0	0
42 #	0	0	-14364,7200	0	28729,4400	0	0	0	0	0	0	0
43 0	0	0	0	0	0	9576,4800	0	-14364,7200	0	0	0	0
44 0	0	0	0	0	0	0	879472,6521	0	0	0	0	0
45 #	0	0	0	0	0	-14364,7200	0	28729,4400	0	0	0	0
46 #	0	0	0	0	0	0	0	0	9576,4800	0	-14364,7200	0
47 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	879472,6521	0	0
48 #	0	0	0	0	0	0	0	0	-14364,7200	0	28729,4400	0



	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	-9576,4800	0	14364,7200	-9576,4800	0	14364,7200	-9576,4800	0	14364,7200	-9576,4800	0	14364,7200
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	-879472,6521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	-14364,7200	0	14364,7200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	-879472,6521	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	-14364,7200	0	14364,7200	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	-879472,6521	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	-14364,7200	0	14364,7200	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-879472,6521	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-14364,7200	0	14364,7200
37	9576,4800	0	-14364,7200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	879472,6521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	-14364,7200	0	28729,4400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	9576,4800	0	-14364,7200	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	879472,6521	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	-14364,7200	0	28729,4400	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	9576,4800	0	-14364,7200	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	879472,6521	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	-14364,7200	0	28729,4400	0	0	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9576,4800	0	-14364,7200
47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	879472,6521	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-14364,7200	0	28729,4400

MATRIZ "SDR"

MATRIZ "SRP"

SJ



MATRIZ DE RIGIDEZ "S"

Matrix of stiffness 'S' with 36 rows and 36 columns. The matrix is symmetric and contains numerical values representing stiffness coefficients. The diagonal elements are non-zero, while the off-diagonal elements represent the coupling between degrees of freedom.

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL "SL"

Matrix of lateral stiffness 'SL' with 4 rows and 4 columns. The matrix is symmetric and contains numerical values representing lateral stiffness coefficients.



2.3.8 MATRIZ DE RIGIDEZ ESPACIAL “SE” EN PÓRTICOS CON TRES GRADOS DE LIBERTAD POR PLANTA

Una estructura espacial puede ser considerada como un ensamble de pórticos planos, la hipótesis fundamental es la relativa a las losas de piso, las cuales son consideradas como cuerpos rígidos que conectan a los pórticos.

La ecuación que determina la matriz de rigidez espacial se representa mediante:

$$SE = \sum_{i=1}^n A_i^t \times SL_i \times A_i \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

A_i - Matriz de compatibilidad de deformaciones para el pórtico “i”

A_i^t - Matriz de compatibilidad transpuesta de deformaciones para el pórtico “i”

SL_i - Matriz de rigidez lateral del pórtico “i”

n - Número de pórticos de la estructura

Contribución de un pórtico plano a la matriz SE :

$$\Delta SE = A_i^t \times SL_i \times A_i \quad \text{Ec. 10}$$

$$SE = \sum \Delta SE = \begin{vmatrix} \sum \text{Cos}^2 \alpha \times SL & \sum \text{Sen} \alpha \times \text{Cos} \alpha \times SL & \sum \text{Cos} \alpha \times SL \times r(m) \\ \sum \text{Sen} \alpha \times \text{Cos} \alpha \times SL & \sum \text{Sen}^2 \alpha \times SL & \sum \text{Sen} \alpha \times SL \times r(m) \\ \sum \text{Cos} \alpha \times r(m) \times SL & \sum \text{Sen} \alpha \times r(m) \times SL & \sum r(m) \times SL \times r(m) \end{vmatrix}$$

Simplificando la escritura de cada submatriz, la matriz de rigidez SE también puede escribirse de la siguiente manera:

$$SE = \begin{vmatrix} S_{xx} & S_{xy} & S_{x\theta} \\ S^t_{xy} & S_{yy} & S_{y\theta} \\ S^t_{x\theta} & S^t_{y\theta} & S_{\theta\theta} \end{vmatrix}$$



a) Matriz de compatibilidad de deformaciones para el miembro "Ai"

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & 0 & 0 & \text{sen} \alpha & 0 & 0 & 0 & r_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & 0 & 0 & 0 & \text{sen} \alpha & 0 & 0 & 0 & r_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \cos \alpha & 0 & 0 & 0 & \text{sen} \alpha & 0 & 0 & 0 & r_n \end{pmatrix}$$

La dimensión de la matriz depende del número de pisos del pórtico en análisis, siendo el número de filas igual al número de pisos y el número de columnas igual a 3 veces el número de pisos.

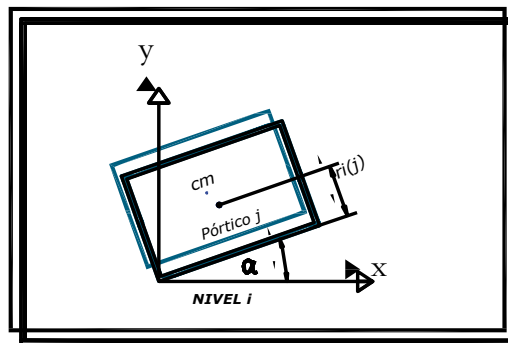


Figura 2.8 Desplazamiento de un pórtico j en el nivel i

b) Centro de masas

El centro de masa es el lugar geométrico donde se considera concentrada toda la masa de la planta y es necesario para determinar r(m) de cada pórtico en cada piso.

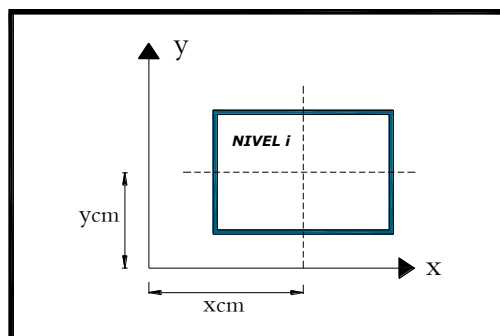


Figura 2.9 Centro de masas



$$X_{cm(i)} = \frac{\sum W_j \times X_j}{W_i} \quad \text{Ec. 11}$$

$$Y_{cm(i)} = \frac{\sum W_j \times Y_j}{W_i} \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

$r(m)$ - distancia perpendicular de cada pórtico al centro de masa de cada piso

W_i - peso total del piso i

W_j - peso parcial de un elemento que se encuentra en el piso i

X_j, Y_j - coordenadas del peso parcial de un elemento con respecto a un origen arbitrario.

$X_{cm(i)}, Y_{cm(i)}$ - coordenadas del centro de masas del piso i

CENTROS DE MASA						
N° PÓRTICOS = 8						
N° PÓRTICOS X= 4						
N° PÓRTICOS Y= 4						
α = ángulo de rotación de los pórticos con respecto al eje X r = distancia normal entre el pórtico en análisis y el centro de masas en cada piso						
PÓRTICOS EJES	NOMBRE PÓRTICO	ROTACIÓN (°)	r(m)			
			Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4
X	1	0	7.114	7.055	7.055	7.085
X	2	0	2.414	2.355	2.355	2.385
X	3	0	-2.286	-2.345	-2.345	-2.315
X	4	0	-6.986	-7.045	-7.045	-7.015
Y	A	90	-5.999	-6.003	-6.003	-6.014
Y	B	90	-1.999	-2.003	-2.003	-2.014
Y	C	90	2.001	1.997	1.997	1.986
Y	D	90	6.001	5.997	5.997	5.986

Cuadro 2.3 Centros de masa de la estructura

**MATRIZ DE RIGIDEZ ESPACIAL**

	321797,2457	-218510,4518	61850,2853	-8856,9838	0	0	0	0	20550,4797	-1060,5511	300,1934	-307,6705
	-218510,4518	335534,9756	-215513,8703	47901,3473	0	0	0	0	-13954,4221	1628,5353	-1046,0070	1663,9785
	61850,2853	-215513,8703	301616,9528	-138513,6924	0	0	0	0	3949,8568	-1046,0070	1463,9125	-4811,6351
	-8856,9838	47901,3473	-138513,6924	98059,1341	0	0	0	0	-565,6210	232,4915	-672,2829	3406,3403
	0	0	0	0	318911,9248	-217722,4531	64281,2073	-9488,6660	355,8200	572,3483	-168,9823	131,0781
SE	0	0	0	0	-217722,4531	329420,1509	-213371,4276	48900,0046	-242,9197	-865,9790	560,9103	-675,5135
	0	0	0	0	64281,2073	-213371,4276	291973,7851	-132662,9529	71,7205	560,9103	-767,5400	1832,6300
	0	0	0	0	-9488,6660	48900,0046	-132662,9529	91706,8276	-10,5868	-128,5482	348,7441	-1266,8547
	20550,4797	-13954,4221	3949,8568	-565,6210	355,8200	-242,9197	71,7205	-10,5868	15265177,7249	-10388136,0020	2993484,1307	-434356,2877
	-1060,5511	1628,5353	-1046,0070	232,4915	572,3483	-865,9790	560,9103	-128,5482	-10388136,0020	15853372,7109	-10218311,8484	2300685,8978
	300,1934	-1046,0070	1463,9125	-672,2829	-168,9823	560,9103	-767,5400	348,7441	2993484,1307	-10218311,8484	14167882,9342	-6477996,5591
	-307,6705	1663,9785	-4811,6351	3406,3403	131,0781	-675,5135	1832,6300	-1266,8547	-434356,2877	2300685,8978	-6477996,5591	4541930,2218



2.3.9 MATRIZ DE MASAS

La matriz de masas se presenta de la siguiente manera:

$$M = \begin{vmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & Jcm \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} m1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & J1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & J2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots \end{vmatrix}$$

Donde m_i es la masa del nivel i , Jcm el momento polar de inercia, referido al centro de masa de una losa con distribución uniforme de la masa de lado a (longitud total del pórtico en X), y b (longitud total del pórtico en Y).

Es muy importante tomar en cuenta las unidades, en este caso la unidad de masa es el Megagramo, debido a la consideración del peso en KN.

Una vez determinada la matriz de masas M , se obtiene la matriz S_o mediante:

$$S_o = M^{-1/2} \times SE \times M^{-1/2} \tag{Ec. 13}$$

A partir de S_o se realiza el cálculo de los valores y vectores propios (λ y Amo).

El análisis de eigenvectores determina las formas modales para vibración libre no amortiguada y frecuencias del sistema. Estos modos naturales proporcionan una visión excelente en el comportamiento de la estructura.

Los valores y vectores propios se calculan utilizando algún método, uno de los más utilizados es el de Jacobi.

Finalmente con la matriz “ Amo ” se establecen los modos de vibración sin normalizar Am mediante la ecuación:

$$Am = M^{-1/2} \times Amo \tag{Ec.14}$$



MATRIZ DE MASAS M

143,6726	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	136,0240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	136,0240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	103,2932	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	143,6726	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	136,0240	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	136,0240	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	103,2932	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	4924,7280	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	4630,8563	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4630,8563	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3219,0113	0

MATRIZ So

2239,7956	-1563,0667	442,4325	-72,7048	0	0	0	0	24,4311	-1,3002	0,3680	-0,4524	0
-1563,0667	2466,7341	-1584,3815	404,1142	0	0	0	0	-17,0496	2,0519	-1,3179	2,5147	0
442,4325	-1584,3815	2217,3808	-1168,5549	0	0	0	0	4,8259	-1,3179	1,8445	-7,2715	0
-72,7048	404,1142	-1168,5549	949,3282	0	0	0	0	-0,7930	0,3362	-0,9720	5,9073	0
0	0	0	0	2219,7130	-1557,4300	459,8216	-77,8901	0,4230	0,7017	-0,2072	0,1927	0
0	0	0	0	-1557,4300	2421,7801	-1568,6310	412,5393	-0,2968	-1,0911	0,7067	-1,0209	0
0	0	0	0	459,8216	-1568,6310	2146,4877	-1119,1958	0,0876	0,7067	-0,9671	2,7695	0
0	0	0	0	-77,8901	412,5393	-1119,1958	887,8303	-0,0148	-0,1859	0,5042	-2,1970	0
24,4311	-17,0496	4,8259	-0,7930	0,4230	-0,2968	0,0876	-0,0148	3099,6996	-2175,2834	626,8378	-109,0922	0
-1,3002	2,0519	-1,3179	0,3362	0,7017	-1,0911	0,7067	-0,1859	-2175,2834	3423,4214	-2206,5707	595,8891	0
0,3680	-1,3179	1,8445	-0,9720	-0,2072	0,7067	-0,9671	0,5042	626,8378	-2206,5707	3059,4521	-1677,8333	0
-0,4524	2,5147	-7,2715	5,9073	0,1927	-1,0209	2,7695	-2,1970	-109,0922	595,8891	-1677,8333	1410,9706	0

MATRIZ Amo

0,000021	0,206697	-0,000137	0,000088	-0,544290	0,003477	-0,000160	0,667116	0,008118	0,000207	-0,464628	0,004793	0
0,000034	0,433251	-0,004834	0,000081	-0,592910	0,011743	0,000047	-0,158436	0,002058	-0,000301	0,659890	-0,005473	0
0,000049	0,614402	-0,006789	0,000000	-0,003369	-0,000018	0,000128	-0,571611	-0,012763	0,000254	-0,543631	0,003872	0
0,000058	0,626106	-0,003479	-0,000085	0,593284	-0,009357	-0,000106	0,450363	0,008513	-0,000109	0,230226	-0,001593	0
-0,200705	0,000024	0,000797	-0,534715	-0,000103	-0,001835	0,670344	0,000171	-0,001260	-0,473741	-0,000216	-0,000365	0
-0,429149	0,000048	0,001368	-0,599388	-0,000103	-0,001044	-0,139352	-0,000045	0,000982	0,661167	0,000304	0,000641	0
-0,614643	0,000068	0,001869	-0,017820	0,000007	0,000807	-0,577646	-0,000141	0,000176	-0,536857	-0,000249	-0,000649	0
-0,630680	0,000059	0,000598	0,595392	0,000098	0,000595	0,444456	0,000113	-0,000453	0,224075	0,000105	0,000318	0
-0,000452	-0,001783	-0,209907	-0,001145	0,008606	0,548721	0,001379	-0,008628	0,664951	-0,001171	-0,002721	0,460999	0
-0,000971	-0,003688	-0,440945	-0,001576	0,008560	0,587537	0,000450	0,006999	-0,168541	0,000768	-0,006816	-0,657096	0
-0,001416	-0,005268	-0,625334	-0,000650	0,000141	-0,020258	-0,001139	0,010232	-0,558202	-0,000188	0,008081	0,544753	0
-0,001421	-0,005221	-0,608585	0,000686	-0,007838	-0,594181	-0,000406	-0,007698	0,466407	-0,000522	-0,002815	-0,242648	0

MATRIZ Am

0,000002	0,017244	-0,000011	0,000007	-0,045409	0,000290	-0,000013	0,055656	0,000677	0,000017	-0,038763	0,000400	0
0,000003	0,037148	-0,000414	0,000007	-0,050837	0,001007	0,000004	-0,013585	0,000176	-0,000026	0,056580	-0,000469	0
0,000004	0,052680	-0,000582	0,000000	-0,000289	-0,000002	0,000011	-0,049011	-0,001094	0,000022	-0,046612	0,000332	0
0,000006	0,061604	-0,000342	-0,000008	0,058375	-0,000921	-0,000010	0,044313	0,000838	-0,000011	0,022653	-0,000157	0
-0,016744	0,000002	0,000066	-0,044610	-0,000009	-0,000153	0,055926	0,000014	-0,000105	-0,039523	-0,000018	-0,000030	0
-0,036796	0,000004	0,000117	-0,051393	-0,000009	-0,000090	-0,011948	-0,000004	0,000084	0,056690	0,000026	0,000055	0
-0,052701	0,000006	0,000160	-0,001528	0,000001	0,000069	-0,049528	-0,000012	0,000015	-0,046031	-0,000021	-0,000056	0
-0,062054	0,000006	0,000059	0,058582	0,000010	0,000059	0,043731	0,000011	-0,000045	0,022047	0,000010	0,000031	0
-0,000006	-0,000025	-0,002991	-0,000016	0,000123	0,007819	0,000020	-0,000123	0,009475	-0,000017	-0,000039	0,006569	0
-0,000014	-0,000054	-0,006480	-0,000023	0,000126	0,008634	0,000007	0,000103	-0,002477	0,000011	-0,000100	-0,009656	0
-0,000021	-0,000077	-0,009189	-0,000010	0,000002	-0,000298	-0,000017	0,000150	-0,008203	-0,000003	0,000119	0,008005	0
-0,000025	-0,000092	-0,010727	0,000012	-0,000138	-0,010473	-0,000007	-0,000136	0,008221	-0,000009	-0,000050	-0,004277	0



2.3.10 FRECUENCIA Y PERIODO

$$W_{ni} = \sqrt{\lambda_i} \quad \text{Ec. 15}$$

$$T_i = \frac{2\pi}{W_{ni}} \quad \text{Ec. 16}$$

VALORES PROPIOS - FRECUENCIA DE VIBRACIÓN - PERIODO DE VIBRACIÓN

λ	53,0151	58,2109	81,0478	575,9688	618,7207	865,3303	2095,5957	2182,5199	3048,4709	4951,2319	5013,5485	6998,9330
W_n	7,2811	7,6296	9,0027	23,9994	24,8741	29,4165	45,7777	46,7174	55,2130	70,3650	70,8064	83,6596
T	0,8629	0,8235	0,6979	0,2618	0,2526	0,2136	0,1373	0,1345	0,1138	0,0893	0,0887	0,0751

2.3.11 AUTOVECTORES NORMALIZADOS

Con el propósito de determinar los modos específicos que se consideran en la respuesta dinámica, se normalizan los modos de vibración.

Los vectores propios A_{mi} se normalizan de la siguiente manera:

$$\Phi_i = \alpha \times A_{mi} \quad \text{Ec. 17}$$

Donde:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\bar{M}}{A^t m_i \times M \times A_{mi}}} \quad \text{Ec. 18}$$

Φ_i es un autovector normalizado, α factor de normalización, \bar{M} promedio de las masas de los pisos (matriz unitaria) y M es la matriz de masas.



