

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

*ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL, BAJO ACCIONES SÍSMICAS
MULTIDIRECCIONALES, MEDIANTE EL USO DE FORMAS
CÓNICAS ASOCIADAS.*

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO CIVIL

REALIZADO POR

GONZÁLEZ, MICHAEL

PAREDES, FREDDY

PROFESOR GUIA

ING. PAPANONI, MARIO

FECHA

Octubre 2013

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

*ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO
ESTRUCTURAL, BAJO ACCIONES SÍSMICAS
MULTIDIRECCIONALES, MEDIANTE EL USO DE FORMAS
CÓNICAS ASOCIADAS.*

**Este jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha
evaluado su contenido con el resultado:.....**

JURADO EXAMINADOR:

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre:.....	Nombre:.....	Nombre:.....

REALIZADO POR

GONZÁLEZ, MICHAEL

PAREDES, FREDDY

PROFESOR GUIA

ING. PAPANONI, MARIO

FECHA

Octubre 2013

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

ÍNDICE GENERAL

<u>ÍNDICE GENERAL.....</u>	<u>1</u>
<u>Índice de Figuras.....</u>	<u>4</u>
<u>SINOPSIS.</u>	<u>7</u>
<u>1 INTRODUCCIÓN.</u>	<u>10</u>
Planteamiento del Problema.....	12
Objetivos.	13
Alcances y Limitaciones.....	13
<u>2 MARCO TEORICO.</u>	<u>15</u>
Propiedades Estructurales.....	15
Diafragma Rígido.....	15
Centro de Rigidez de un Nivel.....	15
Ejes Principales Plantares de una Estructura.....	15
Sistema Isotrópico.	16
Sistema Ortotrópico.....	16
Sistema con Ejes Principales Desviados.....	16
Comportamiento Flexional Puro.....	17

Comportamiento Torsional Puro.	17
Comportamiento Flexo-Torsional.	17
Elipse de Deflexiones.	18
Curva de Booth.....	20
Elipse de Rigidez.....	22
Elipse de Culmann.....	23
Relaciones Polo-Polar de la Elipse de Culmann.	24
Núcleo Central de Torsión.	27
Elipse, Definición y Teoremas de Apolonio.	28
Elipse.	28
Teoremas de Apolonio.....	29
¿Por qué VBA y Autocad como entornos para el proceso de programación?30	
<u>3 MARCO METODOLÓGICO.....</u>	32
Proceso de Programación.	32
Como Instalar el Programa.	36
Como Utilizar el Programa.....	38
Modelos Analizados	39
Modelo 1	40
Modelo 2	42

Modelo 3.....	44
Modelo 3 Optimizado	45
<u>4 ANALISIS DE RESULTADOS.....</u>	47
Desplazamientos, Rotaciones y Centros de Rigidez	47
Modelo 1.....	47
Modelo 2.....	47
Modelo 3.....	47
Modelo 3 Optimizado	48
Análisis	48
Modelo 1.....	48
Modelo 2.....	50
Modelo S.....	53
Modelo 3.....	55
Modelo 3 optimizado.....	56
<u>5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	58
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	60
<u>ANEXOS.....</u>	62
Anexo I – Código del Programa Análisis Culmann v1.2	62

Anexo II – Planos de Análisis 93

Índice de Figuras

Fig. 2.1 - Comportamiento flexional puro y torsional puro. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).17

Fig. 2.2 - Funciones de respuesta particular, Izquierda. Función de respuesta global, derecha. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).18

Fig. 2.3 – Representación gráfica de la relación entre la función de carga y la Elipse de Deflexiones..... 19

Fig. 2.4 – Compatibilidad de Deformaciones. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).20

Fig. 2.5 – Representación gráfica de la Curva de Booth con relación $b/a = 0.39$ a partir de la elipse de deflexiones.....21

Fig. 2.6– Distintas Relaciones a/b para La Curva de Booth. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).21

Fig. 2.7 – Elipse de Rigidez obtenida a partir de la Elipse de Deflexiones. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).....22

Fig. 2.8 – Elipse de Culmann obtenida a partir de la Elipse de Deflexiones de la fig. 2.6. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).....24

Fig. 2.9 –Polar t de un punto P. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).24

Fig. 2.10 –Polar t de un punto P interno a la elipse. Imágenes extraídas del TEG “Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares.” (2011).	25
Fig. 2.11 – Relacion Polo-AntiPolo. Imágenes extraídas del TEG “Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares.” (2011).	25
Fig. 2.12 – Elipse de Culmann Aplicación.....	26
Fig. 2.13 – Núcleo Central de Torsión. Imágenes extraídas del TEG “Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares.” (2011).	28
Fig. 2.14 – La Elipse y algunas propiedades matemáticas. – Wikipedia.....	28
Fig. 2.15 –Demostración Grafica de los Teoremas de Apolonio.....	29
Fig. 3.1 –Ventana emergente Load/Unload Customizations.....	36
Fig. 3.2 –Menú Culmann, Barra de Herramientas.	37
Fig. 3.3 –Sub menú Culmann.	37
Fig. 3.4 –Cargar Programa.	37
Fig. 3.5 –Ejecutar Programa.....	38
Fig. 3.6 –Ventana Principal Programa.....	39
Fig. 3.7 –Modelo 1 vista 3D.	40
Fig. 3.8 –Modelo 1 Corte.	41
Fig. 3.9 –Modelo 2 Vista 3D.	42
Fig. 3.10 –Modelo 2 Corte.	43
Fig. 3.11 –Modelo 3 Vista 3D.	44
Fig. 3.12 –Modelo 3 Vista Planta. Medidas en metros.....	44
Fig. 3.13 –Modelo 3 Optimizado.....	45
Fig. 4.1 –Modelo 2 Cortantes Nivel S2. Fuerza en C.R.....	50
Fig. 4.2 –Modelo 2 Cortantes Nivel S2. Fuerza Polar.....	51
Fig. 4.3 –Modelo S Vista 3D y Configuración.	53

Fig. 4.4 –Modelo S Elipse de Culmann Planta Nivel 3.....54

SINOPSIS.

Continuando con la línea de investigación de diversas casas de estudio, guiadas por una mente indiscutiblemente brillante, que ha logrado transmitir su curiosidad de investigador a sus estudiantes, con un deseo por cambiar la percepción actual del análisis estructural y sus métodos de enseñanza, transformando toda esa energía en múltiples trabajos de calidad, dignos de presentación en congresos de índole mundial y todos ellos creados por venezolanos, presentamos este trabajo especial de grado (TEG), que no es más, que la aplicación de los métodos análisis estructural mediante el uso de formas cónicas, que mejoran sustancialmente la comprensión del comportamiento estructural bajo esfuerzos de flexión, torsión y flexo-torsión.

El objetivo de este TEG es llevar la investigación al siguiente paso, que es la aplicación de estos métodos a estructuras reales, los primeros conejillos de indias, proyectados por un ingeniero estructural y sometidos a esta evaluación que transforma esa visión digital de los programas modernos de análisis estructural y asocia el comportamiento de la estructura a una función de respuesta global, con la cual el proyectista podrá conocer con certeza la dirección de los ejes principales de la estructura, podrá guiarlo en la dirección en la cual deberá reforzar a la misma si desea optimizarla y si la solución propuesta realmente mejora o empeora el comportamiento estructural.

Los autores de este trabajo, proponemos la aplicación de estos métodos para obtener las direcciones de análisis que sugieren las normas sísmicas y así reducir la incertidumbre que se tiene con respecto a la obtención de las mismas, ya que las normas exigen el análisis según estas direcciones pero no especifica como determinarlas. Además de ayudar a entender que no existen comportamientos inesperados en una estructura, sino errores a la hora de proyectarla.

Conscientes de la era en la que vivimos, en la cual los programas y computadoras reducen sustancialmente los tiempos de análisis, en los que prácticamente cualquier persona con conocimientos básicos de computación es perfectamente capaz de aprender

a modelar una estructura y obtener una gran cantidad de resultados sin tener idea de donde vienen y que significan, aplicando formulas y métodos sin saber realmente si estamos mejorando o empeorando el comportamiento estructural. Al aplicar esta metodología de análisis, será posible determinar si nos dirigimos en la dirección correcta o por el contrario nos alejamos de la solución ideal, la cual sin duda con el tiempo necesario reduciría los costos de construcción de las estructuras, además de obtener estructuras más seguras y mucho mejor proyectadas.

Partiendo de las conclusiones obtenidas de otros TEG, los cuales trabajaron bajo condiciones controladas con modelos simplificados regulares e irregulares y que permitieron llegar a la formulación y a la determinación de los procedimientos para la obtención de cada una de las elipses y núcleos, hizo posible la programación de los métodos en lenguaje Basic y desarrollar una aplicación para AutoCAD con tan solo introducir dos desplazamientos obtenidos al aplicar dos fuerzas ortogonales no simultaneas en el centro de rigidez, la magnitud de la fuerza asociado a dichos desplazamientos, la rotación obtenida al aplicar un momento en el centro de rigidez o un par de fuerzas en un nivel y la magnitud del momento aplicado. El programa será capaz de trazar automáticamente la Elipse de Deflexiones, la Elipse de Rigidez, la Elipse de Culmann y el Ovalo de Booth. Esto reduce sustancialmente los tiempos de análisis para las investigaciones futuras, ya que no será necesaria la aplicación de métodos geométricos para el trazado del Ovalo de Booth y estas cónicas.

El análisis se aplico a tres estructuras, dos de regularidad aparente y otra irregular. Se demostró para todas las plantas analizadas, que el Ovalo de Booth corresponde a la pedal de la elipse de deflexiones como se tenía la sospecha, esto fue gracias a la programación de los métodos ya que no existe una forma sencilla para el trazado manual de esta curva.

En este TEG se ha logrado demostrar que las técnicas utilizadas en la vieja escuela estructural de finales del siglo XIV y comienzos del siglo XX basada en la estática grafica, complementan métodos modernos de análisis matricial.

1 INTRODUCCIÓN.

Con la necesidad de conocer el comportamiento estructural, mucho antes de la resolución del problema, sin saber cómo, pero obteniendo resultados rápidos por medio de los métodos matriciales, se desarrolla un método capaz de aclarar algunas dudas con respecto a como es la respuesta estructural ante cierto tipo de solicitaciones.

El método se remonta al siglo XIX y es desarrollado por el ingeniero alemán Karl Culmann y su objetivo es, resolver el equilibrio estable por medio de dibujos a la medida, sabiendo que hay una única y determinada elipse para cada configuración estructural. Para esta elipse existen dos puntos, el polo y el anti-polo, hay un lugar geométrico perteneciente a una recta, denominado polar que relaciona la rotación del miembro o los miembros analizados para una fuerza aplicada. Todas estas relaciones se obtienen luego de trazar la Elipse de Culmann por medio de operaciones geométricas sencillas.

La torsión es inevitable en las estructuras, sobre todo bajo un evento sísmico, las ondas de propagación incidirán sobre esta de una forma, tal que, la resultante generada será excéntrica con respecto a su centro de rigidez, si podemos determinar las excentricidades máximas que toleramos sobre una estructura, podemos determinar en cuanto sobre-diseñar un pórtico con respecto al caso de flexión pura. Estos valores limites los definimos gracias a las relaciones polo-polar de la Elipse de Culmann.

Conociendo los valores a los cuales estamos dispuestos a sobre-diseñar un pórtico, podemos variar la configuración estructural hasta obtener el valor deseado, en ocasiones la ubicación estratégica de muros, escaleras o núcleos de ascensores pueden hacer variar considerablemente los cortantes basales a las que es sometida la estructura debido a la torsión.

El comportamiento flexional en una estructura define si la respuesta flexo-torsional es regular o no, el mismo describe si se obtienen respuestas similares en las direcciones principales de análisis. La diferencia entre estas respuesta estará marcada por

la rigidez que posee la estructura en dichas direcciones. El comportamiento flexional estará descrito por la Elipse de Deflexiones, la misma se construye gracias a la afinidad que existe entre las funciones de carga y respuesta de la estructura, es decir, que si una estructura es cargada con una función, la respuesta de ella será una función afín, estas funciones pueden ser para elementos particulares de la estructura o representar una función global del sistema.

A partir de estas funciones de respuesta se realiza el análisis y comparación de comportamiento estructural de los modelos estudiados, el proceso es metódico y puede verificarse en distintas etapas, el mismo es perfectamente programable en todas sus etapas como queda demostrado en este TEG.

Agradecemos a las oficinas de cálculo y en particular al profesor José Bolívar por prestarnos su apoyo y facilitarnos los modelos analizados en este TEG, ya que sin estos este trabajo no hubiese sido posible.

Planteamiento del Problema.

La necesidad de entender de forma global el comportamiento de los elementos que componen una estructura, nos ha llevado a una búsqueda de métodos que nos ayuden a construir modelos más seguros ante ciertas sollicitaciones. Los métodos actuales, se basan en la aplicación de cargas a la estructura, para obtener las sollicitaciones a las que está sometida la misma y posteriormente diseñar cada uno de los miembros que componen el sistema estructural, Esto no nos permite conocer cómo es el comportamiento estructural, ni cuál es la dirección de la estructura que tendrá un comportamiento más débil, sino solo dedicarnos al diseño de miembros, sin entender que la estructura es más que la suma de sus partes. Esto conlleva, a la aplicación de un sin fin de formulas y tal vez a la sobre estructuración en algunos casos.

El poco conocimiento que se tiene en el campo de la Flexo-torsión estructural genera recelo, todo lo contrario ocurre en los casos de flexión y torsión pura, es por esto que es necesario el desarrollo de métodos que nos ayuden a entender este tipo de comportamientos. La mayoría de las normas sísmicas se limitan a recomendar el diseño de estructuras regulares, con pórticos ortogonales, sin recomendar que hacer cuando esto no ocurre y limitándose a un castigar el diseño con un coeficiente de incertidumbre.

La arquitectura actual de en un país moderno, se ha convertido en un símbolo de poder y desarrollo, estructuras con un alto grado de complejidad son diseñadas con mayor frecuencia, estas tienen como prioridad su forma, mucho antes de la función para la cual son concebidas, se han convertido en un gran reto para la ingeniería estructural y es nuestro deber proyectarlas correctamente.

La era de las computadoras marco un antes y un después en la ingeniería estructural, abrió la posibilidad de aplicar el laborioso calculo matricial, que no es más que un gran conjunto de transformaciones lineales, difíciles de resolver manualmente y aplicables a casi cualquier estructura y limitando solo el tiempo de análisis a la capacidad del computador. Pero esto trajo consigo una gran cantidad de tablas de respuestas casi

imposibles de entender para una persona, y que necesita desarrollar una capacidad de análisis digital que escapa de nuestra capacidad humana, no existe una forma fácil y sencilla con este método de poder apreciar diferencias marcadas de inestabilidad, producto por ejemplo, de la rigidez de los elementos que componen el sistema, ni mucho menos como mitigar estos problemas de forma precisa, esto no puede competir con la facilidad de comprensión de los resultados obtenidos por los métodos gráficos de la vieja escuela de la ingeniería estructural. Esto no quiere decir que debemos volver atrás, sino continuar nuestro camino, sin olvidar la historia que nos trajo hasta donde estamos, tal vez las repuestas a nuestros problemas actuales ya fueron resueltas en el pasado.

Objetivos.

- Analizar y comparar del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, en estructuras de plantas regulares e irregulares mediante Elipses de Culmann y otras formas cónicas asociadas.
- Aplicar a estructuras reales, irregulares y regulares en planta, métodos de análisis ya aplicados a modelos simplificados por otros TEG, mediante cónicas asociadas y comparar sus resultados.
- Demostrar, que los métodos de formas cuadráticas utilizados para el análisis, pueden trabajarse en conjunto con los métodos tradicionales de análisis estructural.
- Demostrar, que los métodos de análisis por medio de formas cónicas asociadas pueden ser fácilmente programables en computadora.

Alcances y Limitaciones.

En este TEG se estudian 3 estructuras, 2 de regularidad aparente y 1 irregular. Para todos los modelos se definieron diafragmas rígidos en cada uno de los niveles y se despreció en todo momento el peso propio de cada uno de los elementos del sistema

estructural, así como cualquier otro tipo de carga variable distinta a la fuerza horizontal supuesta y a los momentos aplicados.

Todas las estructuras fueron modeladas en ETABS y la ubicación de todos los centros de rigidez fue proporcionada por el programa, así como los desplazamientos y esfuerzos obtenidos para el desarrollo y comprobación de los métodos de análisis. Considerando siempre que las estructuras se encuentran en rango lineal de los materiales que componen el sistema.

El desarrollo de la aplicación se llevo a cabo en lenguaje Basic y ActiveX, en el programa Visual Basic for Applications (VBA) como complemento de AUTOCAD 2013. La aplicación fue probada en Autocad 2013, Autocad Civil 3D 2013 y Autocad 2009, esta última con una pequeña variación del código, por lo tanto no garantizamos que funcione en otras versiones de AUTOCAD. Esta Aplicación es de código abierto permitiendo al usuario modificarla en cualquier momento y adaptarla a sus necesidades.

2 MARCO TEORICO.

El marco teórico de este TEG se basa en un compendio de conceptos ya desarrollados en otros trabajos de diversas universidades, investigaciones relacionadas en el área y normas consultadas durante la realización de este TEG, que el lector necesita comprender para entender a cabalidad todos los análisis y procedimientos aplicados y en los que se fundamentan todas las conclusiones.

Propiedades Estructurales.

Diafragma Rígido.

Según la Norma Venezolana COVENIN 2004:1998, Terminología de las Normas COVENIN-MINDUR de edificaciones establece un diafragma rígido como: *"Parte de la estructura, generalmente horizontal, con suficiente rigidez en su plano, diseñada para transmitir las fuerzas a los elementos verticales del sistema resistente a sismos"*. La propiedad más importante de los diafragmas es que entre los elementos que lo componen no existen desplazamientos relativos, esto permite distribuir las fuerzas cortantes a cada elemento estructural y compatibiliza las deformaciones.

Centro de Rigidez de un Nivel.

Al consultar Norma Venezolana COVENIN 1756:2001 de edificaciones sismo-resistentes en su capítulo 2 se define el centro de rigidez como: *"Punto del nivel donde al aplicar una fuerza cortante horizontal, el nivel se traslada sin rotar con respecto al nivel inferior"*. Cabe destacar que si al mismo se le aplica un momento, el diafragma rotara pero no se trasladara, lo que ocurre en el caso de torsión pura.

Ejes Principales Plantares de una Estructura.

Los ejes principales de una estructura definen la dirección en la cual al aplicar una fuerza la estructura experimenta una traslación máxima y mínima, estas direcciones

siempre son ortogonales. Toda estructura con un sistema resistente a fuerzas laterales sin importar su configuración posee estos ejes.

Gracias al trabajo realizado en el TEG "*Comparación de edificaciones prismáticas simples o prismáticas múltiples, obtenibles de un prisma de máximo envolvente*" de Glemm Miralles en el año 2004 demuestra que se puede clasificar a las estructuras según como sea su respuesta ante la aplicación de un sismo rotante.

Sistema Isotrópico.

Se definen como: "*Toda edificación que tenga igual respuesta en los desplazamientos y momentos, representados con una circunferencia al aplicar un sismo rotante, además con una torsión nula generada por el sismo rotante.*" Toda estructura perteneciente a este grupo posee una configuración regular en planta, debemos destacar que la regularidad o irregularidad en una planta no depende de la forma que esta presente, sino de la estructuración que posea.

Sistema Ortotrópico.

Se definen como: "*Toda edificación que tenga una respuesta ante el sismo rotante con ejes de distintas longitudes coincidentes con las direcciones principales de los pórticos*" Los sistemas ortotrópicos son sistemas con pórticos ortogonales con distinta rigidez. Un sistema con pórticos ortogonales no garantiza que la estructura entre en esta clasificación ya que la existencia de escaleras, muros estructurales o núcleos de ascensores pueden hacer rotar la dirección de los ejes principales y por ende no existir la coincidencia entre los mismos y la dirección de los pórticos.

Sistema con Ejes Principales Desviados.

Se definen como: "*Toda edificación que las direcciones principales de respuesta no sean coincidentes con las direcciones principales de los pórticos (direcciones de diseño)*" Las estructuras pertenecientes a estos sistemas poseen elementos que alteran la rigidez

en ciertas direcciones los cuales son los que determinan la dirección de los ejes principales.

Existen tres posibles comportamientos a esperarse en una estructura al someterla ante fuerzas laterales, este comportamiento está determinado por la excentricidad que exista entre la fuerza horizontal y centro de rigidez.

Comportamiento Flexional Puro.

Este comportamiento ocurre cuando la fuerza es aplicada en el centro de rigidez, en este caso la fuerza es resistida solo por los elementos coincidentes en la dirección de la fuerza.

Comportamiento Torsional Puro.

Este comportamiento ocurre cuando la estructura es sometida a un momento puro, en este caso la torsión es resistida por la rigidez torsional que esta posea.

Comportamiento Flexo-Torsional.

Es el menos estudiado de los tres y es el comportamiento obtenido bajo una acción sísmica, las fuerzas son resistidas por la rigidez traslacional de estructura tanto como por la rigidez torsional que esta posee. Como afecta este tipo de comportamiento a estructuras reales es uno de los objetivos de este TEG, se presenta una metodología clara y sencilla, con bases de dos décadas de estudios, que busca ser una metodología universalmente aceptable para tratar de entender este fenómeno.

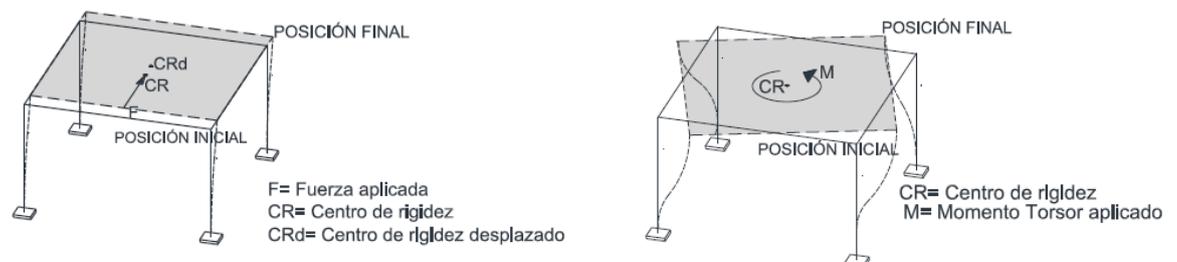


Fig. 2.1 - Comportamiento flexional puro y torsional puro. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

Funciones Estructurales de Respuesta Global.

Las funciones estructurales de respuesta provienen de transformaciones afines del cálculo matricial con los que trabajamos hoy en día para resolver los problemas estructurales, dos décadas de trabajos ya publicados han demostrado que siempre estas funciones están representadas por formas cuadráticas como elipses, rizo, elipsoides, entre otras. Estas funciones de respuesta pueden ser de elementos específicos que componen el sistema estructural o representar una respuesta global de sistema, estas últimas son las utilizadas en este TEG.

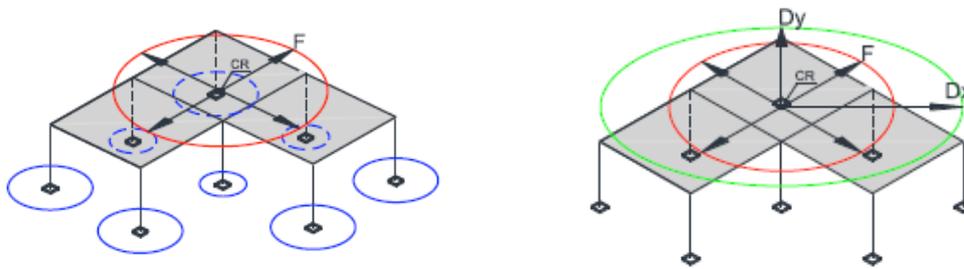


Fig. 2.2 - Funciones de respuesta particular, izquierda. Función de respuesta global, derecha. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistemáticas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

Elipse de Deflexiones.

La Elipse de Deflexiones es el lugar geométrico de todos los desplazamientos que se obtienen al aplicar una fuerza rotante constante en un punto determinado, si este punto corresponde al centro de rigidez se obtendrá entonces La Elipse de Deflexiones del centro de rigidez. Gracias a esta elipse, es posible determinar las direcciones de los ejes principales plantares de una estructura con cualquier configuración, estos coinciden con el eje menor y eje mayor de esta elipse.

La Elipse de Deflexiones es el primer indicador que nos muestra si un edificio posee dos respuestas marcadamente diferentes según sus direcciones principales, esto no es deseable ante un evento sísmico. Esta elipse nos permite clasificar a la estructura

como sistema Isotrópico, Ortotrópico o como Sistema con Ejes Principales Desviados, estructuras en esta última categoría y dependiendo del grado de desviación son diseños poco seguros.

La determinación de la elipse es bastante sencilla debido a la afinidad que existe con la función que corresponde a la fuerza rotante, esta afinidad es tratada en detalle en el TEG "Orientación y magnitud de las fuerzas axiales sísmicas en edificios sometidos a fuerzas sísmicas rotantes" Realizado por Elizabeth Müller y Manuela Sáenz en el año 2009 en la UNIMET. Se basa en la conservación de los ejes conjugados entre las dos funciones, por lo tanto al obtener los desplazamientos producidos por dos fuerzas perpendiculares (Ejes conjugados de la circunferencia de fuerza) se obtendrán dos ejes conjugados de la elipse de deflexiones, puntos suficientes para determinar la geometría de toda la cónica.

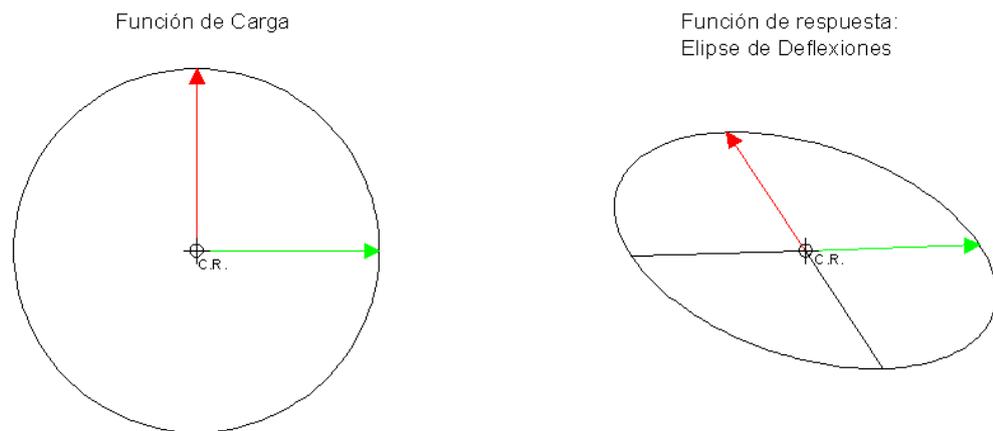


Fig. 2.3 – Representación gráfica de la relación entre la función de carga y la Elipse de Deflexiones.

La elipse de deflexiones mediante un procedimiento sencillo permite conocer la relación que existe entre la dirección de aplicación de la fuerza y la dirección y magnitud del desplazamiento obtenido, esta relación la llamamos compatibilidad de deformaciones.

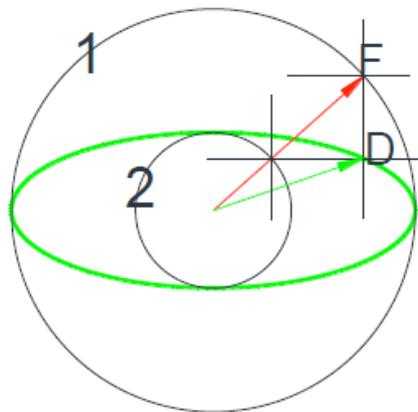


Fig. 2.4 – Compatibilidad de Deformaciones. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

El procedimiento es bastante sencillo y consiste en trazar dos circunferencias una de diámetro igual al eje menor (Circunferencia 2) y otra de diámetro igual al eje mayor (Circunferencia 1), luego trazar la dirección de la fuerza y trazar paralelas a los ejes mayor y menor de la elipse por los puntos de corte de la recta dibujada en la dirección de la fuerza y las dos circunferencias, en el punto que se intercepten las paralelas que pertenezca a la elipse (Punto D) al unirlo con el centro de la misma indicará la dirección del desplazamiento asociado a la fuerza dada.

Curva de Booth.

La Curva de Booth representa el lugar geométrico de la pedal de una elipse, un punto correspondiente a una pedal de una elipse se obtiene al intersectar la tangente a una elipse con la perpendicular que pasa por el centro de la misma, esta curva cumple con la siguiente ecuación:

Ecuación en coordenadas cartesianas:

$$a^2 * x^2 + \varepsilon * b^2 * y^2 = (x^2 + y^2)^2 \quad [E-1]$$

Ecuación en coordenadas polares:

Donde: $\varepsilon = 1$ para Ovalos.

[E-2]

$$\rho^2 = a^2 * (\cos(\theta))^2 + \varepsilon * b^2(\sin(\theta))^2 \quad \varepsilon = -1 \text{ para Lemniscatas.}$$

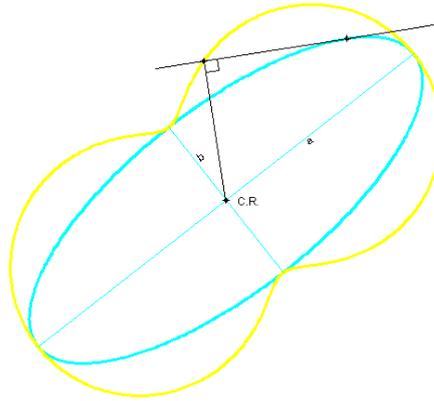


Fig. 2.5 – Representación gráfica de la Curva de Booth con relación b/a = 0.39 a partir de la elipse de deflexiones.

El Ovalo de Booth permite reconocer fácilmente si una estructura posee un comportamiento flexional regular o no, tomando como valor límite la relación b/a = 0.7, la cual se conoce como Capacidad Flexional. Para relaciones menores a este valor la curva deja de ser un ovalo y se convierte en lo que llamamos un frijol.

