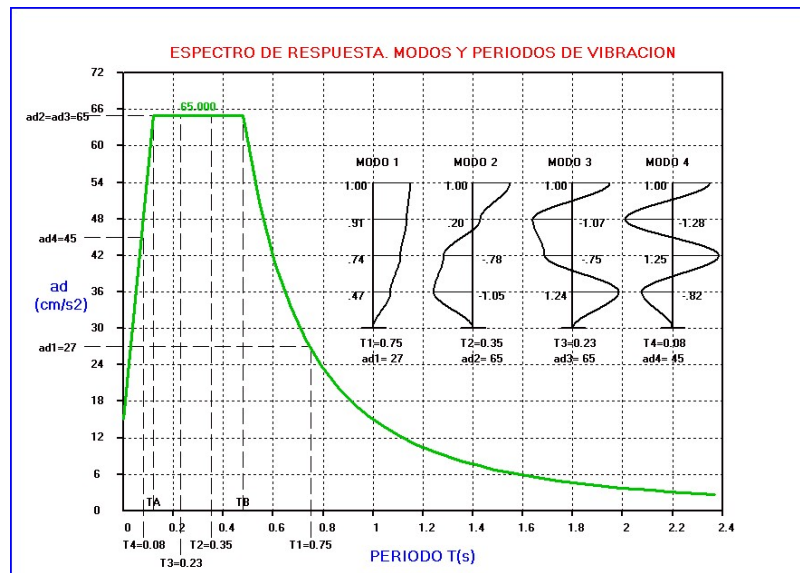


ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION

NORMAS NCSE-02, NCSR2023,
EUROCODIGO 8 Y OTRAS

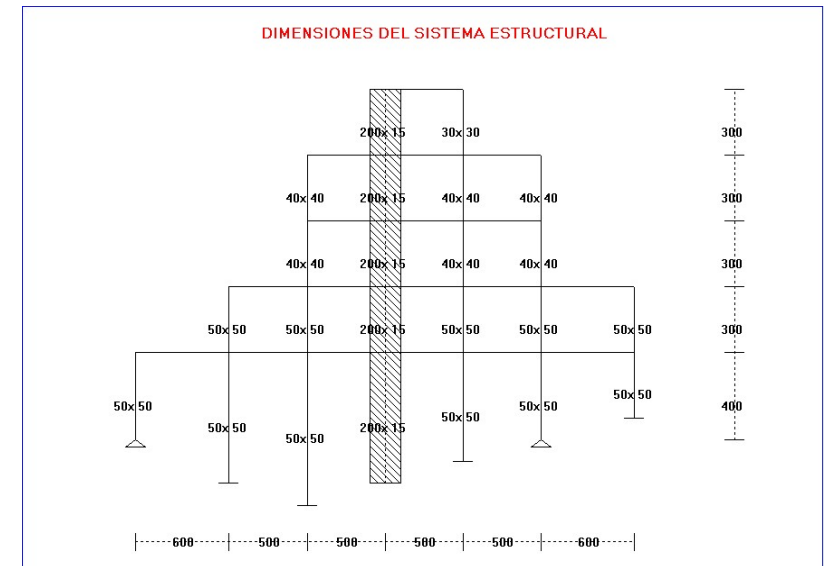


(PROGRAMA EDISIS25)

Julián Díaz del Valle

ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION

NORMAS NCSE-02, NCSR2023,
EUROCODIGO 8 Y OTRAS



(PROGRAMA EDISIS25)

Julián Díaz del Valle

Catedrático de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría
de Estructuras. Responsable de las asignaturas de Resistencia
de Materiales y Calculo Avanzado de Estructuras

Escuelas de Ingenieros de Caminos e Industriales

Santander 1975-2017

INDICE

1.- DESCRIPCION DEL PROGRAMA EDISIS25

2.- DATOS DE ENTRADA : a) ESTRUCTURA Y b) SISMO.

3.- METODOS Y MODELOS UTILIZADOS :

Información sísmica, Espectros de respuesta, Acelerogramas, Aceleraciones de diseño, Respuesta modal, Combinación modal

4.- APENDICE : METODO MODAL ESPECTRAL

5.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6.- EJEMPLOS DE APLICACIÓN

7.- CATALOGO DE PROGRAMAS CAMINOS 2025

1.-DESCRIPCION DEL PROGRAMA EDISIS25

El campo de aplicación del programa se extiende al calculo sismico de estructuras de edificacion de hormigón armado y/o metálicas.

Está adaptado a las normas sismorresistentes actuales NCSE02, NCSR2023 y Eurocodigo 8. Tambien se puede utilizar con otras normativas, basta para ello, definir su espectro de respuesta o incluso suministrando las aceleraciones o desplazamientos de diseño para los periodos de interes. Además del análisis espectral , permite el estudio dinámico por integracion de acelerogramas compatibles.

El programa EDISIS25, realiza las dos tareas siguientes :

a) En primer lugar, realiza el ANALISIS MODAL de la estructura resolviendo la ecuacion característica $[K - w^2 \cdot M] = 0$, lo que exige la determinación de las matrices de rigidez lateral K y la de masas M.

b) En segundo lugar, una vez determinados los modos B y frecuencias w de vibracion , realiza el ANALISIS SISMICO mediante los espectros de diseño de la norma adoptada o de los acelerogramas utilizados. Se obtienen en cada planta del edificio, las maximas aceleraciones , desplazamientos elásticos e ineásticos, derivas, fuerzas sísmicas equivalentes, cortantes y momentos. La combiacion modal de la respuesta se realiza segun técnicas estadísticas adecuadas como son ABSSUM, SRSS y CQC.

2.- DATOS DE ENTRADA Y METODOS UTILIZADOS

La primera tarea anterior, exige la definicion geométrica y mecánica de la estructura, que se introduce pulsando el boton "Datos ESTRUCTURA".

La segunda tarea, exige la definición completa del sismo y de algunos datos de la estructura ademas de su ubicación, para así completar los datos requeridos por la norma sismorresistente utilizada. Dicha información se suministra pulsando el boton "Datos SISMICOS".

a) Datos ESTRUCTURA :

La estructura porticada de edificación está compuesta por pilares y/o muros de cortante con cualquier número de plantas NP y de vanos NV.

El cálculo de la matriz de rigidez K necesaria para el analisis modal, se puede obtener dependiendo de la rigidez de los forjados.

Para ello el programa, permite considerar 4 modelos de estructura :

MOD=0 .Modelo de dinteles con rigidez infinita (Edificio de cortante)
 MOD=1 .Modelo de dinteles sin rigidez a flexion (Viga a flexion).
 MOD=2 .Modelo de dinteles flexibles.
 MOD=3 .Modelo general dando la matriz de rigidez K o flexibilidad f.

Los modelos MOD= 0 y 1 se denominan simplificados pues basta indicar las rigideces de los pilares o muros de cortante, ya que la rigidez de los dinteles se presupone conocida (infinita o cero respectivamente).

El modelo MOD=0 es el más utilizado por su sencillez y por proporcionar resultados parecidos a los reales. El modelo MOD=1 aunque sencillo de utilizar, da resultados lejanos a la realidad.

En estos dos modelos las rigideces laterales $Kl(iz)$ de cada entrepiso ($iz=1$ a NP) se obtienen sumando las rigideces transversales de todos los pilares Nx ($Nx=NV+1$) con la expresion :

$Kl(iz) = \text{Sumatorio desde } ix=1 \text{ a } Nx \text{ de } Coef * El(ix,iz) / hz(iz)^3 / Q$
 siendo $l(ix,iz) = bx(ix,iz)^3 * by(ix,iz) / 12$ la inercia de cada pilar.

Si algun pilar de algun vano ix o planta iz no existe su inercia será nula y no contribuirá al sumatorio.

La constante Q es igual a 1 cuando solo se considera la deformación por flexion. En el caso de muros de cortante o columnas anchas ($bx > 1m$), se considera además la deformación por cortante, siendo $Q = 1 + \alpha$ con $\alpha = 12 EI / GA_c$ donde $A_c = 5/6 * (bx * by)$ es el area de cortante.

En el modelo de dinteles rigidos (MOD=0) Coef=12. En el de dinteles sin rigidez (MOD=1) Coef=3. Las matrices de rigidez resultan muy diferentes y por tanto los periodos propios de vibracion.

Para los pilares de la primera planta que estén articulados en su base en vez de empotrados, será Coef=3. (Ver variables Nart y iart()).

$hz(iz)$ es la altura de cada una de las entreplantas ($iz=1$ a NP).

Los Nx pilares de la primera planta, pueden estar cimentados al mismo nivel (cota 0) o bien a distintos niveles, dando lugar a una cimentación escalonada. (Ver variables de escalonamiento $dh(ix)$ ($ix=1$ a Nx)).

Una vez generadas las rigideces laterales de cada una de las entreplantas se calcula la matriz de rigidez lateral de la estructura.

En el caso del modelo de edificio de cortante (MOD=0) , la matriz de rigidez es la matriz tridiagonal de dimensiones (NPxNP) :

$$K = \begin{vmatrix} kl(1)+kl(2) & -kl(2) & 0 & 0 & \\ -kl(2) & kl(2)+kl(3) & -kl(3) & 0 & \\ 0 & -kl(3) & kl(3)+kl(4) & -kl(4) & \\ & & & & \end{vmatrix}$$

Para los otros modelos , K es una matriz llena de iguales dimensiones
 Los pesos se suponen concentrados en los forjados, por lo que la matriz de masas será diagonal, salvo posteriores transformaciones (MOD=2)

El programa ofrece 3 opciones para el cálculo de la rigidez lateral de cada entreplanta $Kl(iz)$ controladas por la variable $irig$:

-Irig=0: Se dá como dato la rigidez total $Kl(iz)$ de cada entreplanta.

-Irig=1: Se dan las escuadrias bx, by de cada pilar. El programa genera facilmente la red de pilares, que se extienden a lo largo de los vanos ($ix=1$ a NV) y de las plantas ($iz=1$ a NP) y calcula la rigidez lateral total $Kl(iz)$.

-Irig=2: Igual que la opcion anterior, pero definiendo las características de cada pilar dando su inercia Ic y seccion Ac .

El modelo MOD=2, es un modelo intermedio a los dos anteriores, de manera que cuando la rigidez de los dinteles sea muy superior a la de los soportes, los resultados coincidirán con los del modelo MOD=0. En caso contrario dará resultados coincidentes a los del modelo MOD=1.

El modelo MOD=2 ,además de las rigideces de los pilares definidas con las opciones $irig=1$ y 2 , necesita definir las inercias de cada forjado así como su longitud para determinar la rigidez real mismo.

El modelo MOD=2 (dinteles flexibles) proporciona periodos de vibracion mayores que el edificio de cortante (MOD=0) lo cual repercute en gran medida en las aceleraciones de diseño que actúan sobre cada planta, tal como muestran los espectros de diseño adoptados.

Evidentemente es el modelo mas adecuado, aunque desde el punto de vista computacional es más costoso que los modelos simplificados anteriores. En efecto, el cálculo de las matrices de rigidez lateral K y de masas M exige un proceso de transformación o condensacion dinámica tipo Guyan de las matrices globales de la estructura (Ref.9).

El programa incluye un modelo general (MOD=3), para el cual se dan como dato los elementos de la matriz de rigidez o de la de flexibilidad.

Con el modelo MOD=2, la matriz de rigidez lateral K se obtiene de una condensación dinámica tipo Guyan. Existen otras transformaciones que pudieran considerarse para obtener la matriz K (Condensacion estática, análisis experimental, software externo, etc.). Para ello el modelo MOD=3, es la solución adecuada, y que realmente incluye a los otros tres modelos, pero la matriz de rigidez no siempre está a disposición del usuario

Resumiendo, si solo se desea realizar el análisis modal de la estructura basta pulsar el boton "Datos ESTRUCTURA" donde se pedirán los datos geométricos y mecánicos de los elementos estructurales, realizándose el cálculo de matrices de flexibilidad, de rigidez y de masas. Se determinan los periodos T y las frecuencias propias w y f , así como los modos de vibración B, los factores de distribución D, los coeficientes de participación modal L y otros parámetros de gran interés que resultan del análisis modal, los cuales son descritos en la salida numérica del programa y en los numerosos ejemplos incluidos.

Así mismo, a partir de los Datos de la ESTRUCTURA introducidos, se obtiene la salida gráfica correspondiente a la geometría (DIB=-1), modos de vibración (DIB=5), curva de la ecuación característica (DIB=6). Esta última, muestra la proximidad de los distintos periodos de vibración, de donde se pueden extraer conclusiones para el diseño sísmico.

Cuando además, se desee realizar el análisis sísmico de la estructura, se pulsará el boton "Datos SISMICOS" desde donde se introducirán los datos conforme a la normativa sísmica adoptada y que se describen a continuación.

b) Datos SISMICOS :

El calculo de la accion sismica, que actua sobre la estructura, puede realizarse conforme a las siguientes normas:

Normas oficiales :

Norma sismorresistente NCSE-02 Norma = 0

Norma sismorresistente NCSR 2023 Norma = 1

Norma sismorresistente Eurocodigo 8 Norma = 2

Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07 Norma = 3

Otras normativas :

Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos Norma = 4

Espectros de aceleraciones dados por puntos Norma = 5

Dando aceleraciones pico para periodos propios Norma = 6

Espectros de desplazamientos dados por puntos Norma = 7

Dando desplazamientos maximos para periodos propios Norma = 8

Generacion de espectro a partir de acelerograma Norma = 9

Las 4 primeras (Norma=0 a 3), corresponden a las normas actualmente vigentes en España (Ver referencias al final). Su organización es muy parecida, variando solamente la denominación de las acciones sísmicas y sobre todo el valor de las variables que intervienen y se articula en los siguientes apartados :

INFORMACION SISMICA + ESPECTROS DE RESPUESTA+ ACELERACIONES DE DISEÑO

A partir de esta informacion el programa evaluará la RESPUESTA MODAL y su COMBINACION.

Como datos de la INFORMACION SISMICA se darán: La aceleración sísmica básica a_b y el coeficiente de contribución K correspondientes a la ubicación de la estructura, para ello se recurrirá al mapa sísmico, o a las coordenadas o al listado de las poblaciones. Las normas mas actuales (Norma=1 y 2), recogen valores actualizados de a_b y K , muy superiores a los proporcionados por las Normas 0 y 3. En todo caso, se recomienda utilizar dichos valores actualizados para cualquier norma.

A continuacion se suministra el coeficiente de riesgo que dependerá de la importancia de la construcción y de la vida útil exigida. La influencia del terreno se introducirá a través de sus coeficientes de amplificación S y C .

Finalmente se introducirán los datos de la estructura que condicionan su comportamiento elastoplástico como son su porcentaje de amortiguamiento Q y la ductilidad μ .

A continuación se definirá el ESPECTRO DE RESPUESTA T -alfa(T) constituido por tramos lineales + mesetas + tramos hiperbolicos. Las coordenadas T y alfa(T) de los vertices se definen a partir de la información sísmica que se especifica según cada norma.

En tercer lugar se calcularan las ACELERACIONES ESPECTRALES DE DISEÑO $ad(i)$ para cada uno de los modos considerados y a partir del amortiguamiento Q y ductilidad μ .

En el listado de salida del programa EDISIS25 se describen con detalle las operaciones -segun cada norma- hasta obtener las aceleraciones de diseño de cada modo.

Determinadas las aceleraciones de diseño, el programa obtendrá la respuesta modal y su combinación que es el objetivo final del cálculo.

Antes de abordar su cálculo, vamos a describir como se obtienen las aceleraciones de diseño cuando se utilizan otros espectros dados por las normas 4 a 9.

Con Norma=4 el espectro se define por hasta 5 tramos rectos o curvos, definidos por los periodos T_0, T_A, T_B, T_C y T_D y por las aceleraciones S_A y S_B de los puntos de quiebro. Con estos tramos se pueden simular los espectros de diseño de todos los paises.

Con Norma=5 se obtienen espectros de aceleraciones dados por N puntos ($T; a(T)$). Dichas coordenadas se pueden leer desde el teclado o bien de un fichero. De igual manera, con Norma=7 se definen espectros de desplazamientos (basta cambiar las aceleraciones $a(T)$ por $d(T)$).

Estos 2 últimos tipos de espectros son realmente de calculo y se darán ya afectados por la ductilidad y el amortiguamiento de la estructura.

Con Norma=6 se darán directamente las aceleraciones de cálculo $ad(i)$ para cada uno de los modos considerados.

Con Norma=8 se darán directamente los desplazamientos máximos $dm(i)$ para cada uno de los modos considerados.

Norma=9 representa una nueva opción en la que el espectro de respuesta se obtiene por integración de Duhamel de un acelerograma dado por el usuario. Dicho acelerograma se define por NE puntos $(t; a/g)$ leídos desde el teclado o del fichero CURVACEL. Hay que indicar el intervalo del espectro dando las frecuencias inicial f_i y final f_f así como el incremento de frecuencias df y el intervalo de cálculo para la integración dt .

Posteriormente, se obtiene el espectro de cálculo (aceleraciones $ad(i)$) de diseño reduciéndolas por el coeficiente de ductilidad μ .

Una vez determinadas -para cada uno de los modos considerados- las aceleraciones de cálculo $ad(i)$ en la base de la estructura, se calcula la RESPUESTA MODAL.

Para ello, se utilizan simples reglas de la estática y de la dinámica que permiten determinar en cada planta las aceleraciones, desplazamientos elásticos e inelásticos, derivas, fuerzas equivalentes, esfuerzos cortantes y momentos flectores.

El programa realiza finalmente la COMBINACION MODAL de dichas respuestas, obteniendo las respuestas combinadas en cada una de las plantas. Para ello se utilizará una de las siguientes técnicas estadísticas:

ABSSUM (Suma de valores Absolutos) : $ro = \text{Suma } |rio| \text{ } ..(i=1 \text{ a } N \text{ modos})$.
Con ésta técnica el valor combinado ro puede ser excesivo pues es suma de máximos rio que se dan en instantes distintos en cada modo i .

SRSS (Square Root Sum Squares) : $ro = (\text{Suma } |rio|^2)^{(1/2)} ..(i=1 \text{ a } N)$.
Esta técnica da buenos resultados cuando las frecuencias w_i y w_j están bien separadas. Según NCSE-02 los periodos deben diferir mas del 10%. En otro caso recomienda aplicar la técnica anterior, pero agrupando en una sola variable roj la suma de variables roi que difieran menos del 10%.

No obstante, cuando los periodos estén próximos se utilizará la técnica CQC (Complete Quadratic Combinacion) : $ro = (\text{Doble Suma } q_{ij} \cdot rio \cdot r_{jo})^{(1/2)}$ donde el producto de la respuesta de cada dos modos $rio \cdot r_{jo}$ se afectan del coeficiente de correlación mutuo q_{ij} (entre 0 y 1).
Dicho coeficiente depende del cociente de frecuencias w_i/w_j y del amortiguamiento Q .

4.- APENDICE: METODO MODAL ESPECTRAL

ANALISIS MODAL

Estructura con n gdl $\{u\}^T = \{u_1(t), u_2(t), \dots, u_n(t)\}$

Ecuación del movimiento $M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = -M J a(t)$ (1) $\rightarrow n$ ecuaciones diferenciales acopladas (Complejo)

Ecuaciones de las vibraciones libres no amortiguadas $M\ddot{u} + Ku = 0$ (1') \rightarrow

Cuya solución es $u(t) = B \sin(\omega t + \phi)$ que introducida en (1') $\rightarrow \{K - \omega^2 M\} B = 0$ (2)

$|K - \omega^2 M| = 0$ Ec.característica :

$$\omega^{2n} + a_1 \omega^{2n-2} + a_2 \omega^{2n-4} + \dots + a_{n-1} \omega^2 + a_n = 0$$

K y M reales simétricas y def.positivas

$$\rightarrow \omega^{2n} + a_1 \omega^{2n-2} + a_2 \omega^{2n-4} + \dots + a_{n-1} \omega^2 + a_n = 0$$

$$\omega_1 < \omega_2 < \omega_3 \dots < \omega_n \quad \text{como} \quad T = 2\pi/\omega \quad T_1 > T_2 > T_3 \dots > T_n$$

El modo fundamental corresponde a la menor frecuencia ω_1 y al mayor periodo T_1

El autovalor ω_i está asociado al autovector o modo B_i .

Las n coordenadas B_{ik} del modo B_i se deducen de (1') -homogénea- por lo que estarán en función de una de ellas. B_i . Más que un vector es una "forma o modo"

Normalización del modo B_i : $B_{i1}=1$. ó $|B_i|=1$ ó la mejor $B^T M B = I$

Ortogonalidad de autovectores B_i y B_j : $B_i^T M B_j = 0$; $B_i^T K B_j = 0$ Para $i < j$

Matricialmente $M^* = B^T M B = I$ (Ortonormal) $K^* = B^T K B$ J (Ortogonal)

M^* y K^* son diagonales y se forzará que $B_i^T C B_i = 0$; $C^* = B^T C B$

SUPERPOSICION MODAL

Realizando en (1) el cambio de variables : $u = B q$; $\dot{u} = B \dot{q}$; $\ddot{u} = B \ddot{q}$ (3) y premultiplicando por B^T

$$B^T M B \ddot{q} + B^T C B \dot{q} + B^T K B q = -B^T M J a(t) \rightarrow M^* \ddot{q} + C^* \dot{q} + K^* q = -B^T M J a(t) \quad (4)$$

Que es un sistema de ec. diferenciales desacopladas pues las m an el caso de un edificio de cortante J es un vector columnal lleno de unos.

Se tiene pues n ecuaciones independientes cada una de equilibrio según un modo de vibración i . Es decir, se tiene n sistemas independientes de 1 gdl de la forma :

$$M_i^* \ddot{q}_i + C_i^* \dot{q}_i + K_i^* q_i = -B_i^T M J a(t) \quad (4')$$

$$\text{Dividiendo (3) por } M_i^* = B_i^T M B_j = 1 \rightarrow \ddot{q}_i(t) + 2 \xi_i \omega_i \dot{q}_i(t) + \omega_i^2 q_i(t) = -L_i a(t) \quad (5)$$

Esta ec.dif. corresponde al movimiento según el modo i -simo sometido a una "parte" de la aceleración $a(t)$ que solicita a toda la estructura.

$L_i = B_i^T M J / B_i^T M B_i$ se define coeficiente participación modal del modo i .

Cada ecuación (4) permite obtener el desplazamiento $q_i(t)$ para cada modo. Para ello se puede integrar de forma exacta "piecewise", paso a paso, integral de Duhamel, espectros de respuesta etc.

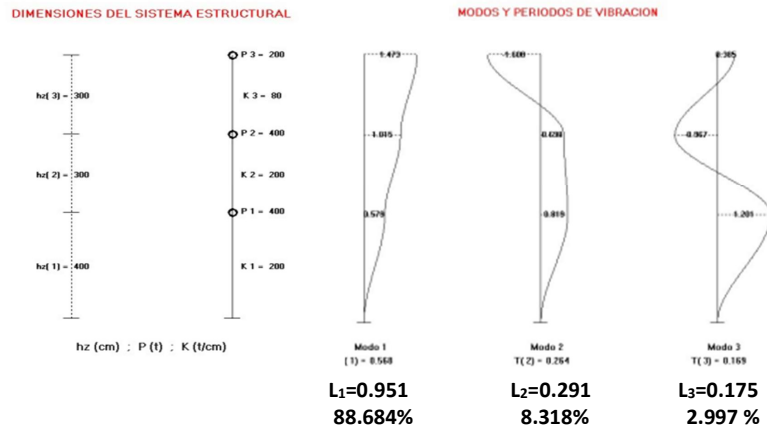
La solución buscada $u(t)$ se obtiene por superposición de las $y_i(t)$ obtenidas para cada modo : $u(t) = B q(t) = B_1 q_1(t) + B_2 q_2(t) + B_3 q_3(t) + \dots + B_n q_n(t)$
Veremos que sólo son necesarios los primeros m modos ($m \ll n$) \rightarrow

$$u(t) = \sum_{i=1}^m B_i q_i(t)$$

Número de modos a considerar :

El coeficiente de participación modal del modo i : $L_i = B_i^T M J / B_i^T M b_i$ en el caso de que $B_i^T M b_i = 1$ (Ortonormal) será $L_i = B_i^T M J$

Es fácil deducir que $L_1 > L_2 > L_3 \dots$ pues el 2º modo está más deformado que el 1º pues tiene áreas negativas que disminuyen el producto de la masa * el modo y así sucesivamente.



En general las normas sísmicas exigen que la suma de la participación modal de los modos a considerar debe llegar al 90% de la de todos los modos. Para los edificios de cortante considerados exigirá considerarse 1 a 3 modos.

Ventajas de $q \ll n$ Menor tiempo de computación ; Se evitan los errores que acarrear los modos superiores muy flexibles.

TECNICA MODAL ESPECTRAL

Con cada modo i considerado, se determina la aceleración de diseño $ad(i)$, entrando con su periodo T_i , en el espectro de la norma elegida, previa su corrección por amortiguamiento y ductilidad.

A partir de ahí -utilizando la formulación del cálculo modal- se obtienen para cada modo i y planta k , los valores máximos de las aceleraciones $a(i,k)$, desplazamientos $u(i,k)$, desviaciones $du(i,k)$, fuerzas $f(i,k)$, cortantes $V(i,k)$ y momentos $M(i,k)$

$a(i,k) = D(i,k) * ad(i)$ con $D(i,k)$ es el factor de distribución en las plantas k de la aceleración de cálculo en la base para el modo i

$u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2$

$ui(i,k) = u(i,k) * \mu(i)$ = Desplazamiento inelástico con $\mu(i)$ = Factor reductor por ductilidad

$du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)$ = Deriva de la entreplanta k

$F(i,k) = F(i,k) = M(i) * a(i,k)$ Fuerza sísmica estática equivalente para la planta k y el modo i

$V(i,k) =$ Esfuerzo cortante en la planta k del modo i . $V_{base} = V(i,0)$

$M(i,k) =$ Momento flector en la planta k del modo i . Momento de vuelco en base = $M(i,0)$

Las variables modales anteriores (r_i), se combinan para todos los modos de vibración ($i=1$ a N_{mod}), proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

$$a(k), u(k), ui(k), du(k), F(k), V(k), M(k)$$

COMBINACION MODAL

Se utilizan tres técnicas de combinación de respuestas S_i :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos $S = \text{suma de } |S_i|$ (No recomendada)

-SRSS = Raíz cuadrada de suma de cuadrados:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^r S_i^2}$$

-CQC = Combinación cuadrática completa $S = \text{raiz (suma de } S_i * \pi_{ij} * S_j)$

$$f = \frac{T_i}{T_j} \quad S = \sqrt{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r S_i S_j \pi_{ij}} \quad \pi_{ij} \equiv \pi_{ji} = \frac{8 \left(\frac{\Omega}{100} \right)^2 (1+f)^{3/2}}{(1-f^2)^2 + 4 \left(\frac{\Omega}{100} \right)^2 f(1+f)^2}$$

Las dos últimas dan resultados análogos salvo que existan periodos de vibración parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC.

Alguna normativa recomienda unificar los modos de periodos T_i y T_j que difieran menos del 10% considerando el valor $S_i + S_j$ para la respuesta unificada.

5.-EFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- R.W. Clough y J.Penzien, "Dynamics of Structures", McGraw-Hill,Inc. New York, 1977
- 2.- J.M. Biggs, "Introcuccion to Structural Dynamics", McGraw-Hill, Inc. New York, 1964
- 3.- A.K. Chopra "Dynamics of Structures",Prentice Hall. Edicion 4 y 5.
- 4.- M.Paz,"Structural Dynamics",Van Nostrand Reinhold Co.,New York,1980
- 5.- E.Rosenblueth y N.M.Newmark, "Fundamentos de Ingenieria Sismica". Editorial Diana. Mexico 1978.
- 6.- R.R. Craig, "Structural Dynamics", Jhon Wiley& Sons, New York, 1981
- 7.- J.Miquel Canet y A.H.Barbat, "Estructuras sometidas a acciones sismicas". Centro Int.de Met. Numericos en Ingenieria. Barcelona 1988
- 8.- H.Barbat, S.Oller, J.C.Vielma "Calculo y diseno sismorresistente de edificios. Aplacacion de la NCSE-02. Monografia CIMNE IS-56,2005
- 9.- J.Diaz del Valle, "Calculo dinamico y sismico de estructuras". ETSICCyP de Santander. Ano 1975.
- 10.- L. Meirovitch, "Elements of Vibration Analalysis", McGraw-Hill, Tokio, 1975
- 11.- EUROCODIGO 8 . Anejo nacional. ano 2015
- 12.- NCSE02 "Norma de Construccin Sismorresistente", Ministerio de Fomento 2002.
- 13.- NCSR-2023 "Norma de Construccin Sismorresistente. Anejo1: Acciones sismicas y reglas para edificacion", M§ de Transportes
- 14.- N.M.Newmark y W.J.Hall, "Earthquake Spectra and Design". Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, California, 1982

6.- EJEMPLOS DE APLICACION

El programa incluye internamente los datos de los siguientes ejemplos de aplicaci3n, y cuya resoluci3n es inmediata :

Edif.3 plantas. Bazan y Meli 6.2.4 .Norma Mexicana. (Mod=0)	Ej = 1
Edificio irregular (Pilares eliminados+muros+ciment.escalonada)	Ej = 2
Acelerograma de Bogdanoff para PGA=0.2*g en base de nave	Ej = 3
Ejemplo 12.8 y E13.2.6 Chopra 484: Edificio de 5 plantas	Ej = 4
Ejemplo 4 plantas + Apendice: Chopra E13.2.7	Ej = 5
Ejemplo 6.6 del Biggs pag.267 (luni=1: Kip;seg;in)	Ej = 6
Ejemplo de Structural Dynamics de Craig 20.3 (luni=1: k;in)	Ej = 7
Edificio de 10 plantas.Barbat;Oller;Vielma (CIMNE IS-56.5)	Ej = 8
P3rtico escalonado de 1 vano definido por escuadrias (irig=1)	Ej = 9
Pilares metalicos HEA360 definidos por sus inercias (irig=2)	Ej =10
Ej.pag.108. Seismic Design Handbook de Anderson	Ej =11
Ejemplo 11 Mario-Paz. Utilizacion de acelerograma	Ej =12
P3rtico Chopra Cap.1. MOD=2. Dintel rigido (Ib=10^8=oo>>Ic=100)	Ej =13
P3rtico Chopra MOD=2. Dintel sin rigidez (Ib=1=0<<Ic=100)	Ej =14
P3rtico Chopra MOD=2. Forjado flexible (Ib=Ic=100)	Ej =15
Sistema de 3 pisos rigidos. Biggs 126. luni=1. MOD=0	Ej =16
Sistema de 3 pisos con dinteles flexibles. Biggs 131. MOD=2	Ej =17
Sistema de 3 pisos con modelo general. Biggs 131. MOD=3	Ej =18

Estos 18 ejemplos que pretenden recopilar todas las tipologías estructurales que se puede analizar, asi como las acciones sísmicas definidas por los espectros de diseño de las distintas normativas o por acelerogramas compatibles.

Sus resultados, se pueden contrastar con los ofrecidos en las referencias bibliográficas que se citan, comprobándose la bondad de los mismos y resaltando algunas diferencias puntuales.

El programa ofrece 2 sistemas de unidades de Fuerza, Longitud y Tiempo :
 (iuni=0) : Tonelada T, cm y segundo. Es el más habitual.
 (iuni=1) : Kilolibra Kl, pulgada in y segundo. Esta última se emplea para facilitar el contraste con las refencias que lo utilizan.

En el ejemplo Ej=1 se comprueba la concordancia de resultados con los presentados por Bazan y Meli en una estructura de 3 plantas con espectro de varios tramos (Norma=4) que se ajusta fácilmente a la normativa Mexicana.

En el ejemplo Ej=2, se analiza un edificio irregular con pilares eliminados, muro central de cortante y cimentación empotrada o articulada en distintos niveles mostrando así sus posibilidades estructurales.

Los ejemplos Ej=3 y Ej=12 consideran estructuras sometidas a la acción de acelerogramas, apartir de los cuales el programa integra por Duhamel y obtiene los espectros correspondientes y las aceleraciones de diseño para cada modo.

Los ejemplos 4 y 5 consideran una estructura de 5 plantas analizada por Chopra de gran interés conceptual. Se puede comprobar la coincidencia de los resultados. En el ejemplo Ej=5 la pequeña masa del apéndice de la planta 4 y 5 da lugar a que los 2 primeros periodos propios de vibración estén muy próximos. (Ver curva de la grafica D-w (DIB=6)). En este caso, la técnica CQC es la más adecuada para combinar las respuestas modales.

En los ejemplos Ej=13,14 y 15 se estudia un sencillo pórtico de 1 planta tratado en el capítulo 1 del texto de Chopra y de gran valor didáctico al destacar la importancia de la rigidez del dintel respecto a la de los pilares, y por supuesto respecto al periodo fundamental de vibración y de las aceleraciones de diseño que resultan del espectro. En los 3 ejemplos se utiliza el modelo de dinteles flexibles pero utilizando MOD=0 :

El Ej=13 se supone dintel infinitamente rígido ($I_b = \infty = 10^8 >> I_c = 100$).

El Ej=14 supone el caso de dintel sin rigidez alguna ($I_b = 0 = 1 << I_c = 100$).

El Ej=15 corresponde a un forjado flexible ($I_b = I_c = 100$).

Los resultados de rigideces y periodos coinciden con los de Chopra.

En los ejemplos Ej=16,17 y 18 se considera una estructura de 3 plantas con los pilares y dinteles definidos por sus inercias y areas (irig=2).

Los resultados coinciden con los presentados por Biggs (Pags 127 y ss).

Se utilizan tres modelos distintos:

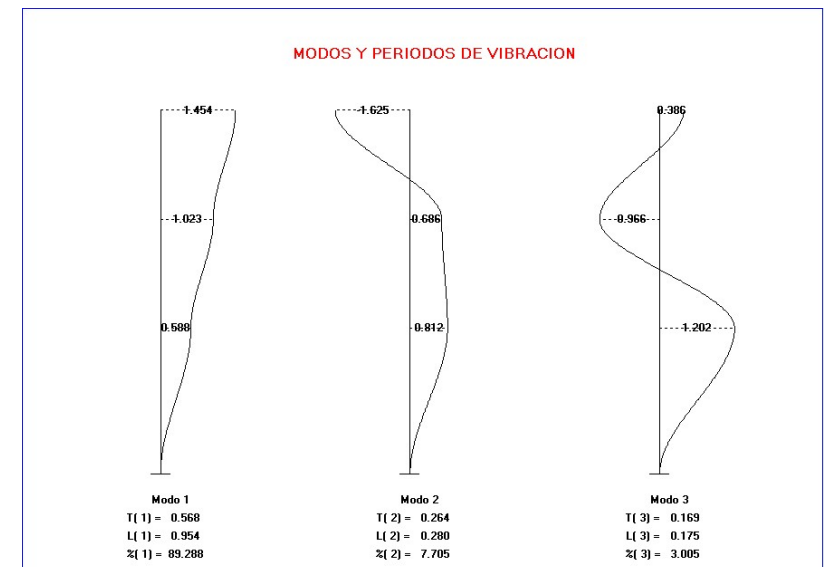
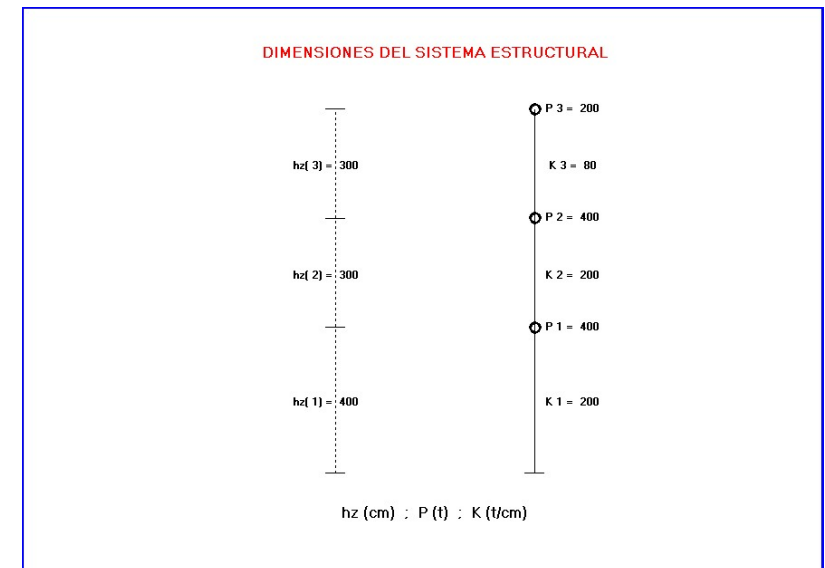
Ej=16 -> MOD=0 (Dinteles infinitamente rígidos o edificio de cortante)

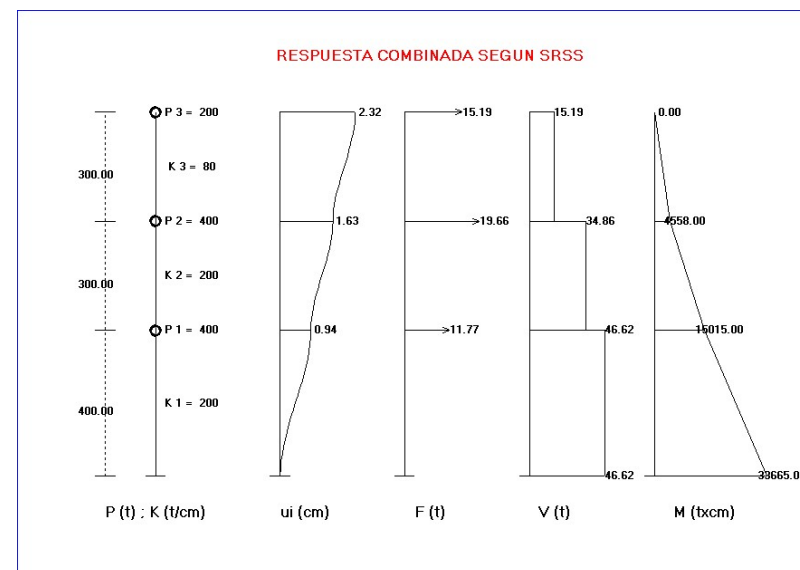
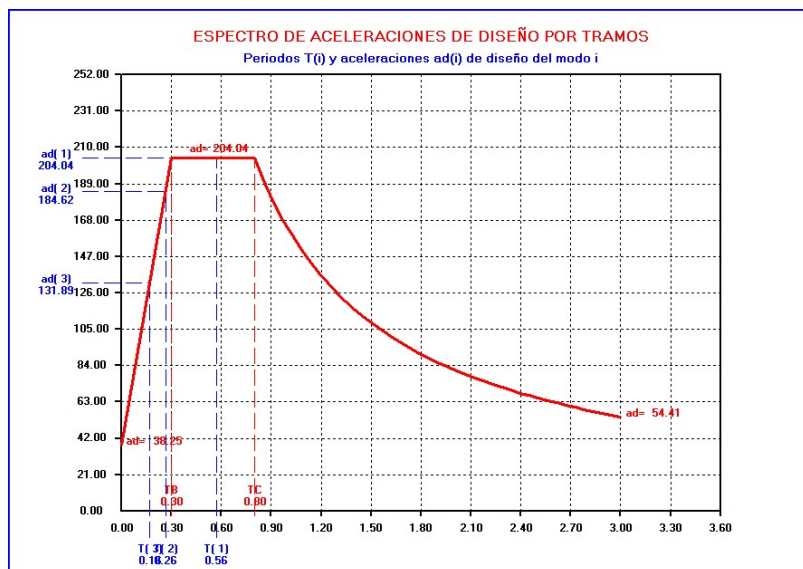
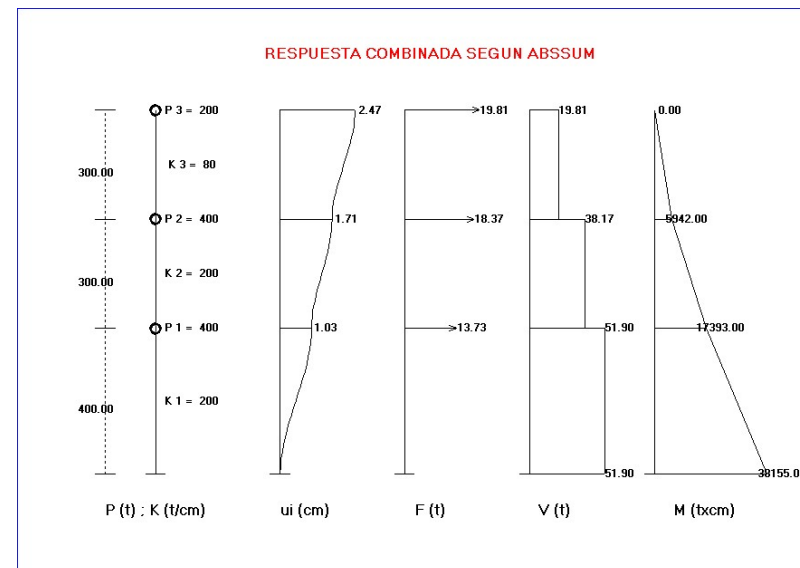
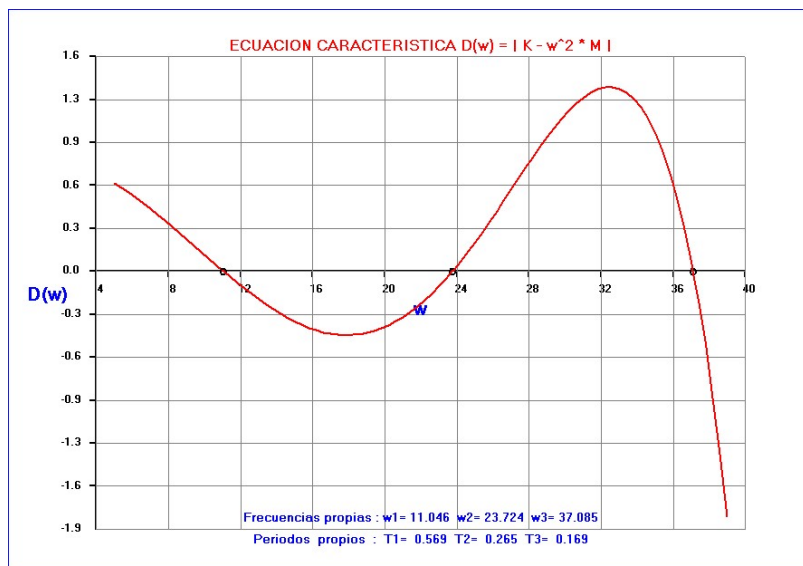
Ej=17 -> MOD=2 (Dinteles flexibles dados por sus inercias y secciones)

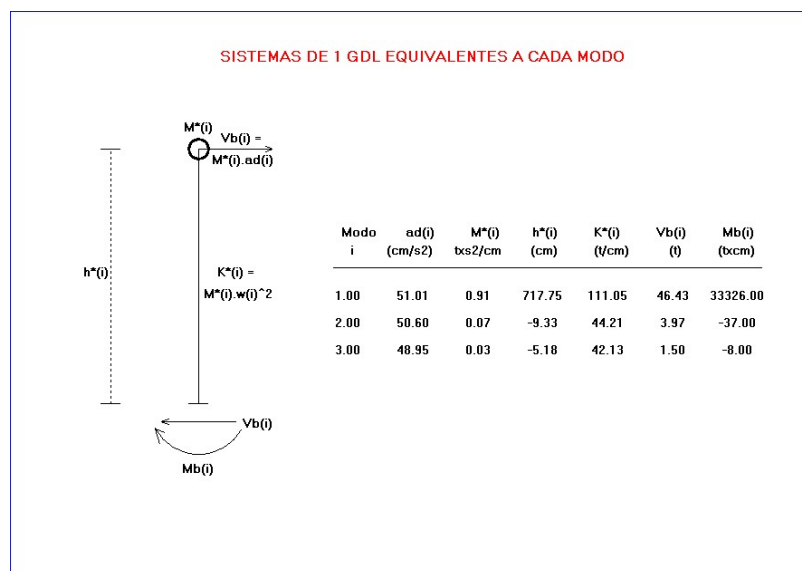
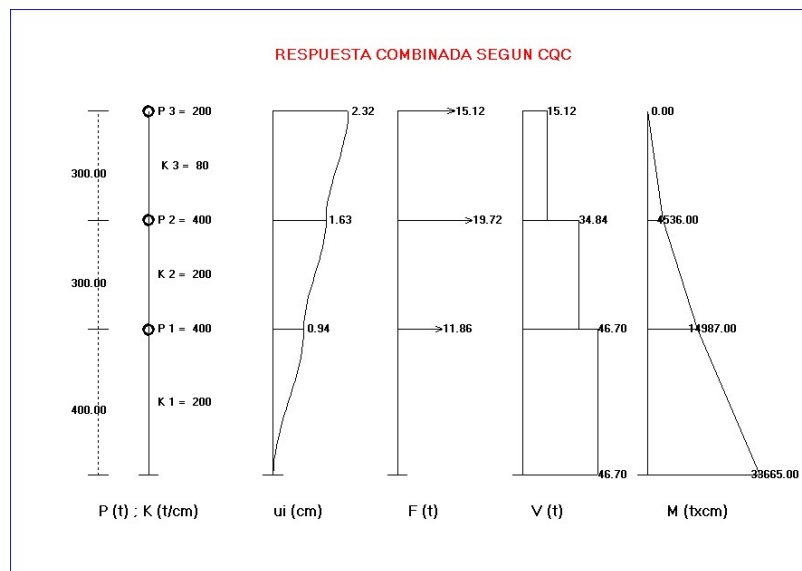
Ej=18 -> MOD=3 (Modelo general dando matriz de rigidez de figura 3.22)

En los ejemplos restantes, se consideran distintas normativas sismorresistentes NCSE-02, NCSR2023, Eurocodigo etc.

Ejemplo 1.- Edif.3 plantas. Bazan y Meli 6.2.4 .Norma Mexicana. (Mod=0)







```

=====
"                                     "
"                                     "
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"          =====          "
"                                     "
"          ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION          "
"                                     "
"          Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras          "
"                                     "
"          Version 1                      Fecha : 11/01/2025          "
"                                     "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025          "
"                                     "
"          E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander          "
"                                     "
"          =====
  
```

```

=====
"                                     "
"                                     "
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA          "
"          =====          "
"                                     "
"          Proyecto : EJEMPLO N°1          "
"                                     "
"          Referencia : MANUAL          "
"                                     "
"          Fecha de calculo : 29-08-2025          "
"                                     "
"          =====
  
```

Edif. de 3 plantas. Bazan y Meli 6.2.4 .Norma Mexicana. (MOD=0)

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 0
 Aceleracion de la gravedad (cm/s²) g = 981.00
 Definicion directa de rigideces laterales Irig = 0

MODELO SIMPLIFICADO DE EDIFICIO DE CORTANTE (MOD=0)

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl

Planta i	h(i) (cm)	Cota(i) (cm)	P(i) (t)	M(i) (t*s/cm ²)	Kl(i) (t/cm)
1	400.00	400.00	400.000	0.4077	200.00
2	300.00	700.00	400.000	0.4077	200.00
3	300.00	1000.00	200.000	0.2039	80.00

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(3x3)

```

5.0000E-03  5.0000E-03  5.0000E-03
5.0000E-03  1.0000E-02  1.0000E-02
5.0000E-03  1.0000E-02  2.2500E-02
    
```

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(3x3)

```

4.0000E+02  -2.0000E+02  0.0000E+00
-2.0000E+02  2.8000E+02  -8.0000E+01
0.0000E+00  -8.0000E+01  8.0000E+01
    
```

MATRIZ DE MASAS M(3x3)

```

4.0775E-01  0.0000E+00  0.0000E+00
0.0000E+00  4.0775E-01  0.0000E+00
0.0000E+00  0.0000E+00  2.0387E-01
    
```

De la ecuacion característica $|K-w^2M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibración que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez K_n y de masas M_n :
 -Matriz masas modal (diagonal ortonormal): $M_n = \sum M(i,i) * B(i,n)^2 = 1$
 -Matriz de rigidez modal (diagonal): $K_n = tB * K * B$ = $w(n)^2$

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

	T (1)	T (2)	T (3)
	5.6882E-01	2.6485E-01	1.6943E-01
	f (1)	f (2)	f (3)
	1.7580E+00	3.7758E+00	5.9022E+00
	w (1)	w (2)	w (3)
	1.1046E+01	2.3724E+01	3.7085E+01
	w ² (1)	w ² (2)	w ² (3)
	1.2201E+02	5.6282E+02	1.3753E+03
Componente modal B(i,k)			
Planta	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
k			
3	1.4547E+00	-1.6248E+00	3.8608E-01
2	1.0236E+00	6.8691E-01	-9.6587E-01
1	5.8884E-01	8.1283E-01	1.2021E+00
Factor de distribucion D(i,k)			
Planta	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
k			
3	2.5462E-01	-2.8440E-01	6.7578E-02
2	2.8688E-01	1.9252E-01	-2.7070E-01
1	5.6178E-01	7.7547E-01	1.1469E+00

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
i	-	t*s2/cm	t*s2/cm	%	%	(cm)
1	0.954	0.910	0.910	89.289	89.289	717.756
2	0.280	0.079	0.989	7.706	96.994	-9.338

3	0.175	0.031	1.019	3.006	100.000	-5.187
---	-------	-------	-------	-------	---------	--------

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
 D(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: $D(i,k) = L(i) * B(i,k)$
 L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
 M(k,k) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
 M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$
 Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
 Por(i) = Percentage participacion modo i = $100 * L(i)^2 / \sum L(i)^2$
 Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
 H*(i) = Altura modal efectiva = $\sum (cota(j) * M(j,j) * B(i,j)) / L(i)$

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : $V_{bi} = M^*(i) * A_d(i)$; $M_{bi} = V_{bi} * H^*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.

Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

	Norma = 4

Numero de modos considerados Nmod = 3

ESPECTRO DE RESPUESTA POR TRAMOS

El espectro S(T), tiene hasta 5 tramos definidos por los periodos $T_0=0, T_A, T_B, T_C, T_D$ y por las aceleraciones SA y SB :
 Tramo T_0-T_A (Meseta) $S(T) = SA$
 Tramo T_A-T_B (Lineal) $S(T) = SA + (SB-SA) * (T-T_A) / (T_B-T_A)$
 Tramo T_B-T_C (Meseta) $S(T) = SB$
 Tramo T_C-T_D (Curva) $S(T) = SB * T_C / T$
 Tramo $T_D-\infty$ (Curva) $S(T) = SB * T_C * T_D / T^2$
 Se pueden eliminar tramos igualando periodos : Haciendo $T_A=T_0$ se elimina el tramo T_0-T_A . Haciendo $T_B=T_A$ se elimina el tramo T_B-T_A .
 Con $T_D=0$ se elimina el ultimo tramo.