AUTOVECTORES NORMALIZADOS

$$\bar{M} = 129,7534$$

Modo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α	11,390937	11,390934	11,390938	11,390936	11,390937	11,390943	11,390938	11,390941	11,390941	11,390937	11,390937	11,390933
Φ	0,000020	0,196429	-0,000130	0,000084	-0,517253	0,003304	-0,000152	0,633978	0,007715	0,000197	-0,441548	0,004555
	0,000033	0,423147	-0,004721	0,000079	-0,579083	0,011469	0,000046	-0,154741	0,002010	-0,000294	0,644500	-0,005345
	0,000048	0,600073	-0,006631	0,000000	-0,003290	-0,000018	0,000125	-0,558281	-0,012465	0,000248	-0,530953	0,003782
	0,000065	0,701732	-0,003899	-0,000095	0,664946	-0,010487	-0,000119	0,504762	0,009541	-0,000122	0,258035	-0,001785
	-0,190735	0,000023	0,000757	-0,508153	-0,000098	-0,001744	0,637045	0,000163	-0,001197	-0,450208	-0,000205	-0,000347
	-0,419141	0,000047	0,001336	-0,585409	-0,000101	-0,001020	-0,136102	-0,000044	0,000959	0,645748	0,000297	0,000626
	-0,600309	0,000066	0,001825	-0,017404	0,000007	0,000788	-0,564175	-0,000138	0,000172	-0,524337	-0,000243	-0,000634
	-0,706859	0,000066	0,000670	0,667308	0,000110	0,000667	0,498141	0,000127	-0,000508	0,251141	0,000118	0,000356
	-0,000073	-0,000289	-0,034072	-0,000186	0,001397	0,089068	0,000224	-0,001400	0,107934	-0,000190	-0,000442	0,074829
	-0,000163	-0,000617	-0,073810	-0,000264	0,001433	0,098348	0,000075	0,001172	-0,028212	0,000129	-0,001141	-0,109991
	-0,000237	-0,000882	-0,104674	-0,000109	0,000024	-0,003391	-0,000191	0,001713	-0,093437	-0,000031	0,001353	0,091186
	-0,000285	-0,001048	-0,122185	0,000138	-0,001574	-0,119294	-0,000082	-0,001546	0,093640	-0,000105	-0,000565	-0,048716
λ	53,0151	58,2109	81,0478	575,9688	618,7207	865,3303	2095,5957	2182,5199	3048,4709	4951,2319	5013,5485	6998,9330
W_n	7,2811	7,6296	9,0027	23,9994	24,8741	29,4165	45,7777	46,7174	55,2130	70,3650	70,8064	83,6596
T	0,8629	0,8235	0,6979	0,2618	0,2526	0,2136	0,1373	0,1345	0,1138	0,0893	0,0887	0,0751



2.3.12 MODOS DE VIBRACIÓN EN EDIFICIOS DE TRES GRADOS DE LIBERTAD POR PLANTA

Mediante el método de superposición modal, método apropiado para calcular la respuesta de estructuras complejas de varios grados de libertad a movimientos sísmicos, se determinan las máximas respuestas estructurales, así como las respuestas por torsión accidental en los dos sentidos, asegurando de que por lo menos el 90% de la masa participante de la estructura esté incluido en el cálculo de respuesta para cada dirección horizontal principal.

2.3.13 FACTORES DE PARTICIPACIÓN MODAL

A partir del sentido de análisis del sismo, los factores de participación modal se obtienen con las ecuaciones siguientes:

Análisis en sentido X:

$$\gamma_{(i)x} = \frac{\phi_{(i)}^T \times M \times b_x}{M} \quad \text{Ec.19}$$

$$b_x = \begin{vmatrix} b \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \quad \text{Ec. 20}$$

Análisis en sentido Y:

$$\gamma_{(i)y} = \frac{\phi_{(i)}^T \times M \times b_y}{M} \quad \text{Ec. 21}$$

$$b_y = \begin{vmatrix} 0 \\ b \\ 0 \end{vmatrix} \quad \text{Ec. 22}$$

donde $\gamma(i)x$ y $\gamma(i)y$ son los factores de participación modal en sentido X y Y para el modo i respectivamente, $\phi(i)$ es un autovector normalizado transpuesto, M matriz de masas, b_x vector unitario en sentido X y cero en



los demás sentidos, b_y es el vector unitario en Y y cero en los demás sentidos, y \bar{M} es la constante de normalización igual al promedio de las masas.

Los vectores b_x y b_y de $n \times 1$, n representan los grados de libertad por piso de la estructura, y b es un vector unitario igual al número de pisos de cada pórtico de la estructura.

2.3.14 ACELERACIONES ESPECTRALES

La aceleración espectral elástica se calcula mediante la ecuación:

$$C = \frac{1.25 \times S^S}{T_{(i)}} \quad \text{Ec. 23}$$

donde S es el coeficiente de sitio, $T_{(i)}$ el periodo fundamental calculado del análisis de eigenvalores y eigenvectores en segundos.

Sin embargo C no puede ser mayor al C_m según lo establecido en el CEC-2000.

La aceleración espectral inelástica resulta de la siguiente expresión:

$$C_i = F \times C \quad \text{Ec. 24}$$

$$F = \frac{Z \times I \times g}{R \times \Phi_p \times \Phi_E} \quad \text{Ec. 25}$$

donde C es la aceleración espectral elástica, F factor de reducción del espectro elástico, Z factor de zona sísmica, I coeficiente de uso, g gravedad (9.81 m/seg²), R factor de reducción, Φ_p coeficiente de configuración estructural en planta y Φ_E coeficiente de configuración estructural en elevación.

2.3.15 FUERZA ESTÁTICA EQUIVALENTE

La fuerza estática equivalente en cada piso correspondiente a cada modo de vibración y se determina con la ecuación:

$$F_{(i)} = M \times \phi_{(i)} \times \gamma_{(i)} \times C_i \quad \text{Ec. 26}$$



donde M es la matriz de masas, $\phi(i)$ es el vector normalizado del modo i , $\gamma(i)$ factor de participación modal del modo i y C_i aceleración espectral inelástica del modo i .

2.3.16 CORTANTE BASAL DE CADA MODO

El cortante en la base correspondiente a cada modo de vibración y se obtiene a partir de la relación siguiente:

$$|V_{oi}| = \sum F_i \quad \text{Ec. 27}$$

donde $|V_{oi}|$ es el cortante basal en valor absoluto del modo i en el sentido X o Y , y F_i es la fuerza estática equivalente del modo i pero solo en el sentido de análisis X o Y .

2.3.17 PESO EFECTIVO MODAL

Con el valor de cortante basal de cada modo se obtiene el peso efectivo modal, siendo la sumatoria de los pesos efectivos modales W_i de todos los modos de vibración considerados igual al peso total de la estructura.

$$W_i = \frac{|V_{oi}| \times g}{C_i} \quad \text{Ec. 28}$$

Consecuentemente se debe discretizar a la estructura en una cierta cantidad de modos, en los cuales se concentra la masa relativa. El número mínimo de modos a considerar en lo posterior de acuerdo al porcentaje de participación modal de la masa depende de la participación del peso modal acumulado de al menos el 90% del peso total de la estructura, que contribuyen significativamente a la respuesta total de la estructura.



FACTORES DE PARTICIPACIÓN MODAL

$$\bar{M} = 129,7534$$

SENTIDO X			SENTIDO Y			
$b_x =$	1	MODO	1	$b_y =$	MODO	
	1	1	2		0	1
	1	2	3		0	2
	1	3	4		0	3
	0	4	5		0	4
	0	5	6		1	5
	0	6	7		1	6
	0	7	8		1	7
	0	8	9		1	8
	0	9	10		0	9
	0	10	11		0	10
	0	11	12		0	11
0	12		0	12		
		%			%	
		0,000159			-1,842623	
		1,848800			0,000197	
		-0,015149			0,004687	
		0,000099			-0,663385	
		-0,653912			-0,000119	
		0,007315			-0,001643	
		-0,000084			0,367821	
		0,356335			0,000090	
		0,005177			-0,000544	
		0,000072			-0,171299	
		-0,164465			-0,000077	
		0,001983			-0,000109	

ACELERACIONES ESPECTRALES

SENTIDO X

MODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>T</i>	0,8629	0,8235	0,6979	0,2618	0,2526	0,2136	0,1373	0,1345	0,1138	0,0893	0,0887	0,075
<i>C</i>	1,8028	1,8891	2,2290	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Ci</i>	0,4421	0,4633	0,5467	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358

SENTIDO Y

MODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>T</i>	0,8629	0,8235	0,6979	0,2618	0,2526	0,2136	0,1373	0,1345	0,1138	0,0893	0,0887	0,075
<i>C</i>	1,8028	1,8891	2,2290	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Ci</i>	0,4421	0,4633	0,5467	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358	0,7358



FUERZA ESTÁTICA EQUIVALENTE

SENTIDO X

Modo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
u1	0.00000020	24.17291629	0.00015491	0.00000088	35.75415668	0.00255508	0.00000135	23.88010782	0.00422208	0.00000151	7.67636797	0.00095478
u2	0.00000032	49.30094117	0.00531837	0.00000079	37.89707756	0.00839651	-0.00000038	-5.51835401	0.00104146	-0.00000213	-10.60822482	-0.00106082
u3	0.00000046	69.91466115	0.00746926	-0.0000000312	0.21533665	-0.00001287	-0.00000105	-19.90931261	-0.00645879	0.00000180	8.73927452	0.00075050
u4	0.00000047	62.08570549	0.00333545	-0.00000072	-33.04514790	-0.00583022	0.00000076	13.66930739	0.00375413	-0.00000067	-3.22517774	-0.00026907
v1	-0.00192438	0.00280677	-0.00090118	-0.00533744	0.00676602	-0.00134845	-0.00564048	0.00612112	-0.00065531	-0.00344766	0.00356865	-0.00007271
v2	-0.00400370	0.00546207	-0.00150507	-0.00582156	0.00658346	-0.00074648	0.00114091	-0.00156736	0.00049695	0.00468183	-0.00488703	0.00012424
v3	-0.00573424	0.00773793	-0.00205627	-0.00017308	-0.00044742	0.00057702	0.00472934	-0.00491106	0.00008907	-0.00380157	0.00400286	-0.00012579
v4	-0.00512732	0.00585054	-0.00057333	0.00503921	-0.00545847	0.00037074	-0.00317100	0.00342975	-0.00019977	0.00138269	-0.00147092	0.00005371
Θ1	-0.00002537	-1.22081646	1.38957536	-0.00006691	-3.30979948	2.36077659	-0.00006793	-1.80821148	2.02474935	-0.00004989	0.26319832	0.53765014
Θ2	-0.00005286	-2.44866556	2.83060411	-0.00008931	-3.19237304	2.45119610	-0.00002150	1.42237662	-0.49765311	0.00003173	0.63932792	-0.74313571
Θ3	-0.00007708	-3.49771425	4.01427161	-0.00003684	-0.05258465	-0.08451609	0.00005441	2.07940529	-1.64820998	-0.00000777	-0.75798253	0.61608259
Θ4	-0.00006449	-2.89016644	3.25721597	0.00003241	2.43711335	-2.06677023	0.00001617	-1.30432891	1.14819807	-0.00001798	0.22014209	-0.22879505
Voi	0.0170	195.4387	11.5029	0.0065	36.7112	2.6646	0.0030	12.5141	1.0294	0.0012	2.9481	0.1822
Wi	0.3774	4138.2904	206.4189	0.0860	489.4830	35.5286	0.0395	166.8542	13.7250	0.0164	39.3085	2.4288
part%	0.0074	81.2616	4.0533	0.0017	9.6117	0.6977	0.0008	3.2764	0.2695	0.0003	0.7719	0.0477
acum	0.0074	81.2690	85.3223	85.3240	94.9357	95.6334	95.6342	98.9106	99.1801	99.1804	99.9523	100.0000

SENTIDO Y

Modo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
u1	-0.00233592	0.00257139	-0.00004792	-0.00586442	0.00651960	-0.00057377	-0.00591199	0.00605281	-0.00044395	-0.00356207	0.00360764	-0.00005226
u2	-0.00367993	0.00524438	-0.00164532	-0.00525228	0.00691035	-0.00188554	0.00168979	-0.00139872	-0.00010951	0.00503987	-0.00498551	0.00005807
u3	-0.00530342	0.00743716	-0.00231073	0.00002086	0.00003927	0.00000289	0.00460198	-0.00504634	0.00067914	-0.00425292	0.00410717	-0.00004108
u4	-0.00547037	0.00660436	-0.00103187	0.00480297	-0.00602562	0.00130924	-0.00332100	0.00346471	-0.00039475	0.00159040	-0.00151573	0.00001473
v1	22.32531703	0.00000030	0.00027879	35.63399342	0.00000123	0.00030281	24.76917512	0.00000155	0.00006891	8.15217074	0.00000168	0.00000398
v2	46.44813807	0.00000058	0.00046562	38.86609732	0.00000120	0.00016763	-5.01011604	-0.00000040	-0.00005225	-11.07042325	-0.00000230	-0.00000680
v3	66.52473367	0.00000082	0.00063614	1.15550170	-0.00000008	-0.00012958	-20.76808006	-0.00000124	-0.00000937	8.98900613	0.00000188	0.00000689
v4	59.48361882	0.00000062	0.00017737	-33.64294481	-0.00000100	-0.00008325	13.92488030	0.00000087	0.00002101	-3.26944909	-0.00000069	-0.00000294
Θ1	0.29436220	-0.00012966	-0.42988687	0.44673685	-0.00060353	-0.53014062	0.29631991	-0.00045832	-0.21290265	0.11797591	0.00012369	-0.02942892
Θ2	0.61320030	-0.00026048	-0.87569185	0.59626872	-0.00058211	-0.55044540	0.09439957	0.00036052	0.05232829	-0.07503039	0.00030046	0.04067642
Θ3	0.89422412	-0.00037207	-1.24187770	0.24592301	-0.00000959	0.01897910	-0.23893580	0.00052706	0.17330949	0.01836681	-0.00035623	-0.03372202
Θ4	0.74818295	-0.00030744	-1.00767070	-0.21639167	0.00044440	0.46411797	-0.07100912	-0.00033060	-0.12073317	0.04251842	0.00010346	0.01252337
Voi	197.3150	0.0208	3.5586	43.0789	0.0067	0.5984	12.9957	0.0032	0.1082	2.9040	0.0014	0.0100
Wi	4377.9682	0.4402	63.8589	574.3852	0.0893	7.9784	173.2759	0.0423	1.4432	38.7193	0.0185	0.1329
part%	83.5753	0.0084	1.2191	10.9650	0.0017	0.1523	3.3078	0.0008	0.0276	0.7392	0.0004	0.0025
acum	83.5753	83.5837	84.8028	95.7678	95.7695	95.9218	99.2296	99.2304	99.2580	99.9971	99.9975	100.0000



2.3.18 COORDENADAS MÁXIMAS PROBABLES

Se pretende determinar los desplazamientos máximos probables en cada modo en sistema de coordenadas principales, con respecto al centro de masas y se calculan mediante:

$$q_{\max} = \phi_i \times \gamma_i \times C_i \times \left[\frac{T_i}{2\pi} \right]^2 \quad \text{Ec.29}$$

Donde:

ϕ - Vector normalizado del modo i

γ - Factor de participación modal en el sentido de análisis X o Y

C_i - Aceleración espectral inelástica del modo i

T_i - Periodo fundamental del modo i

Sin embargo para resolver el producto matricial se requiere diagonalizar las matrices: $(T_i/2\pi)^2$, C_i y la matriz de participación modal (γ).

Mediante los desplazamientos máximos probables, es posible determinar las derivas de piso en cada uno de los modos.

Para encontrar los máximos desplazamientos probables totales de la estructura, se aplica un criterio de combinación modal.



COORDENADAS MÁXIMAS PROBABLES

SENTIDO X

Matriz diagonal de $(T_i/2\pi)^2$

0,018863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,017179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,012338	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,001736	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0,001616	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,001156	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0,000477	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0,000458	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,000328	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000202	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000199	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000143

Matriz diagonal de C_i

0,442137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,463296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,546673	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,735750	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0,735750	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,735750	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0,735750	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0,735750	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,735750	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,735750	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,735750	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,735750

Matriz diagonal de participacion modal (γ)

0,000159	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1,848800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-0,015149	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,000099	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-0,653912	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,007315	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-0,000084	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0,356335	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,005177	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000072	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,164465	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001983

modo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
qmax												
u1	2,643E-11	2,890E-03	1,330E-08	1,062E-11	4,022E-04	2,055E-08	4,472E-12	7,616E-05	9,640E-09	2,118E-12	1,066E-05	9,495E-10
u2	4,399E-11	6,226E-03	4,824E-07	1,004E-11	4,503E-04	7,133E-08	-1,350E-12	-1,859E-05	2,512E-09	-3,165E-12	-1,556E-05	-1,114E-09
u3	6,339E-11	8,830E-03	6,775E-07	-3,989E-14	2,559E-06	-1,093E-10	-3,676E-12	-6,706E-05	-1,558E-08	2,671E-12	1,281E-05	7,883E-10
u4	8,611E-11	1,033E-02	3,984E-07	-1,209E-11	-5,171E-04	-6,523E-08	3,494E-12	6,063E-05	1,192E-08	-1,315E-12	-6,228E-06	-3,722E-10
v1	-2,526E-07	3,356E-07	-7,739E-08	-6,450E-08	7,611E-08	-1,085E-08	-1,873E-08	1,952E-08	-1,496E-09	-4,847E-09	4,954E-09	-7,231E-11
v2	-5,552E-07	6,898E-07	-1,365E-07	-7,431E-08	7,822E-08	-6,342E-09	4,002E-09	-5,280E-09	1,198E-09	6,952E-09	-7,166E-09	1,305E-10
v3	-7,952E-07	9,772E-07	-1,865E-07	-2,209E-09	-5,316E-09	4,902E-09	1,659E-08	-1,654E-08	2,148E-10	-5,645E-09	5,870E-09	-1,321E-10
v4	-9,363E-07	9,730E-07	-6,848E-08	8,470E-08	-8,541E-08	4,148E-09	-1,465E-08	6,344E-10	2,704E-09	-2,840E-09	7,430E-11	
o1	-9,718E-11	-4,259E-06	3,481E-06	-2,359E-11	-1,086E-06	5,540E-07	-6,583E-12	-1,682E-07	1,349E-07	-2,046E-12	1,066E-08	1,560E-08
o2	-2,153E-10	-9,084E-06	7,542E-06	-3,348E-11	-1,114E-06	6,117E-07	-2,215E-12	1,407E-07	-3,525E-08	1,384E-12	2,754E-08	-2,293E-08
o3	-3,140E-10	-1,298E-05	1,070E-05	-1,381E-11	-1,835E-08	-2,109E-08	5,607E-12	2,057E-07	-1,168E-07	-3,388E-13	-3,265E-08	1,901E-08
o4	-3,779E-10	-1,542E-05	1,248E-05	1,748E-11	1,224E-06	-7,420E-07	2,397E-12	-1,857E-07	1,170E-07	-1,128E-12	1,364E-08	-1,016E-08