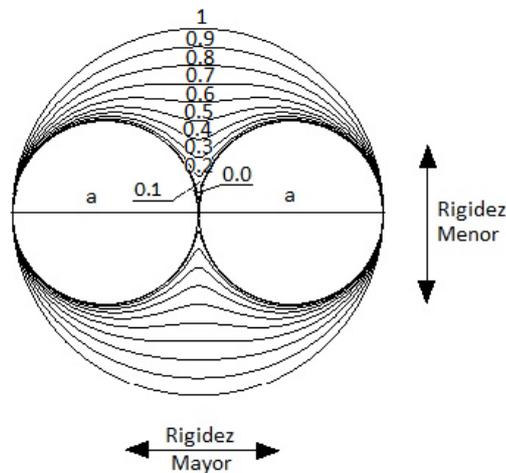


Fig. 2.6– Distintas Relaciones a/b para La Curva de Booth. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

Elipse de Rigidez.

La Elipse de Rigidez representa el lugar geométrico de la rigidez lateral direccional de la estructura para un nivel particular, depende de la rigidez traslacional que posea la planta y por esto tiene unidades [F/L].

Para determinar la Elipse de Rigidez solo se debe dividir la fuerza aplicada al centro de rigidez por el desplazamiento obtenido en dicha dirección, por lo tanto al aplicar esta relación a los ejes principales de la elipse de deflexiones, por ser funciones afines de escalado variable se obtendrán los valores de modulo y dirección del eje mayor y menor de la elipse de rigidez.

$$A'_{11} = \frac{F}{\delta_y} \quad [E-3]$$

$$A'_{22} = \frac{F}{\delta_x} \quad [E-4]$$

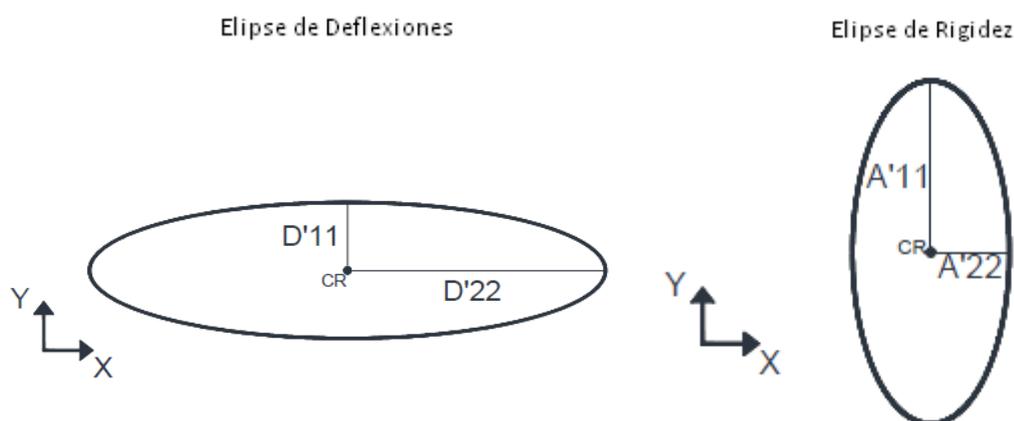


Fig. 2.7 – Elipse de Rigidez obtenida a partir de la Elipse de Deflexiones. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

La determinación de esta elipse deja en evidencia las diferencias de rigidez traslacional lateral en todas las direcciones, es de gran ayuda para la optimización de estructuras que busca una repartición equitativa de esfuerzos entre todos los miembros que componen el sistema estructural.

Elipse de Culmann.

La Elipse de Culmann o Elipse de Radios de Giro, representa el lugar geométrico, por medio de relaciones polo-polar, de todos los posibles centros instantáneos de rotación que experimenta la planta al aplicar una fuerza excéntrica con respecto al centro de rigidez. Esta elipse posee unidades de longitud al igual que La Elipse de Deflexiones. Esta cónica cumple con la correlación de polaridad para la cual si tengo dos cantidades en las que el producto de ellas es igual al cuadrado de una tercera cantidad se estará cumpliendo con esta correlación.

La torsión es inevitable ante un evento sísmico debido a la incidencia que este tiene sobre la estructura, además son inevitables las asimetrías de masas en una edificación, por lo tanto si una estructura es regular en planta no podrá escapar de este problema. Una forma de atacar la torsión es suponer que el Centro de Rigidez es invariante de cada diafragma que compone el sistema estructural. Al producir cambios virtuales en la posición del centro de masas de cada piso, permite conocer como afecta esta variación a todos los miembros de la edificación, recordando que el sismo se traduce en fuerzas que se ejercen en los centros de masa de cada nivel.

Para determinar esta elipse primero es necesario hallar la rigidez torsional de la planta, la cual cumple con la siguiente ecuación:

$$Rt = \frac{m}{\theta}; \text{ Donde m: momento aplicado para obtener un giro } (\theta) \text{ en radianes.}$$

[E-5]

Luego para determinar los ejes de esta elipse se debe aplicar las siguientes ecuaciones:

$$\rho'_{11} = \sqrt{\frac{Rt}{A'_{22}}} \quad [E-6]$$

$$\rho'_{22} = \sqrt{\frac{Rt}{A'_{11}}} \quad [E-7]$$

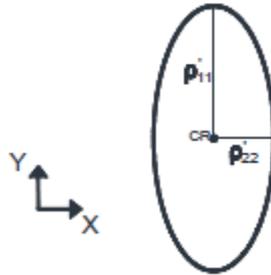


Fig. 2.8 – Elipse de Culmann obtenida a partir de la Elipse de Deflexiones de la fig. 2.6. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

Relaciones Polo-Polar de la Elipse de Culmann.

La relación polo-polar de una cónica no es más que una correlación entre puntos y rectas. Esta relación nos permite conocer los centros instantáneos de rotación (Anti-Polo) de una planta al aplicar una fuerza (Polar). Todo polo tiene un anti-polo los cuales son simétricos con respecto al centro de la cónica (Centro de rigidez).

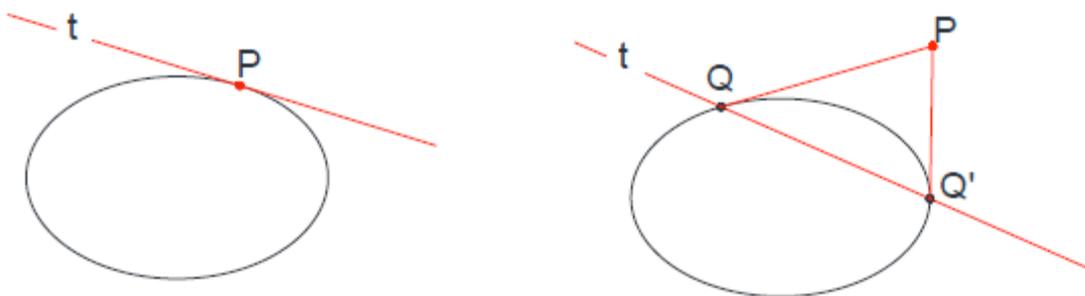


Fig. 2.9 –Polar t de un punto P. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

En la figura 2.9 del lado izquierdo muestra que la polar de un punto perteneciente a la cónica es igual a la tangente que pasa por dicho punto, mientras que la figura del lado

derecho muestra la recta polar de un punto P externo a la cónica, para este caso se deben trazar tangentes a la elipse que pasen por el punto P y unir los puntos de tangencia.

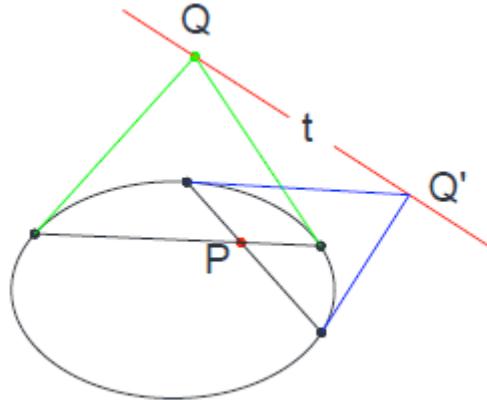


Fig. 2.10 –Polar t de un punto P interno a la elipse. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistemáticas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

La figura 2.10 muestra que para el caso de que el punto P se encuentre dentro de la elipse será necesario trazar dos secantes que pasen por el punto P y luego trazar tangentes a la elipse por los puntos de intersección, al trazar tangentes a la elipse estas se intersectan en los puntos Q y Q', estos dos puntos definen la Recta Polar de P.

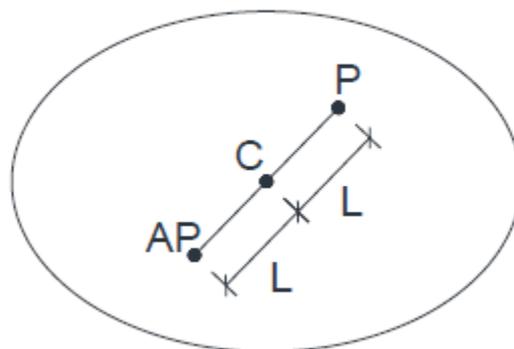


Fig. 2.11 – Relacion Polo-Antipolo. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistemáticas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

La Figura 2.11 muestra el anti-polo AP del polo P, como se dijo anteriormente este punto AP representa el Centro Instantáneo de Rotación de una planta para una fuerza en la dirección de la Recta Polar del polo P. Esta propiedad se puede utilizar para verificar que se halla calculado correctamente la Elipse de Culmann.

Hemos hablado de definiciones puramente geométricas, pero ¿Cómo nos ayuda esto en el diseño estructural? Hasta ahora podemos considerar como ciertas estas afirmaciones:

- El Centro de Rigidez es una invariante de cada diafragma que compone el sistema estructural.
- Toda estructura en todos sus niveles posee dos direcciones principales cuya orientación es determinable sin importar su configuración.
- Las direcciones de los ejes principales de la Elipse de Culmann dependen de la configuración del sistema estructural (Inercia Areal de miembros, Inercia Másica, Masa, Rigidez Flexional y Rigidez Torsional)
- Existe un centro de masa en cada nivel al cual asumir como el punto de acción de la fuerza sísmica.

Considerando las afirmaciones anteriores estudiaremos como afecta un pórtico la aplicación de una fuerza excéntrica con respecto al centro de rigidez.

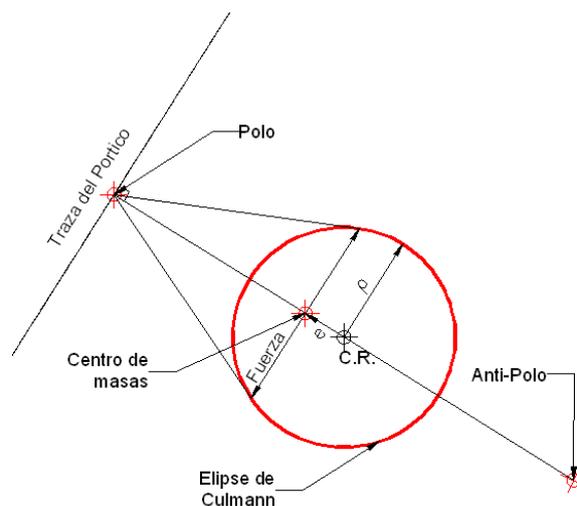


Fig. 2.12 – Elipse de Culmann Aplicación.

Para evaluar el pórtico debemos trazar una perpendicular a la traza del mismo que pase por el centro de rigidez, el punto de intersección entre las rectas será el polo, y el punto opuesto será el anti-polo, que determinara el centro instantáneo de rotación para una fuerza en la dirección de la recta polar, como podemos observar en la figura 2.12, esta fuerza tiene una excentricidad (e) con respecto al C.R., esta cantidad e y la distancia que existe entre el C.R y el polo (c) multiplicadas dan como producto el cuadrado de una tercera cantidad ρ , por argumentos geométricos se demuestra que esto es una elipse construida por correlaciones polares.

Núcleo Central de Torsión.

Al evaluar un pórtico periférico de una planta, la traza del pórtico opuesto, si existe, contendrá en ella el CIR, por lo tanto estará sometido al mínimo esfuerzo cortante producto de la fuerza excéntrica, esta sería la excentricidad máxima recomendada que debemos tolerar ya que si existe una mayor, el CIR se desplaza provocando en el pórtico que contenía al anti-polo desplazamientos opuestos al pórtico que contiene al polo, lo cual representa una carga adicional sobre los demás pórticos que debemos considerar para un correcto diseño. Todos los puntos de aplicación de la carga sísmica que generen esta condición (Puntos que se desplacen en dirección de la fuerza) definen el Núcleo Central de Torsión.

Los pórticos que se encuentren dentro de este NCT tendrán un factor de sobre-diseño que se denomina Factor de Amplificación Torsional (FAT) igual o menor a 2, esto ha sido demostrado en trabajos anteriores. El FAT es la relación que existen entre el esfuerzo obtenido por una fuerza excéntrica y el esfuerzo obtenido si la excentricidad es 0 (Centro de masa coincide con el C.R.).

Para determinar el NCT asociado a la Elipse de Culmann, se debe trazar una perpendicular a la traza de un pórtico periférico que pase por el centro de rigidez de la planta, esto genera un punto de intersección (Polo) por el cual se deben trazar dos tangentes a la Elipse de Culmann, estos puntos de tangencia definen la Recta Polar para la

cual al aplicar una fuerza en esa dirección se produzca un FAT = 2 en el pórtico evaluado, se debe repetir el procedimiento para todos los pórticos periféricos, al unir todas las polares se obtendrá el NCT.

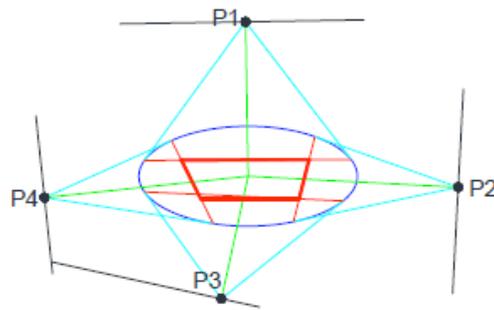


Fig. 2.13 – Núcleo Central de Torsión. Imágenes extraídas del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares." (2011).

Elipse, Definición y Teoremas de Apolonio.

A continuación se definen algunos conceptos y teoremas utilizados en el proceso de programación.

Elipse.

La definición de la elipse es la siguiente "Es el lugar geométrico de los puntos tales que la suma de dos puntos fijos, los focos, es una constante dada equivalente a la longitud del semieje mayor de la elipse." Para la cual tenemos la siguiente ecuación:

$$PF1 + PF2 = 2a \quad [E-8]$$

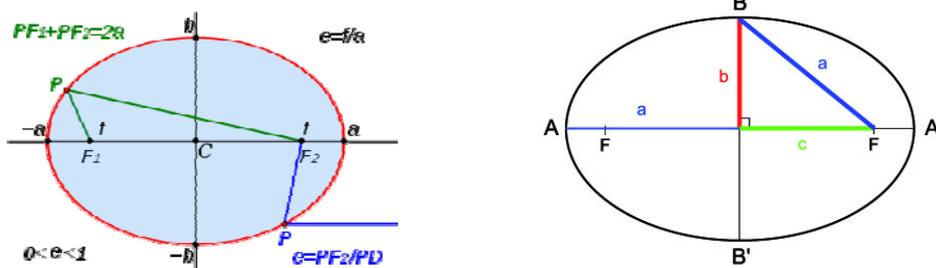


Fig. 2.14 – La Elipse y algunas propiedades matemáticas. –

Teoremas de Apolonio.

Apolonio de Perga conocido como "El Gran Geómetra" expreso en su libro *Secciones Cónicas* "La suma de los cuadrados de dos diámetros conjugados en una elipse (la diferencia, en el caso de la hipérbola) es constante e igual, por tanto, a la suma de los cuadrados de los ejes"

$$a'^2 + b'^2 = a^2 + b^2 \quad [E-9]$$

Además de considerar la elipse como una proyección de la circunferencia, Apolonio concluyo que el paralelogramo construido sobre los dos diámetros conjugados a' y b' es la proyección de un cuadrado dibujado sobre una circunferencia sobre los dos diámetros homólogos perpendiculares, por lo tanto el área de ambos es constante, para lo cual tenemos:

$$a' * b' * \sin(\theta) = a * b \quad [E-10]$$

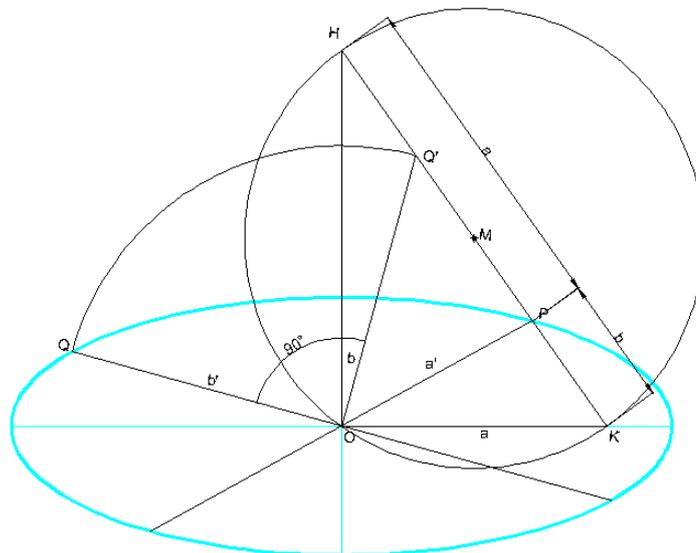


Fig. 2.15 –Demostración Grafica de los Teoremas de Apolonio.

La figura 2.15 muestra la construcción de una elipse a partir de los teoremas de Apolonio anteriormente mencionados, demuestra que es posible la construcción gráfica de la cónica considerando que en toda elipse es constante la suma de los cuadrados de dos diámetros conjugados, así como el área del paralelogramo construido sobre ellos.

¿Por qué VBA y Autocad como entornos para el proceso de programación?

Autocad es uno de los programas más utilizados actualmente por los ingenieros y arquitectos en todas las etapas de diseño de un proyecto y ha demostrado ser una herramienta rápida y precisa para la creación de las cónicas usadas en los métodos de análisis de los últimos años de la investigación, cuenta con una arquitectura abierta que permite la personalización de su interfaz y el desarrollo de aplicaciones para realizar tareas específicas. Además los programas más populares de cálculo estructural permiten la importación e exportación de modelos a AutoCAD lo que sin duda al crear la aplicación permitirá dibujar las cónicas directamente sobre la planta que desee el investigador. Esto fue motivo suficiente como para que los autores de este TEG se plantearan la posibilidad de desarrollar un aplicación bajo este entorno.

Autocad permite su personalización a través de diversos lenguajes de programación entre los cuales por su simplicidad y con la posibilidad de desarrollar el programa desde la misma etapa de diseño destaca Visual Basic for Applications (VBA), además de compartir gran parte de las características del Visual Basic estándar, con algunas limitaciones. Debemos destacar que VBA solo opera en modo interprete por lo cual no es capaz de crear archivos ejecutables.

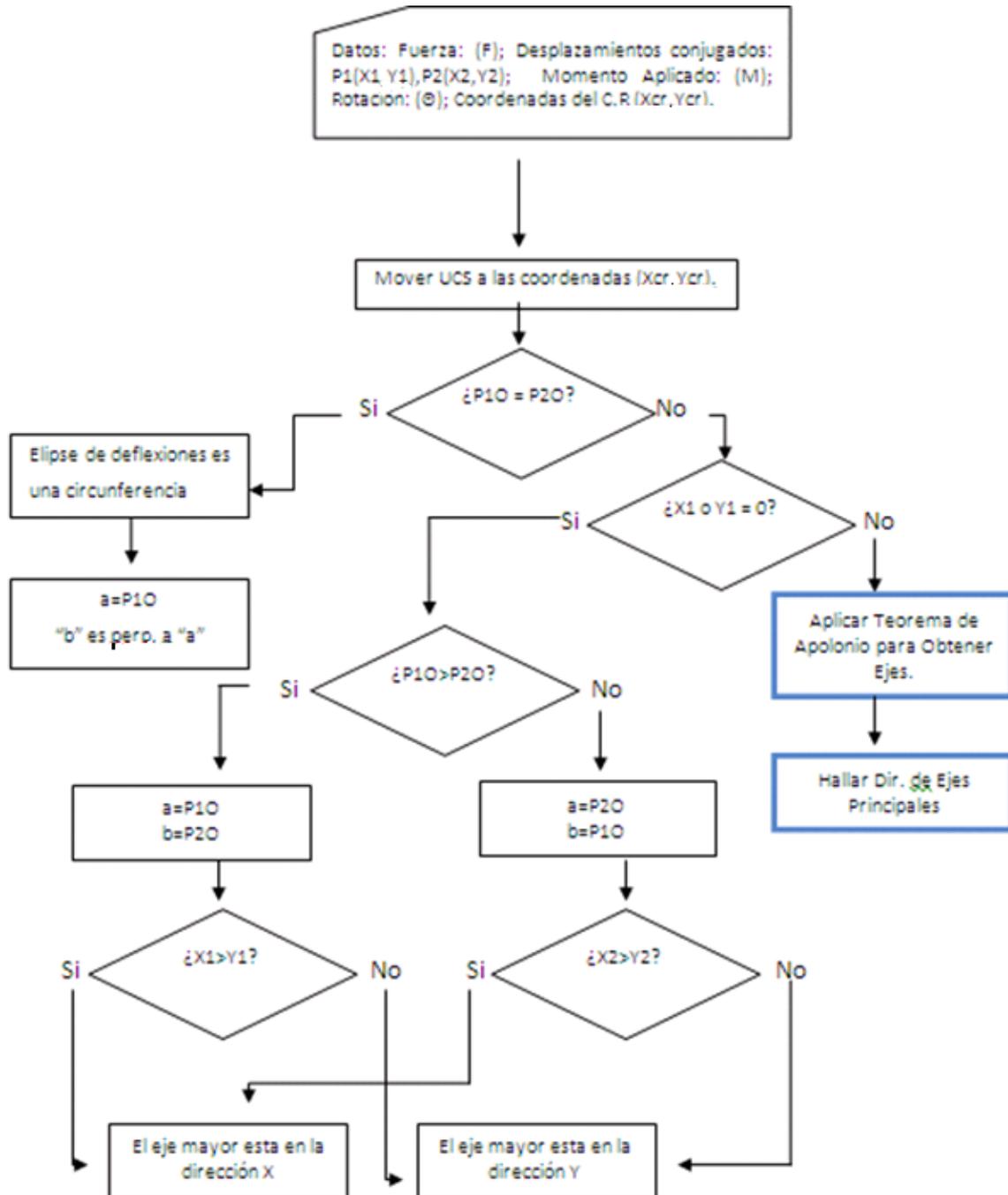
Se ha demostrado en trabajos anteriores que los métodos de análisis mediante el uso de cónicas asociadas pueden ser programables, pero hasta ahora no se había desarrollado un programa que realmente lo demuestre, por lo tanto sentimos la necesidad de realizar este programa de código abierto, explicando paso a paso el proceso de programación que permitirá su modificación en investigaciones futuras, permitiendo añadir las curvas a las cuales se les encuentre alguna utilidad y que reducirá

indiscutiblemente los tiempos de análisis, ya que el trazado de las curvas se hará prácticamente de forma automática.

3 MARCO METODOLÓGICO

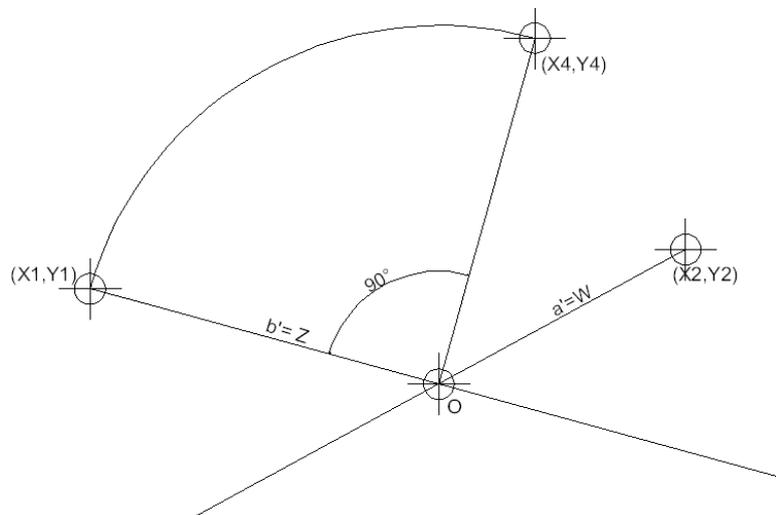
Proceso de Programación.

Para el desarrollo del programa se elaboraron los siguientes diagramas de flujo.

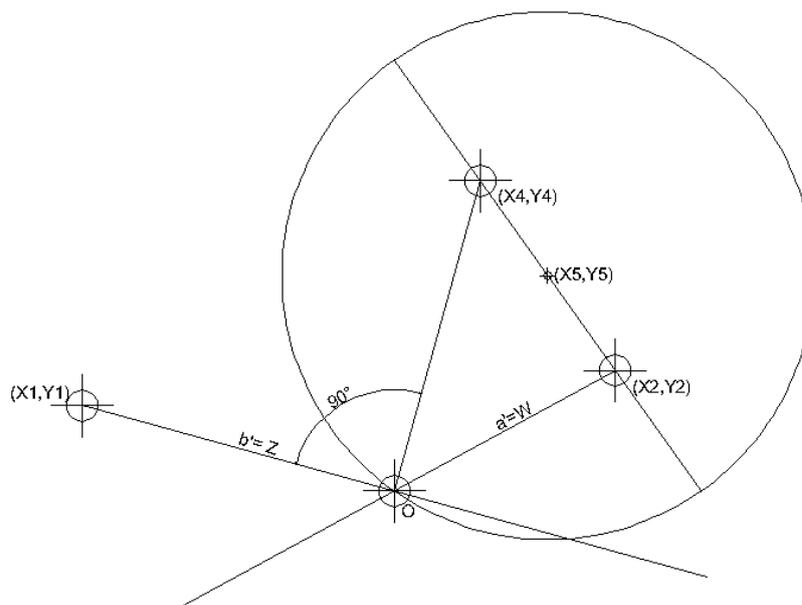


Teoremas de Apolonio
para obtener ejes de la
Elipse de Deflexiones

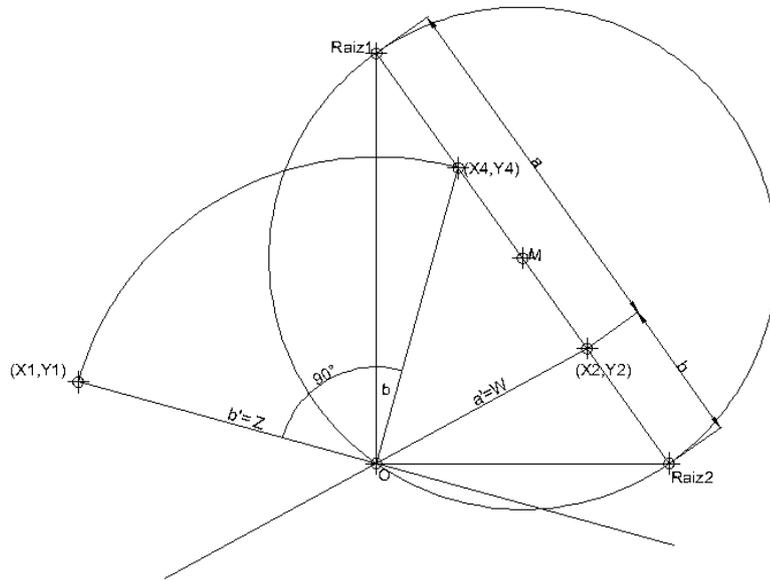
- 1) Trazar una recta perpendicular a OP_1 e intersectar dicha recta con una circunferencia de radio b' , se obtiene el punto $P_4(X_4, Y_4)$



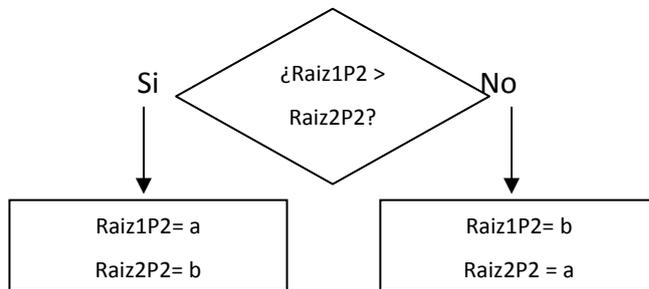
- 2) Trazar una recta con dirección P_4P_2 y ubicar su punto medio $P_5(X_5, Y_5)$, luego trazar una circunferencia de radio P_5O



3) Intersectar la recta P4P2 con la circunferencia de radio P5O



4) Por medio de un proceso iterativo se puede determinar la magnitud del eje mayor y del eje menor.



5) Las direcciones de los ejes principales será ORaiz1 y ORaiz2. Hasta este punto no se puede determinar la dirección que corresponde a cada eje.

Hallar Dir. de Ejes Principales

La dirección que corresponde a cada eje se determina gracias a la ecuación de la elipse [E-8]

$$PF1 + PF2 = 2a$$

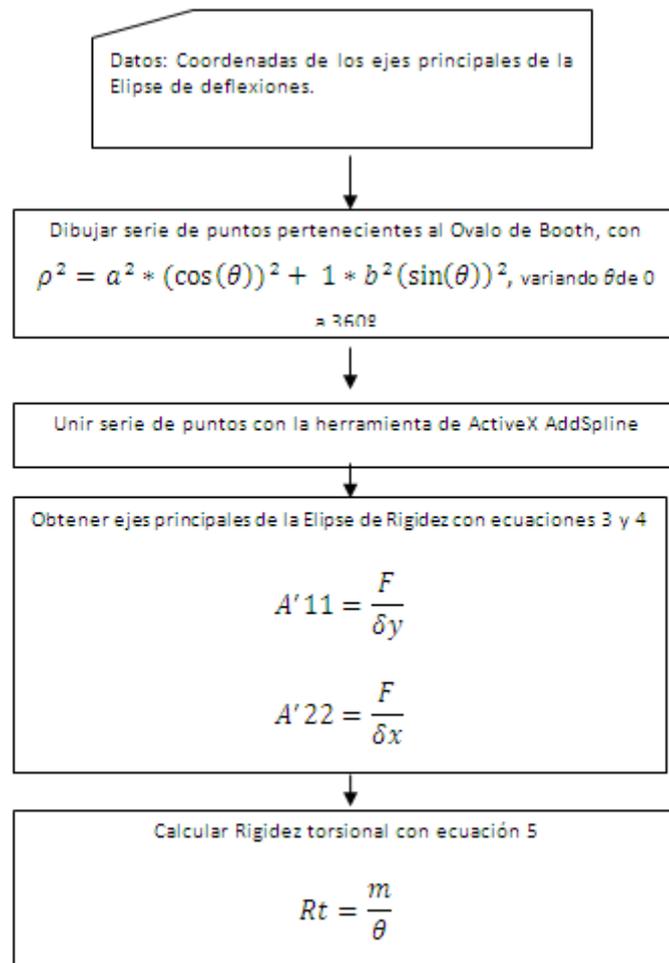
[E-8]

La obtención de los ejes se hace por un proceso iterativo, en el cual se supone una dirección del eje mayor ORaiz1, se calculan las coordenadas supuestas de los focos y se verifica que se cumpla con la ecuación 8, para los puntos que pertenecen a los ejes conjugados, si cumple con la ecuación, la dirección supuesta es la correcta, si no cumple, entonces la dirección del eje mayor será ORaiz2.