Periodos y aceleraciones espectrales :
 $T_A=0.000$ $T_B=0.300$ $T_C=0.800$ $T_D=0.000$; $SA=38.26$ $SB=204.05$
 Aceleraciones espectrales SA y SB (cm/s2) no reducidas por ductilidad

Ductilidad $\mu = 4.00$
 Amortiguamiento $Q = 5.00$

Aceleraciones de diseno = espectrales reducidas $ad(i) = S(T_i) / \mu(i)$:

Modo	T(i)	Q(i)	$\mu(i)$	S(Ti)	ad(i)
(i)	(s)	%	-	(cm/s2)	(cm/s2)
1	0.569	5.000	4.000	204.048	51.012
2	0.265	5.000	3.648	184.621	50.602
3	0.169	5.000	2.694	131.890	48.952

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (cm/s2)

	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Base	5.1012E+01	5.0602E+01	4.8952E+01

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (cm/s2)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	7.0794E+01	-2.3043E+01	3.3081E+00
2	4.9815E+01	9.7419E+00	-8.2760E+00
1	2.8657E+01	1.1528E+01	1.0300E+01

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	5.8021E-01	-4.0942E-02	2.4054E-03
2	4.0828E-01	1.7309E-02	-6.0177E-03
1	2.3487E-01	2.0482E-02	7.4896E-03

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	2.3208E+00	-1.4937E-01	6.4808E-03
2	1.6331E+00	6.3151E-02	-1.6214E-02
1	9.3947E-01	7.4728E-02	2.0179E-02

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (cm/cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	2.2925E-03	-7.0842E-04	7.5648E-05
2	2.3121E-03	-3.8588E-05	-1.2131E-04
1	2.3487E-03	1.8682E-04	5.0448E-05

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	1.4433E+01	-4.6978E+00	6.7442E-01
2	2.0312E+01	3.9722E+00	-3.3745E+00
1	1.1685E+01	4.7004E+00	4.1999E+00

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	1.4433E+01	-4.6978E+00	6.7442E-01
2	3.4745E+01	-7.2560E-01	-2.7001E+00
1	4.6430E+01	3.9748E+00	1.4998E+00
Base	4.6430E+01	3.9748E+00	1.4998E+00

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	4.3299E+03	-1.4094E+03	2.0233E+02
1	1.4753E+04	-1.6270E+03	-6.0769E+02
Base	3.3326E+04	-3.7116E+01	-7.7792E+00

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
3	97.145	0.624	2.477	3.077	19.81	19.81	0
2	67.833	0.432	1.712	2.472	18.37	38.17	5942
1	50.485	0.263	1.034	2.586	13.73	51.90	17393
Base	-	-	-	x1000	-	51.90	38155

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
3	74.523	0.582	2.326	2.401	15.19	15.19	0
2	51.429	0.409	1.634	2.316	19.66	34.86	4558
1	32.561	0.236	0.943	2.357	11.77	46.62	15015
Base	-	-	-	x1000	-	46.62	33665

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
3	74.165	0.581	2.323	2.390	15.12	15.12	0
2	51.458	0.409	1.635	2.314	19.72	34.84	4536
1	32.924	0.236	0.944	2.360	11.86	46.70	14987
Base	-	-	-	x1000	-	46.70	33665

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = D(i,k) * ad(i) (cm/s2)

ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k

u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (cm)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k

ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (toneladas)

Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):

V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :

M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N

M(i,0) = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres técnicas de combinación de respuestas r_i :

- ABSSUM = Suma de valores absolutos $r = \text{suma de } |r_i|$ (No recomendada)
- SRSS = Raíz cuadrada de suma de cuadrados $r = \text{raiz (suma de } r_i^2)$
- CQC = Combinación cuadrática completa $r = \text{raiz (suma de } r_i \cdot r_{ij} \cdot r_{ij})$

Las dos últimas dan resultados análogos salvo que existan periodos de vibración parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC

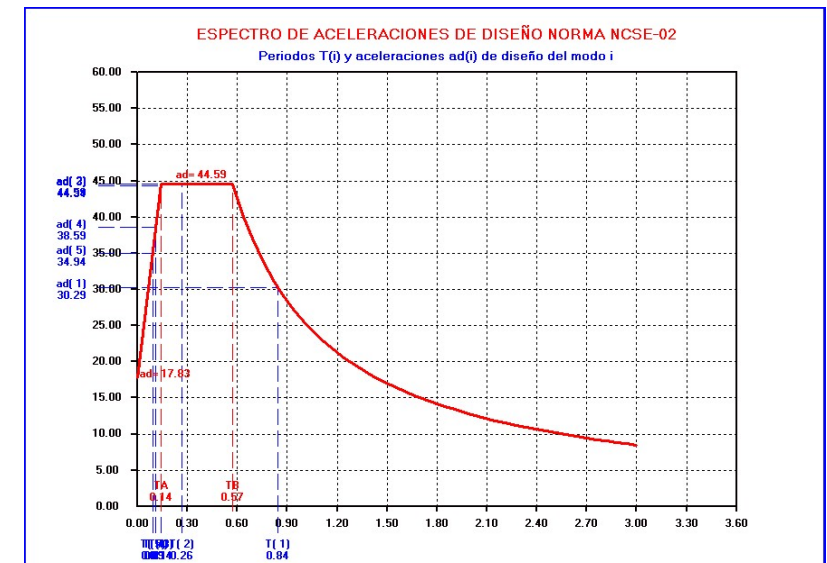
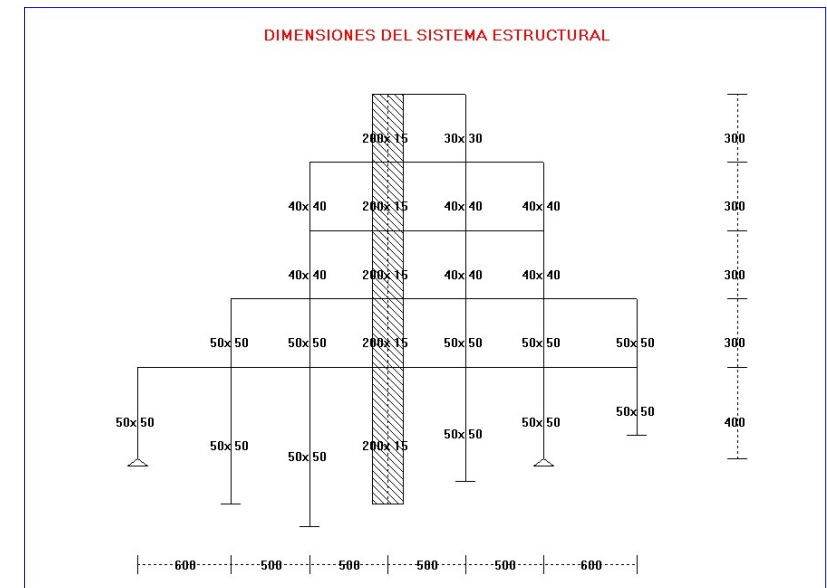
COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (cm/s ²)	M*(i) t*s ² /cm	H*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (t*cm)
1	51.012	0.9102	717.756	111.055	46.430	33326
2	50.602	0.0785	-9.338	44.210	3.975	-37
3	48.952	0.0306	-5.187	42.135	1.500	-8
ABSSUM	-	-	-	-	51.905	33370
SRSS	-	-	-	-	46.624	33326
CQC	-	-	-	-	46.697	33325

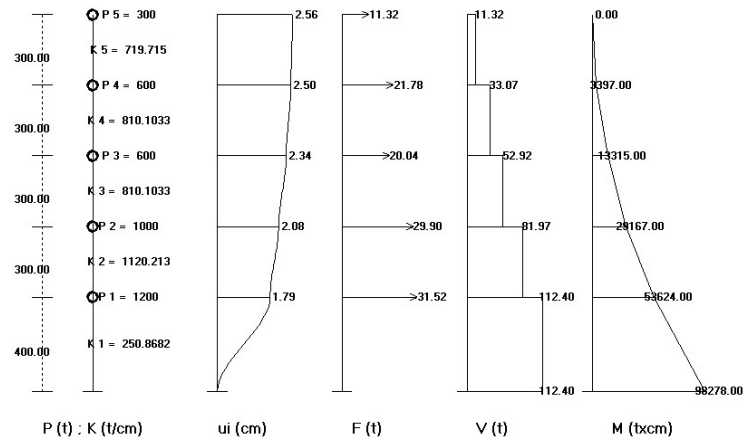
Para cada modo i , se realiza la comprobación del cortante $Vb(i)$ y momento $Mb(i)$ en la base, utilizando modelos de 1gdl.- de masa $M^*(i)$, rigidez $K^*(i)$ y de altura $H^*(i)$ - , equivalentes al sistema estructural completo.

$$K^*(i) = w(i)^2 \cdot M^*(i) ; Vb(i) = M^*(i) \cdot ad(i) ; Mb(i) = Vb(i) \cdot H^*(i)$$

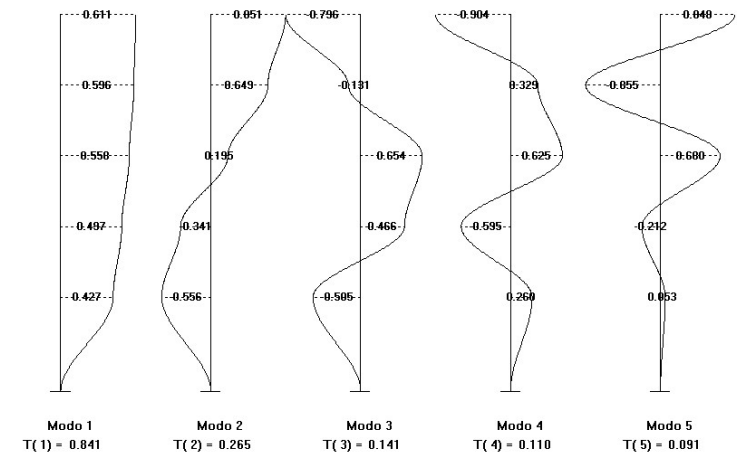
Ejemplo 2.- Edificio irregular (Pilares eliminados +muros + cimentación escalonada)



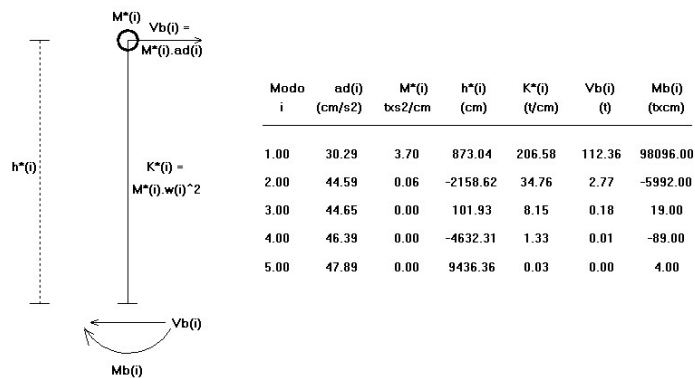
RESPUESTA COMBINADA SEGUN SRSS



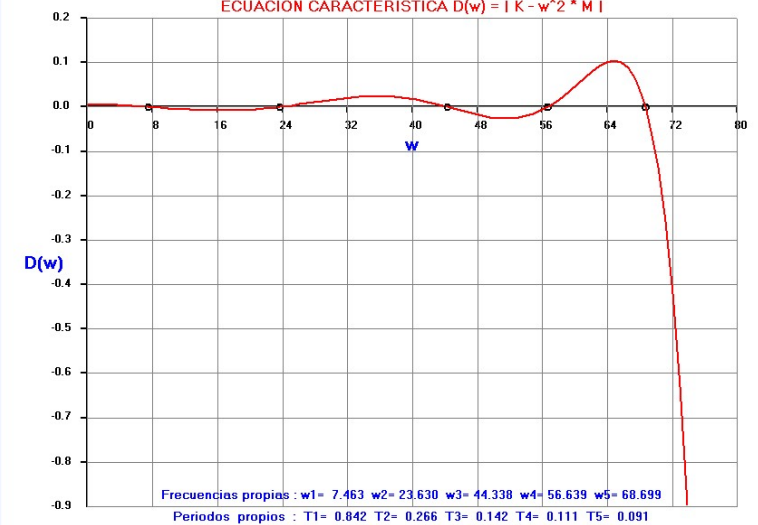
MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = I K - w^2 \cdot M I$



Aceleracion de la gravedad (cm/s2) g = 980.00
 Generacion de rigideces a partir de escuadrias bx/by Irig = 1

```

=====
"                               "
"      P R O G R A M A   E D I S I S 2 5      "
"=====                               "
"                               "
"      ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION      "
"                               "
"      Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras      "
"                               "
"      Version 1                               Fecha : 11/01/2025      "
"                               "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025      "
"                               "
"      E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander      "
"                               "
"                               "
=====
  
```

```

=====
"                               "
"      DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA      "
"=====                               "
"                               "
"      Proyecto : EJEMPLO N°2      "
"                               "
"      Referencia : MANUAL      "
"                               "
"      Fecha de calculo : 13-12-2024      "
"                               "
"                               "
=====
  
```

Edificio irregular (Pilares eliminados + muros + ciment.escalonada)

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 5
 Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 7
 Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 1

Altura de pilares inferiores escalonada = h(1)+dh(i) Nesc = 1
 Altura (h(1)= 400cm) y sobrealturas de los pilares inferiores :
 Pilar inferior 1: h(1) + Sobrealtura dh(1)= 0 : hz(1)+dh(1) = 400
 Pilar inferior 2: h(1) + Sobrealtura dh(2)= 200 : hz(1)+dh(2) = 600
 Pilar inferior 3: h(1) + Sobrealtura dh(3)= 300 : hz(1)+dh(3) = 700
 Pilar inferior 4: h(1) + Sobrealtura dh(4)= 200 : hz(1)+dh(4) = 600
 Pilar inferior 5: h(1) + Sobrealtura dh(5)= 100 : hz(1)+dh(5) = 500
 Pilar inferior 6: h(1) + Sobrealtura dh(6)= 0 : hz(1)+dh(6) = 400
 Pilar inferior 7: h(1) + Sobrealtura dh(7)=-100 : hz(1)+dh(7) = 300

Los 2 pilares inferiores 1 6 estan articulados en la base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 0
 Modulo elastico (t/cm2) E = 355.24

Secciones bx (cm) x by (cm) de pilares y/o muros

Planta	Columna						
	1	2	3	4	5	6	7
1	50x50	50x50	50x50	200x15	50x50	50x50	50x50
2	0x 0	50x50	50x50	200x15	50x50	50x50	50x50
3	0x 0	0x 0	40x40	200x15	40x40	40x40	0x 0
4	0x 0	0x 0	40x40	200x15	40x40	40x40	0x 0
5	0x 0	0x 0	0x 0	200x15	30x30	0x 0	0x 0

Coefficientes de rigidez de las columnas de cada planta

Coel * Elas * Iner * Coe2 * h^3 / NY / K1
 Coel = coef.de cimentacion 12 o 3 ; Coe2 = coef.de cortante <=1
 Para el reparto de fuerzas de inercia, cortantes y momentos totales

Planta	Columna						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.035	0.041	0.026	0.465	0.071	0.035	0.328
2	0.000	0.073	0.073	0.633	0.073	0.073	0.073
3	0.000	0.000	0.042	0.875	0.042	0.042	0.000
4	0.000	0.000	0.042	0.875	0.042	0.042	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.985	0.015	0.000	0.000

MODELO SIMPLIFICADO DE EDIFICIO DE CORTANTE (MOD=0)

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral K1

Planta i	h(i) (cm)	Cota(i) (cm)	P(i) (t)	M(i) (t*s/cm2)	K1(i) (t/cm)
1	400.00	400.00	1200.000	1.2245	250.87
2	300.00	700.00	1000.000	1.0204	1120.21
3	300.00	1000.00	600.000	0.6122	810.10
4	300.00	1300.00	600.000	0.6122	810.10
5	300.00	1600.00	300.000	0.3061	719.72

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(5x5)

3.9862E-03	3.9862E-03	3.9862E-03	3.9862E-03	3.9862E-03
3.9862E-03	4.8788E-03	4.8788E-03	4.8788E-03	4.8788E-03
3.9862E-03	4.8788E-03	6.1133E-03	6.1133E-03	6.1133E-03
3.9862E-03	4.8788E-03	6.1133E-03	7.3477E-03	7.3477E-03
3.9862E-03	4.8788E-03	6.1133E-03	7.3477E-03	8.7371E-03

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(5x5)

1.3711E+03	-1.1202E+03	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
-1.1202E+03	1.9303E+03	-8.1010E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	-8.1010E+02	1.6202E+03	-8.1010E+02	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	-8.1010E+02	1.5298E+03	-7.1972E+02
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-7.1972E+02	7.1972E+02

MATRIZ DE MASAS M(5x5)

1.2245E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	1.0204E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	6.1224E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	6.1224E-01	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	3.0612E-01

De la ecuacion caracteristica $|K-w^2M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibracion que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez K_n y de masas M_n :
 -Matriz masas modal (diagonal ortonormal): $M_n = \text{Suma } M(i,i) * B(i,n)^2 = 1$
 -Matriz de rigidez modal (diagonal) $K_n = tB * K * B$ $= w(n)^2$

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

T (1)	T (2)	T (3)	T (4)	T (5)
8.4186E-01	2.6589E-01	1.4171E-01	1.1093E-01	9.1459E-02
f (1)	f (2)	f (3)	f (4)	f (5)
1.1878E+00	3.7609E+00	7.0567E+00	9.0144E+00	1.0934E+01
w (1)	w (2)	w (3)	w (4)	w (5)
7.4635E+00	2.3630E+01	4.4338E+01	5.6639E+01	6.8699E+01
w^2 (1)	w^2 (2)	w^2 (3)	w^2 (4)	w^2 (5)
5.5703E+01	5.5839E+02	1.9659E+03	3.2080E+03	4.7196E+03

Componente modal B(i,k)					
Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)	Modo (4)	Modo (5)
5	6.1133E-01	8.5184E-01	-7.9534E-01	-9.0308E-01	8.4806E-01
4	5.9685E-01	6.4952E-01	-1.3030E-01	3.2916E-01	-8.5435E-01
3	5.5885E-01	1.9567E-01	6.5412E-01	6.2587E-01	6.8054E-01
2	4.9733E-01	-3.4075E-01	4.6670E-01	-5.9482E-01	-2.1197E-01
1	4.2761E-01	-5.5536E-01	-5.0457E-01	2.6058E-01	5.3868E-02

Factor de distribucion D(i,k)					
Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)	Modo (4)	Modo (5)
5	1.1773E+00	-2.1254E-01	5.1211E-02	-1.8403E-02	2.4283E-03
4	1.1494E+00	-1.6206E-01	8.3901E-03	6.7075E-03	-2.4464E-03
3	1.0762E+00	-4.8821E-02	-4.2118E-02	1.2754E-02	1.9487E-03
2	9.5776E-01	8.5019E-02	-3.0050E-02	-1.2121E-02	-6.0696E-04
1	8.2348E-01	1.3856E-01	3.2489E-02	5.3101E-03	1.5425E-04

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo i	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
	-	t*s2/cm	t*s2/cm	%	%	(cm)
1	1.926	3.709	3.709	98.230	98.230	873.042
2	-0.250	0.062	3.771	1.649	99.879	-2158.627
3	-0.064	0.004	3.775	0.110	99.989	101.936
4	0.020	0.000	3.776	0.011	100.000	-4632.318
5	0.003	0.000	3.776	0.000	100.000	9436.362

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
 d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: $d(i,k) = L(j) * B(i,k)$
 L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma $B(i,k) * M(k,k)$
 M(k,k) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
 M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$

Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
 Por(i) = Porcentage de participacion modal del modo i
 Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
 H*(i) = Altura modal efectiva = Suma $(cota(j) * M(j,j) * B(i,j)) / L(i)$

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : $Vbi = M*(i) * Ad(i)$; $Mbi = Vbi * H*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
 Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

	Norma = 0

ANALISIS SISMICO SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE (NCSE-02)

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (cm/s2) $ab = 0.070 \text{ g} = 68.600$
 Aceleracion de la gravedad (cm/s2) $g = 980.000$
 Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) $K = 1.100$
 Coeficiente de riesgo de la estructura $ro = 1.000$
 Lo que implica una vida util (anos) $vida = 50.00$
 Factor de amplificacion del terreno $S=S(ro,C)$ $S = 1.040$
 Coeficiente del terreno $C = 1.300$
 Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) $ac = 0.073 \text{ g} = 71.344$
 Porcentage de amortiguamiento de la estructura $Q = 5.000$
 Coeficiente de amortiguamiento $v = (5/Q)^{0.4}$ $v = 1.000$
 Ductilidad de la estructura $mu = 4.000$
 Coeficiente de respuesta de la estructura $Beta = v/mu = 0.250$

DEFINICION DEL ESPECTRO DE RESPUESTA

Opciones de espectro elastico (Esp=0) o simplificado (Esp=1) :

- Esp=0 : Espectro de respuesta elastica de 3 tramos (art.2.3 NCSE-02) :
 ----- Puntos y tramos del espectro de respuesta T - alfa(T) :
 Punto O : T_0 = 0.000 seg. $alfa(T_0) = 1.00$
 Punto A : $TA = K * C / 10$... = 0.143 seg. $alfa(TA) = 2.50$
 Punto B : $TB = K * C / 2.5$... = 0.572 seg. $alfa(TB) = 2.50$
 Tramo lineal O-A de periodos bajos. $(T < TA)$
 Tramo constante o meseta A-B de periodos medios. $(TA <= T < TB)$
 Tramo hiperbolico $K * C / T$ de periodos altos. $(T > TB)$

- Esp=1 : Espectro de 2 tramos (NCSE-02.3.7.3),prolongando la meseta hasta
 ----- $T=0$ lo que da seguridad para periodos bajos $T < TA$. (NCSE-02.3.7.3)

Espectro adoptado Esp = 0

ACELERACIONES ESPECTRALES DE DISEÑO

Periodo fundamental de la estructura es (seg) TF = 0.842
 0.75 <TF<1.25 s -> estructura esbelta -> son necesarios mas de 2 modos:
 Numero de modos considerados Nmod = 5

Modo i	T(i) seg.	Q(i) %	v(i) -	mu(i) -	Beta(i) -	alfa(i) -	ac (cm/s2)	Ad(i) (cm/s2)
1	0.842	5.000	1.000	4.000	0.250	1.699	71.344	30.297
2	0.266	5.000	1.000	4.000	0.250	2.500	71.344	44.590
3	0.142	5.000	1.000	3.973	0.252	2.486	71.344	44.651
4	0.111	5.000	1.000	3.327	0.301	2.164	71.344	46.393
5	0.091	5.000	1.000	2.919	0.343	1.959	71.344	47.894

Periodo del modo de vibracion T(i)
 Porcentage de amortiguamiento asignado al modo i Q(i)
 Coeficiente de amortiguamiento del modo i v(i) = (5/Q(i))^0.4
 Ductilidad modo i : mu(i) = mu ;; Para T(i)<TA mu(i) = 1+(mu-1)*T(i)/TA
 Coeficiente de respuesta del modo i Beta(i) = v(i) / mu(i)
 Coordenada espectral correspondiente al modo i alfa(i)
 Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ac = S * ro * ab
 Aceleracion de diseno del modo i (cm/s2) ... Ad(i) = alfa(i)*Beta(i)*ac

R E S P U E S T A M O D A L

 Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (cm/s2)

	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
Base	3.0297E+01	4.4590E+01	4.4651E+01	4.6393E+01	4.7894E+01

 Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (cm/s2)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	3.5668E+01	-9.4770E+00	2.2866E+00	-8.5377E-01	1.1630E-01
4	3.4823E+01	-7.2261E+00	3.7463E-01	3.1118E-01	-1.1716E-01
3	3.2606E+01	-2.1769E+00	-1.8806E+00	5.9170E-01	9.3327E-02
2	2.9017E+01	3.7910E+00	-1.3418E+00	-5.6234E-01	-2.9069E-02
1	2.4949E+01	6.1785E+00	1.4507E+00	2.4635E-01	7.3873E-03

 Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	6.4032E-01	-1.6972E-02	1.1631E-03	-2.6614E-04	2.4642E-05
4	6.2515E-01	-1.2941E-02	1.9056E-04	9.7002E-05	-2.4825E-05
3	5.8536E-01	-3.8985E-03	-9.5663E-04	1.8444E-04	1.9775E-05
2	5.2092E-01	6.7891E-03	-6.8252E-04	-1.7529E-04	-6.1592E-06
1	4.4789E-01	1.1065E-02	7.3792E-04	7.6794E-05	1.5653E-06

 Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	2.5613E+00	-6.7887E-02	4.6211E-03	-8.8551E-04	7.1924E-05
4	2.5006E+00	-5.1764E-02	7.5710E-04	3.2275E-04	-7.2457E-05

3	2.3414E+00	-1.5594E-02	-3.8006E-03	6.1370E-04	5.7716E-05
2	2.0837E+00	2.7156E-02	-2.7116E-03	-5.8325E-04	-1.7977E-05
1	1.7915E+00	4.4259E-02	2.9317E-03	2.5551E-04	4.5686E-06

 Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (cm/cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	2.0228E-04	-5.3746E-05	1.2880E-05	-4.0276E-06	4.8127E-07
4	5.3062E-04	-1.2057E-04	1.5192E-05	-9.6982E-07	-4.3391E-07
3	8.5918E-04	-1.4250E-04	-3.6300E-06	3.9898E-06	2.5231E-07
2	9.7376E-04	-5.7010E-05	-1.8811E-05	-2.7959E-06	-7.5152E-08
1	4.4789E-03	1.1065E-04	7.3292E-06	6.3878E-07	1.1421E-08

 Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.0919E+01	-2.9011E+00	6.9998E-01	-2.6136E-01	3.5602E-02
4	2.1320E+01	-4.4242E+00	2.2936E-01	1.9052E-01	-7.1732E-02
3	1.9963E+01	-1.3328E+00	-1.1514E+00	3.6226E-01	5.7139E-02
2	2.9609E+01	3.8683E+00	-1.3691E+00	-5.7382E-01	-2.9662E-02
1	3.0550E+01	7.5655E+00	1.7763E+00	3.0166E-01	9.0457E-03

 Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.0919E+01	-2.9011E+00	6.9998E-01	-2.6136E-01	3.5602E-02
4	3.2239E+01	-7.3253E+00	9.2934E-01	-7.0838E-02	-3.6130E-02
3	5.2202E+01	-8.6581E+00	-2.2205E-01	2.9143E-01	2.1009E-02
2	8.1811E+01	-4.7897E+00	-1.5912E+00	-2.8239E-01	-8.6530E-03
1	1.1236E+02	2.7758E+00	1.8512E-01	1.9265E-02	3.9268E-04
Base	1.1236E+02	2.7758E+00	1.8512E-01	1.9265E-02	3.9268E-04

 Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	3.2756E+03	-8.7033E+02	2.0999E+02	-7.8407E+01	1.0681E+01
3	1.2947E+04	-3.0679E+03	4.8880E+02	-9.9658E+01	-1.5839E-01
2	2.8608E+04	-5.6653E+03	4.2218E+02	-1.2231E+01	6.1443E+00
1	5.3151E+04	-7.1023E+03	-5.5177E+01	-9.6948E+01	3.5484E+00
Base	9.8096E+04	-5.9919E+03	1.8870E+01	-8.9242E+01	3.7055E+00

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
5	48.402	0.659	2.635	0.273	14.82	14.82	0
4	42.852	0.638	2.554	0.668	26.24	40.60	4445
3	37.349	0.590	2.361	1.010	22.87	61.39	16604
2	34.741	0.529	2.114	1.052	35.45	88.48	34714
1	32.832	0.460	1.839	4.597	40.20	115.34	60409
Base	-	-	-	x1000	-	115.34	104199

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

=====

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
5	36.986	0.641	2.562	0.210	11.32	11.32	0
4	35.568	0.625	2.501	0.544	21.78	33.07	3397
3	32.738	0.585	2.341	0.871	20.04	52.92	13315
2	29.300	0.521	2.084	0.976	29.90	81.97	29167
1	25.745	0.448	1.792	4.480	31.52	112.40	53624
Base	-	-	-	x1000	-	112.40	98278

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
5	36.918	0.640	2.562	0.209	11.30	11.30	0
4	35.527	0.625	2.501	0.544	21.75	33.03	3390
3	32.721	0.585	2.341	0.870	20.03	52.87	13296
2	29.317	0.521	2.084	0.975	29.92	81.94	29134
1	25.792	0.448	1.792	4.481	31.58	112.41	53584
Base	-	-	-	x1000	-	112.41	98244

Modo i	ad(i) (cm/s2)	M*(i) t*s2/cm	H*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (txcm)
1	30.297	3.7087	873.042	206.586	112.361	98096
2	44.590	0.0623	-2158.627	34.761	2.776	-5992
3	44.651	0.0041	101.936	8.150	0.185	19
4	46.393	0.0004	-4632.318	1.332	0.019	-89
5	47.894	0.0000	9436.362	0.039	0.000	4

ABSSUM	-	-	-	-	115.341	104199
SRSS	-	-	-	-	112.395	98278
CQC	-	-	-	-	112.411	98244

Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa M*(i), rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sistema estructural completo.
 $K^*(i) = w(i)^2 \cdot M^*(i)$; $Vb(i) = M^*(i) \cdot ad(i)$; $Mb(i) = Vb(i) \cdot H^*(i)$

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :
 $a(i,k) = L(i) \cdot B(i,k) \cdot ad(i)$ (cm/s2)
ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k
 $u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2$ (cm)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
 $ui(i,k) = u(i,k) \cdot \mu(i)$; $\mu(i)$ = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entreplanta k en el modo i : $du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)$

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y el modo i : $F(i,k) = M(i) \cdot a(i,k)$ (toneladas)
Fuerzas sismicas amplificadas por excen. accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):
 $V(i,k) = \text{Suma } F(i,j) \text{ desde } j=k \text{ hasta } N$ Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :
 $M(i,k) = \text{Suma } F(i,j) \cdot (cota(j) - cota(k)) \text{ desde } j=k \text{ hasta } N$
M(i,0) = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod), proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

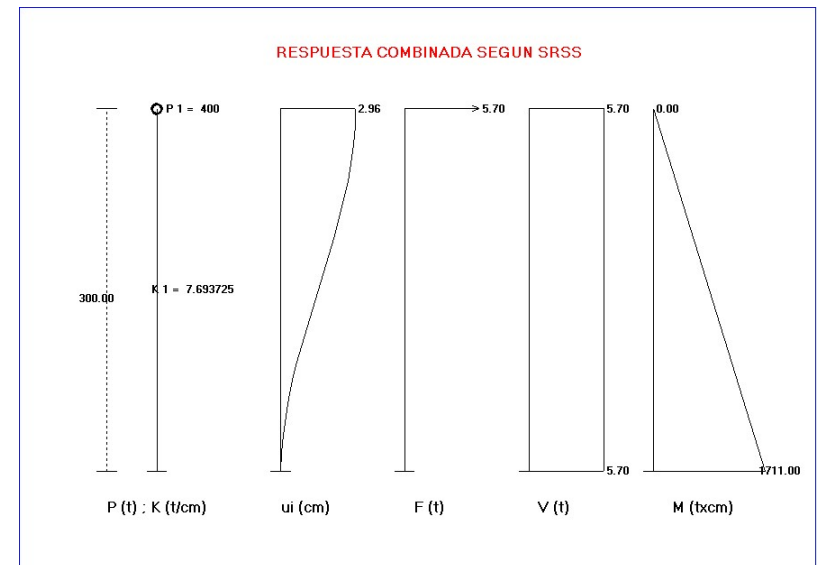
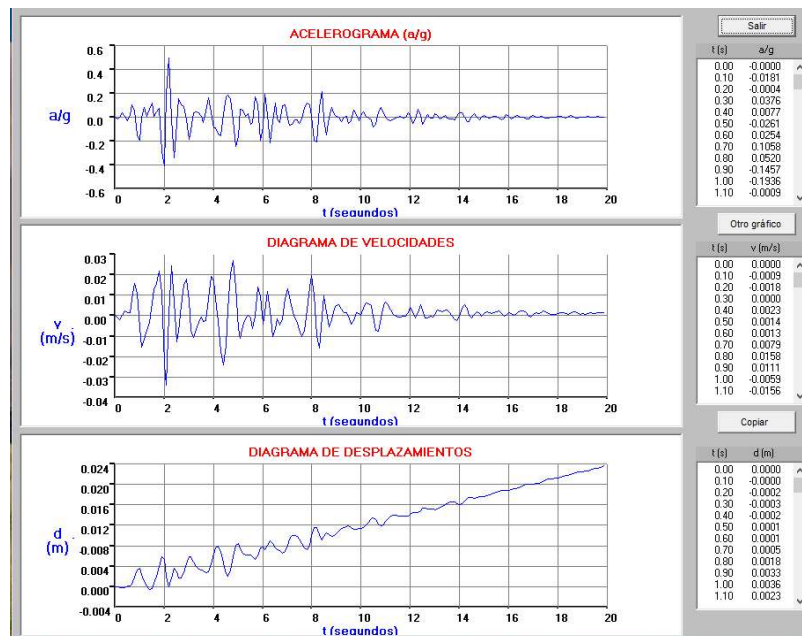
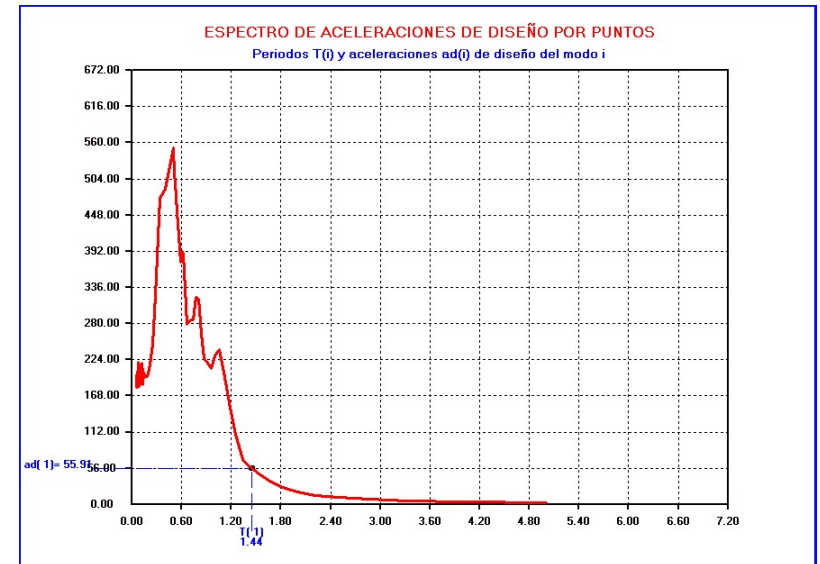
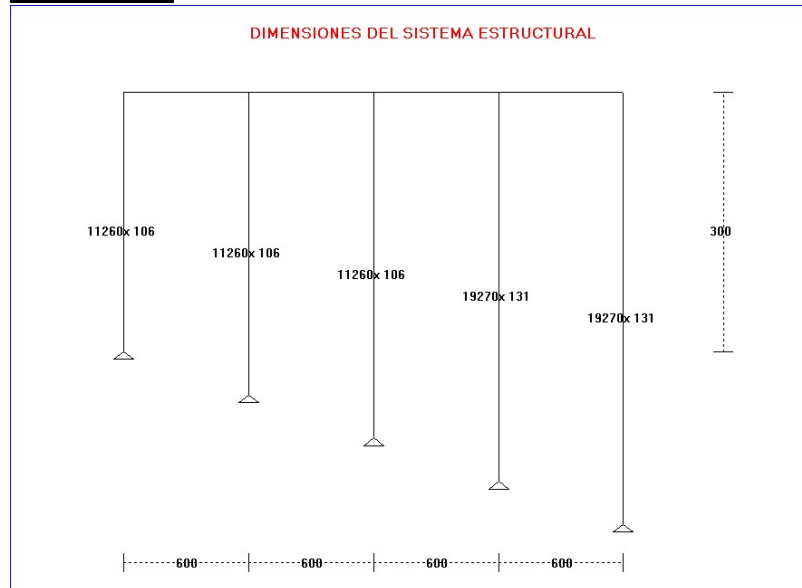
a(k), u(k), ui(k), du(k), F(k), V(k), M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

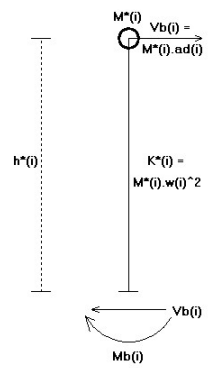
-ABSSUM = Suma de valores absolutos $r = \text{suma de } |ri|$ (No recomendada)
-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados $r = \text{raiz}(\text{suma de } ri^2)$
-CQC = Combinacion cuadratica completa $r = \text{raiz}(\text{suma de } ri \cdot r_{i+j})$

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
Las respuestas F(k), V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplificado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplicandolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

Ejemplo 3.- Acelerograma de Bogdanoff para $PGA=0.2g$ en base de nave

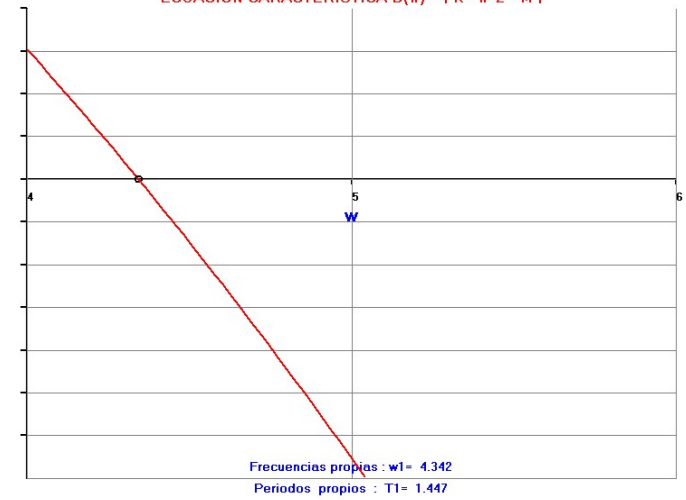


SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO

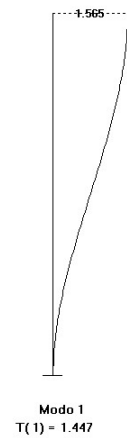


Modo i	ad(i) (cm/s ²)	M*(i) t/s ² /cm	h*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (t*cm)
1.00	13.97	0.40	300.00	7.69	5.70	1711.00

ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = |K - w^2 \cdot M|$



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION




```

=====
"                               "
"      P R O G R A M A      E D I S I S 2 5      "
"      =====      "
"                               "
"      ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION      "
"                               "
"      Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras      "
"                               "
"      Version 1                      Fecha : 11/01/2025      "
"                               "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025      "
"                               "
"      E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander      "
"                               "
"                               "
=====

```

```

=====
"                               "
"      DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA      "
"      =====      "
"                               "
"      Proyecto : EJEMPLO N°3      "
"                               "
"      Referencia : MANUAL      "
"                               "
"      Fecha de calculo : 13-12-2024      "
"                               "
"                               "
=====

```

Acelerograma de Bogdanoff para $PGA=0.2g$ en base de nave articulada

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 1
 Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 5
 Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 1

Altura de pilares inferiores escalonada = $h(1)+dh(i)$ Nesc = 1
 Altura ($h(1)=300\text{cm}$) y sobrealturas de los pilares inferiores :
 Pilar inferior 1: $h(1) + \text{Sobrealtura } dh(1) = 0 : hz(1)+dh(1) = 300$
 Pilar inferior 2: $h(1) + \text{Sobrealtura } dh(2) = 50 : hz(1)+dh(2) = 350$
 Pilar inferior 3: $h(1) + \text{Sobrealtura } dh(3) = 100 : hz(1)+dh(3) = 400$
 Pilar inferior 4: $h(1) + \text{Sobrealtura } dh(4) = 150 : hz(1)+dh(4) = 450$
 Pilar inferior 5: $h(1) + \text{Sobrealtura } dh(5) = 200 : hz(1)+dh(5) = 500$

Los 5 pilares inferiores 1 2 3 4 5 estan articulados en la base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 0
 Modulo elastico (t/cm^2) E = 2100.00
 Aceleracion de la gravedad (cm/s^2) g = 980.00
 Genera rigideces a partir de Inercias Iz y Areas Ac Irig = 2

Inercia I_c (cm^4) x Area A_c (cm^2) secciones pilares

	Columna				
Planta	1	2	3	4	5
1	11260 x 106	11260 x 106	11260 x 106	19270 x 131	19270 x 131

Coefficientes de rigidez de las columnas de cada planta

$\text{Coe1} * \text{Elas} * \text{Iner} * \text{Coe2} * h^3 / NY / K1$
 $\text{Coe1} = \text{coef.de cimentacion 12 o 3} ; \text{Coe2} = \text{coef.de cortante} \leq 1$
 Para el reparto de fuerzas de inercia, cortantes y momentos totales

	Columna				
Planta	1	2	3	4	5
1	0.341	0.215	0.144	0.173	0.126

MODELO SIMPLIFICADO DE EDIFICIO DE CORTANTE (MOD=0)

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral K1

Planta	h(i)	Cota(i)	P(i)	M(i)	K1(i)
i	(cm)	(cm)	(t)	(t*s/cm^2)	(t/cm)
1	300.00	300.00	400.000	0.4082	7.69

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(1x1)

1.2998E-01

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(1x1)

7.6937E+00

MATRIZ DE MASAS M(1x1)

4.0816E-01

De la ecuacion caracteristica $|K-w^2M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibracion que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez Kn y de masas Mn :
 -Matriz masas modal (diagonal ortonormal): $Mn = \text{Suma } M(i,i)*B(i,n)^2=1$
 -Matriz de rigidez modal (diagonal) $Kn = \text{tB}*K*B$ $= w(n)^2$

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

T (1)
 1.4472E+00

f (1)
 6.9099E-01

w (1)
 4.3416E+00

w² (1)
1.8850E+01

Componente modal B(i,k)
Planta Modo (1)
k
1 1.5652E+00

Factor de distribucion D(i,k)
Planta Modo (1)
k
1 1.0000E+00

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
i	-	t*s2/cm	t*s2/cm	%	%	(cm)
1	0.639	0.408	0.408	100.000	100.000	300.000

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: d(i,k)=L(j)* B(i,k)
L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = L(i)^2
Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
Por(i) = Porcentaje de participacion modal del modo i
Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i) = Altura modal efectiva = Suma(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : Vbi=M*(i) * Ad(i) ; Mbi=Vbi * H*(i) coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9
Norma = 9	
Numero de modos considerados	Nmod = 0

DATOS PARA CONSTRUIR ESPECTRO A PARTIR DE ACELEROGRAMA

Porcentaje de amortiguamiento Q % = 5.00
Ductilidad mu = 4.00
Frecuencia inicial (cps) fi = 0.200
Frecuencia final (cps) ff = 20.000
Periodo inicial (s) Ti = 1/ff = 0.050
Periodo final (s) Tf = 1/fi = 5.000
Frecuencia incremental (cps) df = 0.050
Intervalo de calculo para integracion (s) dt = 0.050

ACELEROGRAMA GUARDADO EN FICHERO ACELERA (201 COORDENADAS t;a/g)

t	a/g	t	a/g	t	a/g
0.000	0.0000	0.100	-0.0072	0.200	-0.0002
0.300	0.0150	0.400	0.0031	0.500	-0.0104
0.600	0.0102	0.700	0.0423	0.800	0.0208
0.900	-0.0583	1.000	-0.0774	1.100	-0.0003
1.200	0.0328	1.300	0.0029	1.400	0.0277
1.500	0.0488	1.600	0.0043	1.700	0.0187
1.800	0.0299	1.900	-0.1157	2.000	-0.1624
2.100	0.0774	2.200	0.2000	2.300	-0.0071
2.400	-0.1369	2.500	-0.0194	2.600	0.0611
2.700	0.0415	2.800	0.0360	2.900	-0.0092
3.000	-0.0746	3.100	-0.0439	3.200	0.0148
3.300	0.0168	3.400	0.0139	3.500	0.0036
3.600	-0.0187	3.700	0.0210	3.800	0.0668
3.900	0.0188	4.000	-0.0355	4.100	-0.0352
4.200	-0.0556	4.300	-0.0617	4.400	0.0099
4.500	0.0687	4.600	0.0732	4.700	0.0627
4.800	-0.0075	4.900	-0.0981	5.000	-0.0640
5.100	0.0257	5.200	0.0239	5.300	0.0032
5.400	0.0112	5.500	-0.0239	5.600	-0.0183
5.700	0.0691	5.800	0.0428	5.900	-0.0767
6.000	-0.0337	6.100	0.0775	6.200	0.0085
6.300	-0.0859	6.400	-0.0147	6.500	0.0464
6.600	-0.0074	6.700	-0.0177	6.800	0.0401
6.900	0.0423	7.000	-0.0042	7.100	-0.0274
7.200	-0.0230	7.300	-0.0095	7.400	-0.0087
7.500	-0.0214	7.600	-0.0061	7.700	0.0322
7.800	0.0479	7.900	0.0416	8.000	0.0022
8.100	-0.0770	8.200	-0.0821	8.300	0.0341
8.400	0.0873	8.500	-0.0050	8.600	-0.0588
8.700	-0.0009	8.800	0.0315	8.900	0.0093
9.000	0.0043	9.100	-0.0008	9.200	-0.0152
9.300	-0.0014	9.400	0.0043	9.500	-0.0201
9.600	-0.0105	9.700	0.0228	9.800	0.0094
9.900	-0.0125	10.000	0.0073	10.100	0.0182
10.200	0.0015	10.300	-0.0020	10.400	-0.0080
10.500	-0.0317	10.600	-0.0233	10.700	0.0184
10.800	0.0337	10.900	0.0160	11.000	-0.0009
11.100	-0.0101	11.200	-0.0113	11.300	-0.0054
11.400	-0.0029	11.500	-0.0008	11.600	0.0028
11.700	-0.0016	11.800	0.0009	11.900	0.0156
12.000	0.0050	12.100	-0.0214	12.200	-0.0054
12.300	0.0261	12.400	0.0060	12.500	-0.0250
12.600	-0.0086	12.700	0.0100	12.800	-0.0022
12.900	-0.0025	13.000	0.0122	13.100	0.0052
13.200	-0.0066	13.300	0.0011	13.400	0.0054
13.500	-0.0033	13.600	-0.0070	13.700	-0.0071
13.800	-0.0075	13.900	0.0026	14.000	0.0161
14.100	0.0146	14.200	-0.0001	14.300	-0.0138
14.400	-0.0138	14.500	0.0018	14.600	0.0113
14.700	0.0003	14.800	-0.0084	14.900	0.0009
15.000	0.0071	15.100	0.0004	15.200	-0.0030
15.300	0.0002	15.400	0.0023	15.500	0.0025
15.600	-0.0019	15.700	-0.0080	15.800	-0.0024
15.900	0.0077	16.000	0.0028	16.100	-0.0060
16.200	-0.0008	16.300	0.0057	16.400	0.0026
16.500	0.0007	16.600	-0.0003	16.700	-0.0070
16.800	-0.0070	16.900	0.0035	17.000	0.0062
17.100	-0.0003	17.200	-0.0003	17.300	0.0037
17.400	0.0010	17.500	-0.0034	17.600	-0.0029
17.700	-0.0009	17.800	-0.0003	17.900	0.0007
18.000	0.0022	18.100	0.0022	18.200	-0.0010
18.300	-0.0036	18.400	-0.0000	18.500	0.0048

18.600	0.0016	18.700	-0.0040	18.800	-0.0023
18.900	0.0011	19.000	-0.0002	19.100	-0.0002
19.200	0.0019	19.300	0.0004	19.400	-0.0014
19.500	0.0009	19.600	0.0019	19.700	-0.0005
19.800	-0.0012	19.900	-0.0010	20.000	-0.0021

ESPECTRO DE DESPLAZAMIENTOS Sd, VELOCIDADES Sv Y ACELERACIONES Sa

Pto nº	T (s)	f (cps)	Sd (cm)	Sv (cm/s)	Sa (cm/s2)	Sa (g)
1	0.05	20.00	0.01	1.56	196.12	0.200
2	0.05	19.50	0.01	1.62	198.53	0.203
3	0.05	19.00	0.01	1.68	200.29	0.204
4	0.05	18.50	0.01	1.72	199.72	0.204
5	0.06	18.00	0.02	1.73	195.44	0.199
6	0.06	17.50	0.02	1.71	188.10	0.192
7	0.06	17.00	0.02	1.70	181.49	0.185
8	0.06	16.50	0.02	1.75	181.37	0.185
9	0.06	16.00	0.02	1.85	185.94	0.190
10	0.06	15.50	0.02	1.96	191.09	0.195
11	0.07	15.00	0.02	2.08	196.20	0.200
12	0.07	14.50	0.02	2.22	201.80	0.206
13	0.07	14.00	0.03	2.38	208.78	0.213
14	0.07	13.50	0.03	2.57	217.42	0.222
15	0.08	13.00	0.03	2.70	220.33	0.225
16	0.08	12.50	0.03	2.66	208.39	0.213
17	0.08	12.00	0.03	2.56	193.15	0.197
18	0.09	11.50	0.04	2.54	183.17	0.187
19	0.09	11.00	0.04	2.64	182.05	0.186
20	0.10	10.50	0.04	2.86	188.35	0.192
21	0.10	10.00	0.05	3.13	196.20	0.200
22	0.11	9.50	0.06	3.44	205.35	0.210
23	0.11	9.00	0.07	3.83	216.28	0.221
24	0.12	8.50	0.08	4.10	218.48	0.223
25	0.13	8.00	0.08	4.06	203.96	0.208
26	0.13	7.50	0.08	3.93	184.75	0.189
27	0.14	7.00	0.11	4.65	204.40	0.209
28	0.15	6.50	0.12	4.91	200.41	0.204
29	0.17	6.00	0.14	5.26	198.08	0.202
30	0.18	5.50	0.17	5.73	197.70	0.202
31	0.20	5.00	0.21	6.44	202.10	0.206
32	0.22	4.50	0.27	7.65	216.15	0.221
33	0.25	4.00	0.39	9.88	248.11	0.253
34	0.29	3.50	0.67	14.74	323.77	0.330
35	0.33	3.00	1.34	25.16	473.73	0.483
36	0.40	2.50	1.98	31.12	488.25	0.498
37	0.50	2.00	3.50	43.98	552.02	0.563
38	0.51	1.95	3.42	41.87	512.40	0.523
39	0.53	1.90	3.50	41.77	498.00	0.508
40	0.54	1.85	3.37	39.10	453.89	0.463
41	0.56	1.80	3.41	38.50	434.89	0.444
42	0.57	1.75	3.28	36.05	395.92	0.404
43	0.59	1.70	3.30	35.19	375.44	0.383
44	0.61	1.65	3.66	37.85	391.86	0.400
45	0.63	1.60	3.84	38.53	386.88	0.395
46	0.65	1.55	3.54	34.44	334.94	0.342
47	0.67	1.50	3.15	29.62	278.84	0.285
48	0.69	1.45	3.40	30.92	281.36	0.287
49	0.71	1.40	3.71	32.59	286.29	0.292
50	0.74	1.35	3.99	33.77	286.08	0.292
51	0.77	1.30	4.82	39.30	320.63	0.327
52	0.80	1.25	5.17	40.53	317.93	0.324
53	0.83	1.20	4.68	35.21	265.14	0.271
54	0.87	1.15	4.34	31.30	225.88	0.230
55	0.91	1.10	4.58	31.65	218.47	0.223
56	0.95	1.05	4.85	31.97	210.67	0.215

57	1.00	1.00	5.86	36.75	230.61	0.235
58	1.05	0.95	6.76	40.30	240.27	0.245
59	1.11	0.90	6.43	36.30	205.01	0.209
60	1.18	0.85	5.52	29.45	157.06	0.160
61	1.25	0.80	4.28	21.49	107.89	0.110
62	1.33	0.75	3.11	14.62	68.80	0.070
63	1.43	0.70	2.99	13.16	57.79	0.059
64	1.54	0.65	2.80	11.42	46.58	0.048
65	1.67	0.60	2.52	9.47	35.67	0.036
66	1.82	0.55	2.20	7.58	26.15	0.027
67	2.00	0.50	1.89	5.93	18.60	0.019
68	2.22	0.45	1.64	4.64	13.11	0.013
69	2.50	0.40	1.80	4.51	11.32	0.012
70	2.86	0.35	1.75	3.85	8.46	0.009
71	3.33	0.30	1.58	2.97	5.58	0.006
72	4.00	0.25	1.71	2.68	4.20	0.004
73	5.00	0.20	2.00	2.51	3.15	0.003

Aceleraciones espectrales Sa sin reducir por ductilidad ($\mu=4.00$).

Aceleraciones de diseno ad(i) = espectrales reducidas Sa(Ti)/ $\mu(i)$:

Modo (i)	T(i) (s)	Q(i) %	$\mu(i)$ -	Sa(Ti) (cm/s2)	ad(i) (cm/s2)
1	1.447	5.000	4.000	55.89	13.97

R E S P U E S T A M O D A L
=====

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (cm/s2)

Modo 1
Base 1.3972E+01

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (cm/s2)

Planta Modos
k 1
1 1.3972E+01

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta Modos
k 1
1 7.4126E-01

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta Modos
k 1
1 2.9650E+00

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (cm/cm)

Planta Modos
k 1
1 9.8835E-03

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta Modo 1
k
1 5.7031E+00

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta Modo 1
k
1 5.7031E+00
Base 5.7031E+00

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

Planta Modo 1
k
1 0.0000E+00
Base 1.7109E+03

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	13.972	0.741	2.965	9.883	5.70	5.70	0
Base	-	-	-	x1000	-	5.70	1711

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	13.972	0.741	2.965	9.883	5.70	5.70	0
Base	-	-	-	x1000	-	5.70	1711

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	13.972	0.741	2.965	9.883	5.70	5.70	0
Base	-	-	-	x1000	-	5.70	1711

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (cm/s2)

ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k

u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (cm)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k

ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-
planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y
el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (toneladas)

Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):

V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :

M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N

M(i,0) = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los
modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes
variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)

-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r =raiz (suma de ri^2)

-CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos
de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC

Las respuestas F(k),V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplifi-
cado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplican-
dolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

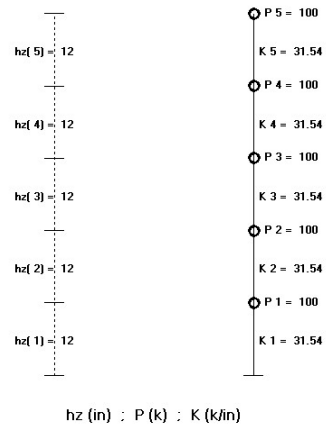
Modo i	ad(i) (cm/s2)	M*(i) t*s2/cm	H*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (txcm)
1	13.972	0.4082	300.000	7.694	5.703	1711
ABSSUM	-	-	-	-	5.703	1711
SRSS	-	-	-	-	5.703	1711
CQC	-	-	-	-	5.703	1711

Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i)
y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa
M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sis-
tema estructural completo.

K*(i) = w(i)^2*M*(i) ; Vb(i) = M*(i)*ad(i) ; Mb(i) = Vb(i)*H*(i)

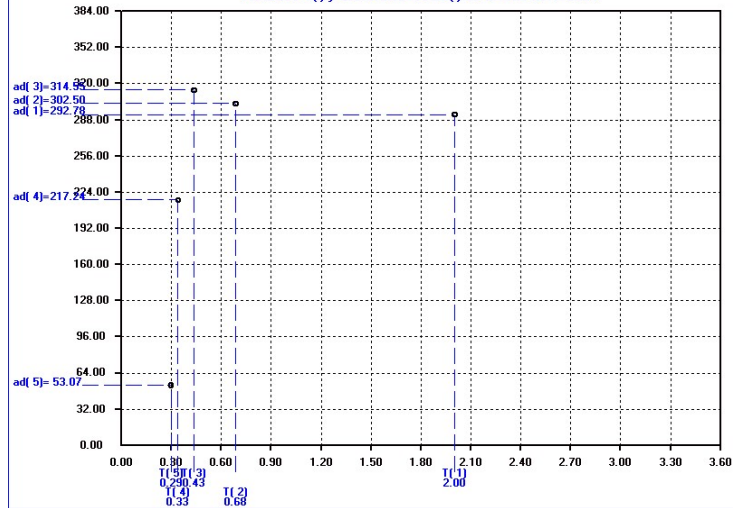
Ejemplo 4.- Ejemplo 4.- Ejemplo 12.8 y E13.2.6 Chopra 484: Edificio de 5 plantas

DIMENSIONES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

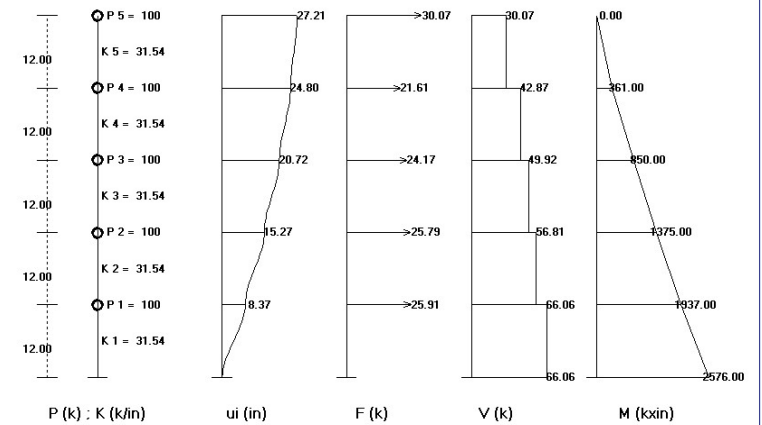


ACELERACIONES DE DISEÑO PARA PERIODOS PROPIOS

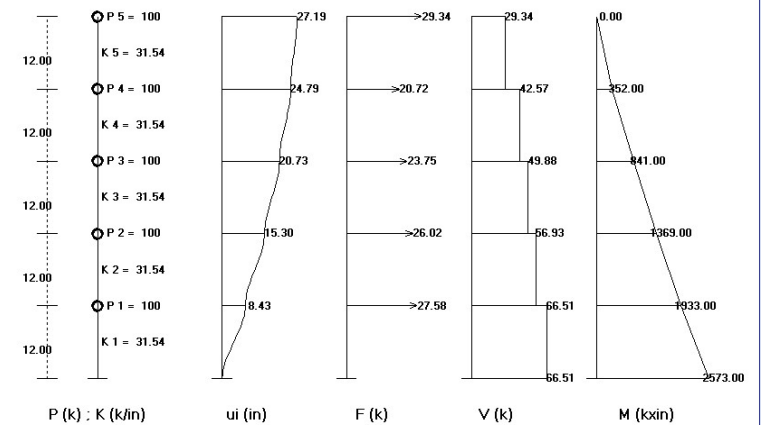
Periodos $T(i)$ y aceleraciones $ad(i)$ de diseño del modo i



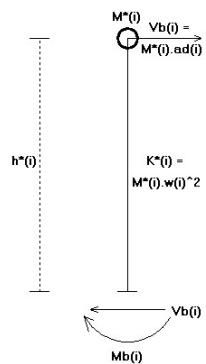
RESPUESTA COMBINADA SEGUN SRSS



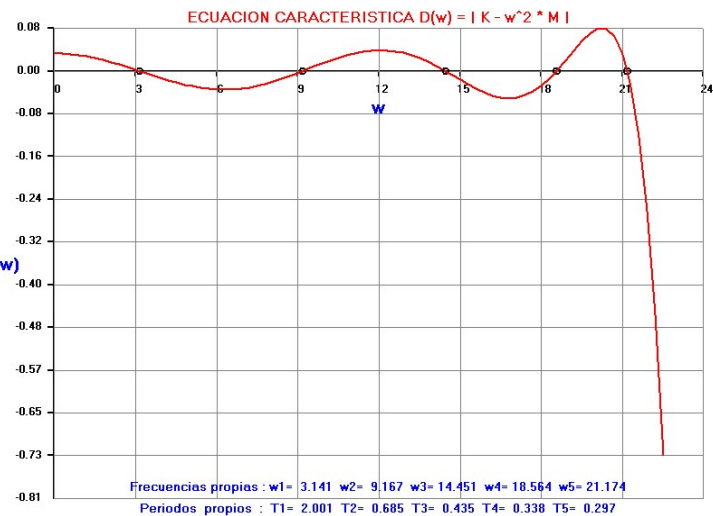
RESPUESTA COMBINADA SEGUN CQC



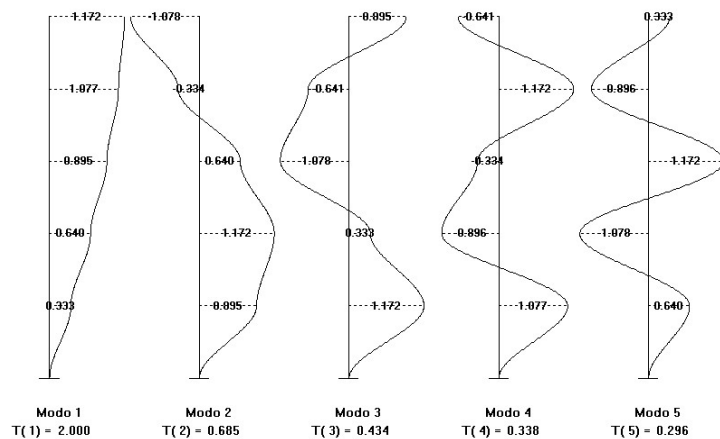
SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO



Modo i	ad(i) (in/s ²)	M*(i) kcs2/in	h*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (lozin)
1.00	53.07	1.13	42.16	11.23	60.46	2549.00
2.00	217.24	0.11	-14.44	9.49	24.53	-354.00
3.00	314.55	0.03	9.16	6.55	9.86	90.00
4.00	302.50	0.00	-7.13	3.35	2.94	-21.00
5.00	292.78	0.00	6.25	0.91	0.59	4.00



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
i	-	k*s2/in	k*s2/in	%	%	(in)
1	1.067	1.139	1.139	87.953	87.953	42.160
2	0.336	0.113	1.252	8.718	96.671	-14.443
3	0.177	0.031	1.284	2.422	99.092	9.162
4	0.099	0.010	1.293	0.751	99.843	-7.132
5	0.045	0.002	1.295	0.157	100.000	6.253

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: $d(i,k)=L(j)*B(i,k)$
L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$
Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
Por(i) = Porcentage de participacion modal del modo i
Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i) = Altura modal efectiva = $\text{Suma}(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)$

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : $Vbi=M*(i) * Ad(i)$; $Mbi=Vbi * H*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

	Norma = 6

Numero de modos considerados Nmod = 5

ACELERACIONES DE DISENO PARA PERIODOS PROPIOS

Las aceleraciones de diseno $ad(i)* (in/s^2)$ se dan ya reducidas por ductilidad $\mu(i)$ y amortiguamiento $Q(i) (%)$:
La ductilidad se da para pasar los desplazamientos elasticos a inelasticos. Los amortiguamientos se utilizan simplemente al calcular los coeficientes de correlacion en el metodo CQC.