SENTIDO Y

Matriz diagonal de $(T_i/2\pi)^2$

0,018863	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,017179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,012338	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,001736	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0,001616	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,001156	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0,000477	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0,000458	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,000328	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000202	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000199	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000143	0

Matriz diagonal de C_i

0,442137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,463296	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,546673	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,735750	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0,735750	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,735750	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0,735750	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0,735750	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,735750	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,735750	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,735750	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,735750	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,735750

Matriz diagonal de participacion modal (γ)

-1,842623	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0,000197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0,004687	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-0,663385	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-0,000119	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-0,001643	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0,367821	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0,000090	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-0,000544	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,171299	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,000077	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,000109	0

modo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
qmax												
u1	-3,067E-07	3,075E-07	-4,116E-09	-7,087E-08	7,334E-08	-4,615E-09	-1,964E-08	1,930E-08	-1,014E-09	-5,007E-09	5,008E-09	-5,197E-11
u2	-5,103E-07	6,623E-07	-1,492E-07	-6,704E-08	8,211E-08	-1,602E-08	5,928E-09	-4,711E-09	-2,641E-10	7,483E-09	-7,311E-09	6,099E-11
u3	-7,354E-07	9,393E-07	-2,096E-07	2,663E-10	4,666E-10	2,455E-11	1,614E-08	-1,700E-08	1,638E-09	-6,315E-09	6,023E-09	-4,315E-11
u4	-9,990E-07	1,098E-06	-1,233E-07	8,073E-08	-9,428E-08	1,465E-08	-1,534E-08	1,537E-08	-1,254E-09	3,110E-09	-2,927E-09	2,037E-11
v1	2,931E-03	3,570E-11	2,394E-08	4,306E-04	1,388E-11	2,436E-09	8,227E-05	4,948E-12	1,573E-10	1,146E-05	2,328E-12	3,958E-12
v2	6,441E-03	7,338E-11	4,224E-08	4,961E-04	1,426E-11	1,424E-09	-1,758E-05	-1,338E-12	-1,260E-10	-1,644E-05	-3,368E-12	-7,143E-12
v3	9,225E-03	1,040E-10	5,770E-08	1,475E-05	-9,694E-13	-1,101E-09	-7,286E-05	-4,193E-12	-2,259E-11	1,335E-05	2,759E-12	7,232E-12
v4	1,086E-02	1,035E-10	2,119E-08	-5,655E-04	-1,557E-11	-9,314E-10	6,433E-05	3,856E-12	6,671E-11	-6,393E-06	-1,335E-12	-4,067E-12
o1	1,127E-06	-4,530E-10	-1,077E-06	1,575E-07	-1,981E-10	-1,244E-07	2,891E-08	-4,264E-11	-1,418E-08	4,838E-09	5,010E-12	-8,538E-10
o2	2,498E-06	-9,663E-10	-2,333E-06	2,236E-07	-2,032E-10	-1,374E-07	9,727E-09	3,567E-11	3,707E-09	-3,272E-09	1,294E-11	1,255E-09
o3	3,642E-06	-1,380E-09	-3,309E-06	9,220E-08	-3,347E-12	4,736E-09	-2,462E-08	5,215E-11	1,228E-08	8,010E-10	-1,534E-11	-1,040E-09
o4	4,384E-06	-1,641E-09	-3,862E-06	-1,167E-07	2,231E-10	1,666E-07	-1,053E-08	-4,706E-11	-1,230E-08	2,668E-09	6,411E-12	5,558E-10



2.3.19 DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS PROBABLES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA MODO

Se determinan los desplazamientos máximos probables en cada sentido de análisis e incluyendo la respectiva matriz de compatibilidad del pórtico A_j , relacionándolos de la siguiente manera:

$$p_{(j)} = A_j \times q_{\max(i)} \quad \text{Ec. 30}$$

Donde:

$p_{(j)}$ - Desplazamientos por piso del pórtico j y por modo i , en el sentido de análisis X o Y .

A_j - Matriz de compatibilidad del pórtico j .

$q_{\max(i)}$ - Desplazamientos máximos probables de la estructura en el modo i , en el sentido de análisis X o Y .

2.3.20 FUERZAS LATERALES MÁXIMAS PROBABLES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA MODO

A continuación se calculan las fuerzas laterales máximas por pórtico en cada modo, mediante el producto matricial de la matriz de rigidez lateral por los desplazamientos máximos probables:

$$P_{(j)} = SL_j \times p_{(j)} \quad \text{Ec. 31}$$

Donde:

$P_{(j)}$ - Fuerza lateral por piso del pórtico j y por modo i , en el sentido de análisis X o Y .

SL - Matriz de rigidez lateral del pórtico j

$p_{(j)}$ - Desplazamientos por piso del pórtico j y por modo i , en el sentido de análisis X o Y .



DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS PROBABLES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA MODO EN SENTIDO X

PORTICO	MODO PISO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		1	1	-6,649E-10	0,0028601	2,478E-05	-1,5721E-10	0,0003945	3,961E-06	-4,2356E-11	7,496E-05	9,691E-07	-1,244E-11	1,073E-05	1,11916E-07
	2	-1,475E-09	0,0061623	5,369E-05	-2,2619E-10	0,0004424	4,387E-06	-1,6978E-11	-1,76E-05	-2,462E-07	6,599E-12	-1,536E-05	-1,6287E-07
	3	-2,152E-09	0,0087382	7,613E-05	-9,747E-11	2,429E-06	-1,489E-07	3,58789E-11	-6,561E-05	-8,393E-07	2,806E-13	1,258E-05	1,3489E-07
	4	-2,591E-09	0,0102163	8,885E-05	1,1176E-10	-0,0005084	-5,322E-06	2,04767E-11	5,932E-05	8,409E-07	-9,308E-12	-6,131E-06	-7,232E-08
2	1	-2,082E-10	2,880E-03	8,417E-06	-4,633E-11	3,996E-04	1,358E-06	-1,142E-11	7,575E-05	3,352E-07	-2,822E-12	1,068E-05	3,860E-08
	2	-4,630E-10	6,205E-03	1,824E-05	-6,881E-11	4,477E-04	1,512E-06	-6,566E-12	-1,826E-05	-8,050E-08	9,418E-14	-1,549E-05	-5,511E-08
	3	-6,759E-10	8,799E-03	2,586E-05	-3,256E-11	2,515E-06	-4,978E-08	9,527E-12	-6,658E-05	-2,905E-07	1,873E-12	1,274E-05	4,555E-08
	4	-8,151E-10	1,029E-02	3,017E-05	2,960E-11	-5,141E-04	-1,835E-06	9,210E-12	6,019E-05	2,910E-07	-4,006E-12	-6,195E-06	-2,459E-08
3	1	2,486E-10	2,900E-03	-7,946E-06	6,455E-11	4,047E-04	-1,246E-06	1,952E-11	7,654E-05	-2,987E-07	6,796E-12	1,063E-05	-3,471E-08
	2	5,489E-10	6,248E-03	-1,720E-05	8,857E-11	4,529E-04	-1,363E-06	3,845E-12	-1,892E-05	8,518E-08	-6,410E-12	-1,562E-05	5,266E-08
	3	7,997E-10	8,860E-03	-2,441E-05	3,235E-11	2,602E-06	4,935E-08	-1,683E-11	-6,755E-05	2,582E-07	3,465E-12	1,289E-05	-4,379E-08
	4	9,610E-10	1,036E-02	-2,851E-05	-5,257E-11	-5,199E-04	1,653E-06	-2,056E-12	6,106E-05	-2,590E-07	1,297E-12	-6,259E-06	2,314E-08
4	1	7,054E-10	2,920E-03	-2,431E-05	1,754E-10	4,098E-04	-3,850E-06	5,046E-11	7,733E-05	-9,326E-07	1,641E-11	1,058E-05	-1,080E-07
	2	1,561E-09	6,290E-03	-5,265E-05	2,459E-10	4,581E-04	-4,238E-06	1,426E-11	-1,958E-05	2,509E-07	-1,291E-11	-1,575E-05	1,604E-07
	3	2,275E-09	8,921E-03	-7,467E-05	9,726E-11	2,688E-06	1,485E-07	-4,318E-11	-6,851E-05	8,070E-07	5,057E-12	1,304E-05	-1,331E-07
	4	2,737E-09	1,043E-02	-8,719E-05	-1,347E-10	-5,256E-04	5,140E-06	-1,332E-11	6,194E-05	-8,089E-07	6,600E-12	-6,324E-06	7,067E-08

FUERZAS LATERALES MÁXIMAS PROBABLES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA MODO EN SENTIDO X

PORTICO	MODO PISO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		1	1	-4,54E-07	5,95E+00	4,11E-02	-2,05E-06	8,73E+00	8,85E-02	-1,97E-06	5,85E+00	7,66E-02	-1,34E-06	1,91E+00	2,01E-02
	2	-2,50E-06	1,22E+01	1,12E-01	-3,80E-06	9,34E+00	9,59E-02	-7,98E-07	-1,33E+00	-1,83E-02	1,11E-06	-2,63E+00	-2,79E-02
	3	-3,32E-06	1,73E+01	1,55E-01	-1,46E-06	5,01E-02	-2,04E-03	2,26E-06	-4,89E+00	-6,42E-02	-2,04E-07	2,15E+00	2,32E-02
	4	-5,21E-06	1,53E+01	1,30E-01	3,75E-06	-8,12E+00	-8,15E-02	-8,50E-07	3,35E+00	4,46E-02	-1,31E-07	-7,94E-01	-8,64E-03
2	1	-1,00E-07	6,01E+00	1,37E-02	-5,37E-07	8,87E+00	2,99E-02	-4,33E-07	5,93E+00	2,62E-02	-1,94E-07	1,92E+00	6,87E-03
	2	-8,10E-07	1,23E+01	3,82E-02	-1,13E-06	9,43E+00	3,34E-02	-3,30E-07	-1,36E+00	-5,93E-03	1,32E-08	-2,64E+00	-9,48E-03
	3	-1,02E-06	1,74E+01	5,27E-02	-4,89E-07	5,26E-02	-6,81E-04	5,77E-07	-4,95E+00	-2,25E-02	2,31E-07	2,17E+00	7,85E-03
	4	-1,66E-06	1,55E+01	4,38E-02	1,13E-06	-8,21E+00	-2,82E-02	-1,57E-07	3,39E+00	1,55E-02	-1,56E-07	-8,02E-01	-2,93E-03
3	1	2,53E-07	6,07E+00	-1,36E-02	9,71E-07	9,01E+00	-2,87E-02	1,10E-06	6,01E+00	-2,41E-02	9,48E-07	1,92E+00	-6,40E-03
	2	8,85E-07	1,24E+01	-3,56E-02	1,53E-06	9,52E+00	-2,92E-02	1,38E-07	-1,40E+00	6,45E-03	-1,08E-06	-2,66E+00	8,95E-03
	3	1,29E-06	1,75E+01	-4,90E-02	4,86E-07	5,50E-02	6,74E-04	-1,10E-06	-5,00E+00	1,92E-02	6,67E-07	2,19E+00	-7,48E-03
	4	1,89E-06	1,56E+01	-4,22E-02	-1,49E-06	-8,31E+00	2,52E-02	5,35E-07	3,44E+00	-1,36E-02	-1,80E-07	-8,10E-01	2,79E-03
4	1	6,07E-07	6,13E+00	-4,10E-02	2,48E-06	9,15E+00	-8,73E-02	2,64E-06	6,09E+00	-7,45E-02	2,09E-06	1,93E+00	-1,97E-02
	2	2,58E-06	1,24E+01	-1,09E-01	4,19E-06	9,60E+00	-9,17E-02	6,06E-07	-1,43E+00	1,88E-02	-2,17E-06	-2,68E+00	2,74E-02
	3	3,60E-06	1,76E+01	-1,51E-01	1,48E-06	5,75E-02	2,03E-03	-2,78E-06	-5,06E+00	6,09E-02	1,10E-06	2,21E+00	-2,28E-02
	4	5,44E-06	1,57E+01	-1,28E-01	-4,11E-06	-8,40E+00	7,86E-02	1,23E-06	3,49E+00	-4,27E-02	-2,04E-07	-8,19E-01	8,51E-03

**DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS PROBABLES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA MODO EN SENTIDO Y**

PORTICO	MODO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PISO													
A	1		2,924E-03	2,753E-09	6,485E-06	4,297E-04	1,202E-09	7,487E-07	8,209E-05	2,607E-10	8,523E-08	1,143E-05	-2,773E-11	5,126E-09
	2		6,426E-03	5,874E-09	1,405E-05	4,947E-04	1,234E-09	8,260E-07	-1,763E-05	-2,155E-10	-2,238E-08	-1,642E-05	-8,105E-11	-7,541E-09
	3		9,203E-03	8,389E-09	1,992E-05	1,420E-05	1,912E-11	-2,953E-08	-7,271E-05	-3,172E-10	-7,371E-08	1,334E-05	9,486E-11	6,253E-09
	4		1,084E-02	9,971E-09	2,325E-05	-5,648E-04	-1,357E-09	-1,003E-06	6,439E-05	2,868E-10	7,406E-08	-6,409E-06	-3,989E-11	-3,347E-09
B	1		2,929E-03	9,412E-10	2,177E-06	4,303E-04	4,098E-10	2,511E-07	8,221E-05	9,018E-11	2,850E-08	1,145E-05	-7,686E-12	1,711E-09
	2		6,436E-03	2,008E-09	4,715E-06	4,956E-04	4,211E-10	2,765E-07	-1,760E-05	-7,277E-11	-7,549E-09	-1,643E-05	-2,928E-11	-2,520E-09
	3		9,218E-03	2,868E-09	6,684E-06	1,456E-05	5,733E-12	-1,059E-08	-7,281E-05	-1,086E-10	-2,461E-08	1,335E-05	3,349E-11	2,091E-09
	4		1,085E-02	3,408E-09	7,799E-06	-5,653E-04	-4,649E-10	-3,365E-07	6,435E-05	9,862E-11	2,484E-08	-6,398E-06	-1,424E-11	-1,123E-09
C	1		2,933E-03	-8,708E-10	-2,131E-06	4,309E-04	-3,825E-10	-2,465E-07	8,233E-05	-8,038E-11	-2,822E-08	1,147E-05	1,235E-11	-1,705E-09
	2		6,446E-03	-1,857E-09	-4,618E-06	4,965E-04	-3,915E-10	-2,729E-07	-1,756E-05	6,991E-11	7,278E-09	-1,644E-05	2,248E-11	2,500E-09
	3		9,232E-03	-2,653E-09	-6,561E-06	1,493E-05	-7,654E-12	8,359E-09	-7,291E-05	9,997E-11	2,450E-08	1,335E-05	-2,789E-11	-2,071E-09
	4		1,087E-02	-3,155E-09	-7,650E-06	-5,657E-04	4,276E-10	3,300E-07	6,431E-05	-8,961E-11	-2,437E-08	-6,387E-06	1,140E-11	1,100E-09
D	1		2,938E-03	-2,683E-09	-6,439E-06	4,316E-04	-1,175E-09	-7,441E-07	8,244E-05	-2,509E-10	-8,495E-08	1,149E-05	3,239E-11	-5,120E-09
	2		6,456E-03	-5,722E-09	-1,395E-05	4,974E-04	-1,204E-09	-8,224E-07	-1,752E-05	2,126E-10	2,210E-08	-1,646E-05	7,425E-11	7,520E-09
	3		9,247E-03	-8,174E-09	-1,979E-05	1,530E-05	-2,104E-11	2,730E-08	-7,301E-05	3,086E-10	7,360E-08	1,335E-05	-8,926E-11	-6,233E-09
	4		1,089E-02	-9,718E-09	-2,310E-05	-5,662E-04	1,320E-09	9,965E-07	6,427E-05	-2,778E-10	-7,358E-08	-6,377E-06	3,704E-11	3,323E-09

FUERZAS LATERALES MÁXIMAS PROBABLES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA MODO EN SENTIDO Y

PORTICO	MODO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PISO													
A	1		5,5693193	1,097E-05	0,0173628	8,8956244	3,221E-05	0,0166398	6,183669081	2,674E-05	0,0066528	2,0346206	3,82E-06	0,000927532
	2		11,590088	8,253E-06	0,0255544	9,69555108	1,857E-05	0,016584	-1,25500579	-1,151E-05	-0,0016444	-2,7643468	-1,071E-05	-0,00127446
	3		16,598662	1,26E-05	0,0378098	0,28164564	-8,107E-08	-0,0009195	-5,18300502	-1,699E-05	-0,0052735	2,245919	1,212E-05	0,001052014
	4		14,825774	1,563E-05	0,0287219	-8,39049687	-1,952E-05	-0,0136935	3,477463779	1,384E-05	0,0036669	-0,8172605	-4,966E-06	-0,00036845
B	1		5,577609	3,725E-06	0,0058413	8,90421351	1,094E-05	0,0055971	6,18948694	9,172E-06	0,0022291	2,0369023	1,553E-06	0,000309841
	2		11,604615	2,844E-06	0,0085947	9,70952319	6,387E-06	0,0055559	-1,25335616	-3,902E-06	-0,0005568	-2,7665187	-3,954E-06	-0,00042595
	3		16,620063	4,323E-06	0,0127099	0,2864737	-4,119E-08	-0,0003281	-5,18901478	-5,869E-06	-0,0017594	2,2468082	4,355E-06	0,00035182
	4		14,856061	5,324E-06	0,0096034	-8,40399465	-6,673E-06	-0,0045784	3,479966164	4,76E-06	0,0012258	-0,8173281	-1,777E-06	-0,00012997
C	1		5,5858988	-3,519E-06	-0,0057002	8,91280262	-1,032E-05	-0,0054456	6,195104798	-8,395E-06	-0,0021946	2,0391839	-7,139E-07	-0,00030785
	2		11,619142	-2,564E-06	-0,008365	9,7234953	-5,79E-06	-0,0054722	-1,25170652	3,705E-06	0,0005307	-2,7686906	2,806E-06	0,000422553
	3		16,641463	-3,954E-06	-0,01239	0,29130176	-1,305E-09	0,0002634	-5,19502454	5,248E-06	0,0017547	2,2476974	-3,414E-06	-0,00034637
	4		14,886349	-4,986E-06	-0,0095151	-8,41749243	6,178E-06	0,0045367	3,48246855	-4,325E-06	-0,0012153	-0,8173956	1,432E-06	0,000128504
D	1		5,5941885	-1,076E-05	-0,0172416	8,92139173	-3,159E-05	-0,0164883	6,200722657	-2,596E-05	-0,0066184	2,0414656	-2,981E-06	-0,00092554
	2		11,633669	-7,972E-06	-0,0253246	9,73746741	-1,797E-05	-0,0165003	-1,25005688	1,131E-05	0,0016183	-2,7708624	9,566E-06	0,001271058
	3		16,662864	-1,223E-05	-0,0374899	0,29612982	3,858E-08	0,0008548	-5,2010343	1,636E-05	0,0052689	2,2485866	-1,118E-05	-0,00104657
	4		14,916636	-1,53E-05	-0,0286336	-8,4309021	1,903E-05	0,0136518	3,484970935	-1,341E-05	-0,0036564	-0,8174632	4,64E-06	0,000366981