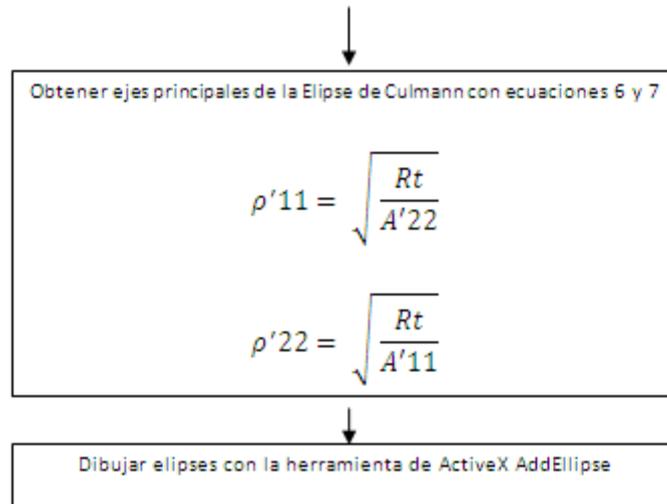
Es evidente que para ciertas posiciones de la elipse se producirán indeterminaciones matemáticas, pero esto se resolverá con una serie de condicionales en el código. Este se encuentra desarrollado en el Anexo I.

Hasta este punto el problema matemático para la obtención de La Elipse de Deflexiones está resuelto, ahora para dibujar la elipse se hará uso de una herramienta conocida como ActiveX que permite manipular AutoCAD mediante programación, para dibujar una elipse con esta herramienta es necesario ubicar el centro de la misma, la dirección del eje mayor y la relación de radios, todos estos parámetros ya estarán determinados y por lo tanto será posible dibujar La Elipse de Deflexiones.

Una vez obtenida la Elipse de Deflexiones se puede obtener fácilmente las otras curvas siguiendo el siguiente diagrama de flujo:



TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."



Como Instalar el Programa.

Para facilitar el acceso al programa se creó un menú, para cargarlo se debe escribir en la línea de comando *Menuload*, se abrirá una ventana similar a la siguiente:

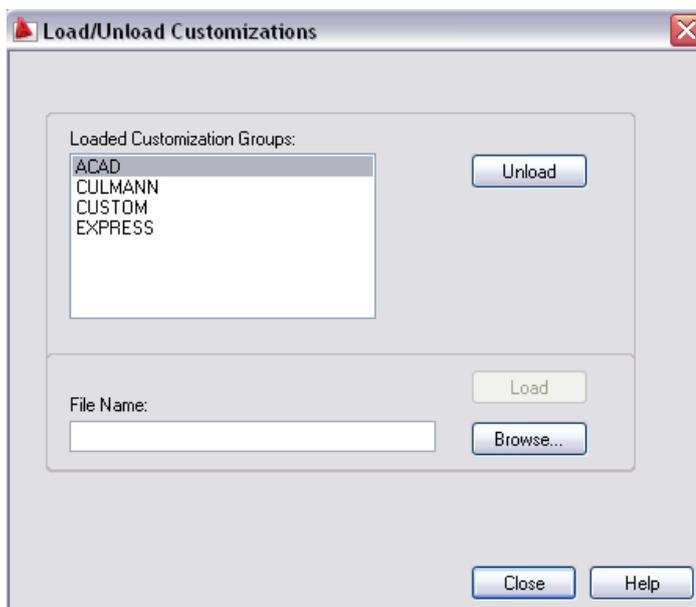


Fig. 3.1 –Ventana emergente Load/Unload Customizations.

TEG: “Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas.”

Al seleccionar *Browse...*, se abrirá una ventana en la cual se debe buscar (en el CD anexo a este TEG) el archivo que se desea cargar, se debe ubicar el archivo *MenuElipsesDeCulmann.mnu*, luego se debe hacer clic en el botón *Load*.

En la barra de herramientas de Autocad aparecerá el menú llamado Culmann, como el que se muestra en la figura 3.2

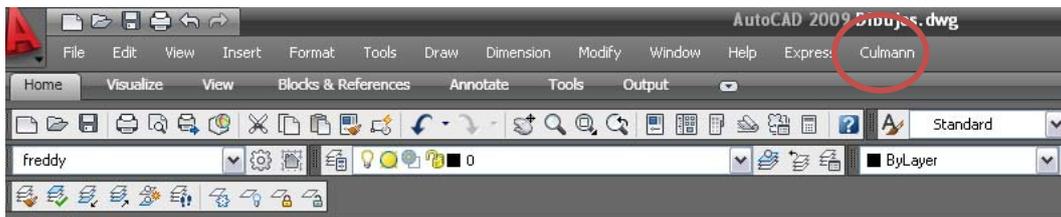


Fig. 3.2 –Menú Culmann, Barra de Herramientas.

Al hacer clic en el menú *Culmann* se debe seleccionar *Cargar Programa*, se abrirá una ventana en la cual se debe ubicar el archivo *AnalisisCulmann1.2* (En el CD anexo a este TEG) y hacer clic en el botón *Load*. Con esto ya se ha instalado el programa.

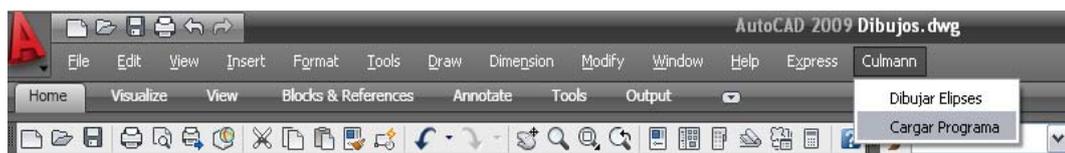


Fig. 3.3 –Sub menú Culmann.

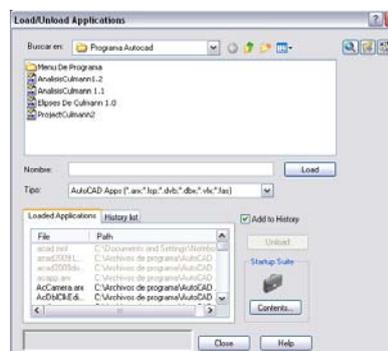


Fig. 3.4 –Cargar Programa.

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

Este último procedimiento se debe hacer cada vez que se cierre AutoCAD por completo.

Se recomienda copiar los archivos que contienen el programa en la ruta donde se encuentra instalado el AUTOCAD, de esta forma la computadora guardara la ruta de acceso al mismo y no será necesario insertar el CD para cargar el programa.

Como Utilizar el Programa.

Para abrir el programa se debe hacer clic en el sub menú *Dibujar Elipses* del menú *Culmann* previamente cargado, se abrirá una ventana similar a la de la figura 3.5. Se debe hacer clic en *Run*.

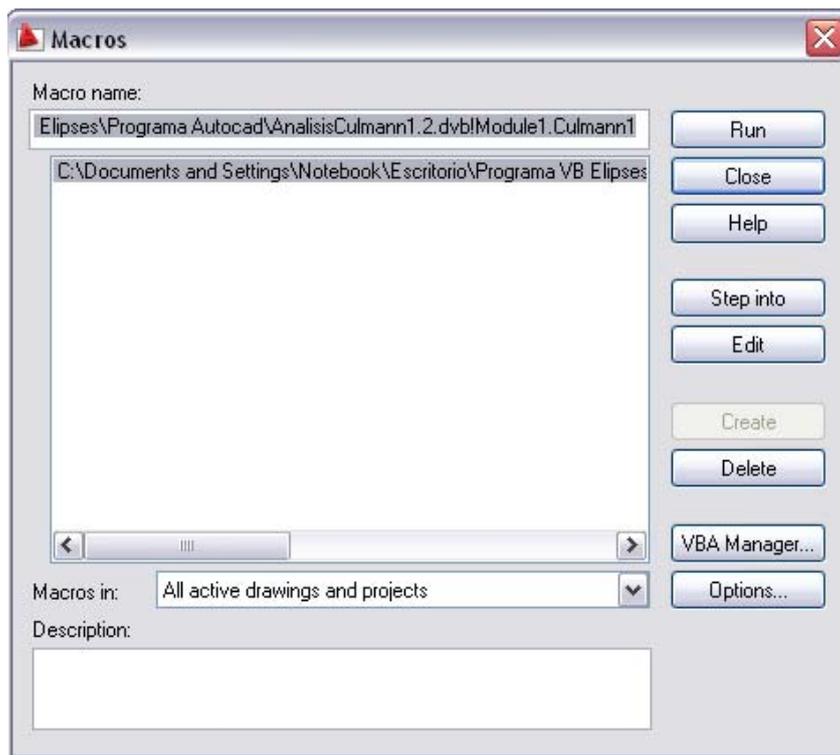


Fig. 3.5 –Ejecutar Programa.

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

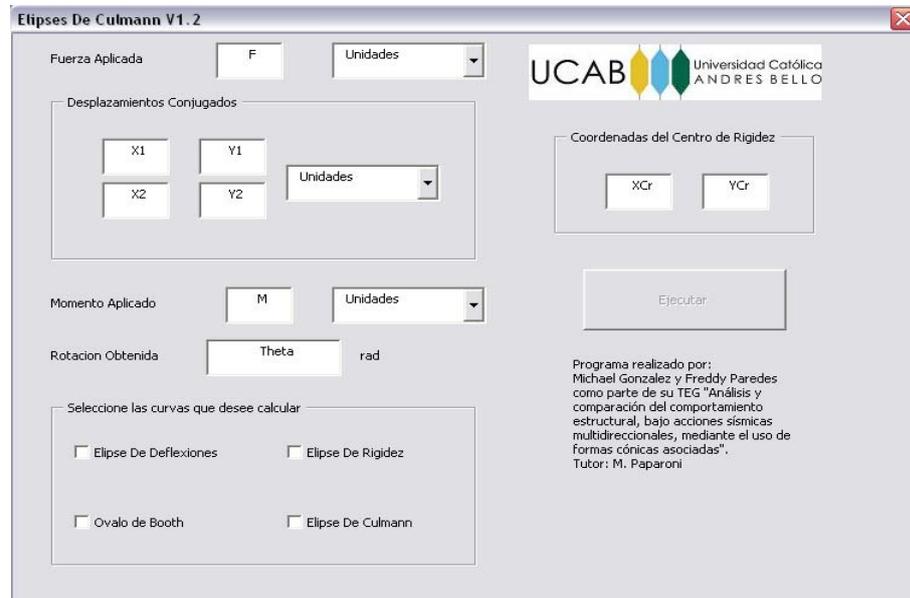


Fig. 3.6 –Ventana Principal Programa.

Usar el programa es bastante sencillo solo de deben llenar los campos solicitados y seleccionar las unidades en las que se encuentran los datos suministrados, luego se debe hacer clic en las elipses que el usuario desea calcular y hacer clic en Ejecutar.

El programa generara una capa distinta para cada curva y el usuario podrá ocultarla si lo desea desde el menú Layer de AutoCAD. Los resultados mostrados están en cm y por lo tanto en esta unidad deben ser importadas y dibujadas las plantas de las estructuras en AutoCAD.

Modelos Analizados

En este TEG se analizaron 3 modelos, dos estructuras de regularidad aparente en planta, pero irregulares en elevación, suministrados por una oficina de cálculo estructural y un tercer modelo irregular en planta el cual es un modelo simplificado. El trazado de las curvas se realizo con el programa *Análisis Culmann v1.2* desarrollado por los autores de este TEG, verificando las elipses de forma manual, garantizando la funcionalidad de programa y demostrando que realiza los cálculos de forma correcta. Los cálculos de los

C.R y los desplazamientos se realizó con el programa ETABS. Los planos estructurales de todos los modelos 1 y 2 se encuentran en el CD anexo de este TEG.

Modelo 1

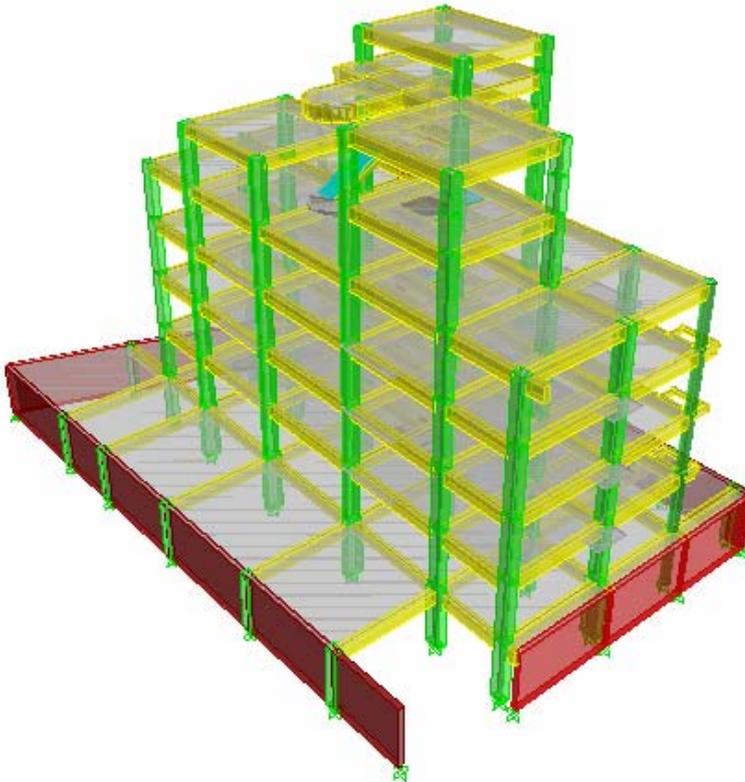


Fig. 3.7 –Modelo 1 vista 3D.

Este modelo es una estructura aporricada, con la mayoría de sus pórticos principales ubicados de forma ortogonal, cuenta con muros estructurales en el nivel PB y un cambio considerable de la planta al pasar del nivel PB a P1, este tipo de cambio es muy común en el diseño estructural de edificios que posean sótanos.

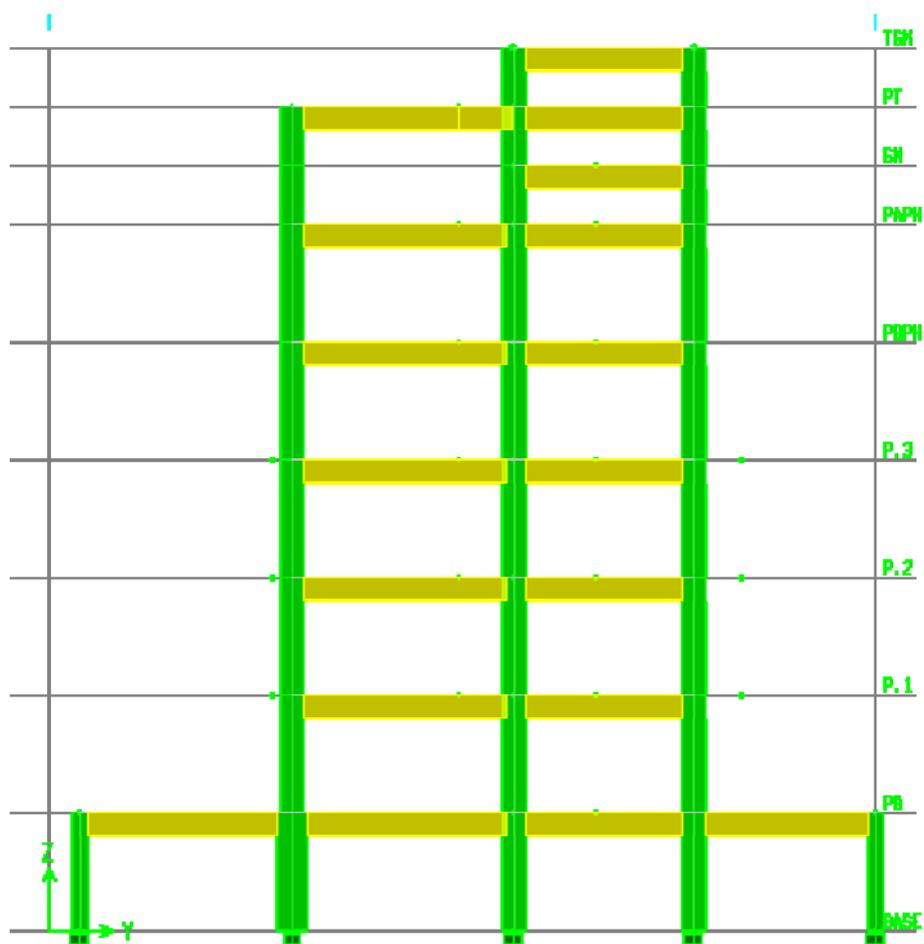


Fig. 3.8 –Modelo 1 Corte.

Modelo 2

El modelo 2 es una estructura aporticada, con pórticos principales en dirección ortogonal conformada por 11 niveles, de los cuales 2 son sótanos con muros estructurales como se puede observar en la figura 3.9.

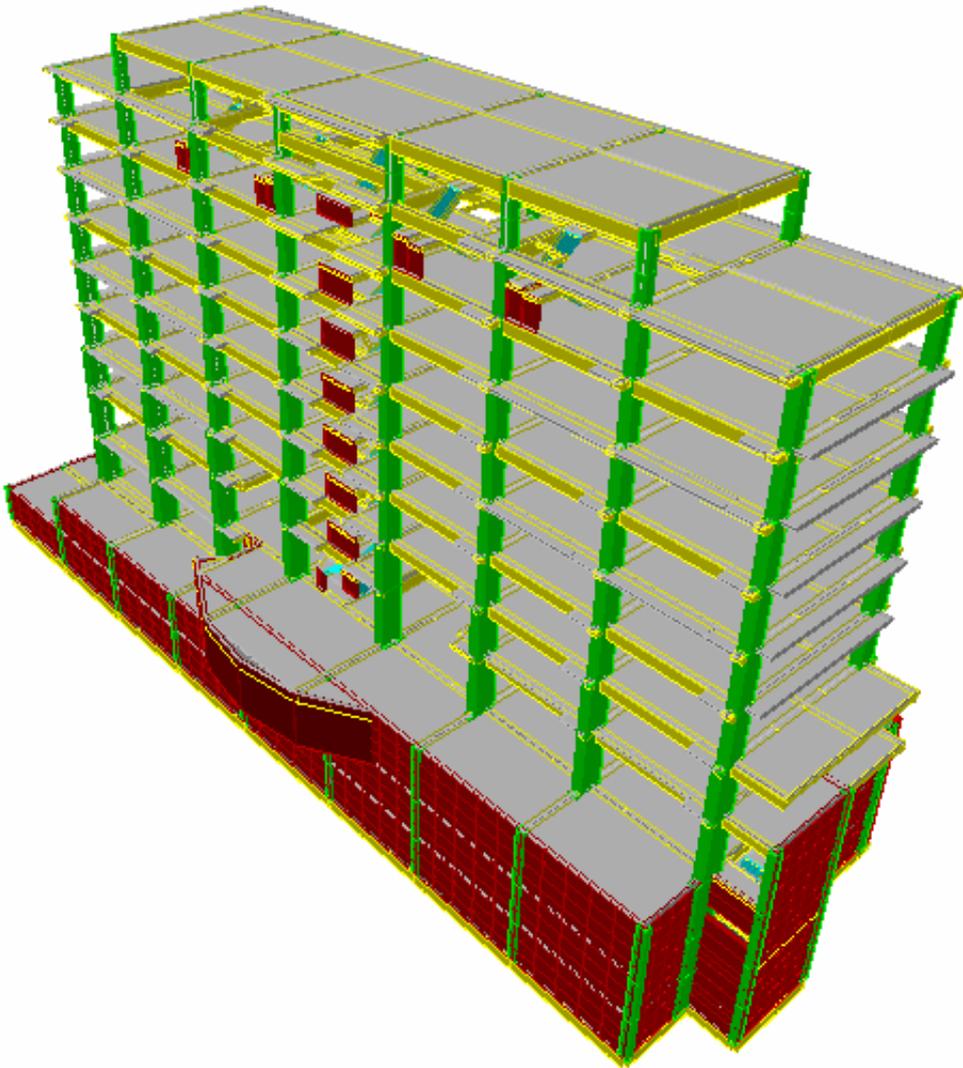


Fig. 3.9 –Modelo 2 Vista 3D.

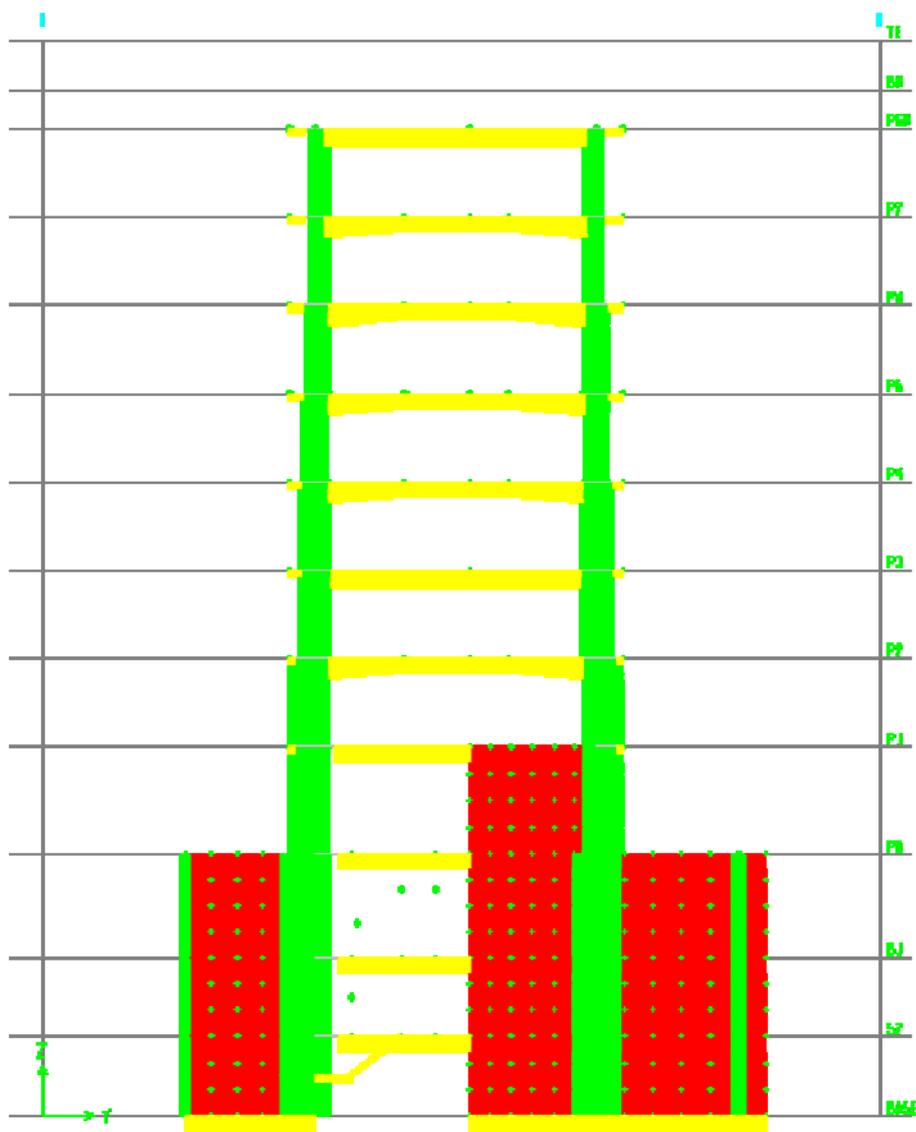


Fig. 3.10 –Modelo 2 Corte.

Modelo 3

El modelo 3 es una estructura de irregular en planta aporticada, es un modelo simplificado, elaborado con materiales y secciones que posee ETABS por defecto, posee muros estructurales. Se analizó con el objetivo de ubicar una escalera de forma tal, que mejore el comportamiento torsional de la misma.

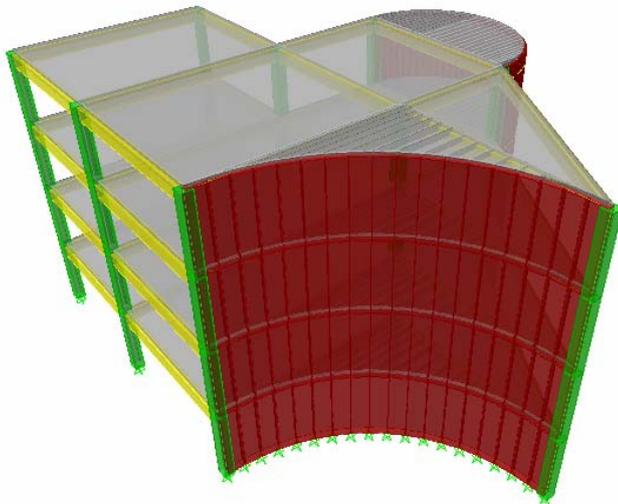


Fig. 3.11 –Modelo 3 Vista 3D.

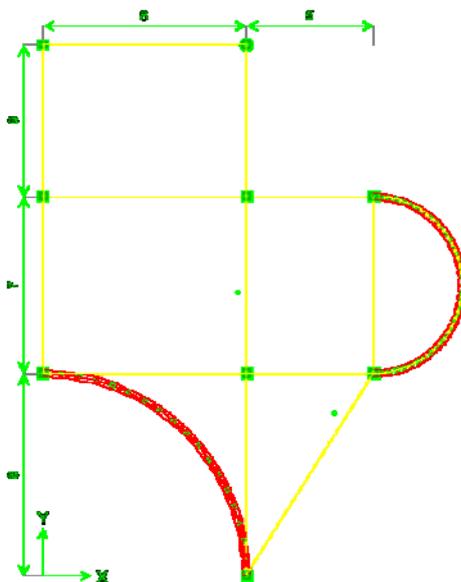


Fig. 3.12 –Modelo 3 Vista Planta. Medidas en metros.

Modelo 3 Optimizado

Optimización propuesta del modelo 3, al ubicar una escalera en caracol con muros estructurales unida a la estructura, con el objetivo de aumentar la rigidez en esa dirección.

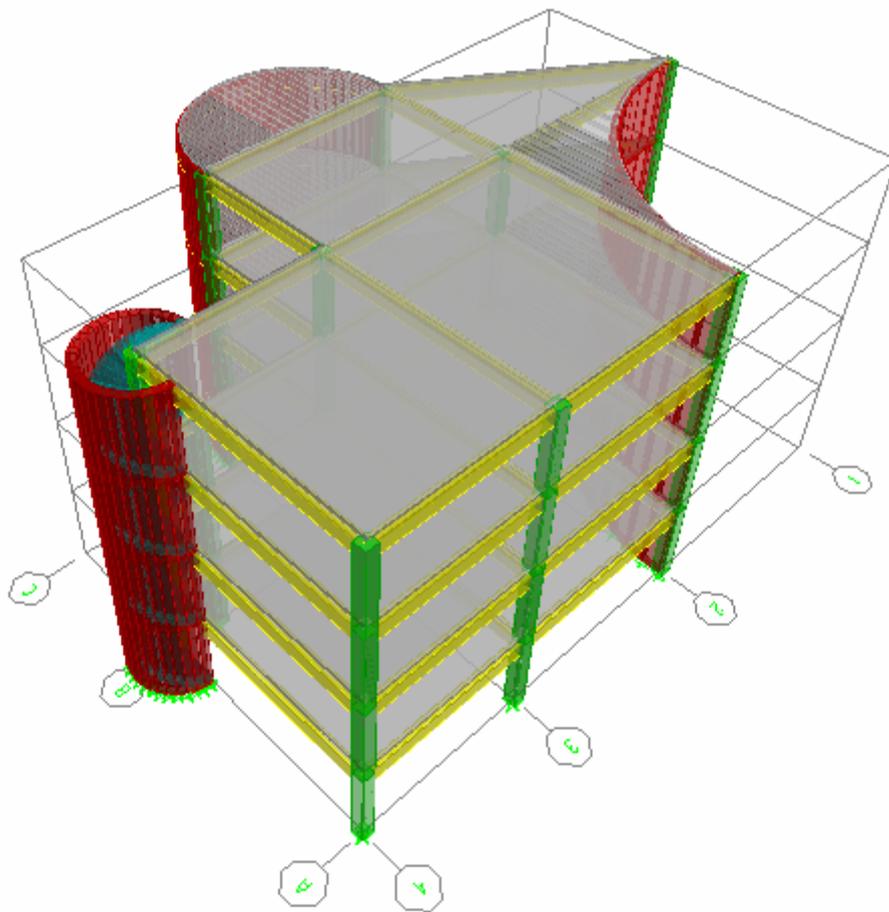


Fig. 3.13 –Modelo 3 Optimizado.

Una vez determinado el C.R. de todos los modelos, se procederá a aplicar en los mismos dos fuerzas ortogonales no simultáneas de 10 000 t para obtener los desplazamientos conjugados pertenecientes a la Elipse de Deflexiones, luego se aplicara

un momento en el C.R de 10 000 t · m para obtener la rotación de la planta. Estos datos se introducirán en el programa *Análisis Culmann v1.2* para obtener las cónicas y el Ovalo de Booth.

4 ANALISIS DE RESULTADOS

Desplazamientos, Rotaciones y Centros de Rigidez

Los siguientes resultados se obtienen al aplicar fuerzas de 10 000 t y momentos de 10 000 t·m.