Modo	T	w	Sd=dmax	Sv=Vmax	Sa=ad*	mu	Q
i	(s)	(rps)	(in)	(in/s)	(in/s2)	-	%
1	2.001	3.141	5.381	16.900	53.075	4.00	5.00
2	0.685	9.167	2.585	23.698	217.241	4.00	5.00
3	0.435	14.451	1.506	21.766	314.551	4.00	5.00
4	0.338	18.564	0.878	16.295	302.508	4.00	5.00
5	0.297	21.174	0.653	13.828	292.781	4.00	5.00

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (in/s2)

Base	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
	5.3075E+01	2.1724E+02	3.1455E+02	3.0251E+02	2.9278E+02

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (in/s2)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	6.6434E+01	-7.8673E+01	4.9881E+01	-1.9110E+01	4.4036E+00
4	6.1052E+01	-2.4367E+01	-3.5683E+01	3.4987E+01	-1.1813E+01
3	5.0724E+01	4.6760E+01	-6.0038E+01	-9.9585E+00	1.5471E+01
2	3.6286E+01	8.5609E+01	1.8595E+01	-2.6714E+01	-1.4218E+01
1	1.8909E+01	6.5364E+01	6.5330E+01	3.2153E+01	8.4505E+00

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	6.7357E+00	-9.3617E-01	2.3885E-01	-5.5450E-02	9.8224E-03
4	6.1900E+00	-2.8995E-01	-1.7087E-01	1.0152E-01	-2.6349E-02
3	5.1428E+00	5.5641E-01	-2.8749E-01	-2.8895E-02	3.4509E-02
2	3.6790E+00	1.0187E+00	8.9041E-02	-7.7512E-02	-3.1714E-02
1	1.9172E+00	7.7780E-01	3.1283E-01	9.3295E-02	1.8849E-02

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	2.6943E+01	-3.7447E+00	9.5541E-01	-2.2180E-01	3.9290E-02
4	2.4760E+01	-1.1598E+00	-6.8347E-01	4.0608E-01	-1.0539E-01
3	2.0571E+01	2.2257E+00	-1.1499E+00	-1.1558E-01	1.3804E-01
2	1.4716E+01	4.0748E+00	3.5616E-01	-3.1005E-01	-1.2685E-01
1	7.6687E+00	3.1112E+00	1.2513E+00	3.7318E-01	7.5396E-02

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (in/in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.8189E-01	-2.1541E-01	1.3657E-01	-5.2323E-02	1.2057E-02
4	3.4905E-01	-2.8212E-01	3.8873E-02	4.3472E-02	-2.0286E-02
3	4.8793E-01	-1.5410E-01	-1.2551E-01	1.6206E-02	2.2074E-02
2	5.8729E-01	8.0300E-02	-7.4596E-02	-5.6936E-02	-1.6854E-02
1	6.3906E-01	2.5927E-01	1.0428E-01	3.1098E-02	6.2830E-03

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.7211E+01	-2.0382E+01	1.2923E+01	-4.9508E+00	1.1408E+00
4	1.5817E+01	-6.3127E+00	-9.2444E+00	9.0641E+00	-3.0603E+00
3	1.3141E+01	1.2114E+01	-1.5554E+01	-2.5799E+00	4.0081E+00
2	9.4006E+00	2.2178E+01	4.8173E+00	-6.9206E+00	-3.6834E+00
1	4.8987E+00	1.6934E+01	1.6925E+01	8.3298E+00	2.1893E+00

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
----------	--------	--------	--------	--------	--------

5	1.7211E+01	-2.0382E+01	1.2923E+01	-4.9508E+00	1.1408E+00
4	3.3027E+01	-2.6694E+01	3.6781E+00	4.1133E+00	-1.9195E+00
3	4.6168E+01	-1.4580E+01	-1.1876E+01	1.5334E+00	2.0887E+00
2	5.5569E+01	7.5980E+00	-7.0583E+00	-5.3873E+00	-1.5948E+00
1	6.0468E+01	2.4532E+01	9.8666E+00	2.9425E+00	5.9450E-01
Base	6.0468E+01	2.4532E+01	9.8666E+00	2.9425E+00	5.9450E-01

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (Kips x in.)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	2.0653E+02	-2.4458E+02	1.5507E+02	-5.9410E+01	1.3690E+01
3	6.0286E+02	-5.6491E+02	1.9921E+02	-1.0050E+01	-9.3436E+00
2	1.1569E+03	-7.3988E+02	5.6701E+01	8.3501E+00	1.5721E+01
1	1.8237E+03	-6.4870E+02	-2.7999E+01	-5.6297E+01	-3.4164E+00
Base	2.5493E+03	-3.5432E+02	9.0401E+01	-2.0987E+01	3.7175E+00

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
5	218.502	7.976	31.904	598.253	56.61	56.61	0
4	167.902	6.779	27.115	733.806	43.50	69.43	679
3	182.951	6.050	24.201	805.819	47.40	76.25	1386
2	181.422	4.896	19.584	815.972	47.00	77.21	1978
1	190.207	3.120	12.480	1039.982	49.28	98.40	2560
Base	-	-	-	x1000	-	98.40	3019

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
5	116.085	6.805	27.219	317.837	30.07	30.07	0
4	83.415	6.200	24.800	453.038	21.61	42.87	361
3	93.287	5.181	20.724	527.568	24.17	49.92	850
2	99.535	3.819	15.278	600.369	25.79	56.81	1375
1	100.017	2.095	8.378	698.208	25.91	66.06	1937
Base	-	-	-	x1000	-	66.06	2576

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
5	113.243	6.797	27.190	310.055	29.34	29.34	0
4	79.976	6.198	24.790	449.945	20.72	42.57	352
3	91.685	5.183	20.731	527.182	23.75	49.88	841
2	100.438	3.827	15.307	601.661	26.02	56.93	1369
1	106.454	2.109	8.434	702.870	27.58	66.51	1933
Base	-	-	-	x1000	-	66.51	2573

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (in/s2)

ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (in/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k
u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (in)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entreplanta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (kilolibra)
Fuerzas sismicas amplificadas por excen. accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (kips):

V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (Kips x in.) :

M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N

M(i,0) = Momento de vuelco en la base (Kips x in.)

Las variables modales anteriores (ri) , se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)

-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r =raiz (suma de ri^2)

-CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

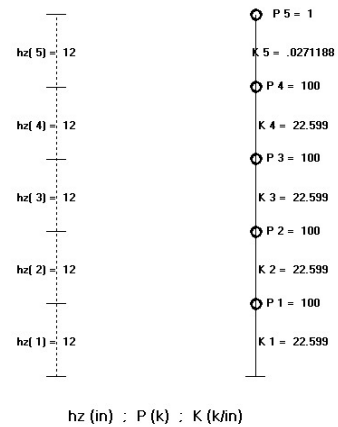
Modo i	ad(i) (in/s2)	M*(i) k*s2/in	H*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (kxin)
1	53.075	1.1393	42.160	11.237	60.468	2549
2	217.241	0.1129	-14.443	9.490	24.532	-354
3	314.551	0.0314	9.162	6.551	9.867	90
4	302.508	0.0097	-7.132	3.352	2.943	-21
5	292.781	0.0020	6.253	0.910	0.595	4
ABSSUM	-	-	-	-	98.403	3019
SRSS	-	-	-	-	66.064	2576
CQC	-	-	-	-	66.506	2573

Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de 1gdl.- de masa M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sistema estructural completo.

K*(i) = w(i)^2*M*(i) ; Vb(i) = M*(i)*ad(i) ; Mb(i) = Vb(i)*H*(i)

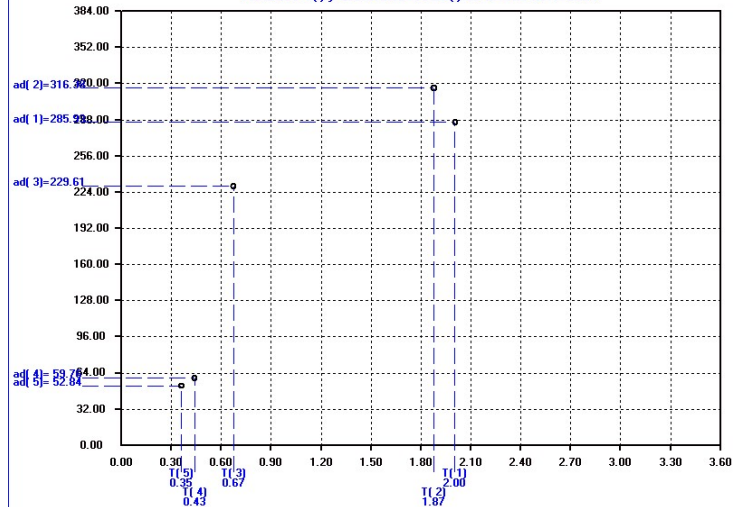
Ejemplo 5.- Ejemplo 4 plantas + Apendice: Chopra E13.2.7

DIMENSIONES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

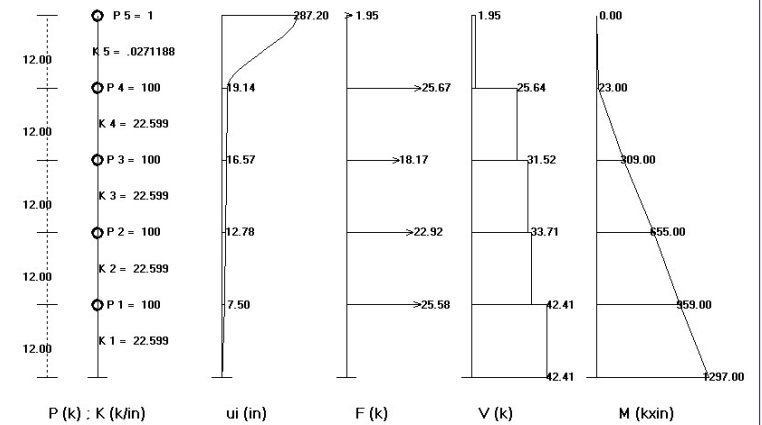


ACELERACIONES DE DISEÑO PARA PERIODOS PROPIOS

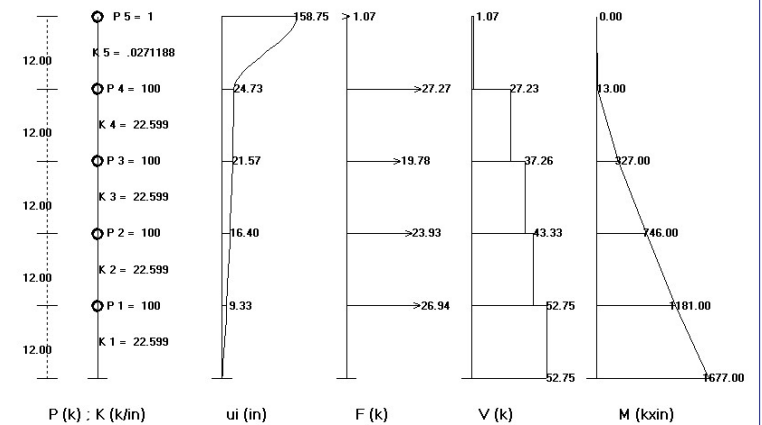
Periodos $T(i)$ y aceleraciones $ad(i)$ de diseño del modo i



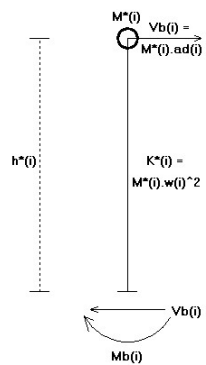
RESPUESTA COMBINADA SEGUN SRSS



RESPUESTA COMBINADA SEGUN CQC

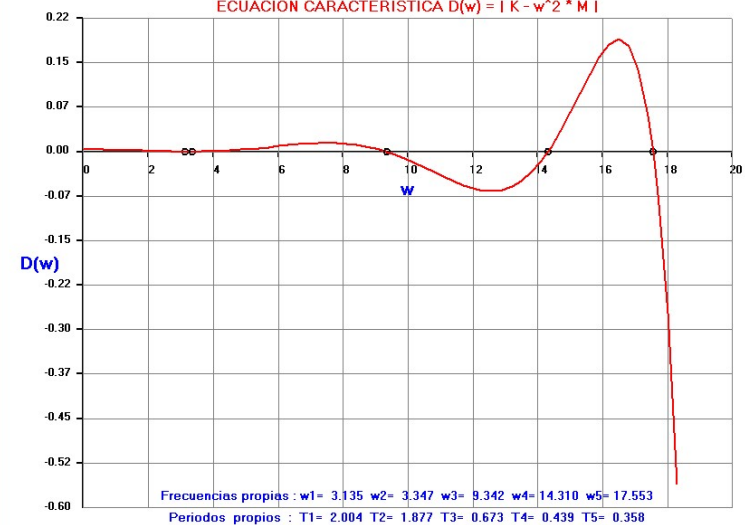


SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO

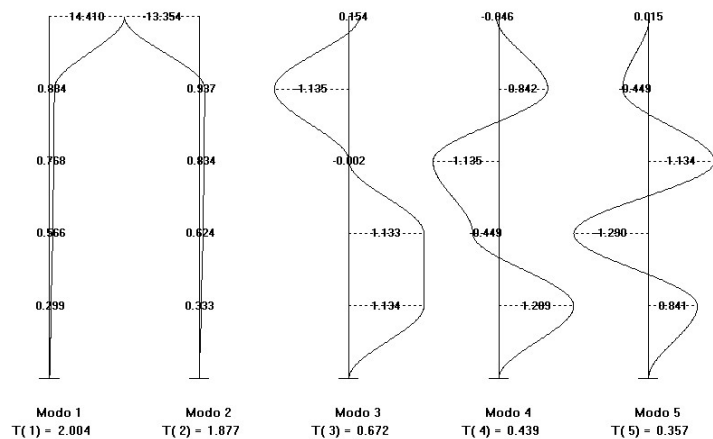


Modo i	ad(i) (in/s ²)	M*(i) kcs2/in	h*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (kcin)
1.00	52.84	0.47	36.02	4.67	25.15	906.00
2.00	59.76	0.45	33.13	5.06	27.04	896.00
3.00	229.61	0.08	-11.98	7.52	19.80	-237.00
4.00	316.38	0.02	7.82	4.14	6.41	50.00
5.00	285.93	0.00	-6.38	1.17	1.09	-7.00

ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = |K - w^2 \cdot M|$



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
i	-	k*s2/in	k*s2/in	%	%	(in)
1	0.690	0.476	0.476	45.824	45.824	36.029
2	0.673	0.452	0.929	43.555	89.378	33.134
3	0.294	0.086	1.015	8.304	97.683	-11.989
4	0.142	0.020	1.035	1.950	99.633	7.827
5	0.062	0.004	1.039	0.367	100.000	-6.381

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: $d(i,k)=L(j)*B(i,k)$
L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$
Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
Por(i) = Porcentage de participacion modal del modo i
Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i) = Altura modal efectiva = $\text{Suma}(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)$

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : $Vbi=M*(i) * Ad(i)$; $Mbi=Vbi * H*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

	Norma = 8

Numero de modos considerados Nmod = 5

DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS PARA PERIODOS PROPIOS

Los desplazamientos maximos $dmax(i) * (in)$ se dan ya reducidos por ductilidad $\mu(i)$ y amortiguamiento $Q(i) (%)$:
La ductilidad se da para pasar los desplazamientos elasticos a inelasticos. Los amortiguamientos se utilizan simplemente al calcular los coeficientes de correlacion en el metodo CQC.

Modo	T	w	Sd=dmax*	Sv=Vmax	Sa=ad	mu	Q
i	(s)	(rps)	(in)	(in/s)	(in/s2)	-	%
1	2.004	3.135	5.378	16.858	52.841	4.00	5.00
2	1.877	3.347	5.335	17.857	59.768	4.00	5.00
3	0.673	9.342	2.631	24.579	229.612	4.00	5.00
4	0.439	14.310	1.545	22.109	316.385	4.00	5.00
5	0.358	17.553	0.928	16.289	285.933	4.00	5.00

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (in/s2)

Base	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
	5.2841E+01	5.9768E+01	2.2961E+02	3.1638E+02	2.8593E+02

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (in/s2)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	5.2537E+02	-5.3686E+02	1.0431E+01	-2.0435E+00	2.7829E-01
4	3.2245E+01	3.7706E+01	-7.6533E+01	3.7933E+01	-7.9130E+00
3	2.8021E+01	3.3553E+01	-6.9559E-02	-5.1068E+01	2.0027E+01
2	2.0641E+01	2.5091E+01	7.6463E+01	-2.0186E+01	-2.2772E+01
1	1.0937E+01	1.3406E+01	7.6498E+01	5.8084E+01	1.4862E+01

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	5.3471E+01	-4.7921E+01	1.1952E-01	-9.9791E-03	9.0319E-04
4	3.2818E+00	3.3657E+00	-8.7694E-01	1.8524E-01	-2.5682E-02
3	2.8519E+00	2.9950E+00	-7.9704E-04	-2.4938E-01	6.4998E-02
2	2.1008E+00	2.2396E+00	8.7615E-01	-9.8573E-02	-7.3905E-02
1	1.1131E+00	1.1967E+00	8.7655E-01	2.8364E-01	4.8236E-02

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	2.1388E+02	-1.9169E+02	4.7809E-01	-3.9917E-02	3.6128E-03
4	1.3127E+01	1.3463E+01	-3.5078E+00	7.4096E-01	-1.0273E-01
3	1.1408E+01	1.1980E+01	-3.1882E-03	-9.9753E-01	2.5999E-01
2	8.4032E+00	8.9586E+00	3.5046E+00	-3.9429E-01	-2.9562E-01
1	4.4523E+00	4.7867E+00	3.5062E+00	1.1346E+00	1.9295E-01

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (in/in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.6730E+01	-1.7096E+01	3.3216E-01	-6.5073E-02	8.8616E-03
4	1.4329E-01	1.2357E-01	-2.9205E-01	1.4487E-01	-3.0227E-02
3	2.5036E-01	2.5178E-01	-2.9232E-01	-5.0270E-02	4.6301E-02
2	3.2924E-01	3.4766E-01	-1.3296E-04	-1.2740E-01	-4.0714E-02
1	3.7103E-01	3.9889E-01	2.9218E-01	9.4546E-02	1.6079E-02

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.3611E+00	-1.3908E+00	2.7023E-02	-5.2941E-03	7.2096E-04
4	8.3535E+00	9.7684E+00	-1.9827E+01	9.8273E+00	-2.0500E+00
3	7.2593E+00	8.6925E+00	-1.8021E-02	-1.3230E+01	5.1884E+00
2	5.3475E+00	6.5002E+00	1.9809E+01	-5.2295E+00	-5.8994E+00
1	2.8333E+00	3.4731E+00	1.9818E+01	1.5048E+01	3.8504E+00

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
----------	--------	--------	--------	--------	--------

5	1.3611E+00	-1.3908E+00	2.7023E-02	-5.2941E-03	7.2096E-04
4	9.7146E+00	8.3776E+00	-1.9800E+01	9.8220E+00	-2.0493E+00
3	1.6974E+01	1.7070E+01	-1.9818E+01	-3.4081E+00	3.1391E+00
2	2.2321E+01	2.3570E+01	-9.0123E-03	-8.6376E+00	-2.7603E+00
1	2.5155E+01	2.7043E+01	1.9809E+01	6.4100E+00	1.0901E+00
Base	2.5155E+01	2.7043E+01	1.9809E+01	6.4100E+00	1.0901E+00

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (Kips x in.)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
4	1.6333E+01	-1.6690E+01	3.2428E-01	-6.3529E-02	8.6515E-03
3	1.3291E+02	8.3841E+01	-2.3728E+02	1.1780E+02	-2.4583E+01
2	3.3659E+02	2.8868E+02	-4.7509E+02	7.6903E+01	1.3086E+01
1	6.0445E+02	5.7152E+02	-4.7520E+02	-2.6748E+01	-2.0037E+01
Base	9.0631E+02	8.9605E+02	-2.3749E+02	5.0171E+01	-6.9559E+00

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
5	1074.988	101.522	406.089	34231.391	2.78	2.78	0
4	192.330	7.735	30.941	734.008	49.83	49.76	33
3	132.739	6.162	24.648	891.031	34.39	60.41	596
2	165.152	5.389	21.556	845.149	42.79	57.30	1190
1	173.787	3.518	14.073	1172.725	45.02	79.51	1698
Base	-	-	-	x1000	-	79.51	2097

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
5	751.233	71.802	287.209	23921.895	1.95	1.95	0
4	99.097	4.786	19.142	378.148	25.67	25.64	23
3	70.143	4.144	16.575	464.968	18.17	31.52	309
2	88.477	3.196	12.783	497.146	22.92	33.71	655
1	98.721	1.877	7.507	625.574	25.58	42.41	959
Base	-	-	-	x1000	-	42.41	1297

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
5	412.593	39.689	158.757	13138.415	1.07	1.07	0
4	105.247	6.184	24.736	401.624	27.27	27.23	13
3	76.342	5.394	21.574	549.650	19.78	37.26	327
2	92.383	4.102	16.409	639.111	23.93	43.33	746
1	104.000	2.334	9.337	778.059	26.94	52.75	1181
Base	-	-	-	x1000	-	52.75	1677

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (in/s2)

ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (in/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k
u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (in)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entreplanta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (kilolibra)
Fuerzas sismicas amplificadas por excen. accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (kips):

V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (Kips x in.) :

M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N

M(i,0) = Momento de vuelco en la base (Kips x in.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod), proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k), u(k), ui(k), du(k), F(k), V(k), M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)

-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r =raiz (suma de ri^2)

-CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*j*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

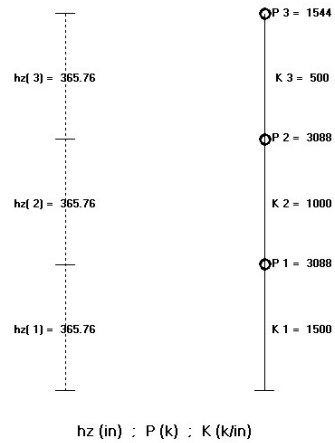
Modo i	ad(i) (in/s2)	M*(i) k*s2/in	H*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (kxin)
1	52.841	0.4760	36.029	4.677	25.155	906
2	59.768	0.4525	33.134	5.069	27.043	896
3	229.612	0.0863	-11.989	7.529	19.809	-237
4	316.385	0.0203	7.827	4.149	6.410	50
5	285.933	0.0038	-6.381	1.175	1.090	-7
ABSSUM	-	-	-	-	79.507	2097
SRSS	-	-	-	-	42.412	1297
CQC	-	-	-	-	52.750	1677

Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de 1gdl.- de masa M*(i), rigidez K*(i) y de altura H*(i) -, equivalentes al sistema estructural completo.

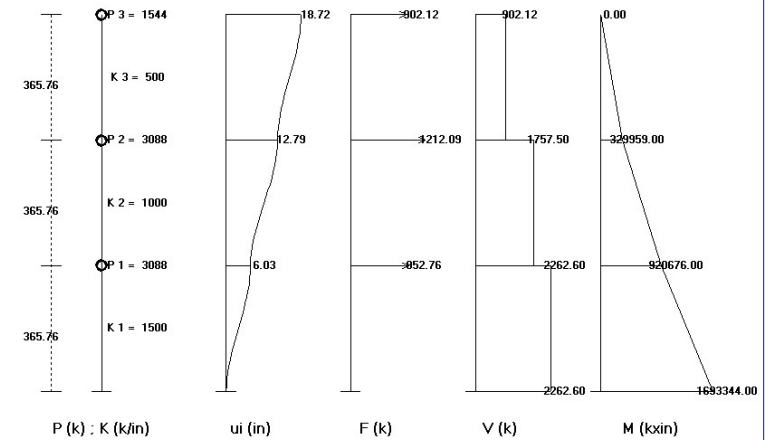
K*(i) = w(i)^2*M*(i) ; Vb(i) = M*(i)*ad(i) ; Mb(i) = Vb(i)*H*(i)

Ejemplo 6.- Ejemplo 6.6 del Biggs pag.267 (luni=1: Kip;seg;in)

DIMENSIONES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

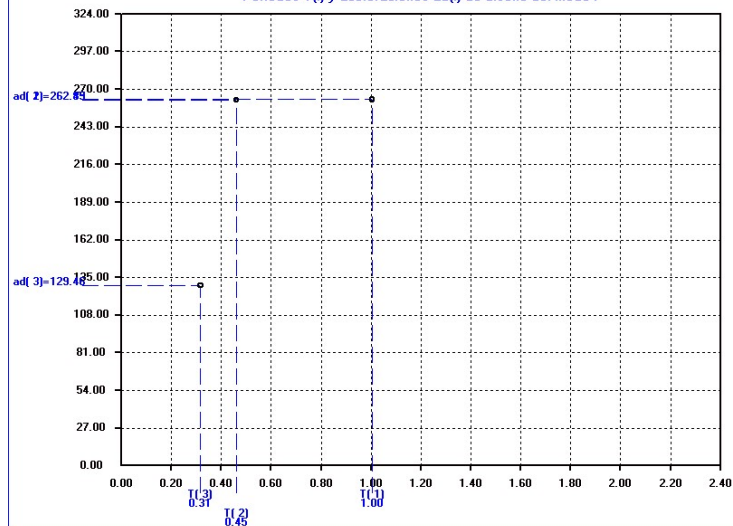


RESPUESTA COMBINADA SEGUN SRSS

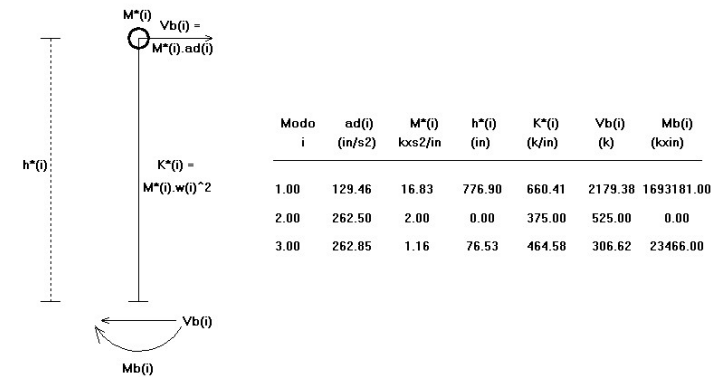


ACELERACIONES DE DISEÑO PARA PERIODOS PROPIOS

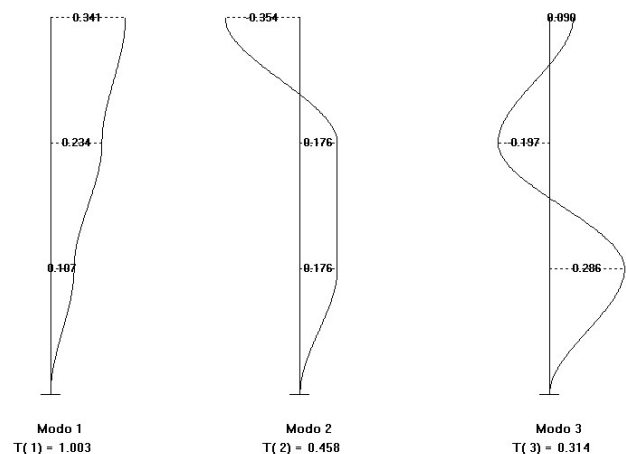
Periodos $T(i)$ y aceleraciones $ad(i)$ de diseño del modo i



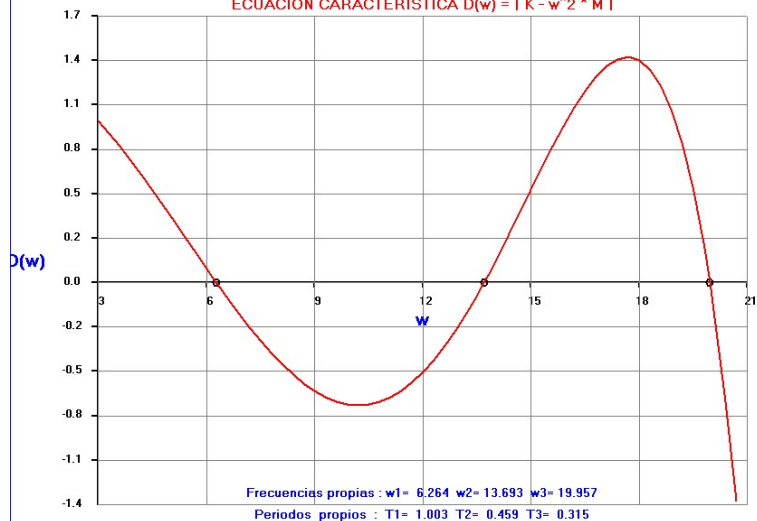
SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = |K - w^2 \cdot M|$



```

=====
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"=====
"
" ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION      "
"
" Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras     "
"
" Version 1                                           Fecha : 11/01/2025 "
"
" Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025         "
"
" E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander       "
"=====

```

```

=====
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA      "
"=====
"
" Proyecto : EJEMPLO N°6                             "
"
" Referencia : MANUAL                                "
"
" Fecha de calculo : 13-12-2024                     "
"=====

```

Ejemplo 6.6 del Biggs pag.267 (Iuni=Kip;seg;in)

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 1
Aceleracion de la gravedad (in/s²) g = 386.00
Definicion directa de rigideces laterales Irig = 0

MODELO SIMPLIFICADO DE EDIFICIO DE CORTANTE (MOD=0)

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl

Planta i	h(i) (in)	Cota(i) (in)	P(i) (k)	M(i) (k*s/in ²)	Kl(i) (k/in)
1	365.76	365.76	3088.000	8.0000	1500.00
2	365.76	731.52	3088.000	8.0000	1000.00
3	365.76	1097.28	1544.000	4.0000	500.00

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(3x3)

6.6667E-04 6.6667E-04 6.6667E-04


```

6.6667E-04    1.6667E-03    1.6667E-03
6.6667E-04    1.6667E-03    3.6667E-03

```

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(3x3)

```

=====
2.5000E+03    -1.0000E+03    0.0000E+00
-1.0000E+03    1.5000E+03    -5.0000E+02
0.0000E+00    -5.0000E+02    5.0000E+02

```

MATRIZ DE MASAS M(3x3)

```

=====
8.0000E+00    0.0000E+00    0.0000E+00
0.0000E+00    8.0000E+00    0.0000E+00
0.0000E+00    0.0000E+00    4.0000E+00

```

De la ecuacion característica $|K - \omega^2 M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibración que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez K_n y de masas M_n :

-Matriz masas modal (diagonal ortonormal): $M_n = \sum M(i,i) * B(i,n)^2 = 1$

-Matriz de rigidez modal (diagonal) $K_n = tB^*K*B$ $= \omega(n)^2$

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

```

=====
T ( 1)      T ( 2)      T ( 3)
1.0031E+00   4.5886E-01   3.1484E-01

f ( 1)      f ( 2)      f ( 3)
9.9688E-01   2.1793E+00   3.1762E+00

w ( 1)      w ( 2)      w ( 3)
6.2636E+00   1.3693E+01   1.9957E+01

w^2 ( 1)    w^2 ( 2)    w^2 ( 3)
3.9232E+01   1.8750E+02   3.9827E+02

```

Componente modal B(i,k)			
Planta	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
k			
3	3.4191E-01	-3.5355E-01	9.0004E-02
2	2.3460E-01	1.7678E-01	-1.9676E-01
1	1.0731E-01	1.7678E-01	2.8677E-01

Factor de distribucion D(i,k)			
Planta	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
k			
3	1.4028E+00	-5.0000E-01	9.7209E-02
2	9.6251E-01	2.5000E-01	-2.1251E-01
1	4.4028E-01	2.5000E-01	3.0972E-01

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

```

=====
Modo  L(i)    M*(i)    Ma*(i)    Por(i)    Pora(i)    H*(i)
i      -      k*s2/in  k*s2/in  %         %         (in)
1      4.103   16.833   16.833   84.167    84.167    776.909
2      1.414   2.000    18.833   10.000    94.167    0.000
3      1.080   1.167    20.000   5.833     100.000   76.531

```

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k

```

d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: d(i,k)=L(j)* B(i,k)
L(i)    = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K)  = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i)   = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = L(i)^2
Ma*(i)  = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
Por(i)   = Porcentage de participacion modal del modo i
Pora(i)  = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i)   = Altura modal efectiva = Suma(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)

```

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa $M^*(i)$ y altura $H^*(i)$, cuyo cortante y momento en la base : $V_{bi} = M^*(i) * A_d(i)$; $M_{bi} = V_{bi} * H^*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.

$A_d(i)$ es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

	Norma = 8

Numero de modos considerados Nmod = 3

DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS PARA PERIODOS PROPIOS

Los desplazamientos maximos $d_{max}(i) * (in)$ se dan ya reducidos por ductilidad $\mu(i)$ y amortiguamiento $Q(i) (%)$:

La ductilidad se da para pasar los desplazamientos elasticos a inelasticos. Los amortiguamientos se utilizan simplemente al calcular los coeficientes de correlacion en el metodo CQC.

Modo	T	w	Sd=dmax*	Sv=Vmax	Sa=ad	μ	Q
i	(s)	(rps)	(in)	(in/s)	(in/s2)	-	%
1	1.003	6.264	3.300	20.670	129.467	4.00	5.00
2	0.459	13.693	1.400	19.170	262.500	4.00	5.00
3	0.315	19.957	0.660	13.171	262.857	4.00	5.00

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno $a_d(i)$ (in/s2)

	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Base	1.2947E+02	2.6250E+02	2.6286E+02

Aceleraciones $a(i,k)$ (modo i ; planta k) (in/s2)

Planta	Modo 1	Modo 2	Modo 3
k			
3	1.8162E+02	-1.3125E+02	2.5552E+01
2	1.2461E+02	6.5625E+01	-5.5860E+01
1	5.7002E+01	6.5625E+01	8.1412E+01

Desplazamientos elasticos $u(i,k)$ (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	4.6292E+00	-7.0000E-01	6.4158E-02
2	3.1763E+00	3.5000E-01	-1.4026E-01
1	1.4529E+00	3.5000E-01	2.0442E-01

Desplazamientos inelásticos $u_i(i,k)$ (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	1.8517E+01	-2.8000E+00	2.5663E-01
2	1.2705E+01	1.4000E+00	-5.6103E-01
1	5.8117E+00	1.4000E+00	8.1766E-01

Derivas $du(i,k)$ (modo i ; planta k) (in/in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	1.5889E-02	-1.1483E-02	2.2355E-03
2	1.8847E-02	0.0000E+00	-3.7694E-03
1	1.5889E-02	3.8276E-03	2.2355E-03

Fuerzas $F(i,k)$ (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	7.2646E+02	-5.2500E+02	1.0221E+02
2	9.9691E+02	5.2500E+02	-4.4688E+02
1	4.5601E+02	5.2500E+02	6.5130E+02

Cortantes $V(i,k)$ (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	7.2646E+02	-5.2500E+02	1.0221E+02
2	1.7234E+03	0.0000E+00	-3.4467E+02
1	2.1794E+03	5.2500E+02	3.0662E+02
Base	2.1794E+03	5.2500E+02	3.0662E+02

Momentos $M(i,k)$ (modo i ; planta k) (Kips x in.)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	2.6571E+05	-1.9202E+05	3.7384E+04
1	8.9605E+05	-1.9202E+05	-8.8684E+04
Base	1.6932E+06	1.1455E-02	2.3466E+04

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
3	338.417	5.393	21.573	29.608	1353.67	1353.67	0
2	246.099	3.667	14.666	22.616	1968.79	2068.04	495118
1	204.039	2.007	8.029	21.953	1632.31	3011.01	1176758
Base	-	-	-	x1000	-	3011.01	1716647

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
3	225.529	4.682	18.729	19.731	902.12	902.12	0
2	151.511	3.199	12.794	19.220	1212.09	1757.50	329959
1	119.096	1.508	6.034	16.496	952.76	2262.60	920676
Base	-	-	-	x1000	-	2262.60	1693344

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
3	223.181	4.672	18.689	19.526	892.72	892.72	0
2	150.466	3.202	12.807	19.199	1203.73	1755.59	326523
1	122.581	1.517	6.069	16.593	980.65	2275.96	918716
Base	-	-	-	x1000	-	2275.96	1693476

$a(i,k)$ = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

$a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i)$ (in/s2)

$ad(i)$ = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (in/s2)

$u(i,k)$ = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k

$u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2$ (in)

$ui(i,k)$ = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k

$ui(i,k) = u(i,k) * mu(i)$; $mu(i)$ = Factor reductor por ductilidad

$du(i,k)$ = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entreplanta k en el modo i : $du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)$

$F(i,k)$ = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y el modo i : $F(i,k) = M(i) * a(i,k)$ (kilolibra)

Fuerzas sismicas amplificadas por excen. accidental = $1.3 * F(i,k)$

$V(i,k)$ = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (kips):

$V(i,k) = \text{Suma } F(i,j) \text{ desde } j=k \text{ hasta } N$ $V_{base} = V(i,0)$

$M(i,k)$ = Momento flector en la planta k del modo i (Kips x in.) :

$M(i,k) = \text{Suma } F(i,j) * (cota(j) - cota(k))$ desde $j=k$ hasta N

$M(i,0)$ = Momento de vuelco en la base (Kips x in.)

Las variables modales anteriores (r_i), se combinan para todos los modos de vibracion ($i=1$ a N_{mod}), proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

$a(k)$, $u(k)$, $ui(k)$, $du(k)$, $F(k)$, $V(k)$, $M(k)$

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas r_i :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos $r = \text{suma de } |r_i|$ (No recomendada)

-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados $r = \text{raiz}(\text{suma de } r_i^2)$

-CQC = Combinacion cuadratica completa $r = \text{raiz}(\text{suma de } r_i r_{oi} * r_j)$

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (in/s2)	M*(i) k*s2/in	H*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (kxin)
1	129.467	16.8335	776.909	660.419	2179.383	1693181
2	262.500	2.0000	0.000	375.000	525.000	0
3	262.857	1.1665	76.531	464.581	306.624	23466

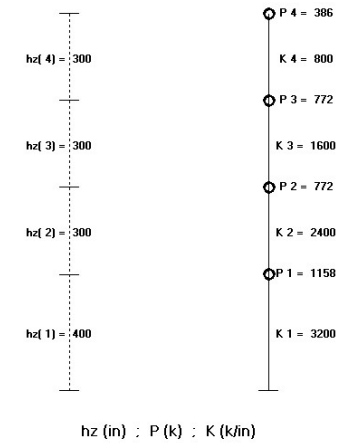
ABSSUM	-	-	-	-	3011.006	1716648
SRSS	-	-	-	-	2262.598	1693344
CQC	-	-	-	-	2275.960	1693476

Para cada modo i , se realiza la comprobación del cortante $Vb(i)$ y momento $Mb(i)$ en la base, utilizando modelos de 1gdl.- de masa $M^*(i)$, rigidez $K^*(i)$ y de altura $H^*(i)$ - , equivalentes al sistema estructural completo.

$K^*(i) = w(i)^2 \cdot M^*(i)$; $Vb(i) = M^*(i) \cdot ad(i)$; $Mb(i) = Vb(i) \cdot H^*(i)$

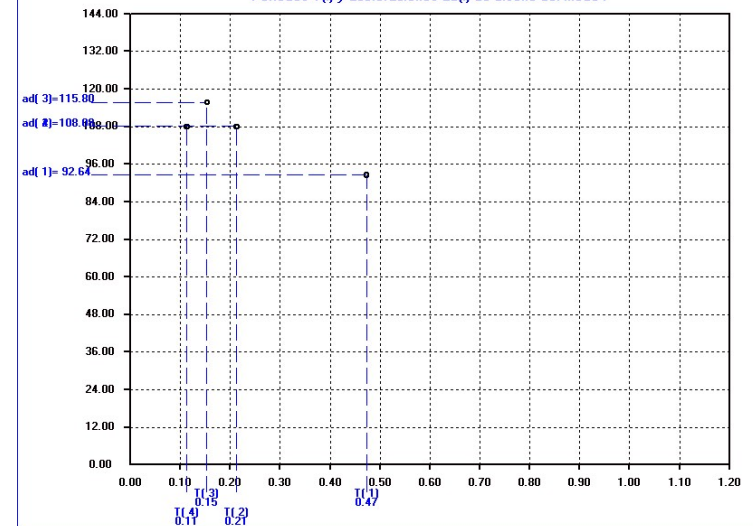
Ejemplo 7.- Ejemplo de Structural Dynamics de Craig 20.3 (luni=1:k;in)

DIMENSIONES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

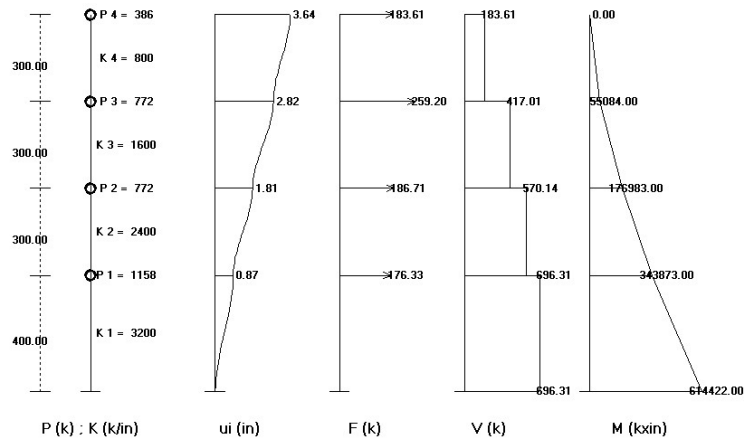


ACELERACIONES DE DISEÑO PARA PERIODOS PROPIOS

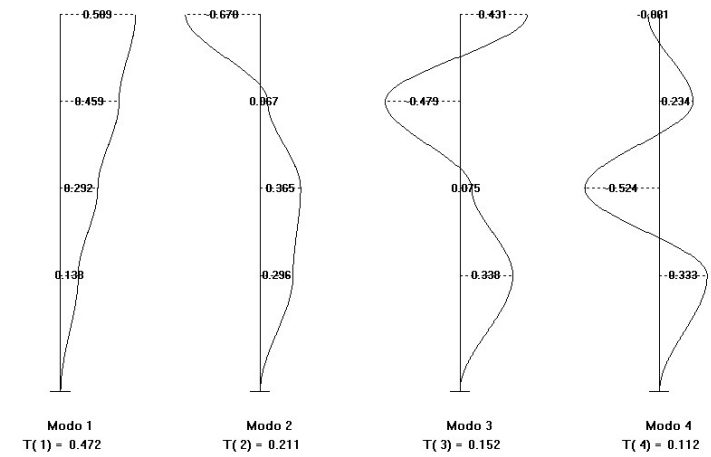
Periodos $T(i)$ y aceleraciones $ad(i)$ de diseño del modo i



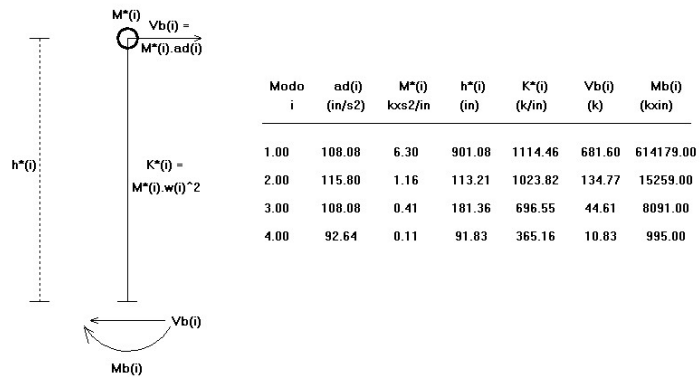
RESPUESTA COMBINADA SEGUN SRSS



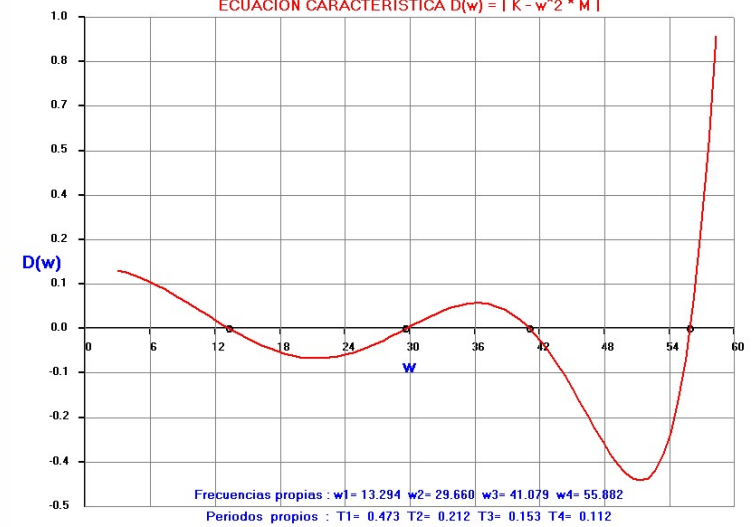
MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = I K - w^2 * M I$



Modo i	L(i)	M*(i) k*s2/in	Ma*(i) k*s2/in	Por(i) %	Pora(i) %	H*(i) (in)
1	2.511	6.306	6.306	78.831	78.831	901.082
2	1.079	1.164	7.470	14.548	93.379	113.218
3	0.642	0.413	7.883	5.160	98.538	181.361
4	0.342	0.117	8.000	1.462	100.000	91.838

$B(i,k)$ = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
 $d(i,k)$ = Factor distribucion planta k modo i: $d(i,k)=L(j)*B(i,k)$
 $L(i)$ = Coef. de participacion del modo i = suma $B(i,k)*M(k,k)$
 $M(k,k)$ = Masa de la planta k = Peso $P(k)/g$.
 $M^*(i)$ = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$
 $Ma^*(i)$ = Suma acumulada de $M^*(i)$ desde modo i=1 hasta modo i=i
 $Por(i)$ = Porcentage de participacion modal del modo i
 $Pora(i)$ = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
 $H^*(i)$ = Altura modal efectiva = Suma $(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)$

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa $M^*(i)$ y altura $H^*(i)$, cuyo cortante y momento en la base : $Vbi=M^*(i)*Ad(i)$; $Mbi=Vbi*H^*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
 $Ad(i)$ es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9
Norma = 6	

Numero de modos considerados Nmod = 4

ACELERACIONES DE DISENO PARA PERIODOS PROPIOS

Las aceleraciones de diseno $ad(i)* (in/s^2)$ se dan ya reducidas por ductilidad $\mu(i)$ y amortiguamiento $Q(i) (%)$:
 La ductilidad se da para pasar los desplazamientos elasticos a inelasticos. Los amortiguamientos se utilizan simplemente al calcular los coeficientes de correlacion en el metodo CQC.

Modo i	T (s)	w (rps)	Sd=dmax (in)	Sv=Vmax (in/s)	Sa=ad* (in/s2)	mu -	Q %
1	0.473	13.294	0.612	8.130	108.080	4.00	5.00
2	0.212	29.660	0.132	3.904	115.800	4.00	5.00
3	0.153	41.079	0.064	2.631	108.080	4.00	5.00
4	0.112	55.882	0.030	1.658	92.640	4.00	5.00

R E S P U E S T A M O D A L

----- Aceleraciones espectrales de diseno $ad(i) (in/s^2)$ -----

	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
Base	1.0808E+02	1.1580E+02	1.0808E+02	9.2640E+01

----- Aceleraciones $a(i,k) (modo i ; planta k) (in/s^2)$ -----

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	1.6013E+02	-8.4663E+01	2.9956E+01	-2.5621E+00
3	1.2476E+02	8.4345E+00	-3.3230E+01	7.4391E+00
2	7.9514E+01	4.5708E+01	5.2702E+00	-1.6599E+01
1	3.7641E+01	3.7049E+01	2.3526E+01	1.0571E+01

----- Desplazamientos elasticos $u(i,k) (modo i;planta k) (in)$ -----

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	9.0615E-01	-9.6240E-02	1.7752E-02	-8.2046E-04
3	7.0598E-01	9.5879E-03	-1.9693E-02	2.3822E-03
2	4.4995E-01	5.1959E-02	3.1231E-03	-5.3154E-03
1	2.1300E-01	4.2116E-02	1.3942E-02	3.3852E-03

----- Desplazamientos inelasticos $ui(i,k) (modo i;planta k) (in)$ -----

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	3.6246E+00	-3.8496E-01	7.1008E-02	-3.2818E-03
3	2.8239E+00	3.8352E-02	-7.8770E-02	9.5288E-03
2	1.7998E+00	2.0784E-01	1.2493E-02	-2.1261E-02
1	8.5200E-01	1.6846E-01	5.5767E-02	1.3541E-02

----- Derivas $du(i,k) (modo i ; planta k) (in/in)$ -----

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	2.6689E-03	-1.4110E-03	4.9926E-04	-4.2702E-05
3	3.4138E-03	-5.6495E-04	-3.0421E-04	1.0263E-04
2	3.1593E-03	1.3124E-04	-1.4425E-04	-1.1601E-04
1	2.1300E-03	4.2116E-04	1.3942E-04	3.3852E-05

----- Fuerzas $F(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)$ -----

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	1.6013E+02	-8.4663E+01	2.9956E+01	-2.5621E+00
3	2.4952E+02	1.6869E+01	-6.6461E+01	1.4878E+01
2	1.5903E+02	9.1417E+01	1.0540E+01	-3.3198E+01
1	1.1292E+02	1.1115E+02	7.0579E+01	3.1714E+01

----- Cortantes $V(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)$ -----

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	1.6013E+02	-8.4663E+01	2.9956E+01	-2.5621E+00
3	4.0965E+02	-6.7794E+01	-3.6505E+01	1.2316E+01
2	5.6868E+02	2.3623E+01	-2.5965E+01	-2.0881E+01
1	6.8160E+02	1.3477E+02	4.4614E+01	1.0833E+01
Base	6.8160E+02	1.3477E+02	4.4614E+01	1.0833E+01

----- Momentos $M(i,k) (modo i ; planta k) (Kips x in.)$ -----

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	4.8040E+04	-2.5399E+04	8.9867E+03	-7.6864E+02

2	1.7093E+05	-4.5737E+04	-1.9649E+03	2.9262E+03
1	3.4154E+05	-3.8650E+04	-9.7543E+03	-3.3382E+03
Base	6.1418E+05	1.5259E+04	8.0912E+03	9.9487E+02

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
4	277.312	1.021	4.084	4.622	277.31	277.31	0
3	173.863	0.738	2.951	4.386	347.73	526.27	83194
2	147.091	0.510	2.041	3.551	294.18	639.15	221563
1	108.788	0.272	1.090	2.724	326.36	871.82	393281
Base	-	-	-	x1000	-	871.82	638523

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
4	183.613	0.911	3.646	3.060	183.61	183.61	0
3	129.598	0.706	2.825	3.475	259.20	417.01	55084
2	93.354	0.453	1.812	3.167	186.71	570.14	176983
1	58.777	0.218	0.870	2.176	176.33	696.31	343873
Base	-	-	-	x1000	-	696.31	614422

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
4	181.585	0.910	3.640	3.026	181.58	181.58	0
3	129.186	0.706	2.825	3.469	258.37	416.29	54475
2	93.805	0.454	1.815	3.168	187.61	570.22	176410
1	60.964	0.219	0.874	2.185	182.89	699.21	343398
Base	-	-	-	x1000	-	699.21	614698

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (in/s2)

ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (in/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k

u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (in)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k

ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-
planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y

el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (kilolibra)

Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (kips):

V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (Kips x in.) :

M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N

M(i,0) = Momento de vuelco en la base (Kips x in.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los
modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes
variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaciñ de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)

-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r =raiz (suma de ri^2)

-CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos
de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (in/s2)	M*(i) k*s2/in	H*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (kxin)
1	108.080	6.3065	901.082	1114.460	681.601	614179
2	115.800	1.1638	113.218	1023.820	134.771	15259
3	108.080	0.4128	181.361	696.558	44.614	8091
4	92.640	0.1169	91.838	365.161	10.833	995

ABSSUM	-	-	-	-	871.819	638524
--------	---	---	---	---	---------	--------

SRSS	-	-	-	-	696.313	614422
------	---	---	---	---	---------	--------

CQC	-	-	-	-	699.214	614698
-----	---	---	---	---	---------	--------

Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i)
y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de 1gdl.- de masa
M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sis-
tema estructural completo.