2.3.21 FUERZAS CORTANTES EN CADA PÓRTICO POR PISO Y POR MODO

Se considera al cortante de piso como la sumatoria de las fuerzas laterales de todos los pisos superiores al nivel considerado.

$$V_4 = F_4$$

$$V_3 = F_3 + F_4$$

$$V_2 = F_2 + F_3 + F_4$$

$$V_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

Ec. 32

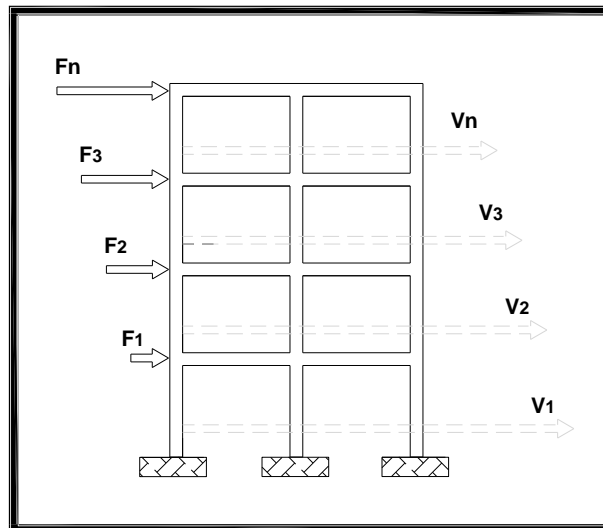


Figura 2.10 Fuerzas cortantes



FUERZAS CORTANTES EN CADA PÓRTICO POR PISO Y POR MODO

SENTIDO X

Table with 14 columns: PORTICO, MODO PISO, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Contains shear force data for Sentido X across 4 floors and 12 modes.

SENTIDO Y

Table with 14 columns: PORTICO, MODO PISO, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Contains shear force data for Sentido Y across 4 floors and 12 modes.



2.3.22 CRITERIOS DE COMBINACIÓN MODAL

Los criterios de combinación modal estiman la respuesta máxima sísmica. Alternativamente, la respuesta máxima se puede estimar mediante la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores calculados para cada modo, utilizada por su fácil manejo.

Los criterios de combinación modal se emplea para combinar los parámetros globales del edificio como fuerza cortante en la base, cortantes de entrepiso, momentos de volteo, desplazamientos totales y relativos de entrepiso; y solo se realiza con los modos que contribuyan con la participación del peso acumulado de por lo menos el 90%.

Criterio SRSS, raíz cuadrada de la suma de los cuadrados

$$A = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Ai)^2} \quad \text{Ec.33}$$

donde Ai representa un momento, desplazamiento, cortante; es decir el valor de respuesta que se desea obtener, i el modo de vibración y n el número de modos considerados en la respuesta.

Se utilizan el criterio de combinación modal para los cortantes en cada pórtico en las direcciones horizontales principales de análisis, y a partir de estos cortantes se obtienen las fuerzas laterales en cada pórtico y en cada piso.

$$V = \sqrt{\sum_{i=1}^n Vi^2} \quad \text{Ec. 34}$$

$$\begin{aligned} F_4 &= V_4 \\ F_3 &= V_1 - F_2 \\ F_2 &= V_2 - F_3 - F_4 \\ F_1 &= V_1 - F_2 - F_3 - F_4 \end{aligned} \quad \text{Ec. 35}$$



CRITERIOS DE COMBINACIÓN MODAL PARA CORTANTES Y DESPLAZAMIENTOS EN CADA

PÓRTICO Y EN CADA PISO

SENTIDO X

PORTICO	MODO PISO	CORTANTE PARA CADA MODO											V (KN) SRSS
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	-1,149E-05	50,827754	0,43748674	-3,551E-06	10,002146	0,100819844	-1,363E-06	2,9754358	0,038698	-5,655E-07	0,645466339	51,893895
	2	-1,104E-05	44,875688	0,39638856	-1,505E-06	1,2717038	0,012279484	6,079E-07	-2,8703024	-0,0378724	7,707E-07	-1,26529518	45,004921
	3	-8,532E-06	32,655056	0,28435345	2,291E-06	-8,0722946	-0,08358376	1,406E-06	-1,5449077	-0,0195712	-3,357E-07	1,361027675	33,702255
	4	-5,208E-06	15,323343	0,12984337	3,754E-06	-8,122426	-0,08154795	-8,5E-07	3,3495202	0,0445823	-1,313E-07	-0,79380855	17,682012
2	1	-3,585E-06	51,188167	0,14854236	-1,027E-06	10,137613	0,034457968	-3,438E-07	3,0121037	0,0133259	-1,056E-07	0,645530404	52,27344
	2	-3,485E-06	45,175675	0,13481628	-4,899E-07	1,2684511	0,004518728	8,913E-08	-2,916494	-0,0129013	8,871E-08	-1,27078519	45,305516
	3	-2,675E-06	32,884746	0,09658485	6,425E-07	-8,1624082	-0,02883516	4,192E-07	-1,5549702	-0,0069745	7,555E-08	1,372692393	33,94619
	4	-1,659E-06	15,455651	0,04383698	1,132E-06	-8,2149953	-0,02815438	-1,575E-07	3,3947245	0,0154864	-1,557E-07	-0,80213271	17,847516
3	1	4,32E-06	51,548581	-0,14040201	1,497E-06	10,273081	-0,03190391	6,75E-07	3,0487717	-0,0120463	3,543E-07	0,645594468	52,654772
	2	4,066E-06	45,475662	-0,12675599	5,256E-07	1,2651984	-0,00324203	-4,297E-07	-2,9626855	0,0120698	-5,933E-07	-1,27627519	45,607666
	3	3,182E-06	33,114435	-0,09118376	-1,006E-06	-8,2525218	0,025913442	-5,678E-07	-1,5650326	0,0056222	4,868E-07	1,38435711	34,191296
	4	1,891E-06	15,58796	-0,04216941	-1,491E-06	-8,3075645	0,025239195	5,35E-07	3,4399287	-0,0136094	-1,8E-07	-0,81045687	18,01368
4	1	1,222E-05	51,908994	-0,42934638	4,02E-06	10,408549	-0,09826578	1,694E-06	3,0854397	-0,0374184	8,142E-07	0,645658533	53,037852
	2	1,162E-05	45,77565	-0,38832826	1,541E-06	1,2619457	-0,01100278	-9,485E-07	-3,0088771	0,0370409	-1,275E-06	-1,2817652	45,91134
	3	9,038E-06	33,344125	-0,27895236	-2,654E-06	-8,3426354	0,080662044	-1,555E-06	-1,5750951	0,0182188	8,981E-07	1,396021828	34,437548
	4	5,44E-06	15,720269	-0,1281758	-4,114E-06	-8,4001338	0,078632765	1,228E-06	3,485133	-0,0427052	-2,043E-07	-0,81878103	18,180486

SENTIDO Y

PORTICO	MODO PISO	CORTANTE PARA CADA MODO											V (KN) SRSS
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
A	1	48,583843	4,746E-05	0,10946883	10,482324	3,117E-05	0,018610807	3,223322	1,209E-05	0,0034018	0,6989322	2,45971E-07	49,81124
	2	43,014524	3,649E-05	0,092086	1,5866999	-1,04E-06	0,001971052	-2,960547	-1,465E-05	-0,003251	-1,3356884	-3,5742E-06	43,16624
	3	31,424436	2,823E-05	0,06653164	-8,1088512	-1,96E-05	-0,01461298	-1,7055412	-3,14E-06	-0,0016066	1,4286584	7,13928E-06	32,530036
	4	14,825774	1,563E-05	0,02872186	-8,3904969	-1,952E-05	-0,01369347	3,4774638	1,384E-05	0,0036669	-0,8172605	-4,9856E-06	17,40591
B	1	48,858348	1,622E-05	0,03674929	10,496216	1,062E-05	0,006246547	3,2270822	4,161E-06	0,0011387	0,6998637	1,77722E-07	49,886979
	2	43,080739	1,249E-05	0,03090795	1,5920022	-3,266E-07	0,000649476	-2,9624048	-5,01E-06	-0,0010904	-1,3370386	-1,3754E-06	43,232499
	3	31,476124	9,647E-06	0,02231325	-8,1175209	-6,714E-06	-0,00490645	-1,7090486	-1,108E-06	-0,0005336	1,4294801	2,57835E-06	32,582285
	4	14,856061	5,324E-06	0,00960337	-8,4039946	-6,673E-06	-0,00457837	3,4799662	4,76E-06	0,0012258	-0,8173281	-1,7769E-06	17,438692
C	1	48,732853	-1,502E-05	-0,03597026	10,510107	-9,934E-06	-0,00611771	3,2308423	-3,767E-06	-0,0011245	0,7007951	1,09473E-07	49,962827
	2	43,146954	-1,15E-05	-0,03027011	1,5973046	3,863E-07	-0,0006721	-2,9642625	4,628E-06	0,0010701	-1,3383888	8,23409E-07	43,298846
	3	31,527812	-8,94E-06	-0,02190514	-8,1261907	6,177E-06	0,004800086	-1,712556	9,233E-07	0,0005394	1,4303018	-1,9826E-06	32,634598
	4	14,886349	-4,986E-06	-0,00951512	-8,4174924	6,178E-06	0,004536723	3,4824685	-4,325E-06	-0,0012153	-0,8173956	1,43176E-06	17,471502
D	1	48,807357	-4,626E-05	-0,10868981	10,523999	-3,049E-05	-0,01848197	3,2346024	-1,169E-05	-0,0033877	0,7017266	4,12238E-08	50,038784
	2	43,213169	-3,55E-05	-0,09144817	1,602607	1,099E-06	-0,00199368	-2,9661202	1,427E-05	0,0032307	-1,339739	3,02224E-06	43,365279
	3	31,5795	-2,753E-05	-0,06612353	-8,1348604	1,907E-05	0,014506617	-1,7160634	2,955E-06	0,0016124	1,4311234	-6,5435E-06	32,686975
	4	14,916636	-1,53E-05	-0,0286336	-8,4309902	1,903E-05	0,013651819	3,4849709	-1,341E-05	-0,0036564	-0,8174632	4,64046E-06	17,50434

**FUERZAS LATERALES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA PISO****SENTIDO X**

PÓRTICO	PISO	ENTREPISO	V (KII)	F (KII)
1	1	1	51,8939	6,8890
	2	2	45,0049	11,3027
	3	3	33,7023	16,0202
	4	4	17,6820	17,6820
2	1	1	52,2734	6,9679
	2	2	45,3055	11,3593
	3	3	33,9462	16,0987
	4	4	17,8475	17,8475
3	1	1	52,6548	7,0471
	2	2	45,6077	11,4164
	3	3	34,1913	16,1776
	4	4	18,0137	18,0137
4	1	1	53,0379	7,1265
	2	2	45,9113	11,4738
	3	3	34,4375	16,2571
	4	4	18,1805	18,1805

SENTIDO Y

PÓRTICO	PISO	ENTREPISO	V (KII)	F (KII)
A	1	1	49,8112	6,6450
	2	2	43,1662	10,6362
	3	3	32,5300	15,1241
	4	4	17,4059	17,4059
B	1	1	49,8870	6,6545
	2	2	43,2325	10,6502
	3	3	32,5823	15,1436
	4	4	17,4387	17,4387
C	1	1	49,9628	6,6640
	2	2	43,2988	10,6642
	3	3	32,6346	15,1631
	4	4	17,4715	17,4715
D	1	1	50,0388	6,6735
	2	2	43,3653	10,6783
	3	3	32,6870	15,1826
	4	4	17,5043	17,5043



2.3.23 DERIVAS DE PISO Y CORTANTE BASAL MÍNIMO

Deriva de piso

La determinación de las derivas de piso son fundamentales, ya que establecen un factor importante dentro de la evaluación de las estructuras, representando un indicador de daño significativo.

Para la verificación de derivas, se utilizan los valores de desplazamientos inelásticos (Δ_M), que se obtienen multiplicando los desplazamientos elásticos (Δ_E) por R (coeficiente de reducción de respuesta estructural), controlando que los desplazamientos inelásticos cumplan con ser menores a las admisibles definidas por las normativas del CEC-2000 tabla 8.

Posteriormente un criterio de combinación modal se utiliza para los desplazamientos máximos probables, para poder obtener las derivas de piso y derivas con respecto a cada pórtico, mediante las siguientes ecuaciones:

$$\Delta_E = \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{h_i} \quad \text{Ec. 36}$$

$$\Delta_M = R \times \Delta_E \quad \text{Ec. 37}$$

Cortante basal mínimo

El cortante basal de diseño mínimo se determina mediante:

$$V = \frac{Z \times I \times C}{R \times \phi_p \times \phi_E} W \quad \text{Ec. 38}$$

$$C = \frac{1.25 \times S^S}{T} \quad \text{Ec. 39}$$

$$0.5 \leq C_t \leq 3 \quad \text{Ec. 40}$$

$$T = C_t \times h_n^{3/4} \quad \text{Ec. 41}$$

Ct - 0.08 para pórticos espaciales de hormigón armado



Donde:

- Z - Factor de Zona
- I - Factor del tipo de uso, destino e importancia de la estructura
- C - Coeficiente sísmico
- R - Coeficiente de reducción de respuesta estructural
- Φ_P - Coeficiente de configuración estructural en planta
- Φ_E - Coeficiente de configuración estructural en elevación
- S - Coeficiente de Suelo
- T - Periodo fundamental
- W - Peso total de la estructura

Cada uno de los coeficientes está de acuerdo a los factores recomendados por el CEC-2000.

La determinación del cortante basal considera factores que están en función de la zona sísmica (tabla 1), tipo de uso, destino e importancia (tabla 4), coeficiente sísmico, coeficiente de suelo (tabla 3), peso total de la estructura calculada mediante la adición de la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva, coeficiente de reducción de respuesta estructural (tabla 7) y coeficiente de configuración estructural en planta y en elevación (tablas 5,6).

Finalmente el cortante obtenido del análisis dinámico deberá ser mayor al cortante recomendado por el CEC 2000, $V_{din} > V_{min}$, si cumple la relación se prosigue con el análisis, caso contrario se corrige mediante un factor determinado con la ecuación siguiente:

$$f = \frac{V_{min}}{V_{dinam}} \quad \text{Ec. 42}$$

donde f es un factor de corrección en sentido X o Y, V_{min} cortante basal mínimo tomado del CEC-2000 y V_{din} el cortante basal dinámico en sentido X o Y.



Mediante las respectivas correcciones se obtienen los nuevos cortantes corregidos en cada pórtico y en cada piso. Y consecuentemente las fuerzas laterales corregidas en los sentidos X o Y. Con esto se consigue finalmente que el cortante basal sea el mínimo.

Si fuera necesario incrementar el cortante para cumplir los mínimos señalados, se deberán escalar proporcionalmente todos los otros resultados obtenidos, excepto los desplazamientos.

DERIVA DE PISO CON RESPECTO AL CENTRO DE MASAS

SENTIDO X

PISO	hi (m)	D (m)	ΔX %
4	2,6	0,010338	0,580102
3	2,6	0,008830	0,995140
2	2,6	0,006243	1,278374
1	3	0,002919	0,973000

SENTIDO Y

PISO	hi (m)	D (m)	ΔY %
4	2,6	0,010877	0,635352
3	2,6	0,009225	1,063548
2	2,6	0,006460	1,344782
1	3	0,002964	0,987896

DERIVA DE PISO CON RESPECTO A CADA PÓRTICO

SENTIDO X

PORTICO	PISO	hi (m)	D (m)	ΔX %
1	1	3	0,002888	0,962746
	2	2,6	0,006178	1,265461
	3	2,6	0,008739	0,984757
	4	2,6	0,010230	0,573360
2	1	3	0,002909	0,969561
	2	2,6	0,006221	1,274042
	3	2,6	0,008800	0,991658
	4	2,6	0,010302	0,577843
3	1	3	0,002929	0,976407
	2	2,6	0,006264	1,282665
	3	2,6	0,008860	0,998591
	4	2,6	0,010375	0,582344
4	1	3	0,002950	0,983286
	2	2,6	0,006307	1,291329
	3	2,6	0,008922	1,005556
	4	2,6	0,010448	0,586863

SENTIDO Y

PORTICO	PISO	hi (m)	D (m)	ΔX %
A	1	3	0,002957	0,985620
	2	2,6	0,006445	1,341625
	3	2,6	0,009204	1,060930
	4	2,6	0,010851	0,633641
B	1	3	0,002961	0,987136
	2	2,6	0,006455	1,343728
	3	2,6	0,009218	1,062674
	4	2,6	0,010868	0,634781
C	1	3	0,002966	0,988654
	2	2,6	0,006465	1,345833
	3	2,6	0,009233	1,064420
	4	2,6	0,010886	0,635921
D	1	3	0,002971	0,990175
	2	2,6	0,006475	1,347942
	3	2,6	0,009247	1,066169
	4	2,6	0,010904	0,637063

Las derivas de diseño cumplen con las establecidas en el Código Ecuatoriano de Construcción, dando valores limites hasta el 2%.