Modelo 1

PISO	XCR [cm]	YCR [cm]	Num PTO.	Fuerza dir. X		Fuerza dir. Y		e [rad]
				UX [cm]	UY[cm]	UX [cm]	UY [cm]	
PB	1553.82172	1014.62855	3400	0.1796	-0.0385	-0.0385	0.2934	8.3207E-06
P1	1683.76943	1035.73246	3402	15.1495	-0.1303	-0.1303	14.2786	0.002034038
P2	1693.03575	1047.9151	3403	39.6139	-0.3365	-0.3365	38.2472	0.005370228
P3	1698.82834	1055.27762	3404	65.7539	-0.6471	-0.6471	65.1068	0.008925302
PBPH	1704.86971	1061.10494	3405	93.4695	-0.9377	-0.9377	94.5995	0.012636133
PAPH	1707.87068	1029.02329	3406	129.962	-1.4798	-1.4798	136.1271	0.020563401
SM	1749.50012	1035.9665	3407	NO EVALUADO				NO EVALUADO
PT	1798.88643	1055.54913	3408	190.7983	-1.9503	-1.9503	205.0867	0.037423435
TSM	1827.41117	1107.29617	3409	NO EVALUADO				NO EVALUADO

Modelo 2

PISO	XCR [cm]	YCR [cm]	Num PTO.	Fuerza dir. X		Fuerza dir. Y		e [rad]
				UX [cm]	UY[cm]	UX [cm]	UY [cm]	
S2	3994.143	972.171	1265	0.0874	-0.0031	-0.0031	0.1515	1.5829E-06
S1	5586.802	254.736	1344	0.2397	0.015	0.015	0.6142	1.06512E-05
PB	6109.676	-6.035	1424	0.4927	0.0202	0.0202	1.5029	4.27987E-05
P1	6193.868	511.478	1581	6.1924	1.1172	1.1172	3.6651	0.000126039
P2	5618.153	859.276	1712	17.3662	2.7428	2.7428	12.4556	0.000293867
P3	4965.013	970.77	1791	32.5157	3.6691	3.6691	30.8003	0.000610709
P4	4529.528	1006.497	1870	48.6451	3.944	3.944	56.0013	0.001089435
P5	4278.237	1019.869	1949	65.5572	3.8473	3.8473	85.2086	0.001691971
P6	4124.193	1026.441	2028	82.7823	3.5614	3.5614	117.6973	0.002391854
P7	4028.206	1029.151	2081	100.842	3.2024	3.2024	152.2951	0.003162873
PSM	3965.097	1032.784	2160	119.0048	2.7777	2.7777	187.589	0.004022026
SM	3940.412	1035.592	2239	126.7808	2.5908	2.5908	203.1914	0.00452106
TE	3908.46	1039.57	2344	139.2156	2.3991	2.3991	220.609	0.005389408

Modelo 3

PISO	XCR [cm]	YCR [cm]	Num PTO.	Fuerza dir. X		Fuerza dir. Y		[rad]
				UX [cm]	UY[cm]	UX [cm]	UY [cm]	
STORY1	1143.093	644.521	536	1.1882	0.4226	0.4226	1.0895	0.00021
STORY2	1197.093	513.921	537	3.7262	1.4684	1.4684	2.9489	0.00056
STORY3	1235.109	417.36	538	8.4306	3.5344	3.5344	6.1812	0.00118
STORY4	1259.833	352.978	539	16.2105	7.059	7.059	11.448	0.00221

Modelo 3 Optimizado

PISO	XCR [cm]	YCR [cm]	Num PTO.	Fuerza dir. X		Fuerza dir. Y		[rad]
				UX [cm]	UY[cm]	UX [cm]	UY [cm]	
STORY1	964.58	1022.648	449	0.8829	0.2367	0.2367	0.8054	0.0001
STORY2	1070.462	799.426	450	3.0585	1.0676	1.0676	2.4148	0.00031
STORY3	1131.106	657.984	451	7.2101	2.8054	2.8054	5.2969	0.00071
STORY4	1166.4	570.597	452	14.1483	5.8253	5.8253	10.0851	0.00138

Análisis

Una vez determinados los desplazamientos conjugados pertenecientes a La Elipse de Deflexiones procedemos a ingresar los datos en el programa *Análisis Culmann v1.2* Los resultados obtenidos se encuentran en el Anexo II – Planos.

Modelo 1

Planta PB

Para esta planta, las direcciones de los ejes principales de La Elipse de Deflexiones no coinciden con las direcciones de los pórticos, esta se encuentra rotada unos 17° con respecto al eje x. En modelos de trabajos anteriores, en estas direcciones si hubo casos de coincidencias o desfase con la dirección de los pórticos, en estructuras con pórticos ortogonales, en este caso la no coincidencia podemos atribuirla a la rigidez de los muros estructurales y la orientación que estos poseen.

La forma que adopta la elipse, demuestra una irregularidad flexional que se confirma al obtener la Capacidad Flexional arrojada por El Ovalo de Booth, con un valor de 0.55, el cual es menor al 0.70 recomendado como límite.

La Elipse de Rigidez nos indica la distribución de la rigidez que posee la planta, con valores extremos que coinciden con los ejes principales de la misma.

La Elipse de Culmann abarca casi la totalidad de la planta, esta es la condición más favorable, lo que implica que todos sus pórticos presentan un Factor de Amplificación Torsional igual o menor a 2.

Plantas P1, P2, P3 y PBPH

Estas plantas en conjunto presentan funciones de respuesta similares, esto se debe a que tienen igual configuración estructural.

En este caso los ejes principales de las Elipses de Deflexiones coinciden con la dirección de los pórticos y presentan similitudes entre ejes principales, lo cual es indicador de un buen comportamiento flexional, como muestra el Ovalo de Booth en estas plantas, que tiende a confundirse con la elipse, arrojando valores de Capacidad Flexional de 0.94, 0.96, 0.99 y 0.99, respectivamente.

La Elipse de Culmann se asemeja a una circunferencia, no abarca la totalidad de la plantas, la rigidez se encuentra concentrada en el centro debido a la ubicación del núcleo de ascensores y escaleras. La ubicación del núcleo de ascensores a un extremo y las escaleras al otro sin duda mejoraría la distribución de la rigidez de la planta y aumentaría las dimensiones de la Elipse de Culmann, pero esto cambiaría por completo la arquitectura del edificio.

Planta PAPH y PT

Para estas plantas la Elipse de Deflexiones es bastante regular, difiere por muy poco del Ovalo de Booth y posee una Capacidad Flexional de 0.955 y 0.930 muy cercanos a 1 que es el comportamiento ideal.

La Elipse de Rigidez es casi circular lo cual indica que hay una buena repartición de rigidez en este nivel.

La Elipse de Culmann abarca la mayor parte de la planta, solo un pórtico queda fuera de ella.

Comportamiento General

Esta estructura en general posee un comportamiento flexional bastante regular, pero no podemos decir lo mismo del comportamiento torsional, recordemos que al existir pórticos fuera de La Elipse de Culmann estos estarán sometidos a Factores de Amplificación Torsional mayores a 2, lo que implica que estos pórticos tienden a retroceder, cambian el sentido de las deflexiones, descargándose en los demás pórticos.

Modelo 2

El objetivo de este modelo es verificar el concepto de Núcleo Central de Torsión (NCT) y Factor de Amplificación de Torsional (FAT), sin embargo luego de realizar los cálculos, los cuales mostramos a continuación, nos encontramos con incongruencias en los resultados al determinar el NCT.

Luego de calcular cada una de las elipses procedemos a verificar el NCT, al ubicarnos en el pórtico 2 del nivel S2 (Plano M2-S2), procedemos a trazar una recta perpendicular a la traza del pórtico, que pase por el centro de rigidez del nivel. Desde el punto de intersección de esta recta con la traza del pórtico (Polo) trazamos tangentes a La Elipse de Culmann, al unir estos puntos obtenemos la recta polar, que define el lugar en el cual al aplicar una fuerza de 10000 t en dicha dirección deberíamos obtener un FAT = 2 en el pórtico estudiado.

Al aplicar dicha fuerza en la ubicación de la recta polar en el modelo, ETABS nos arroja estos resultados:



Fig. 4.1 –Modelo 2 Cortantes Nivel S2. Fuerza en C.R.

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

Nivel	Eje B	Eje C
PSM		
P7	-8244.35	-8631.09
P6	2057.98	1440.33
P5	5758.54	-2928.81
P4	13138.64	-4664.28
P3	1554.54	-71541.94
P2	-9820.63	-59817.74
P1	-44655.19	-55199.91
PB	12989.74	99132.83
S1	-193959.38	-57868.27
S2	323154.73	185725.24
Base	-680688.3	-764656.1

Fuerza en C.R.

Nivel	Eje B	Eje C
PSM		
P7	-16713.31	-17398.42
P6	-2976.5	-4274.83
P5	-6731.99	6692.02
P4	-9866.54	12300.21
P3	-80006.68	-11903.17
P2	-76871.91	-9738.09
P1	-95150.78	-18721.57
PB	-38280.09	55047.72
S1	-241572.9	-24874.4
S2	535656.74	330164.48
Base	-1123506	-1258790.1

Fuerza en Polar.

Nivel	Eje B	Eje C
PSM		
P7	2.02724411	2.0157848
P6	-1.44632115	-2.96795179
P5	-1.16904458	-2.28489386
P4	-0.75095596	-2.63710798
P3	-51.466466	0.16638031
P2	7.82759456	0.16279602
P1	2.13078883	0.33915943
PB	-2.94694813	0.55529253
S1	1.24548191	0.42984523
S2	1.65758595	1.77770388
Base	1.65054402	1.6462173

Matriz de Relación FAT.

La Matriz de Relación FAT muestra que hay columnas que se encuentran entre los resultados esperados, pero hay valores que tienen una desviación considerable, como la columna P4P3 del eje B. Sin embargo la columna S2Base se amplifica en 1.651, esto es una desviación de 17% con respecto al valor esperado. Al revisar trabajos anteriores, nos dimos cuenta que este método solo ha sido verificado para estructuras de una sola planta, por lo tanto no estamos seguros que al aplicar este método a este modelo los resultados se consideren predecibles, por lo tanto decidimos modelar una estructura adicional, el cual es un modelo extraído del TEG "Configuraciones Estructurales Extremas.

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares" al cual se le aplicó la misma metodología que al modelo 2, para obtener el NCT. En ese TEG los resultados obtenidos eran los esperados, pero no se verificó que pasa si la estructura tiene mas de una planta y como influye esto en el NCT.

Modelo S

El modelo original de esta estructura se evaluó en el TEG "*Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares"*, pero este solo posee una planta. En esta ocasión modelamos la estructura con 6 plantas y evaluamos los resultados obtenidos para un FAT = 2 para el pórtico 1.

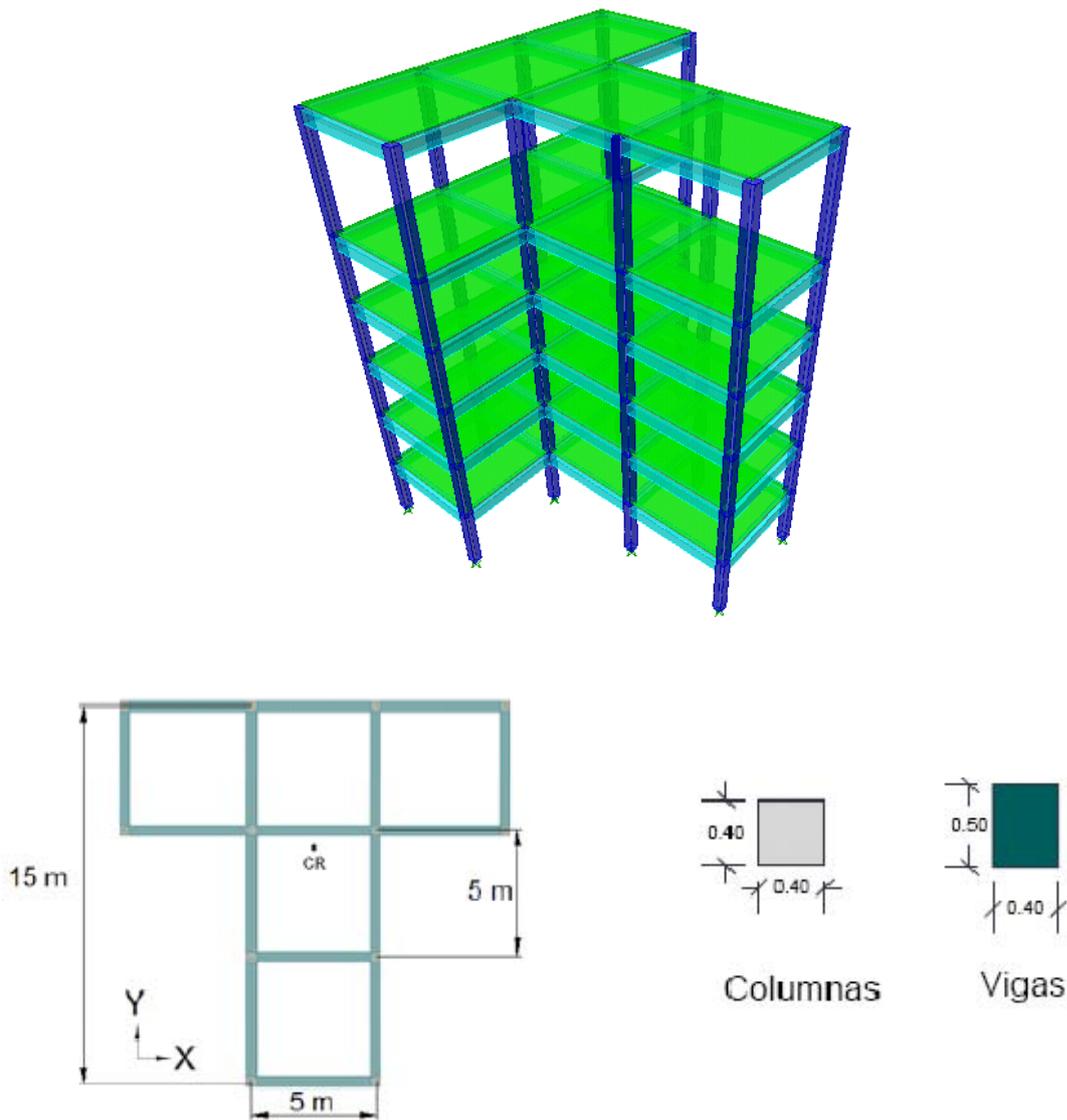


Fig. 4.3 –Modelo S Vista 3D y Configuración.

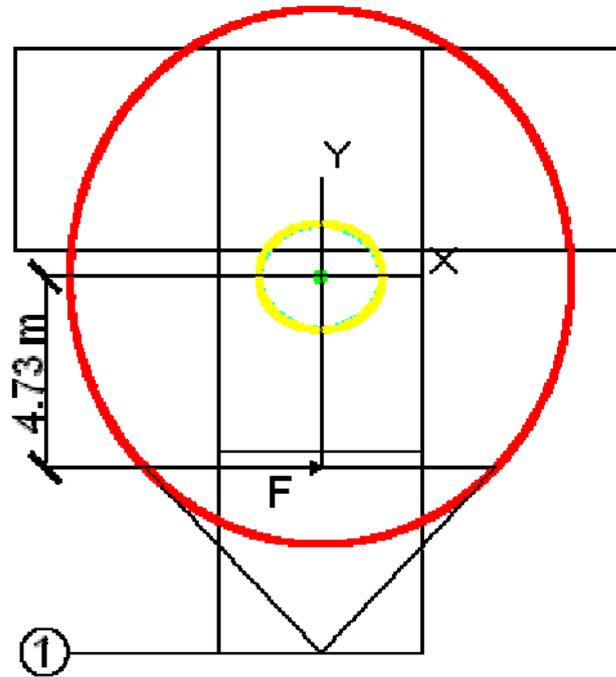


Fig. 4.4 –Modelo S Elipse de Culmann Planta Nivel 3.

Al aplicar una fuerza de 1000 t en la dirección de la polar en el nivel 3 obtenemos los siguientes resultados. En las matrices se muestran los valores de corte de cada miembro del pórtico expresado en kgf.

Nivel	Elevacion	Eje A	Eje B
6	20m		
5	15m	-9347.09	-9347.09
4	12m	-23440.45	-23440.45
3	9m	-25377.74	-25377.74
2	6m	813562.46	813562.46
1	3m	813390.92	813390.92
Base	0m	835287.58	835287.58

Fuerza en C.R.

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

Nivel	Elevacion	Eje A	Eje B
6	20m		
5	15m	-14823.6	-14823.6
4	12m	-36740.65	-36740.65
3	9m	-39506.08	-39506.08
2	6m	1607352.22	1607352.22
1	3m	1607364.09	1607364.09
Base	0m	1650298.69	1650298.69

Fuerza en Polar.

Nivel	Elevacion	Eje A	Eje B
6	20m		
5	15m	1.58590535	1.58590535
4	12m	1.56740378	1.56740378
3	9m	1.55672176	1.55672176
2	6m	1.97569615	1.97569615
1	3m	1.97612741	1.97612741
Base	0m	1.97572516	1.97572516

Matriz de Relación FAT.

Podemos observar que para las columnas por debajo del nivel en el cual se aplicó la fuerza se amplifica en un factor alrededor de 1.976, consideramos estos resultados como predecibles y verifican que para el NCT los cortantes basales se amplifican en un factor cercano a 2. Pero esto no ocurrió con el modelo dos, esto quizás se deba a los cambios marcados de rigidez entre plantas, esto lo observamos en las variaciones de las distintas Elipses de Rigidez.

Modelo 3

Planta 1, 2, 3 y 4

La Elipse de Deflexiones de cada una de las plantas no coincide con la dirección que presentan los pórticos, posee una inclinación que disminuye a medida que aumentan los niveles. De la misma manera, disminuye la longitud de sus ejes y la coincidencia con El Ovalo de Booth, es decir, que la Capacidad Flexional de cada planta arroja resultados que reflejan la irregularidad flexional presente. Esto se debe a los múltiples muros que rodean

la estructura, alejando de esta manera los resultados del valor recomendado de 0.70. Estos oscilan entre 0.456 y 0.300.

Observando La Elipse de Rigidez, nos da la señal de que no existe buena repartición de rigideces en las plantas, ya que presentan mucha diferencia entre sus valores extremos.

La Elipse de Culmann empieza en el primer nivel abarcando casi la mitad de la planta, encerrando pocos pórticos, dejando fuera a la gran mayoría de ellos, los cuales superan el Factor de Amplificación igual a 2. La ubicación de las elipses se debe a las coordenadas que toma el CR de cada planta, esto motivado a la presencia de los muros en la estructura, que no favorecen a la distribución de rigideces, sino que solo la concentra en una esquina de la misma.

Comportamiento General

La ubicación de los muros en esta estructura deja en evidencia que el sistema no posee una distribución equilibrada de rigidez entre todos sus miembros, esto genera una condición desfavorable ante una acción sísmica.

Modelo 3 optimizado

Luego de analizar el modelo 3, se procedió a tantear la posible optimización de la estructura, con la ubicación de una escalera en una posición que mejore el comportamiento del modelo y con suficiente rigidez para mitigar la diferencia que existe entre sus valores extremos.

Se optó por colocar una escalera en caracol rodeada de un muro estructural y ubicarla en los ejes B-4. Los resultados se muestran a continuación.

Planta 1, 2,3 y 4

Se comienza la optimización con un cambio en La Elipse de Deflexiones, dando como resultado una mejor proporción en sus ejes principales desde el primer nivel hasta

el último. La ubicación de la escalera motivó a tener mejor Capacidad Flexional en cada una de las plantas, aunque la elipse no coincida con El Ovalo de Booth, si tiene un ligero acercamiento comparado con el modelo sin optimizar, cuyos valores obtenidos en todas las plantas fueron: 0.557, 0.421, 0.356, 0.325, respectivamente

La Elipse de Rigidez mostró mejoría en cuanto a los ejes principales, otorgando mayor rigidez en el eje menor, eje que aportaba muy poca rigidez en su dirección en el modelo sin optimizar y que la colocación de la escalera en ese sitio equilibró de cierta manera la distribución de rigideces.

La nueva Elipse de Culmann arrojó un área más grande con respecto a La Elipse de Culmann del modelo sin escalera. Este, es un gran indicio de mejoría, ya que abarca una mayor área dentro de la planta y a su vez mayor número de pórticos dentro del FAT menor a 2. Los CR se ubicaron más cercanos a la planta, incluso dentro de ella en su mayoría. Esto, debido a la mejor distribución de rigidez que le generó el posicionamiento de la escalera.

Conclusión

Con los resultados obtenidos, se demostró la optimización de la estructura al mejorar el comportamiento flexional y aun más el comportamiento torsional.

La escalera de caracol en la esquina, aportó rigidez a la estructura. No siempre resulta positiva esta decisión, pero esta vez lo fue, porque la presencia de los muros estructurales apoyaba a la solución.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se presentan a continuación las conclusiones y recomendaciones de estudio posteriores a este TEG.

Luego de analizar cada uno de los modelos, se demuestra que el análisis estructural mediante el uso de formas cónicas asociadas es perfectamente aplicable a estructuras reales y no solo a modelos simplificados, sin embargo es necesario el análisis de muchos más modelos matemáticos para validar esta teoría y confiar completamente en esta metodología.

Se demuestra que es posible obtener la dirección de los ejes principales de una estructura sin importar la configuración que esta posea, herramienta necesaria para el correcto diseño estructural.

Se demuestra que el Ovalo de Booth es la curva pedal de la Elipse de Deflexiones.

La irregularidad de una planta no dependerá de la forma que esta presente, sino más bien de la estructuración que esta posea.

Si una estructura posee 2 direcciones de pórticos ortogonales entre si, no garantiza que los ejes principales de la Elipse de Deflexiones coincidirán con ellas, un pequeño cambio de rigidez en un pórtico, la ubicación de una escalera o un núcleo de ascensores, pueden hacer rotar estos ejes.

La ubicación estratégica de muros, escaleras o núcleos de ascensores pueden mejorar el comportamiento flexo-torsional de una estructura.

Se demuestra que los métodos de análisis modernos son perfectamente compatibles con los métodos gráficos de la vieja escuela de la Ingeniería Estructural.

Con el desarrollo del programa *Análisis Culmann v1.2*, queda demostrado que estos métodos gráficos son perfectamente programables en computadora.

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

Mediante la Elipse de Rigidez es posible determinar en qué elementos se debe aumentar la rigidez, para mejorar el comportamiento estructural.

Se recomienda estudiar con detalle los Factores de Amplificación en distintos pórticos para el Núcleo Central de Torsión cuando existen diferencias considerables entre los valores extremos de la Elipse de Rigidez para cada planta.

BIBLIOGRAFÍA

- Adam, P. (1986). *Curso de Geometría Métrica*. Madrid: Euler.
- Carmona Martínez, J., & Acosta Franco, E. (2009). *Estrategia para la optimización de estructuras irregulares en plantas*. UCAB.
- Charles, L. (1984). *Geometria Analítica*. Mexico: Limusa, S.A.
- Edificaciones Sismoresistentes, Requisitos y Comentarios. Norma COVENIN 1756-1:2001.*
(s.f.).
- García de Jalón, J., Ignacio Rodríguez, J., & Brazález, A. (s.f.). *Aprenda Visual Basic 6.0, como si estuviera en primero*. UNIVERSIDAD DE NAVARRA.
- Ing.Paolenetti, S., & Ing. Fenández A., C. (s.f.). EL Concepto de Nucleo Central en Columnas Extendido al Caso de Edificios con Torsion Sismica.
- Miralles, G. (2004). *Comparacion de Edificaciones Prismaticas Simples o Prismaticas Multiples, Obtenibles de un Prisma de Máximo Envolvente*. UCAB.
- Paparoni, M. (1991). *Dimensionamiento de Edificios Altos de Concreto Armado*. Caracas, Venezuela: SIDETUR.
- Paparoni, M. (2010). *Topicos Y Meditaciones Acerca de La Elipse De Culmann, Como Aparece en un Texto Clasico Europeo De Mediadros del Siglo XX, "Scienza Delle Costruzioni, por Odone Belluzzi"*.
- Paparoni, M. (2011). *Una exploración intelectual sobre las posibles nuevas versiones modelrnas ocultas de la Elipse de Elasticidad de Culmann-Richter*. Caracas: UNIMET.

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

Paparoni, M. (s.f.). Propiedades Básicas de los Volúmenes de Interacción Poliédricos que Relacionen las Variables, Carga Axialzz, Momentoxx y Momentoyy Representados en un Espacio con Ejes Ortogonales P, Mxx, Myy.

Paparoni, M., & Hummelgens, P. (2000). Propiedades Torsionales de una Planta de Edificio. Condiciones de Estabilidad con Porticos Multidireccionales .

Paz, O., & Oscar, P. (2011). *Configuraciones Estructurales Extremas. Una Búsqueda de Variables Sistémicas Definitorias; Las Elipses Plantares*. Carcas: TEG-UCAB.

Sardiñas, R. Q. (2006). *Programando para AutoCAD con VBA*. Cuba.

Universita degli Studi di Parma . (s.f.). Recuperado el 16 de 09 de 2013, de <http://www2.unipr.it/~basgio93/2004/VIII/>

Wikipedia. (s.f.). Recuperado el 9 de 17 de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Elipse>

ANEXOS

Anexo I – Código del Programa Análisis Culmann v1.2

Option Explicit 'Declaración de Variables

Dim UCScr As AcadUCS

Dim USCcr As AcadUCS

Dim origin(0 To 2) As Double

Dim xAxisPoint(0 To 2) As Double

Dim yAxisPoint(0 To 2) As Double

Dim ControlCir As Boolean

Dim ControlVertical As Boolean

Dim Xcv As Double

Dim kfg As String

Dim ton As String

Dim mkgf As String

Dim mton As String

Dim Rad As String

Dim Grd As String

Dim ControlCombo As Boolean

Dim FA As Double

Dim k As Double

Dim kk As Double

Dim Xa1 As Double

Dim Ya1 As Double

Dim Pa3(2) As Double

Dim Rt As Double

Dim k2 As Double

Dim Xa2 As Double

Dim Ya2 As Double

Dim Pa4(2) As Double

Dim SX1 As Double

Dim SX2 As Double

Dim SY1 As Double

Dim SY2 As Double

Dim Xc As Double 'Coordenada X de Foco de la Elipse

Dim Yc As Double 'Coordenada Y de Foco de la Elipse

Dim a As Double 'Semi Eje Mayor de la Elipse

Dim b As Double 'Semi Eje Menor de la Elipse

Dim X1 As Double 'Pto Perteneiente a la Elipse de Deflexiones

Dim Y1 As Double 'Pto Perteneiente a la Elipse de Deflexiones

Dim X2 As Double 'Pto Perteneiente a la Elipse de Deflexiones

Dim Y2 As Double 'Pto Perteneiente a la Elipse de Deflexiones

Dim Z As Double

Dim W As Double

Dim c As Double

Dim CC As Double

Dim L As Double

Dim Alfa As Double

Dim E1 As Double

Dim E2 As Double

Dim E3 As Double

Dim E4 As Double

Dim R1 As Double

Dim m4 As Double

Dim aaa As Double

Dim bbb As Double

Dim ccc As Double

Dim X4 As Double

Dim Y4 As Double

Dim h1 As Double

Dim k1 As Double

Dim r5 As Double

Dim m6 As Double

Dim RaizX As Double

Dim Raiz1X As Double

Dim Raiz2X As Double

Dim RaizY As Double

Dim Raiz1Y As Double

Dim Raiz2Y As Double

Dim X5 As Double

Dim Y5 As Double

Dim Angulo1 As Double

Dim Angulo2 As Double

Dim Control As Boolean

Dim ms1 As Double

Dim ms2 As Double

Dim Control2 As Double

Dim Control3 As Double

Dim Xc1 As Double

Dim Yc1 As Double

Dim Xc2 As Double

Dim Yc2 As Double

Dim DirEjeMayorX As Double

Dim DirEjeMayorY As Double

Dim cr As Double

Dim Raiz1 As Double

Dim Raiz2 As Double

Dim Pa(2) As Double

Dim m7 As Double

Dim Xa As Double

Dim Ya As Double

'Layers

Dim LAEllipseDeflexiones As AcadLayer

Dim ColorCyan As AcadAcCmColor

Dim LAEllipseRigidez As AcadLayer

Dim ColorGreen As AcadAcCmColor

Dim LAEllipseCulmann As AcadLayer

Dim ColorRed As AcadAcCmColor

Dim LACurvaDeBooth As AcadLayer

Dim ColorYellow As AcadAcCmColor

```
Dim Po(2) As Double

Dim PtoEjeMayor(2) As Double

Dim rr As Double

Dim ElipseDeflexiones As AcadEllipse

Const pi As Double = 3.14159265358979

Dim Pa2(2) As Double

Dim ElipseRigidez As AcadEllipse

Dim m8 As Double

Dim ElipseCulmann As AcadEllipse

'Ovalo de Booth

Dim i As Double

Dim ii As Double

Dim PtosBooth(1 To 1083) As Double

Dim startTan(1 To 3) As Double

Dim endTan(1 To 3) As Double

Dim CurvaDeBooth As AcadSpline

Dim Control4 As Boolean

Dim Control5 As Boolean

Public Sub Form_Load()

    If ControlCombo = False Then
```

```
ComboBox1.AddItem "kgf"
```

```
ComboBox1.AddItem "tonf"
```

```
ComboBox2.AddItem "cm"
```

```
ComboBox2.AddItem "m"
```

```
ComboBox3.AddItem "mkgf"
```

```
ComboBox3.AddItem "mtonf"
```

```
Else
```

```
ControlCombo = True
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Public Function DirEjes(ByRef X1 As Double, ByRef Y1 As Double, ByRef X2 As Double,  
ByRef Y2 As Double) As Double
```

```
m4 = -(X1 / Y1) 'Pendiente de Recta perpendicular a OP1
```

```
X4 = ((Z ^ 2) / (1 + (m4 ^ 2))) ^ 0.5
```

```
Y4 = Abs((m4) * X4)
```

```
If X1 > 0 And Y1 > 0 Then 'Definiendo signos de X4 y Y4 según cuadrante,  
signos asignados de forma anti horaria
```

```
X4 = X4
```

```
Else
```

```
If X1 > 0 And Y1 < 0 Then
```

$$X4 = (-1 * (X4))$$

Else

If $X1 < 0$ And $Y1 < 0$ Then

$$X4 = -1 * (X4)$$

Else

$$X4 = X4$$

End If

End If

End If

If $X1 > 0$ And $Y1 > 0$ Then

$$Y4 = -1 * (Y4)$$

Else

If $X1 > 0$ And $Y1 < 0$ Then

$$Y4 = -1 * (Y4)$$

Else

If $X1 < 0$ And $Y1 < 0$ Then

$$Y4 = Y4$$

Else

$$Y4 = Y4$$

End If

End If

End If

Xcv = Abs(X2# / X4#)