K*(i) = w(i)^2*M*(i) ; Vb(i) = M*(i)*ad(i) ; Mb(i) = Vb(i)*H*(i)

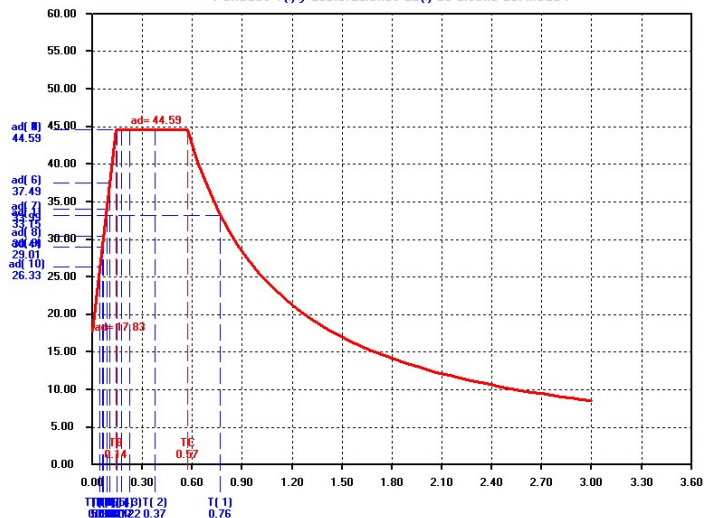
Ejemplo 8.- Edificio de 10 plantas.Barbat;Oller;Vielma (CIMNE IS-56.5)

DIMENSIONES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

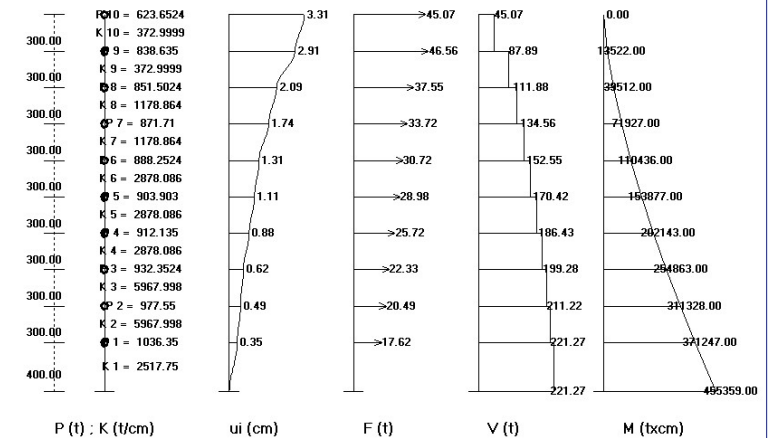
30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	300
30x30	30x30	30x30	30x30	30x30	300
40x40	40x40	40x40	40x40	40x40	300
40x40	40x40	40x40	40x40	40x40	300
50x50	50x50	50x50	50x50	50x50	300
50x50	50x50	50x50	50x50	50x50	300
50x50	50x50	50x50	50x50	50x50	300
60x60	60x60	60x60	60x60	60x60	300
60x60	60x60	60x60	60x60	60x60	300
60x60	60x60	60x60	60x60	60x60	400

ESPECTRO DE ACELERACIONES DE DISEÑO NORMA NCSE-02

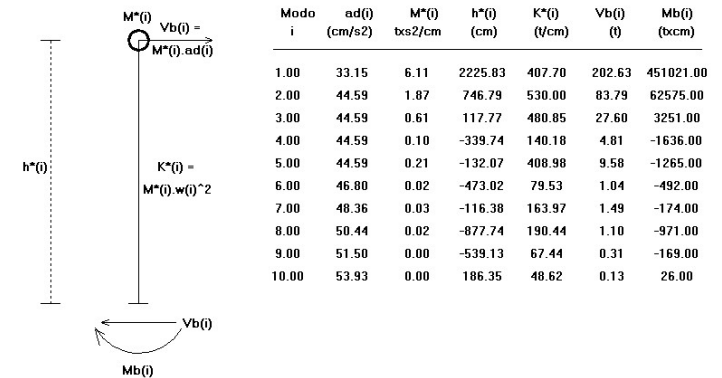
Periodos $T(i)$ y aceleraciones $ad(i)$ de diseño del modo i



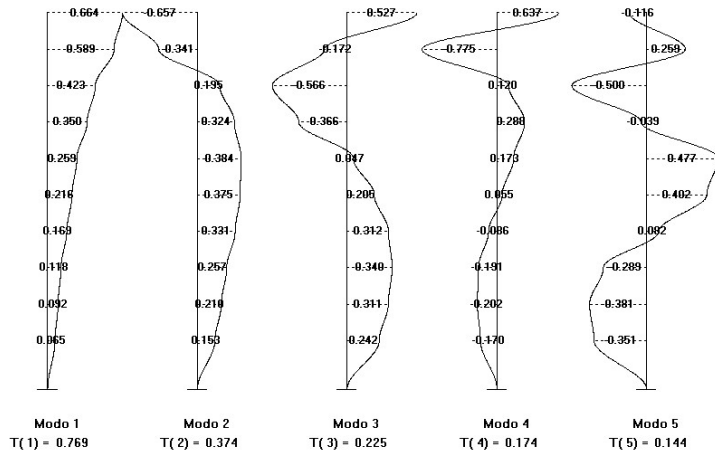
RESPUESTA COMBINADA SEGUN SRSS



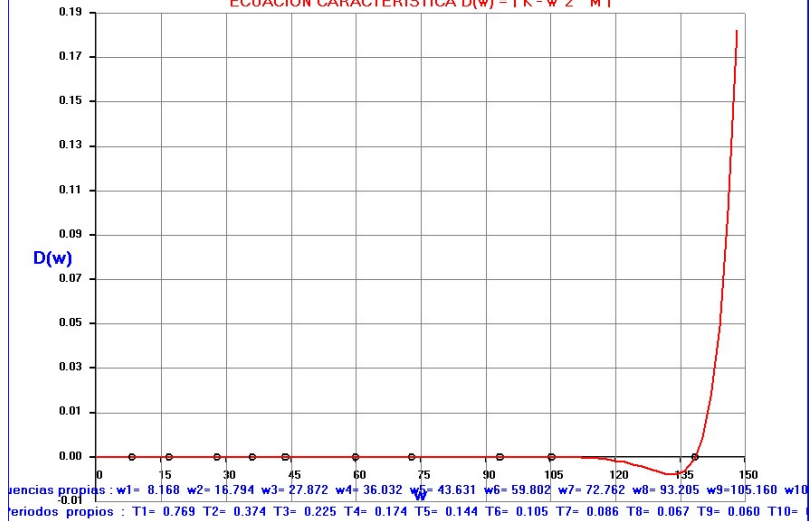
SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = |K - w^2 \cdot M|$



```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"          =====          "
"          ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION          "
"          Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras          "
"          Version 1                      Fecha : 11/01/2025          "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025          "
"          E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander          "
"          =====          "

```

```

=====
"                                     "
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA          "
"          =====          "
"          Proyecto : EJEMPLO N°8          "
"          Referencia : MANUAL          "
"          Fecha de calculo : 13-12-2024          "
"          =====          "

```

Edificio de 10 plantas.Barbat;Oller;Vielma (CIMNE IS-56.5)

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 10
 Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 5
 Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 7
 Altura de pilares inferiores constante (h(1) = 400cm) ... Nesc = 0

Todos los pilares estan empotrados en su base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 0
 Modulo elastico (t/cm2) E = 355.24
 Aceleracion de la gravedad (cm/s2) g = 980.00
 Generacion de rigideces a partir de escuadrias bx/by Irig = 1

Secciones bx (cm) x by (cm) de pilares y/o muros

Planta	Columna				
	1	2	3	4	5
1	60x60	60x60	60x60	60x60	60x60

7.3230E-04	7.3230E-04	7.3230E-04	7.3230E-04	7.3230E-04
1.0798E-03	1.0798E-03	1.0798E-03	1.0798E-03	1.0798E-03
1.4272E-03	1.4272E-03	1.4272E-03	1.4272E-03	1.4272E-03
1.7747E-03	1.7747E-03	1.7747E-03	1.7747E-03	1.7747E-03
1.7747E-03	2.6229E-03	2.6229E-03	2.6229E-03	2.6229E-03
1.7747E-03	2.6229E-03	3.4712E-03	3.4712E-03	3.4712E-03
1.7747E-03	2.6229E-03	3.4712E-03	6.1522E-03	6.1522E-03
1.7747E-03	2.6229E-03	3.4712E-03	6.1522E-03	8.8331E-03

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL $K(10 \times 10)$

$$K(i,i) = K1(i)+K1(i+1) \quad \text{con} \quad (i=1 \text{ a } N-1) \quad ; ; \quad K(N,N) = K1(N)$$

Planta	Columna				
	1	2	3	4	5
1	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
2	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
3	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
4	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
5	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
6	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
7	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
8	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
9	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029
10	0.029	0.029	0.029	0.029	0.029

MATRIZ DE MASAS M(10x10)

[illegible]

0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
9.0638E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	8.8950E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	8.6888E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	8.5575E-01	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	6.3638E-01

De la ecuacion característica $|K - \omega^2 M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibracion que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez K_n y de masas M_n :

```
-Matriz masas modal (diagonal ortonormal): Mn = Suma M(i,i)*B(i,n)^2=1
-Matriz de rigidez modal (diagonal) ..... Kn = tB*K*B ..... = w(n)^2
```

PERIODOS $T(i)$, FRECUENCIAS $f(i)$, $w(i)$ Y MODOS DE VIBRACION $B(i,k)$

Componente modal B(i,k)					
Planta	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)	Modo (4)	Modo (5)
	T (1)	T (2)	T (3)	T (4)	T (5)
	7.6928E-01	3.7413E-01	2.2543E-01	1.7438E-01	1.4401E-01
	f (1)	f (2)	f (3)	f (4)	f (5)
	1.2999E+00	2.6729E+00	4.4360E+00	5.7346E+00	6.9441E+00
	w (1)	w (2)	w (3)	w (4)	w (5)
	8.1676E+00	1.6794E+01	2.7872E+01	3.6032E+01	4.3631E+01
	w ² (1)	w ² (2)	w ² (3)	w ² (4)	w ² (5)
	6.6709E+01	2.8204E+02	7.7685E+02	1.2983E+03	1.9037E+03

k					
10	6.6481E-01	-6.5684E-01	5.2769E-01	6.3704E-01	-1.1554E-01
9	5.8914E-01	-3.4077E-01	-1.7170E-01	-7.7401E-01	2.5972E-01
8	4.2331E-01	1.9580E-01	-5.6507E-01	1.2038E-01	-4.9934E-01
7	3.5003E-01	3.2487E-01	-3.6599E-01	2.8818E-01	-3.8887E-02
6	2.5913E-01	3.8481E-01	4.7621E-02	1.7368E-01	4.7742E-01
5	2.1645E-01	3.7518E-01	2.0539E-01	5.5764E-02	4.0268E-01
4	1.6914E-01	3.3164E-01	3.1202E-01	-8.5349E-02	8.2273E-02
3	1.1819E-01	2.5785E-01	3.4026E-01	-1.9063E-01	-2.8879E-01
2	9.2361E-02	2.1067E-01	3.1175E-01	-2.0195E-01	-3.8009E-01
1	6.5502E-02	1.5356E-01	2.4275E-01	-1.6944E-01	-3.5046E-01

Factor de distribucion D(i,k)					
Planta	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)	Modo (4)	Modo (5)
k					
10	1.6435E+00	-9.0042E-01	4.1516E-01	-2.0933E-01	5.3553E-02
9	1.4565E+00	-4.6714E-01	-1.3509E-01	2.5434E-01	-1.2038E-01
8	1.0465E+00	2.6841E-01	-4.4457E-01	-3.9558E-02	2.3145E-01
7	8.6533E-01	4.4534E-01	-2.8794E-01	-9.4696E-02	1.8024E-02
6	6.4061E-01	5.2751E-01	3.7466E-02	-5.7069E-02	-2.2129E-01
5	5.3510E-01	5.1431E-01	1.6159E-01	-1.8324E-02	-1.8665E-01
4	4.1816E-01	4.5462E-01	2.4548E-01	2.8045E-02	-3.8134E-02
3	2.9219E-01	3.5347E-01	2.6770E-01	6.2640E-02	1.3385E-01
2	2.2833E-01	2.8879E-01	2.4527E-01	6.6359E-02	1.7618E-01
1	1.6193E-01	2.1051E-01	1.9098E-01	5.5678E-02	1.6244E-01

T (6)	T (7)	T (8)	T (9)	T (10)
1.0507E-01	8.6352E-02	6.7412E-02	5.9749E-02	4.5416E-02

f (6)	f (7)	f (8)	f (9)	f (10)
9.5178E+00	1.1580E+01	1.4834E+01	1.6737E+01	2.2019E+01

w (6)	w (7)	w (8)	w (9)	w (10)
5.9802E+01	7.2762E+01	9.3205E+01	1.0516E+02	1.3835E+02

w² (6)	w² (7)	w² (8)	w² (9)	w² (10)
3.5763E+03	5.2944E+03	8.6873E+03	1.1059E+04	1.9140E+04

Componente modal B(i,k)					
Planta	Modo (6)	Modo (7)	Modo (8)	Modo (9)	Modo (10)
k					
10	-1.8700E-02	-1.8090E-03	7.9177E-05	1.6191E-05	-3.4731E-08
9	9.5400E-02	1.4531E-02	-1.0943E-03	-2.8925E-04	1.1186E-06
8	-5.7324E-01	-1.4563E-01	1.9543E-02	6.7439E-03	-4.6747E-05
7	7.2619E-01	3.7198E-01	-9.9061E-02	-4.5999E-02	5.9751E-04
6	6.6031E-02	-5.9639E-01	4.3167E-01	2.8508E-01	-7.3874E-03
5	-2.7874E-01	1.3404E-03	-5.3192E-01	-5.7215E-01	3.3871E-02
4	-3.0405E-01	5.9679E-01	-1.4628E-02	5.9832E-01	-1.3263E-01
3	2.2290E-02	1.7045E-01	5.4376E-01	-3.7098E-01	5.2182E-01
2	1.6696E-01	-1.7902E-01	6.0009E-02	-1.8443E-01	-7.5473E-01
1	2.1183E-01	-3.7007E-01	-5.1087E-01	3.4301E-01	3.8318E-01

Factor de distribucion D(i,k)					
Planta	Modo (6)	Modo (7)	Modo (8)	Modo (9)	Modo (10)
k					
10	-2.7888E-03	3.1836E-04	-1.1723E-05	1.2644E-06	-1.7506E-09
9	1.4227E-02	-2.5573E-03	1.6203E-04	-2.2589E-05	5.6381E-08
8	-8.5488E-02	2.5629E-02	-2.8936E-03	5.2666E-04	-2.3563E-06
7	1.0830E-01	-6.5463E-02	1.4667E-02	-3.5922E-03	3.0117E-05
6	9.8472E-03	1.0496E-01	-6.3913E-02	2.2263E-02	-3.7236E-04
5	-4.1569E-02	-2.3589E-04	7.8756E-02	-4.4681E-02	1.7072E-03
4	-4.5343E-02	-1.0503E-01	2.1658E-03	4.6725E-02	-6.6852E-03
3	3.3241E-03	-2.9996E-02	-8.0509E-02	-2.8971E-02	2.6302E-02
2	2.4899E-02	3.1505E-02	-8.8850E-03	-1.4403E-02	-3.8042E-02
1	3.1590E-02	6.5127E-02	7.5640E-02	2.6787E-02	1.9314E-02

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
i	-	t*s2/cm	t*s2/cm	%	%	(cm)
1	2.472	6.112	6.112	67.784	67.784	2225.830
2	1.371	1.879	7.991	20.842	88.625	746.791
3	0.787	0.619	8.610	6.865	95.491	117.773
4	-0.329	0.108	8.718	1.198	96.688	-339.740
5	-0.464	0.215	8.933	2.383	99.071	-132.076
6	0.149	0.022	8.955	0.247	99.318	-473.025
7	-0.176	0.031	8.986	0.344	99.661	-116.389
8	-0.148	0.022	9.008	0.243	99.904	-877.747
9	0.078	0.006	9.014	0.068	99.972	-539.135
10	0.050	0.003	9.016	0.028	100.000	186.353

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: d(i,k)=L(j)* B(i,k)
L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = L(i)^2
Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
Por(i) = Porcentage de participacion modal del modo i
Pora(i) = Porcc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i) = Altura modal efectiva = Suma(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : Vbi=M*(i) * Ad(i) ; Mbi=Vbi * H*(i) coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

	Norma = 0

ANALISIS SISMICO SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE (NCSE-02)

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (cm/s2)	ab = 0.070 g	= 68.600
Aceleracion de la gravedad (cm/s2)	g	= 980.000
Coeficiente de contribucion (Mapa sismico)	K	= 1.100
Coeficiente de riesgo de la estructura	ro	= 1.000
Lo que implica una vida util (anos)	vida	= 50.00
Factor de amplificacion del terreno S=S(ro,C)	S	= 1.040
Coeficiente del terreno	C	= 1.300
Aceleracion sismica de calculo (cm/s2)	ac = 0.073 g	= 71.344
Porcentage de amortiguamiento de la estructura	Q	= 5.000
Coeficiente de amortiguamiento v = (5/Q)^0.4	v	= 1.000
Ductilidad de la estructura	mu	= 4.000

Coeficiente de respuesta de la estructura Beta = $v/\mu = 0.250$

DEFINICION DEL ESPECTRO DE RESPUESTA

Opciones de espectro elastico (Esp=0) o simplificado (Esp=1) :

- Esp=0 : Espectro de respuesta elastica de 3 tramos (art.2.3 NCSE-02) :
----- Puntos y tramos del espectro de respuesta T - alfa(T) :
Punto O : T0 = 0.000 seg. alfa(T0) = 1.00
Punto A : TA = K*C/10 ... = 0.143 seg. alfa(TA) = 2.50
Punto B : TB = K*C/2.5 ... = 0.572 seg. alfa(TB) = 2.50

Tramo lineal O-A de periodos bajos. (T<TA)
Tramo constante o meseta A-B de periodos medios. (TA<=T<TB)
Tramo hiperbolico K*C/T de periodos altos. (T>TB)

- Esp=1 : Espectro de 2 tramos (NCSE-02.3.7.3),prolongando la meseta hasta
----- T=0 lo que da seguridad para periodos bajos T<TA. (NCSE-02.3.7.3)

Espectro adoptado Esp = 0

ACELERACIONES ESPECTRALES DE DISEYO

Periodo fundamental de la estructura es (seg) TF = 0.769
0.75 <TF<1.25 s -> estructura esbelta -> son necesarios mas de 2 modos:
Numero de modos considerados Nmod =10

Modo i	T(i) seg.	Q(i) %	v(i) -	$\mu(i)$ -	Beta(i) -	alfa(i) -	ac (cm/s2)	Ad(i) (cm/s2)
1	0.769	5.000	1.000	4.000	0.250	1.859	71.344	33.155
2	0.374	5.000	1.000	4.000	0.250	2.500	71.344	44.590
3	0.225	5.000	1.000	4.000	0.250	2.500	71.344	44.590
4	0.174	5.000	1.000	4.000	0.250	2.500	71.344	44.590
5	0.144	5.000	1.000	4.000	0.250	2.500	71.344	44.590
6	0.105	5.000	1.000	3.204	0.312	2.102	71.344	46.805
7	0.086	5.000	1.000	2.812	0.356	1.906	71.344	48.360
8	0.067	5.000	1.000	2.414	0.414	1.707	71.344	50.448
9	0.060	5.000	1.000	2.253	0.444	1.627	71.344	51.502
10	0.045	5.000	1.000	1.953	0.512	1.476	71.344	53.939

Periodo del modo de vibracion T(i)
Porcentaje de amortiguamiento asignado al modo i Q(i)
Coeficiente de amortiguamiento del modo i $v(i) = (5/Q(i))^{0.4}$
Ductilidad modo i : $\mu(i) = \mu$; Para T(i)<TA $\mu(i) = 1+(\mu-1)*T(i)/TA$
Coeficiente de respuesta del modo i Beta(i) = v(i) / $\mu(i)$
Coordenada espectral correspondiente al modo i alfa(i)
Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ac = S * ro * ab
Aceleracion de diseno del modo i (cm/s2) ... Ad(i) = alfa(i)*Beta(i)*ac

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (cm/s2)

	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
Base	3.3155E+01	4.4590E+01	4.4590E+01	4.4590E+01	4.4590E+01
	Modo 6	Modo 7	Modo 8	Modo 9	Modo10
Base	4.6805E+01	4.8360E+01	5.0448E+01	5.1502E+01	5.3939E+01

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (cm/s2)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
-------------	--------	--------	--------	--------	--------

10	5.4491E+01	-4.0150E+01	1.8512E+01	-9.3341E+00	2.3879E+00
9	4.8289E+01	-2.0830E+01	-6.0236E+00	1.1341E+01	-5.3678E+00
8	3.4697E+01	1.1968E+01	-1.9823E+01	-1.7639E+00	1.0320E+01
7	2.8690E+01	1.9858E+01	-1.2839E+01	-4.2225E+00	8.0370E-01
6	2.1239E+01	2.3521E+01	1.6706E+00	-2.5447E+00	-9.8673E+00
5	1.7741E+01	2.2933E+01	7.2052E+00	-8.1707E-01	-8.3226E+00
4	1.3864E+01	2.0271E+01	1.0946E+01	1.2505E+00	-1.7004E+00
3	9.6874E+00	1.5761E+01	1.1937E+01	2.7931E+00	5.9686E+00
2	7.5703E+00	1.2877E+01	1.0936E+01	2.9589E+00	7.8557E+00
1	5.3688E+00	9.3865E+00	8.5160E+00	2.4827E+00	7.2432E+00

Planta k	Modo 6	Modo 7	Modo 8	Modo 9	Modo10
10	-1.3053E-01	1.5396E-02	-5.9140E-04	6.5121E-05	-9.4428E-08
9	6.6590E-01	-1.2367E-01	8.1741E-03	-1.1634E-03	3.0411E-06
8	-4.0012E+00	1.2394E+00	-1.4598E-01	2.7124E-02	-1.2710E-04
7	5.0689E+00	-3.1658E+00	7.3992E-01	-1.8501E-01	1.6245E-03
6	4.6090E-01	5.0756E+00	-3.2243E+00	1.1466E+00	-2.0085E-02
5	-1.9456E+00	-1.1407E-02	3.9731E+00	-2.3012E+00	9.2088E-02
4	-2.1223E+00	-5.0791E+00	1.0926E-01	2.4064E+00	-3.6059E-01
3	1.5558E-01	-1.4506E+00	-4.0615E+00	-1.4921E+00	1.4187E+00
2	1.1654E+00	1.5235E+00	-4.4823E-01	-7.4176E-01	-2.0520E+00
1	1.4786E+00	3.1495E+00	3.8159E+00	1.3796E+00	1.0418E+00

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
10	8.1684E-01	-1.4235E-01	2.3829E-02	-7.1895E-03	1.2544E-03
9	7.2387E-01	-7.3854E-02	-7.7539E-03	8.7354E-03	-2.8197E-03
8	5.2012E-01	4.2434E-02	-2.5518E-02	-1.3586E-03	5.4212E-03
7	4.3007E-01	7.0408E-02	-1.6528E-02	-3.2524E-03	4.2218E-04
6	3.1838E-01	8.3397E-02	2.1505E-03	-1.9601E-03	-5.1833E-03
5	2.6595E-01	8.1310E-02	9.2749E-03	-6.2934E-04	-4.3718E-03
4	2.0782E-01	7.1874E-02	1.4090E-02	9.6323E-04	-8.9322E-04
3	1.4522E-01	5.5882E-02	1.5366E-02	2.1514E-03	3.1353E-03
2	1.1348E-01	4.5658E-02	1.4078E-02	2.2791E-03	4.1266E-03
1	8.0481E-02	3.3281E-02	1.0962E-02	1.9123E-03	3.8049E-03

Planta k	Modo 6	Modo 7	Modo 8	Modo 9	Modo10
10	-3.6498E-05	2.9080E-06	-6.8077E-08	5.8887E-09	-4.9335E-12
9	1.8620E-04	-2.3359E-05	9.4093E-07	-1.0520E-07	1.5889E-10
8	-1.1188E-03	2.3410E-04	-1.6803E-05	2.4527E-06	-6.6403E-09
7	1.4174E-03	-5.9795E-04	8.5173E-05	-1.6730E-05	8.4875E-08
6	1.2888E-04	9.5869E-04	-3.7115E-04	1.0368E-04	-1.0494E-06
5	-5.4404E-04	-2.1546E-06	4.5734E-04	-2.0809E-04	4.8112E-06
4	-5.9343E-04	-9.5934E-04	1.2577E-05	2.1761E-04	-1.8840E-05
3	4.3504E-05	-2.7399E-04	-4.6752E-04	-1.3492E-04	7.4123E-05
2	3.2586E-04	2.8777E-04	-5.1596E-05	-6.7075E-05	-1.0721E-04
1	4.1344E-04	5.9488E-04	4.3925E-04	1.2475E-04	5.4430E-05

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
10	3.2673E+00	-5.6942E-01	9.5318E-02	-2.8758E-02	5.0176E-03
9	2.8955E+00	-2.9542E-01	-3.1015E-02	3.4942E-02	-1.1279E-02
8	2.0805E+00	1.6974E-01	-1.0207E-01	-5.4346E-03	2.1685E-02
7	1.7203E+00	2.8163E-01	-6.6110E-02	-1.3010E-02	1.6887E-03
6	1.2735E+00	3.3359E-01	8.6020E-03	-7.8403E-03	-2.0733E-02
5	1.0638E+00	3.2524E-01	3.7100E-02	-2.5174E-03	-1.7487E-02
4	8.3130E-01	2.8750E-01	5.6361E-02	3.8529E-03	-3.5729E-03
3	5.8088E-01	2.2353E-01	6.1463E-02	8.6056E-03	1.2541E-02
2	4.5393E-01	1.8263E-01	5.6312E-02	9.1165E-03	1.6506E-02
1	3.2192E-01	1.3312E-01	4.3849E-02	7.6492E-03	1.5220E-02

Planta k	Modo 6	Modo 7	Modo 8	Modo 9	Modo10
10	-1.1695E-04	8.1760E-06	-1.6435E-07	1.3270E-08	-9.6341E-12
9	5.9661E-04	-6.5676E-05	2.2716E-06	-2.3707E-07	3.1027E-10
8	-3.5849E-03	6.5820E-04	-4.0567E-05	5.5272E-06	-1.2967E-08
7	4.5415E-03	-1.6812E-03	2.0563E-04	-3.7700E-05	1.6574E-07
6	4.1294E-04	2.6954E-03	-8.9604E-04	2.3365E-04	-2.0492E-06
5	-1.7432E-03	-6.0579E-06	1.1041E-03	-4.6892E-04	9.3953E-06
4	-1.9015E-03	-2.6973E-03	3.0364E-05	4.9037E-04	-3.6790E-05
3	1.3940E-04	-7.7035E-04	-1.1287E-03	-3.0405E-04	1.4475E-04
2	1.0441E-03	8.0909E-04	-1.2456E-04	-1.5115E-04	-2.0935E-04
1	1.3247E-03	1.6726E-03	1.0605E-03	2.8113E-04	1.0629E-04

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (cm/cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
10	1.2396E-03	-9.1333E-04	4.2111E-04	-2.1233E-04	5.4321E-05
9	2.7167E-03	-1.5505E-03	2.3685E-04	1.3459E-04	-1.0988E-04
8	1.2006E-03	-3.7298E-04	-1.1987E-04	2.5250E-05	6.6654E-05
7	1.4892E-03	-1.7320E-04	-2.4904E-04	-1.7231E-05	7.4740E-05
6	6.9916E-04	2.7825E-05	-9.4992E-05	-1.7743E-05	-1.0819E-05
5	7.7497E-04	1.2582E-04	-6.4204E-05	-2.1234E-05	-4.6382E-05
4	8.3475E-04	2.1323E-04	-1.7006E-05	-1.5842E-05	-5.3714E-05
3	4.2315E-04	1.3633E-04	1.7170E-05	-1.7031E-06	-1.3217E-05
2	4.4002E-04	1.6503E-04	4.1543E-05	4.8911E-06	4.2895E-06
1	8.0481E-04	3.3281E-04	1.0962E-04	1.9123E-05	3.8049E-05

Planta k	Modo 6	Modo 7	Modo 8	Modo 9	Modo10
10	-2.3785E-06	2.4617E-07	-8.1199E-09	8.3445E-10	-1.0664E-12
9	1.3939E-05	-2.4129E-06	1.4280E-07	-1.9214E-08	4.4258E-11
8	-2.7088E-05	7.7980E-06	-8.2065E-07	1.4409E-07	-5.9570E-10
7	1.3762E-05	-1.4589E-05	3.6722E-06	-9.0449E-07	7.3830E-09
6	7.1871E-06	9.0050E-06	-6.6673E-06	2.3419E-06	-3.8148E-08
5	5.2753E-07	8.9707E-06	3.5792E-06	-3.1976E-06	1.5395E-07
4	-6.8028E-06	-6.4231E-06	3.8636E-06	2.6481E-06	-6.0512E-07
3	-3.0158E-06	-5.2648E-06	-3.3472E-06	-5.0965E-07	1.1803E-06
2	-9.3537E-07	-2.8782E-06	-3.9501E-06	-1.4409E-06	-1.0521E-06
1	3.3119E-06	4.1814E-06	2.6511E-06	7.0281E-07	2.6572E-07

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
10	3.4677E+01	-2.5550E+01	1.1781E+01	-5.9400E+00	1.5196E+00
9	4.1323E+01	-1.7825E+01	-5.1547E+00	9.7051E+00	-4.5935E+00
8	3.0147E+01	1.0399E+01	-1.7224E+01	-1.5326E+00	8.9671E+00
7	2.5520E+01	1.7664E+01	-1.1421E+01	-3.7559E+00	7.1489E-01
6	1.9251E+01	2.1319E+01	1.5142E+00	-2.3065E+00	-8.9435E+00
5	1.6364E+01	2.1152E+01	6.6457E+00	-7.5362E-01	-7.6763E+00
4	1.2904E+01	1.8868E+01	1.0188E+01	1.1639E+00	-1.5827E+00
3	9.2164E+00	1.4995E+01	1.1356E+01	2.6573E+00	5.6784E+00
2	7.5514E+00	1.2845E+01	1.0909E+01	2.9516E+00	7.8360E+00
1	5.6775E+00	9.9262E+00	9.0057E+00	2.6255E+00	7.6597E+00

Planta k	Modo 6	Modo 7	Modo 8	Modo 9	Modo10
10	-8.3066E-02	9.7975E-03	-3.7636E-04	4.1442E-05	-6.0092E-08
9	5.6984E-01	-1.0583E-01	6.9949E-03	-9.9556E-04	2.6024E-06
8	-3.4766E+00	1.0769E+00	-1.2683E-01	2.3567E-02	-1.1043E-04
7	4.5088E+00	-2.8159E+00	6.5816E-01	-1.6456E-01	1.4450E-03
6	4.1775E-01	4.6005E+00	-2.9224E+00	1.0393E+00	-1.8204E-02
5	-1.7945E+00	-1.0522E-02	3.6645E+00	-2.1225E+00	8.4937E-02
4	-1.9753E+00	-4.7274E+00	1.0169E-01	2.2398E+00	-3.3562E-01

3	1.4802E-01	-1.3801E+00	-3.8640E+00	-1.4195E+00	1.3497E+00
2	1.1625E+00	1.5197E+00	-4.4711E-01	-7.3991E-01	-2.0468E+00
1	1.5636E+00	3.3306E+00	4.0353E+00	1.4589E+00	1.1017E+00

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
10	3.4677E+01	-2.5550E+01	1.1781E+01	-5.9400E+00	1.5196E+00
9	7.6000E+01	-4.3376E+01	6.6259E+00	3.7651E+00	-3.0739E+00
8	1.0615E+02	-3.2977E+01	-1.0598E+01	2.2325E+00	5.8932E+00
7	1.3167E+02	-1.5313E+01	-2.2019E+01	-1.5235E+00	6.6081E+00
6	1.5092E+02	6.0062E+00	-2.0505E+01	-3.8299E+00	-2.3354E+00
5	1.6728E+02	2.7158E+01	-1.3859E+01	-4.5836E+00	-1.0012E+01
4	1.8018E+02	4.6026E+01	-3.6710E+00	-3.4196E+00	-1.1594E+01
3	1.8940E+02	6.1021E+01	7.6855E+00	-7.6230E-01	-5.9160E+00
2	1.9695E+02	7.3866E+01	1.8595E+01	2.1892E+00	1.9200E+00
1	2.0263E+02	8.3792E+01	2.7600E+01	4.8147E+00	9.5798E+00
Base	2.0263E+02	8.3792E+01	2.7600E+01	4.8147E+00	9.5798E+00

Planta k	Modo 6	Modo 7	Modo 8	Modo 9	Modo10
10	-8.3066E-02	9.7975E-03	-3.7636E-04	4.1442E-05	-6.0092E-08
9	4.8677E-01	-9.6033E-02	6.6186E-03	-9.5412E-04	2.5424E-06
8	-2.9898E+00	9.8088E-01	-1.2022E-01	2.2613E-02	-1.0789E-04
7	1.5189E+00	-1.8351E+00	5.3794E-01	-1.4195E-01	1.3371E-03
6	1.9367E+00	2.7654E+00	-2.3845E+00	8.9730E-01	-1.6867E-02
5	1.4215E-01	2.7549E+00	1.2801E+00	-1.2252E+00	6.8070E-02
4	-1.8331E+00	-1.9725E+00	1.3818E+00	1.0146E+00	-2.6755E-01
3	-1.6851E+00	-3.3526E+00	-2.4822E+00	-4.0492E-01	1.0822E+00
2	-5.2265E-01	-1.8328E+00	-2.9294E+00	-1.1448E+00	-9.6465E-01
1	1.0409E+00	1.4978E+00	1.1059E+00	3.1410E-01	1.3704E-01
Base	1.0409E+00	1.4978E+00	1.1059E+00	3.1410E-01	1.3704E-01

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
10	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
9	1.0403E+04	-7.6651E+03	3.5342E+03	-1.7820E+03	4.5589E+02
8	3.3203E+04	-2.0678E+04	5.5219E+03	-6.5248E+02	-4.6627E+02
7	6.5047E+04	-3.0571E+04	2.3425E+03	1.7263E+01	1.3017E+03
6	1.0455E+05	-3.5165E+04	-4.2632E+03	-4.3977E+02	3.2841E+03
5	1.4982E+05	-3.3363E+04	-1.0415E+04	-1.5888E+03	2.5835E+03
4	2.0001E+05	-2.5215E+04	-1.4572E+04	-2.9638E+03	-4.2004E+02
3	2.5406E+05	-1.1408E+04	-1.5674E+04	-3.9897E+03	-3.8984E+03
2	3.1088E+05	6.8986E+03	-1.3368E+04	-4.2184E+03	-5.6732E+03
1	3.6997E+05	2.9058E+04	-7.7895E+03	-3.5616E+03	-5.0972E+03
Base	4.5102E+05	6.2575E+04	3.2505E+03	-1.6357E+03	-1.2653E+03

Planta k	Modo 6	Modo 7	Modo 8	Modo 9	Modo10
10	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
9	-2.4920E+01	2.9393E+00	-1.1291E-01	1.2433E-02	-1.8028E-05
8	1.2111E+02	-2.5871E+01	1.8727E+00	-2.7380E-01	7.4468E-04
7	-7.7583E+02	2.6839E+02	-3.4192E+01	6.5102E+00	-3.1622E-02
6	-3.2015E+02	-2.8213E+02	1.2719E+02	-3.6075E+01	3.6951E-01
5	2.6086E+02	5.4749E+02	-5.8815E+02	2.3312E+02	-4.6907E+00
4	3.0351E+02	1.3740E+03	-2.0413E+02	-1.3444E+02	1.5730E+01
3	-2.4644E+02	7.8220E+02	2.1040E+02	1.6994E+02	-6.4536E+01
2	-7.5197E+02	-2.2357E+02	-5.3427E+02	4.8470E+01	2.6012E+02
1	-9.0877E+02	-7.7343E+02	-1.4131E+03	-2.9498E+02	-2.9278E+01
Base	-4.9239E+02	-1.7432E+02	-9.7071E+02	-1.6934E+02	2.5538E+01

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (cm/s ²)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
10	125.021	0.992	3.966	2.843	79.56	79.56	0
9	92.650	0.817	3.269	4.765	79.29	133.43	23868
8	83.986	0.596	2.384	1.821	72.97	161.96	60671
7	75.575	0.523	2.089	2.036	67.22	181.17	100364
6	68.771	0.413	1.649	0.876	62.33	191.59	148465
5	65.342	0.363	1.449	1.049	60.27	228.36	199407
4	58.110	0.297	1.188	1.155	54.09	251.37	245210
3	54.725	0.223	0.890	0.605	52.06	273.79	290505
2	48.130	0.180	0.721	0.666	48.01	300.92	342859
1	43.863	0.132	0.526	1.316	46.38	332.51	418895
Base	-	-	-	x1000	-	332.51	521580

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (cm/s ²)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
10	70.829	0.830	3.318	1.611	45.07	45.07	0
9	54.405	0.728	2.911	3.142	46.56	87.89	13522
8	43.212	0.522	2.090	1.265	37.55	111.88	39512
7	37.909	0.436	1.745	1.522	33.72	134.56	71927
6	33.892	0.329	1.317	0.707	30.72	152.55	110436
5	31.423	0.278	1.113	0.789	28.98	170.42	153877
4	27.634	0.220	0.881	0.864	25.72	186.43	202143
3	23.474	0.156	0.626	0.445	22.33	199.28	254863
2	20.539	0.123	0.493	0.472	20.49	211.22	311328
1	16.665	0.088	0.352	0.879	17.62	221.27	371247
Base	-	-	-	x1000	-	221.27	455359

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (cm/s ²)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
10	69.685	0.827	3.308	1.585	44.35	44.35	0
9	53.739	0.726	2.906	3.115	45.99	87.15	13304
8	42.853	0.523	2.092	1.259	37.23	111.36	39126
7	37.888	0.437	1.749	1.518	33.70	134.26	71429
6	34.069	0.331	1.322	0.707	30.88	152.58	109888
5	31.613	0.280	1.119	0.791	29.16	170.81	153357
4	28.147	0.222	0.887	0.867	26.20	187.14	201740
3	24.474	0.158	0.631	0.448	23.28	200.35	254659
2	21.663	0.124	0.497	0.475	21.61	212.76	311395
1	18.044	0.089	0.355	0.887	19.08	223.35	371676
Base	-	-	-	x1000	-	223.35	456427

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (cm/s²)

ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s²)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k

u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (cm)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k

ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (toneladas)

Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):

V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :
M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N
M(i,0) = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)

-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r =raiz (suma de ri^2)

-CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*j*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
Las respuestas F(k),V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplificado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplicandolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

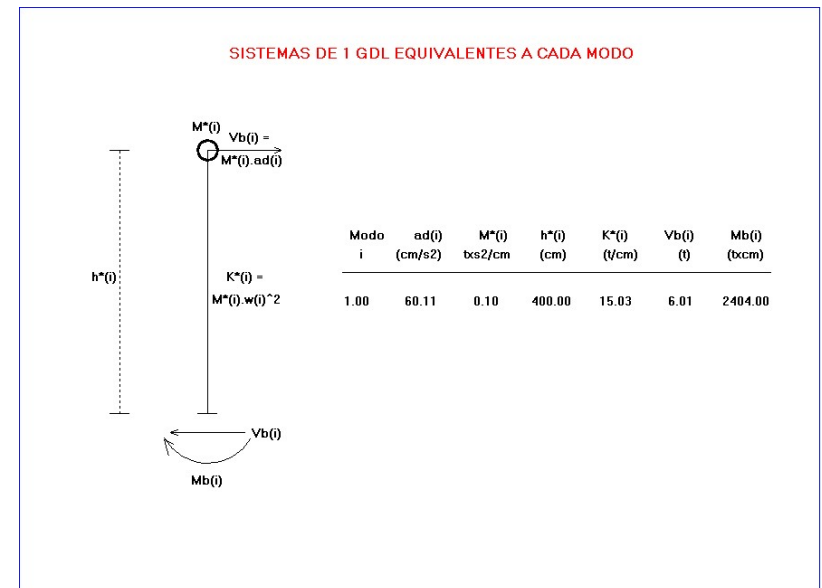
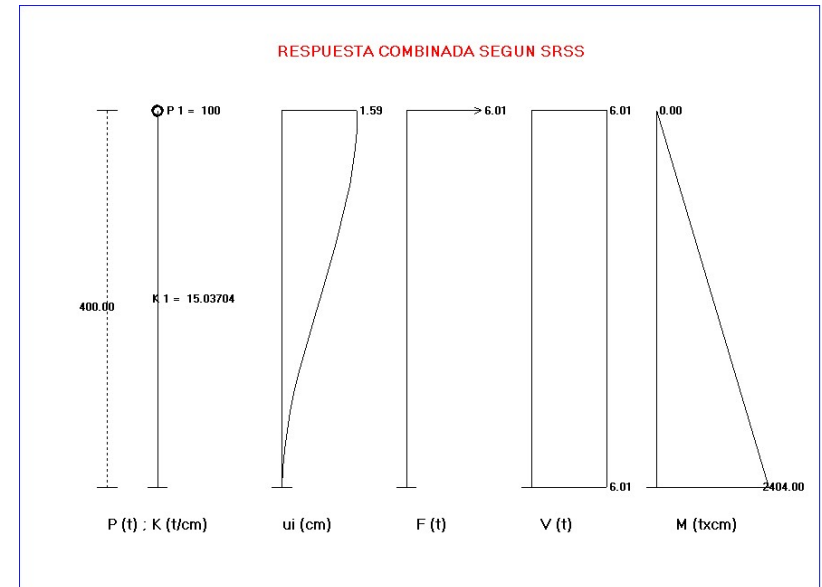
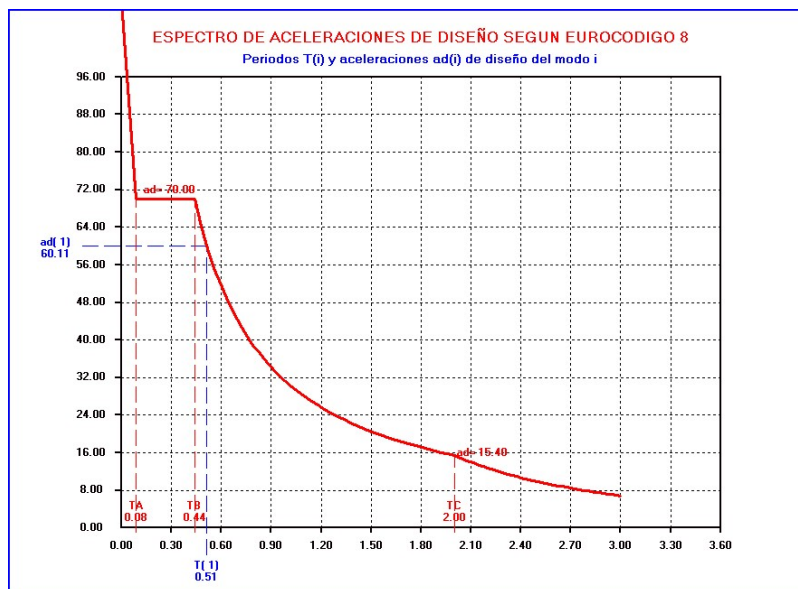
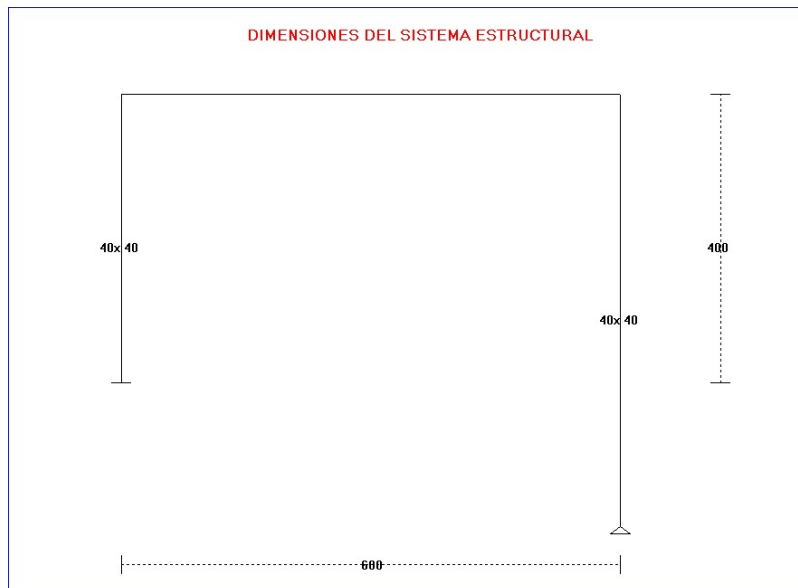
COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (cm/s ²)	M*(i) t*s ² /cm	H*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (txcm)
1	33.155	6.1116	2225.830	407.703	202.630	451021
2	44.590	1.8792	746.791	530.002	83.792	62575
3	44.590	0.6190	117.773	480.851	27.600	3251
4	44.590	0.1080	-339.740	140.185	4.815	-1636
5	44.590	0.2148	-132.076	408.988	9.580	-1265
6	46.805	0.0222	-473.025	79.537	1.041	-492
7	48.360	0.0310	-116.389	163.973	1.498	-174
8	50.448	0.0219	-877.747	190.442	1.106	-971
9	51.502	0.0061	-539.135	67.444	0.314	-169
10	53.939	0.0025	186.353	48.628	0.137	26
ABSSUM	-	-	-	-	332.513	521580
SRSS	-	-	-	-	221.273	455359
CQC	-	-	-	-	223.354	456427

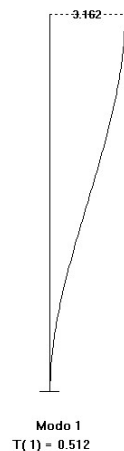
Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sistema estructural completo.

K*(i) = w(i)^2*M*(i) ; Vb(i) = M*(i)*ad(i) ; Mb(i) = Vb(i)*H*(i)

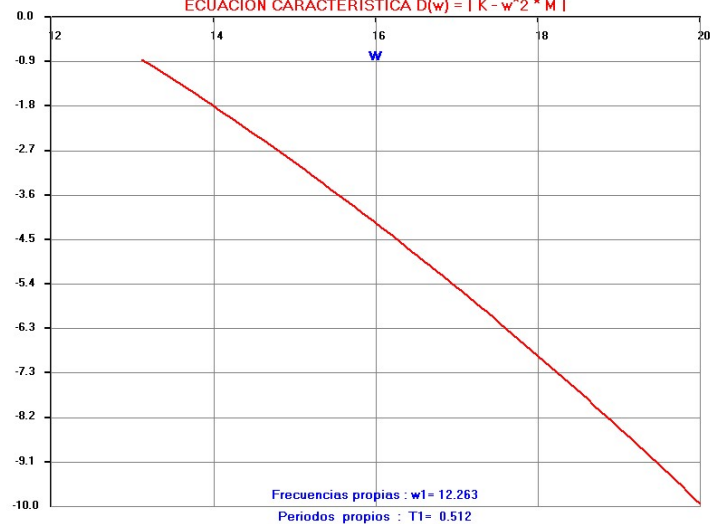
Ejemplo 9.- Pórtico escalonado de 1 vano definido por escuadrias (irig=1)



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = |K - w^2 \cdot M|$



```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"          =====          "
"                                     "
"          ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION          "
"                                     "
"          Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras          "
"                                     "
"          Version 1                      Fecha : 11/01/2025          "
"                                     "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025          "
"                                     "
"          E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander          "
"                                     "
"          =====
  
```

```

=====
"                                     "
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA          "
"          =====          "
"                                     "
"          Proyecto : EJEMPLO N°9          "
"                                     "
"          Referencia : MANUAL          "
"                                     "
"          Fecha de calculo : 13-12-2024          "
"                                     "
"          =====
  
```

Portico escalonado de 1 vano definido por escuadrias (irig=1)

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 1
Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 2
Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 1

Altura de pilares inferiores escalonada = h(1)+dh(i) Nesc = 1
Altura (h(1)= 400cm) y sobrealturas de los pilares inferiores :
Pilar inferior 1: h(1) + Sobrealtura dh(1)= 0 : hz(1)+dh(1) = 400
Pilar inferior 2: h(1) + Sobrealtura dh(2)= 200 : hz(1)+dh(2) = 600

El pilar 2 inferior esta articulado a la base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 0
Modulo elastico (t/cm2) E = 350.00
Aceleracion de la gravedad (cm/s2) g = 1000.00
Generacion de rigideces a partir de escuadrias bx/by Irig = 1

Secciones bx (cm) x by (cm) de pilares y/o muros
=====


```

          Columna
Planta   1       2
-----
      1   40x40  40x40

Coeficientes de rigidez de las columnas de cada planta
=====

      Coe1 * Elas * Iner * Coe2 * h^3 / NY / Kl
Coe1 = coef.de cimentacion 12 o 3 ; Coe2 = coef.de cortante <=1
Para el reparto de fuerzas de inercia, cortantes y momentos totales

```

```

          Columna
Planta   1       2
-----
      1   0.931  0.069

MODELO SIMPLIFICADO DE EDIFICIO DE CORTANTE (MOD=0)

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl
=====

Planta   h(i)    Cota(i)    P(i)    M(i)    Kl(i)
  i      (cm)    (cm)      (t)    (t*s/cm2)  (t/cm)
-----
      1   400.00  400.00   100.000  0.1000  15.04

```

```

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(1x1)
=====

6.6502E-02

```

```

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(1x1)
=====

1.5037E+01

```

```

MATRIZ DE MASAS M(1x1)
=====

1.0000E-01

```

De la ecuacion característica $|K - \omega^2 M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibración que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez K_n y de masas M_n :

-Matriz masas modal (diagonal ortonormal): $M_n = \text{Suma } M(i,i) * B(i,n)^2 = 1$

-Matriz de rigidez modal (diagonal): $K_n = tB^*K*B$ = $\omega(n)^2$

PERIODOS $T(i)$, FRECUENCIAS $f(i)$, $\omega(i)$ Y MODOS DE VIBRACION $B(i,k)$

=====

```

T ( 1)
5.1239E-01

f ( 1)
1.9516E+00

w ( 1)
1.2263E+01

w^2 ( 1)
1.5037E+02

```

```

Componente modal B(i,k)
Planta   Modo ( 1)
      k
      1   3.1623E+00

Factor de distribucion D(i,k)
Planta   Modo ( 1)
      k
      1   1.0000E+00

```

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

=====

Modo i	L(i) -	M*(i) t*s2/cm	Ma*(i) t*s2/cm	Por(i) %	Pora(i) %	H*(i) (cm)
1	0.316	0.100	0.100	100.000	100.000	400.000

$B(i,k)$ = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k

$d(i,k)$ = Factor distribucion planta k modo i: $d(i,k) = L(j) * B(i,k)$

$L(i)$ = Coef. de participacion del modo i = suma $B(i,k) * M(k,k)$

$M(k,k)$ = Masa de la planta k = Peso $P(k)/g$.

$M^*(i)$ = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$

$Ma^*(i)$ = Suma acumulada de $M^*(i)$ desde modo i=1 hasta modo i=i

$Por(i)$ = Porcentage de participacion modal del modo i

$Pora(i)$ = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i

$H^*(i)$ = Altura modal efectiva = Suma $(cota(j) * M(j,j) * B(i,j)) / L(i)$

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa $M^*(i)$ y altura $H^*(i)$, cuyo cortante y momento en la base : $Vbi = M^*(i) * Ad(i)$; $Mbi = Vbi * H^*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.