**CORTANTE BASAL MÍNIMO**

$$Z = 0.25$$

$$I = 1$$

$$C = 3$$

$$R = 10$$

$$\Phi_P = 1$$

$$\Phi_E = 1$$

$$S = 1.2$$

$$1. \quad T = C_t \times h_n^{3/4}$$

Ct - 0.08 para pórticos espaciales de hormigón armado

$$T = 0.08 \times (11.40)^{3/4} = 0.4963$$

$$2. \quad C = \frac{1.25 \times S^S}{T}$$

$$C = \frac{1.25 \times 1.2^{1.2}}{0.4963} = 3.1346$$

$$3. \quad V = \frac{Z \times I \times C}{R \times \phi_P \times \phi_E} W$$

$$V = \frac{0.25 \times 1 \times 3}{10 \times 1 \times 1} W$$

$$V = 0.075 \times W$$

$$V = 0.075 \times (5091.5247)$$

$$V = 381.8644 \text{ KN} \quad \therefore$$

$$V_{\min} = 381.8644 \text{ KN}$$



CORTANTE BASAL DINÁMICO

SENTIDO X

ENTREPISO	V (KN)
1	209,8600
2	181,8294
3	136,2773
4	71,7237

Vdin = 209,8600

SENTIDO Y

ENTREPISO	V KII
1	199,6998
2	173,0629
3	130,4339
4	69,8204

Vdin = 199,6998

Según el CEC-2000, si $V_{din} < V_{min}$, se corrige mediante un factor f

$$f = \frac{V_{min}}{V_{dinam}}$$

FACTOR DE CORRECCIÓN EN SENTIDO X

$$f_x = \frac{381.8644}{209.8600} = 1.8196$$

FACTOR DE CORRECCIÓN EN SENTIDO Y

$$f_y = \frac{381.8644}{199.6998} = 1.9122$$

**FUERZAS LATERALES CORREGIDAS EN CADA PÓRTICO Y EN CADA****PISO****SENTIDO X**

PORTICO	PISO	ENTREPISO	V (KII)	F (KII)
1	1			12,5353
	2	1	94,4269	20,5665
	3	2	81,8916	29,1507
	4	3	61,3251	32,1745
	4	4	32,1745	
2	1			12,6789
	2	1	95,1175	20,6696
	3	2	82,4386	29,2934
	4	3	61,7690	32,4756
	4	4	32,4756	
3	1			12,8230
	2	1	95,8114	20,7734
	3	2	82,9884	29,4370
	4	3	62,2150	32,7780
	4	4	32,7780	
4	1			12,9675
	2	1	96,5085	20,8779
	3	2	83,5410	29,5816
	4	3	62,6631	33,0815
	4	4	33,0815	

SENTIDO Y

PORTICO	PISO	ENTREPISO	V (KII)	F (KII)
A	1			12,7065
	2	1	95,2486	20,3385
	3	2	82,5421	28,9202
	4	3	62,2037	33,2834
	4	4	33,2834	
B	1			12,7246
	2	1	95,3935	20,3653
	3	2	82,6688	28,9575
	4	3	62,3036	33,3461
	4	4	33,3461	
C	1			12,7428
	2	1	95,5385	20,3921
	3	2	82,7957	28,9947
	4	3	62,4036	33,4089
	4	4	33,4089	
D	1			12,7610
	2	1	95,6837	20,4190
	3	2	82,9227	29,0321
	4	3	62,5038	33,4717
	4	4	33,4717	

CORTANTE BASAL DINÁMICO CORREGIDO**SENTIDO X**

ENTREPISO	V (KII)
1	381,8644
2	330,8596
3	247,9722
4	130,5095

V_{din} = 381,8644**SENTIDO Y**

ENTREPISO	V KII
1	381,8644
2	330,9294
3	249,4146
4	133,5101

V_{din} = 381,8644



2.3.24 CONTROL DEL EFECTO (P – Δ): ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

El denominado efecto P-delta o efectos de segundo orden, corresponden a los efectos adicionales en las direcciones principales de la estructura, mediante el cual la masa en una estructura empuja hacia abajo debido a la gravedad ejerciendo su fuerza sobre un miembro flexionado o desplazado lateralmente por las fuerzas laterales. Cuando mayor sea la fuerza vertical mayor será el momento debido al producto de la fuerza P y la excentricidad delta.

Además producen un incremento en las fuerzas internas, momentos y derivas de la estructura y se consideran en la evaluación de la estabilidad estructural global y en el diseño mismo de la estructura.

Sin embargo el efecto P-delta no necesita ser considerado cuando el índice de estabilidad (Q_i) es menor a 0.1, pero si cuando produzcan un incremento de más del 10% en las fuerzas internas, sin exceder el valor de 0.30, cuando Q_i es mayor de 0.30 la estructura es potencialmente inestable y debe rigidizarse, rediseñándola.

Para estimar la importancia de los efectos de segundo orden, se puede usar para cada nivel el siguiente cociente como índice de estabilidad:

$$Q_i = \frac{P_i \times \Delta_i}{V_i \times h_i} \quad \text{Ec. 43}$$

donde P_i es carga de diseño vertical total sin mayorar en y por encima del nivel i, Δ_d deriva de piso de diseño, V_i fuerza de corte sísmica actuante en el nivel i y en todos los niveles por encima de este, h_i altura de piso entre el nivel i y el nivel inmediato inferior.

Cuando se cumple que $0.1 < Q_i < 0.3$, tanto las derivas de piso, como las fuerzas internas y los momentos de la estructura que aparecen como producto de la aplicación de las cargas laterales de diseño, se multiplican por un factor de mayoración f_p determinada por:

$$f_p = \frac{1}{1 - Q_i} \quad \text{Ec. 44}$$

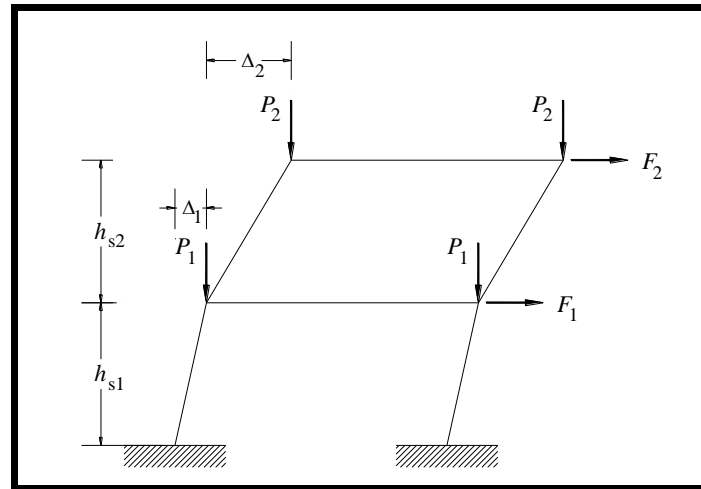


Figura 2.11 Efecto P-delta

Fuente: Aguiar Roberto CEINCI-ESPE

CONTROL DEL EFECTO (P – Δ)

SENTIDO X

PISO	AREA (m ²)		WL (Kil/m ²)		WD (Kil)	WL (Kil)	Pi (Kil)	hi (m)	ΔX	Vx (Kil)	Qi
	General	Grada	General	Grada							
1	162,6475	13,2	1,962	4,905	1409,4282	383,8604	6467,4091	3	0,0097	381,8644	0,0549
2	162,6475	13,2	1,962	4,905	1334,3952	383,8604	4674,1206	2,6	0,0128	330,8596	0,0695
3	162,6475	13,2	1,962	4,905	1334,3952	383,8604	2955,8650	2,6	0,0100	247,9722	0,0456
4	162,6475	13,2	0,981	4,905	1013,3062	224,3032	1237,6094	2,6	0,0058	130,5095	0,0212

SENTIDO Y

PISO	AREA (m ²)		WL (Kil/m ²)		WD (Kil)	WL (Kil)	Pi (Kil)	hi (m)	ΔY	Vy (Kil)	Qi
	General	Grada	General	Grada							
1	162,6475	13,2	1,962	4,905	1409,4282	383,8604	6467,4091	3	0,0099	381,8644	0,0558
2	162,6475	13,2	1,962	4,905	1334,3952	383,8604	4674,1206	2,6	0,0134	330,9294	0,0731
3	162,6475	13,2	1,962	4,905	1334,3952	383,8604	2955,8650	2,6	0,0106	249,4146	0,0485
4	162,6475	13,2	0,981	4,905	1013,3062	224,3032	1237,6094	2,6	0,0064	133,5101	0,0227

No es necesario considerar el efecto P – Δ, ya que la estabilidad es menor a la recomendada $Q_i < 0.1$



2.3.25 TORSIÓN ACCIDENTAL

El momento torsor accidental se genera en cada piso, y se calculan para cada dirección del sismo, resultando en cada nivel igual al producto del cortante corregido por el 5% del ancho de la planta en dirección ortogonal a la del sismo y están consideradas dentro de las normativas del CEC-2000.

De la siguiente manera se tiene:

$$M_{txi} = 0.05 \times b_{yi} \times V_i \quad \text{Ec. 45}$$

$$M_{tyi} = 0.05 \times b_{xi} \times V_i \quad \text{Ec. 46}$$

donde M_{txi} , M_{tyi} es el momento torsor del piso i , b_{yi} , b_{xi} distancia mayor perpendicular a la dirección de análisis del piso i y V_i el cortante del piso i .

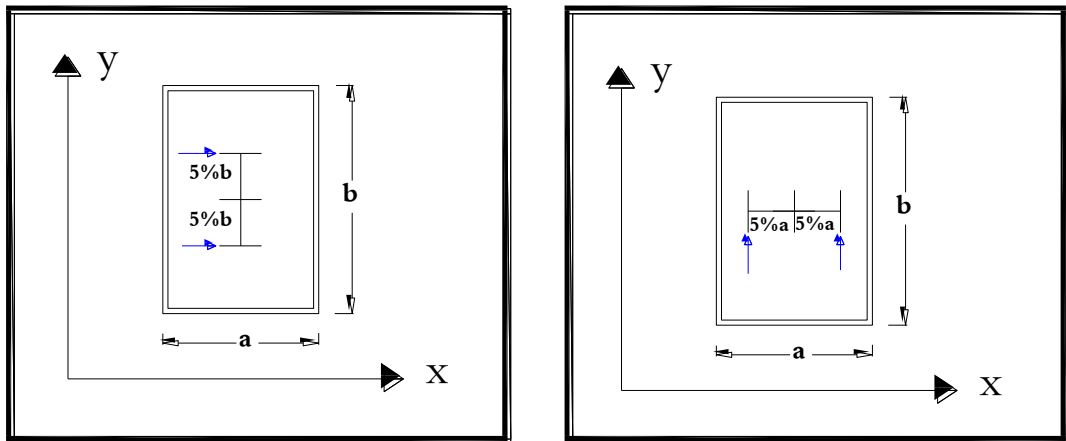


Figura 2.12 Consideraciones para torsión accidental

TORSIÓN ACCIDENTAL

SENTIDO X

PISO	b_y (m)	M_{ti} (KN-m)
1	14,10	269,2144
2	14,10	233,2560
3	14,10	174,8204
4	14,10	92,0092

SENTIDO Y

PISO	b_x (m)	M_{ti} (KN-m)
1	12,00	229,1186
2	12,00	198,5576
3	12,00	149,6488
4	12,00	80,1060



2.3.26 CÁLCULO DE COORDENADAS DE PISO POR TORSIÓN ACCIDENTAL

Consecuentemente por efecto de la torsión accidental se define el vector de cargas Q en las direcciones principales de análisis.

$$Q = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ Mt1 \\ Mt2 \\ Mtn \end{pmatrix}$$

donde Mtn representa el momento torsor en el piso n .

Finalmente el vector que contiene los desplazamientos y giros en coordenadas de pisos se define como la solución de la ecuación matricial:

$$Q = SE \times q \quad \text{Ec. 47}$$

De donde el vector de desplazamientos y giros resulta:

$$q = SE^{-1} \times Q \quad \text{Ec. 48}$$

$$q = \begin{pmatrix} u \\ v \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u1 \\ u2 \\ \cdot \\ un \\ v1 \\ v2 \\ \cdot \\ vn \\ \theta1 \\ \theta2 \\ \cdot \end{pmatrix}$$

Siendo Q es el vector de cargas y SE es la matriz de rigidez lateral de la estructura.



2.3.27 DESPLAZAMIENTOS LATERALES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA PISO POR TORSIÓN ACCIDENTAL

Los desplazamientos laterales por pórtico en cada piso se obtienen a partir del vector de desplazamientos y giros q , y la matriz de compatibilidad del pórtico A_j , relacionados de la siguiente manera:

$$p_{(j)} = A_j \times q \quad \text{Ec.49}$$

2.3.28 CORTANTES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA PISO POR TORSIÓN ACCIDENTAL

Una vez determinados los desplazamientos laterales por piso del pórtico $p(i)$, en el sentido de análisis X o Y, se establecen los cortantes por pórtico en cada piso $P(i)$, mediante el producto matricial, en donde involucra además a la matriz de rigidez lateral del pórtico SL_j :

$$P_{(j)} = SL_j \times p_{(j)} \quad \text{Ec. 50}$$

2.3.29 FUERZAS LATERALES EN CADA PÓRTICO DEBIDO A LA TORSIÓN ACCIDENTAL EN CADA PISO

Las fuerzas laterales por piso de cada pórtico de la estructura se consideran a partir de los cortantes por pórtico en cada piso por torsión accidental, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} F_4 &= V_4 \\ F_3 &= V_3 - F_4 \\ F_2 &= V_2 - F_3 - F_4 \\ F_1 &= V_1 - F_2 - F_3 - F_4 \end{aligned}$$



2.3.30 FUERZAS LATERALES TOTALES POR ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO: DINÁMICAS MÁS TORSIÓN ACCIDENTAL

Las fuerzas laterales totales F_{total} , son el resultado de la sumatoria de las fuerzas dinámicas F_{din} , obtenidas del análisis dinámico, mas las fuerzas laterales en cada pórtico derivada del análisis de la torsión accidental F_{tor} , destacando que las fuerzas debidas a la torsión accidental siempre deben incrementar a las fuerzas obtenidas del análisis dinámico, es por ello que se utilizan siempre valores absolutos.

$$F_{Total} = F_{Din} + F_{Tor}$$

Ec. 51



CÁLCULO DE COORDENADAS DE PISO POR TORSIÓN ACCIDENTAL

VECTOR DE CARGAS Y VECTOR DE DESPLAZAMIENTOS Y GIROS

SENTIDO X

Q =	0	q =	-0,00001365
	0		-0,00000205
	0		-0,00000268
	0		-0,00002138
	0		-0,00000024
	0		0,00000111
	0		0,00000145
	0		0,00000850
	269,2144		0,00021380
	233,256		0,00042180
174,8204	0,00055282		
92,00921	0,00061552		

SENTIDO Y

Q =	0	q =	-0,00001168
	0		-0,00000175
	0		-0,00000230
	0		-0,00001833
	0		-0,00000020
	0		0,00000095
	0		0,00000124
	0		0,00000729
	229,1186		0,00018283
	198,5576		0,00036099
149,6488	0,00047359		
80,10604	0,00052774		

DESPLAZAMIENTOS LATERALES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA PISO POR TORSIÓN ACCIDENTAL

SENTIDO X

PORTICO	PISO	p_j (m)
1	1	0,001507
	2	0,002974
	3	0,003897
	4	0,004339
2	1	0,000502
	2	0,000991
	3	0,001299
	4	0,001446
3	1	-0,000502
	2	-0,000991
	3	-0,001299
	4	-0,001446
4	1	-0,001507
	2	-0,002974
	3	-0,003897
	4	-0,004339

SENTIDO Y

PORTICO	PISO	p_j (m)
A	1	-0,001097
	2	-0,002166
	3	-0,002842
	4	-0,003166
B	1	-0,000366
	2	-0,000722
	4	-0,000947
	4	-0,001055
C	1	0,000366
	2	0,000722
	3	0,000947
	4	0,001055
D	1	0,001097
	2	0,002166
	3	0,002842
	4	0,003166



**CORTANTES EN CADA PÓRTICO Y EN CADA PISO POR TORSIÓN
ACCIDENTAL**

SENTIDO X

PORTICO	PISO	Pj (KN)
1	1	9,469236
	2	9,087441
	3	6,698149
	4	3,694262
2	1	3,156412
	2	3,029147
	3	2,232716
	4	1,231421
3	1	-3,156412
	2	-3,029147
	3	-2,232716
	4	-1,231421
4	1	-9,469236
	2	-9,087441
	3	-6,698149
	4	-3,694262

SENTIDO Y

PORTICO	PISO	Pj (KN)
A	1	-7,718287
	2	-5,801637
	3	-4,487200
	4	-2,230954
B	1	-2,572762
	2	-1,933879
	4	-1,495733
	4	-0,743651
C	1	2,572762
	2	1,933879
	3	1,495733
	4	0,743651
D	1	7,718287
	2	5,801637
	3	4,487200
	4	2,230954

**FUERZAS LATERALES EN CADA PÓRTICO DEBIDO A LA TORSIÓN
ACCIDENTAL EN CADA PISO**

SENTIDO X

PORTICO	PISO	ENTREPISO	Pj (KN)	F (KI)
1	1	1	9,4692	0,3818
	2	2	9,0874	2,3893
	3	3	6,6981	3,0039
	4	4	3,6943	3,6943
2	1	1	3,1564	0,1273
	2	2	3,0291	0,7964
	3	3	2,2327	1,0013
	4	4	1,2314	1,2314
3	1	1	3,1564	0,1273
	2	2	3,0291	0,7964
	3	3	2,2327	1,0013
	4	4	1,2314	1,2314
4	1	1	9,4692	0,3818
	2	2	9,0874	2,3893
	3	3	6,6981	3,0039
	4	4	3,6943	3,6943

SENTIDO Y

PORTICO	PISO	ENTREPISO	Pj (KN)	F (KI)
A	1	1	7,7183	1,9167
	2	2	5,8016	1,3144
	3	3	4,4872	2,2562
	4	4	2,2310	2,2310
B	1	1	2,5728	0,6389
	2	2	1,9339	0,4381
	3	3	1,4957	0,7521
	4	4	0,7437	0,7437
C	1	1	2,5728	0,6389
	2	2	1,9339	0,4381
	3	3	1,4957	0,7521
	4	4	0,7437	0,7437
D	1	1	7,7183	1,9167
	2	2	5,8016	1,3144
	3	3	4,4872	2,2562
	4	4	2,2310	2,2310