If 0.998 < Xcv And Xcv < 1.001 Then

ControlVertical = True

Else

ControlVertical = False

End If

If ControlVertical = True Then

X5 = X2

Y5 = (Y2 + Y4) / 2

r5 = (X5 ^ 2 + Y5 ^ 2) ^ 0.5

aaa = 1

bbb = -2 * Y5

ccc = Y5 ^ 2 - r5 ^ 2

Raiz1Y = (-bbb + (bbb ^ 2 - 4 * aaa * ccc) ^ 0.5) / (2 * aaa)

Raiz2Y = (-bbb - (bbb ^ 2 - 4 * aaa * ccc) ^ 0.5) / (2 * aaa)

Raiz1X = X2

Raiz2X = X2

Else

$$X5 = (X2 + X4) / 2 \quad \text{'Pto. medio P4, P2}$$

$$Y5 = (Y2 + Y4) / 2$$

$$r5 = (X5^2 + Y5^2)^{0.5} \quad \text{'Circunferencia centro P5 y radio OP5}$$

$$m6 = (Y2 - Y4) / (X2 - X4) \quad \text{'Pendiente de recta P4P2}$$

$$aaa = (1 + m6^2)$$

$$bbb = (-2 * X5 - 2 * X2 * m6^2 + 2 * m6 * (Y2 - Y5))$$

$$ccc = (X5^2 + (m6 * X2)^2 - 2 * m6 * (Y2 - Y5) * X2 + Y2^2 - 2 * Y2 * Y5 + Y5^2 - r5^2)$$

Call SolveCuadratica(aaa, bbb, ccc)

End If

$$\text{If } ((\text{Raiz1X} - X2)^2 + (\text{Raiz1Y} - Y2)^2)^{0.5} > ((\text{Raiz2X} - X2)^2 + (\text{Raiz2Y} - Y2)^2)^{0.5}$$

Then

$$a = ((\text{Raiz1X} - X2)^2 + (\text{Raiz1Y} - Y2)^2)^{0.5}$$

$$b = ((\text{Raiz2X} - X2)^2 + (\text{Raiz2Y} - Y2)^2)^{0.5}$$

Else

$$b = ((\text{Raiz1X} - X2)^2 + (\text{Raiz1Y} - Y2)^2)^{0.5}$$

$$a = ((\text{Raiz2X} - X2)^2 + (\text{Raiz2Y} - Y2)^2)^{0.5}$$

End If

End Function

```
Public Function SolveCuadratica(ByRef aaa As Double, ByRef bbb As Double, ByRef ccc As Double) As Double
```

```
    Raiz1X = (-bbb + (bbb ^ 2 - 4 * aaa * ccc) ^ 0.5) / (2 * aaa)
```

```
    Raiz2X = (-bbb - (bbb ^ 2 - 4 * aaa * ccc) ^ 0.5) / (2 * aaa)
```

```
    Raiz1Y = m6 * (Raiz1X - X2) + Y2
```

```
    Raiz2Y = m6 * (Raiz2X - X2) + Y2
```

```
End Function
```

```
Private Sub ComboBox4_Change()
```

```
Form_Load
```

```
CheckB
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox1_Click()
```

```
Form_Load
```

```
CheckB
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox3_Click()
```

```
Form_Load
```

```
CheckB
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox4_Click()
```

End Sub

Private Sub ComboBox1_Change()

Form_Load

CheckB

End Sub

Private Sub ComboBox3_Change()

Form_Load

CheckB

End Sub

Public Sub EjeMayor()

ms1 = Raiz1Y / Raiz1X 'Suponiendo que en esta dir se encuentra el eje mayor

cr = (a ^ 2 - b ^ 2) ^ 0.5

Xc1 = (cr ^ 2 / (1 + ms1 ^ 2)) ^ 0.5

Yc1 = ms1 * (Xc1)

Control2 = Abs(((Y1 - Yc1) ^ 2 + (X1 - Xc1) ^ 2) ^ 0.5 + ((Y1 + Yc1) ^ 2 + (X1 + Xc1) ^ 2) ^ 0.5 - 2 * a)

ms2 = Raiz2Y / Raiz2X 'Suponiendo que en esta dir se encuentra el eje mayor

Xc2 = (cr ^ 2 / (1 + ms2 ^ 2)) ^ 0.5

Yc2 = ms2 * (Xc2)

Control3 = Abs(((Y1 - Yc2) ^ 2 + (X1 - Xc2) ^ 2) ^ 0.5 + ((Y1 + Yc2) ^ 2 + (X1 + Xc2) ^ 2) ^ 0.5 - 2 * a)

If Control2 < Control3 Then

DirEjeMayorX = Raiz1X

Xc = Xc1

Yc = Yc1

Else

DirEjeMayorX = Raiz2X

Xc = Xc2

Yc = Yc2

End If

If Control2 < Control3 Then

DirEjeMayorY = Raiz1Y 'Direccion Definitiva x del eje Mayor!

Xc = Xc1

Yc = Yc1

Else

DirEjeMayorY = Raiz2Y 'Direccion Definitiva y del eje Mayor!

Xc = Xc2

Yc = Yc2

End If

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

```
m7 = DirEjeMayorY / DirEjeMayorX

Xa = (a ^ 2 / (1 + m7 ^ 2)) ^ 0.5 'Coordenada X de Eje Mayor

Ya = m7 * Xa 'Coordenada Y de Eje Mayor

Pa(0) = Xa

Pa(1) = Ya

Pa(2) = 0

End Sub

Public Sub DibujarElipses()

    Po(0) = 0

    Po(1) = 0

    Po(2) = 0

    Set LAElipseDeflexiones = ThisDrawing.Layers.Add("Elipse De Delfexiones") 'Creando
Nuevo Layer Elipse De Delfexiones

    Set ColorCyan = GetInterfaceObject("AutoCAD.AcCmColor.17") 'Creando Color Cyan

    ColorCyan.SetRGB 0, 255, 255 'Asignando color a color Cyan

    LAElipseDeflexiones.TrueColor = ColorCyan 'Asignando color al layer

    Set ElipseDeflexiones = ThisDrawing.ModelSpace.AddEllipse(Po, Pa, rr) 'Dibujando
Elipse de Deflexiones

    ElipseDeflexiones.Layer = LAElipseDeflexiones.Name 'Asignando Elipse al Layer Elipse
de Deflexiones
```

Set LAEllipseRigidez = ThisDrawing.Layers.Add("Elipse De Rigiez") 'Creando Nuevo Layer
Elipse De Rigiez

Set ColorGreen = GetInterfaceObject("AutoCAD.AcCmColor.17") 'Creando Color Green

ColorGreen.SetRGB 0, 255, 0 'Asignando color a color Green

LAEllipseRigidez.TrueColor = ColorGreen 'Asignando color al layer

$k = FA / b$

$Pa2(0) = -Pa(1)$

$Pa2(1) = Pa(0)$

$Pa2(2) = 0$

If $Pa2(0) \neq 0$ Then

$m8 = Pa2(1) / Pa2(0)$

$Xa1 = (k^2 / (1 + m8^2))^{0.5}$

$Ya1 = m8 * Xa1$

$Pa3(0) = Xa1$

$Pa3(1) = Ya1$

$Pa3(2) = 0$

Else

$Xa1 = 0$

$Ya1 = k$

$Pa3(0) = Xa1$

Pa3(1) = Ya1

Pa3(2) = 0

End If

Set ElipseRigidez = ThisDrawing.ModelSpace.AddEllipse(Po, Pa3, rr) 'Dibujando Elipse de Rigidez

ElipseRigidez.Layer = LAElipseRigidez.Name 'Asignando Elipse al Layer Elipse de Rigidez

Set LAElipseCulmann = ThisDrawing.Layers.Add("Elipse De Culmann") 'Creando Nuevo Layer Elipse De Culmann

Set ColorRed = GetInterfaceObject("AutoCAD.AcCmColor.17") 'Creando Color Red

ColorRed.SetRGB 255, 0, 0 'Asignando color a color Red

LAElipseCulmann.TrueColor = ColorRed 'Asignando color al layer

k2 = (Rt / (FA / a))

If Pa2(0) <> 0 Then

Xa2 = (k2 / (1 + m8 ^ 2)) ^ 0.5

Ya2 = m8 * Xa2

Pa4(0) = Xa2

Pa4(1) = Ya2

Pa4(2) = 0

Else

Pa4(0) = 0

Pa4(1) = k2 ^ 0.5

Pa4(0) = 0

End If

Set ElipseCulmann = ThisDrawing.ModelSpace.AddEllipse(Po, Pa4, rr ^ 0.5) 'Dibujando Elipse de Culmann

ElipseCulmann.Layer = LAElipseCulmann.Name 'Asignando Elipse al Layer Elipse de Culmann

Set LACurvaDeBooth = ThisDrawing.Layers.Add("Curva de Booth") 'Creando Nuevo Layer Curva de Booth

Set ColorYellow = GetInterfaceObject("AutoCAD.AcCmColor.17") 'Creando Color Yellow

ColorYellow.SetRGB 255, 255, 0 'Asignando color a color Yellow

LACurvaDeBooth.TrueColor = ColorYellow 'Asignando color al layer

i = 0

ii = 0

Control4 = True

Control5 = True

While Control4 = True

i = 1

ii = 1

For i = 0 To 360 Step 1

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

```
PtosBooth(ii) = ((a ^ 2# * Cos(i * 2 * pi / 360) ^ 2# + b ^ 2# * Sin(i * 2 * pi / 360) ^
2#) ^ 0.5) * Cos(i * 2 * pi / 360)
```

```
ii = ii + 3
```

```
Next i
```

```
Control4 = False
```

```
Wend
```

```
While Control5 = True
```

```
i = 1
```

```
ii = 2
```

```
For i = 0 To 360 Step 1
```

```
PtosBooth(ii) = ((a ^ 2# * Cos(i * 2 * pi / 360) ^ 2# + b ^ 2# * Sin(i * 2 * pi / 360) ^
2#) ^ 0.5) * Sin(i * 2 * pi / 360)
```

```
ii = ii + 3
```

```
Next i
```

```
Control5 = False
```

```
Wend
```

```
i = 0
```

```
For i = 3 To 1083 Step 3
```

```
PtosBooth(i) = 0
```

Next i

If a <> b Or a=b Then

 If DirEjeMayorX = 0 Then

 startTan(1) = b: startTan(2) = 0: startTan(3) = 0

 endTan(1) = b: endTan(2) = 0: endTan(3) = 0

 End If

Else

 If (DirEjeMayorY / DirEjeMayorX) = 0 Then

 startTan(1) = a: startTan(2) = 0: startTan(3) = 0

 endTan(1) = a: endTan(2) = 0: endTan(3) = 0

 Else

 startTan(1) = a: startTan(2) = 0: startTan(3) = 0

 endTan(1) = a: endTan(2) = 0: endTan(3) = 0

 End If

startTan(1) = a: startTan(2) = 0: startTan(3) = 0

endTan(1) = a: endTan(2) = 0: endTan(3) = 0

End If

Set CurvaDeBooth = ThisDrawing.ModelSpace.AddSpline(PtosBooth, startTan, endTan)

CurvaDeBooth.Layer = LACurvaDeBooth.Name 'Asignando Elipse al Layer Curva De Booth

If a <> b Then

 If DirEjeMayorX = 0 Then

 CurvaDeBooth.Rotate Po, pi / 2

 Else

 If (DirEjeMayorY / DirEjeMayorX) = 0 Then

 CurvaDeBooth.Rotate Po, 0

 Else

 CurvaDeBooth.Rotate Po, Atn(DirEjeMayorY / DirEjeMayorX)

 End If

 End If

End If

ThisDrawing.Regen (True)

If CheckBox1.Value = False Then

 LAElipseDeflexiones.LayerOn = False

 Else

 LAElipseDeflexiones.LayerOn = True

End If

If CheckBox2.Value = False Then

 LAElipseRigidez.LayerOn = False

 Else

LAElipseRigidez.LayerOn = True

End If

If CheckBox3.Value = False Then

LACurvaDeBooth.LayerOn = False

Else

LACurvaDeBooth.LayerOn = True

End If

If CheckBox4.Value = False Then

LAElipseCulmann.LayerOn = False

Else

LAElipseCulmann.LayerOn = True

End If

CurvaDeBooth.Move ElipseDeflexiones.Center, origin

ElipseDeflexiones.Move ElipseDeflexiones.Center, origin

ElipseRigidez.Move ElipseRigidez.Center, origin

ElipseCulmann.Move ElipseCulmann.Center, origin

LAElipseCulmann.Lineweight = acLnWt030

LACurvaDeBooth.Lineweight = acLnWt030

LAElipseRigidez.Lineweight = acLnWt030

LAElipseDeflexiones.Lineweight = acLnWt030

```
frmCulmann.Hide
```

```
End Sub
```

```
Public Sub CheckB()
```

```
    If CheckBox1.Value = True Or CheckBox2.Value = True Or CheckBox3.Value = True Or  
    CheckBox4.Value = True Then
```

```
        CommandButton1.Enabled = True
```

```
    Else
```

```
        CommandButton1.Enabled = False
```

```
    End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Label2_Click()
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox1_Change()
```

```
    Form_Load
```

```
    CheckB
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox2_Change()
```

```
    Form_Load
```

```
    CheckB
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox3_Change()
```

```
    Form_Load
```

```
    CheckB
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox4_Change()
```

```
    Form_Load
```

```
    CheckB
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox5_Change()
```

```
    Form_Load
```

```
    CheckB
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox6_Change()
```

```
    Form_Load
```

```
    CheckB
```

```
End Sub
```

```
Private Sub TextBox7_Change()
```

```
    Form_Load
```

```
    CheckB
```

```
End Sub
```

Public Sub VerificaUnidades()

If ComboBox1.Text = "tonf" Then

FA = FA

Else: FA = FA / 1000

End If

If ComboBox2.Text = "cm" Then

X1 = X1

Y1 = Y1

X2 = X2

Y2 = Y2

Else

X1 = 100 * X1

Y1 = 100 * Y1

X2 = 100 * X2

Y2 = 100 * Y2

End If

If ComboBox3.Text = "mkgf" Then

Rt = Rt / 10

Else

Rt = Rt * 100

End If

End Sub

Public Sub VerificaCircunferencia()

If Z = W then

a = $(X1^2 + Y1^2)^{0.5}$

b = a

ControlCir = True

Else

ControlCir = False

End If

End Sub

Private Sub MoverUCS()

origin(0) = CDbI(TextBox8.Text)

origin(1) = CDbI(TextBox9.Text)

origin(2) = 0

xAxisPoint(0) = CDbI(TextBox8.Text) + 10

xAxisPoint(1) = CDbI(TextBox9.Text)

xAxisPoint(2) = 0

yAxisPoint(0) = CDbI(TextBox8.Text)

```
yAxisPoint(1) = CDb1(TextBox9.Text) + 10

yAxisPoint(2) = 0

Set UCScr = ThisDrawing.UserCoordinateSystems.Add(origin, xAxisPoint, yAxisPoint,
"UCScr")

ThisDrawing.ActiveUCS = UCScr

' Display the current origin for the new UCS

MsgBox "The origin of the UCS is: " & UCScr.origin(0) & ", " & UCScr.origin(1) & ", " &
UCScr.origin(2), , "Se ha movido el UCS al C.R de la planta"

End Sub

Public Sub CommandButton1_Click()

MoverUCS                                'Llama al procedimiento mover UCS y lo ubica en el
C.R de la planta

ThisDrawing.ActiveUCS = UCScr

ControlCir = False

SX1 = CDb1(TextBox1.Text)                'Asignando X1,Y1 a la mayor distancia con
respecto al origen

SY1 = CDb1(TextBox2.Text)

SX2 = CDb1(TextBox3.Text)

SY2 = CDb1(TextBox4.Text)

If SX1 > SY1 Then
```

If $SY1 / SX1 < 0.0066$ Then 'Tolerancia para asignar X o Y = 0

$SY1 = 0$

 Else

End If

Else

 If $SX1 / SY1 < 0.0066$ Then

$SX1 = 0$

 Else

 End If

End If

If $SX2 > SY2$ Then

 If $SY2 / SX2 < 0.0066$ Then

$SY2 = 0$

 Else

 End If

Else

 If $SX2 / SY2 < 0.0066$ Then

$SX2 = 0$

 Else

 End If

End If

If $(SX1^2 + SY1^2)^{0.5} > (SX2^2 + SY2^2)^{0.5}$ Then

X1 = SX1

Y1 = SY1

X2 = SX2

Y2 = SY2

Else

X1 = SX2

Y1 = SY2

X2 = SX1

Y2 = SY1

End If

FA = CDbI(TextBox5.Text) 'Asignando valor a Fuerza

Rt = CDbI(TextBox6.Text) / CDbI(TextBox7.Text) 'Calculando Rigidez Torsional

VerificaUnidades 'Verificando unidades Ton – cm

Z = $(X1^2 + Y1^2)^{0.5}$

W = $(X2^2 + Y2^2)^{0.5}$

VerificaCircunferencia 'Verificando si la elipse es o no una circunferencia

If ControlCir = False Then 'Si no es circunferencia, calcular como
elipse

$$Z = (X1^2 + Y1^2)^{0.5}$$

'Distancia P1 al Origen

$$W = (X2^2 + Y2^2)^{0.5}$$

'Distancia P2 al Origen

$$L = ((X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2)^{0.5}$$

'Distancia P1P2

$$CC = -(0.5 * L^2 - (0.5 * W^2 + 0.5 * Z^2)) / (Z * W)$$

'Coseno del
angulo entre P1O P2O

$$\text{Alfa} = \text{Atn}(-CC / \text{Sqr}(-CC * CC + 1)) + 2 * \text{Atn}(1)$$

'Arcos del angulo P1O P2O

If X1 = 0 Or Y1 = 0 Then

If $(X1^2 + Y1^2)^{0.5} > (X2^2 + Y2^2)^{0.5}$ Then

$$a = (X1^2 + Y1^2)^{0.5}$$

$$b = (X2^2 + Y2^2)^{0.5}$$

If X1 > Y1 Then

$$\text{Pa}(0) = a$$

$$\text{Pa}(1) = 0$$

$$\text{Pa}(2) = 0$$

$$rr = b / a$$

$$\text{DirEjeMayorX} = a$$

$$\text{DirEjeMayorY} = 0$$

Else

$$\text{Pa}(0) = 0$$

$$\text{Pa}(1) = a$$

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

$$Pa(2) = 0$$

$$rr = b / a$$

$$DirEjeMayorX = 0$$

$$DirEjeMayorY = a$$

End If

Else

$$b = (X1^2 + Y1^2)^{0.5}$$

$$a = (X2^2 + Y2^2)^{0.5}$$

If X2 > Y2 Then

$$Pa(0) = a$$

$$Pa(1) = 0$$

$$Pa(2) = 0$$

$$rr = b / a$$

$$DirEjeMayorX = a$$

$$DirEjeMayorY = 0$$

Else

$$Pa(0) = 0$$

$$Pa(1) = a$$

$$Pa(2) = 0$$

$$rr = b / a$$

DirEjeMayorX = 0

DirEjeMayorY = a

End If

End If

Else

Call DirEjes(X1, Y1, X2, Y2)

Angulo1 = (Atn(Raiz1Y / Raiz1X))

Angulo2 = (Atn(Raiz2Y / Raiz2X))

rr = b / a

EjeMayor

End If

Else

a = b

rr = 1

Pa(0) = X1

Pa(1) = Y1

Pa(2) = 0

End If

DibujarElipses

frmCulmann.Hide

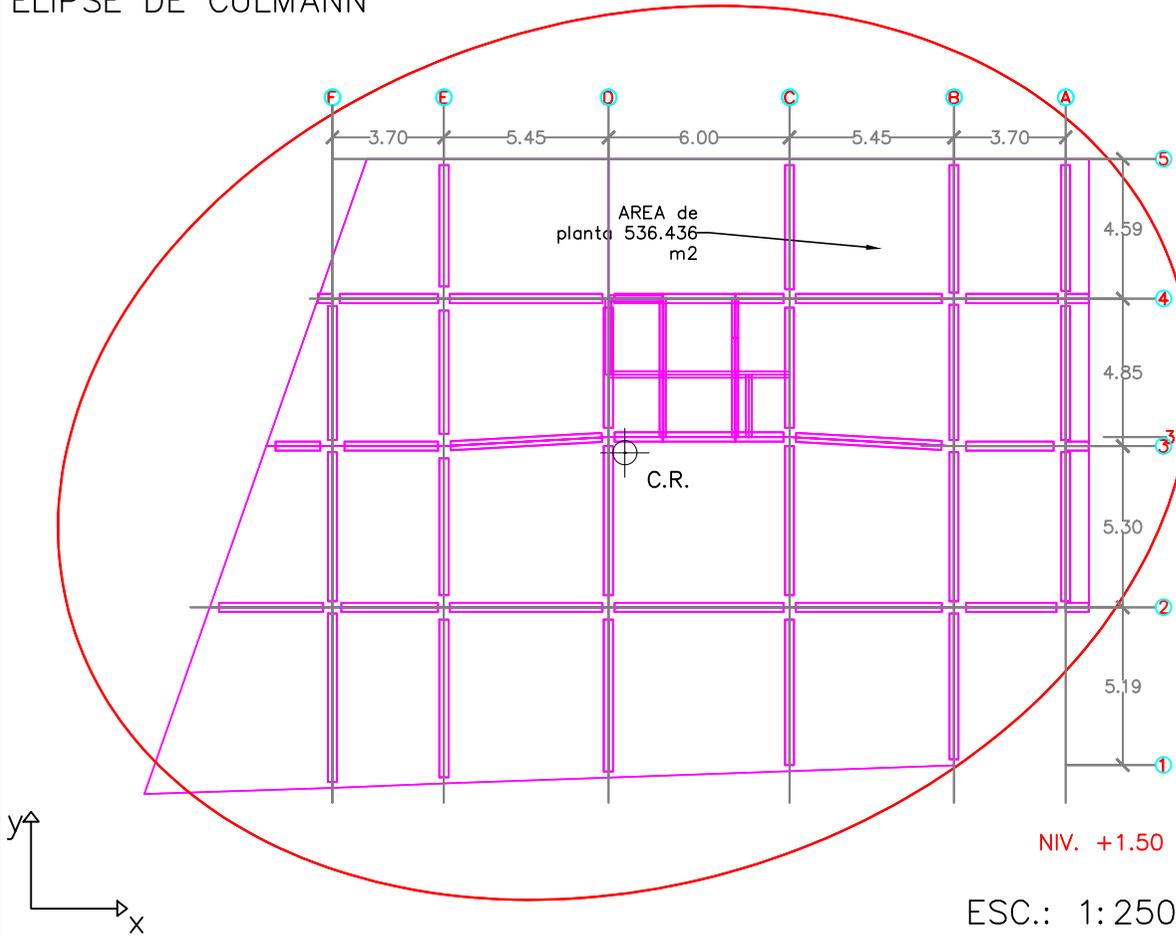
End Sub

TEG: "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."

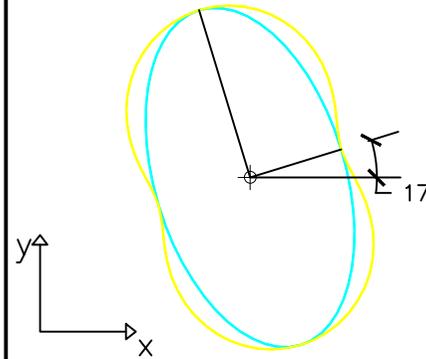
Anexo II – Planos de Análisis

Planos de Análisis – Modelo 1

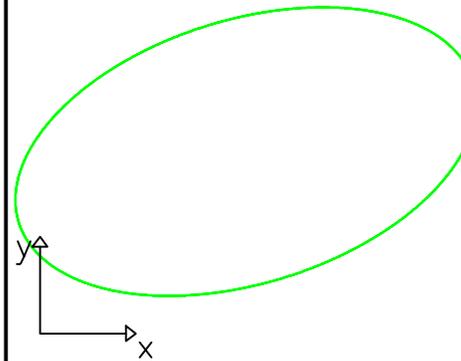
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



ELIPSE DE RIGIDEZ



Planos Modelo 1 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

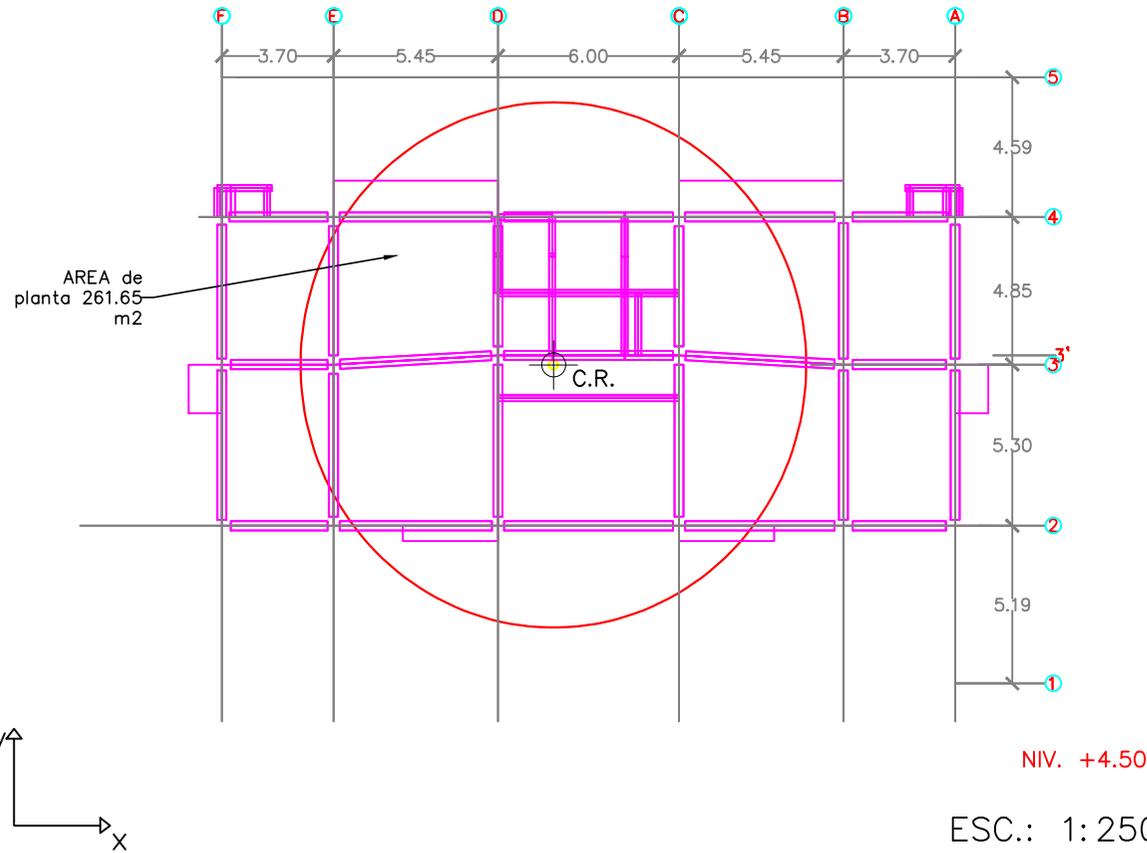
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 0.305 cm b = 0.168 cm	AREA: 0.161cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 0.305 cm b = 0.168 cm	AREA: 0.191cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.55
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 59595.195 t/cm b = 32765.267 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 1915.196 cm b = 1420.085 cm	AREA: 854.432m ²	

PLANTA PB
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

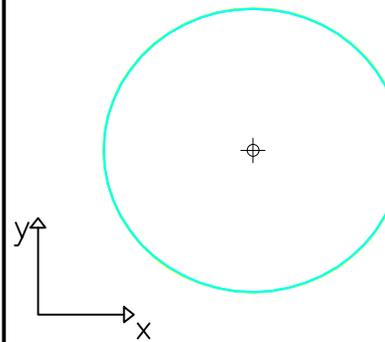
PLANO
 M1-PB

ESC.: S/E

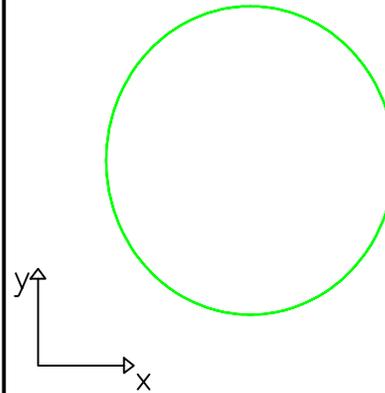
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



ELIPSE DE RIGIDEZ



Planos Modelo 1 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Papanoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

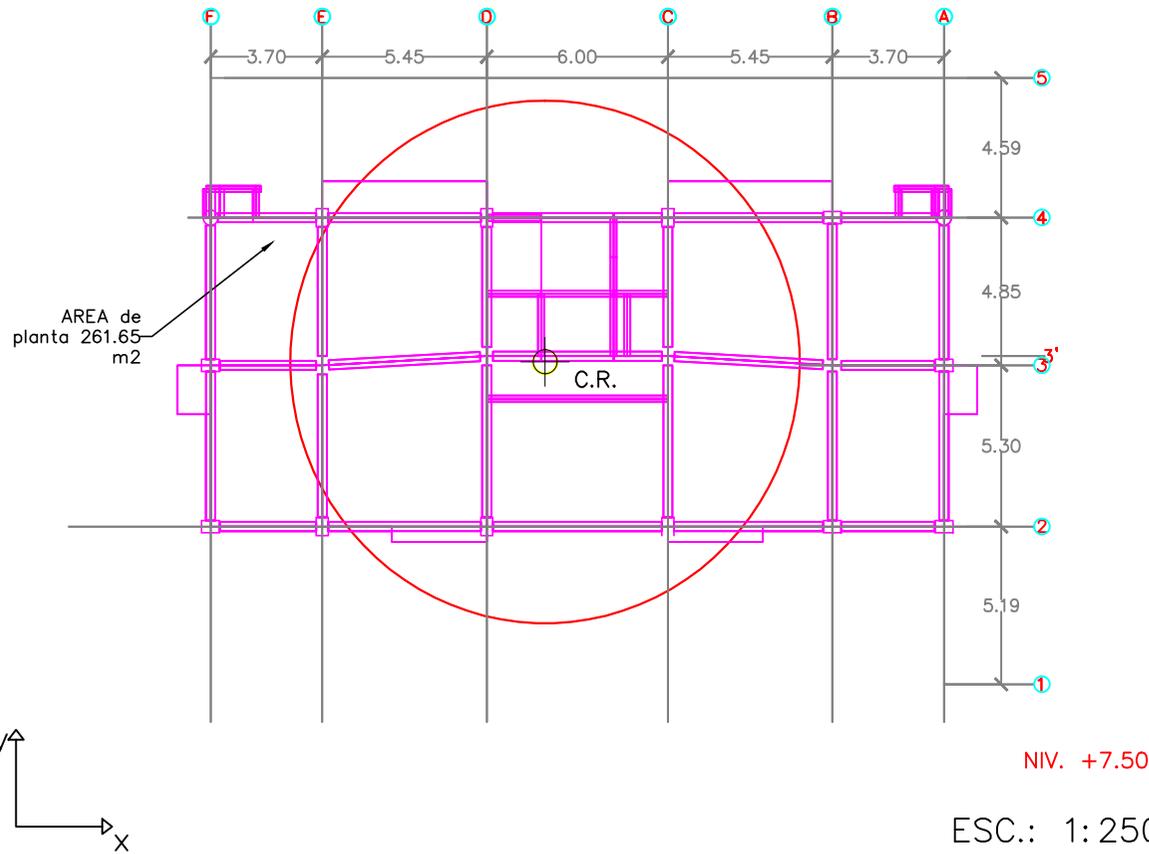
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 15.150 cm b = 14.279 cm	AREA: 679.569 cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 15.150 cm b = 14.279 cm	AREA: 680.761 cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.94
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 700.349 t/cm b = 660.088 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 863.018 cm b = 837.844 cm	AREA: 227.160 m ²	