$Ad(i)$ es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

	Norma = 2

ANALISIS SISMICO SEGUN EUROCODIGO 8

=====

INFORMACION SISMICA

```

Aceleracion sismica de referencia (cm/s2) ..... agR = 70.00
Aceleracion sismica de referencia (g) ..... agR/g = 0.070
Aceleracion de la gravedad (cm/s2) ..... g =1000.00
Factor de importancia de la estructura ..... YI = 1.000
Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ..... ag = YI * agR = 70.00
Aceleracion sismica de calculo (g) ..... ag/g = 0.070
Tipo de terreno (A=0,B=1,C=2,D=3) ..... Terreno = 2
Velocidad (m/s) de las ondas S en el terreno .. VS30 = (180+800)/2 = 270
Coeficiente C = (800/Vs,30)^0.465 = ..... C = 1.600
Coeficiente terreno : Como ag<=0.1g ---> ..... S = C = 1.600
Percentage de amortiguamiento de la estructura (%) ..... Q = 5.000

```

Factor corrector de amortiguamiento $\nu = (10/(5+Q))^{.5}$ $\nu = 1.000$
 Factor de comportamiento en acciones horizontales $q = 4.000$

ESPECTRO DE RESPUESTA ELASTICA HORIZONTAL

Espectro de aceleraciones $S_e(T)$ (cm/s²):

 $S_e(T) = a_g \cdot S \cdot (1+T/TB \cdot (2.5 \cdot \nu - 1)) = (112.00 + 1909.09 \cdot T)$ para $T \leq TB$
 $S_e(T) = 2.5 \cdot \nu \cdot S \cdot a_g = \dots = 280.00$ para $TB \leq T \leq TC$
 $S_e(T) = 2.5 \cdot \nu \cdot TC / T \cdot S \cdot a_g = \dots = 123.20 / T$ para $TC \leq T \leq TD$
 $S_e(T) = 2.5 \cdot \nu \cdot TC \cdot TD / T^2 \cdot S \cdot a_g = 246.40 / T^2$ para $TD \leq T$
 con $TB = 0.088$ $TC = 0.440$ $TD = 2.000$ para sismo horizontal

Espectro de desplazamientos $S_d(T)$:

 $S_d(T) = S_e(T) \cdot (T/6.28)^2 \cdot g$ para ν , TB , TC , TD
 Velocidad maxima del terreno $V_g = 0.2 \cdot S \cdot TC \cdot a_g$ $V_g = 9.856$
 Desplazamiento maximo del terreno $d_g = 0.025 \cdot S \cdot TC \cdot TD \cdot a_g$ $d_g = 2.464$

ESPECTRO DE DISEÑO ELASTICO HORIZONTAL

Espectro de aceleraciones $S_d(T)$ (cm/s²):

 $S_d(T) = a_g \cdot S \cdot (2/3 + T/TB \cdot (2.5/q - 2/3)) = (74.67 + -53.0 \cdot T)$ para $T \leq TB$
 $S_d(T) = 2.5/q \cdot S \cdot a_g = \dots = 70.00$ para $TB \leq T \leq TC$
 $S_d(T) = 2.5/q \cdot TC / T \cdot S \cdot a_g \geq 0.2 \cdot a_g = 30.80 / T$ para $TC \leq T \leq TD$
 $S_d(T) = 2.5/q \cdot TC \cdot TD / T^2 \cdot S \cdot a_g \geq 0.2 \cdot a_g = 61.60 / T^2$ para $TD \leq T$
 con $TB = 0.088$ $TC = 0.440$ $TD = 2.000$ para sismo horizontal

Valores modales elasticos y de diseno

Modo (i)	T(i) (s)	$S_e(T)$ (cm/s ²)	$S_d(T)$ (cm)	$S_d(T)$ (cm/s ²)	$S_d(T)$ (cm)
1	0.512	240.44	1.60	60.11	0.40

$T = T(i)$ = Periodo propio de vibracion del modo i-simo.
 $S_e(T)$ = Aceleracion horizontal de respuesta para el periodo .. $T = T(i)$
 $S_d(T)$ = Desplazamiento horizontal de respuesta para el periodo $T = T(i)$
 $S_d(T)$ = Aceleracion horizontal de diseno para el periodo $T = T(i)$
 $S_d(T)$ = Desplazamiento horizontal de diseno para el periodo ... $T = T(i)$

R E S P U E S T A M O D A L

 Aceleraciones espectrales de diseno $a_d(i)$ (cm/s²)

Modo 1
 Base 6.0111E+01

 Aceleraciones $a(i,k)$ (modo i ; planta k) (cm/s²)

Planta k
 1 6.0111E+01

Desplazamientos elasticos $u(i,k)$ (modo i;planta k) (cm)

Planta k
 1 3.9975E-01

Desplazamientos inelasticos $u_i(i,k)$ (modo i;planta k) (cm)

Planta k
 1 1.5990E+00

Derivas $du(i,k)$ (modo i ; planta k) (cm/cm)

Planta k
 1 3.9975E-03

Fuerzas $F(i,k)$ (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k
 1 6.0111E+00

Cortantes $V(i,k)$ (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k
 1 6.0111E+00
 Base 6.0111E+00

Momentos $M(i,k)$ (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

Planta k
 1 0.0000E+00
 Base 2.4044E+03

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	$a(k)$ (cm/s ²)	$u(k)$ (cm)	$u_i(k)$ (cm)	$du(k)$ cm/cm	$F(k)$ (t)	$V(k)$ (t)	$M(k)$ (t x cm)
1	60.111	0.400	1.599	3.998	6.01	6.01	0
Base	-	-	-	x1000	-	6.01	2404

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	$a(k)$ (cm/s ²)	$u(k)$ (cm)	$u_i(k)$ (cm)	$du(k)$ cm/cm	$F(k)$ (t)	$V(k)$ (t)	$M(k)$ (t x cm)
1	60.111	0.400	1.599	3.998	6.01	6.01	0
Base	-	-	-	x1000	-	6.01	2404

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	$a(k)$ (cm/s ²)	$u(k)$ (cm)	$u_i(k)$ (cm)	$du(k)$ cm/cm	$F(k)$ (t)	$V(k)$ (t)	$M(k)$ (t x cm)
1	60.111	0.400	1.599	3.998	6.01	6.01	0
Base	-	-	-	x1000	-	6.01	2404

$a(i,k)$ = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :
 $a(i,k) = L(i) \cdot B(i,k) \cdot a_d(i)$ (cm/s²)
 $a_d(i)$ = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s²)
 $u(i,k)$ = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k

```

u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2          .....          (cm)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-
planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y
el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) .....          (toneladas)
Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):
V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N .....          Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :
M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N
M(i,0) = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

```

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)
 -SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r=raiz (suma de ri^2)
 -CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*rj)

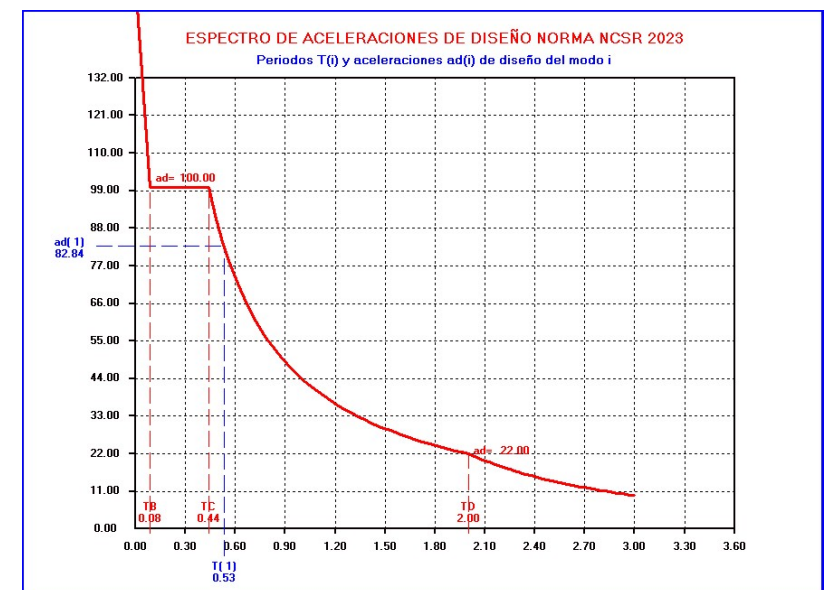
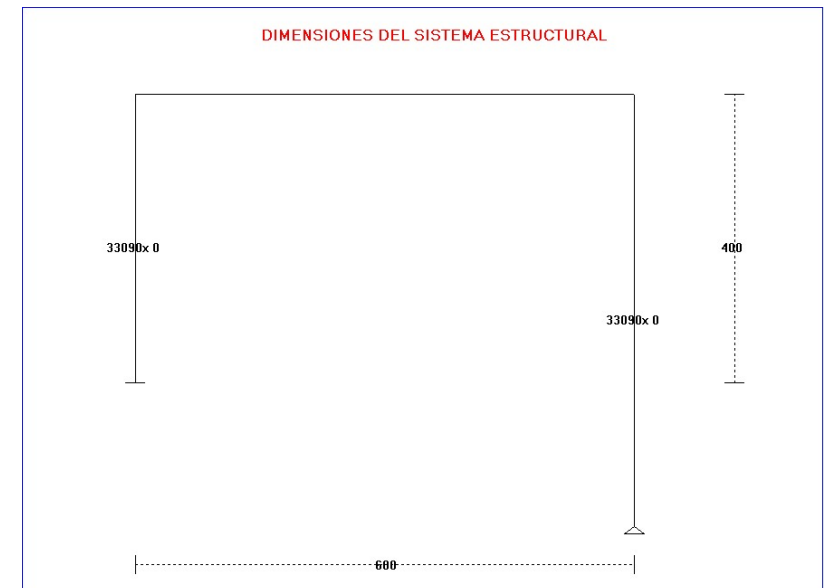
Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
 Las respuestas F(k),V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplifi-
 cado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplican-
 dolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

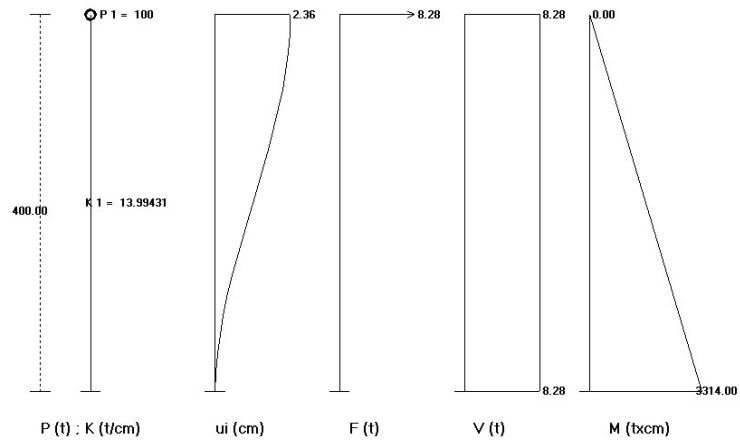
Modo i	ad(i) (cm/s2)	M*(i) t*s2/cm	H*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (txcm)
1	60.111	0.1000	400.000	15.037	6.011	2404
ABSSUM	-	-	-	-	6.011	2404
SRSS	-	-	-	-	6.011	2404
CQC	-	-	-	-	6.011	2404

Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sis-
 tema estructural completo.
 $K^*(i) = w(i)^2 \cdot M^*(i)$; $Vb(i) = M^*(i) \cdot ad(i)$; $Mb(i) = Vb(i) \cdot H^*(i)$

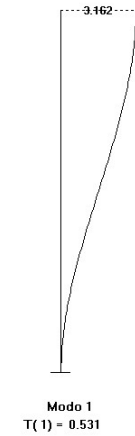
Ejemplo 10.- Pilares metalicos HEA360 definidos por sus inercias (irig=2)



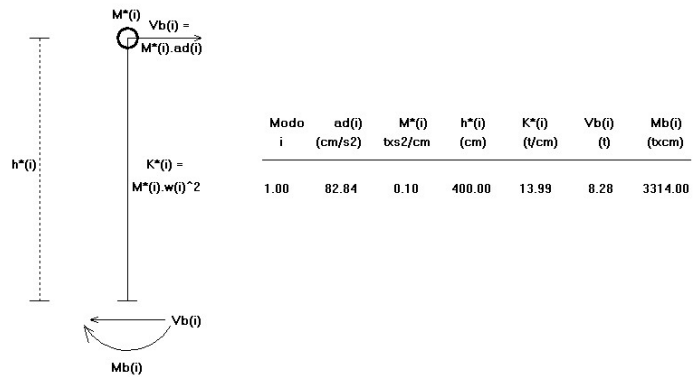
RESPUESTA COMBINADA SEGUN SRSS



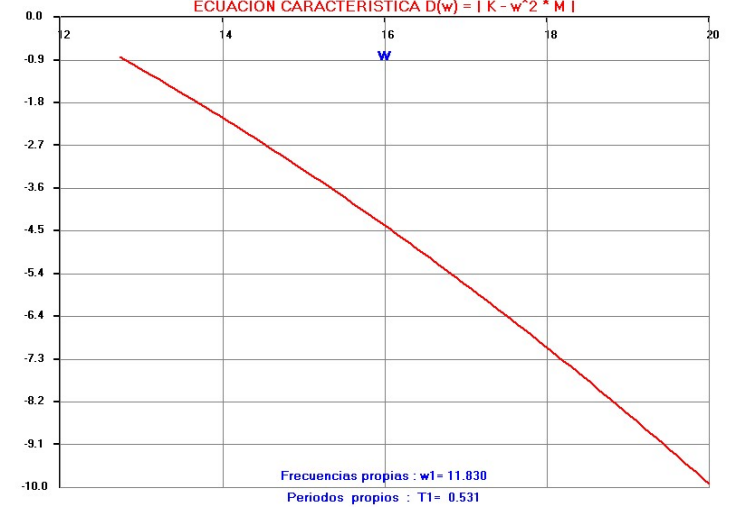
MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = I K - w^2 \cdot M I$



$w^2(1)$
 1.3994E+02

Componente modal B(i,k)
 Planta Modo (1)
 k
 1 3.1623E+00

Factor de distribucion D(i,k)
 Planta Modo (1)
 k
 1 1.0000E+00

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION
 =====

Modo	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
i	-	t*s2/cm	t*s2/cm	%	%	(cm)
1	0.316	0.100	0.100	100.000	100.000	400.000

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
 d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: d(i,k)=L(j)* B(i,k)
 L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
 M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
 M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = L(i)^2
 Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
 Por(i) = Porcentaje de participacion modal del modo i
 Pora(i) = Porcc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
 H*(i) = Altura modal efectiva = Suma(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : Vbi=M*(i) * Ad(i) ; Mbi=Vbi * H*(i) coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
 Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

	Norma = 1

ANALISIS SEGUN NORMA SISMICA NCSR 2023
 =====

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica de referencia (cm/s2) agR = 100.00
 Aceleracion sismica de referencia (g) agR/g = 0.100
 Aceleracion de la gravedad (cm/s2) g =1000.00
 Factor de importancia de la estructura YI = 1.000
 Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ag = YI * agR = 100.00
 Aceleracion sismica de calculo (g) ag/g = 0.100
 Tipo de terreno (A=0,B=1,C=2,D=3) Terreno = 2
 Velocidad (m/s) de las ondas S en el terreno .. VS30 = (180+800)/2 = 270
 Coeficiente C = (800/Vs,30)^0.465 = C = 1.600

Coeficiente terreno : Como ag<=0.1g ---> S = C = 1.600
 Porcentage de amortiguamiento de la estructura (%) Q = 5.000
 Factor corrector de amortiguamiento nu=(10/(5+Q))^0.5 nu = 1.000
 Factor de comportamiento en acciones horizontales q = 4.000

ESPECTRO DE RESPUESTA ELASTICA HORIZONTAL

Espectro de aceleraciones Se(T) (cm/s2):

Se(T) = ag*S*(1+T/TB*(2.5*nu-1)) = (160.00+ 2727.27*T) para T <= TB
 Se(T) = 2.5*nu*S*ag = = 400.00 para TB<= T <= TC
 Se(T) = 2.5*nu*TC/T*S*ag = ... = 176.00/T para TC<= T <= TD
 Se(T) = 2.5*nu*TC*TD/T^2*S*ag. = 352.00/T^2 para TD<= T
 con TB = 0.088 TC = 0.440 TD = 2.000 para sismo horizontal

Espectro de desplazamientos SDe(T) :

SDe(T) = Se(T) * (T/6.28)^2 * g para nu, TB, TC, TD
 Velocidad maxima del terreno Vg = 0.2*S*TC*ag Vg =14.080
 Desplazamiento maximo del terreno dg = 0.025*S*TC*TD*ag dg = 3.520

ESPECTRO DE DISENO ELASTICO HORIZONTAL

Espectro de aceleraciones Sd(T) (cm/s2):

Sd(T) = ag*S*(2/3+T/TB*(2.5/q-2/3)) = (106.67+ -75.8*T) para T <= TB
 Sd(T) = 2.5/q*S*ag = = 100.00 para TB<= T <= TC
 Sd(T) = 2.5/q*TC/T*S*ag >= 0.2*ag = 44.00/T para TC<= T <= TD
 Sd(T) = 2.5/q*TC*TD/T^2*S*ag >= 0.2*ag = 88.00/T^2 para TD<= T
 con TB = 0.088 TC = 0.440 TD = 2.000 para sismo horizontal

Valores modales elasticos y de diseno

Modo (i)	T(i) (s)	Se(T) (cm/s2)	SDe(T) (cm)	Sd(T) (cm/s2)	SDd(T) (cm)
1	0.531	331.37	2.37	82.84	0.59

T=T(i) = Periodo propio de vibracion del modo i-simo.
 Se(T) = Aceleracion horizontal de respuesta para el periodo .. T=T(i)
 SDe(T) = Desplazamiento horizontal de respuesta para el periodo T=T(i)
 Sd(T) = Aceleracion horizontal de diseno para el periodo T=T(i)
 SDd(T) = Desplazamiento horizontal de diseno para el periodo ... T=T(i)

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (cm/s2)

Modo 1
 Base 8.2842E+01

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (cm/s2)

Planta Modo 1
 k
 1 8.2842E+01

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta Modo 1

k
 1 5.9197E-01
 Desplazamientos inelasticos $u_i(i,k)$ (modo i ;planta k) (cm)

Planta Modo 1
 k
 1 2.3679E+00

Derivas $du(i,k)$ (modo i ; planta k) (cm/cm)

Planta Modo 1
 k
 1 5.9197E-03

Fuerzas $F(i,k)$ (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta Modo 1
 k
 1 8.2842E+00

Cortantes $V(i,k)$ (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta Modo 1
 k
 1 8.2842E+00
 Base 8.2842E+00

Momentos $M(i,k)$ (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

Planta Modo 1
 k
 1 0.0000E+00
 Base 3.3137E+03

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	$a(k)$ (cm/s ²)	$u(k)$ (cm)	$u_i(k)$ (cm)	$du(k)$ cm/cm	$F(k)$ (t)	$V(k)$ (t)	$M(k)$ (t x cm)
1	82.842	0.592	2.368	5.920	8.28	8.28	0
Base	-	-	-	x1000	-	8.28	3314

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	$a(k)$ (cm/s ²)	$u(k)$ (cm)	$u_i(k)$ (cm)	$du(k)$ cm/cm	$F(k)$ (t)	$V(k)$ (t)	$M(k)$ (t x cm)
1	82.842	0.592	2.368	5.920	8.28	8.28	0
Base	-	-	-	x1000	-	8.28	3314

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	$a(k)$ (cm/s ²)	$u(k)$ (cm)	$u_i(k)$ (cm)	$du(k)$ cm/cm	$F(k)$ (t)	$V(k)$ (t)	$M(k)$ (t x cm)
1	82.842	0.592	2.368	5.920	8.28	8.28	0
Base	-	-	-	x1000	-	8.28	3314

$a(i,k)$ = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :
 $a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i)$ (cm/s²)
 $ad(i)$ = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s²)

$u(i,k)$ = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k
 $u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2$ (cm)

$u_i(i,k)$ = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
 $u_i(i,k) = u(i,k) * \mu(i)$; $\mu(i)$ = Factor reductor por ductilidad

$du(i,k)$ = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entreplanta k en el modo i : $du(i,k) = (u_i(i,k) - u_i(i,k-1)) / h(k)$

$F(i,k)$ = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y el modo i : $F(i,k) = M(i) * a(i,k)$ (toneladas)
 Fuerzas sismicas amplificadas por excen. accidental = $1.3 * F(i,k)$

$V(i,k)$ = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):
 $V(i,k) = \text{Suma } F(i,j) \text{ desde } j=k \text{ hasta } N$ $V_{base} = V(i,0)$

$M(i,k)$ = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :
 $M(i,k) = \text{Suma } F(i,j) * (cota(j) - cota(k))$ desde $j=k$ hasta N
 $M(i,0)$ = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

Las variables modales anteriores (r_i), se combinan para todos los modos de vibracion ($i=1$ a N_{mod}) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

$a(k)$, $u(k)$, $u_i(k)$, $du(k)$, $F(k)$, $V(k)$, $M(k)$

Se utilizan tres tecnicas de combinación de respuestas r_i :
 -ABSSUM = Suma de valores absolutos $r = \text{suma de } |r_i|$ (No recomendada)
 -SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados $r = \text{raiz}(\text{suma de } r_i^2)$
 -CQC = Combinacion cuadratica completa $r = \text{raiz}(\text{suma de } r_i * r_{ij} * r_j)$

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
 Las respuestas $F(k)$, $V(k)$ y $M(k)$ de cada planta del modelo simplificado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplicandolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

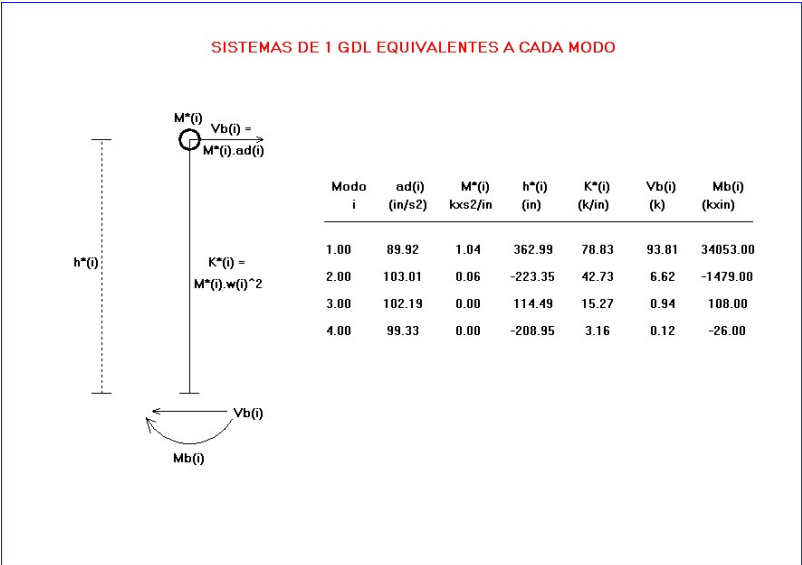
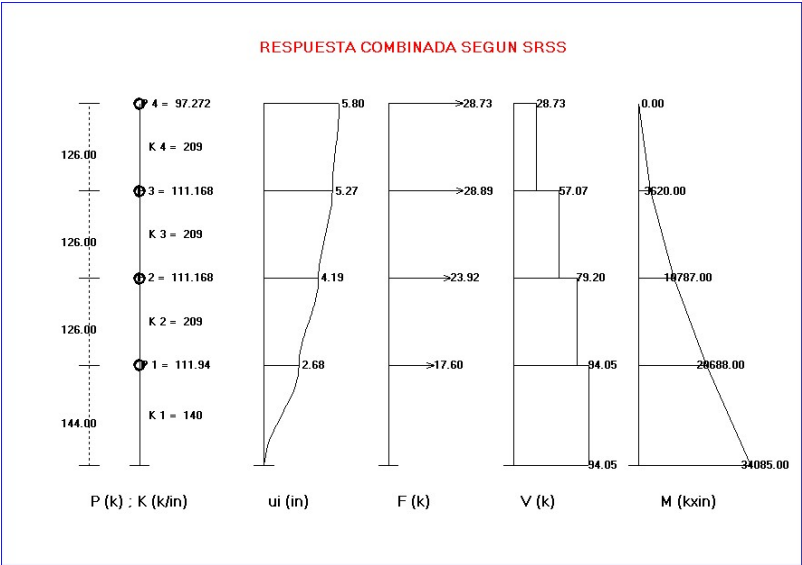
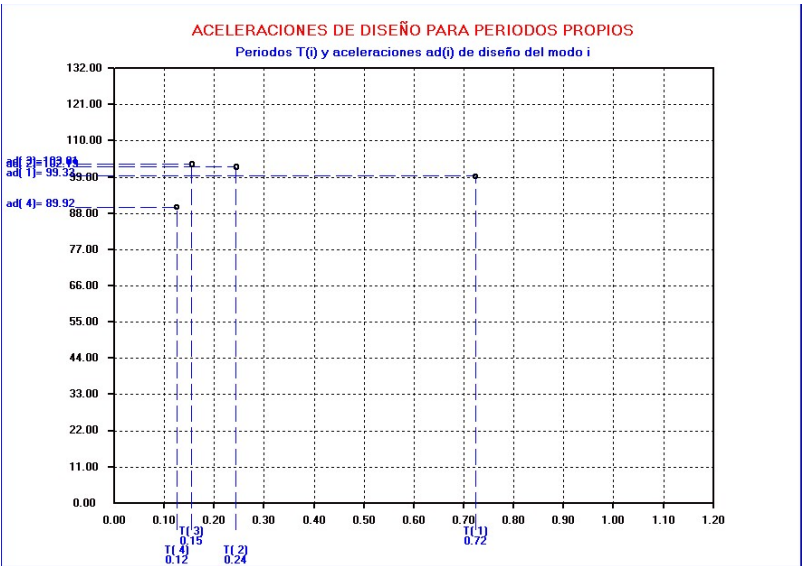
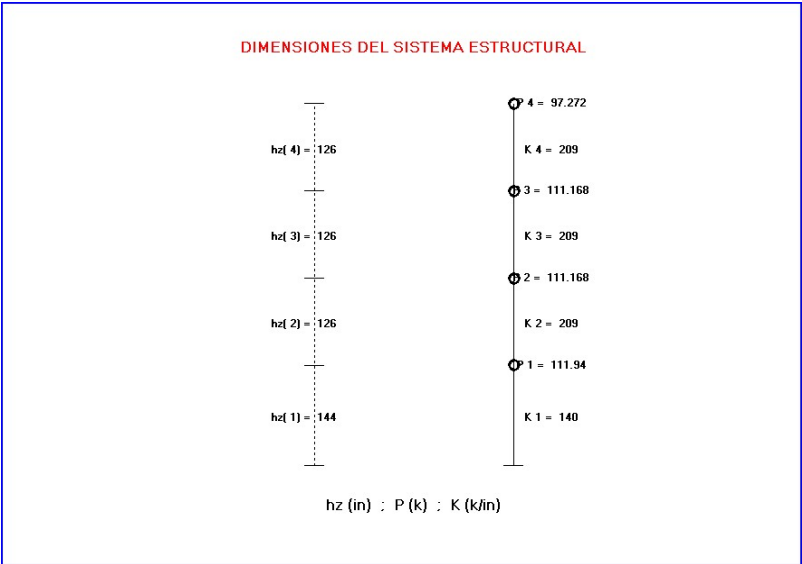
COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	$ad(i)$ (cm/s ²)	$M^*(i)$ t*s ² /cm	$H^*(i)$ (cm)	$K^*(i)$ (t/cm)	$V_b(i)$ (t)	$M_b(i)$ (txcm)
1	82.842	0.1000	400.000	13.994	8.284	3314
ABSSUM	-	-	-	-	8.284	3314
SRSS	-	-	-	-	8.284	3314
CQC	-	-	-	-	8.284	3314

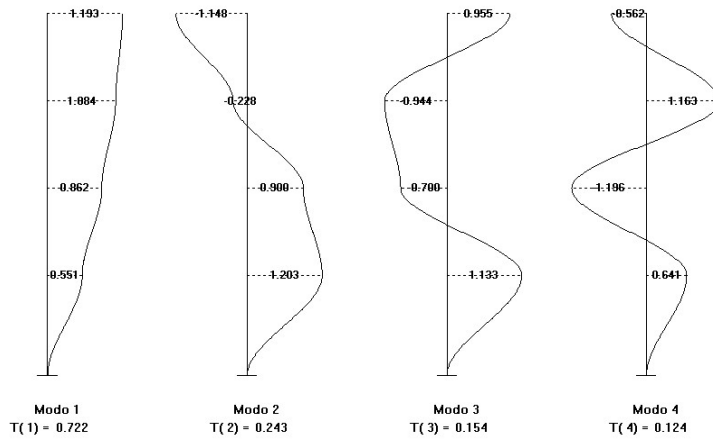
Para cada modo i , se realiza la comprobacion del cortante $V_b(i)$ y momento $M_b(i)$ en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa $M^*(i)$, rigidez $K^*(i)$ y de altura $H^*(i)$ - , equivalentes al sistema estructural completo.

$K^*(i) = w(i)^2 * M^*(i)$; $V_b(i) = M^*(i) * ad(i)$; $M_b(i) = V_b(i) * H^*(i)$

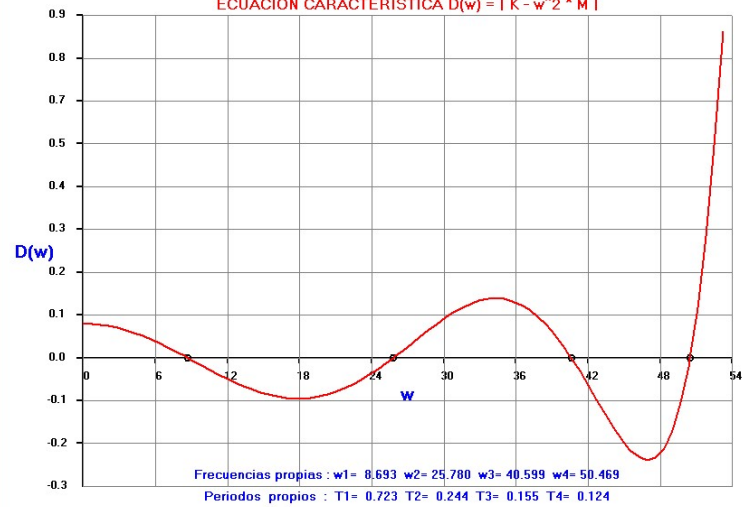
Ejemplo 11.- Ej.pag.108. Seismic Design Handbook de Anderson



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = |K - w^2 \cdot M|$



```

=====
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"=====
"
" ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION
"
" Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras
"
" Version 1                      Fecha : 11/01/2025
"
" Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025
"
" E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander
"
=====

```

```

=====
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA          "
"=====
"
" Proyecto : EJEMPLO N°11
"
" Referencia : MANUAL
"
" Fecha de calculo : 13-12-2024
"
=====

```

Ej.pag.108. Seismic Design Handbook de Anderson

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 1
Aceleracion de la gravedad (in/s²) g = 386.00
Definicion directa de rigideces laterales Irig = 0

MODELO SIMPLIFICADO DE EDIFICIO DE CORTANTE (MOD=0)

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl

Planta i	h(i) (in)	Cota(i) (in)	P(i) (k)	M(i) (k*s/in ²)	Kl(i) (k/in)
1	144.00	144.00	111.940	0.2900	140.00
2	126.00	270.00	111.168	0.2880	209.00
3	126.00	396.00	111.168	0.2880	209.00
4	126.00	522.00	97.272	0.2520	209.00

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(4x4)

=====

7.1429E-03	7.1429E-03	7.1429E-03	7.1429E-03
7.1429E-03	1.1928E-02	1.1928E-02	1.1928E-02
7.1429E-03	1.1928E-02	1.6712E-02	1.6712E-02
7.1429E-03	1.1928E-02	1.6712E-02	2.1497E-02

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(4x4)

3.4900E+02	-2.0900E+02	0.0000E+00	0.0000E+00
-2.0900E+02	4.1800E+02	-2.0900E+02	0.0000E+00
0.0000E+00	-2.0900E+02	4.1800E+02	-2.0900E+02
0.0000E+00	0.0000E+00	-2.0900E+02	2.0900E+02

MATRIZ DE MASAS M(4x4)

2.9000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	2.8800E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	2.8800E-01	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	2.5200E-01

De la ecuacion caracteristica $|K-w^2M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibracion que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez K_n y de masas M_n :
-Matriz masas modal (diagonal ortonormal): $M_n = \text{Suma } M(i,i) * B(i,n)^2 = 1$
-Matriz de rigidez modal (diagonal): $K_n = tB^*K*B$ = $w(n)^2$

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

T (1)	T (2)	T (3)	T (4)
7.2278E-01	2.4373E-01	1.5476E-01	1.2450E-01
f (1)	f (2)	f (3)	f (4)
1.3835E+00	4.1029E+00	6.4616E+00	8.0324E+00
w (1)	w (2)	w (3)	w (4)
8.6930E+00	2.5780E+01	4.0599E+01	5.0469E+01
w^2 (1)	w^2 (2)	w^2 (3)	w^2 (4)
7.5569E+01	6.6459E+02	1.6483E+03	2.5471E+03

Componente modal B(i,k)				
Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)	Modo (4)
4	1.1932E+00	-1.1471E+00	9.5559E-01	-5.6179E-01
3	1.0845E+00	-2.2790E-01	-9.4357E-01	1.1636E+00
2	8.6281E-01	9.0000E-01	-6.9958E-01	-1.1951E+00
1	5.5131E-01	1.2037E+00	1.1334E+00	6.4102E-01

Factor de distribucion D(i,k)				
Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)	Modo (4)
4	1.2187E+00	-2.9086E-01	9.1991E-02	-1.9793E-02
3	1.1076E+00	-5.7789E-02	-9.0833E-02	4.0996E-02
2	8.8124E-01	2.2821E-01	-6.7345E-02	-4.2108E-02
1	5.6310E-01	3.0521E-01	1.0911E-01	2.2585E-02

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo i	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
	-	k*s2/in	k*s2/in	%	%	(in)

1	1.021	1.043	1.043	93.309	93.309	362.991
2	0.254	0.064	1.107	5.751	99.060	-223.356
3	0.096	0.009	1.117	0.829	99.889	114.494
4	0.035	0.001	1.118	0.111	100.000	-208.952

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: $d(i,k)=L(j)*B(i,k)$
L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$
Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
Por(i) = Porcentaje de participacion modal del modo i
Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i) = Altura modal efectiva = $\text{Suma}(\text{cota}(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)$

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : $V_{bi}=M^*(i) * A_d(i)$; $M_{bi}=V_{bi} * H^*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9
	Norma = 8

Numero de modos considerados Nmod = 4

DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS PARA PERIODOS PROPIOS

Los desplazamientos maximos $d_{max}(i) * (in)$ se dan ya reducidos por ductilidad $\mu(i)$ y amortiguamiento $Q(i)$ (%) :
La ductilidad se da para pasar los desplazamientos elasticos a inelasticos. Los amortiguamientos se utilizan simplemente al calcular los coeficientes de correlacion en el metodo CQC.

Modo i	T (s)	w (rps)	Sd=dmax* (in)	Sv=Vmax (in/s)	Sa=ad (in/s2)	mu -	Q %
1	0.723	8.693	1.190	10.345	89.927	4.00	5.00
2	0.244	25.780	0.155	3.996	103.011	4.00	5.00
3	0.155	40.599	0.062	2.517	102.194	4.00	5.00
4	0.124	50.469	0.039	1.968	99.339	4.00	5.00

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (in/s2)

Base	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
	8.9927E+01	1.0301E+02	1.0219E+02	9.9339E+01

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (in/s2)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	1.0959E+02	-2.9962E+01	9.4009E+00	-1.9662E+00
3	9.9606E+01	-5.9529E+00	-9.2826E+00	4.0725E+00
2	7.9248E+01	2.3508E+01	-6.8823E+00	-4.1830E+00
1	5.0638E+01	3.1440E+01	1.1150E+01	2.2435E+00

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	1.4502E+00	-4.5084E-02	5.7034E-03	-7.7194E-04
3	1.3181E+00	-8.9572E-03	-5.6317E-03	1.5988E-03
2	1.0487E+00	3.5372E-02	-4.1754E-03	-1.6422E-03
1	6.7008E-01	4.7308E-02	6.7646E-03	8.8080E-04

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	5.8009E+00	-1.8034E-01	2.2814E-02	-3.0878E-03
3	5.2723E+00	-3.5829E-02	-2.2527E-02	6.3954E-03
2	4.1947E+00	1.4149E-01	-1.6702E-02	-6.5689E-03
1	2.6803E+00	1.8923E-01	2.7058E-02	3.5232E-03

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (in/in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	4.1949E-03	-1.1469E-03	3.5984E-04	-7.5263E-05
3	8.5522E-03	-1.4073E-03	-4.6230E-05	1.0289E-04
2	1.2019E-02	-3.7891E-04	-3.4730E-04	-8.0096E-05
1	1.8613E-02	1.3141E-03	1.8790E-04	2.4467E-05

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	2.7617E+01	-7.5505E+00	2.3690E+00	-4.9549E-01
3	2.8686E+01	-1.7144E+00	-2.6734E+00	1.1729E+00
2	2.2823E+01	6.7703E+00	-1.9821E+00	-1.2047E+00
1	1.4685E+01	9.1177E+00	3.2335E+00	6.5062E-01

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	2.7617E+01	-7.5505E+00	2.3690E+00	-4.9549E-01
3	5.6303E+01	-9.2649E+00	-3.0436E-01	6.7738E-01
2	7.9127E+01	-2.4946E+00	-2.2865E+00	-5.2731E-01
1	9.3812E+01	6.6231E+00	9.4704E-01	1.2331E-01
Base	9.3812E+01	6.6231E+00	9.4704E-01	1.2331E-01

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (Kips x in.)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4
4	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
3	3.4797E+03	-9.5136E+02	2.9850E+02	-6.2432E+01
2	1.0574E+04	-2.1187E+03	2.6015E+02	2.2918E+01
1	2.0544E+04	-2.4331E+03	-2.7944E+01	-4.3523E+01

Base 3.4053E+04 -1.4793E+03 1.0843E+02 -2.5766E+01

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
4	150.921	1.502	6.007	5.777	38.03	38.03	0
3	118.913	1.334	5.337	10.109	34.25	66.55	4792
2	113.821	1.090	4.359	12.825	32.78	84.44	12976
1	95.471	0.725	2.900	20.140	27.69	101.51	23048
Base	-	-	-	x1000	-	101.51	35666

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
4	114.018	1.451	5.804	4.364	28.73	28.73	0
3	100.297	1.318	5.272	8.668	28.89	57.07	3620
2	83.052	1.049	4.197	12.030	23.92	79.20	10787
1	60.680	0.672	2.687	18.661	17.60	94.05	20688
Base	-	-	-	x1000	-	94.05	34085

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
4	113.721	1.451	5.803	4.353	28.66	28.66	0
3	100.195	1.318	5.272	8.659	28.86	57.00	3611
2	83.126	1.050	4.198	12.028	23.94	79.18	10772
1	61.229	0.672	2.689	18.671	17.76	94.10	20672
Base	-	-	-	x1000	-	94.10	34075

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (in/s2)

ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (in/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k

u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (in)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k

ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entreplanta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (kilolibra)

Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (kips):

V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (Kips x in.) :

M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N

M(i,0) = Momento de vuelco en la base (Kips x in.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)

-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados $r = \text{raiz}(\text{suma de } r_i^2)$
 -CQC = Combinacion cuadratica completa $r = \text{raiz}(\text{suma de } r_i \cdot r_{ij} \cdot r_{jj})$

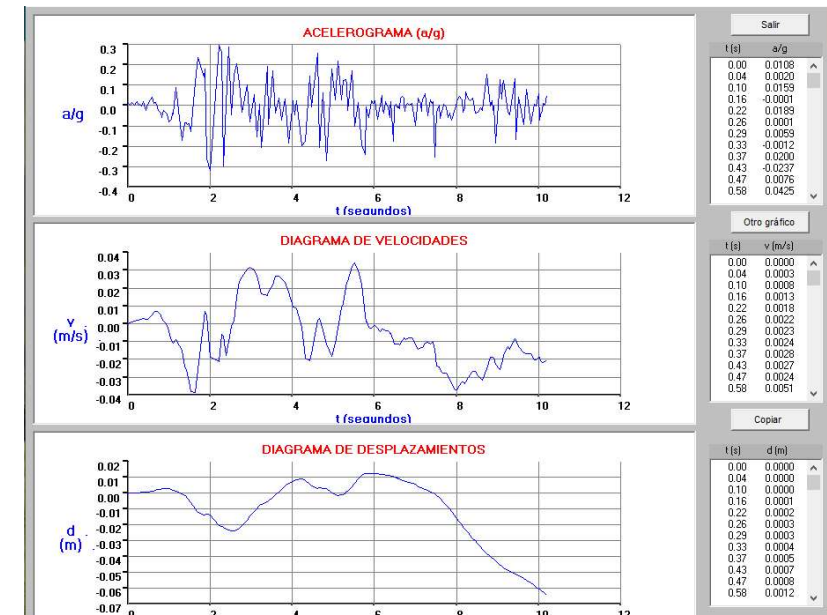
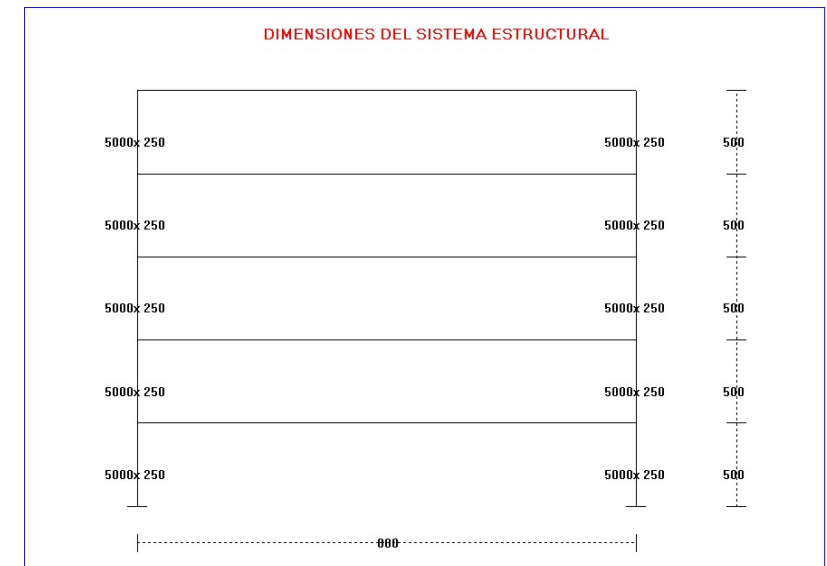
Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC

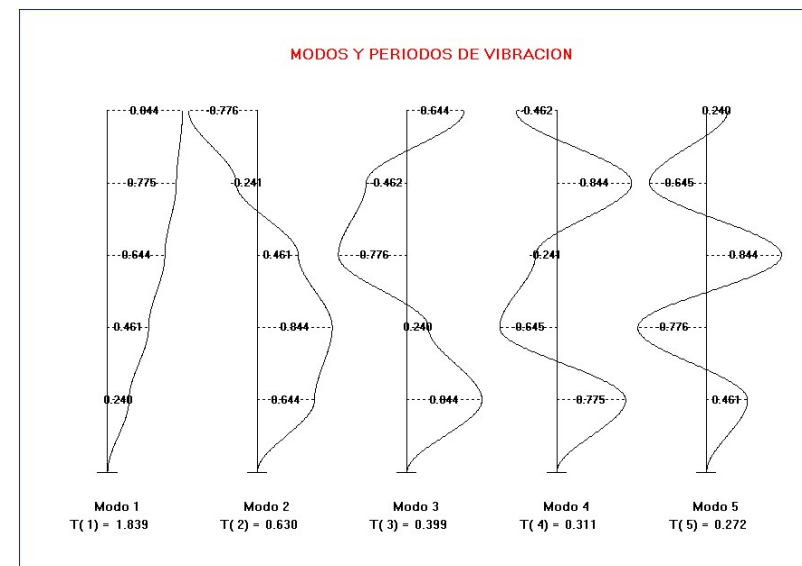
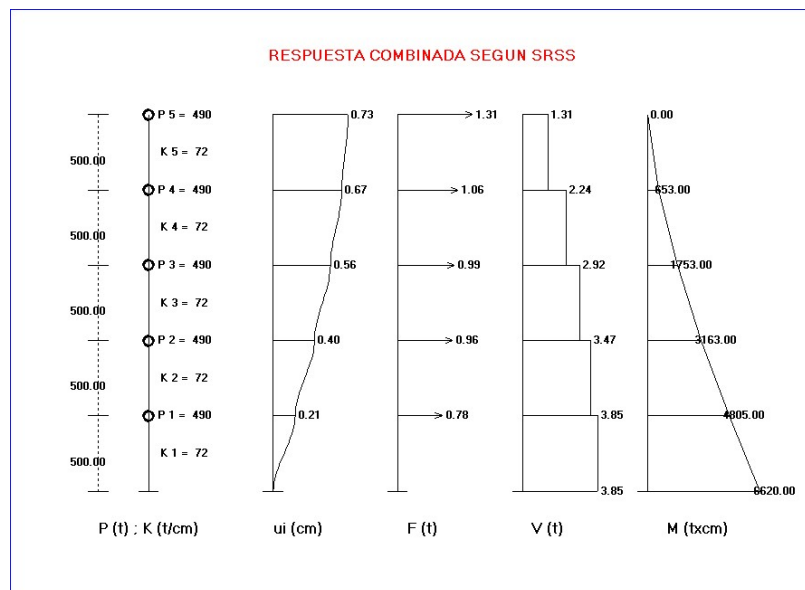
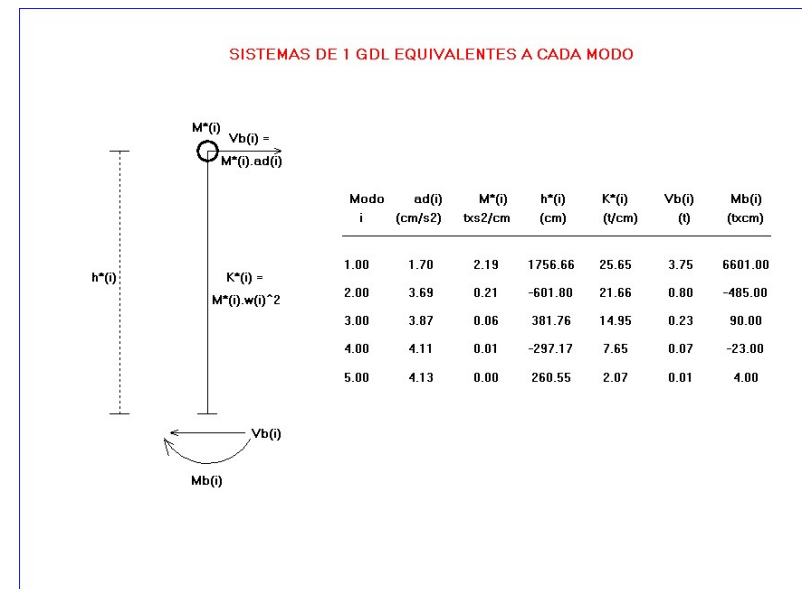
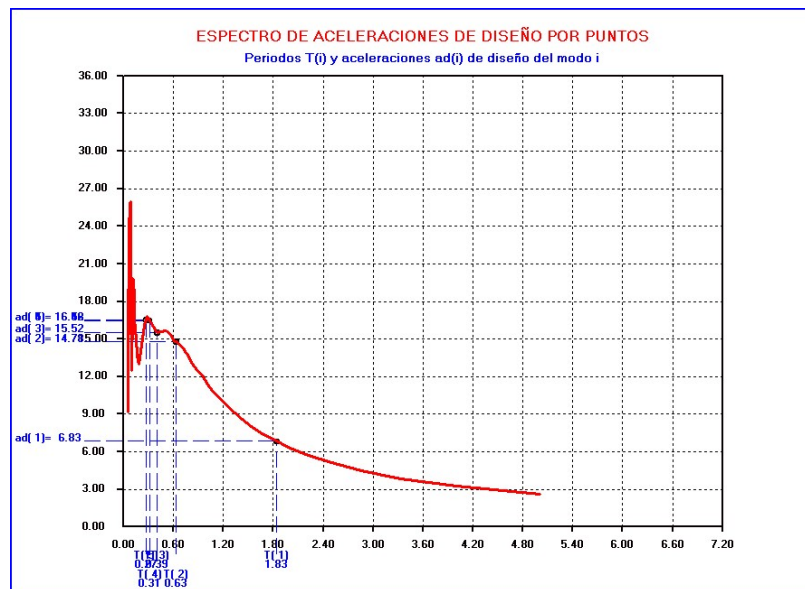
COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

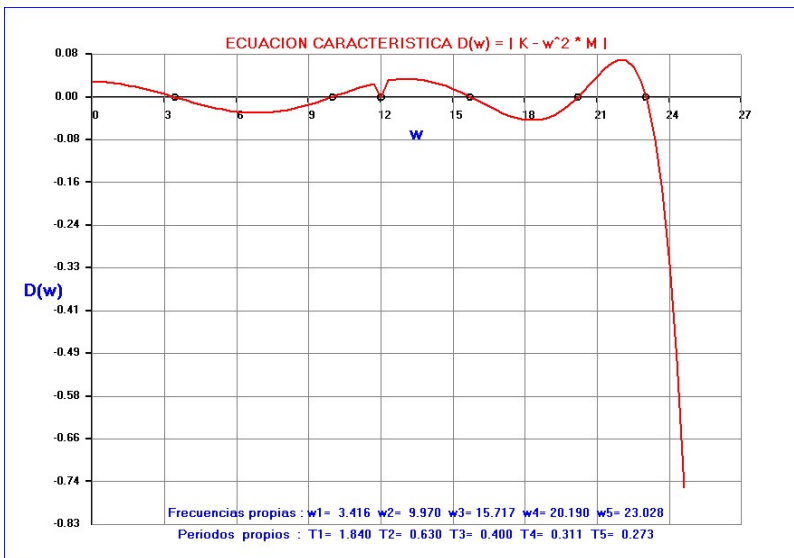
Modo i	ad(i) (in/s ²)	M*(i) k*s ² /in	H*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (kxin)
1	89.927	1.0432	362.991	78.833	93.812	34053
2	103.011	0.0643	-223.356	42.730	6.623	-1479
3	102.194	0.0093	114.494	15.275	0.947	108
4	99.339	0.0012	-208.952	3.162	0.123	-26
ABSSUM	-	-	-	-	101.505	35666
SRSS	-	-	-	-	94.050	34085
CQC	-	-	-	-	94.100	34075

Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa M*(i), rigidez K*(i) y de altura H*(i) -, equivalentes al sistema estructural completo.
 $K^*(i) = w(i)^2 \cdot M^*(i)$; $Vb(i) = M^*(i) \cdot ad(i)$; $Mb(i) = Vb(i) \cdot H^*(i)$

Ejemplo 12.- Ejemplo 11 Mario-Paz. Utilizacion de acelerograma







```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"          =====          "
"                                     "
"    ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION    "
"                                     "
"    Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras    "
"                                     "
"    Version 1                      Fecha : 11/01/2025    "
"                                     "
"    Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025        "
"                                     "
"    E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander      "
"                                     "
"                                     "
=====

=====
"                                     "
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA          "
"          =====          "
"                                     "
"    Proyecto : EJEMPLO N°12                          "
"                                     "
"    Referencia : MANUAL                              "
"                                     "
"    Fecha de calculo : 13-12-2024                    "
"                                     "
"                                     "
=====

```

Ejemplo 11 Mario-Paz. Utilizacion de acelerograma

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 5
 Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 2
 Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 1
 Altura de pilares inferiores constante (h(1) = 500cm) ... Nesc = 0

Todos los pilares estan empotrados en su base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 0
 Modulo elastico (t/cm2) E =75000.00
 Aceleracion de la gravedad (cm/s2) g = 980.00
 Genera rigideces a partir de Inercias Iz y Areas Ac Irig = 2

Inercia Ic (cm4) x Area Ac (cm2) secciones pilares

Planta	Columna	
	1	2
1	5000 x 250	5000 x 250

```

2      5000 x 250  5000 x 250
3      5000 x 250  5000 x 250
4      5000 x 250  5000 x 250
5      5000 x 250  5000 x 250

```

Coefficientes de rigidez de las columnas de cada planta

```

Coel * Elas * Iner * Coe2 * h^3 / NY / Kl
Coe1 = coef.de cimentacion 12 o 3 ; Coe2 = coef.de cortante <=1
Para el reparto de fuerzas de inercia, cortantes y momentos totales

```

	Columna	
Planta	1	2
1	0.500	0.500
2	0.500	0.500
3	0.500	0.500
4	0.500	0.500
5	0.500	0.500

MODELO SIMPLIFICADO DE EDIFICIO DE CORTANTE (MOD=0)

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl

Planta i	h(i) (cm)	Cota(i) (cm)	P(i) (t)	M(i) (t*s/cm2)	Kl(i) (t/cm)
1	500.00	500.00	490.000	0.5000	72.00
2	500.00	1000.00	490.000	0.5000	72.00
3	500.00	1500.00	490.000	0.5000	72.00
4	500.00	2000.00	490.000	0.5000	72.00
5	500.00	2500.00	490.000	0.5000	72.00

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(5x5)

1.3889E-02	1.3889E-02	1.3889E-02	1.3889E-02	1.3889E-02
1.3889E-02	2.7778E-02	2.7778E-02	2.7778E-02	2.7778E-02
1.3889E-02	2.7778E-02	4.1667E-02	4.1667E-02	4.1667E-02
1.3889E-02	2.7778E-02	4.1667E-02	5.5556E-02	5.5556E-02
1.3889E-02	2.7778E-02	4.1667E-02	5.5556E-02	6.9444E-02

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(5x5)

1.4400E+02	-7.2000E+01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
-7.2000E+01	1.4400E+02	-7.2000E+01	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	-7.2000E+01	1.4400E+02	-7.2000E+01	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	-7.2000E+01	1.4400E+02	-7.2000E+01
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	-7.2000E+01	7.2000E+01

MATRIZ DE MASAS M(5x5)

5.0000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	5.0000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	5.0000E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.0000E-01	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.0000E-01

De la ecuacion caracteristica $|K-w^2M| = 0$ se obtienen los periodos

y modos de vibracion que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez Kn y de masas Mn :

-Matriz masas modal (diagonal ortonormal): $Mn = \sum M(i,i) * B(i,n)^2 = 1$
-Matriz de rigidez modal (diagonal): $Kn = tB * K * B \dots = w(n)^2$

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

T (1)	T (2)	T (3)	T (4)	T (5)
1.8396E+00	6.3021E-01	3.9978E-01	3.1120E-01	2.7285E-01
f (1)	f (2)	f (3)	f (4)	f (5)
5.4360E-01	1.5868E+00	2.5014E+00	3.2134E+00	3.6650E+00
w (1)	w (2)	w (3)	w (4)	w (5)
3.4156E+00	9.9700E+00	1.5717E+01	2.0190E+01	2.3028E+01
w^2 (1)	w^2 (2)	w^2 (3)	w^2 (4)	w^2 (5)
1.1666E+01	9.9400E+01	2.4701E+02	4.0764E+02	5.3028E+02

Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)	Modo (4)	Modo (5)
5	8.4412E-01	-7.7574E-01	6.4451E-01	-4.6106E-01	2.4026E-01
4	7.7574E-01	-2.4026E-01	-4.6106E-01	8.4412E-01	-6.4451E-01
3	6.4451E-01	4.6106E-01	-7.7574E-01	-2.4026E-01	8.4412E-01
2	4.6106E-01	8.4412E-01	2.4026E-01	-6.4451E-01	-7.7574E-01
1	2.4026E-01	6.4451E-01	8.4412E-01	7.7574E-01	4.6106E-01

Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)	Modo (4)	Modo (5)
5	1.2517E+00	-3.6215E-01	1.5858E-01	-6.3173E-02	1.5041E-02
4	1.1503E+00	-1.1217E-01	-1.1344E-01	1.1566E-01	-4.0347E-02
3	9.5570E-01	2.1524E-01	-1.9087E-01	-3.2920E-02	5.2843E-02
2	6.8368E-01	3.9407E-01	5.9116E-02	-8.8308E-02	-4.8562E-02
1	3.5627E-01	3.0088E-01	2.0769E-01	1.0629E-01	2.8863E-02

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo i	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
	-	t*s2/cm	t*s2/cm	%	%	(cm)
1	1.483	2.199	2.199	87.953	87.953	1756.669
2	0.467	0.218	2.417	8.718	96.671	-601.808
3	0.246	0.061	2.477	2.422	99.092	381.761
4	0.137	0.019	2.496	0.751	99.843	-297.174
5	0.063	0.004	2.500	0.157	100.000	260.555

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: $d(i,k) = L(j) * B(i,k)$
L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$
Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
Por(i) = Porcentage de participacion modal del modo i
Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i) = Altura modal efectiva = $\sum (cota(j) * M(j,j) * B(i,j)) / L(i)$

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : $Vbi = M*(i) * Ad(i)$; $Mbi = Vbi * H*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

Numero de modos considerados Nmod = 0

DATOS PARA CONSTRUIR ESPECTRO A PARTIR DE ACELEROGRAMA

Percentage de amortiguamiento Q % = 5.00
Ductilidad mu = 4.00
Frecuencia inicial (cps) fi = 0.200
Frecuencia final (cps) ff = 20.000
Periodo inicial (s) Ti = 1/ff = 0.050
Periodo final (s) Tf = 1/fi = 5.000
Frecuencia incremental (cps) df = 0.050
Intervalo de calculo para integracion (s) dt = 0.050

ACELEROGRAMA GUARDADO EN FICHERO ACELERA (186 COORDENADAS t;a/g)

t	a/g	t	a/g	t	a/g
0.000	0.0108	0.042	0.0020	0.097	0.0159
0.161	-0.0001	0.221	0.0189	0.263	0.0001
0.291	0.0059	0.332	-0.0012	0.374	0.0200
0.429	-0.0237	0.471	0.0076	0.581	0.0425
0.623	0.0094	0.665	0.0138	0.720	-0.0088
0.740	-0.0256	0.789	-0.0387	0.829	-0.0568
0.872	-0.0232	0.902	-0.0343	0.941	-0.0402
0.961	-0.0603	0.997	-0.0789	1.066	-0.0666
1.076	-0.0381	1.094	-0.0429	1.168	0.0897
1.315	-0.1696	1.384	-0.0828	1.412	-0.0828
1.440	-0.0945	1.481	-0.0885	1.509	-0.1080
1.537	-0.1280	1.628	0.1144	1.703	0.2355
1.855	0.1428	1.880	0.1777	1.924	-0.2610
2.007	-0.3194	2.215	0.2952	2.270	0.2634
2.320	-0.2984	2.395	0.0054	2.450	0.2865
2.519	-0.0469	2.575	0.1516	2.652	0.2077
2.708	0.1087	2.769	-0.0325	2.893	0.1033
2.976	-0.0803	3.068	0.0520	3.129	-0.1547
3.212	0.0065	3.253	-0.2060	3.386	0.1927
3.419	-0.0937	3.530	0.1708	3.599	-0.0359
3.668	0.0365	3.738	-0.0736	3.835	0.0311
3.904	-0.1833	4.014	0.0227	4.056	-0.0435
4.106	0.0216	4.222	-0.1972	4.314	-0.1762
4.416	0.1460	4.471	-0.0047	4.618	0.2572
4.665	-0.2045	4.756	0.0608	4.831	-0.2733
4.970	0.1779	5.039	0.0301	5.108	0.2183
5.199	0.0267	5.233	0.1252	5.302	0.1290
5.330	0.1089	5.343	-0.0239	5.454	0.1723
5.510	-0.1021	5.606	0.0141	5.690	-0.1949
5.773	-0.2420	5.800	-0.0050	5.809	-0.0275
5.869	-0.0573	5.883	-0.0327	5.925	0.0216
5.980	0.0108	6.013	0.0235	6.085	-0.0665
6.132	0.0014	6.174	0.0493	6.188	0.0149

6.198	-0.0200	6.229	-0.0381	6.279	0.0207
6.326	-0.0058	6.368	-0.0603	6.382	-0.0162
6.409	0.0200	6.459	-0.1760	6.478	-0.0033
6.520	0.0043	6.534	-0.0040	6.562	-0.0099
6.575	-0.0017	6.603	-0.0170	6.645	0.0373
6.686	0.0457	6.714	0.0385	6.728	0.0009
6.749	-0.0288	6.769	0.0016	6.811	0.0113
6.852	0.0022	6.908	0.0092	6.991	-0.0996
7.074	0.0360	7.121	0.0078	7.143	-0.0277
7.149	0.0026	7.171	0.0272	7.226	0.0576
7.295	-0.0492	7.370	0.0297	7.406	0.0109
7.425	0.0186	7.461	-0.2530	7.525	-0.0347
7.572	0.0036	7.600	-0.0628	7.641	-0.0280
7.669	-0.0196	7.691	0.0068	7.752	-0.0054
7.794	-0.0603	7.835	-0.0357	7.877	-0.0716
7.960	-0.0140	7.987	-0.0056	8.001	0.0222
8.070	0.0468	8.126	0.0260	8.166	-0.0335
8.195	-0.0128	8.223	0.0661	8.278	0.0305
8.334	0.0246	8.403	0.0347	8.458	-0.0369
8.533	-0.0344	8.596	-0.0104	8.638	-0.0260
8.735	0.1534	8.818	-0.0028	8.860	0.0233
8.882	-0.0261	8.915	-0.0022	8.956	-0.1849
9.053	0.1260	9.095	0.0320	9.123	0.0955
9.150	0.1246	9.253	-0.0328	9.289	-0.0451
9.427	0.1301	9.441	-0.1657	9.510	0.0419
9.635	-0.0936	9.704	0.0816	9.815	-0.0881
9.898	0.0064	9.939	-0.0006	9.995	0.0586
10.020	-0.0713	10.050	-0.0448	10.080	-0.0221
10.100	0.0093	10.150	0.0024	10.190	0.0510

ESPECTRO DE DESPLAZAMIENTOS Sd, VELOCIDADES Sv Y ACELERACIONES Sa

Pto nS	T (s)	f (cps)	Sd (cm)	Sv (cm/s)	Sa (cm/s2)	Sa (g)
1	0.05	20.00	0.00	0.07	9.20	0.009
2	0.05	19.50	0.00	0.08	9.56	0.010
3	0.05	19.00	0.00	0.09	11.18	0.011
4	0.05	18.50	0.00	0.11	13.34	0.014
5	0.06	18.00	0.00	0.14	15.26	0.016
6	0.06	17.50	0.00	0.15	16.21	0.017
7	0.06	17.00	0.00	0.17	17.91	0.018
8	0.06	16.50	0.00	0.19	20.09	0.021
9	0.06	16.00	0.00	0.22	22.02	0.022
10	0.06	15.50	0.00	0.24	23.51	0.024
11	0.07	15.00	0.00	0.26	24.41	0.025
12	0.07	14.50	0.00	0.27	24.64	0.025
13	0.07	14.00	0.00	0.27	24.15	0.025
14	0.07	13.50	0.00	0.27	22.96	0.023
15	0.08	13.00	0.00	0.28	23.14	0.024
16	0.08	12.50	0.00	0.33	25.81	0.026
17	0.08	12.00	0.00	0.34	25.94	0.026
18	0.09	11.50	0.00	0.32	23.24	0.024
19	0.09	11.00	0.00	0.26	18.24	0.019
20	0.10	10.50	0.00	0.19	12.48	0.013
21	0.10	10.00	0.00	0.21	13.00	0.013
22	0.11	9.50	0.00	0.28	16.90	0.017
23	0.11	9.00	0.01	0.35	19.81	0.020
24	0.12	8.50	0.01	0.37	19.78	0.020
25	0.13	8.00	0.01	0.36	18.20	0.019
26	0.13	7.50	0.01	0.35	16.62	0.017
27	0.14	7.00	0.01	0.36	15.72	0.016
28	0.15	6.50	0.01	0.37	15.08	0.015
29	0.17	6.00	0.01	0.36	13.62	0.014
30	0.18	5.50	0.01	0.38	12.99	0.013
31	0.20	5.00	0.01	0.43	13.57	0.014
32	0.22	4.50	0.02	0.51	14.48	0.015

33	0.25	4.00	0.03	0.64	16.09	0.016
34	0.29	3.50	0.03	0.76	16.78	0.017
35	0.33	3.00	0.05	0.86	16.20	0.017
36	0.40	2.50	0.06	0.99	15.52	0.016
37	0.50	2.00	0.10	1.25	15.63	0.016
38	0.51	1.95	0.10	1.28	15.65	0.016
39	0.53	1.90	0.11	1.31	15.62	0.016
40	0.54	1.85	0.12	1.34	15.54	0.016
41	0.56	1.80	0.12	1.37	15.43	0.016
42	0.57	1.75	0.13	1.39	15.26	0.016
43	0.59	1.70	0.13	1.41	15.06	0.015
44	0.61	1.65	0.14	1.43	14.81	0.015
45	0.63	1.60	0.15	1.47	14.79	0.015
46	0.65	1.55	0.16	1.52	14.77	0.015
47	0.67	1.50	0.17	1.56	14.67	0.015
48	0.69	1.45	0.18	1.60	14.52	0.015
49	0.71	1.40	0.19	1.63	14.30	0.015
50	0.74	1.35	0.20	1.66	14.02	0.014
51	0.77	1.30	0.21	1.68	13.69	0.014
52	0.80	1.25	0.22	1.69	13.29	0.014
53	0.83	1.20	0.23	1.71	12.89	0.013
54	0.87	1.15	0.24	1.75	12.66	0.013
55	0.91	1.10	0.26	1.79	12.35	0.013
56	0.95	1.05	0.28	1.81	11.96	0.012
57	1.00	1.00	0.29	1.83	11.49	0.012
58	1.05	0.95	0.31	1.84	10.97	0.011
59	1.11	0.90	0.33	1.88	10.60	0.011
60	1.18	0.85	0.36	1.90	10.14	0.010
61	1.25	0.80	0.38	1.91	9.60	0.010
62	1.33	0.75	0.41	1.94	9.11	0.009
63	1.43	0.70	0.44	1.95	8.59	0.009
64	1.54	0.65	0.48	1.97	8.03	0.008
65	1.67	0.60	0.53	1.98	7.47	0.008
66	1.82	0.55	0.58	2.00	6.91	0.007
67	2.00	0.50	0.64	2.01	6.31	0.006
68	2.22	0.45	0.72	2.02	5.72	0.006
69	2.50	0.40	0.81	2.04	5.11	0.005
70	2.86	0.35	0.93	2.04	4.49	0.005
71	3.33	0.30	1.09	2.05	3.86	0.004
72	4.00	0.25	1.31	2.06	3.23	0.003
73	5.00	0.20	1.64	2.06	2.59	0.003

Aceleraciones espectrales Sa sin reducir por ductilidad (mu= 4.00).