**FUERZAS LATERALES TOTALES POR ANÁLISIS SÍSMICO DINÁMICO:
DINÁMICAS MÁS TORSIÓN ACCIDENTAL**

$$F_{Total} = F_{Din} + F_{Tor}$$

SENTIDO X

PORTICO	PISO	FDin (KN)	FTor (KN)	FTotal (KN)	V (KN)
1	1	12,5353	0,3818	12,9171	103,8962
	2	20,5665	2,3893	22,9558	90,9791
	3	29,1507	3,0039	32,1546	68,0233
	4	32,1745	3,6943	35,8687	35,8687
2	1	12,6789	0,1273	12,8062	98,2740
	2	20,6696	0,7964	21,4660	85,4677
	3	29,2934	1,0013	30,2947	64,0017
	4	32,4756	1,2314	33,7070	33,7070
3	1	12,8230	0,1273	12,9503	98,9678
	2	20,7734	0,7964	21,5698	86,0175
	3	29,4370	1,0013	30,4383	64,4477
	4	32,7780	1,2314	34,0094	34,0094
4	1	12,9675	0,3818	13,3493	105,9777
	2	20,8779	2,3893	23,2672	92,6284
	3	29,5816	3,0039	32,5855	69,3612
	4	33,0815	3,6943	36,7757	36,7757

FUERZAS Y CORTANTES POR PISO

PISO	Fx (KN)	Vx (KN)
4	140,3609	140,3609
3	125,4731	265,8339
2	89,2588	355,0928
1	52,0229	407,1156



SENTIDO Y

PORTICO	PISO	FDin (KN)	FTor (KN)	FTotal (KN)	V (KN)
A	1	12,7065	1,9167	14,6232	102,9669
	2	20,3385	1,3144	21,6529	88,3438
	3	28,9202	2,2562	31,1765	66,6909
	4	33,2834	2,2310	35,5144	35,5144
B	1	12,7246	0,6389	13,3635	97,9662
	2	20,3653	0,4381	20,8034	84,6027
	3	28,9575	0,7521	29,7095	63,7993
	4	33,3461	0,7437	34,0898	34,0898
C	1	12,7428	0,6389	13,3817	98,1113
	2	20,3921	0,4381	20,8302	84,7296
	3	28,9947	0,7521	29,7468	63,8993
	4	33,4089	0,7437	34,1525	34,1525
D	1	12,7610	1,9167	14,6777	103,4020
	2	20,4190	1,3144	21,7334	88,7244
	3	29,0321	2,2562	31,2884	66,9910
	4	33,4717	2,2310	35,7026	35,7026

FUERZAS Y CORTANTES POR PISO

PISO	Fy (KN)	Vy (KN)
4	139,4593	139,4593
3	121,9212	261,3805
2	85,0199	346,4004
1	56,0460	402,4465

CAPÍTULO

III

**MANUAL DEL USUARIO
DYNAMIC 3D V1.0**



MANUAL DEL USUARIO

DYNAMIC 3D V1.0

3.1 INTRODUCCIÓN

Lo que se pretende con un programa de análisis estructural es básicamente solventar de manera útil problemas de la realidad de la práctica actual, que permitan facilitar y evaluar de manera confiable estructuras de cualquier tipo, así como dar uso a dichas herramientas para la evaluación de la resistencia y seguridad en el campo de la ingeniería estructural.

DYNAMIC 3D V1.0 constituye un software análisis dinámico estructural. La aplicación de las características son definidas por el usuario y los resultados generados deben ser interpretados para verificación de la correspondencia de las condiciones del modelo estructural simulado.

Este programa estará disponible de forma gratuita como parte del Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica VLEE. El programa es operado on-line. No se requiere descargas o de instalación. Los programas incorporan un interfaz donde el usuario ingresa la geometría de los pórticos, y propiedades del material. Los resultados se presentan en una sección con los valores más importantes del análisis.

El siguiente manual contiene la descripción del manejo de este programa, incluyendo un ensayo en la modelación. Para optimizar el tiempo de aprendizaje será necesario tener a mano el manual e iniciar con modelos estructurales sencillos.



3.2 INSTALACIÓN DEL PROGRAMA DYNAMIC 3D V1.0

3.2.1 REQUERIMIENTOS

- El sistema operativo debe ser Windows XP o superior.
- Debe instalarse para la base de datos MySQL
- DYNAMIC 3D se desarrolló en Visual Basic.NET 2008, y para ejecutarlo es necesario que tenga instalado .NET FRAMEWORK 3.5, el mismo que está incluido dentro del programa.
- Para acceder a la ayuda del programa debe tener instalado Adobe Acrobat Reader.
- La configuración de la notación decimal del sistema debe ser punto (.).
 - Idioma del sistema Español (en configuración regional).

3.2.2 PASOS

- Instalación del software base MySQL para uso de DYNAMIC 3D.

En el CD de instalación, en la carpeta **Instalador base de datos**, ejecute el archivo **mysql-5.1.35-win32.MSI**. Antes de finalizar la instalación en el asistente se visualizará la siguiente pantalla.



Figura 3.1 Ventana de instalación de MySQL



A continuación se debe desmarcar la opción **Modify Security Settings** y seguir con el asistente que presenta una serie de mensajes de control de instalación para el usuario.

- Instalación de SQL Manager

Ejecute el archivo **SQL Manage >MyManager > Execute SQL script > Open script > ScripBaseDatos > Execute scrip.**

Finalmente en Execute strip, llene la pantalla como se presenta a continuación:

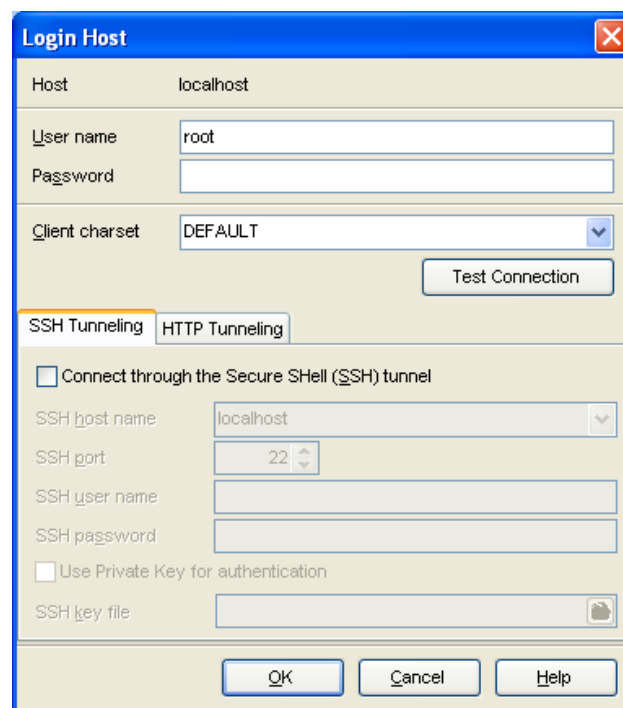


Figura 3.2 Ventana de instalación de SQL Manager

- Instalación del programa DYNAMIC 3D

Dentro del CD de instalación encontrará la carpeta DYNAMIC 3D, donde debe ejecutar el archivo SETUP, y el programa estará listo para ser utilizado.

NOTA:

Cuando se ejecuta el programa se instalada automáticamente el software base Framework, sin embargo en caso de tener problema, ejecute directamente dotnetfx35 o dotnetfx35sp1 que se encuentran dentro del archivo Framework.



3.3 INTERFAZ DEL USUARIO

3.3.1 EJECUCIÓN DE DYNAMIC 3D

Una vez instalado el programa, ejecute el acceso directo para iniciar la aplicación. Cuando se inicia la sesión se deshabilitan la mayoría de menús, mostrando por defecto activos tres opciones, Archivo, Ver matrices y Ayuda; sin embargo cuando accede al comando Ver matrices se mostrará el mensaje “**Aun no se han realizado los cálculos**”. Se presenta a continuación la pantalla principal, cuando la aplicación recién está abierta.

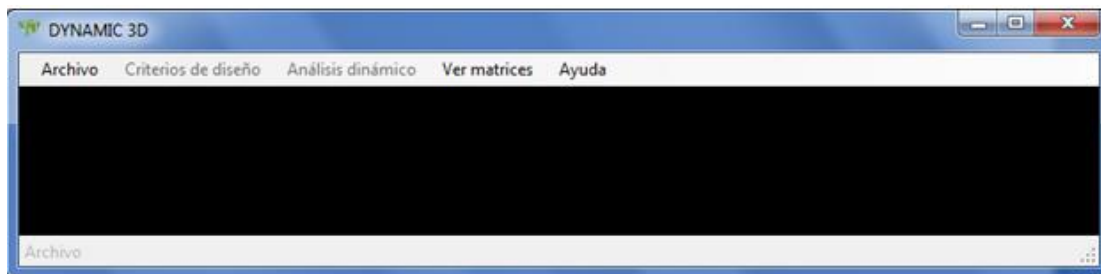


Figura 3.3 Ventana principal cuando inicia el programa DYNAMIC 3D

3.3.2 HERRAMIENTAS EN LA VENTANA PRINCIPAL

Cuando ya ha iniciado un modelo nuevo, o ha abierto un archivo existente, se habilitan la mayoría de los comandos contenidos en la barra de menús; a continuación se muestra un bosquejo de las principales partes y funciones.

NOMBRE DEL PROYECTO

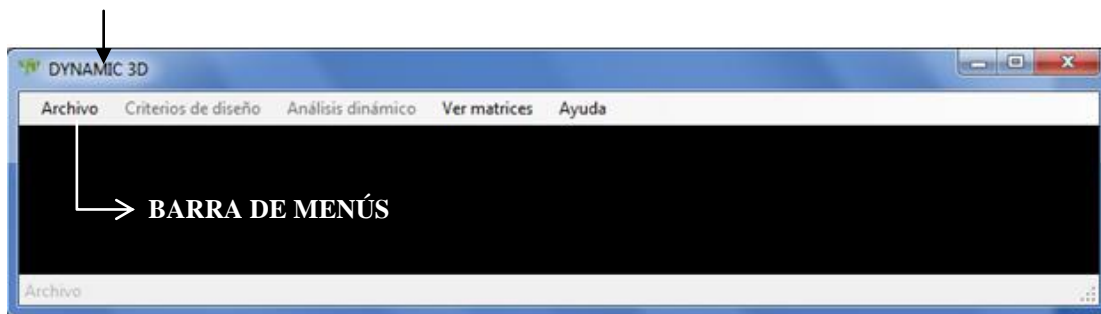


Figura 3.4 Funciones de la ventana principal



Barra de menús

La barra de menús agrupa comandos que generan cierta actividad, y precisamente están agrupados en función de lo que hacen, el programa cuenta con los siguientes menús: Archivo, Criterios de diseño, Análisis dinámico, Ver matrices, Ayuda.

Cuando se crea un nuevo modelo, la mayoría de los comandos de la barra de menús se encuentran deshabilitados, excepto Archivo, Ver matrices y Ayuda, sin embargo se activan únicamente cuando se va ejecutando el análisis.

En esta sección se describe cada uno de los comandos disponibles en la barra de menús. Cada tipo de control tiene su propio conjunto de eventos, que lo hacen adecuado para una finalidad determinada.

Menú Archivo



Menú Archivo > Nuevo

El menú archivo opción nuevo, permite generar un archivo de estructura en blanco, a través de la configuración del siguiente formulario.

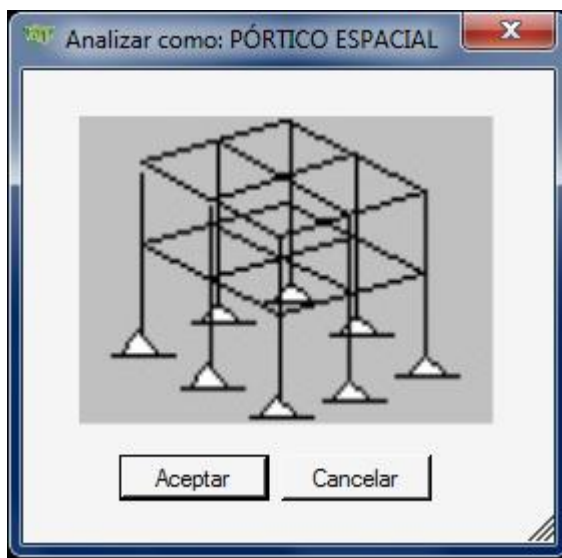


Figura 3.5 Ventana que permite generar un nuevo modelo

Finalmente se inicia un nuevo modelo pulsando el comando “**Aceptar**”.

Menú Archivo > Abrir...

Establece una conexión o abre un archivo de estructura para el programa DYNAMIC 3D. La extensión predeterminada de los archivos es “XML”.

Además en la barra de menús al abrir un archivo, aparece un nuevo menú: Geometría del modelo, el mismo que nos permite acceder a los datos de la geometría de un modelo guardado.

NOTA:

Cuando se abre un archivo de estructura que ha sido guardado anteriormente, solo se permiten abrir los datos de la estructura más no resultados, debido a la gran cantidad de matrices que se generan al ejecutar el análisis, es por ello que se recomienda que al obtener los datos guardados se vuelvan a calcular nuevamente y en caso que requiera modificar debe guardar cada cambio para actualizarlos y luego proceder a calcular.



Menú Archivo > Guardar...

Guarda los cambios realizados en el archivo de datos abierto, permitiendo salvar el proyecto con un nombre que el usuario asigne. Si ha iniciado un modelo nuevo automáticamente se activa el menú “**Guardar**”, para conservar la plantilla de modelos nuevos (Modelos.XML).

No se debe utilizar nombres que involucren caracteres como punto (.), coma (,) o signos de operación.

Es recomendable que el usuario tenga una carpeta específica con un nombre que le recuerde el proyecto y asegúrese que no exista un archivo con el mismo nombre, debido a que el programa lo reemplaza automáticamente.

NOTA:

Cada pantalla o formulario debe ser guardada desde el menú Archivo > Guardar, independientemente lo realice con los comandos “**Guardar**” que presentan algunas de las pantallas; de esta manera se adjunta en el mismo directorio el proyecto.

Menú Archivo > Salir...

Admite totalmente abandonar o cerrar el programa DYNAMIC 3D mediante este comando.

INGRESO Y LECTURA DE DATOS

Una vez seleccionado **Menú Archivo > Nuevo**, se abre una ventana que le permite editar y crear la configuración estructural de cada pórtico plano que conforma la estructura tridimensional, como geometría de los pórticos, geometría de las secciones de los miembros (vigas y columnas), propiedades características de los materiales de la estructura y valores de inercia agrietada tanto para vigas como para columnas.



- Unidades:

Es importante tomar en cuenta en que unidades se va a trabajar, se recomienda que sea en Kilogramos - metro, dado que el programa está concebido para trabajar con estas unidades.

Sin embargo cada formulario donde se requiere los valores necesarios para el análisis, se indica en que unidades se deben ingresar los datos.

- Configuraciones:

La configuración del sistema de notación decimal debe ser con punto (.), no obstante si ingresa una coma (,) en lugar de punto (.), el programa reconoce la coma y lo reemplaza por punto, evitando errores con respecto al separador de decimales.

De igual manera cuando los datos que se deben ingresar en los formularios corresponden a números y no letras o viceversa, el programa detecta que los parámetros incluidos en la aplicación no son los correctos, mostrando el mensaje “**Dato ingresado no válido**”.

A continuación se muestra la ventana donde se ingresa la geometría de cada pórtico.

	h.acum(r)	Bviga1	Hviga1	Bcol1	Hcol1	Bcol2	Hcol2	Lvano1
▶ PISO 1								
*								

Cuadro 3.1 Ventana que permite ingresar la geometría de los pórticos



Descripción del ingreso de datos

GEOMETRÍA DEL PÓRTICO

Número de pisos: Permite editar el número de pisos de la estructura.

Número de vanos: Permite editar el número de vanos de la estructura

Número de pórticos: Permite editar el número de pórticos de la estructura.

Pórticos Sentido X: Permite editar el número de pórticos en sentido X de la estructura.

Pórticos Sentido Y: Permite editar el número de pórticos en sentido Y de la estructura.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Resistencia compresión concreto ($f'c$): Ofrece la facilidad de editar y modificar la resistencia de compresión del concreto.

Resistencia a la fluencia del acero ($f'y$): Permite editar y modificar la resistencia a la fluencia del acero.

INERCIA AGRIETADA

Permite editar el factor del efecto de agrietamiento, ya que esto le indicará al programa que debe multiplicar la inercia gruesa por el respectivo factor, consideradas tanto en vigas como en columnas.

El efecto del agrietamiento, admite rigidez de vigas agrietadas como la mitad del momento de inercia de la sección bruta de concreto $0.5I_g$, y con secciones agrietadas para columnas de $0.8I_g$; valores dados en el CEC-2000.

Inercia en vigas $I_{cr} = 0.5 I_g$

Inercia en columnas $I_{cr} = 0.8 I_g$



Es importante indicar que por defecto todos estos datos se encuentran con valores predeterminados, sin embargo pueden cambiarse de acuerdo a los requerimientos de la estructura.

Datos secciones

La tabla donde se ingresan los datos se genera automáticamente de acuerdo al número de pisos y vanos del pórtico.

El usuario debe editar en la primera columna la altura acumulada de los pisos de la estructura, y a partir de la segunda columna la geometría de las secciones, en primera instancia la base y altura de las vigas y luego la base y altura de las columnas, de cada piso, concluyendo con las longitudes de cada vano. El orden que se debe seguir es de izquierda a derecha porque el programa reconoce los datos en este orden.

Una vez que el usuario introduce la geometría, propiedades del material y otros parámetros de diseño, comienza el análisis por parte del programa al pulsar “**Calcular**”.

Al término del análisis de un pórtico aparece el mensaje “**Los datos del pórtico fueron procesados con éxito**”, que al presionar “**Aceptar**” muestra enseguida una ventana igual a la primera donde se pide ingresar los datos del pórtico siguiente, teniendo además la opción de conservarlos, de tal manera que el usuario ahorre tiempo en editarlos en el caso de que los pórticos sean iguales ya que sólo se los deberá ingresar una vez. En definitiva el proceso de cálculo presenta una serie de mensajes de control para el usuario, indicando que los datos se están procesando y sucesivamente le presenta un mensaje indicando que el proceso ya ha terminado.