PLANTA P1
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

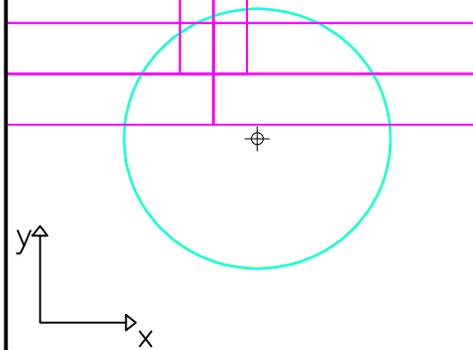
PLANO
 M1-1

ESC.: S/E

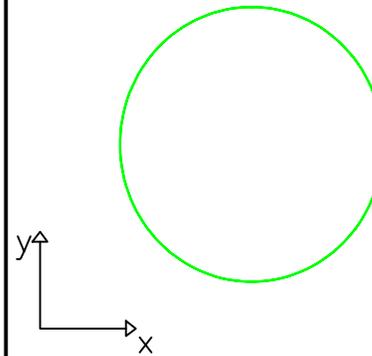
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



ELIPSE DE RIGIDEZ



Planos Modelo 1 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paporoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

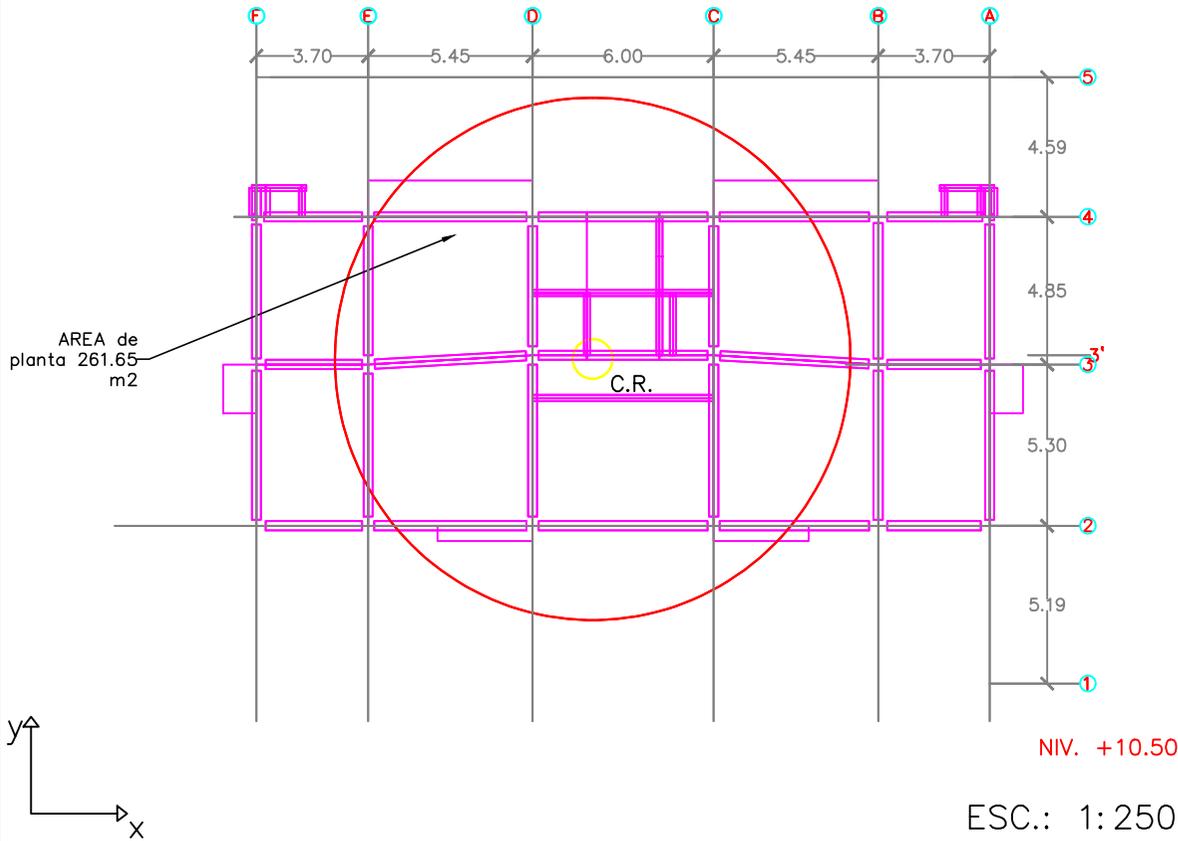
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 39.614cm b = 38.247 cm	AREA: 4759.892 cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 39.614cm b = 38.247 cm	AREA: 4762.826 cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.965
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 261.457 t/cm b = 252.437 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 858.870 cm b = 843.924 cm	AREA: 227.709 m ²	

PLANTA P2
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

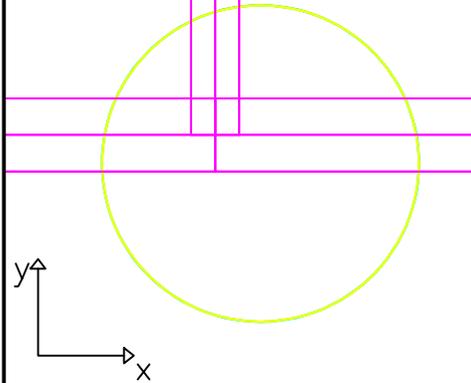
PLANO
 M1-2

ESC.: S/E

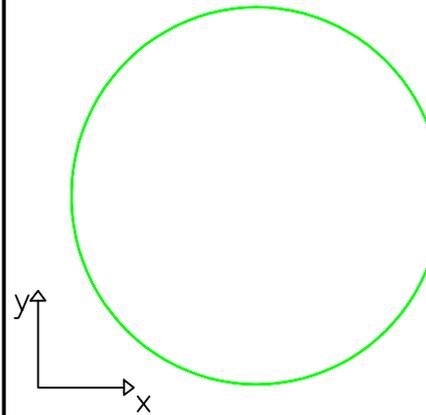
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



ELIPSE DE RIGIDEZ



Planos Modelo 1 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

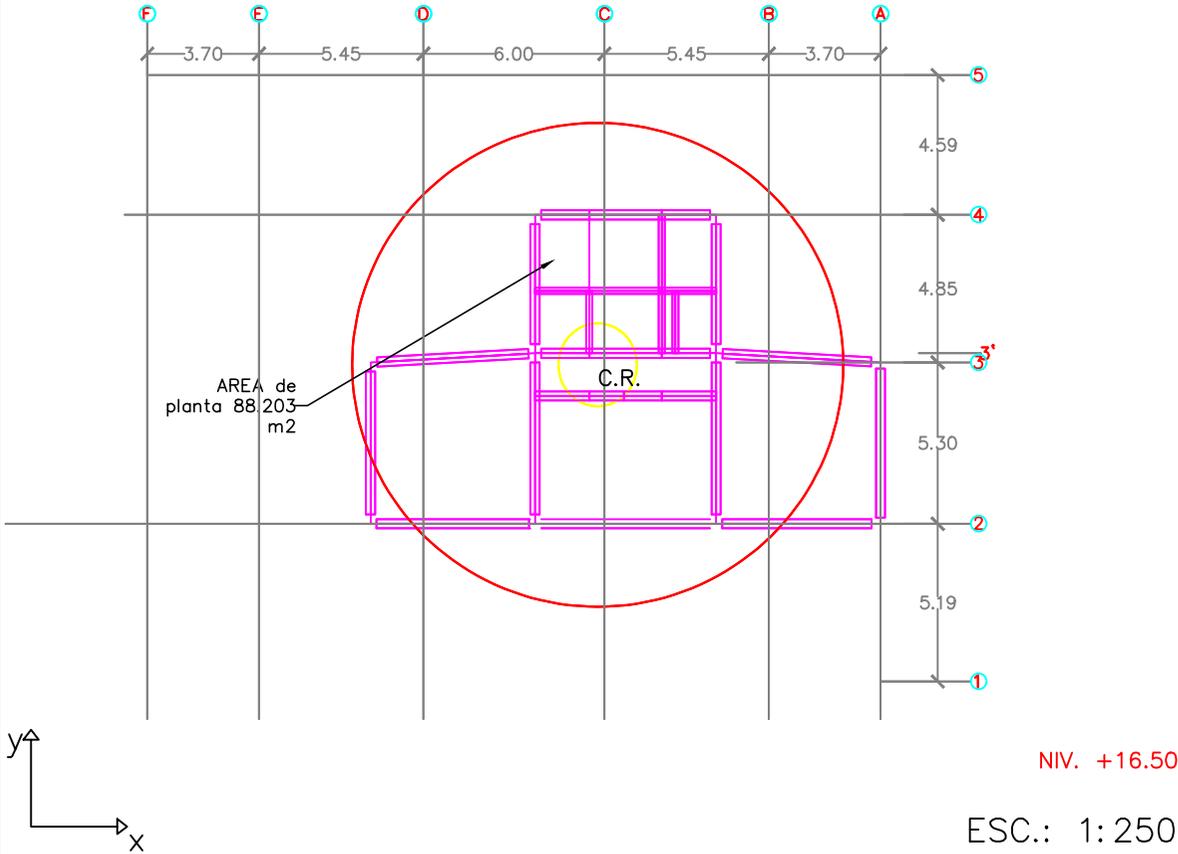
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 65.754cm b = 65.107 cm	AREA: 13449.240 cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 65.754cm b = 65.107 cm	AREA: 13449.896 cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.990
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 153.594 t/cm b = 152.082 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 858.320 cm b = 854.086 cm	AREA: 230.304 m ²	

PLANTA P3
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

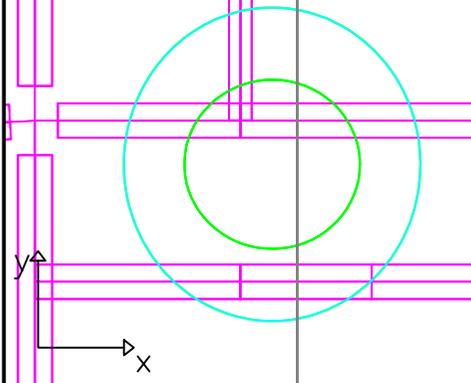
PLANO
 M1-3

ESC.: S/E

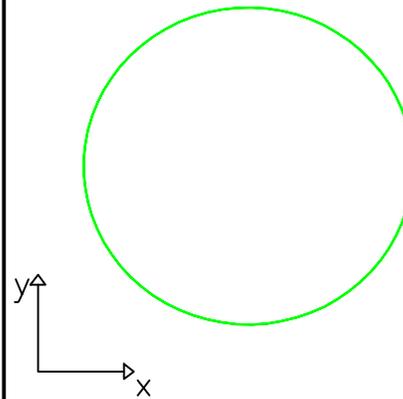
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



ELIPSE DE RIGIDEZ



Planos Modelo 1 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Papanoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

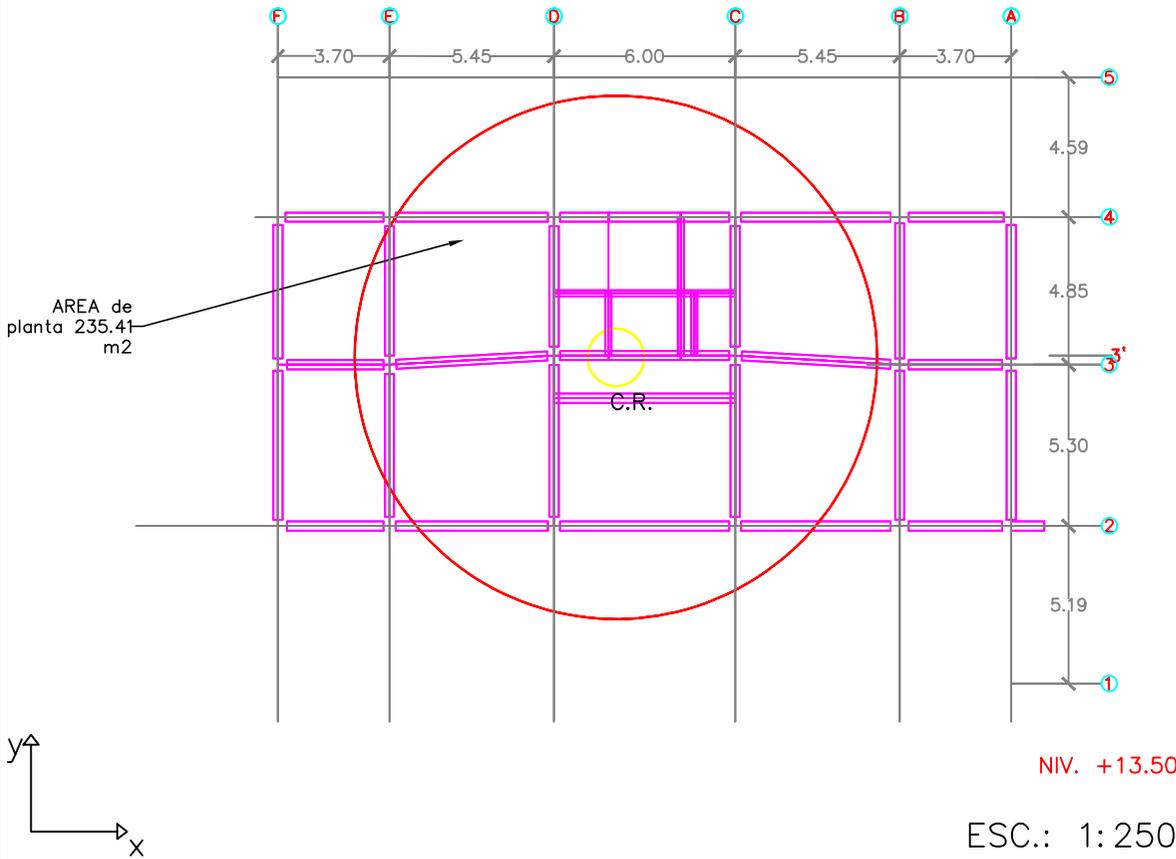
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 136.127cm b = 129.962 cm	AREA: 55579.016 cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 136.127cm b = 129.962 cm	AREA: 55638.715 cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.955
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 76.946 t/cm b = 73.461 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 813.626 cm b = 794.988 cm	AREA: 203.205 m ²	

PLANTA PAPH
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

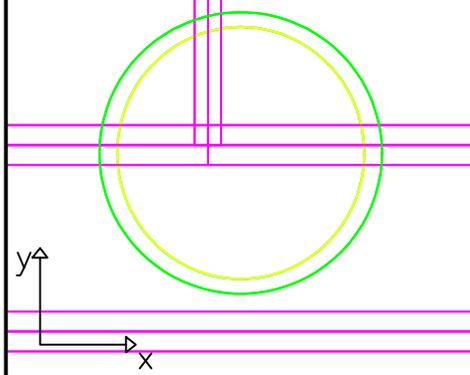
PLANO
 M1-PAPH

ESC.: S/E

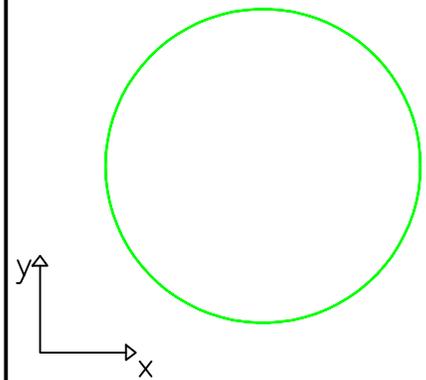
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



ELIPSE DE RIGIDEZ



Planos Modelo 1 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Papanoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

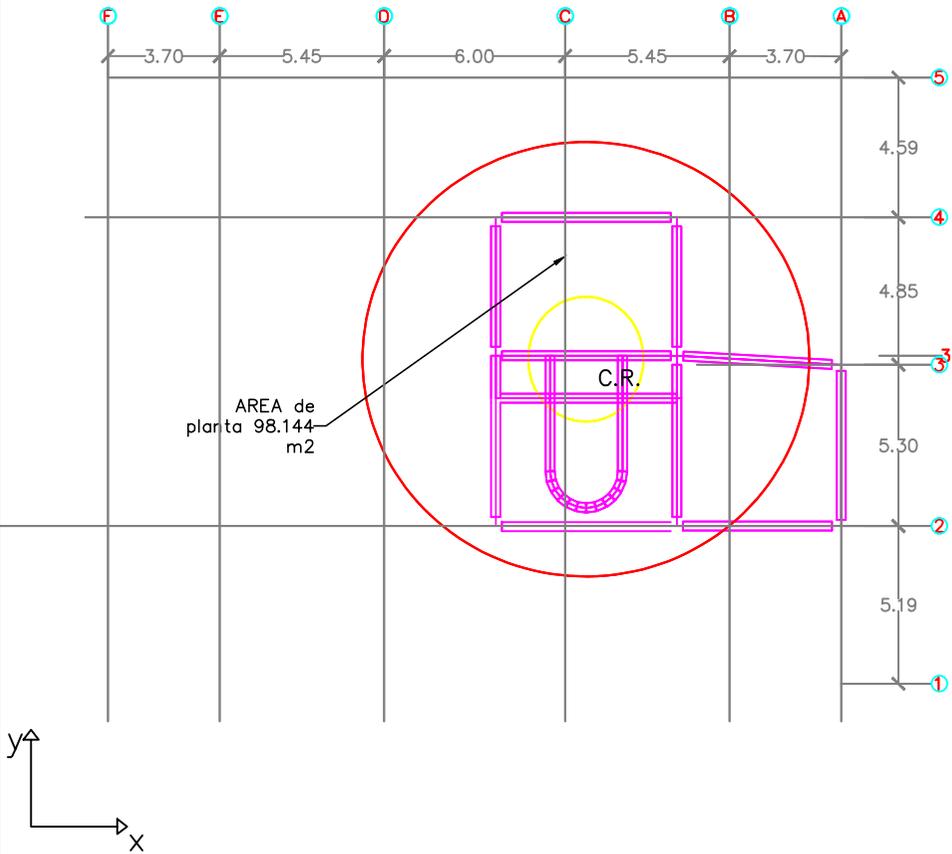
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 94.599cm b = 93.469 cm	AREA: 27778.490 cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 94.599cm b = 93.469 cm	AREA: 27780.493 cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.988
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 106.987 t/cm b = 105.709 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 865.241 cm b = 860.058 cm	AREA: 233.784 m ²	

PLANTA PBPH
 FUNCIONES DE RESPUESTA

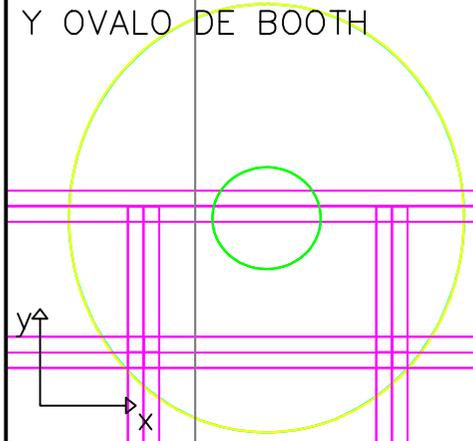
PLANO
 M1-PBPH

ESC.: S/E

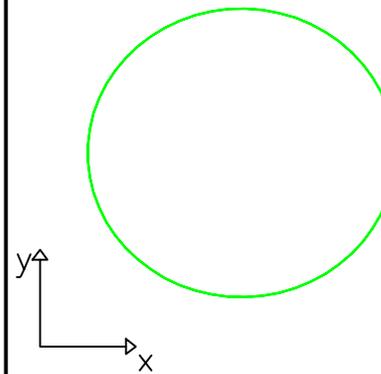
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



ELIPSE DE RIGIDEZ



Planos Modelo 1 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 205.087cm b = 190.798 cm	AREA: 122931.129 cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 205.087cm b = 190.798 cm	AREA: 123251.810 cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.930
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 52.411 t/cm b = 48.760 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 740.282 cm b = 714.028 cm	AREA: 166.059 m ²	

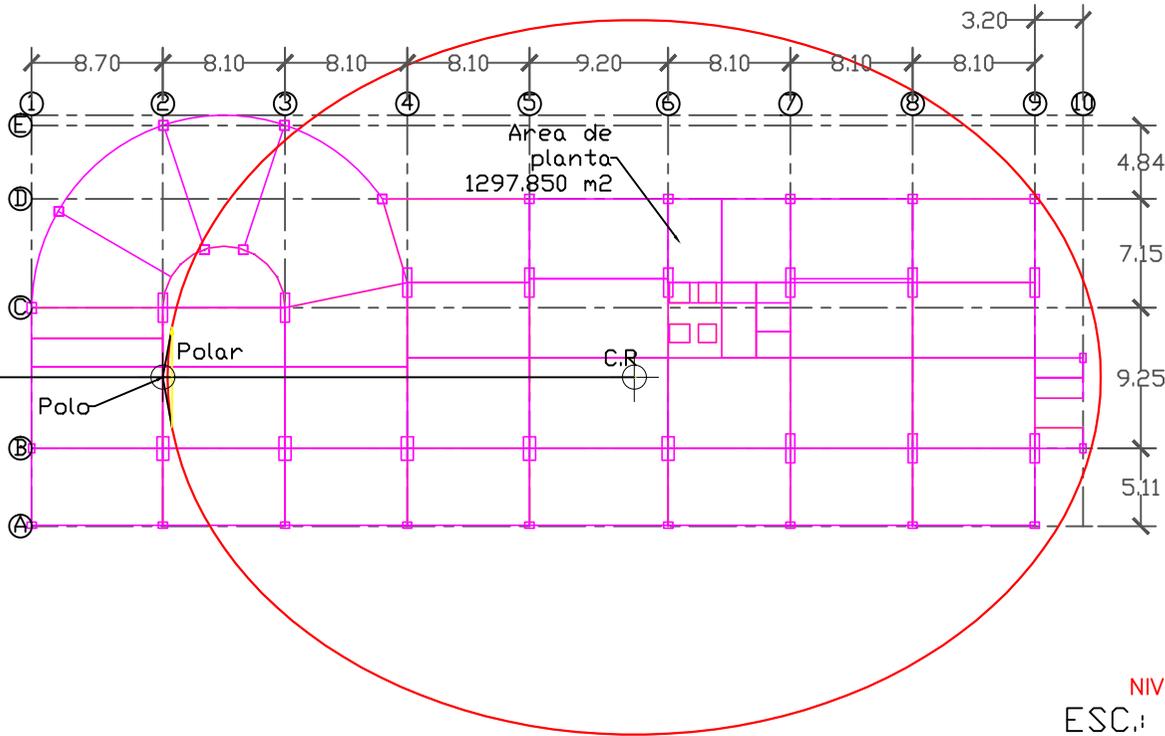
PLANTA PT
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

PLANO
 M1-PT

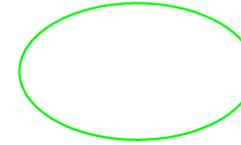
ESC.: S/E

Planos de Análisis – Modelo 2

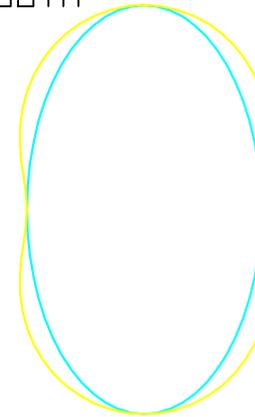
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

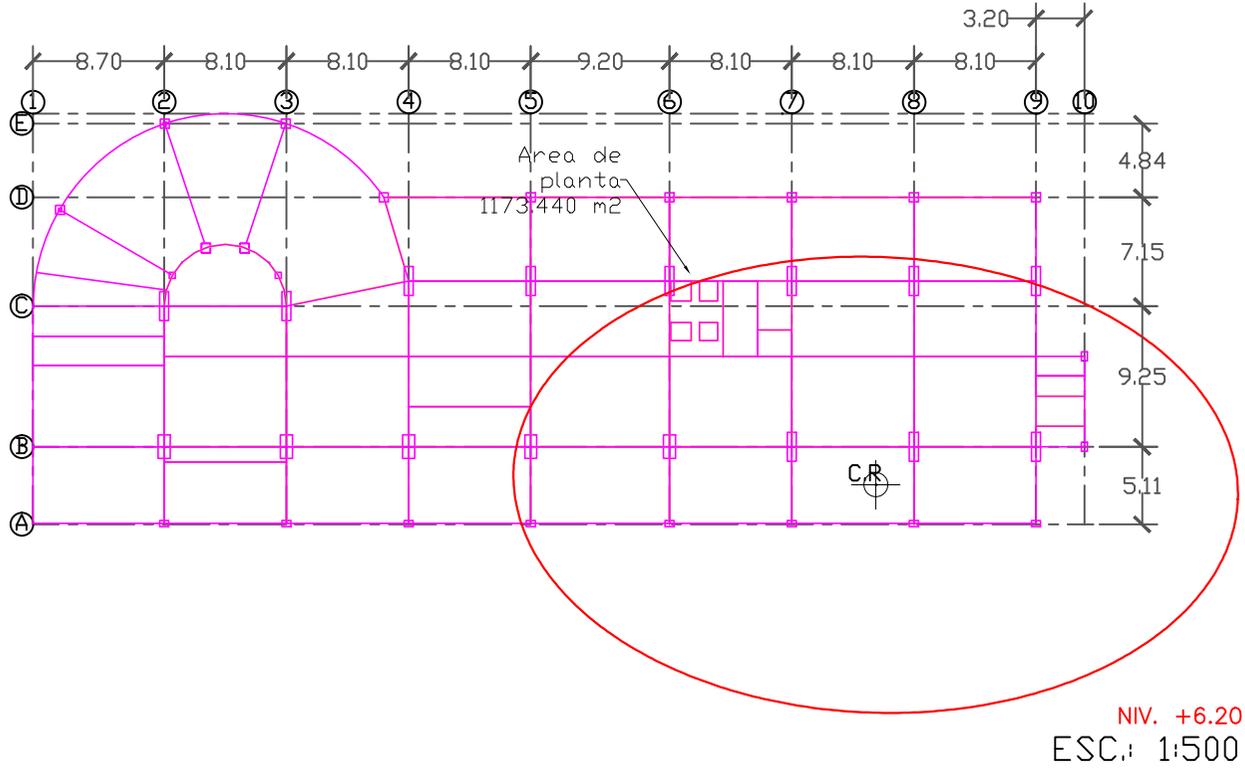
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 0.1515 cm b = 0.0874 cm	AREA: 0.0416cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 0.1515 cm b = 0.0874 cm	AREA: 0.0481cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.577
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 114416.4760 t/cm b = 66006.6007 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 3093.7098 cm b = 2349.7896 cm	AREA: 2283.802m ²	

PLANTA BAJA
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

PLANO
 M2-S2

ESC.: S/E

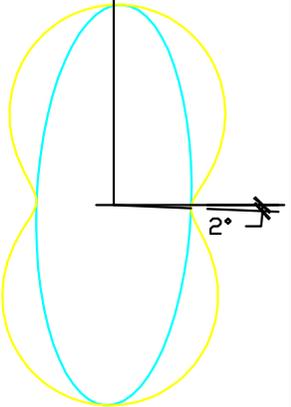
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:
 TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.
 SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA
 TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

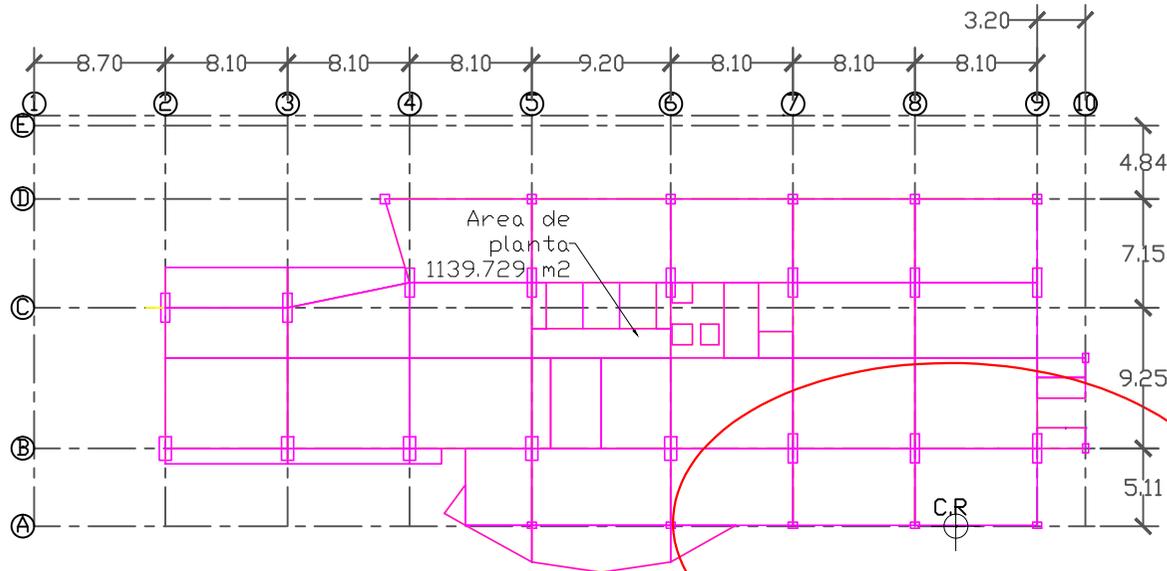
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 0.6148 cm b = 0.2391 cm	AREA: 0.4618cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 0.6148 cm b = 0.2391 cm	AREA: 0.6835cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.389
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 41823.4769 t/cm b = 16265.4564 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2402.5233 cm b = 1498.2720 cm	AREA: 1130.858m ²	