Aceleraciones de diseno ad(i) = espectrales reducidas Sa(Ti)/mu(i):

Modo (i)	T(i) (s)	Q(i) %	mu(i) -	Sa(Ti) (cm/s2)	ad(i) (cm/s2)
1	1.840	5.000	4.000	6.84	1.71
2	0.630	5.000	4.000	14.79	3.70
3	0.400	5.000	4.000	15.52	3.88
4	0.311	5.000	4.000	16.47	4.12
5	0.273	5.000	4.000	16.53	4.13

RESPUESTA MODAL

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (cm/s2)

	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
Base	1.7090E+00	3.6963E+00	3.8793E+00	4.1183E+00	4.1330E+00

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (cm/s2)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	2.1391E+00	-1.3386E+00	6.1518E-01	-2.6016E-01	6.2163E-02
4	1.9658E+00	-4.1460E-01	-4.4008E-01	4.7631E-01	-1.6675E-01
3	1.6333E+00	7.9561E-01	-7.4044E-01	-1.3557E-01	2.1840E-01
2	1.1684E+00	1.4566E+00	2.2933E-01	-3.6368E-01	-2.0071E-01
1	6.0886E-01	1.1122E+00	8.0571E-01	4.3773E-01	1.1929E-01

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.8336E-01	-1.3467E-02	2.4905E-03	-6.3822E-04	1.1723E-04
4	1.6851E-01	-4.1710E-03	-1.7816E-03	1.1685E-03	-3.1446E-04
3	1.4000E-01	8.0041E-03	-2.9976E-03	-3.3258E-04	4.1186E-04
2	1.0015E-01	1.4654E-02	9.2841E-04	-8.9215E-04	-3.7849E-04
1	5.2191E-02	1.1189E-02	3.2618E-03	1.0738E-03	2.2496E-04

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	7.3346E-01	-5.3868E-02	9.9619E-03	-2.5529E-03	4.6891E-04
4	6.7404E-01	-1.6684E-02	-7.1264E-03	4.6739E-03	-1.2578E-03
3	5.6001E-01	3.2016E-02	-1.1990E-02	-1.3303E-03	1.6474E-03
2	4.0061E-01	5.8616E-02	3.7136E-03	-3.5686E-03	-1.5140E-03
1	2.0876E-01	4.4755E-02	1.3047E-02	4.2952E-03	8.9983E-04

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (cm/cm)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.1884E-04	-7.4367E-05	3.4177E-05	-1.4453E-05	3.4535E-06
4	2.2805E-04	-9.7400E-05	9.7277E-06	1.2008E-05	-5.8106E-06
3	3.1879E-04	-5.3200E-05	-3.1408E-05	4.4766E-06	6.3228E-06
2	3.8370E-04	2.7723E-05	-1.8667E-05	-1.5728E-05	-4.8276E-06
1	4.1753E-04	8.9510E-05	2.6095E-05	8.5905E-06	1.7997E-06

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.0696E+00	-6.6931E-01	3.0759E-01	-1.3008E-01	3.1082E-02
4	9.8291E-01	-2.0730E-01	-2.2004E-01	2.3816E-01	-8.3377E-02
3	8.1663E-01	3.9780E-01	-3.7022E-01	-6.7786E-02	1.0920E-01
2	5.8420E-01	7.2831E-01	1.1467E-01	-1.8184E-01	-1.0035E-01
1	3.0443E-01	5.5608E-01	4.0286E-01	2.1886E-01	5.9645E-02

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
5	1.0696E+00	-6.6931E-01	3.0759E-01	-1.3008E-01	3.1082E-02
4	2.0525E+00	-8.7660E-01	8.7549E-02	1.0808E-01	-5.2295E-02
3	2.8691E+00	-4.7880E-01	-2.8267E-01	4.0289E-02	5.6905E-02
2	3.4533E+00	2.4951E-01	-1.6801E-01	-1.4155E-01	-4.3448E-02
1	3.7577E+00	8.0559E-01	2.3485E-01	7.7314E-02	1.6197E-02
Base	3.7577E+00	8.0559E-01	2.3485E-01	7.7314E-02	1.6197E-02

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

Planta	Modo 1	Modo 2	Modo 3	Modo 4	Modo 5
--------	--------	--------	--------	--------	--------

k							
5	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	
4	5.3478E+02	-3.3465E+02	1.5379E+02	-6.5041E+01	1.5541E+01		
3	1.5610E+03	-7.7296E+02	1.9757E+02	-1.1003E+01	-1.0607E+01		
2	2.9956E+03	-1.0124E+03	5.6234E+01	9.1416E+00	1.7846E+01		
1	4.7222E+03	-8.8760E+02	-2.7769E+01	-6.1633E+01	-3.8783E+00		
Base	6.6011E+03	-4.8481E+02	8.9657E+01	-2.2976E+01	4.2201E+00		

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
5	4.415	0.200	0.800	0.245	2.21	2.21	0
4	3.464	0.176	0.704	0.353	1.73	3.18	1104
3	3.523	0.152	0.607	0.414	1.76	3.73	2553
2	3.419	0.117	0.468	0.451	1.71	4.06	4091
1	3.084	0.068	0.272	0.544	1.54	4.89	5703
Base	-	-	-	x1000	-	4.89	7203

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
5	2.611	0.184	0.736	0.145	1.31	1.31	0
4	2.118	0.169	0.674	0.249	1.06	2.24	653
3	1.979	0.140	0.561	0.325	0.99	2.92	1753
2	1.927	0.101	0.405	0.386	0.96	3.47	3163
1	1.569	0.053	0.214	0.428	0.78	3.85	4805
Base	-	-	-	x1000	-	3.85	6620

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
5	2.583	0.184	0.735	0.143	1.29	1.29	0
4	2.092	0.169	0.674	0.248	1.05	2.23	646
3	1.965	0.140	0.561	0.325	0.98	2.92	1745
2	1.940	0.101	0.405	0.386	0.97	3.47	3155
1	1.650	0.054	0.214	0.429	0.82	3.86	4800
Base	-	-	-	x1000	-	3.86	6616

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :
a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (cm/s2)
ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k
u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (cm)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-
planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y
el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (toneladas)
Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):
V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :
M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N
M(i,0) = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los
modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes
variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci#n de respuestas ri :
-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)
-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r =raiz (suma de ri^2)
-CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*rj)

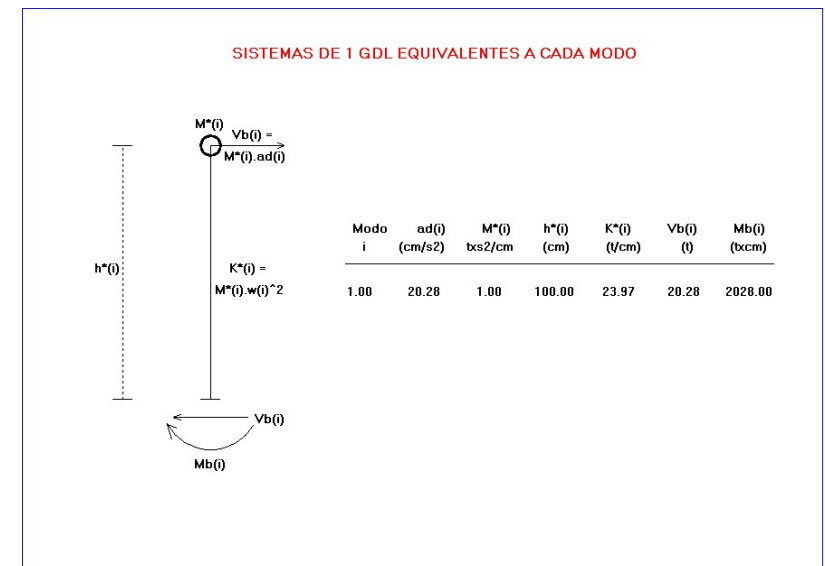
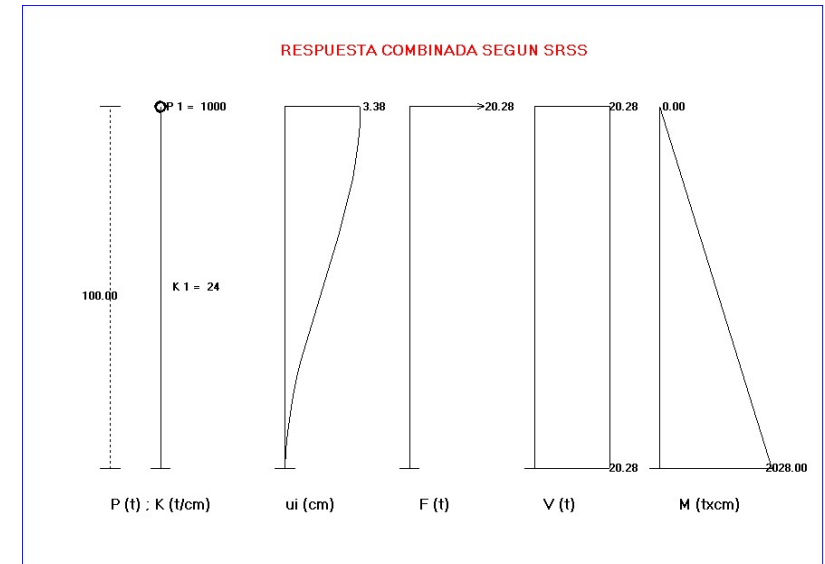
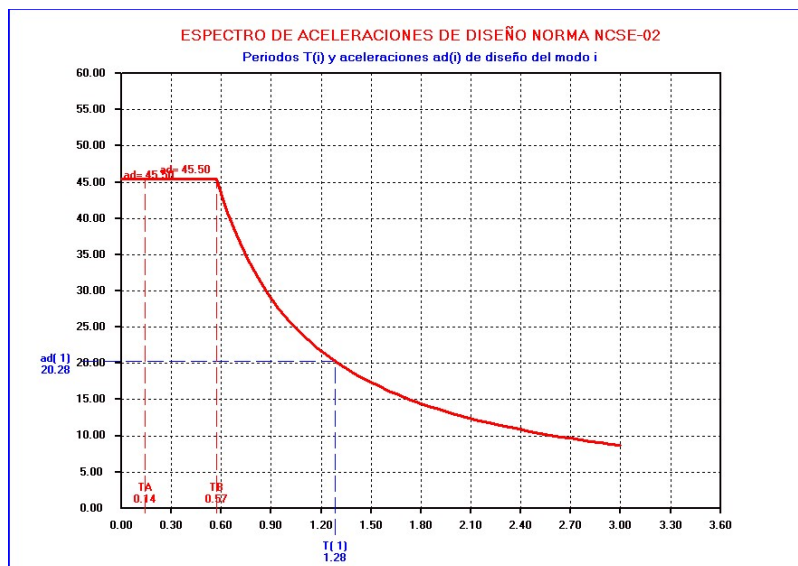
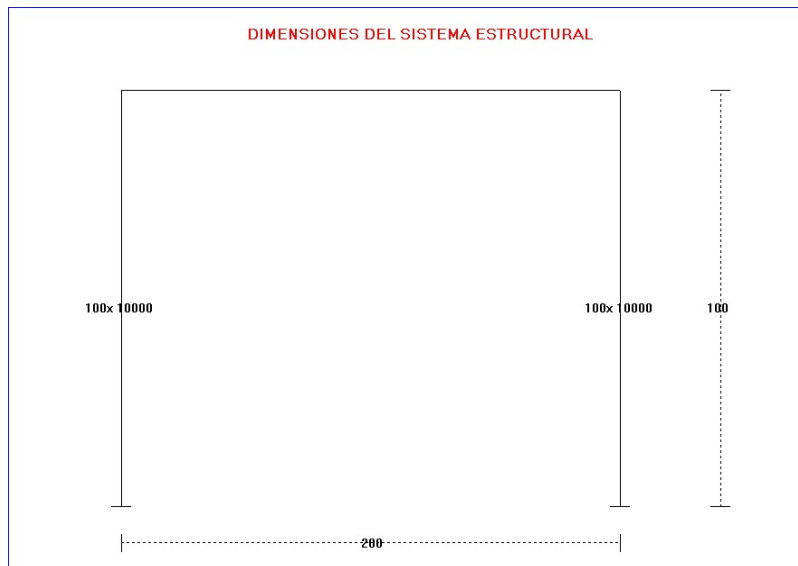
Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos
de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
Las respuestas F(k),V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplifi-
cado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplican-
dolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

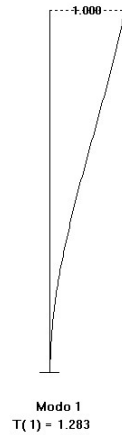
Modo i	ad(i) (cm/s2)	M*(i) t*s2/cm	H*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (txcm)
1	1.709	2.1988	1756.669	25.652	3.758	6601
2	3.696	0.2179	-601.808	21.664	0.806	-485
3	3.879	0.0605	381.761	14.954	0.235	90
4	4.118	0.0188	-297.174	7.653	0.077	-23
5	4.133	0.0039	260.555	2.078	0.016	4
ABSSUM	-	-	-	-	4.892	7203
SRSS	-	-	-	-	3.851	6620
CQC	-	-	-	-	3.861	6616

Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i)
y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa
M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sis-
tema estructural completo.
K*(i) = w(i)^2*M*(i) ; Vb(i) = M*(i)*ad(i) ; Mb(i) = Vb(i)*H*(i)

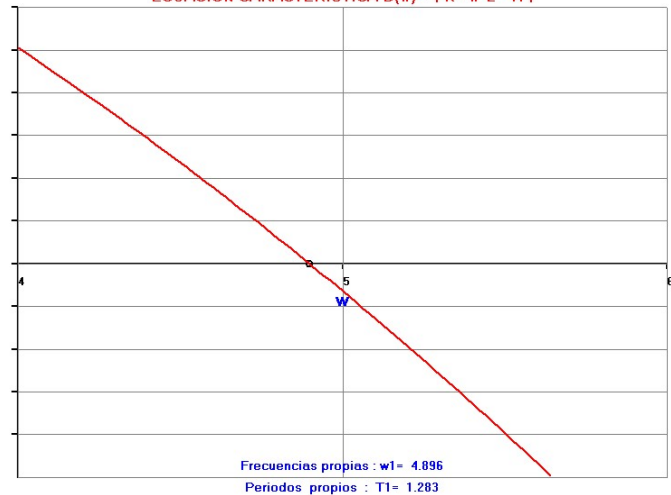
Ejemplo 13.- Pórtico Chopra Cap.1. MOD=2. Dintel rígido
 $I_b=10^8=00>>I_c=100$



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = I K - w^2 \cdot M I$



```

=====
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"=====
"
" ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION      "
"
" Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras     "
"
" Version 1                      Fecha : 11/01/2025    "
"
" Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025         "
"
" E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander        "
"
=====

```

```

=====
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA        "
"=====
"
" Proyecto : EJEMPLO N°13                             "
"
" Referencia : MANUAL                                 "
"
" Fecha de calculo : 13-12-2024                      "
"
=====

```

Sistema de 1 piso. Forjado rigido ($I_b=10^8 \gg I_c=100$). Chopra Cap.1

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 1
 Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 2
 Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 1
 Altura de pilares inferiores constante (h(1) = 100cm) ... Nesc = 0

Todos los pilares estan empotrados en su base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 0
 Modulo elastico (t/cm2) E =10000.00
 Aceleracion de la gravedad (cm/s2) g = 1000.00
 Genera rigideces de pilares a partir de Inercias y Areas.. Irig = 2

Inercia I_c (cm4) x Area A_c (cm2) secciones pilares
 =====

Planta	Columna	
	1	2
1	100 x10000	100 x10000

```

=====
Coeficientes de rigidez de las columnas de cada planta
=====

Coe1 * Elas * Iner * Coe2 * h^3 / NY / Kl
Coe1 = coef.de cimentacion 12 o 3 ; Coe2 = coef.de cortante <=1
Para el reparto de fuerzas de inercia, cortantes y momentos totales

          Planta      Columna
          1          2
-----
1      0.500  0.500

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl
=====

Planta  h(i)      Cota(i)      P(i)      M(i)      Kl(i)
  i      (cm)      (cm)      (t)      (t*s/cm2)  (t/cm)
-----
1      100.00    100.00    1000.000  1.0000    24.00

MODELO DE EDIFICIO CON FORJADOS FLEXIBLES (MOD=2)

Inercias Ib de los forjados y rigideces relativas ro
=====

Inercia (cm4) forjado planta iz= 1 ..... Ib =%100000000.00

Longitud (cm) del vano ix= 1 ..... Lb = 200.00

Planta  S(EIc/h)i      S(EIc/h)s      S(EIc/h)      S(EIb/L)      ro
  1      20000      0      20000      5000000000    250000.000
ro = S(EIb/L) / S(EIc/h) = relacion de rigideces de vigas y columnas

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(1x1)
=====

4.1709E-02

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(1x1)
=====

2.3976E+01

MATRIZ DE MASAS M(1x1)
=====

1.0000E+00

De la ecuacion caracteristica |K-w^2*M| = 0 se obtienen los periodos
y modos de vibracion que desacoplan el sistema estructural al diag-
nalizar las matrices de rigidez Kn y de masas Mn :
-Matriz masas modal (diagonal ortonormal): Mn =Suma M(i,i)*B(i,n)^2=1
-Matriz de rigidez modal (diagonal) .....: Kn = tB*K*B ..... = w(n)^2

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)
=====

```

```

          f ( 1)
          7.7930E-01

          w ( 1)
          4.8965E+00

          w^2 ( 1)
          2.3976E+01

Componente modal B(i,k)
Planta  Modo ( 1)
  k
  1      1.0000E+00

Factor de distribucion D(i,k)
Planta  Modo ( 1)
  k
  1      1.0000E+00

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION
=====

Modo  L(i)      M*(i)      Ma*(i)      Por(i)      Pora(i)      H*(i)
  i      -      t*s2/cm      t*s2/cm      %      %      (cm)
  1      1.000      1.000      1.000      100.000      100.000      100.000

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: d(i,k)=L(j)* B(i,k)
L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = L(i)^2
Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=i hasta modo i=i
Por(i) = Porcentaje de participacion modal del modo i
Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i) = Altura modal efectiva = Suma(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de
1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la
base : Vbi=M*(i) * Ad(i) ; Mbi=Vbi * H*(i) coinciden con los
obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02 ..... Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023 ..... Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8 ..... Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07 ..... Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos ..... Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos ..... Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios ..... Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos ..... Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios ..... Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma ..... Norma = 9
-----
Norma = 0

ANALISIS SISMICO SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE (NCSE-02)
=====

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (cm/s2) ..... ab = 0.070 g = 70.000

```

Aceleracion de la gravedad (cm/s2) g =1000.000
 Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) K = 1.100
 Coeficiente de riesgo de la estructura ro = 1.000
 Lo que implica una vida util (anos) vida = 50.00
 Factor de amplificacion del terreno S=S(ro,C) S = 1.040
 Coeficiente del terreno C = 1.300
 Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ac = 0.073 g = 72.800

Porcentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
 Coeficiente de amortiguamiento $v = (5/Q)^{0.4}$ v = 1.000
 Ductilidad de la estructura mu = 4.000
 Coeficiente de respuesta de la estructura Beta = v/mu = 0.250

DEFINICION DEL ESPECTRO DE RESPUESTA

Opciones de espectro elastico (Esp=0) o simplificado (Esp=1) :

- Esp=0 : Espectro de respuesta elastica de 3 tramos (art.2.3 NCSE-02) :
 ----- Puntos y tramos del espectro de respuesta T - alfa(T) :
 Punto O : T0 = 0.000 seg. alfa(T0) = 1.00
 Punto A : TA = K*C/10 ... = 0.143 seg. alfa(TA) = 2.50
 Punto B : TB = K*C/2.5 ... = 0.572 seg. alfa(TB) = 2.50

Tramo lineal O-A de periodos bajos. (T<TA)
 Tramo constante o meseta A-B de periodos medios. (TA<=T<TB)
 Tramo hiperbolico K*C/T de periodos altos. (T>TB)

- Esp=1 : Espectro de 2 tramos (NCSE-02.3.7.3),prolongando la meseta hasta
 ----- T=0 lo que da seguridad para periodos bajos T<TA. (NCSE-02.3.7.3)

Espectro adoptado Esp = 1

ACELERACIONES ESPECTRALES DE DISEÑO

Periodo fundamental de la estructura es (seg) TF = 1.283
 Al ser TF <=0.75 s.,la estructura es normal y solo es necesario un modo:
 Numero de modos considerados Nmod = 1

Modo i	T(i) seg.	Q(i) %	v(i) -	mu(i) -	Beta(i) -	alfa(i) -	ac (cm/s2)	Ad(i) (cm/s2)
1	1.283	5.000	1.000	4.000	0.250	1.114	72.800	20.282

Periodo del modo de vibracion T(i)
 Porcentage de amortiguamiento asignado al modo i Q(i)
 Coeficiente de amortiguamiento del modo i v(i) = (5/Q(i))^0.4
 Ductilidad modo i mu(i) = mu
 Coeficiente de respuesta del modo i Beta(i) = v(i) / mu(i)
 Coordenada espectral correspondiente al modo i alfa(i)
 Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ac = S * ro * ab
 Aceleracion de diseno del modo i (cm/s2) ... Ad(i) = alfa(i)*Beta(i)*ac

R E S P U E S T A M O D A L

 Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (cm/s2)

	Modo 1
Base	2.0282E+01

 Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (cm/s2)

Planta k	Modo 1
1	2.0282E+01

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1
1	8.4595E-01

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modo 1
1	3.3838E+00

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (cm/cm)

Planta k	Modo 1
1	3.3838E-02

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1
1	2.0282E+01

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modo 1
1	2.0282E+01
Base	2.0282E+01

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

Planta k	Modo 1
1	0.0000E+00
Base	2.0282E+03

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	20.282	0.846	3.384	33.838	20.28	20.28	0
Base	-	-	-	x1000	-	20.28	2028

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	20.282	0.846	3.384	33.838	20.28	20.28	0
Base	-	-	-	x1000	-	20.28	2028

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	20.282	0.846	3.384	33.838	20.28	20.28	0
Base	-	-	-	x1000	-	20.28	2028

```

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :
a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) ..... (cm/s2)
ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k
u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 ..... (cm)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-
planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y
el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) ..... (toneladas)
Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):
V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N ..... Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :
M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N
M(i,0) = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

```

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)
 -SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r=raiz (suma de ri^2)
 -CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*j*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
 Las respuestas F(k),V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplificado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplicandolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

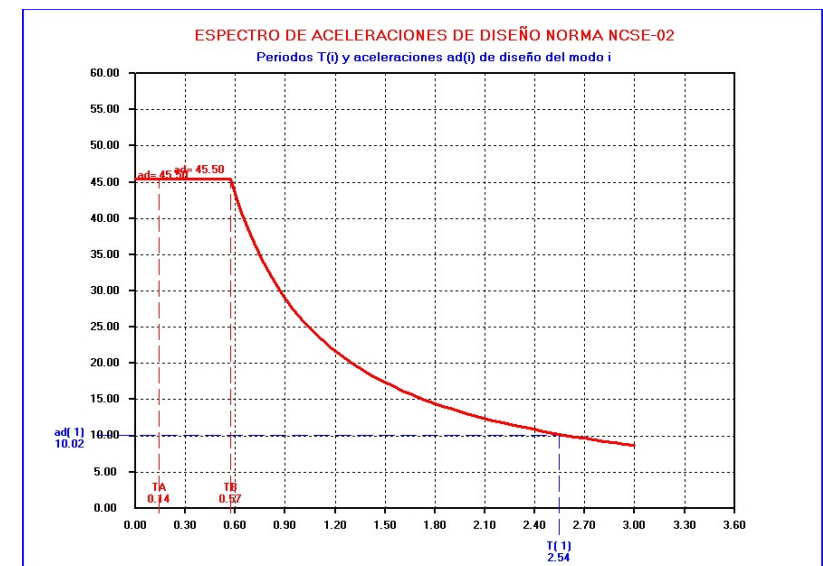
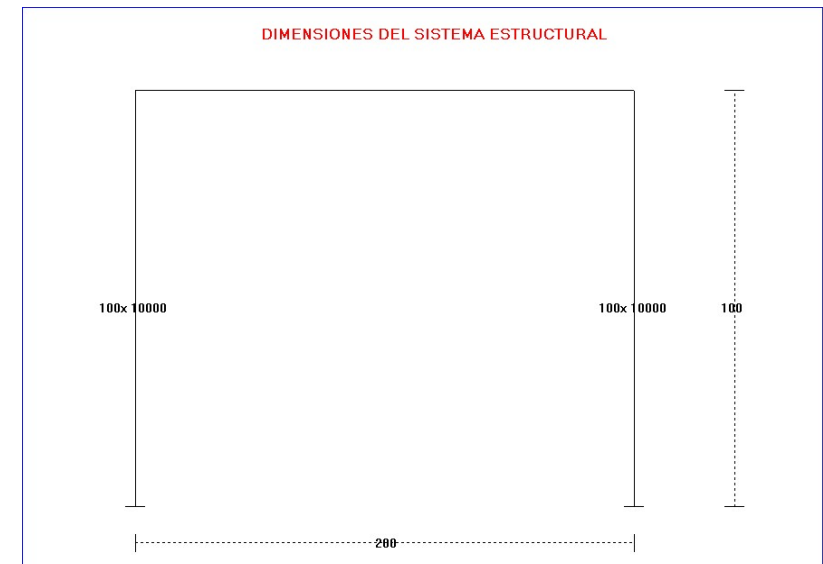
COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (cm/s2)	M*(i) t*s2/cm	H*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (txcm)
1	20.282	1.0000	100.000	23.976	20.282	2028
ABSSUM	-	-	-	-	20.282	2028
SRSS	-	-	-	-	20.282	2028
CQC	-	-	-	-	20.282	2028

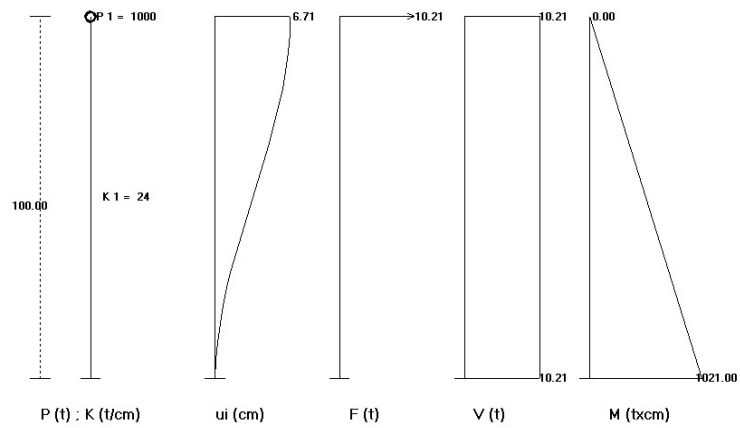
Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sistema estructural completo.

$K^*(i) = w(i)^2 \cdot M^*(i)$; $Vb(i) = M^*(i) \cdot ad(i)$; $Mb(i) = Vb(i) \cdot H^*(i)$

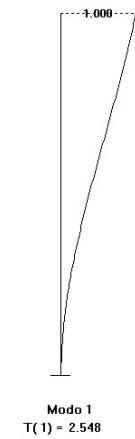
Ejemplo 14.- P3rtico Chopra MOD=2. Dintel sin rigidez (lb=1=0<lc=100)



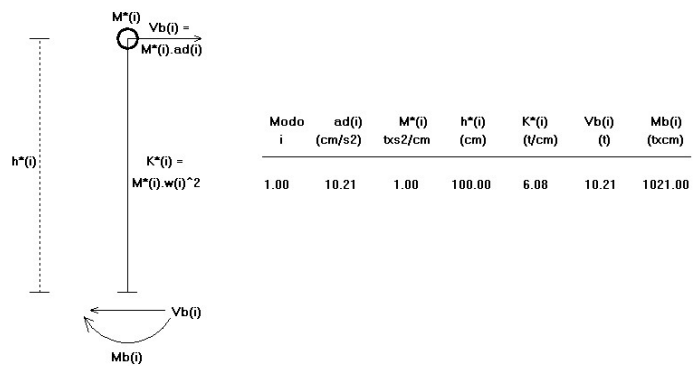
RESPUESTA COMBINADA SEGUN SRSS



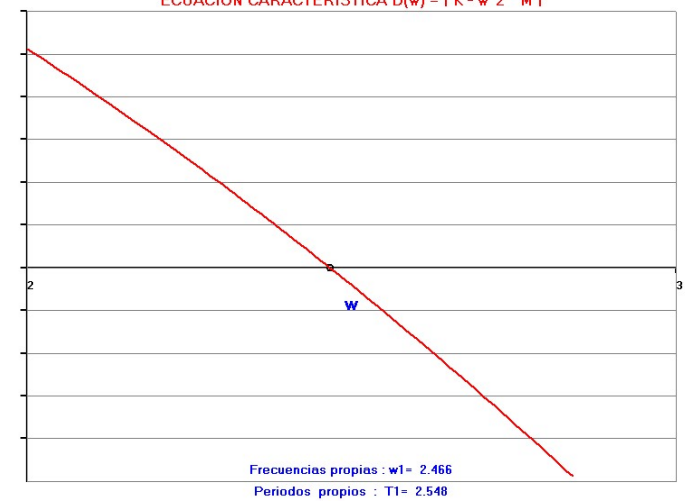
MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = I K - w^2 \cdot M I$



[illegible]

Planta	Columna 1	Columna 2
1	100 x10000	100 x10000

=====

Coel * Elas * Iner * Coe2 * h^3 / NY / Kl
Coel = coef.de cimentacion 12 o 3 ; Coe2 = coef.de cortante <=1
Para el reparto de fuerzas de inercia, cortantes y momentos totales

	Columna	
Planta	1	2
1	0.500	0.500

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl

Planta i	h (i) (cm)	Cota (i) (cm)	P (i) (t)	M (i) (t*s/cm2)	Kl (i) (t/cm)
1	100.00	100.00	1000.000	1.0000	24.00

MODELO DE EDIFICIO CON FORJADOS FLEXIBLES (MOD=2)

Inercias Ib de los forjados y rigideces relativas ro

Inercia (cm4) forjado planta iz= 1 Ib = 1.00

Longitud (cm) del vano ix= 1 Lb = 200.00

Planta	S(EIc/h) _i	S(EIc/h) _s	S(EIc/h)	S(EIb/L)	ro
1	20000	0	20000	50	0.002
ro = S(EIb/L) / S(EIc/h) = relacion de rigideces de vigas y columnas					

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL $f(1 \times 1)$

1.6446E-01

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(1x1)

6.0806E+00

MATRIZ DE MASAS M(1x1)

1.0000E+00

De la ecuación característica $|K - \omega^2 M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibración que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez K_n y de masas M_n :

- Matriz masas modal (diagonal ortogonal): $M_n = \sum M(i,i) * B(i,n)^2 = 1$
- Matriz de rigidez modal (diagonal): $K_n = tB^* K * B \dots = \omega(n)^2$

PERIODOS $T(i)$, FRECUENCIAS $f(i)$, $w(i)$ Y MODOS DE VIBRACION $B(i,k)$

T (1)
2.5480E+00

```

f ( 1)
3.9246E-01

w ( 1)
2.4659E+00

w² ( 1)
6.0806E+00

Componente modal B(i,k)
Planta      Modo ( 1)
      k
      1      1.0000E+00

Factor de distribucion D(i,k)
Planta      Modo ( 1)
      k
      1      1.0000E+00

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION
=====
Modo      L(i)      M*(i)      Ma*(i)      Por(i)      Pora(i)      H*(i)
i          -          t*s2/cm      t*s2/cm      %              %              (cm)
1      1.000      1.000      1.000      100.000      100.000      100.000

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: d(i,k)=L(j)* B(i,k)
L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = L(i)^2
Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
Por(i) = Porcentage de participacion modal del modo i
Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i) = Altura modal efectiva = Suma(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de
1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la
base : Vbi=M*(i) * Ad(i) ; Mbi=Vbi * H*(i) coinciden con los
obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02 ..... Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023 ..... Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8 ..... Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07 ..... Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos ..... Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos ..... Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios ..... Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos ..... Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios ..... Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma ..... Norma = 9
Norma = 0

ANALISIS SISMICO SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE (NCSE-02)
=====

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (cm/s2) ..... ab = 0.070 g = 70.000

```

```

Aceleracion de la gravedad (cm/s2) ..... g =1000.000
Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) ..... K = 1.100
Coeficiente de riesgo de la estructura ..... ro = 1.000
Lo que implica una vida util (anos) ..... vida = 50.00
Factor de amplificacion del terreno S=S(ro,C) ..... S = 1.040
Coeficiente del terreno ..... C = 1.300
Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ..... ac = 0.073 g = 72.800

Porcentage de amortiguamiento de la estructura ..... Q = 5.000
Coeficiente de amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 ..... v = 1.000
Ductilidad de la estructura ..... mu = 4.000
Coeficiente de respuesta de la estructura ..... Beta = v/mu = 0.250

```

DEFINICION DEL ESPECTRO DE RESPUESTA

Opciones de espectro elastico (Esp=0) o simplificado (Esp=1) :

```

- Esp=0 : Espectro de respuesta elastica de 3 tramos (art.2.3 NCSE-02) :
----- Puntos y tramos del espectro de respuesta T - alfa(T) :
Punto O : T0 ..... = 0.000 seg. .... alfa(T0) = 1.00
Punto A : TA = K*C/10 ... = 0.143 seg. .... alfa(TA) = 2.50
Punto B : TB = K*C/2.5 ... = 0.572 seg. .... alfa(TB) = 2.50

```

```

Tramo lineal O-A de periodos bajos. .... (T<TA)
Tramo constante o meseta A-B de periodos medios. .... (TA<=T<TB)
Tramo hiperbolico K*C/T de periodos altos. .... (T>TB)

```

```

- Esp=1 : Espectro de 2 tramos (NCSE-02.3.7.3),prolongando la meseta hasta
----- T=0 lo que da seguridad para periodos bajos T<TA.(NCSE-02.3.7.3)

```

Espectro adoptado Esp = 1

ACELERACIONES ESPECTRALES DE DISEYO

```

Periodo fundamental de la estructura es (seg) ..... TF = 2.548
Al ser TF <=0.75 s.,la estructura es normal y solo es necesario un modo:
Numero de modos considerados ..... Nmod = 1

```

Modo i	T(i) seg.	Q(i) %	v(i) -	mu(i) -	Beta(i) -	alfa(i) -	ac (cm/s2)	Ad(i) (cm/s2)
1	2.548	5.000	1.000	4.000	0.250	0.561	72.800	10.214

```

Periodo del modo de vibracion ..... T(i)
Porcentage de amortiguamiento asignado al modo i ..... Q(i)
Coeficiente de amortiguamiento del modo i ..... v(i) = (5/Q(i))^0.4
Ductilidad modo i ..... mu(i) = mu
Coeficiente de respuesta del modo i ..... Beta(i) = v(i) / mu(i)
Coordenada espectral correspondiente al modo i ..... alfa(i)
Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ..... ac = S * ro * ab
Aceleracion de diseno del modo i (cm/s2) ... Ad(i) = alfa(i)*Beta(i)*ac

```

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (cm/s2)

Modo 1
Base 1.0214E+01

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (cm/s2)

Planta k
1 1.0214E+01

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (cm)

```

Planta      Modo 1
  k
  1      1.6798E+00

```

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (cm)

```

Planta      Modo 1
  k
  1      6.7191E+00

```

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (cm/cm)

```

Planta      Modo 1
  k
  1      6.7191E-02

```

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

```

Planta      Modo 1
  k
  1      1.0214E+01

```

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

```

Planta      Modo 1
  k
  1      1.0214E+01
Base      1.0214E+01

```

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

```

Planta      Modo 1
  k
  1      0.0000E+00
Base      1.0214E+03

```

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	10.214	1.680	6.719	67.191	10.21	10.21	0
Base	-	-	-	x1000	-	10.21	1021

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	10.214	1.680	6.719	67.191	10.21	10.21	0
Base	-	-	-	x1000	-	10.21	1021

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	10.214	1.680	6.719	67.191	10.21	10.21	0
Base	-	-	-	x1000	-	10.21	1021

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (cm/s2)
ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k
u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (cm)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-
planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y
el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (toneladas)
Fuerzas sismicas amplificadas por excen. accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):
V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :
M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N
M(i,0) = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los
modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes
variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)
-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r=raiz (suma de ri^2)
-CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*j*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos
de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
Las respuestas F(k),V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplifi-
cado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplican-
dolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

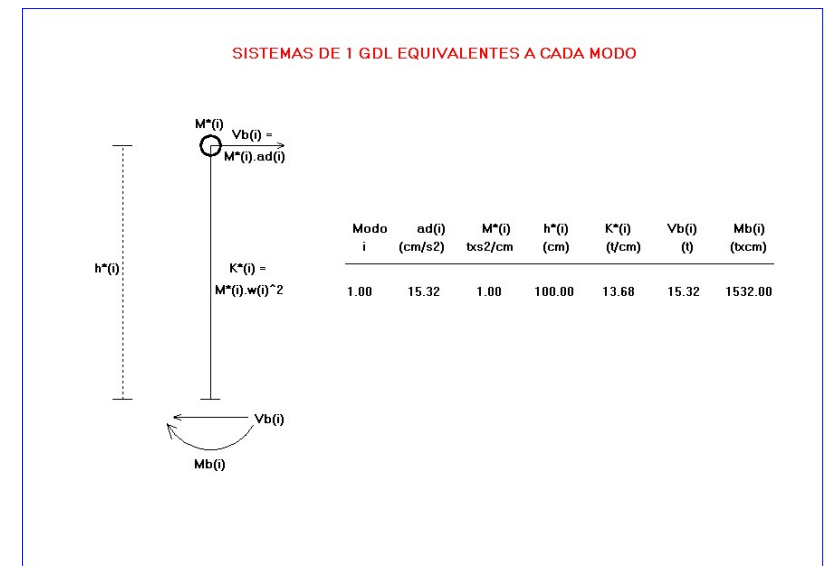
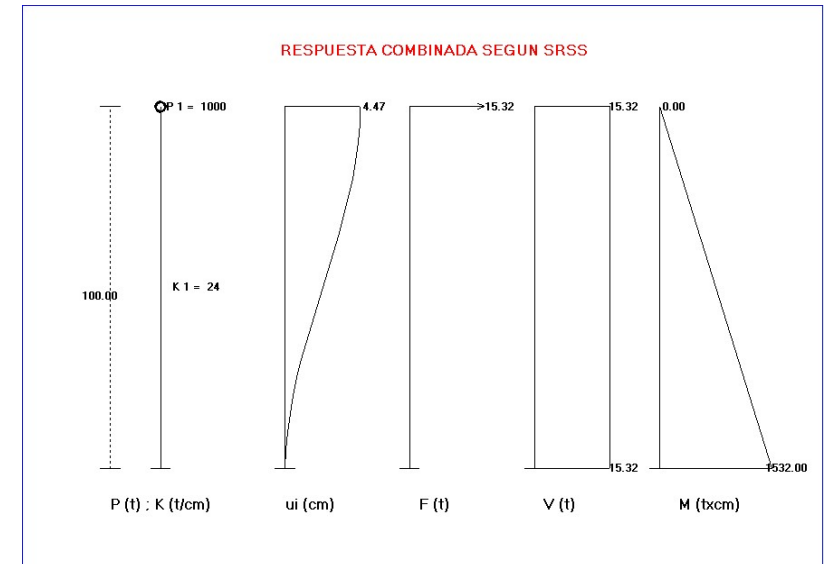
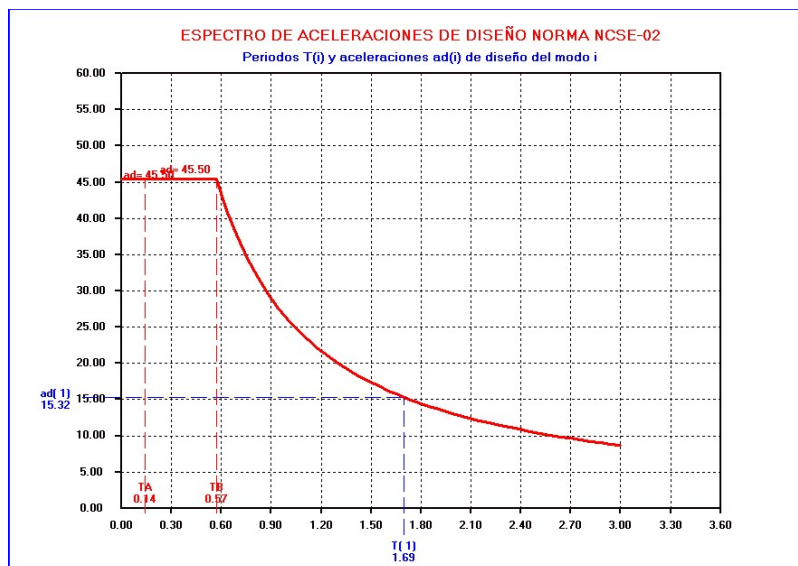
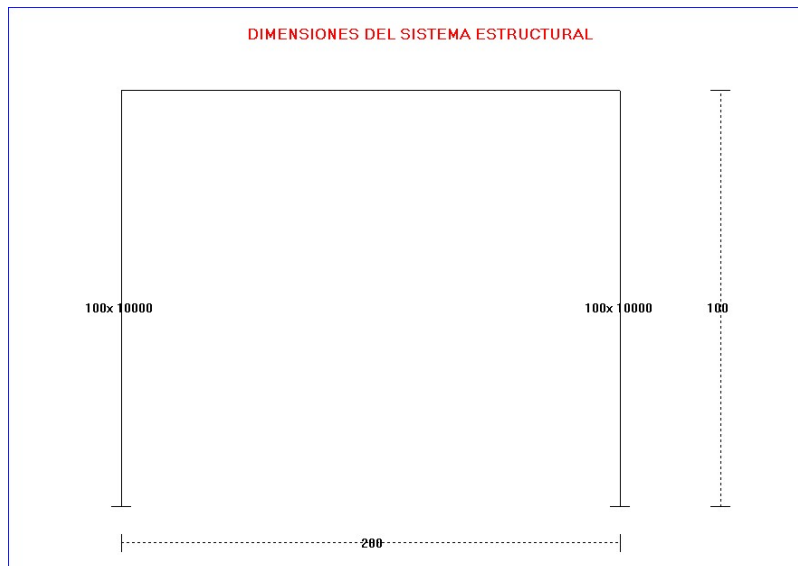
COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (cm/s2)	M*(i) t*s2/cm	H*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (txcm)
1	10.214	1.0000	100.000	6.081	10.214	1021
ABSSUM	-	-	-	-	10.214	1021
SRSS	-	-	-	-	10.214	1021
CQC	-	-	-	-	10.214	1021

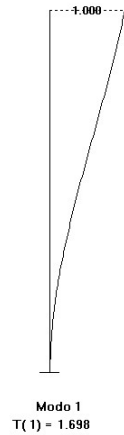
Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i)
y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa
M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sis-
tema estructural completo.

K*(i) = w(i)^2*M*(i) ; Vb(i) = M*(i)*ad(i) ; Mb(i) = Vb(i)*H*(i)

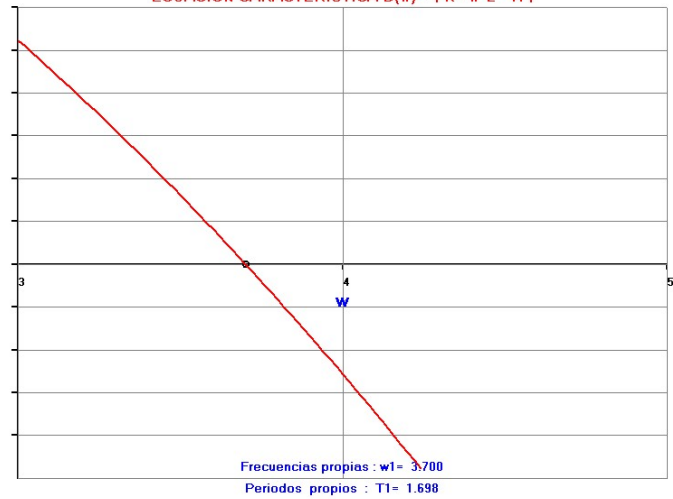
Ejemplo 15.- Pórtico Chopra MOD=2. Forjado flexible (Ib=Ic=100)



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = |K - w^2 \cdot M|$



```

=====
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"=====
"
" ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION      "
"
" Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras     "
"
" Version 1                                           Fecha : 11/01/2025 "
"
" Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025         "
"
" E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander       "
"
=====

```

```

=====
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA      "
"=====
"
" Proyecto : EJEMPLO N°15                             "
"
" Referencia : MANUAL                                 "
"
" Fecha de calculo : 13-12-2024                      "
"
=====

```

Idem. Forjado flexible ($I_b = I_c = 100$). Chopra Cap.1

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 1
 Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 2
 Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 1
 Altura de pilares inferiores constante ($h(1) = 100\text{cm}$) ... Nesc = 0

Todos los pilares estan empotrados en su base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 0
 Modulo elastico (t/cm^2) E =10000.00
 Aceleracion de la gravedad (cm/s^2) g = 1000.00
 Genera rigideces de pilares a partir de Inercias y Areas.. Irig = 2

Inercia I_c (cm^4) x Area A_c (cm^2) secciones pilares

Planta	Columna	
	1	2
1	100 x10000	100 x10000

Coefficientes de rigidez de las columnas de cada planta

Coel * Elas * Iner * Coe2 * h^3 / NY / Kl
 Coel = coef.de cimentacion 12 o 3 ; Coe2 = coef.de cortante <=1
 Para el reparto de fuerzas de inercia, cortantes y momentos totales

Planta	Columna	
	1	2
1	0.500	0.500

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl

Planta i	h(i) (cm)	Cota(i) (cm)	P(i) (t)	M(i) (t*s/cm2)	Kl(i) (t/cm)
1	100.00	100.00	1000.000	1.0000	24.00

MODELO DE EDIFICIO CON FORJADOS FLEXIBLES (MOD=2)

Inercias Ib de los forjados y rigideces relativas ro

Inercia (cm4) forjado planta iz= 1 Ib = 100.00
 Longitud (cm) del vano ix= 1 Lb = 200.00
 Planta S(EIc/h)i S(EIc/h)s S(EIc/h) S(EIb/L) ro
 1 20000 0 20000 5000 0.250
 ro = S(EIb/L) / S(EIc/h) = relacion de rigideces de vigas y columnas

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(1x1)

7.3061E-02

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(1x1)

1.3687E+01

MATRIZ DE MASAS M(1x1)

1.0000E+00

De la ecuacion característica $|K - \omega^2 M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibracion que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez Kn y de masas Mn :
 -Matriz masas modal (diagonal ortonormal): $M_n = \sum M(i,i) * B(i,n)^2 = 1$
 -Matriz de rigidez modal (diagonal): $K_n = tB * K * B$ = $\omega(n)^2$

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

T (1)
 1.6983E+00

f (1)
 5.8881E-01

w (1)
 3.6996E+00

w^2 (1)
 1.3687E+01

Planta	Modo (1)	
k		
1	1.0000E+00	

Planta	Modo (1)	
k		
1	1.0000E+00	

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
i	-	t*s2/cm	t*s2/cm	%	%	(cm)
1	1.000	1.000	1.000	100.000	100.000	100.000

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
 d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: $d(i,k) = L(j) * B(i,k)$
 L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
 M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
 M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$
 Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=i hasta modo i=i
 Por(i) = Porcentage de participacion modal del modo i
 Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
 H*(i) = Altura modal efectiva = $\sum (cota(j) * M(j,j) * B(i,j)) / L(i)$

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : $V_{bi} = M^*(i) * A_d(i)$; $M_{bi} = V_{bi} * H^*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
 Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9
	Norma = 0

ANALISIS SISMICO SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE (NCSE-02)

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (cm/s2) ab = 0.070 g = 70.000

Aceleracion de la gravedad (cm/s2) g =1000.000
 Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) K = 1.100
 Coeficiente de riesgo de la estructura ro = 1.000
 Lo que implica una vida util (anos) vida = 50.00
 Factor de amplificacion del terreno S=S(ro,C) S = 1.040
 Coeficiente del terreno C = 1.300
 Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ac = 0.073 g = 72.800

Porcentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
 Coeficiente de amortiguamiento $v = (5/Q)^{0.4}$ v = 1.000
 Ductilidad de la estructura mu = 4.000
 Coeficiente de respuesta de la estructura Beta = v/mu = 0.250

DEFINICION DEL ESPECTRO DE RESPUESTA

Opciones de espectro elastico (Esp=0) o simplificado (Esp=1) :

- Esp=0 : Espectro de respuesta elastica de 3 tramos (art.2.3 NCSE-02) :
 ----- Puntos y tramos del espectro de respuesta T - alfa(T) :
 Punto O : T0 = 0.000 seg. alfa(T0) = 1.00
 Punto A : TA = K*C/10 ... = 0.143 seg. alfa(TA) = 2.50
 Punto B : TB = K*C/2.5 ... = 0.572 seg. alfa(TB) = 2.50

Tramo lineal O-A de periodos bajos. (T<TA)
 Tramo constante o meseta A-B de periodos medios. (TA<=T<TB)
 Tramo hiperbolico K*C/T de periodos altos. (T>TB)

- Esp=1 : Espectro de 2 tramos (NCSE-02.3.7.3),prolongando la meseta hasta
 ----- T=0 lo que da seguridad para periodos bajos T<TA. (NCSE-02.3.7.3)

Espectro adoptado Esp = 1

ACELERACIONES ESPECTRALES DE DISEÑO

Periodo fundamental de la estructura es (seg) TF = 1.698
 Al ser TF <=0.75 s.,la estructura es normal y solo es necesario un modo:
 Numero de modos considerados Nmod = 1

Modo i	T(i) seg.	Q(i) %	v(i) -	mu(i) -	Beta(i) -	alfa(i) -	ac (cm/s2)	Ad(i) (cm/s2)
1	1.698	5.000	1.000	4.000	0.250	0.842	72.800	15.324

Periodo del modo de vibracion T(i)
 Porcentage de amortiguamiento asignado al modo i Q(i)
 Coeficiente de amortiguamiento del modo i v(i) = (5/Q(i))^0.4
 Ductilidad modo i mu(i) = mu
 Coeficiente de respuesta del modo i Beta(i) = v(i) / mu(i)
 Coordenada espectral correspondiente al modo i alfa(i)
 Aceleracion sismica de calculo (cm/s2) ac = S * ro * ab
 Aceleracion de diseno del modo i (cm/s2) ... Ad(i) = alfa(i)*Beta(i)*ac

R E S P U E S T A M O D A L

 Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (cm/s2)

Modulo 1
 Base 1.5324E+01

 Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (cm/s2)

Planta k	Modulo 1
1	1.5324E+01

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modulo 1
1	1.1196E+00

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (cm)

Planta k	Modulo 1
1	4.4785E+00

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (cm/cm)

Planta k	Modulo 1
1	4.4785E-02

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modulo 1
1	1.5324E+01

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (toneladas)

Planta k	Modulo 1
1	1.5324E+01
Base	1.5324E+01

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (ton. x cm.)