El número de ventanas que se presentan depende del número de pórticos que se haya ingresado en sentido **X** y en sentido **Y**.

Necesariamente en cada ventana que se va presentando según se ejecuta el análisis tiene que haber datos completos, de no ser así, aparecerá el mensaje “**Los datos que ingreso no son válidos**”.



Finalmente realizado el análisis se muestran enseguida los resultados, que pueden obtenerse también al pulsar el botón “**Ver Matrices**”, de igual manera en la pantalla principal en la barra de menús se activa el comando Ver Matrices que llama al mismo formulario de resultados, cumpliendo exactamente la misma función.

NOTA:

Cuando se realiza el análisis de un pórtico irregular en geometría vertical, los valores de vigas, columnas y vanos que faltan se deben ingresar con el valor de cero. Del mismo modo si el número de pisos no son iguales en todos los pórticos de la estructura tridimensional, igual debe considerarse el piso faltante pero llenar los datos del piso incompleto con ceros.

Menú Criterios de diseño y Análisis dinámico

Luego de terminado el proceso, en la parte superior izquierda en la pantalla principal se activa el menú de **Criterios de diseño**.

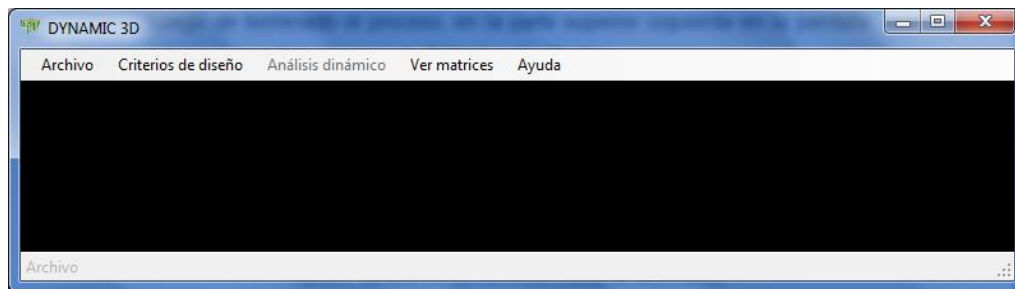


Figura 3.6 Ventana con los menús de Criterios de diseño activo

En el menú **Criterios de diseño** se activa el submenú: **Factores Sísmicos**.

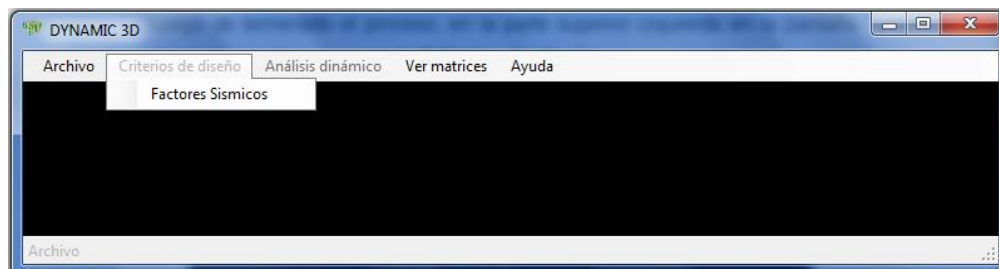


Figura 3.7 Ventana donde se encuentra activo el submenú factores sísmicos



En el submenú de **Factores Sísmicos**, para que los aspectos relevantes de la realidad se encuentren en el modelo, se permite seleccionar los factores de diseño de acuerdo al tipo de estructura, zona sísmica, tipo de suelo, factor de importancia, factor de reducción estructural, factores de configuración en planta y elevación, y consecutivamente se ingresa la altura total y carga muerta de la estructura. La configuración decimal para los valores de ingreso es el punto, donde se restringe la colocación de la coma (,), haciendo inadmisibile colocarla. Téngase en cuenta que el usuario ya debe tener de antemano esta información.

Cada uno de estos factores tiene ciertos parámetros, que son proporcionados por el CEC-2000 en las Tablas 1, 3, 4, 5, 6, 7; y están disponibles en el formulario de factores sísmicos dentro del programa.

Posteriormente una vez que el usuario selecciona los factores sísmicos e ingresa la altura y carga muerta de la estructura comienza el análisis por parte del programa al pulsar “**Calcular**”, obteniendo el periodo fundamental y cortante basal, que necesitan ser guardados para seguir posteriormente con el proceso de análisis.

The screenshot shows a software window titled "Criterios Diseño". It contains several input fields and dropdown menus for seismic design parameters. The parameters shown are: ZONA SÍSMICA (dropdown), TIPO DE SUELO (dropdown), COEF. USO(I) (dropdown), Ct (dropdown), R (dropdown), R1 (input), Φ_e (input), Φ_p (input), h_n (input), W (input), Z (input), S (input), C_m (input), I (input), Ct (input), R (input). At the bottom, there are fields for PERIODO FUNDAMENTAL and CORTANTE BASAL, a "Calcular" button, and "Guardar" and "Cancelar" buttons.

Cuadro 3.2 Ventana de selección de factores sísmicos



Consecutivamente se activa el menú **Análisis dinámico** y a su vez el submenú: **Datos centro de masa – Masas y momento polar de inercia**, donde se debe ingresar los datos necesarios para el cálculo.

CENTROS DE MASA				
	Pórticos Ejes	Nombre del Pórticos	Rotacion	r1
▶ PORTICO 1	X	1	0	
PORTICO 2	Y	A	90	
*				

MASA-MOMENTO POLAR DE INERCIA				
	Masa(Mg)	JCM(Mg m ²)	Altura(m)	WL(KN)
▶ PISO 1				
*				

Cuadro 3.3 Ventana de ingreso de datos para el análisis dinámico

Descripción del ingreso de datos

Número de Pórticos: Corresponde al número de pórticos, y están de acuerdo al número que anteriormente se ha ingresado.

Número de Pórticos en X: Corresponde al número de pórticos en X, y está de acuerdo número de pórticos que se ha ingresado en sentido **X** en el primer formulario.

Número de Pórticos en Y: Corresponde al número de pórticos en Y, y está de acuerdo número de pórticos que se ha ingresado en sentido **Y** en el primer formulario.

Las siguientes tablas del formulario donde se ingresan los datos se generan automáticamente de acuerdo al número de pórticos y pisos que conforman la estructura.



Pórticos Ejes: Se debe ingresar el nombre del eje donde se encuentra el pórtico; esta columna se llena automáticamente, pero se puede modificar si se desea.

Nombre del pórtico: Se debe ingresar el nombre del pórtico; esta columna se llena automáticamente, pero se puede modificar si se desea.

Rotación (Alfa): En esta columna se ingresa el ángulo que forma cada pórtico de la estructura con respecto a la horizontal; resultando 0° para pórticos paralelos al eje X y 90° para pórticos perpendiculares al eje X. Igualmente la columna se llena automáticamente, pero puede modificarse si se desea.

r1, r2...: En este rango de datos se debe ingresar las distancias perpendiculares de cada pórtico al centro de masa de cada piso, para ello se digita el valor con el signo según la convención establecida (positivo giro si la orientación del pórtico rota en sentido antihorario con respecto al centro de masas y negativo giro en sentido horario) y se presiona la tecla “**Enter**” para fijarlo y para moverse a otro registro se lo hace con las flechas del teclado o con el ratón. Este proceso se lo hace por pórtico, así que cuando se desee cambiar de pórtico para la introducción de estos valores debe hacerlo con el ratón.

Masa: Se debe ingresar la masa de cada piso correspondiente, es importante señalar que la masa debe ser ingresada en Megagramos cuando la fuerza se ingresa en KN. En otros casos véase el cuadro siguiente:

UNIDADES	FUERZA	MASA
SI	N	Kg
SI	KN	Mg
TECNICA	Kgf	UTM

Cuadro 3.4 Unidades de fuerza y masa



JCM: Corresponde al momento polar de inercia de la masa referido al centro de masa.

Altura: En esta columna se ingresa la altura de cada piso considerado.

WL: Carga viva de cada piso.

Una vez ingresados todos los datos se debe hacer un click en el botón de “**Calcular**”, el mismo que muestra un mensaje donde le notifica que utilice los datos de la matriz **So** para obtener los valores y vectores propios, y que al presionar “**Aceptar**”, el comando exporta y presenta en una ventana la matriz “**So**” (ver cuadro 3.5), matriz que el usuario debe considerarla para calcular los valores y vectores propios y que el programa requiere que se ingresen dichos valores ordenados de menor a mayor en un formulario que se presenta contiguamente (ver cuadro 3.6), donde le muestra las tablas con la dimensiones necesarias para ingresar las matrices.

▶	2239.795518953...	-1563.06654748...	442.4324379283...	-72.7047874019...	0.000000000000...	0.000000000000...
	-1563.06654748...	2466.733632155...	-1584.38121470...	404.1141823845...	0.000000000000...	0.000000000000...
	442.4324379283...	-1584.38121470...	2217.380409481...	-1168.55476201...	0.000000000000...	0.000000000000...
	-72.7047874019...	404.1141823845...	-1168.55476201...	949.3280694410...	0.000000000000...	0.000000000000...
	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	2219.712908246...	-1557.42977...
	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	-1557.42977205...	2421.779618...
	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	459.8215047832...	-1568.63073...
	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	-77.8901103524...	412.5392391...
	24.48410293108...	-17.0865071890...	4.836406385593...	-0.79476518426...	0.379133935323...	-0.26601389...
	-1.33944409326...	2.113826694442...	-1.35770934573...	0.346298982262...	0.800768250932...	-1.24518245...
	0.379135179246...	-1.35770934573...	1.900147563642...	-1.00137372664...	-0.23642187194...	0.806527341...
	-0.45583290119...	2.533650764339...	-7.32641860893...	5.951945993469...	0.195337205405...	-1.03458913...
*						

Cuadro 3.5 Ventana donde se presenta la matriz **So**



Valores Propios

Cargar datos desde Excel

Valores propios

Vectores propios

	1	2	3	4	5	6	7

Aceptar Ver Matriz So

Cuadro 3.6 Ventana donde se ingresan los valores y vectores propios

Una opción muy importante es la de exportar datos desde EXCEL, con los comandos que se encuentran en las pantalla anteriores, donde se puede crear hojas de cálculo con todos los datos de centros de masa, valores y vectores propios, cada una en hojas diferentes y guardados en Excel formato 2003, cuyos valores deben empezar a partir de la segunda fila, incluyendo en la primera un título, con ellos se consigue cargar los datos en los formularios a partir de Excel.

Posteriormente al pulsar **“Aceptar”**, se muestran enseguida los resultados finales, apareciendo una ventana que presenta todas las matrices correspondientes del análisis.

Además la ventana tiene una opción que permite guardar los resultados y copiarlos.

NOTA:

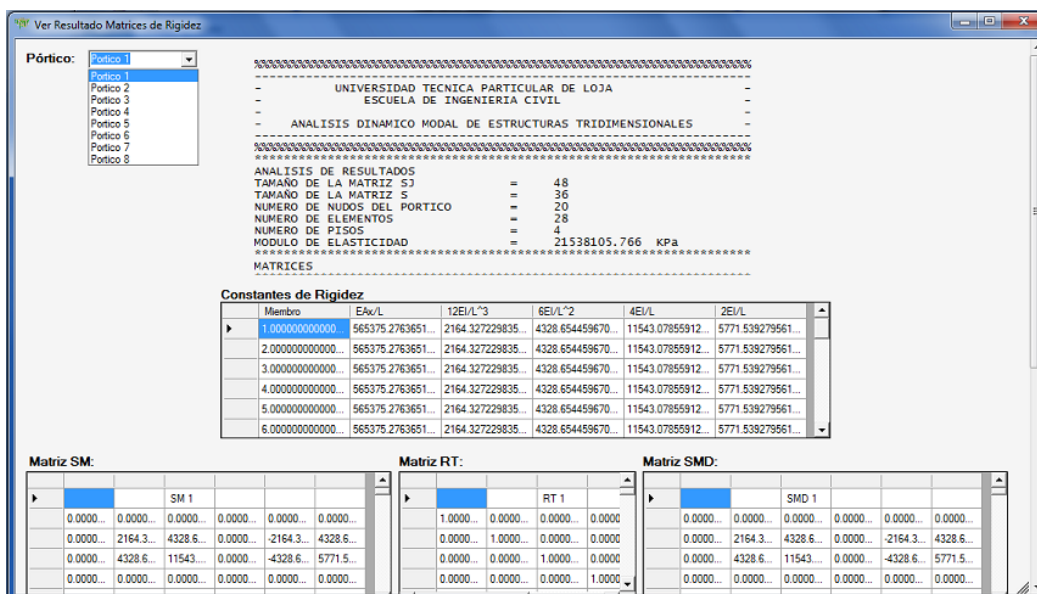
Al pulsar aceptar en el formulario de valores y vectores propios no debe pulsar nuevamente calcular.



Menú Ver Matrices

Esta opción permite al usuario obtener todos los resultados en conjunto, para cada una de las direcciones principales del análisis, mediante los dos submenús disponibles.

El primer submenú muestra las matrices de rigidez de todos los pórticos, incluyendo los datos de configuración de la estructura que son: tipo de pórtico, número de pisos, dimensiones de matrices, etc.



Cuadro 3.7 Ventana donde se presentan las matrices de rigidez

Para obtener los resultados finales, y elegir cualquier matriz vaya al menú de la pantalla principal **Ver Matrices > Resultados finales** y elija cualquier matriz de la lista (ver cuadro 3.8), donde automáticamente se traslada a una ventana y se muestra la matriz seleccionada. La opción ver matrices nos permite ver las matrices principales de análisis de la estructura.

La ventaja de este acceso es la de manipular los datos directamente en el menú principal.



Al ingresar a este menú aparece la siguiente ventana:



Cuadro 3.8 Ventana donde se presentan las matrices de todo el análisis

Si estamos conformes con los resultados, pueden guardarse ingresando el nombre del archivo.



3.4 PROCEDIMIENTO PARA MODELAR UNA ESTRUCTURA

Se presenta a continuación el proceso de modelación de pórticos tridimensionales, con el fin de optimizar tiempo en el aprendizaje y llevar un seguimiento a la información que se proporciona al análisis o modelo.

3.4.1 INICIANDO LA MODELACIÓN

Como primer paso para el desarrollo de este análisis, se realiza la definición de la geometría del modelo, y al mismo tiempo una idealización en el plano de todos los pórticos, acopladas a las direcciones de análisis.

En el presente ejemplo se realizará el análisis de un edificio de cuatro pisos simétrico con respecto a la geometría, el material de los pórticos es hormigón armado de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, se trabajará en unidades del sistema internacional (SI).

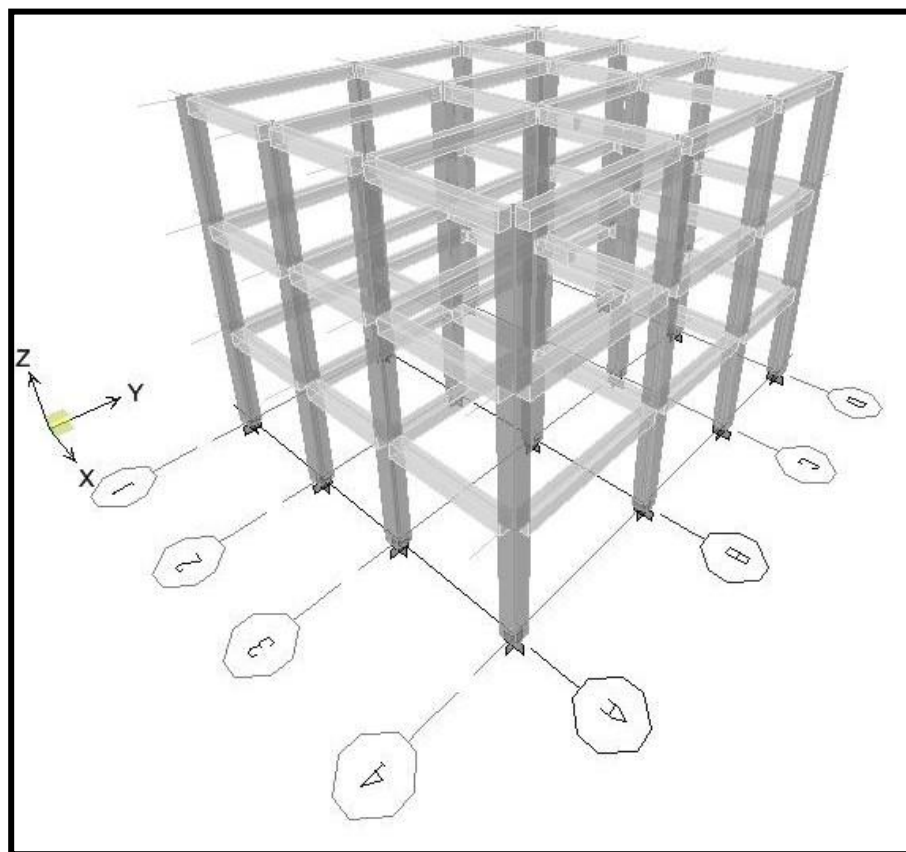


Figura 3.8 Bosquejo de la estructura a analizar



Tipo de Estructura	Pórticos regulares
Número de pisos	4
Número de vanos	3
Número de pórticos	8
Número de pórticos en sentido X	4
Número de pórticos en sentido Y	4
Resistencia de compresión del concreto	21 MPa
Resistencia a la fluencia del acero	420 MPa

Cuadro 3.9 Datos de la estructura

Con esta información iniciamos la modelación en el programa, y como primer paso tenemos que abrir un modelo en blanco haciendo click en el menú **Archivo > Nuevo**, y en la ventana que aparece (ver figura 3.9) pulsamos en el comando **“Aceptar”** y hemos iniciado la modelación.

En la parte superior del formulario se indica que tipo de estructura se va a analizar.