PLANTA BAJA
 FUNCIONES DE RESPUESTA

PLANO
 M2-S1

ESC.: S/E

ELIPSE DE CULMANN

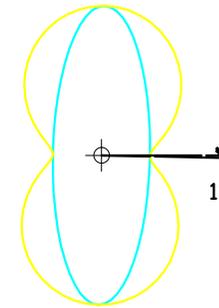


NIV. +10.20
ESC.: 1:500

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

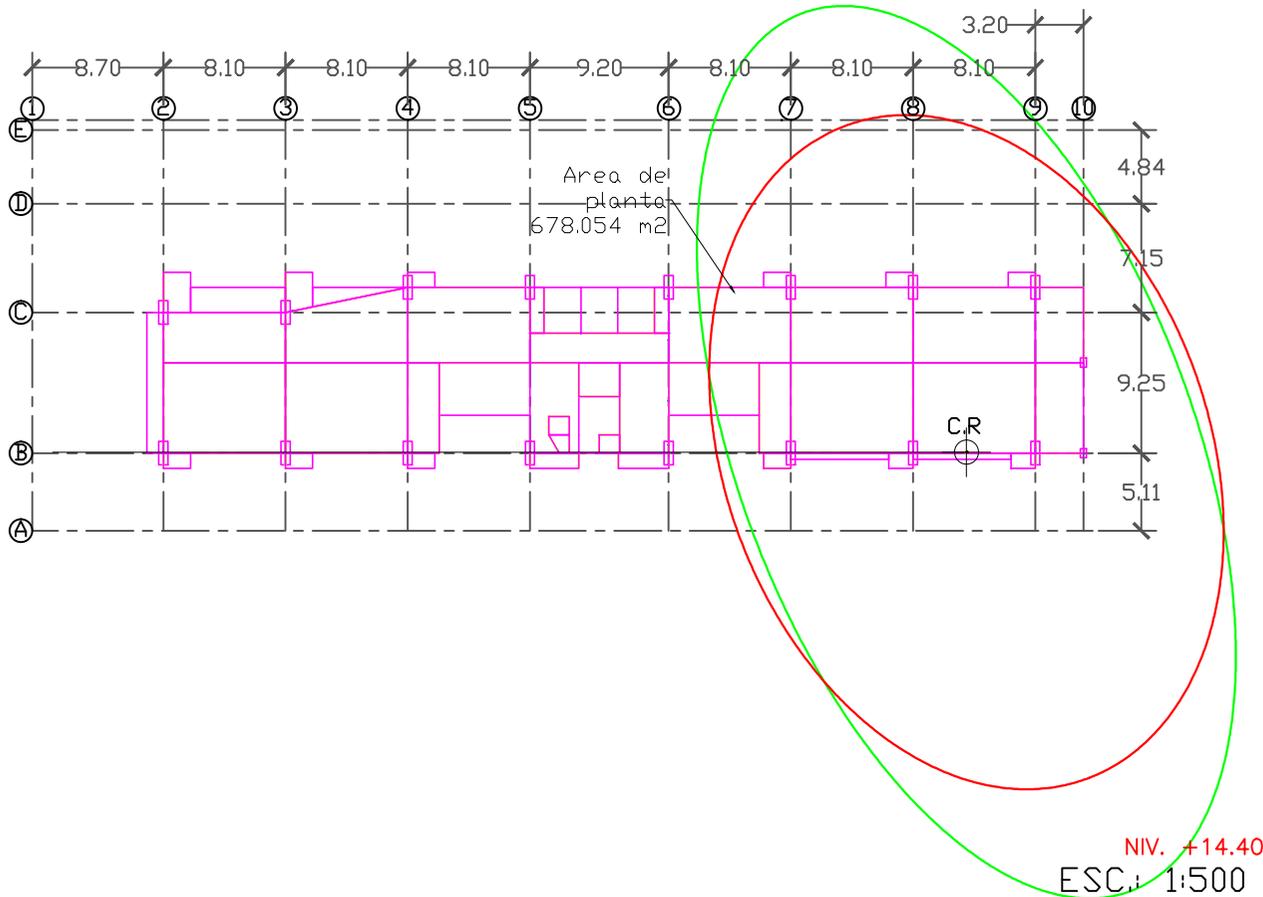
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 1.5033 cm b = 0.4923 cm	AREA: 2.3250cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 1.5033 cm b = 0.4923 cm	AREA: 3.9306cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.327
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 20312.9725 t/cm b = 6652.0156 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 1874.1377 cm b = 1072.4854 cm	AREA: 631.455m ²	

PLANTA PB
FUNCIONES DE
RESPUESTA

PLANO
M2-PB

ESC.: S/E

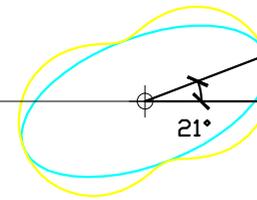
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

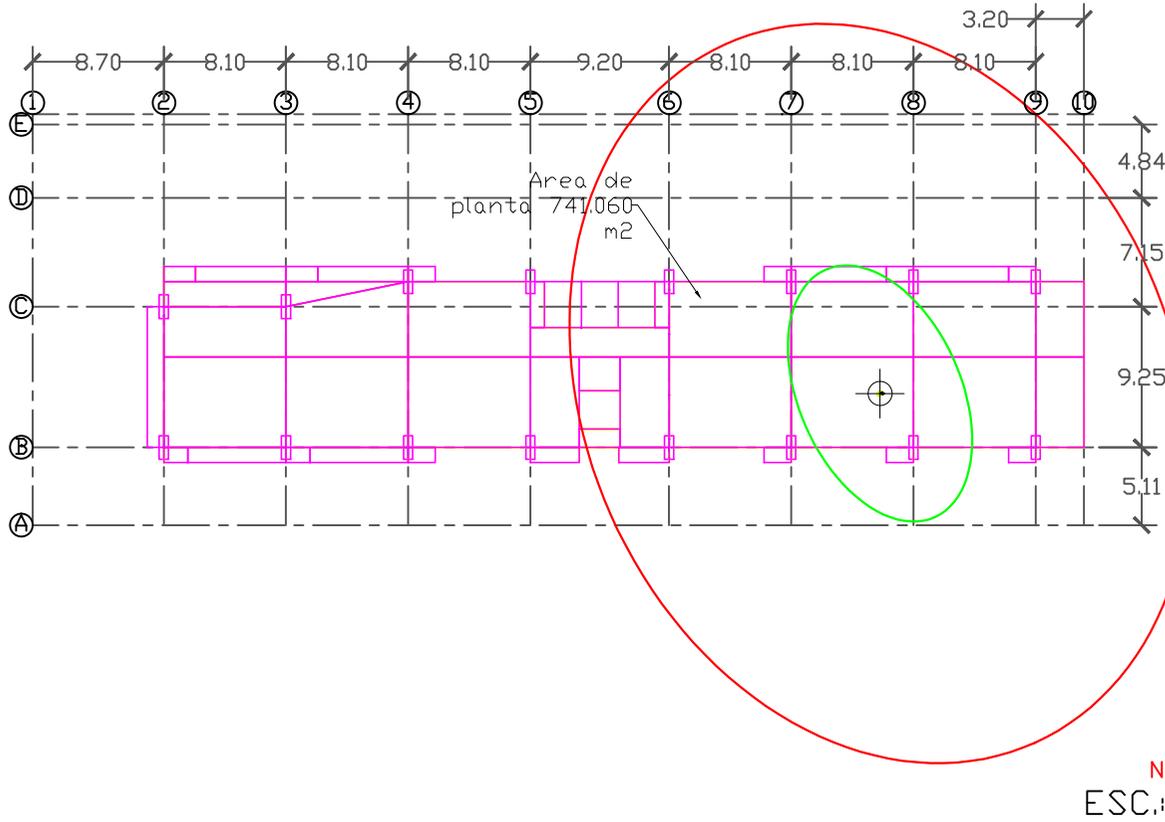
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 6.6154 cm b = 3.2421 cm	AREA: 67.3797cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 6.6154 cm b = 3.2421 cm	AREA: 85.2550cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.490
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 3084.4654 t/cm b = 1511.6136 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2291.0107 cm b = 1603.8272 cm	AREA: 1154.342m ²	

PLANTA P1
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

PLANO
 M2-P1

ESC.: S/E

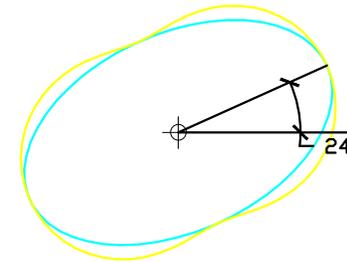
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

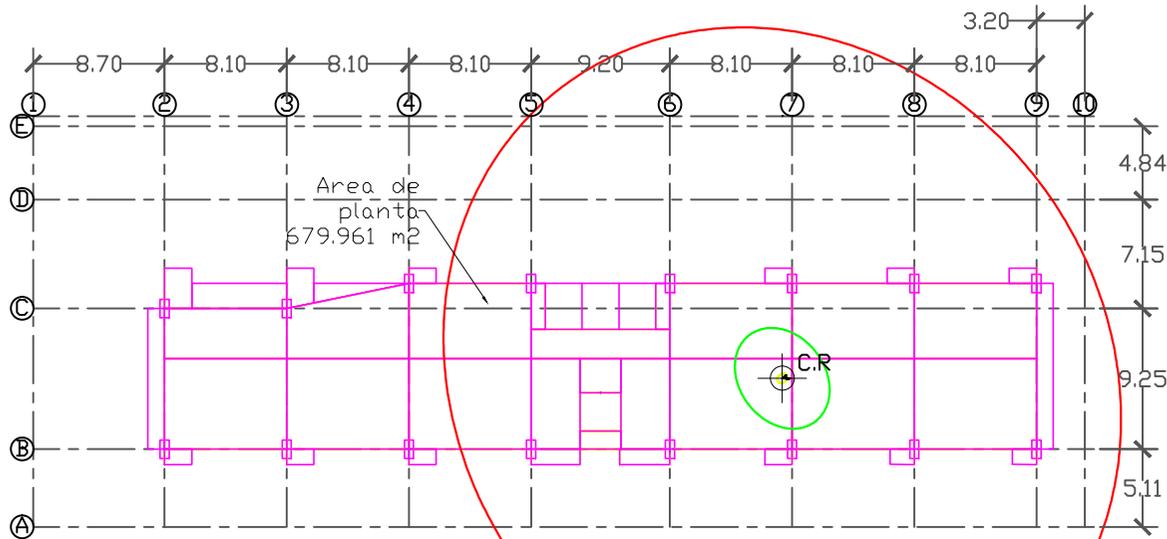
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 18.5921 cm b = 11.2297 cm	AREA: 655.9127cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 18.5921 cm b = 11.2297 cm	AREA: 741.0588cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.604
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 890.4981 t/cm b = 537.8620 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2515.2963 cm b = 1954.8260 cm	AREA: 1544.711m ²	

PLANTA P2
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

PLANO
 M2-P2

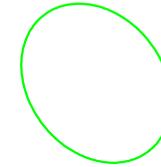
ESC.: S/E

ELIPSE DE CULMANN

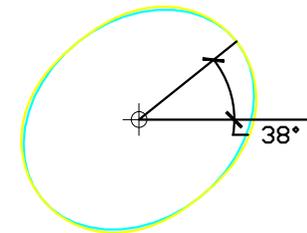


NIV. +21.30
ESC.: 1:500

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

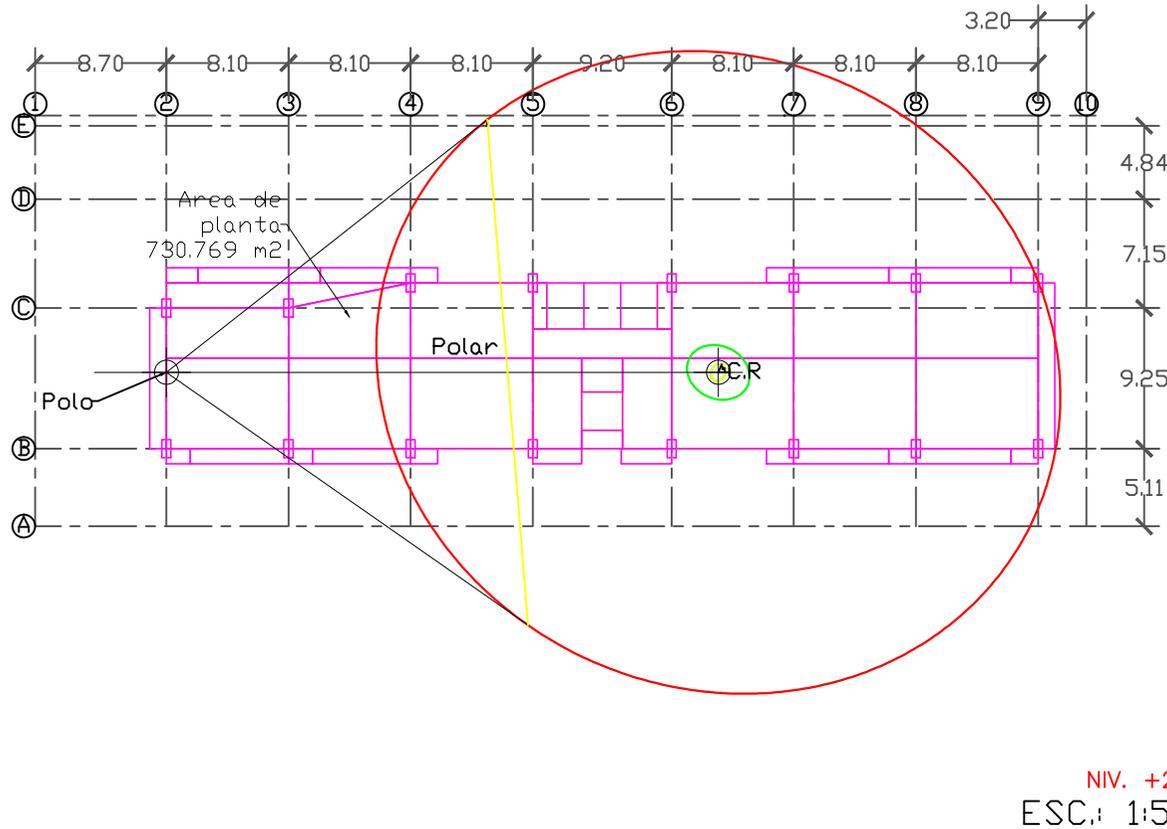
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 35.4260 cm b = 27.8900 cm	AREA: 3103.9910cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 35.4260 cm b = 27.8900 cm	AREA: 3193.1989cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.787
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 358.5517 t/cm b = 282.2784 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2408.4853 cm b = 2137.0121 cm	AREA: 1616.966m ²	

PLANTA P3
FUNCIONES DE
RESPUESTA

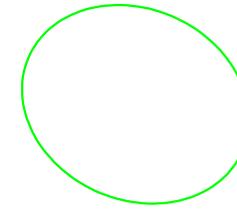
PLANO
M2-P3

ESC.: S/E

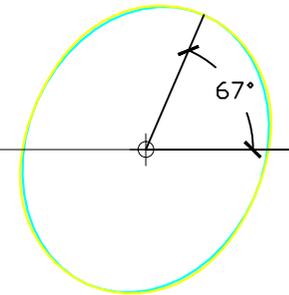
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

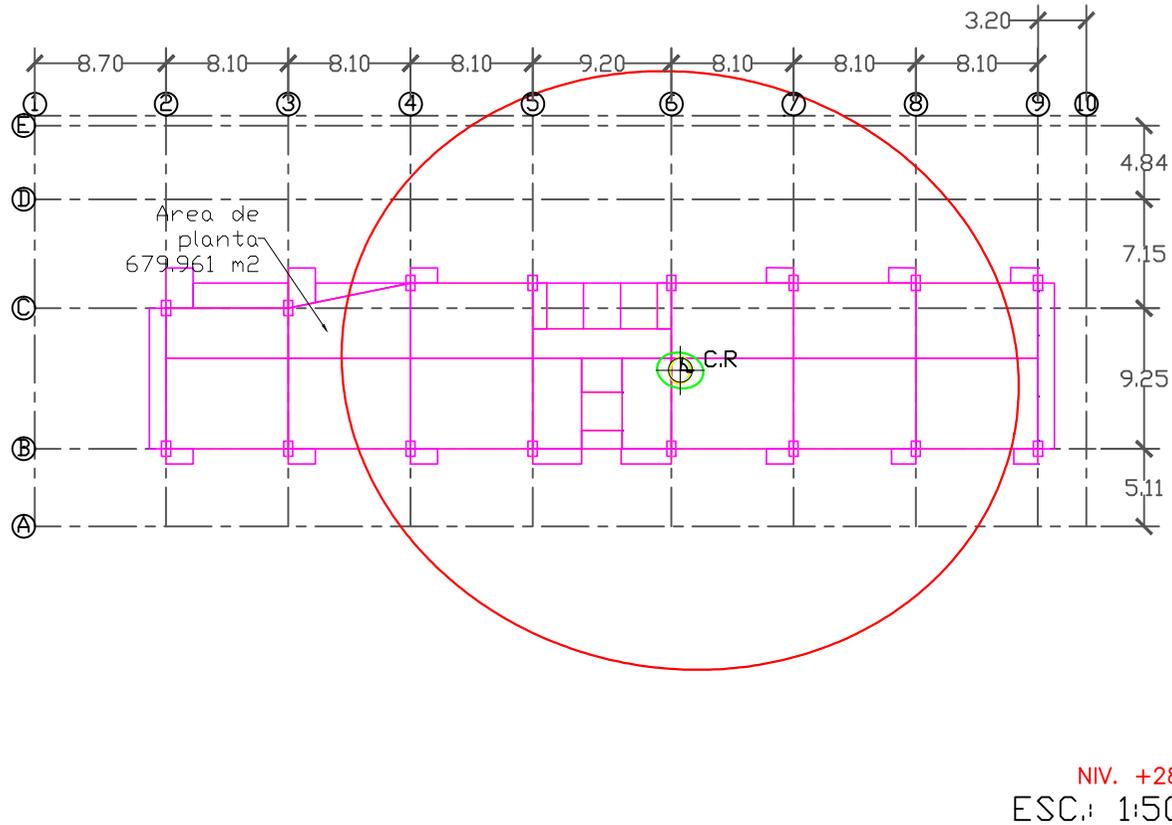
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 57.7161 cm b = 46.9303 cm	AREA: 8509.4237cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 57.7161 cm b = 46.9303 cm	AREA: 8692.1600cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.813
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 213.0820 t/cm b = 173.2618 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2301.6956 cm b = 2075.5152 cm	AREA: 1500.803m ²	

PLANTA P4
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

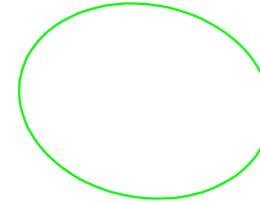
PLANO
 M2-P4

ESC.: S/E

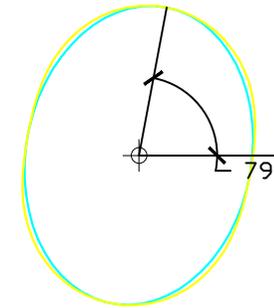
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
 “Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas.”
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

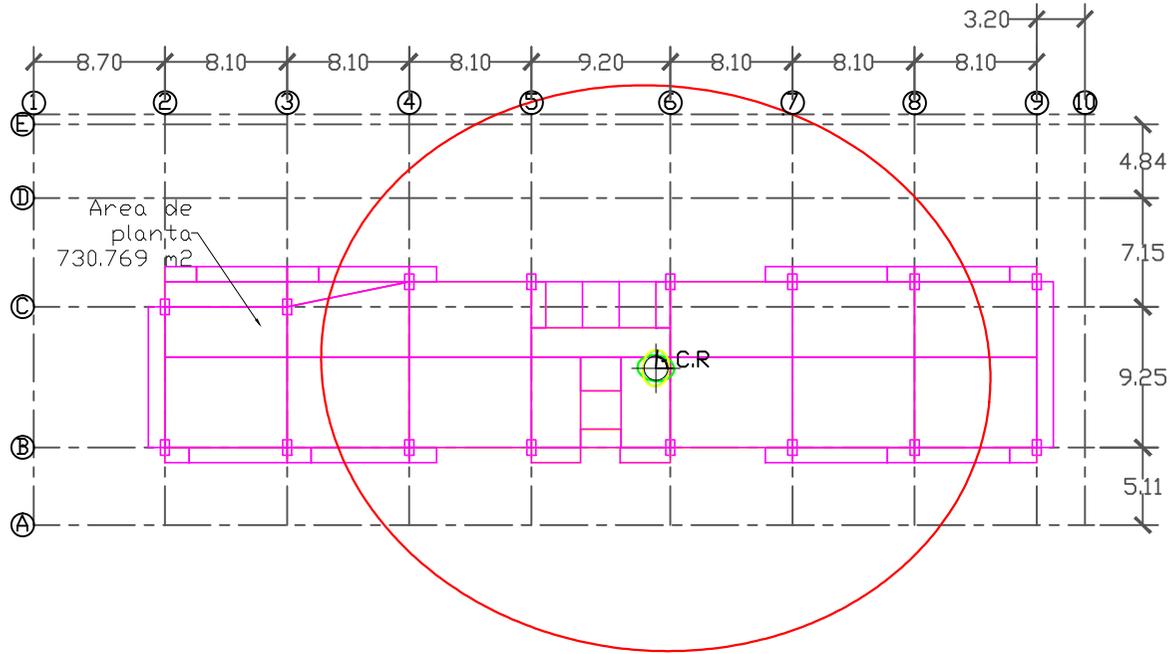
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 85.9350 cm b = 64.8308 cm	AREA: 17502.5526cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 85.9350 cm b = 64.8308 cm	AREA: 18202.1580cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.754
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 154.2476 t/cm b = 116.3671 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2253.6605 cm b = 1957.4665 cm	AREA: 1385.902m ²	

PLANTA P5
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

PLANO
 M2-P5

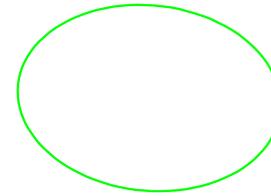
ESC.: S/E

ELIPSE DE CULMANN

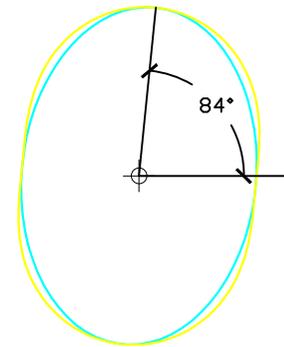


NIV. +31.65
ESC.: 1:500

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

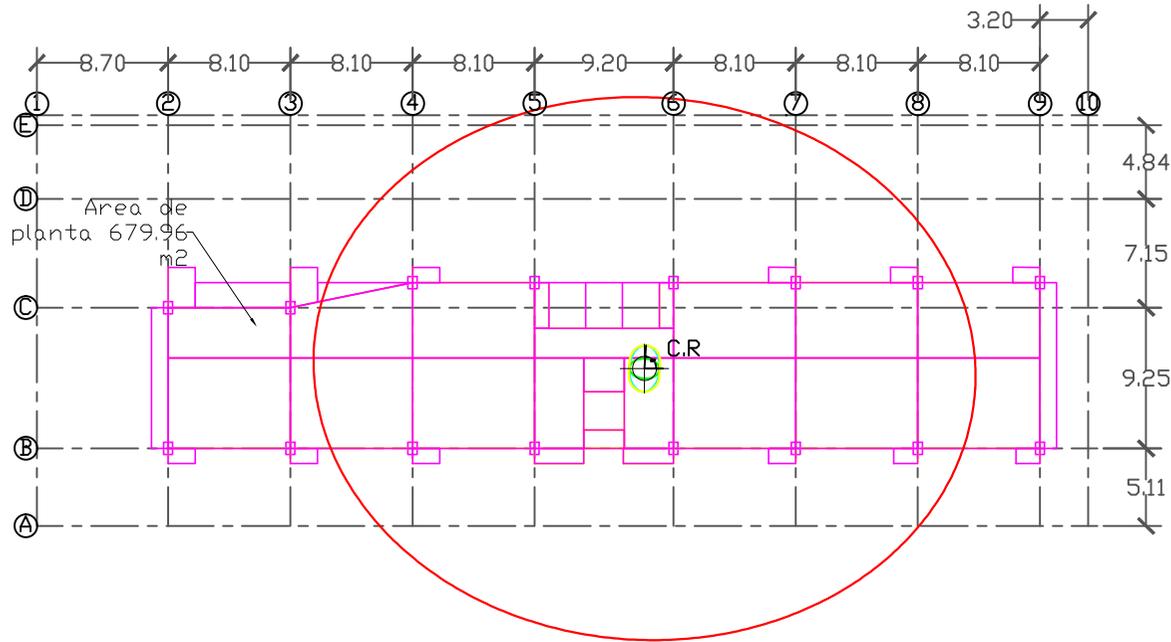
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 121.3258 cm b = 84.7049 cm	AREA: 32285.8042cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 121.3258 cm b = 84.7049 cm	AREA: 32564.0645cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.698
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 118.0569 t/cm b = 82.4227 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2221.6636 cm b = 1856.3342 cm	AREA: 1295.639m ²	

PLANTA P6
FUNCIONES DE
RESPUESTA

PLANO
M2-P6

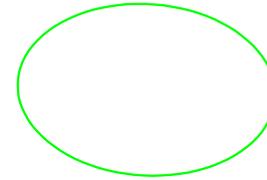
ESC.: S/E

ELIPSE DE CULMANN

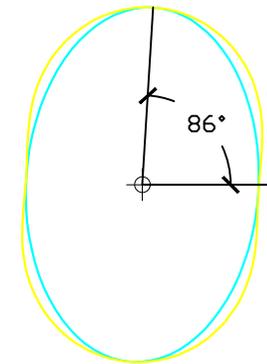


NIV. +35.10
ESC.: 1:500

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

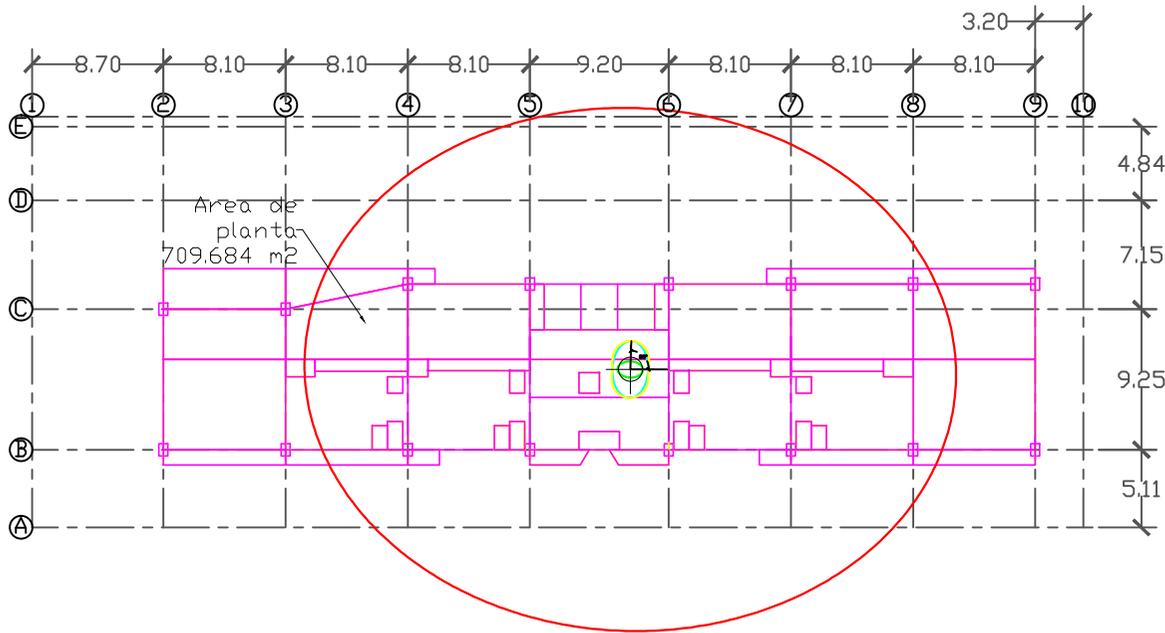
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 152.4936 cm b = 100.6435 cm	AREA: 48215.5528cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 152.4936 cm b = 100.6435 cm	AREA: 52438.5383cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.659
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 99.3607 t/cm b = 65.5765 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2195.7607 cm b = 1783.8235 cm	AREA: 1230.514m ²	