Planta k	Modulo 1
1	0.0000E+00
Base	1.5324E+03

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	15.324	1.120	4.478	44.785	15.32	15.32	0
Base	-	-	-	x1000	-	15.32	1532

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	15.324	1.120	4.478	44.785	15.32	15.32	0
Base	-	-	-	x1000	-	15.32	1532

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (cm/s2)	u(k) (cm)	ui(k) (cm)	du(k) cm/cm	F(k) (t)	V(k) (t)	M(k) (t x cm)
1	15.324	1.120	4.478	44.785	15.32	15.32	0
Base	-	-	-	x1000	-	15.32	1532

```

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :
a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i)          ..... (cm/s2)
ad(i)  = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (cm/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k
u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2                ..... (cm)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-
planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y
el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) ..... (toneladas)
Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (ton.):
V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N ..... Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (ton. x cm.) :
M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N
M(i,0) = Momento de vuelco en la base (ton. x cm.)

```

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)
 -SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r=raiz (suma de ri^2)
 -CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
 Las respuestas F(k),V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplificado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplicandolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

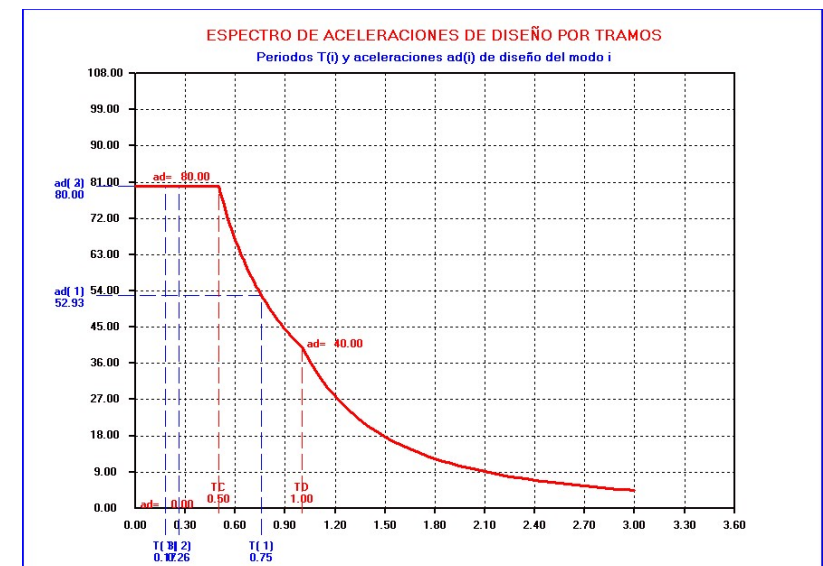
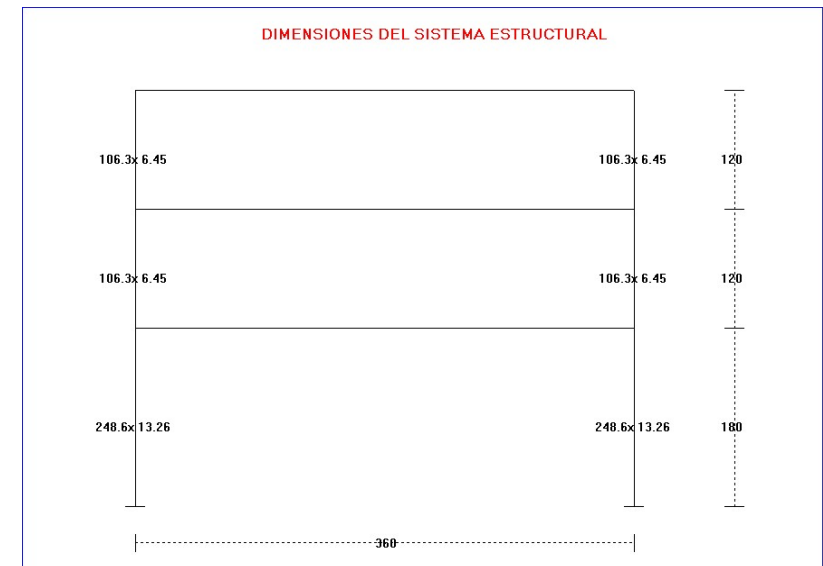
COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (cm/s2)	M*(i) t*s2/cm	H*(i) (cm)	K*(i) (t/cm)	Vb(i) (t)	Mb(i) (txcm)
1	15.324	1.0000	100.000	13.687	15.324	1532
ABSSUM	-	-	-	-	15.324	1532
SRSS	-	-	-	-	15.324	1532
CQC	-	-	-	-	15.324	1532

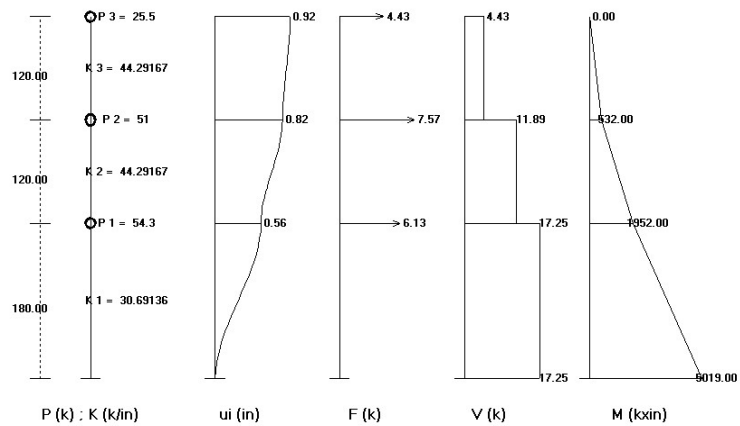
Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sistema estructural completo.

$K^*(i) = w(i)^2 \cdot M^*(i)$; $Vb(i) = M^*(i) \cdot ad(i)$; $Mb(i) = Vb(i) \cdot H^*(i)$

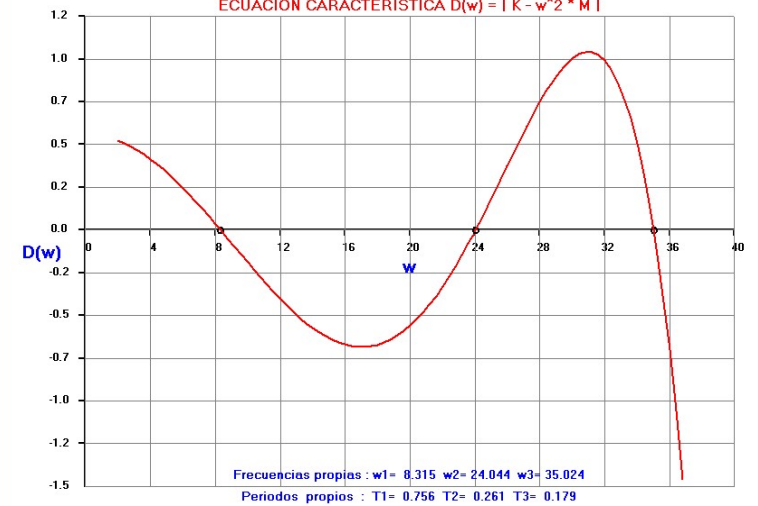
Ejemplo 16.- Sistema de 3 pisos rigidos. Bigss 126. luni=1. MOD=0



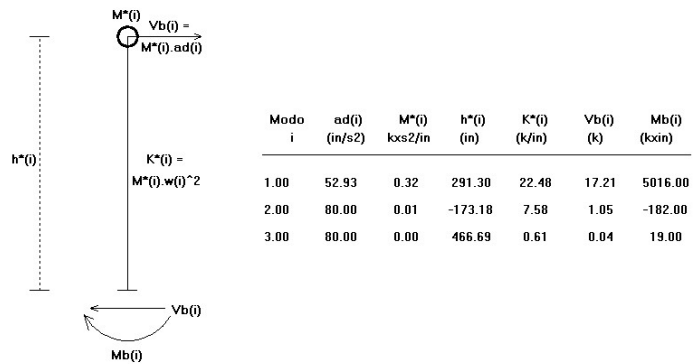
RESPUESTA COMBINADA SEGUN SRSS



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = |K - w^2 \cdot M|$



SISTEMAS DE 1 GDL EQUIVALENTES A CADA MODO



```

=====
"
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5
"          =====
"
"    ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION
"
"    Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras
"
"    Version 1                      Fecha : 11/01/2025
"
"    Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025
"
"    E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander
"
"
"
=====

```

```

=====
"
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA
"          =====
"
"    Proyecto : EJEMPLO N°16
"
"    Referencia : MANUAL
"
"    Fecha de calculo : 13-12-2024
"
"
"
=====

```

Sistema de 3 pisos rigidos. Bigss 126. Iuni=1. MOD=0

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 3
 Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 2
 Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 1
 Altura de pilares inferiores constante (h(1) = 180in) ... Nesc = 0

Todos los pilares estan empotrados en su base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 1
 Modulo elastico (Ksi=k/in2) E =30000.00
 Aceleracion de la gravedad (in/s2) g = 386.00
 Genera rigideces a partir de Inercias Iz y Areas Ac Irig = 2

Inercia Ic (in4) x Area Ac (in2) secciones pilares
 =====

Planta	Columna 1	Columna 2
1	248.6 x 13.3	248.6 x 13.3

2	106.3 x 6.4	106.3 x 6.4
3	106.3 x 6.4	106.3 x 6.4

Coefficientes de rigidez de las columnas de cada planta

Coel * Elas * Iner * Coe2 * h^3 / NY / Kl
 Coel = coef.de cimentacion 12 o 3 ; Coe2 = coef.de cortante <=1
 Para el reparto de fuerzas de inercia, cortantes y momentos totales

Planta	Columna 1	Columna 2
1	0.500	0.500
2	0.500	0.500
3	0.500	0.500

MODELO SIMPLIFICADO DE EDIFICIO DE CORTANTE (MOD=0)

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl
 =====

Planta i	h(i) (in)	Cota(i) (in)	P(i) (k)	M(i) (k*s/in2)	Kl(i) (k/in)
1	180.00	180.00	54.300	0.1407	30.69
2	120.00	300.00	51.000	0.1321	44.29
3	120.00	420.00	25.500	0.0661	44.29

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(3x3)

3.2582E-02	3.2582E-02	3.2582E-02
3.2582E-02	5.5160E-02	5.5160E-02
3.2582E-02	5.5160E-02	7.7738E-02

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(3x3)

7.4983E+01	-4.4292E+01	0.0000E+00
-4.4292E+01	8.8583E+01	-4.4292E+01
0.0000E+00	-4.4292E+01	4.4292E+01

MATRIZ DE MASAS M(3x3)

1.4067E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	1.3212E-01	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	6.6062E-02

De la ecuacion caracteristica $|K-w^2M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibracion que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez Kn y de masas Mn :
 -Matriz masas modal (diagonal ortonormal): Mn =Suma M(i,i)*B(i,n)^2=1
 -Matriz de rigidez modal (diagonal) Kn = tB*K*B = w(n)^2

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

T (1)	T (2)	T (3)
7.5560E-01	2.6132E-01	1.7940E-01

f (1)	f (2)	f (3)
1.3234E+00	3.8267E+00	5.5743E+00

w (1)	w (2)	w (3)
8.3154E+00	2.4044E+01	3.5024E+01

w ² (1)	w ² (2)	w ² (3)
6.9147E+01	5.7811E+02	1.2267E+03

Componente modal B(i,k)			
Planta	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
k			
3	2.1107E+00	-2.2430E+00	2.3772E+00
2	1.8930E+00	-3.0895E-01	-1.9722E+00
1	1.2849E+00	2.1579E+00	8.9521E-01

Factor de distribucion D(i,k)			
Planta	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
k			
3	1.2037E+00	-2.5696E-01	5.3245E-02
2	1.0796E+00	-3.5393E-02	-4.4174E-02
1	7.3274E-01	2.4721E-01	2.0051E-02

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
i	-	k*s2/in	k*s2/in	%	%	(in)
1	0.570	0.325	0.325	95.979	95.979	291.308
2	0.115	0.013	0.338	3.873	99.852	-173.182
3	0.022	0.001	0.339	0.148	100.000	466.696

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: d(i,k)=L(j)* B(i,k)
L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
M(k,K) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = L(i)^2
Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
Por(i) = Porcentage de participacion modal del modo i
Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
H*(i) = Altura modal efectiva = Suma(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : Vbi=M*(i) * Ad(i) ; Mbi=Vbi * H*(i) coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9
	Norma = 4
Numero de modos considerados	Nmod = 3

ESPECTRO DE RESPUESTA POR TRAMOS

El espectro S(T), tiene hasta 5 tramos definidos por los periodos T0=0,TA,TB,TC,TD y por las aceleraciones SA y SB :

Tramo T0-TA (Meseta) S(T) = SA
Tramo TA-TB (Lineal) S(T) = SA+(SB-SA)*(T-TA)/(TB-TA)
Tramo TB-TC (Meseta) S(T) = SB
Tramo TC-TD (Curva) S(T) = SB*TC/T
Tramo TD-oo (Curva) S(T) = SB*TC*TD/T^2

Se pueden eliminar tramos igualando periodos : Haciendo TA=T0 se elimina el tramo T0-TA. Haciendo TB=TA se elimina el tramo TB-TA. Con TD=0 se elimina el ultimo tramo.

Periodos y aceleraciones espectrales :
TA= 0.000 TB= 0.000 TC= 0.500 TD= 1.000 ; SA= 0.00 SB= 80.00
Aceleraciones espectrales SA y SB (in/s2) no reducidas por ductilidad

Ductilidad mu = 1.00
Amortiguamiento Q = 5.00

Aceleraciones de diseno = espectrales reducidas ad(i)=S(Ti)/mu(i) :

Modo (i)	T(i) (s)	Q(i) %	mu(i) -	S(Ti) (in/s2)	ad(i) (in/s2)
1	0.756	5.000	1.000	52.938	52.938
2	0.261	5.000	1.000	80.000	80.000
3	0.179	5.000	1.000	80.000	80.000

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (in/s2)

	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Base	5.2938E+01	8.0000E+01	8.0000E+01

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (in/s2)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	6.3722E+01	-2.0556E+01	4.2596E+00
2	5.7150E+01	-2.8314E+00	-3.5339E+00
1	3.8790E+01	1.9776E+01	1.6041E+00

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	9.2154E-01	-3.5558E-02	3.4725E-03
2	8.2650E-01	-4.8978E-03	-2.8809E-03
1	5.6098E-01	3.4209E-02	1.3076E-03

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	9.2154E-01	-3.5558E-02	3.4725E-03
2	8.2650E-01	-4.8978E-03	-2.8809E-03
1	5.6098E-01	3.4209E-02	1.3076E-03

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (in/in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	7.9202E-04	-2.5550E-04	5.2945E-05
2	2.2127E-03	-3.2589E-04	-3.4904E-05
1	3.1165E-03	1.9005E-04	7.2647E-06

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	4.2096E+00	-1.3580E+00	2.8140E-01
2	7.5509E+00	-3.7410E-01	-4.6692E-01
1	5.4567E+00	2.7820E+00	2.2565E-01

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	4.2096E+00	-1.3580E+00	2.8140E-01
2	1.1760E+01	-1.7321E+00	-1.8552E-01
1	1.7217E+01	1.0499E+00	4.0133E-02
Base	1.7217E+01	1.0499E+00	4.0133E-02

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (Kips x in.)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	5.0515E+02	-1.6296E+02	3.3768E+01
1	1.9164E+03	-3.7081E+02	1.1506E+01
Base	5.0155E+03	-1.8183E+02	1.8730E+01

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
3	88.538	0.961	0.961	1.100	5.85	5.85	0
2	63.515	0.834	0.834	2.573	8.39	13.68	702
1	60.170	0.596	0.596	3.314	8.46	18.31	2299
Base	-	-	-	x1000	-	18.31	5216

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
3	67.091	0.922	0.922	0.834	4.43	4.43	0
2	57.329	0.827	0.827	2.237	7.57	11.89	532
1	43.570	0.562	0.562	3.122	6.13	17.25	1952
Base	-	-	-	x1000	-	17.25	5019

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
3	66.883	0.922	0.922	0.831	4.42	4.42	0
2	57.309	0.826	0.826	2.235	7.57	11.88	530
1	43.744	0.562	0.562	3.124	6.15	17.26	1949
Base	-	-	-	x1000	-	17.26	5018

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :
 $a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i)$ (in/s2)
 ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (in/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k
 $u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2$ (in)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k
 $ui(i,k) = u(i,k) * \mu(i)$; $\mu(i)$ = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entreplanta k en el modo i :
 $du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)$

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y el modo i :
 $F(i,k) = M(i) * a(i,k)$ (kilolibra)
 Fuerzas sismicas amplificadas por excen. accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (kips):
 $V(i,k) = \text{Suma } F(i,j) \text{ desde } j=k \text{ hasta } N$ Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (Kips x in.) :
 $M(i,k) = \text{Suma } F(i,j) * (cota(j) - cota(k))$ desde j=k hasta N
 M(i,0) = Momento de vuelco en la base (Kips x in.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :
 -ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)
 -SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r =raiz (suma de ri^2)
 -CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*j*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
 Las respuestas F(k),V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplificado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplicandolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

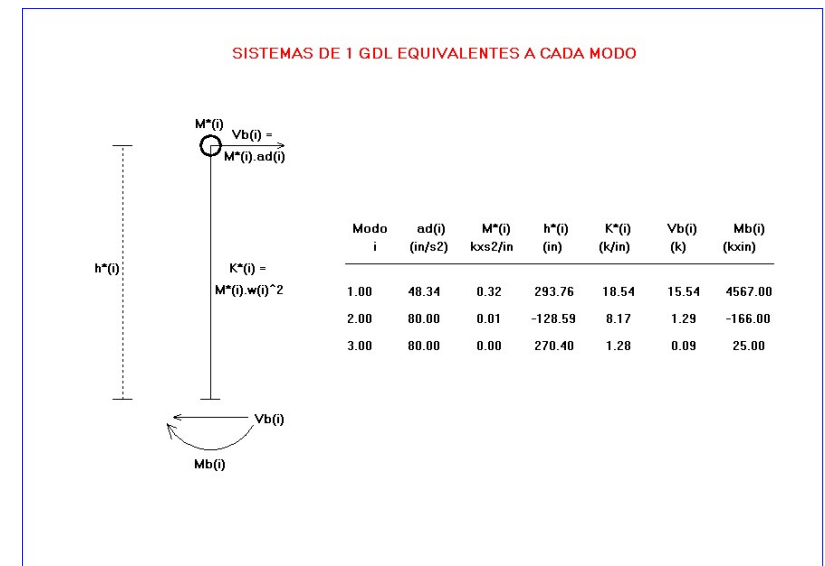
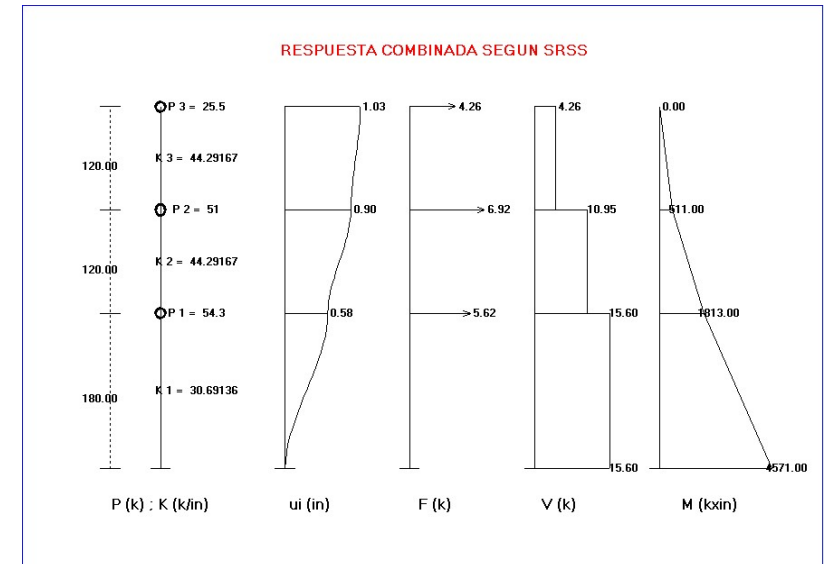
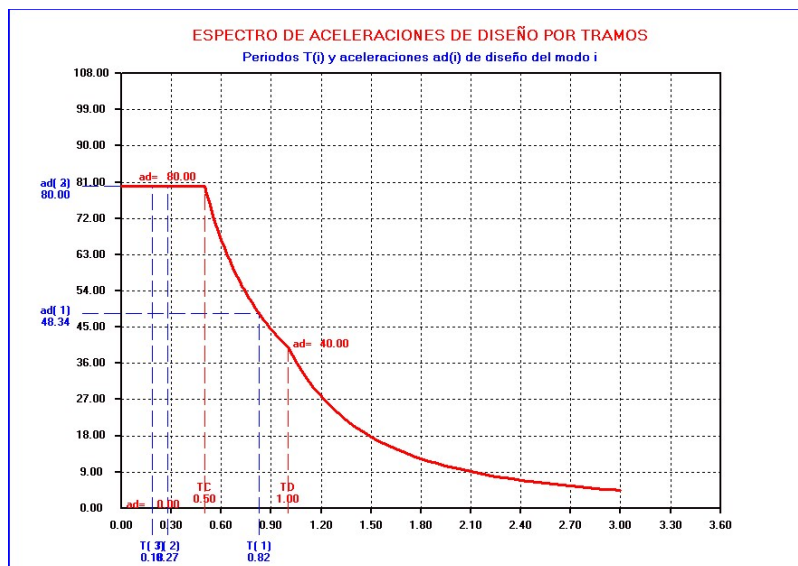
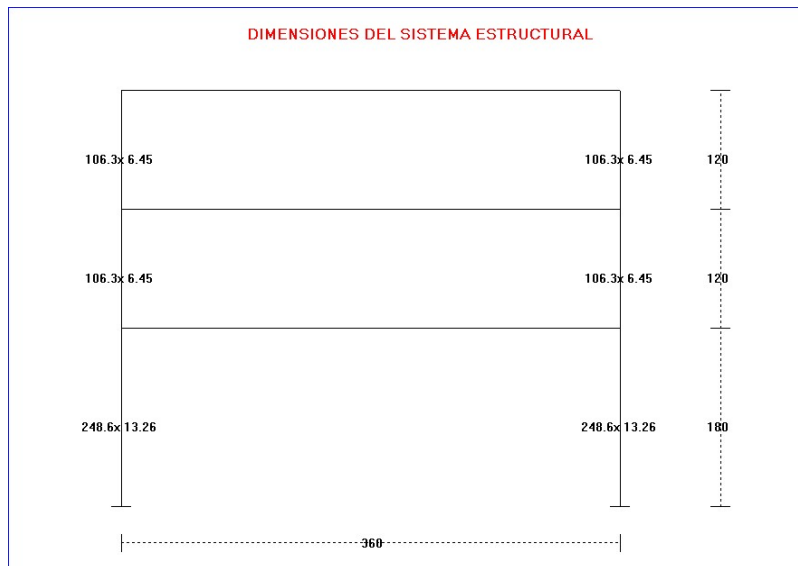
COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (in/s2)	M*(i) k*s2/in	H*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (kxin)
1	52.938	0.3252	291.308	22.489	17.217	5016
2	80.000	0.0131	-173.182	7.587	1.050	-182
3	80.000	0.0005	466.696	0.615	0.040	19
ABSSUM	-	-	-	-	18.307	5216
SRSS	-	-	-	-	17.249	5019
CQC	-	-	-	-	17.257	5018

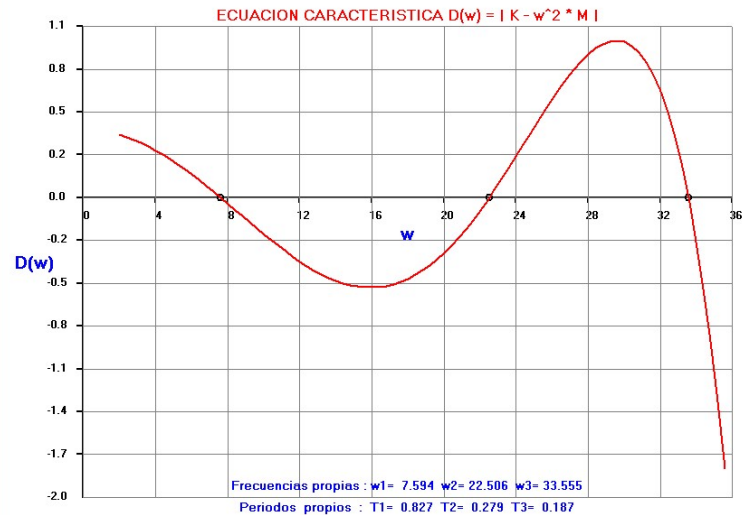
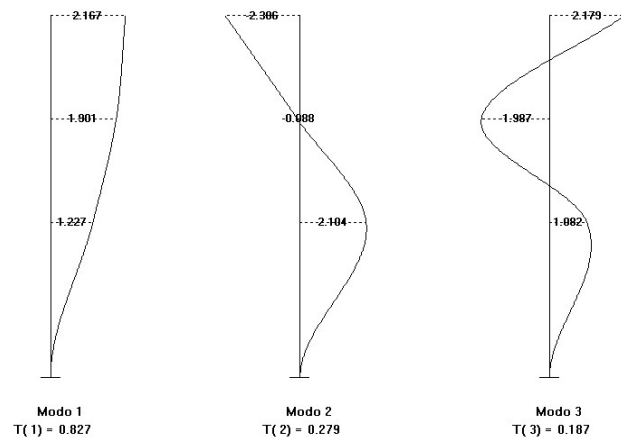
Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sistema estructural completo.
 $K*(i) = w(i)^2 * M*(i)$; $Vb(i) = M*(i) * ad(i)$; $Mb(i) = Vb(i) * H*(i)$

Ejemplo 17.- Sistema de 3 pisos con dinteles flexibles. Biggs

131. MOD=2



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"          =====          "
"                                     "
"          ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION "
"                                     "
"          Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras "
"                                     "
"          Version 1                               Fecha : 11/01/2025 "
"                                     "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025 "
"                                     "
"          E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander "
"                                     "
"          =====
  
```

```

=====
"                                     "
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA          "
"          =====          "
"                                     "
"          Proyecto : EJEMPLO N°17 "
"                                     "
"          Referencia : MANUAL "
"                                     "
"          Fecha de calculo : 13-12-2024 "
"                                     "
"          =====
  
```

Sistema de 3 pisos con dinteles flexibles. Biggs 131. MOD=2

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 3
 Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 2
 Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 1
 Altura de pilares inferiores constante (h(1) = 180in) ... Nesc = 0

Todos los pilares estan empotrados en su base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 1
 Modulo elastico (Ksi=k/in2) E =30000.00
 Aceleracion de la gravedad (in/s2) g = 386.00
 Genera rigideces de pilares a partir de Inercias y Areas.. Irig = 2

Inercia Ic (in4) x Area Ac (in2) secciones pilares

Planta	Columna	
	1	2
1	248.6 x 13.3	248.6 x 13.3

```

2      106.3 x  6.4  106.3 x  6.4
3      106.3 x  6.4  106.3 x  6.4

```

Coefficientes de rigidez de las columnas de cada planta

Coel * Elas * Iner * Coe2 * h^3 / NY / Kl
 Coel = coef.de cimentacion 12 o 3 ; Coe2 = coef.de cortante <=1
 Para el reparto de fuerzas de inercia, cortantes y momentos totales

Planta	Columna 1	Columna 2
1	0.500	0.500
2	0.500	0.500
3	0.500	0.500

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl

Planta i	h(i) (in)	Cota(i) (in)	P(i) (k)	M(i) (k*s/in2)	Kl(i) (k/in)
1	180.00	180.00	54.300	0.1407	30.69
2	120.00	300.00	51.000	0.1321	44.29
3	120.00	420.00	25.500	0.0661	44.29

MODELO DE EDIFICIO CON FORJADOS FLEXIBLES (MOD=2)

Inercias Ib de los forjados y rigideces relativas ro

Inercia (in4) forjado planta iz= 1 Ib = 2368.63
 Inercia (in4) forjado planta iz= 2 Ib = 2368.63
 Inercia (in4) forjado planta iz= 3 Ib = 1328.35

Longitud (in) del vano ix= 1 Lb = 360.00

Planta	S(EIc/h)i	S(EIc/h)s	S(EIc/h)	S(EIb/L)	ro
1	82867	53150	136017	197386	1.451
2	53150	53150	106300	197386	1.857
3	53150	0	53150	110696	2.083

ro = S(EIb/L) / S(EIc/h) = relacion de rigideces de vigas y columnas

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(3x3)

3.5916E-02	3.8192E-02	3.8329E-02
3.8192E-02	6.6183E-02	6.8026E-02
3.8329E-02	6.8026E-02	9.6943E-02

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(3x3)

7.2231E+01	-4.4226E+01	2.4753E+00
-4.4226E+01	8.1283E+01	-3.9551E+01
2.4753E+00	-3.9551E+01	3.7090E+01

MATRIZ DE MASAS M(3x3)

1.4067E-01	4.1355E-08	-3.6832E-09
4.1355E-08	1.3212E-01	-2.0957E-09
-3.6832E-09	-2.0957E-09	6.6062E-02

De la ecuacion caracteristica $[K-w^2M] = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibracion que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez Kn y de masas Mn :
 -Matriz masas modal (diagonal ortonormal): Mn = Suma M(i,i)*B(i,n)^2=1
 -Matriz de rigidez modal (diagonal) Kn = tB*K*B = w(n)^2

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

T (1)	T (2)	T (3)
8.2735E-01	2.7918E-01	1.8725E-01
f (1)	f (2)	f (3)
1.2087E+00	3.5820E+00	5.3404E+00
w (1)	w (2)	w (3)
7.5944E+00	2.2506E+01	3.3555E+01
w^2 (1)	w^2 (2)	w^2 (3)
5.7674E+01	5.0653E+02	1.1259E+03

Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
3	2.1680E+00	-2.3851E+00	2.1790E+00
2	1.9011E+00	-8.7049E-02	-1.9867E+00
1	1.2276E+00	2.1047E+00	1.0825E+00

Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
3	1.2294E+00	-3.0295E-01	7.3504E-02
2	1.0781E+00	-1.1056E-02	-6.7016E-02
1	6.9615E-01	2.6733E-01	3.6514E-02

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo i	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
1	0.567	0.322	0.322	94.903	94.903	293.764
2	0.127	0.016	0.338	4.761	99.664	-128.598
3	0.034	0.001	0.339	0.336	100.000	270.400

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
 d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: d(i,k)=L(j)* B(i,k)
 L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
 M(k,k) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
 M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = L(i)^2
 Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
 Por(i) = Porcentaje de participacion modal del modo i
 Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
 H*(i) = Altura modal efectiva = Suma(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) , cuyo cortante y momento en la base : Vbi=M*(i) * Ad(i) ; Mbi=Vbi * H*(i) coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.

Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9
	Norma = 4

Numero de modos considerados Nmod = 3

ESPECTRO DE RESPUESTA POR TRAMOS

El espectro S(T), tiene hasta 5 tramos definidos por los periodos
T0=0,TA,TB,TC,TD y por las aceleraciones SA y SB :

Tramo T0-TA (Meseta) S(T) = SA
Tramo TA-TB (Lineal) S(T) = SA+(SB-SA)*(T-TA)/(TB-TA)
Tramo TB-TC (Meseta) S(T) = SB
Tramo TC-TD (Curva) S(T) = SB*TC/T
Tramo TD-oo (Curva) S(T) = SB*TC*TD/T^2
Se pueden eliminar tramos igualando periodos : Haciendo TA=T0 se elimina el tramo T0-TA. Haciendo TB=TA se elimina el tramo TB-TA.
Con TD=0 se elimina el ultimo tramo.

Periodos y aceleraciones espectrales :
TA= 0.000 TB= 0.000 TC= 0.500 TD= 1.000 ; SA= 0.00 SB= 80.00
Aceleraciones espectrales SA y SB (in/s2) no reducidas por ductilidad

Ductilidad mu = 1.00
Amortiguamiento Q = 5.00

Aceleraciones de diseno = espectrales reducidas ad(i)=S(Ti)/mu(i) :

Modo (i)	T(i) (s)	Q(i) %	mu(i) -	S(Ti) (in/s2)	ad(i) (in/s2)
1	0.827	5.000	1.000	48.347	48.347
2	0.279	5.000	1.000	80.000	80.000
3	0.187	5.000	1.000	80.000	80.000

R E S P U E S T A M O D A L

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (in/s2)

	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Base	4.8347E+01	8.0000E+01	8.0000E+01

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (in/s2)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	5.9440E+01	-2.4236E+01	5.8803E+00
2	5.2122E+01	-8.8451E-01	-5.3613E+00
1	3.3657E+01	2.1387E+01	2.9211E+00

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	1.0306E+00	-4.7847E-02	5.2228E-03
2	9.0372E-01	-1.7462E-03	-4.7618E-03
1	5.8357E-01	4.2222E-02	2.5944E-03

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	1.0306E+00	-4.7847E-02	5.2228E-03
2	9.0372E-01	-1.7462E-03	-4.7618E-03
1	5.8357E-01	4.2222E-02	2.5944E-03

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (in/in)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	1.0574E-03	-3.8417E-04	8.3204E-05
2	2.6679E-03	-3.6640E-04	-6.1302E-05
1	3.2421E-03	2.3457E-04	1.4414E-05

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	3.9267E+00	-1.6011E+00	3.8847E-01
2	6.8866E+00	-1.1687E-01	-7.0836E-01
1	4.7347E+00	3.0085E+00	4.1092E-01

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	3.9267E+00	-1.6011E+00	3.8847E-01
2	1.0813E+01	-1.7179E+00	-3.1989E-01
1	1.5548E+01	1.2906E+00	9.1030E-02
Base	1.5548E+01	1.2906E+00	9.1030E-02

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (Kips x in.)

Planta k	Modo 1	Modo 2	Modo 3
3	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	4.7121E+02	-1.9213E+02	4.6616E+01
1	1.7688E+03	-3.9828E+02	8.2291E+02
Base	4.5674E+03	-1.6597E+02	2.4614E+01

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
3	89.556	1.084	1.084	1.525	5.92	5.92	0
2	58.368	0.910	0.910	3.096	7.71	12.85	710
1	57.965	0.628	0.628	3.491	8.15	16.93	2175
Base	-	-	-	x1000	-	16.93	4758

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
3	64.460	1.032	1.032	1.128	4.26	4.26	0
2	52.404	0.904	0.904	2.694	6.92	10.95	511
1	39.984	0.585	0.585	3.251	5.62	15.60	1813
Base	-	-	-	x1000	-	15.60	4571

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta k	a(k) (in/s2)	u(k) (in)	ui(k) (in)	du(k) in/in	F(k) (k)	V(k) (k)	M(k) (k x in)
3	64.201	1.031	1.031	1.124	4.24	4.24	0
2	52.388	0.904	0.904	2.692	6.92	10.94	509
1	40.199	0.585	0.585	3.252	5.65	15.61	1810
Base	-	-	-	x1000	-	15.61	4569

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (in/s2)

ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (in/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k

u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (in)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k

ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entreplanta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica statica equivalente para la planta k y el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (kilolibra)

Fuerzas sismicas amplificadas por excen. accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (kips):

V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (Kips x in.) :

M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N

M(i,0) = Momento de vuelco en la base (Kips x in.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes variables de proyecto asociadas a cada planta k :

a(k) , u(k) , ui(k) , du(k) , F(k) , V(k) , M(k)

Se utilizan tres tecnicas de combinaci3n de respuestas ri :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos r=suma de |ri| (No recomendada)

-SRSS = Raiz cuadrada de suma de cuadrados r =raiz (suma de ri^2)

-CQC = Combinacion cuadratica completa r=raiz (suma de ri*roi*rj)

Las dos ultimas dan resultados analogos salvo que existan periodos de vibracion parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC

Las respuestas F(k),V(k) y M(k) de cada planta del modelo simplificado de cortante, se repartiran entre las NX columnas multiplicandolas por el coeficiente de rigidez dado mas arriba.

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (in/s2)	M*(i) k*s2/in	H*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (kxin)
-----------	------------------	------------------	---------------	-----------------	--------------	-----------------

1	48.347	0.3216	293.764	18.548	15.548	4567
2	80.000	0.0161	-128.598	8.172	1.291	-166
3	80.000	0.0011	270.400	1.281	0.091	25

ABSSUM - - - - - 16.930 4758

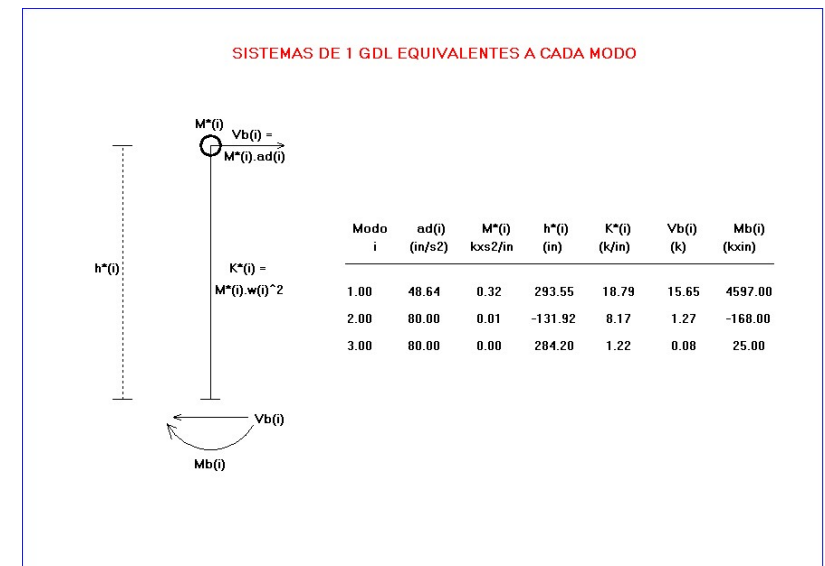
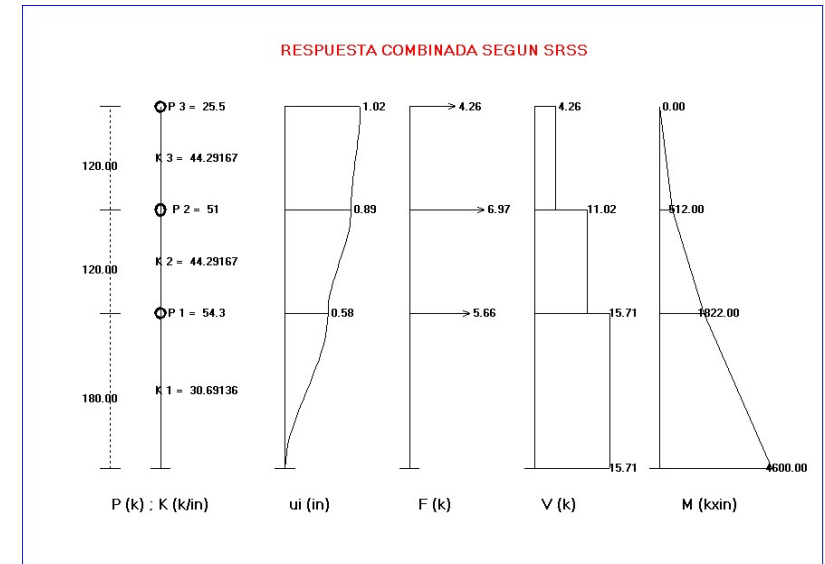
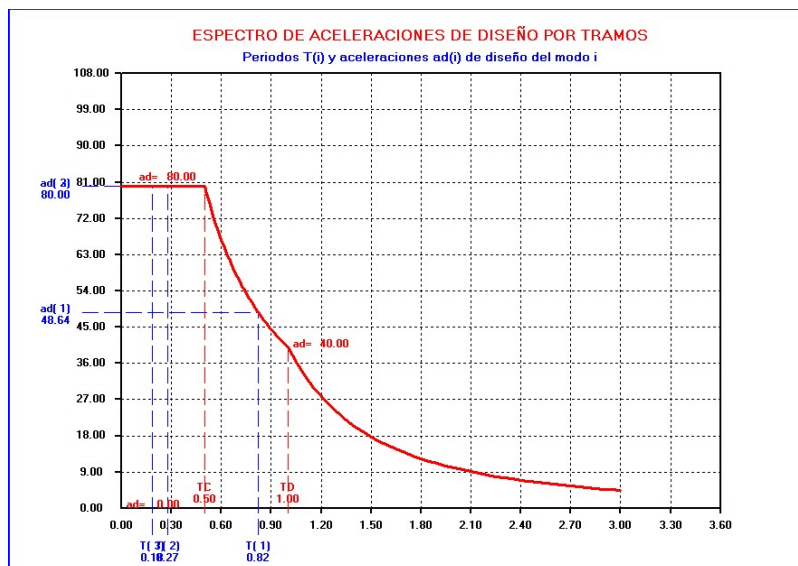
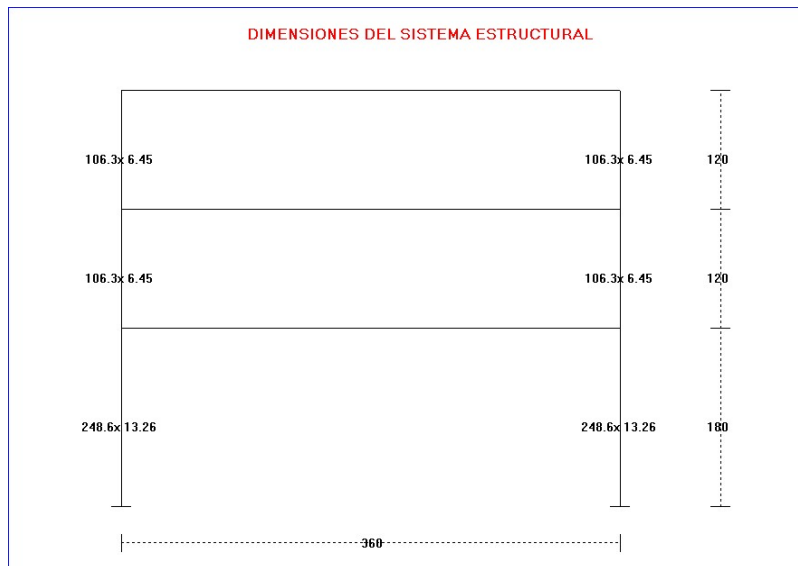
SRSS - - - - - 15.602 4571

CQC - - - - - 15.611 4569

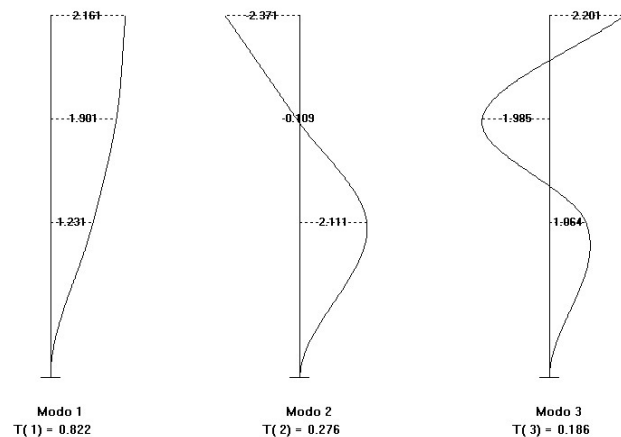
Para cada modo i, se realiza la comprobacion del cortante Vb(i) y momento Mb(i) en la base, utilizando modelos de lgdl.- de masa M*(i) , rigidez K*(i) y de altura H*(i) - , equivalentes al sistema estructural completo.

K*(i) = w(i)^2*M*(i) ; Vb(i) = M*(i)*ad(i) ; Mb(i) = Vb(i)*H*(i)

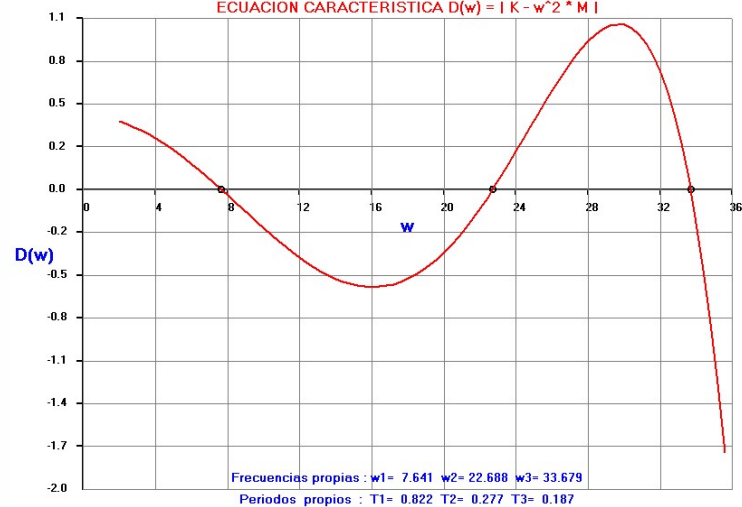
Ejemplo 18.- Sistema de 3 pisos con modelo general. Biggs 131. MOD=3



MODOS Y PERIODOS DE VIBRACION



ECUACION CARACTERISTICA $D(w) = |K - w^2 \cdot M|$



```

=====
"          P R O G R A M A   E D I S I S 2 5          "
"=====
"
" ANALISIS SISMICO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACION
"
" Normas NCSE-02; NCSR2023; Eurocodigo 8 y otras
"
" Version 1                      Fecha : 11/01/2025
"
" Copyright : J.Diaz del Valle . SA-171 2025
"
" E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander
"
=====

```