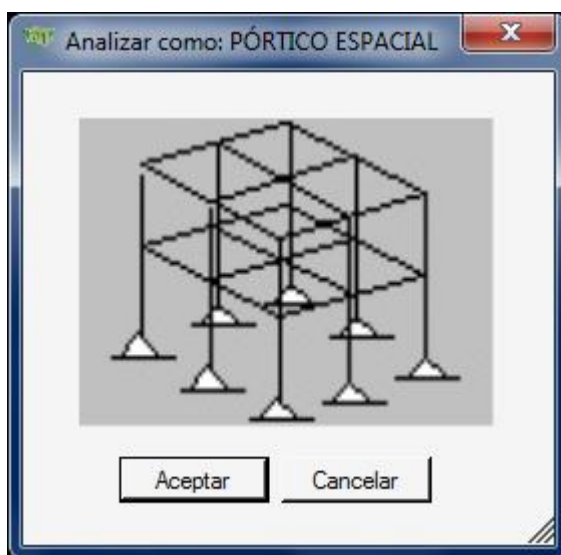


Figura 3.9 Ventana que permite abrir un nuevo modelo



Al término del proceso en la pantalla se presenta una ventana (ver cuadro 3.10) en la que se debe ingresar los datos de la geometría y otros parámetros requeridos de la estructura.

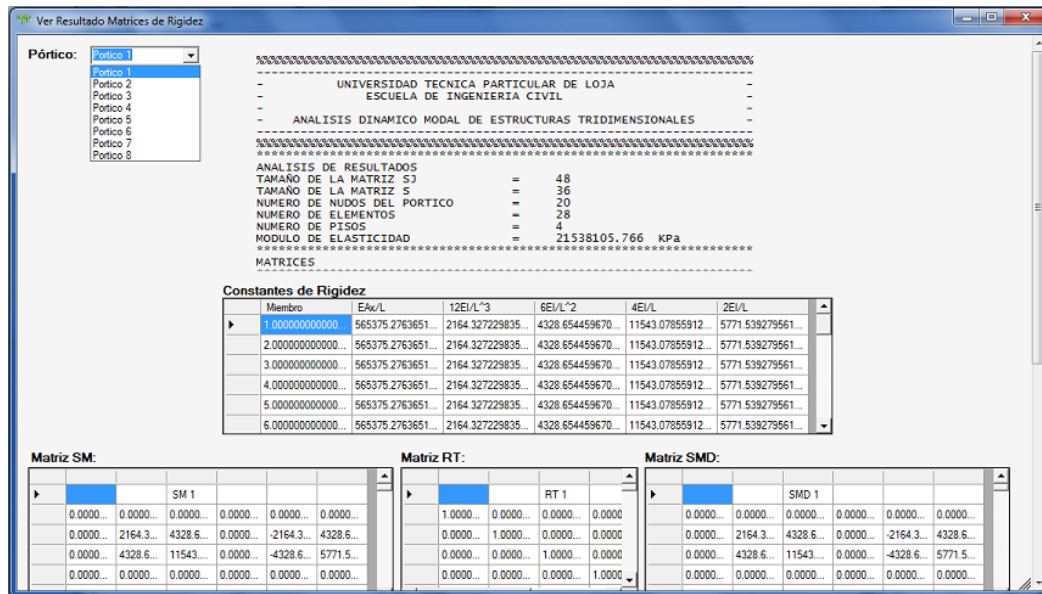
	h.acum(r)	Bviga1	Hviga1	Bviga2	Hviga2	Bviga3	Hviga3	Bcol1	Hcol1	Bcol2	Hcol2	Bcol3
PISO 1	3.0	0.30	0.35	0.30	0.35	0.30	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
PISO 2	5.6	0.30	0.35	0.30	0.35	0.30	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
PISO 3	8.2	0.30	0.35	0.30	0.35	0.30	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
PISO 4	10.8	0.30	0.35	0.30	0.35	0.30	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
*												

Cuadro 3.10 Ventana donde se ingresa los datos geométricos de la estructura

Al aceptar se generan una serie de ventanas que nos permiten editar los datos del siguiente pórtico en análisis, tomando en cuenta la cantidad de pórticos en sentido X y Y respectivamente.

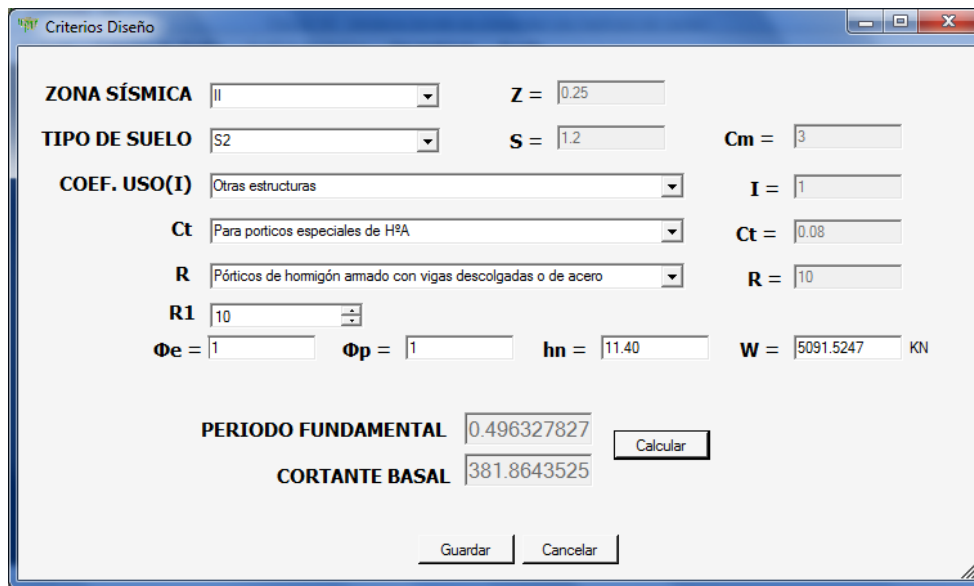
Cuando se presenta el mensaje que indica que ha finalizado el análisis, se muestran enseguida los resultados e igualmente pulsando el comando “**Ver Matrices**” aparece la ventana (ver cuadro 3.11) en la que se muestran los resultados donde se obtienen las matrices de rigidez de cada pórtico.

Los resultados se presentan de la siguiente manera:



Cuadro 3.11 Ventana donde se presentan las matrices de rigidez

Al término del proceso en la pantalla se activa automáticamente el menú **Criterios de diseño** y a su vez el submenú **Factores sísmicos**, donde podrán elegirse de una serie de opciones los diferentes parámetros según las características de la estructura y dichos parámetros han sido tomadas del Código Ecuatoriano de la Construcción CEC 2000.



Cuadro 3.12 Ventana donde se seleccionan los factores sísmicos



En este caso se calculan y guardan los resultados, mediante los comandos mostrados al pie del formulario.

3.4.2 ANÁLISIS DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA

En la ventana principal pulsamos el menú **Análisis dinámico**, y se presentará la ventana siguiente:

CENTROS DE MASA							
	Pórticos	Nombre del Pórticos	Rotacion	r1	r2	r3	r4
▶ PORTICO 1	X	1	0				
PORTICO 2	X	2	0				
PORTICO 3	X	3	0				
PORTICO 4	X	4	0				
PORTICO 5	Y	A	90				
PORTICO 6	Y	B	90				
PORTICO 7	Y	C	90				
PORTICO 8	Y	D	90				
*							

MASA-MOMENTO POLAR DE INERCIA				
	Masa(Mg)	JCM(Mg·m²)	Altura(m)	WL(KN)
▶ PISO 1				
PISO 2				
PISO 3				
PISO 4				
*				

Cuadro 3.13 Ventana de ingreso de datos para el análisis dinámico

En la parte superior observamos que el número de pórticos se encuentran inhabilitados, esto se debe a que los datos ingresados en el primer formulario se transfieren al formulario actual.

En la tabla siguiente ingresamos el nombre del eje donde se encuentra cada pórtico, nombre del pórtico, denominados 1,2,3..., para pórticos que corresponden al eje X y A,B,C...para los pórticos del eje Y.

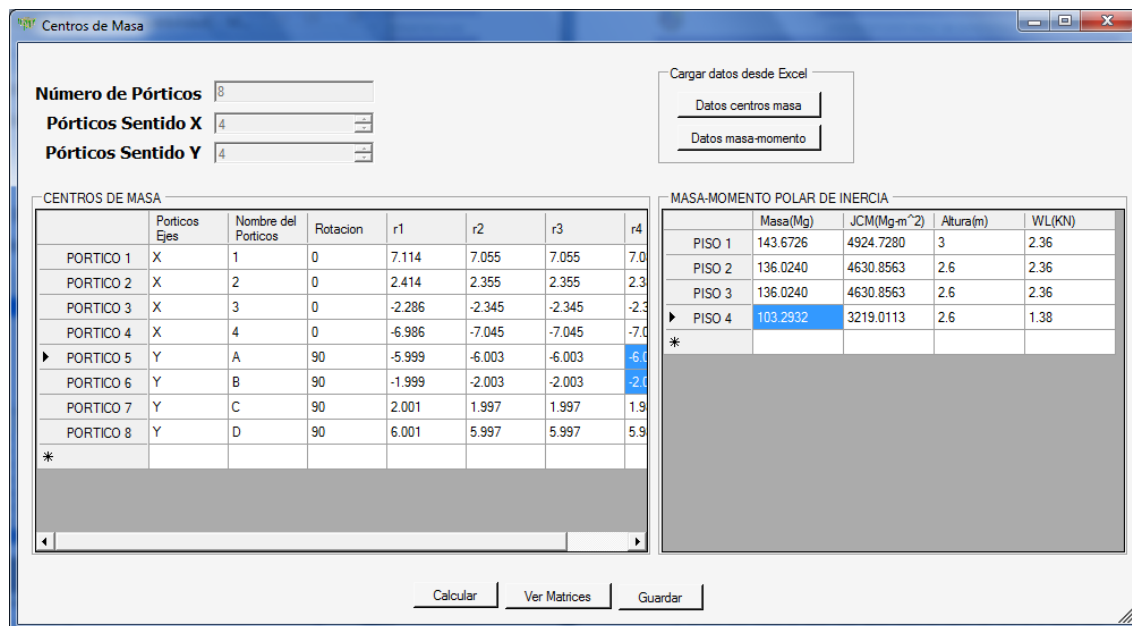
Estos nombres se muestran por defecto, sin embargo pueden ser modificados.



En la casilla **Rotación** colocamos el ángulo que forma el pórtico con respecto al eje X, y en las casillas indicadas con el nombre **r1, r2, r3, r4** se ingresarán las distancias perpendiculares desde el origen de coordenadas globales (centros de masas) hasta el pórtico en mención.

Las **masas** se las ingresarán en las unidades requeridas, así como el momento polar **JCM**.

Finalmente se ingresarán las alturas de piso, y la carga viva **WL** por piso, y la ventana completa quedará de la siguiente manera:



Cuadro 3.14 Ventana con los datos completos para el análisis dinámico

Una vez ingresados todos los datos se debe hacer un clic en el botón de **“Calcular”**. Este comando exporta y presenta la matriz **“So”** (ver cuadro 3.15), matriz que la tomamos para calcular los valores y vectores propios.

Cabe resaltar que el evento define la forma en que se interactúa con el usuario.



	1	2	3	4	5	6	7
▶	2239.795518953...	-1563.06654748...	442.4324379283...	-72.7047874019...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...
	-1563.06654748...	2466.733632155...	-1584.38121470...	404.1141823845...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...
	442.4324379283...	-1584.38121470...	2217.380409481...	-1168.55476201...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...
	-72.7047874019...	404.1141823845...	-1168.55476201...	949.3280694410...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...
	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	2219.712908246...	-1557.42977...	0.000000000000...
	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	-1557.42977205...	2421.779618...	0.000000000000...
	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	459.8215047832...	-1568.63073...	0.000000000000...
	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	0.000000000000...	-77.8901103524...	412.5392391...	0.000000000000...
	24.48410293108...	-17.0865071890...	4.836406385593...	-0.79476518426...	0.379133935323...	-0.26601389...	0.000000000000...
	-1.33944409326...	2.113826694442...	-1.35770934573...	0.346298982262...	0.800768250932...	-1.24518245...	0.000000000000...
	0.379135179246...	-1.35770934573...	1.900147563642...	-1.00137372664...	-0.23642187194...	0.80652734...	0.000000000000...
	-0.45583290119...	2.533650764339...	-7.32641860893...	5.951945993469...	0.195337205405...	-1.03458913...	0.000000000000...
*							

Cuadro 3.15 Ventana donde se presenta la matriz So

El programa requiere que se ingresen los valores ordenados de menor a mayor en el formulario actual (ver cuadro 3.16), donde le muestra las tablas con la dimensiones necesarias para ingresar las matrices.

Ingresar los Valores Propios ordenados de menor a mayor

Valores Propios
▶ 53.015108
58.210856
81.047822
575.968821
618.720731
865.330291
2095.595747

Cargar datos desde Excel

Valores propios

Vectores propios

Ingresar los Vectores Propios en el mismo orden que los valores propios

	1	2	3	4	5	6	7
▶	2.1E-05	0.206697	-0.000137	8.8E-05	-0.54429	0.003477	-0.00016
	3.4E-05	0.433251	-0.004834	8.1E-05	-0.59291	0.011743	4.7E-05
	4.9E-05	0.614402	-0.006789	-3.217422E-07	-0.003369	-1.8E-05	0.000128
	5.8E-05	0.626106	-0.003479	-8.5E-05	0.593284	-0.009357	-0.000106
	-0.200705	2.4E-05	0.000797	-0.534715	-0.000103	-0.001835	0.670344
	-0.429149	4.8E-05	0.001368	-0.599388	-0.000103	-0.001044	-0.139352
	-0.614643	6.8E-05	0.001869	-0.01782	7E-06	0.000807	-0.577646
	-0.63068	5.9E-05	0.000598	0.595392	9.8E-05	0.000595	0.444456
	-0.000452	-0.001783	-0.209907	-0.001145	0.008606	0.548721	0.001379
	-0.000971	-0.003688	-0.440945	-0.001576	0.00856	0.587537	0.00045

Aceptar Ver Matriz So

Cuadro 3.16 Ventana de ingreso de valores y vectores propios

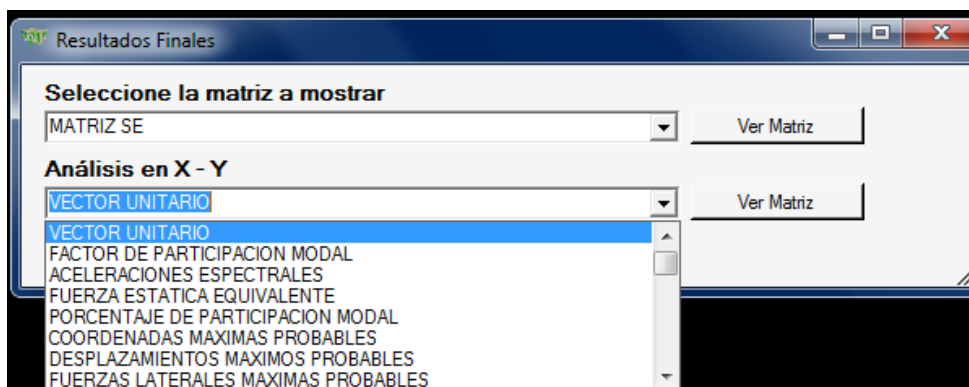


3.4.3 VISUALIZACIÓN DE LAS MATRICES RESULTANTES

Para la visualización de estas matrices hay un menú solamente para este fin, las cuales están dispuestas en el orden de los formularios de cómo aparecen en el análisis.

Sin embargo se pueden manipular los resultados directamente en el menú principal, que se habilita al término del análisis.

Para elegir cualquier matriz vaya al menú de la pantalla principal “**Ver Matrices**” y elija cualquier matriz de la lista, y automáticamente se traslada a una ventana donde se muestra la matriz seleccionada. La opción ver matrices nos permite ver las matrices principales de análisis de la estructura.



Cuadro 3.17 Ventana de selección para mostrar las matrices del análisis

Esta información puede ser copiada e igualmente guardada.

CAPÍTULO

IV

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Se establecen las respectivas conclusiones enfocadas a los objetivos principales:

- Haber obtenido el software de análisis estructural denominado DYNAMIC 3D V1.0, que brinda una herramienta computacional para el análisis de pórticos tridimensionales regulares e irregulares en geometría vertical, permitiendo resolver de modo útil los problemas de la práctica asistidos por esta herramienta que facilita los cálculos y que los realiza en forma rápida y confiable. Cada paso es crítico para el proceso y éxito del análisis. El programa cuenta con un interfaz que define la forma en que se interactúa con el usuario y está desarrollado bajo el entorno de VISUAL.NET.
- En cuanto al análisis se presenta toda la información del proceso de cálculo incluyendo hasta los resultados finales ordenados tanto de cada uno de los pórticos, como del análisis dinámico de toda la estructura. E igualmente en este programa se presenta el respectivo manual para el manejo de DYNAMIC 3D V1.0, contenida en la ayuda.
- Comprobada la efectividad de DYNAMIC 3D V1.0, el programa se incluirá y estará disponible en el Laboratorio Virtual de Ingeniería Sísmica VLEE.
- Finalmente un computador y un software adecuado son las herramientas indicadas si se utilizan correctamente.



4.2 RECOMENDACIONES

- No utilice un programa de análisis estructural a menos de que comprenda la concepción teórica que rige el análisis.
- Utilizar adecuadamente el software, siguiendo todos los pasos descritos dentro del manual, debido a que los datos son definidos por el usuario y los resultados generados deberán ser interpretados para verificación de la correspondencia de las condiciones del modelo estructural simulado.



REFERENCIAS

- Código Ecuatoriano de la Construcción CEC-2000. Quito, Ecuador.
- RAMIREZ Humberto, “Análisis Dinámico de Estructuras“. (Notas de clase).
- AGUIAR Roberto. 1995. “Análisis Matricial de Estructuras”, Escuela Politécnica del Ejército. Segunda Edición. Quito, Ecuador.
- CHOPRA, Anil K. 2001. “Dynamics of Structures, Theory and Applications to Earthquake Engineering”. Prentice Hall, USA.
- MCCORMAC Jack C. 1998. “Análisis de Estructuras“. Editorial MacGraw-Hill, Tercera edición.
- SENCICO, Servicio Nacional, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción. 2003. “Norma Técnica de Edificación, Diseño Sismorresistente“. Lima.
- FACCIOLI Ezio y Calvi Michele. 2003. “Código Modelo de Construcción para Sismos”. Asociación de Estados del Caribe.
- MERRIT, Frederick, (2004) “Manual del Ingeniero Civil”. Editorial McGRAW-HILL de México, S.A , Cuarta Edición en español.