PLANTA P7
FUNCIONES DE
RESPUESTA

PLANO
M2-P7

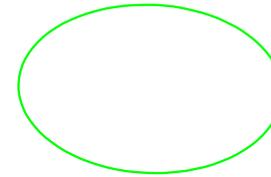
ESC.: S/E

ELIPSE DE CULMANN

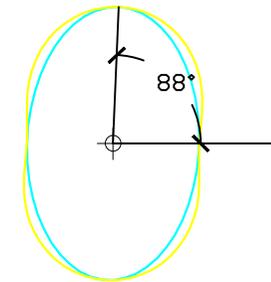


NIV. +38.55
ESC.: 1:500

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

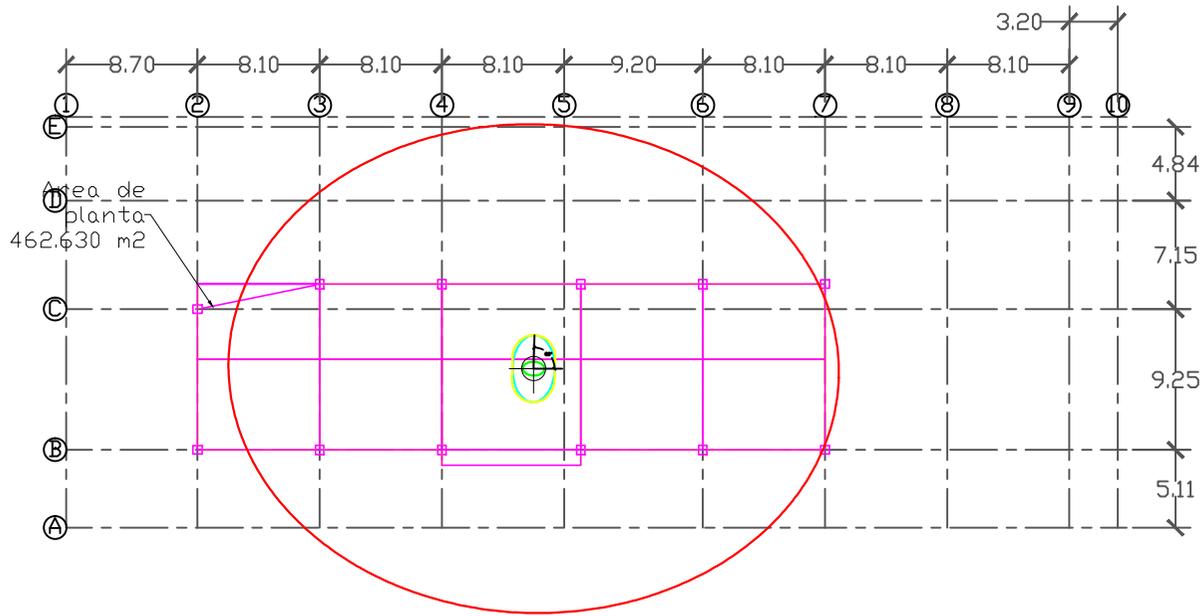
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 187.7013 cm b = 118.8925 cm	AREA: 48215.5528cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 187.7013 cm b = 118.8925 cm	AREA: 77545.8121cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.633
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 84.1096 t/cm b = 53.2761 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2160.2858 cm b = 1719.3123 cm	AREA: 1166.852m ²	

PLANTA PSM
FUNCIONES DE
RESPUESTA

PLANO
M2-PSM

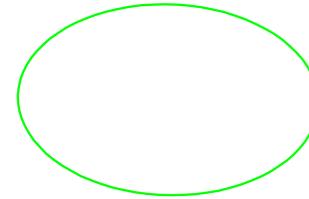
ESC.: S/E

ELIPSE DE CULMANN

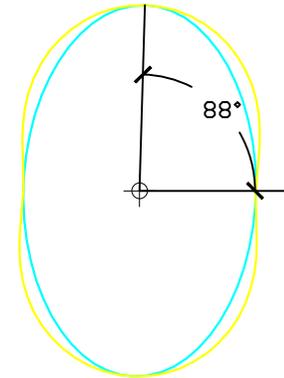


NIV. +42.00
ESC.: 1:500

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 2 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 220.6797 cm b = 139.1449 cm	AREA: 96467.1848cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 220.6797 cm b = 139.1449 cm	AREA: 106909.6743cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.630
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 71.8675 t/cm b = 45.3146 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 2023.5345 cm b = 1606.8051 cm	AREA: 1021.465m ²	

PLANTA PTE.
FUNCIONES DE
RESPUESTA

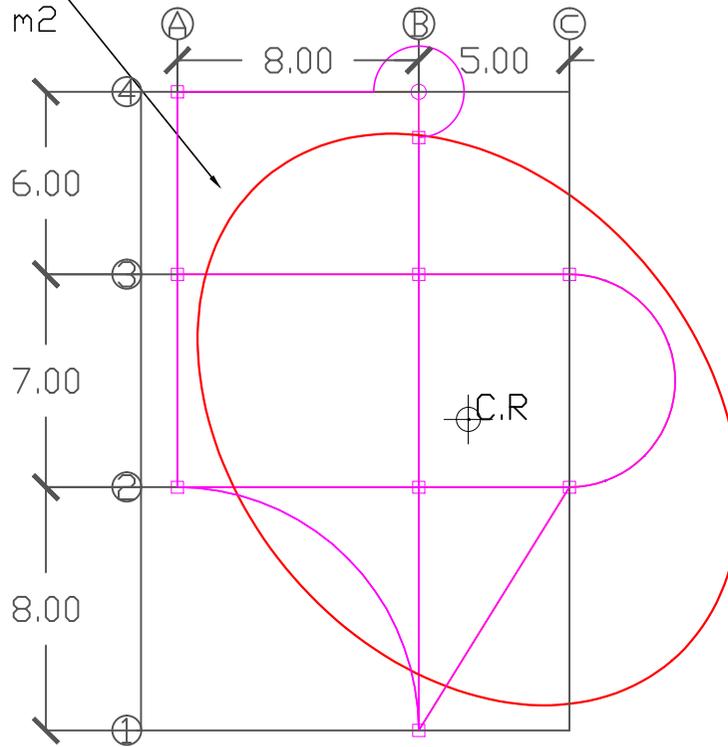
PLANO
M2-PTE

ESC.: S/E

Planos de Análisis – Modelo 3

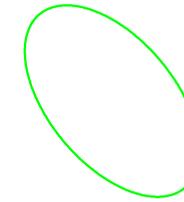
ELIPSE DE CULMANN

Area de planta
197.318 m²

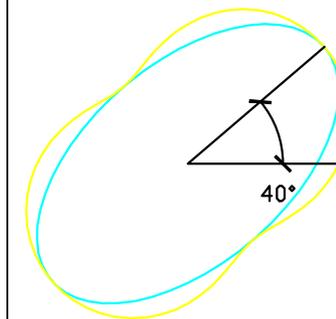


NIV. +3.00
ESC.: 1:250

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 3 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

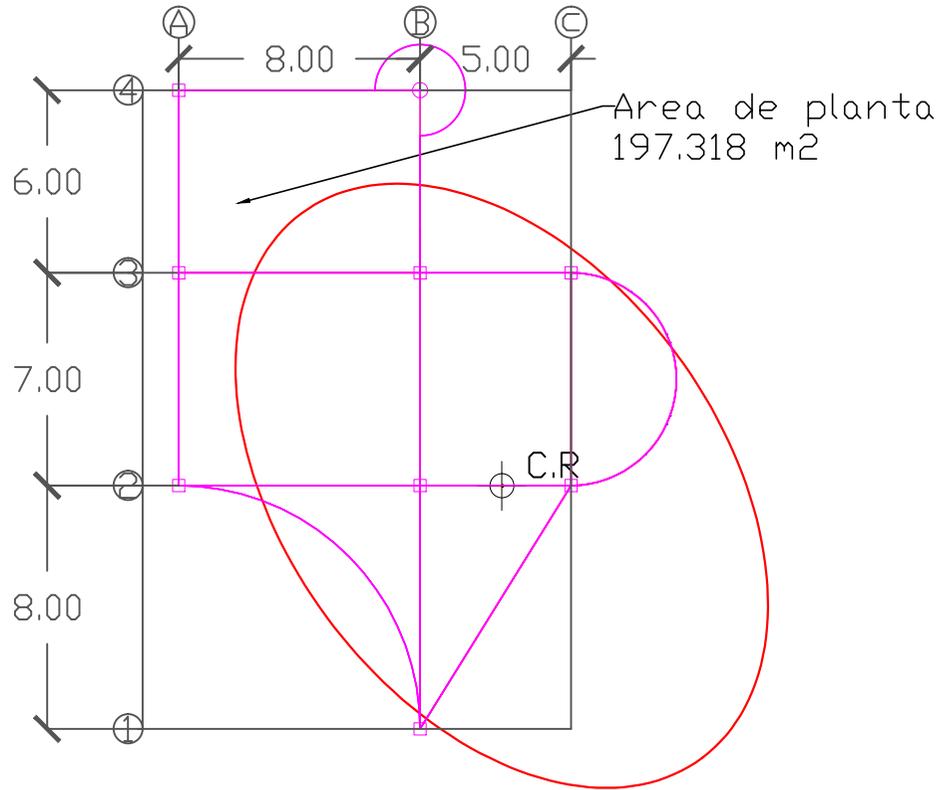
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 1.0840 cm b = 0.6043 cm	AREA: 2.0579cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 1.0840 cm b = 0.6043 cm	AREA: 2.4194cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.557
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 16548.0967 t/cm b = 9225.0846 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 21041.1536 cm b = 777.3668 cm	AREA: 254.267m ²	

PLANTA P1
FUNCIONES DE
RESPUESTA

PLANO
M3-1

ESC.: S/E

ELIPSE DE CULMANN

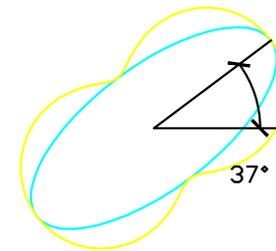


NIV. +6.00
ESC.: 1:250

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 3 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

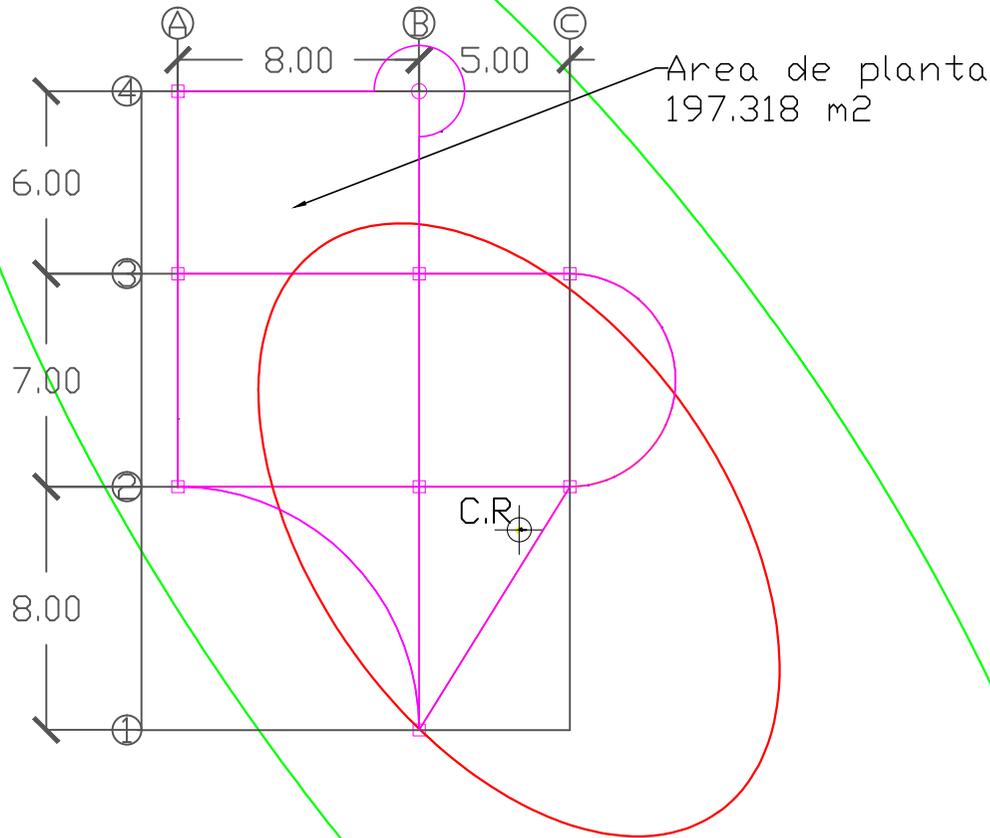
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 3.8517 cm b = 1.6216 cm	AREA: 19.6221cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 3.8517 cm b = 1.6216 cm	AREA: 27.4343cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.421
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 6166.7842 t/cm b = 2596.2499 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 1114.6689 cm b = 723.2522 cm	AREA: 253.271m ²	

PLANTA P2
FUNCIONES DE
RESPUESTA

PLANO
M3-2

ESC.: S/E

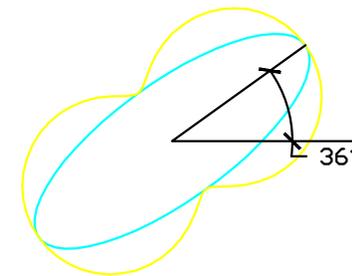
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 3 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

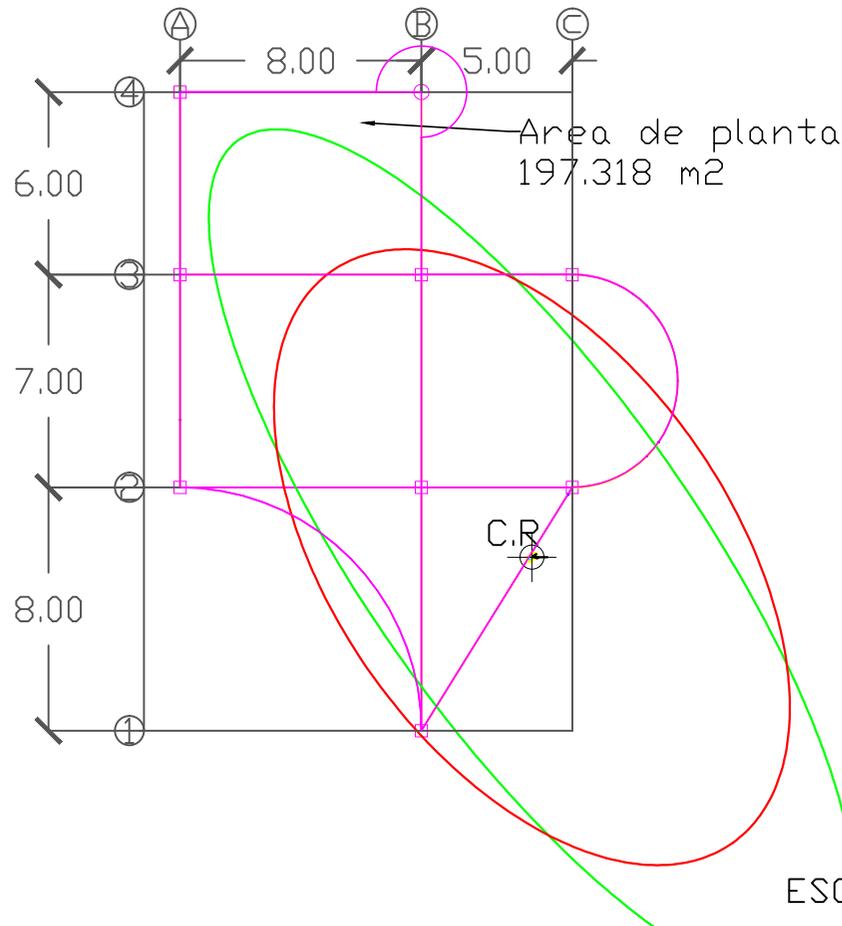
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 9.2175 cm b = 3.2895 cm	AREA: 95.2559 cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 9.2175 cm b = 3.2895 cm	AREA: 150.4559 cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.3567
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 3039.9845 t/cm b = 1084.8917 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 1139.4037 cm b = 680.6677 cm	AREA: 243.648 m ²	

PLANTA P3
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

PLANO
 M3-3

ESC.: S/E

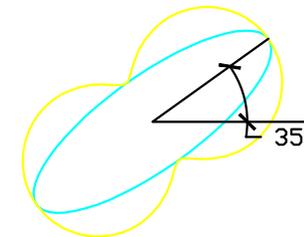
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 3 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 18.2861 cm b = 5.9473 cm	AREA: 341.6573 cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 18.2861 cm b = 5.9473 cm	AREA: 580.8047 cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.325
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 31681.4358 t/cm b = 546.8634 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 1151.1211 cm b = 656.4782 cm	AREA: 237.406 m ²	

PLANTA P4
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

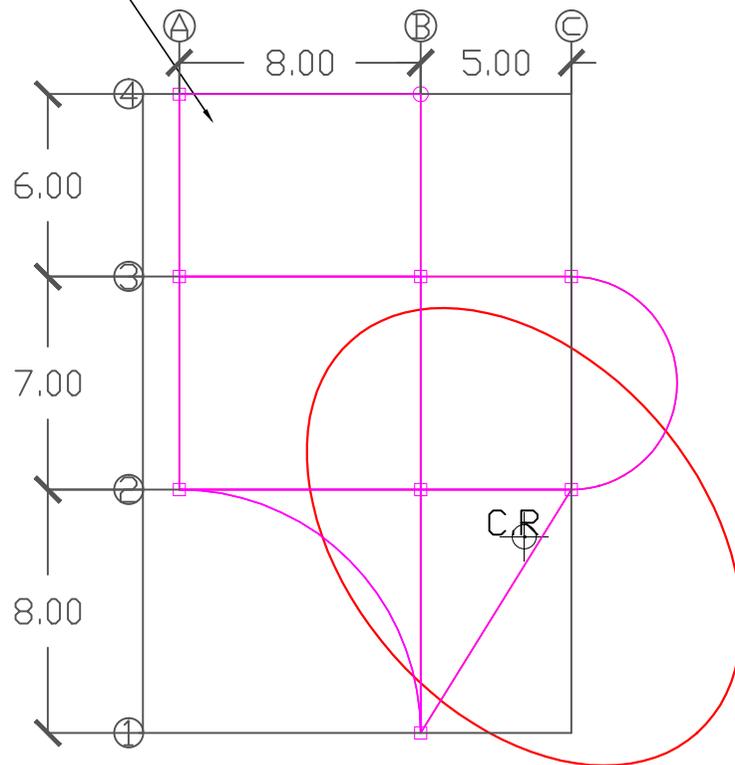
PLAND
 M3-4

ESC: S/E

Planos de Análisis – Modelo 3 Optimizado

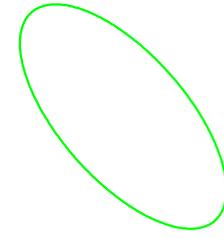
ELIPSE DE CULMANN

Area de planta
192.016 m²

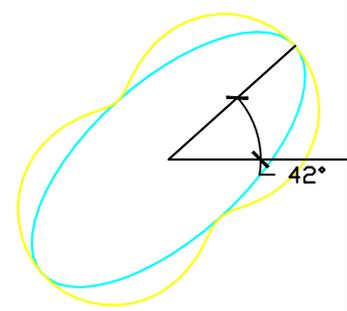


NIV. +3.00
ESC.: 1:250

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 3 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:
TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.
SE APLICO UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA
TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

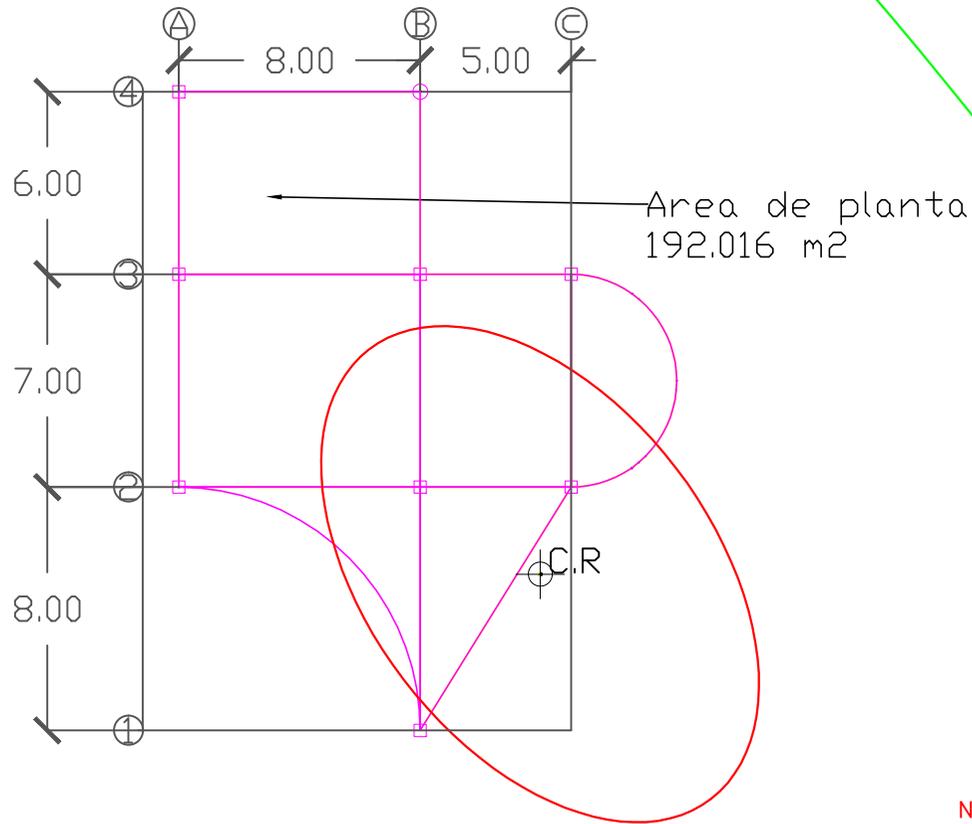
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 1.5643 cm b = 0.7134 cm	AREA: 3.5059cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 1.5643 cm b = 0.7134 cm	AREA: 4.6433cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.4561
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 14017.8083 t/cm b = 6392.5469 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 863.0846 cm b = 582.8413 cm	AREA: 158.0351m ²	

PLANTA P1
FUNCIONES DE RESPUESTA

PLANO
M3SE-1

ESC.: S/E

ELIPSE DE CULMANN

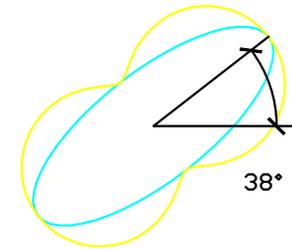


NIV. +6.00
ESC.: 1:250

ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 3 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

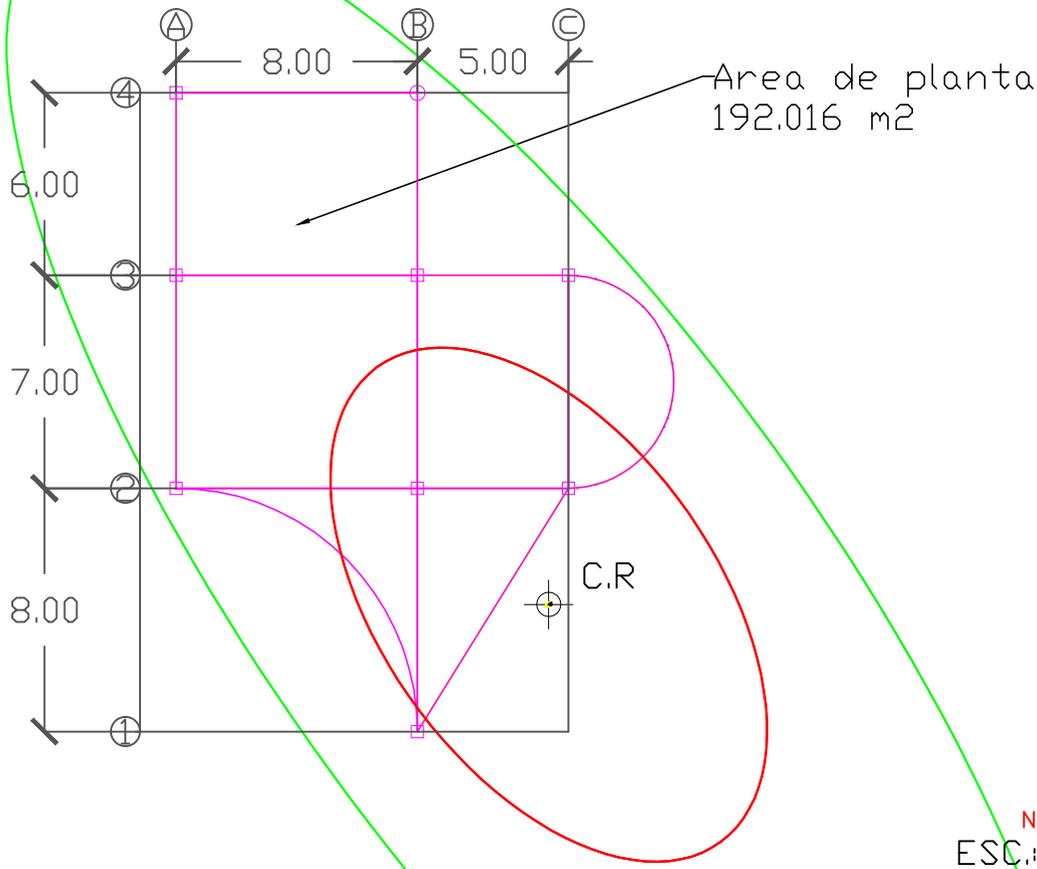
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 4.8565 cm b = 1.8186 cm	AREA: 27.7465cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 4.8565 cm b = 1.8186 cm	AREA: 42.2434cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.3745
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 5498.7734 t/cm b = 2059.0907 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 931.2542 cm b = 569.8664 cm	AREA: 166.721341m ²	

PLANTA P2
FUNCIONES DE
RESPUESTA

PLANO
M3SE-2

ESC.: S/E

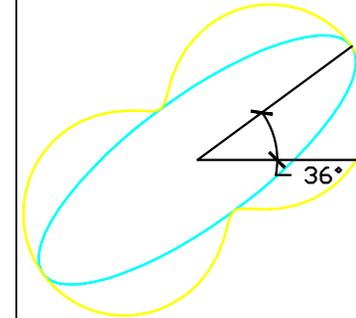
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



Planos Modelo 3 del TEG:
 "Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
 De: González Michael
 Paredes Freddy
 Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

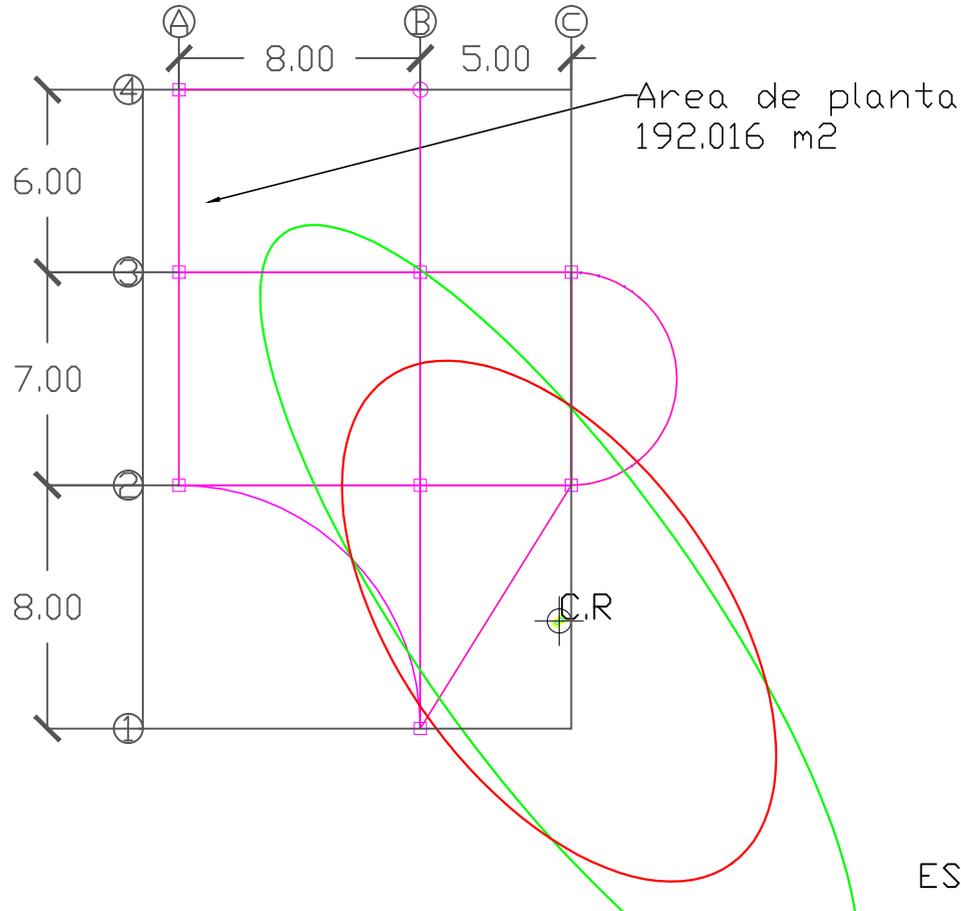
ELIPSE DE DEFLEXIONES	a = 11.0149 cm b = 3.5969 cm	AREA: 124.4675 cm ²	
OVALO DE BOOTH	a = 11.0149 cm b = 3.5969 cm	AREA: 210.9048 cm ²	CAPACIDAD FLEXIONAL: 0.3265
ELIPSE DE RIGIDEZ	a = 2780.1981 t/cm b = 907.8584 t/cm	AREA: N/A	
ELIPSE DE CULMANN	a = 966.1620 cm b = 552.1043 cm	AREA: 167.580 m ²	

PLANTA P3
 FUNCIONES DE
 RESPUESTA

PLANO
 M3SE-3

ESC.: S/E

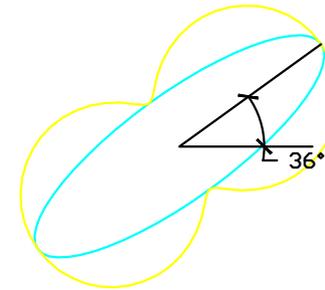
ELIPSE DE CULMANN



ELIPSE DE RIGIDEZ



ELIPSE DE DEFLEXIONES Y OVALO DE BOOTH



ELIPSE DE DEFLEXIONES

a = 21.2791 cm
b = 6.3794 cm

AREA:
426.4659 cm²

OVALO DE BOOTH

a = 21.2791 cm
b = 6.3794 cm

AREA:
775.1814 cm²

CAPACIDAD FLEXIONAL:
0.300

ELIPSE DE RIGIDEZ

a = 1567.5384 t/cm
b = 469.94530 t/cm

AREA: N/A

ELIPSE DE CULMANN

a = 981.2512 cm
b = 537.2727 cm

AREA:
165.625 m²

Planos Modelo 3 del TEG:
"Análisis y comparación del comportamiento estructural, bajo acciones sísmicas multidireccionales, mediante el uso de formas cónicas asociadas."
De: González Michael
Paredes Freddy
Tutor: Paparoni Mario.

NOTAS:

TODAS LAS FUNCIONES DE RESPUESTA SE OBTUVIERON AL APLICAR DOS FUERZAS ORTOGONALES, NO SIMULTANEAS DE 10000t EN CR DE CADA PLANTA.

SE APLICÓ UNA ROTACION CON UN MOMENTO DE 10000t.m EN CR DE CADA PLANTA

TODAS LAS ELIPSES DE DEFLEXIONES SE COMPROBARON POR COMPATIBILIDAD DE DEFORMACIONES.

PLANTA P4
FUNCIONES DE
RESPUESTA

PLANO
M3SE-4

ESC.: S/E