```

=====
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA          "
"=====
"
" Proyecto : EJEMPLO N°18
"
" Referencia : MANUAL
"
" Fecha de calculo : 13-12-2024
"
=====

```

Sistema de 3 pisos con modelo general. Biggs 131. MOD=3

CARACTERISTICAS GEOMECHANICAS DE LA ESTRUCTURA

Numero de plantas NP = 3
 Numero de pilares en direccion del sismo Nx = 2
 Numero de estructuras porticadas en direccion transversal.. Ny = 1
 Altura de pilares inferiores constante (h(1) = 180in) ... Nesc = 0

Todos los pilares estan empotrados en su base

Unidades (=0 : ton. ; cm. ; s) (=1 : Kips ; in. ; s) iuni = 1
 Modulo elastico (Ksi=k/in2) E =30000.00
 Aceleracion de la gravedad (in/s2) g = 386.00

MODELO GENERAL CON MATRIZ DE RIGIDEZ COMO DATO (MOD=3)

Alturas h, Cota, Peso P, Masa M, Rigidez lateral Kl

Planta i	h(i) (in)	Cota(i) (in)	P(i) (k)	M(i) (k*s/in2)	Kl(i) (k/in)
-------------	--------------	-----------------	-------------	-------------------	-----------------

1	180.00	180.00	54.300	0.1407	-
2	120.00	300.00	51.000	0.1321	-
3	120.00	420.00	25.500	0.0661	-

MATRIZ DE FLEXIBILIDAD LATERAL f(3x3)

3.5645E-02	3.7813E-02	3.7939E-02
3.7813E-02	6.5446E-02	6.7055E-02
3.7939E-02	6.7055E-02	9.5204E-02

MATRIZ DE RIGIDEZ LATERAL K(3x3)

7.2600E+01	-4.4200E+01	2.2000E+00
-4.4200E+01	8.1800E+01	-4.0000E+01
2.2000E+00	-4.0000E+01	3.7800E+01

MATRIZ DE MASAS M(3x3)

1.4067E-01	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	1.3212E-01	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	6.6062E-02

De la ecuacion característica $|K-w^2M| = 0$ se obtienen los periodos y modos de vibración que desacoplan el sistema estructural al diagonalizar las matrices de rigidez K_n y de masas M_n :
 -Matriz masas modal (diagonal ortonormal): $M_n = \sum M(i,i) * B(i,n)^2 = 1$
 -Matriz de rigidez modal (diagonal): $K_n = tB^*K*B$ = $w(n)^2$

PERIODOS T(i), FRECUENCIAS f(i), w(i) Y MODOS DE VIBRACION B(i,k)

T (1)	T (2)	T (3)
8.2227E-01	2.7694E-01	1.8656E-01

f (1)	f (2)	f (3)
1.2161E+00	3.6108E+00	5.3602E+00

w (1)	w (2)	w (3)
7.6413E+00	2.2688E+01	3.3679E+01

w ² (1)	w ² (2)	w ² (3)
5.8389E+01	5.1473E+02	1.1343E+03

Componente modal B(i,k)			
Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
3	2.1615E+00	-2.3707E+00	2.2012E+00
2	1.9019E+00	-1.0885E-01	-1.9848E+00
1	1.2318E+00	2.1115E+00	1.0645E+00

Factor de distribucion D(i,k)			
Planta k	Modo (1)	Modo (2)	Modo (3)
3	1.2263E+00	-2.9878E-01	7.2457E-02
2	1.0791E+00	-1.3718E-02	-6.5336E-02
1	6.9885E-01	2.6611E-01	3.5041E-02

MASAS EFECTIVAS ACTUANTES EN CADA MODO DE VIBRACION

Modo i	L(i)	M*(i)	Ma*(i)	Por(i)	Pora(i)	H*(i)
		k*s2/in	k*s2/in	%	%	(in)
1	0.567	0.322	0.322	94.993	94.993	293.552
2	0.126	0.016	0.338	4.687	99.680	-131.929
3	0.033	0.001	0.339	0.320	100.000	284.200

B(i,k) = Coordenada modal correspondiente al modo i y planta k
 d(i,k) = Factor distribucion planta k modo i: $d(i,k) = L(j) * B(i,k)$
 L(i) = Coef. de participacion del modo i = suma B(i,k) * M(k,k)
 M(k,k) = Masa de la planta k = Peso P(k)/g.
 M*(i) = Masa modal efectiva actuando en el modo i ... = $L(i)^2$
 Ma*(i) = Suma acumulada de M*(i) desde modo i=1 hasta modo i=i
 Por(i) = Porcentage de participacion modal del modo i
 Pora(i) = Porc. acumulado de participacion modal hasta el modo i
 H*(i) = Altura modal efectiva = Suma(cota(j)*M(j,j)*B(i,j))/L(i)

El sistema de N gdl equivale a la superposicion de N sistemas de 1 gdl de masa M*(i) y altura H*(i) ,cuyo cortante y momento en la base : $V_{bi} = M^*(i) * A_d(i)$; $M_{bi} = V_{bi} * H^*(i)$ coinciden con los obtenidos para cada modo i de la estructura de N gdl.
 Ad(i) es la aceleracion espectral de diseno para el modo i-simo

DATOS DEL ANALISIS SISMICO

Norma sismorresistente NCSE-02	Norma = 0
Norma sismorresistente NCSR 2023	Norma = 1
Norma sismorresistente Eurocodigo 8	Norma = 2
Norma sismorresistente de Puentes NCSP-07	Norma = 3
Espectros dados por 2,3,4 o 5 tramos	Norma = 4
Espectros de aceleraciones dados por puntos	Norma = 5
Dando aceleraciones pico para periodos propios	Norma = 6
Espectros de desplazamientos dados por puntos	Norma = 7
Dando desplazamientos maximos para periodos propios	Norma = 8
Generacion de espectro a partir de acelerograma	Norma = 9

	Norma = 4

Numero de modos considerados Nmod = 3

ESPECTRO DE RESPUESTA POR TRAMOS

El espectro S(T), tiene hasta 5 tramos definidos por los periodos $T_0=0, T_A, T_B, T_C, T_D$ y por las aceleraciones SA y SB :
 Tramo T0-TA (Meseta) S(T) = SA
 Tramo TA-TB (Lineal) S(T) = SA+(SB-SA)*(T-TA)/(TB-TA)
 Tramo TB-TC (Meseta) S(T) = SB
 Tramo TC-TD (Curva) S(T) = SB*TC/T
 Tramo TD-oo (Curva) S(T) = SB*TC*TD/T^2
 Se pueden eliminar tramos igualando periodos : Haciendo $T_A=T_0$ se elimina el tramo T0-TA. Haciendo $T_B=T_A$ se elimina el tramo TB-TA.
 Con $T_D=0$ se elimina el ultimo tramo.

Periodos y aceleraciones espectrales :
 $T_A=0.000$ $T_B=0.000$ $T_C=0.500$ $T_D=1.000$; $SA=0.00$ $SB=80.00$
 Aceleraciones espectrales SA y SB (in/s2) no reducidas por ductilidad

Ductilidad $\mu = 1.00$
 Amortiguamiento $Q = 5.00$

Aceleraciones de diseno = espectrales reducidas $ad(i) = S(T_i)/\mu(i)$:

Modo (i)	T(i) (s)	Q(i) %	$\mu(i)$ -	S(Ti) (in/s2)	ad(i) (in/s2)
----------	----------	--------	------------	---------------	---------------

1	0.822	5.000	1.000	48.646	48.646
2	0.277	5.000	1.000	80.000	80.000
3	0.187	5.000	1.000	80.000	80.000

RESPUESTA MODAL

Aceleraciones espectrales de diseno ad(i) (in/s2)

	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Base	4.8646E+01	8.0000E+01	8.0000E+01

Aceleraciones a(i,k) (modo i ; planta k) (in/s2)

Planta	Modo 1	Modo 2	Modo 3
k			
3	5.9656E+01	-2.3902E+01	5.7966E+00
2	5.2492E+01	-1.0975E+00	-5.2269E+00
1	3.3996E+01	2.1289E+01	2.8033E+00

Desplazamientos elasticos u(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta	Modo 1	Modo 2	Modo 3
k			
3	1.0217E+00	-4.6437E-02	5.1104E-03
2	8.9899E-01	-2.1321E-03	-4.6081E-03
1	5.8223E-01	4.1359E-02	2.4714E-03

Desplazamientos inelasticos ui(i,k) (modo i;planta k) (in)

Planta	Modo 1	Modo 2	Modo 3
k			
3	1.0217E+00	-4.6437E-02	5.1104E-03
2	8.9899E-01	-2.1321E-03	-4.6081E-03
1	5.8223E-01	4.1359E-02	2.4714E-03

Derivas du(i,k) (modo i ; planta k) (in/in)

Planta	Modo 1	Modo 2	Modo 3
k			
3	1.0225E-03	-3.6921E-04	8.0987E-05
2	2.6397E-03	-3.6243E-04	-5.8996E-05
1	3.2346E-03	2.2977E-04	1.3730E-05

Fuerzas F(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta	Modo 1	Modo 2	Modo 3
k			
3	3.9410E+00	-1.5790E+00	3.8293E-01
2	6.9354E+00	-1.4500E-01	-6.9059E-01
1	4.7824E+00	2.9948E+00	3.9435E-01

Cortantes V(i,k) (modo i ; planta k) (kilolibra)

Planta	Modo 1	Modo 2	Modo 3
k			
3	3.9410E+00	-1.5790E+00	3.8293E-01
2	1.0876E+01	-1.7240E+00	-3.0766E-01
1	1.5659E+01	1.2707E+00	8.6685E-02
Base	1.5659E+01	1.2707E+00	8.6685E-02

Momentos M(i,k) (modo i ; planta k) (Kips x in.)

Planta	Modo 1	Modo 2	Modo 3
k			
3	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2	4.7292E+02	-1.8949E+02	4.5952E+01
1	1.7781E+03	-3.9637E+02	9.0326E+00
Base	4.5967E+03	-1.6764E+02	2.4636E+01

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN ABSSUM

Planta	a(k)	u(k)	ui(k)	du(k)	F(k)	V(k)	M(k)
k	(in/s2)	(in)	(in)	in/in	(k)	(k)	(k x in)
3	89.355	1.073	1.073	1.473	5.90	5.90	0
2	58.816	0.906	0.906	3.061	7.77	12.91	708
1	58.088	0.626	0.626	3.478	8.17	17.02	2183
Base	-	-	-	x1000	-	17.02	4789

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN SRSS

Planta	a(k)	u(k)	ui(k)	du(k)	F(k)	V(k)	M(k)
k	(in/s2)	(in)	(in)	in/in	(k)	(k)	(k x in)
3	64.527	1.023	1.023	1.090	4.26	4.26	0
2	52.763	0.899	0.899	2.665	6.97	11.02	512
1	40.210	0.584	0.584	3.243	5.66	15.71	1822
Base	-	-	-	x1000	-	15.71	4600

COMBINACION MODAL DE LA RESPUESTA SEGUN CQC

Planta	a(k)	u(k)	ui(k)	du(k)	F(k)	V(k)	M(k)
k	(in/s2)	(in)	(in)	in/in	(k)	(k)	(k x in)
3	64.271	1.022	1.022	1.086	4.25	4.25	0
2	52.746	0.899	0.899	2.663	6.97	11.01	510
1	40.421	0.584	0.584	3.244	5.69	15.72	1819
Base	-	-	-	x1000	-	15.72	4599

a(i,k) = Aceleracion maxima para el modo i y la planta k :

a(i,k) = L(i) * B(i,k) * ad(i) (in/s2)

ad(i) = Aceleracion de diseno de la base en el modo i .. (in/s2)

u(i,k) = Desplazamiento elastico maximo para el modo i y planta k

u(i,k) = a(i,k) / w(i)^2 (in)

ui(i,k) = Desplazamiento inelastico maximo para modo i y planta k

ui(i,k) = u(i,k) * mu(i) ; mu(i) = Factor reductor por ductilidad

du(i,k) = Deriva o desplazamiento relativo de pisos de la entre-
planta k en el modo i : du(i,k) = (ui(i,k) - ui(i,k-1)) / h(k)

F(i,k) = Fuerza sismica estatica equivalente para la planta k y
el modo i : F(i,k) = M(i) * a(i,k) (kilolibra)

Fuerzas sismicas amplificadas por excen.accidental = 1.3 * F(i,k)

V(i,k) = Esfuerzo cortante en la planta k del modo i (kips):

V(i,k) = Suma F(i,j) desde j=k hasta N Vbase = V(i,0)

M(i,k) = Momento flector en la planta k del modo i (Kips x in.) :

M(i,k) = Suma F(i,j) * (cota(j) - cota(k)) desde j=k hasta N

M(i,0) = Momento de vuelco en la base (Kips x in.)

Las variables modales anteriores (ri), se combinan para todos los
modos de vibracion (i=1 a Nmod) , proporcionando las siguientes

variables de proyecto asociadas a cada planta k :

$a(k)$, $u(k)$, $u_i(k)$, $du(k)$, $F(k)$, $V(k)$, $M(k)$

Se utilizan tres técnicas de combinación de respuestas r_i :

-ABSSUM = Suma de valores absolutos $r = \text{suma de } |r_i|$ (No recomendada)
 -SRSS = Raíz cuadrada de suma de cuadrados $r = \text{raiz}(\text{suma de } r_i^2)$
 -CQC = Combinación cuadrática completa $r = \text{raiz}(\text{suma de } r_i \cdot r_{ij} \cdot r_{ji})$

Las dos últimas dan resultados análogos salvo que existan periodos de vibración parecidos, en cuyo caso se recomienda CQC
 Las respuestas $F(k)$, $V(k)$ y $M(k)$ de cada planta del modelo simplificado de cortante, se repartirán entre las NX columnas multiplicándolas por el coeficiente de rigidez dado más arriba.

COMPROBACION CON MODELOS EQUIVALENTES DE 1 GDL.

Modo i	ad(i) (in/s2)	M*(i) k*s2/in	H*(i) (in)	K*(i) (k/in)	Vb(i) (k)	Mb(i) (kxin)
1	48.646	0.3219	293.552	18.795	15.659	4597
2	80.000	0.0159	-131.929	8.176	1.271	-168
3	80.000	0.0011	284.200	1.229	0.087	25
ABSSUM	-	-	-	-	17.016	4789
SRSS	-	-	-	-	15.710	4600
CQC	-	-	-	-	15.720	4599

Para cada modo i, se realiza la comprobación del cortante $Vb(i)$ y momento $Mb(i)$ en la base, utilizando modelos de 1gdl.- de masa $M^*(i)$, rigidez $K^*(i)$ y de altura $H^*(i)$ - , equivalentes al sistema estructural completo.

$K^*(i) = w(i)^2 \cdot M^*(i)$; $Vb(i) = M^*(i) \cdot ad(i)$; $Mb(i) = Vb(i) \cdot H^*(i)$

COLECCIÓN CAMINOS

MAS DE 100 PROGRAMAS DE ORDENADOR
ADAPTADOS A LAS NORMATIVAS ACTUALES

WINDOWS XP, VISTA, WIN 7, 8, 10 y 11

VERSION 2025

Desarrollados por

Julián Díaz del Valle
Catedrático de la Escuela de
Ingenieros de Caminos de Santander
1975-2017

PRECIO = 150€_{+iva}

www.diaval.es

LISTA DE PROGRAMAS :

EDISIS25 : Cálculo sísmico de estructuras de edificación con normativas NCSE-02, NCSR2023,y Eurocódigo 8. Análisis mediante todo tipo de espectros de respuesta y estudio dinámico por integración de acelerogramas.

PONSIS25 : Cálculo sísmico de puentes con normas NCSP-07 y Eurocódigo 8 y otras. Todo tipo de tableros (Losa aligerada o maciza, sección cajón, tablero de vigas). Pilas circulares y rectangulares macizas o huecas. Aisladores y disipadores.

ACCIONES : Calcula las acciones en puentes de carretera y ferrocarril debidas al viento, temperatura, sismo, frenado, fuerza centrífuga y nieve. Según IAP, IPF07 y NCSP07

ACUIFERO : Acuíferos en régimen variable.

ALEATO : Vibraciones aleatorias de sistemas de uno o varios grados de libertad, obteniendo su respuesta estadística. Genera espectros estocásticos, Terremotos sintéticos compatibles etc.

ARCOGRAV : Comprobación mecánica de presas arco-gravedad,, según las hipótesis de las Guías Técnicas de Seguridad de Presas.

ARCOGRAI : Comprobación mecánica de presas arco-gravedad, según las hipótesis de la Instrucción de Grandes Presas.

ARIETE : Análisis del golpe de ariete en sistemas hidráulicos.

ARTICULA : Análisis de estructuras espaciales de barras articuladas.

ATIRANTA : Puentes atirantados. Cálculo lineal y no lineal de esfuerzos, reacciones y desplazamientos. Trenes de carga, Lineas de Influencia, Pandeo.

BLAST : Presiones producidas por explosión sobre un edificio + Análisis estructural elastoplástico..

CABLES : Cables aislados,continuos;redes de cables. Membranas y cubiertas.

CAJON : Puentes de sección cajón. Considera por separado, los mecanismos de flexión longitudinal y transversal, torsión uniforme y de alabeo y distorsión.

CAMPOS : Programa de elementos finitos para mecánica de fluidos y suelos.

CAUCE : Canales, cauces naturales, cuencas y embalses.

CHIMENEA : Chimeneas de equilibrio.

CIMENTA : Zapatas. Vigas flotantes. Losas de cimentación. Pilotajes

COLGANTE : Puentes colgantes. Cálculo lineal y no lineal de esfuerzos, reacciones y desplazamientos , Lineas de Influencia, Trenes de carga

CONCEN : Difusión de fuerzas concentradas actuando en anclajes de pretensado , apoyos de puentes y vigas de gran canto.

CONEXION : Unión de piezas con pernos, tornillos y/o soldaduras, sometidas a acciones múltiples de flexión, cortante y axil.

CONSOLIDA : Consolidación y expansión de terrenos. Evolución temporal de tensiones efectivas, sobrepresiones intersticiales y asentos para cualquier historia de cargas.

CONTORNO : Elasticidad y problemas de Potencial con el Método de los Elementos de Contorno.

CONTRAFU : Comprobación mecánica de presas de contrafuertes. Estabilidad y Análisis Tensional según Guías Técnicas de Seguridad de Presas..

CONTRAFI : Comprobación mecánica de presas de contrafuertes. Estabilidad y Análisis Tensional según la Instrucción de Grandes Presas.

CUBIERTA : Generación y cálculo de cubiertas antifuniculares rebajadas, de cualquier geometría en planta y sometidas a estados de cargas gravitatorios.

DEPOSITO : Depósitos de hormigón armado y/o pretensado o metálicos de planta rectangular y circular.

DIFERIDA : Estructuras frente a la fluencia, retracción y fisuración.

DINEST : Cálculo dinámico y sísmico de todo tipo de estructuras.

DIN1GDL : Sistemas dinámicos de 1gdl con componentes elásticos y plásticos y dispositivos de disipación y frenado frente a todo tipo de excitaciones.

DIQUE : Diseño y cálculo de diques marítimos verticales.

EDIF : Cálculo y armado de pórticos de edificación.

ELASPLAS : Análisis elastoplástico de vigas continuas de hormigón, metálicas o mixtas, definidas por los diagramas Momento-Curvatura de sus secciones.

ELASTICO : Programa general de elasticidad con elementos finitos.

ESPACIAL : Cálculo de esfuerzos y desplazamientos de estructuras 3D.

EMPUJA : Puentes empujados. Envolvente de esfuerzos y movimientos en tablero y pilas durante el empuje. Utilización de pico de avance y atirantamientos: Optimización del pico.

ESTRIBOS : Cálculo y armado de todo tipo de estribos de puente.

ESTRUC : Cálculo y armado de cualquier tipo de estructuras planas.

FFCC : Calculo de puentes de ferrocarril de hormigón armado y pretensado.

FILTRA : Análisis de filtraciones con el método de los elementos finitos.

FORJADOS : Cálculo y armado de forjados uni y bidireccionales.

GALERIA : Calculo y armado de estructuras enterradas.

GALEMEF : Interacción terreno-galería utilizando elementos finitos.

GALERKIN : Métodos numéricos para ecuación de Poisson.

GDESP : Análisis de estructuras planas en teoría de 2º orden. Obtiene la carga de pandeo global y el modo correspondiente.

GRAF : Dibujo de curvas y superficies

HCAMPOS : Problemas Teoría de Campos con elementos finitos de alto grado

HELASTIC : Elementos finitos de alto grado en medios continuos elásticos

HELICOIDAL: Vigas de acero u hormigón para escaleras y rampas helicoidales.

IMPRONTA: Análisis dinámico simplificado de puentes isostáticos de ferrocarril.

INFLUEN : Lineas de Influencia en vigas y estructuras planas y Superficies de Influencia de placas a flexión de cualquier planta y canto constante o variable.

INTERCAM : Análisis térmico de paredes, aletas e intercambiadores de calor.

IOPERA : Investigación operativa : Programación lineal y no lineal. Programación dinámica. Transporte y asignación. Redes. Juegos y decisiones. Control de proyectos. Almacenes. Colas y simulaciones. Series temporales. etc.

ISOSTA : Cálculo y representación de estados tensionales en vigas y en dominios rectangulares.

JULIAN : Obtiene longitudes de pandeo de los soportes de estructuras porticadas de varios vanos y plantas.

LAMINAS : Análisis estático y dinámico de todo tipo de láminas y membranas.

LAMREV : Láminas de revolución : Depósitos de HA y HP con o sin cubierta. Digestores. Recipientes metálicos a presión. Calderas. Tubos zunchados y rigidizados. etc.

LINEAS : Cálculo mecánico de líneas de transporte de energía eléctrica.

LOSA : Flexión de losas rectangulares, oblicuas y circulares, de canto constante o variable con aligeramientos .

LSTMEF : Elasticidad bidimensional con elementos finitos cuadráticos.

MAQUINAS : Análisis dinámico de cimentaciones de máquinas vibratorias.

MALLA : Mallas de elementos finitos.

MARCO : Marcos y pórticos de hormigón para pasos inferiores.

MARKOV : Predicción del deterioro y optimización de planes de mantenimiento en puentes, estructuras y pavimentos, utilizando cadenas de Markov.

MECANO : Análisis al límite (rotura) de vigas, pórticos y arcos. Opciones de dimensionamiento, comprobación y estructuras de peso mínimo.

MEF1D: Curso básico e interactivo del Método de los Elementos Finitos en problemas unidimensionales de Ingeniería.

MEKANISMOS: Análisis cinemático y dinámico de mecanismos planos.: Biela-manivela; Cuadrilátero articulado; Doble deslizadera; De Witwork; Plataformas elevadoras etc.

METALICA : Vigas metálicas continuas según Eurocódigo y Código Técnico. Cálculo elástico, plástico, o elastoplástico. Comprobaciones a flexión, cortante, abolladura por cortante y vuelco lateral.

MIXTOS : Puentes de hormigón y acero. Secciones biáxenes y en cajón, con rigidizadores y diafragmas de diversos tipos. Análisis global según proceso constructivo y verificación de ELU y ELS según RPX.

MOVIL : Análisis dinámico de vigas y puentes carreteros al paso de cargas móviles y vehículos de ejes múltiples.

MUROS : Muros : a) de gravedad, b) en ménsula, c) de contrafuertes, d) de bandejas, e) de sótano, f) pantallas y tablestacas

ORTOTROP : Programa de losa ortótropa para tableros de puentes.

OVOIDE : Redes de saneamiento con conducciones de todo tipo: Ovoides, colectores y galerías con o sin canal inferior.

PARRILLA : Cálculo de emparrillados de planta arbitraria.

PILAS : Análisis y diseño de pilas de puente.

PILATAB : Reparto de las acciones horizontales que actúan sobre el tablero.

PLACA : Flexión de placas delgadas de geometría, apoyos y cargas generales

PLASPUSH : Análisis elastoplástico de estructuras sometidas a la acción conjunta de cargas fijas y variables obteniendo las curvas de capacidad.

PLASTICO : Análisis elastoplástico evolutivo por formación de sucesivas articulaciones plásticas, hasta alcanzar la ruina total o parcial de estructuras 2D

PLEGADA : Programa de láminas plegadas para puentes. Obtiene esfuerzos y tensiones en cada chapa del tablero.

PONVIGAS : Puentes de vigas de hormigón pretensado o postensado para carreteras o ferrocarril.

PONTARCO : Puentes arco. Cálculo lineal y no lineal de esfuerzos, reacciones y desplazamientos. Trenes de carga, Líneas de Influencia, Pandeo.

PRESA : Comprobación mecánica de presas de gravedad. Estabilidad y Análisis Tensional según Guías Técnicas de Seguridad de Presas..

PRESAI : Comprobación mecánica de presas de gravedad. Estabilidad y Análisis Tensional según la Instrucción de Grandes Presas.

PRETEN : Forjados y vigas continuas de hormigón pretensado.

PROFILE : Visualiza y analiza la rugosidad de los perfiles de pavimentos de carreteras y autopistas, obteniendo índices para su valoración.

PRONTUARIO : Esfuerzos, deformadas y Líneas de Influencia de vigas continuas y placas. Pórticos, arcos, cerchas, naves. Vigas de gran canto y vigas winkler.

PUENTE : Cálculo y diseño de puentes de carretera de hormigón armado y pretensado.

PUSHOVER : Diseño sísmico por desempeño de estructuras de edificación y puentes. (A partir de la Curva de Capacidad y el Espectro de Demanda)

RED : Cálculo hidráulico y optimización de redes de tuberías.

RESIDUOS : Métodos numéricos de integración en la Mecánica de los Medios Continuos : Galerkin, Mínimos cuadrados, Colocación, Colocación+Mínimos cuadrados, Momentos y Funciones de ponderación Generales.

SALTO : Análisis hidráulico y de explotación de saltos hidroeléctricos.

SECCION : Secciones de hormigón armado-pretensado, metálicas y mixtas.

SEGUIDOR : Cálculo mecánico de paneles solares orientables de grandes dimensiones.

SHEARWALL : Edificios a base de muros + marcos y rascacielos a base de núcleos + vigas rigidizantes. Varios modelos de cálculo (MEF, MCA ,etc).

SISMICO : Acciones sísmicas. Espectros de respuesta elásticos o elastoplásticos. Espectros de Fourier. Generación de acelerogramas sintéticos compatibles. Normas NCSE02, NCSP07, Eurocódigo 8 y otras.

SISMODEP : Análisis sísmico de depósitos circulares, rectangulares o de cualquier forma, elevados o sobre el suelo, según varias normas sismorresistentes.

TABLERO : Puentes de vigas y losa superior. Obtiene características del tablero, desplazamientos, tensiones y esfuerzos de flexión y torsión mixta.

TALUD : Estabilidad de taludes con perfiles complejos, estratos múltiples, variación temporal del nivel freático, anclajes y todo tipo de acciones exteriores.

TENSION : Análisis tensional y criterios de plastificación.

TERMICO : Transmisión del calor por conducción y convección obteniendo la distribución de temperaturas en 1, 2 y 3 dimensiones, tanto en estado estacionario como transitorio.

TERRENO : Obtención de tensiones y desplazamientos en terrenos , debidos a cualquier distribución de cargas superficiales.

PEDIDOS

TIEREF : Diseño y cálculo de muros y estribos de tierra armada.

TORSION :: Torsión uniforme e impedida en cualquier sección .

TRENES : Cálculo dinámico de puentes de ferrocarril. Alta velocidad. Aceleraciones y resonancias. Coeficientes dinámico y de impacto. Todo tipo de trenes.

TUBOMECA : Cálculo mecánico de tuberías enterradas y exteriores.

VIATAB : Interacción vía-tablero en puentes de ferrocarril debido a variaciones de temperatura, frenado-arranque y flexión por cargas verticales.

VIATERM : Interacción vía-estructura en tableros continuos e isostáticos de varios vanos.

VIBRA : Vibración de sistemas con múltiples grados de libertad y componentes tipo muelle, amortiguador, frenos con holgura y elementos de fricción.

VIGA : Vigas simples o continuas, de planta recta o curva, sección constante o variable a flexo-torsión mixta. Apoyos rectos y oblicuos. Giros y alabeos libres o impedidos

VIGACOL : Vigas-columna simples y/o continuas, de sección constante o variable y de material elástico o elastoplástico, frente a la acción acoplada de cargas axiales y transversales. Calcula carga crítica y modo de pandeo y efectos de primer y segundo orden, así como su evolución hasta rotura.

VIGAOPTI : Optimización de vigas continuas metálicas, por programación lineal, programación dinámica, conteo, dimensionamiento con perfil básico+ refuerzo

VIGAPLAS : Cálculo elastoplástico y en rotura de vigas continuas de sección variable.

VIGARMON : Análisis armónico, mediante series de Fourier de vigas isostáticas o hiperestáticas.

VISCOELAS : Fluencia y relajación con diversos modelos reológicos: Eurocodigo, Kelvin, Maxwell, Boltzman y modelos generales definidos por el usuario. Obtiene respuesta temporal para cualquier historia de carga

OFERTAS :

OFERTA nº1 .- Colección Completa Caminos :
Programas 150€ + Gastos de envío 12€ + IVA 34€ = 196 €

OFERTA nº2 .- Dos programas lanzados en 2025 :
(EDISIS25+PONSIS25) 70 € + Gastos de envío 11€+IVA 17€ =98 €

OFERTA nº3 .- Un programa cualquiera de la Colección :
70 € + Gastos de envío 11 € + IVA 17 € = 98 €

----- 0 -----

El pedido será directo al autor, siguiendo estos pasos

1. - Transferencia bancaria de 196 € ó 98 € a la cuenta N°
ES59-0234-0001-0224-0027-2680
Titular Julián Díaz del Valle

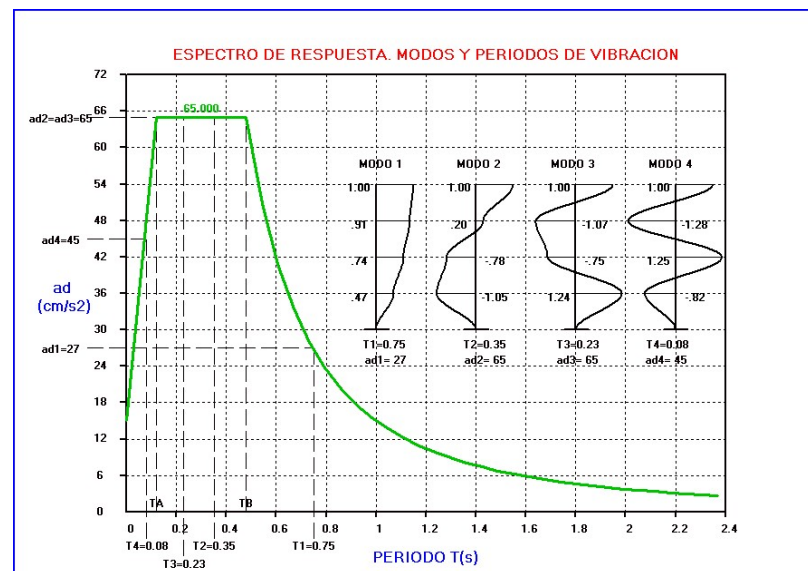
2.- Envío de copia de transferencia al correo electrónico
informacion@diaval.es

Indicando el nº de oferta (si es necesario).
Se indicarán también las direcciones de envío y de facturación (Nombre, empresa, NIF ; email y móvil)

El envío se realizará por mensajería en un plazo de 24 horas.
La factura se incluirá en el envío.

DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS :

EDISIS25

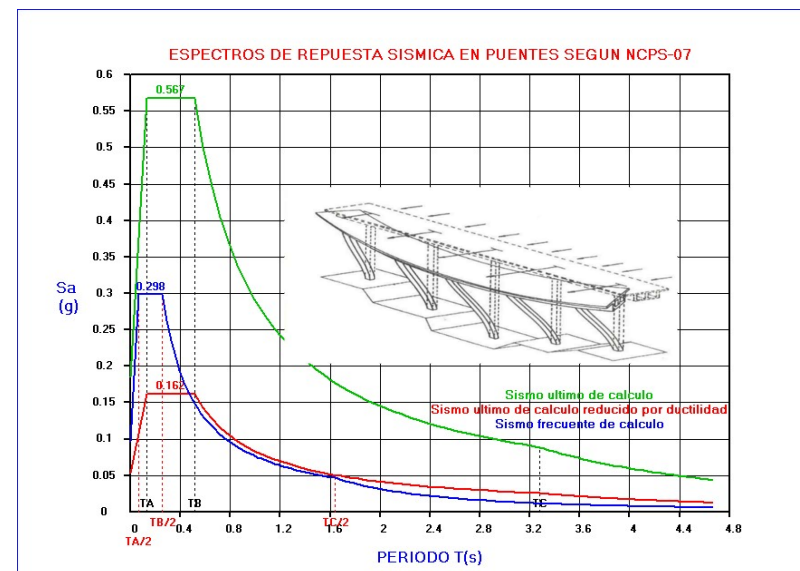


Campo de aplicación: Cálculo sísmico de estructuras de edificación con pilares y/o muros de cortante con cualquier número de plantas y vanos. Adaptado a las normas sismorresistentes actuales NCSE02, NCSR 2023, y Eurocódigo 8. También se puede utilizar con otras normativas, definiendo su espectro de respuesta o incluso dando las aceleraciones de diseño para los periodos de interés. Además del análisis espectral permite el estudio dinámico por integración de acelerogramas compatibles.

Métodos : Considera 4 modelos de estructura : a)Dinteles infinitamente rígidos o edificio de cortante, b)Dinteles sin rigidez a flexión, c)Dinteles flexibles, d)Matriz de rigidez general. A partir de las matrices de rigidez y masas obtenidas realiza el análisis modal calculando los modos y frecuencias de vibración.

Resultados : Calcula las aceleraciones de diseño modales , obteniendo en cada planta, los desplazamientos elásticos e inelásticos, derivas, fuerzas sísmicas equivalentes, cortantes y momentos. Realiza la combinación modal de la respuesta según las técnicas ABSSUM, SRSS y CQC.

PONSIS25



Campo de aplicación : Análisis sísmico de puentes según las normas sismorresistentes NCSP-07 y Eurocódigo 8 y otras dadas por su espectro de respuesta.

Analiza tableros rectos de todo tipo : Losa aligerada o maciza, sección cajón y tablero de vigas. Considera pilas de sección circular o rectangular, macizas o huecas, con uno o varios fustes y aislamientos elastoméricos y amortiguadores disipadores de energía.

Métodos : Considera el método del modo fundamental, utilizando, según convenga, los modelos de tablero rígido y/o tablero flexible. Para situaciones con ductilidad elevada, obtiene el diagrama M-C de las pilas y de ahí su rigidez eficaz, a la que también contribuyen la rigidez a torsión y flexión transversal del tablero. Para situaciones no lineales, utiliza el método de integración dinámica en el tiempo de los acelerogramas de cálculo o bien el método del empuje incremental (pushover)

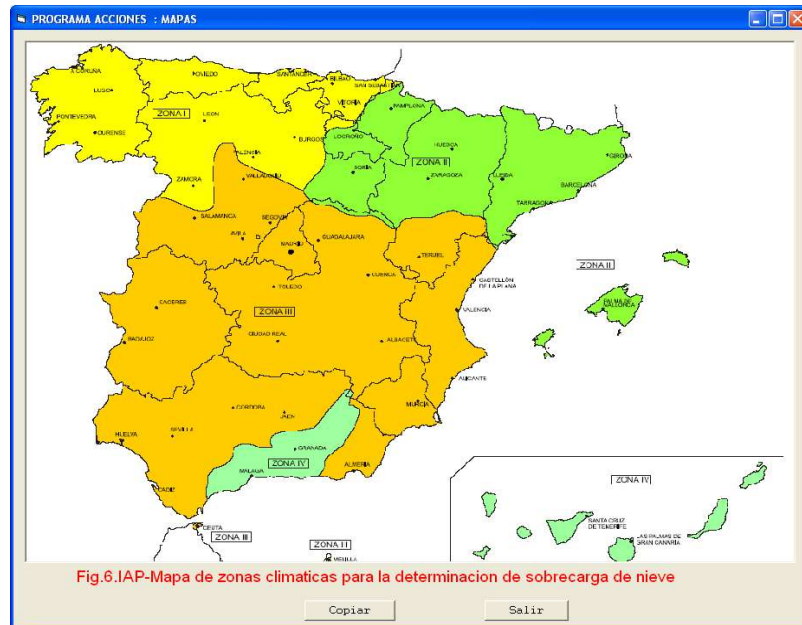
Resultados : Obtiene masas y rigideces y de ahí, modos y periodos de vibración para los sismos longitudinal y transversal. Finalmente obtiene los esfuerzos (momentos y cortantes), desplazamientos y distorsiones, así como los efectos de 2º orden.

ACCIONES

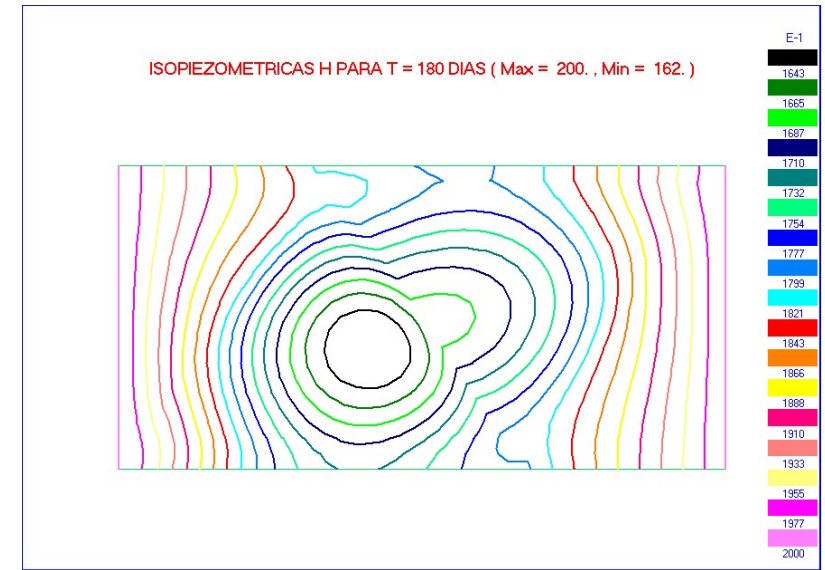
Campo de aplicación: Obtiene las acciones en puentes debidas al viento, a las variaciones de temperatura, al sismo, las fuerzas de frenado y centrífuga y las sobrecarga de nieve.

Considera todo tipo de puentes de hormigón, metálicos y mixtos ya sea de carretera o de ferrocarril y cualquier tipología (tableros de vigas, losas, secciones cajón etc).

Cálculo: se ajusta a la normativa vigente de acciones de puentes de carretera (IAP), de ferrocarril (IAPF-07) y a la norma sismorresistente de puentes (NCSP-07).



ACUIFERO



Campo de aplicación: Análisis de acuíferos confinados en regimen variable. Estrategias de explotación a partir de su flujo y de los mecanismos de recarga y descarga. Estudios hidrológicos regionales y homogenización de datos disponibles.

Datos de entrada : Generación automática de la geometría y del mallado del acuífero. Los datos hidrogeológicos (transmisibilidad y coeficiente de almacenamiento) pueden variar por zonas. Admite todo tipo de acciones exteriores : recargas por infiltración directa de la precipitación, rios, recarga artificial, bombeos, fuentes etc. Para el proceso de calibración del modelo, se suministraran los datos de los niveles que se conozcan.

Calculo : Combina el Método de los Elementos Finitos para discretizar la geometría, con la técnica de diferencias finitas para la integración implícita en el tiempo.

Resultados : Obtiene las isopiezas $h(x,y)$ en distintos instantes (t_i) y la evolucion temporal del nivel $h(t)$ en puntos prefijados. Tambien se obtiene el campo de velocidades y caudales del acuífero. Los resultados anteriores se presentan numérica y gráficamente.

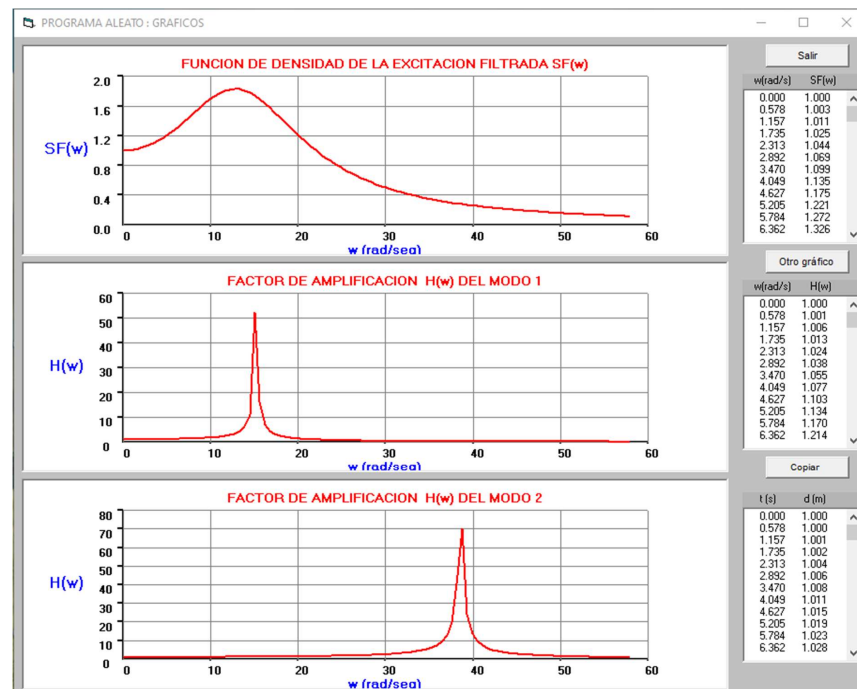
ALEATO

Campo de aplicación: Vibraciones aleatorias de sistemas de uno o varios grados de libertad. Considera procesos de banda ancha y banda estrecha y en particular la respuesta estructural al ruido blanco filtrado o no, así como a cualquier otra excitación dada por su función de densidad espectral, obteniendo la estadística del proceso.

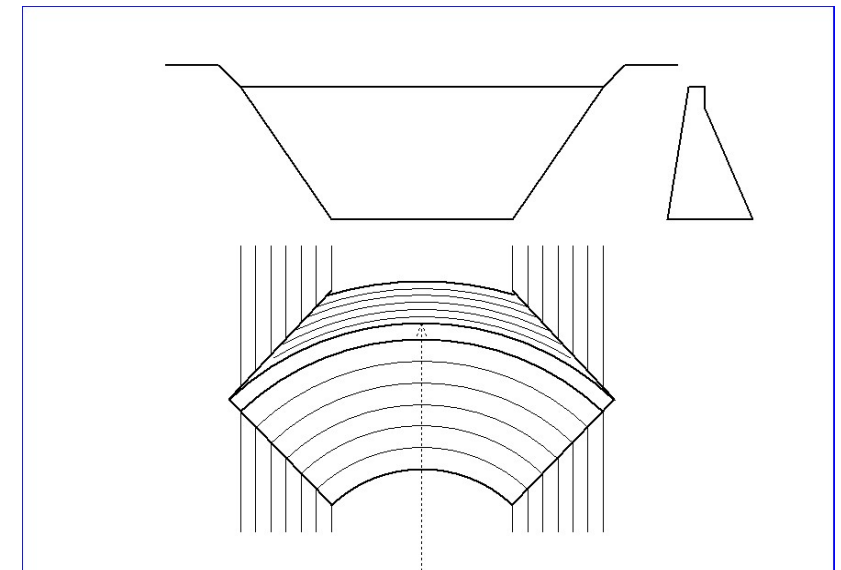
Otras aplicaciones : Genera espectros estocásticos, terremotos sintéticos compatibles, funciones de densidad espectral de potencia, funciones de autocorrelación etc. y dispone de numerosas rutinas de ayuda al cálculo dinámico y probabilístico.

Cálculo : Basado en el dominio de la frecuencia, utiliza el análisis de Fourier para la determinar las funciones de densidad de la excitación y las funciones de transferencia input-output de la estructura. Emplea la descomposición modal para sistemas de N grados de libertad.

Resultados : Obtiene salidas numéricas y gráficas de todos los resultados calculados.



ARCOGRAV y ARCOGRAI



Campo de aplicación: Comprobación mecánica de presas de Arco-Gravedad. Además de la situación normal, considera situaciones accidentales debidas a la ineficacia de drenes, acción sísmica y avenidas, según hipótesis de la actual Guía de Presas (ARCOGRAV) o de la antigua Instrucción de Grandes Presas (ARCOGRAI).

Cálculo : Se utiliza modelo axialsimétrico de Elementos Finitos, para obtener el estado tenso-deformacional, para todas las hipótesis y coeficientes de seguridad de las Guías o de la Instrucción de Presas.

Resultados :

El estado tensional se obtiene en una red de puntos de la presa, incluyendo además de los movimientos, las componentes de la tensión, las tensiones principales y su dirección.

Además incluye salida gráfica de Isostáticas, Líneas de máximo deslizamiento, isobaras, deformadas, cortes tensionales y otros parámetros geométricos.

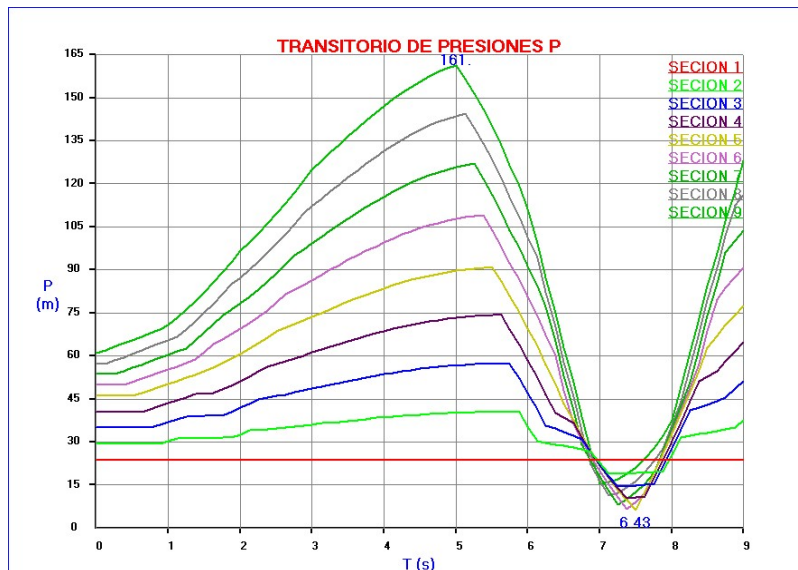
ARIETE

Campo de aplicación: Análisis del golpe de ariete en sistemas hidráulicos

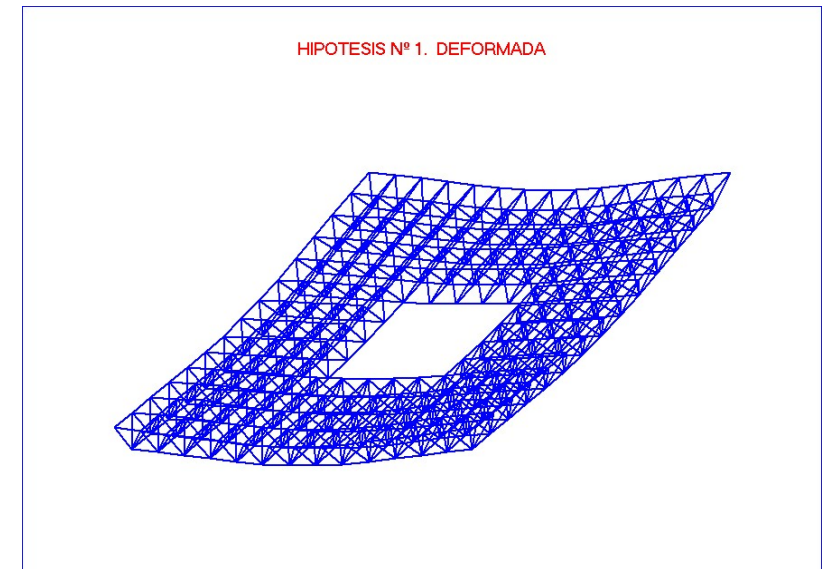
Cálculo: Se utiliza el método de las características para obtener las oscilaciones producidas por el cierre y apertura de válvulas en conductos por gravedad y por la parada y arranque de plantas de bombeo.

Considera los dispositivos de protección más comunes: válvulas de alivio, chimeneas de equilibrio, cámaras de aire y de descarga etc.

Resultados: Se presentan en forma gráfica y numérica los transitorios de presión, caudal y velocidad. Así mismo se obtiene la envolvente de los valores anteriores.



ARTICULA



Campo de aplicación: Análisis de estructuras espaciales de barras con nudos articulados.

Dispone de un potente módulo de generación automática de mallas, obteniéndose estructuras de miles de barras en pocos segundos. La generación se extiende desde cubiertas planas y cilíndricas de una o varias capas y 2 ó 3 direcciones, hasta cúpulas esféricas de todo tipo. También se genera toda clase de vigas, cerchas y celosías.

Cálculo matricial de estructuras considerando grandes desplazamientos lo que le hace adecuado al estudio de cubiertas colgantes y redes de cables.

Resultados: La salida gráfica de geometrías, deformadas y esfuerzos es selectiva lo que facilita el diseño de la estructura. Salida gráfica en pantalla, impresora y plotter y genera ficheros DXF y HPGL importables desde AUTOCAD.

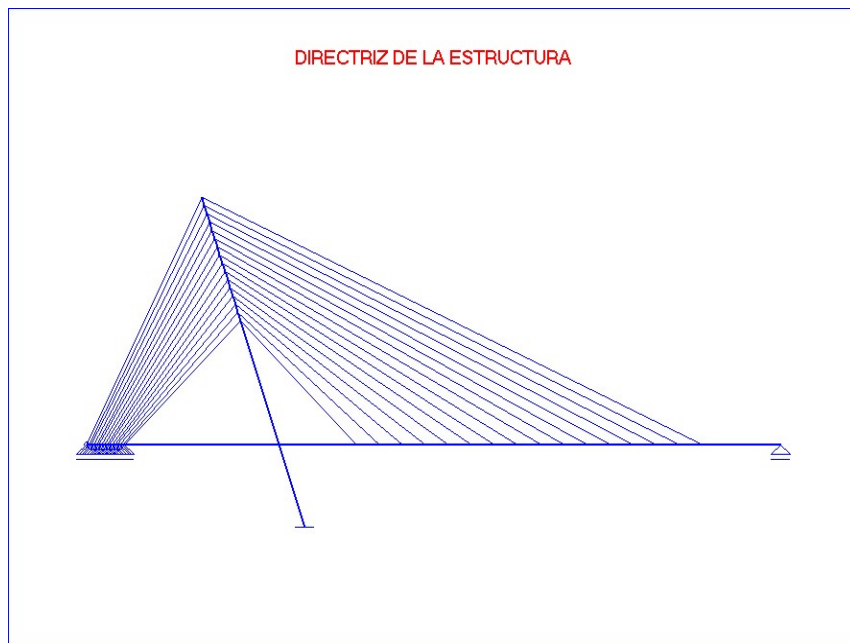
ATIRANTA

Campo de aplicación : Puentes atirantados, obteniendo esfuerzos, reacciones y desplazamientos frente a cualquier tipo de cargas y trenes paseándose por el tablero. Obtiene también líneas de influencia, la carga crítica y el modo de pandeo.

Entrada de datos : Muy sencilla, introduciendo unos pocos parámetros se generan barras, nudos, apoyos y cargas. Permite realizar análisis de rigideces, condiciones de apoyo y otras opciones de manera inmediata, que le hacen muy adecuado para el anteproyecto y el aprendizaje de esta tipología estructural.

Cálculo : Matricial lineal y No lineal con métodos de la matriz de rigidez geométrica y de las funciones de flexibilidad.

Resultados : Numéricos y gráficos de reacciones, esfuerzos y desplazamientos así como de líneas de influencia y modos de pandeo.

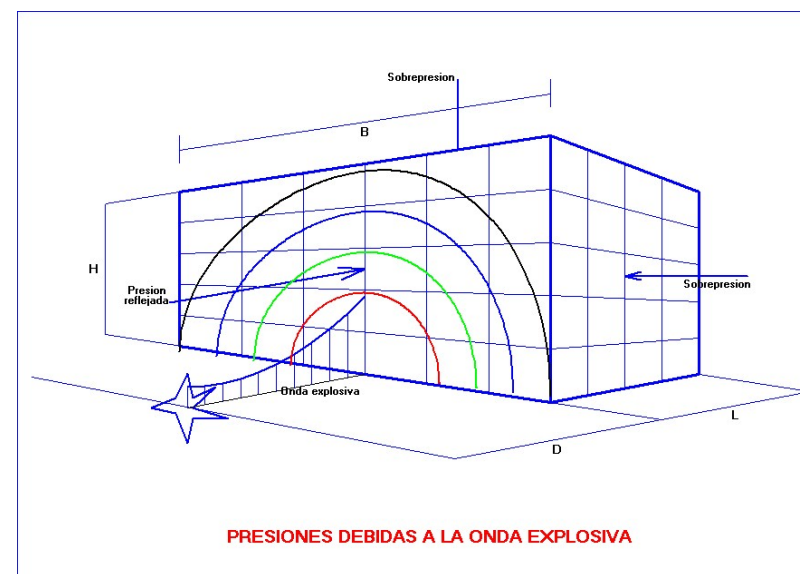


BLAST

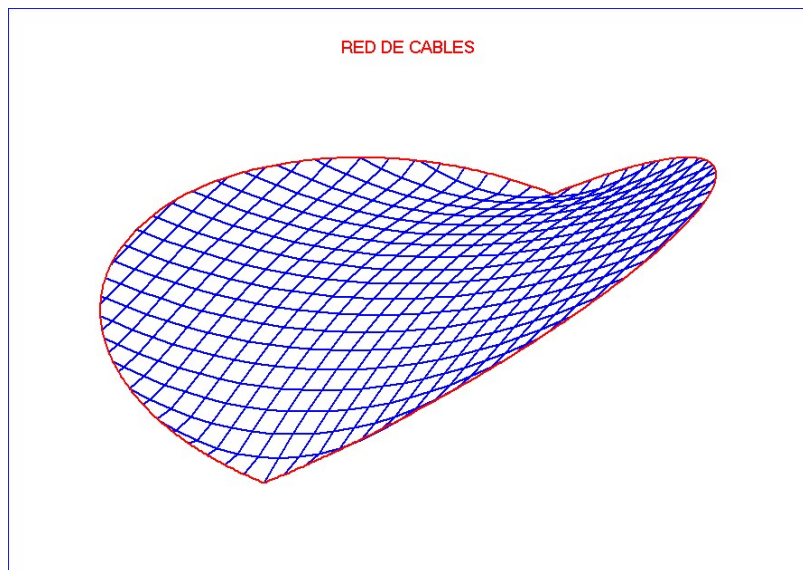
Campo de aplicación: Explosiones : Cargas y efectos sobre las estructuras. Obtiene la variación de las sobrepresiones y presiones dinámicas con la distancia al centro de la explosión, así como los picos y duraciones de las distintas fases.

Calcula , las cargas dinámicas sobre estructuras rectangulares cerradas o con aberturas, obteniendo las sobrepresiones en la cara frontal, reflejadas desde cualquier ángulo, así como en el techo y las paredes laterales. También considera estructuras tipo marco y superficies cilíndricas.

Resultados : A partir de las cargas anteriores, el programa realiza el cálculo estructural elastoplástico, considerando cada uno de sus elementos por separado (frente, paredes y techo), asimilándolos a sistemas dinámicos equivalentes de 1 gdl, lo que permite un rápido análisis o diseño según el nivel de ductilidad exigido. Otra opción es utilizar las cargas obtenidas, como "input" para otras herramientas externas basadas en el MEF, con las que se realizará el análisis estructural.



CABLES



Campo de aplicación: Análisis de cables aislados, continuos y redes de cables. Extensión a membranas y cubiertas colgantes. Considera todo tipo de acciones: concentradas, repartidas, térmicas, pretensado inicial. Las condiciones de suspensión puede ser muy generales: Apoyos fijos y móviles, soportes rígidos y flexibles, poleas con contrapeso etc.

Entrada de datos: Dispone de rutinas de generación de la geometría inicial y de las cargas, que facilitan la introducción de los datos.

Cálculo: Para los cables aislados y continuos considera el modelo continuo de cálculo, con integración directa de la ecuación diferencial, la cual proporciona la solución exacta de manera instantánea. Las condiciones de compatibilidad, no lineales, para la obtención de los esfuerzos hiperestáticos, se resuelven por el método de Newton-Raphson. Para el cálculo de redes de cables, se utiliza el método de los elementos finitos en su variante de la matriz de rigidez geométrica.

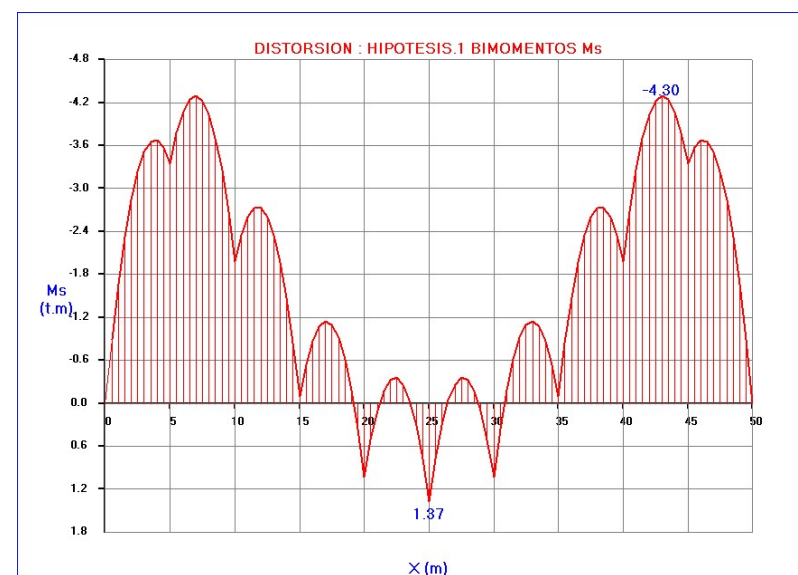
Resultados: Obtiene numérica y gráficamente deformadas, flechas, reacciones, esfuerzos, tensiones, desplazamientos y longitudes en las distintas fases.

CAJON

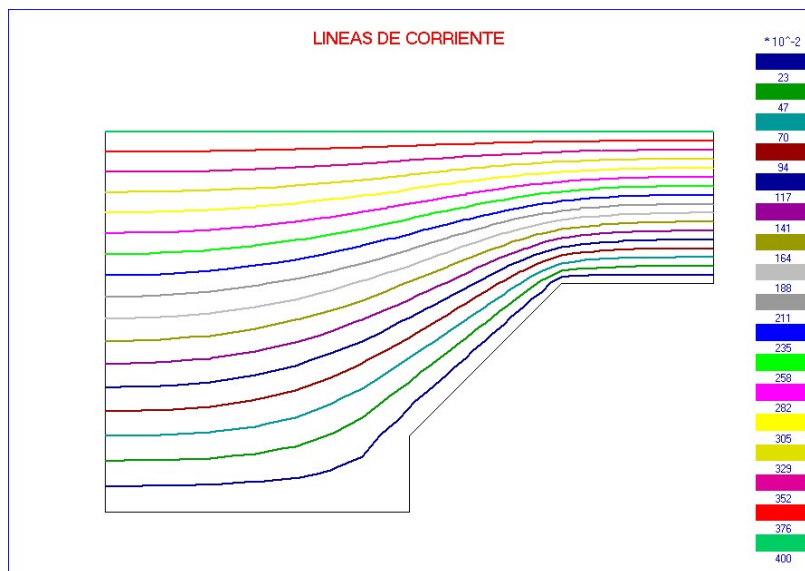
Campo de aplicación: Puentes de sección cajón rectangular o trapezoidal de hormigón, metálicos y/o mixtos.

Objetivo : Los programas comerciales discretizan el puente en miles de elementos finitos tipo lámina, obteniendo en cada nudo las tensiones totales, pero no su descomposición en los distintos fenómenos resistentes. Esto complica la comprensión de su funcionamiento y sobre todo, al no obtener esfuerzos a nivel de sección, dificulta la aplicación de la normativa estructural. El programa CAJON obtiene los esfuerzos a nivel de sección y la distribución tensional dentro de la misma, debidos a cada uno de los mecanismos resistentes por separado.

Opciones : Los mecanismos resistentes que se analizan son: Cálculo de la sección transversal; Flexión longitudinal ; Torsión uniforme y de alabeo ; Distorsión, Obteniendo las leyes de desplazamientos (flechas, giros de flexión y torsión, distorsión), las leyes de esfuerzos (Cortantes, Momentos flectores longitudinales y transversales, torsores uniforme y de alabeo y bimomentos de torsión y distorsión). En cada una de las secciones se obtiene la distribución de tensiones normales y tangenciales debidos a cada uno de estos esfuerzos.



CAMPOS



Campo de aplicación: Programa de elementos finitos para la teoría general de campos.

Resuelve desde problemas electromagnéticos de campo, Transmisión del calor por conducción y convección, Lubricación etc hasta los más cercanos al ingeniero de caminos : Torsión y flexión de barras prismáticas, Filtración a través de medios porosos, Hidráulica de captaciones y otros problemas hidráulicos y geotécnicos.

Entrada de datos: Dispone de generador de geometrías y cargas.

Resultados: Obtiene numérica y gráficamente, velocidades, presiones, temperaturas, isothermas, equipotenciales y líneas de corriente.

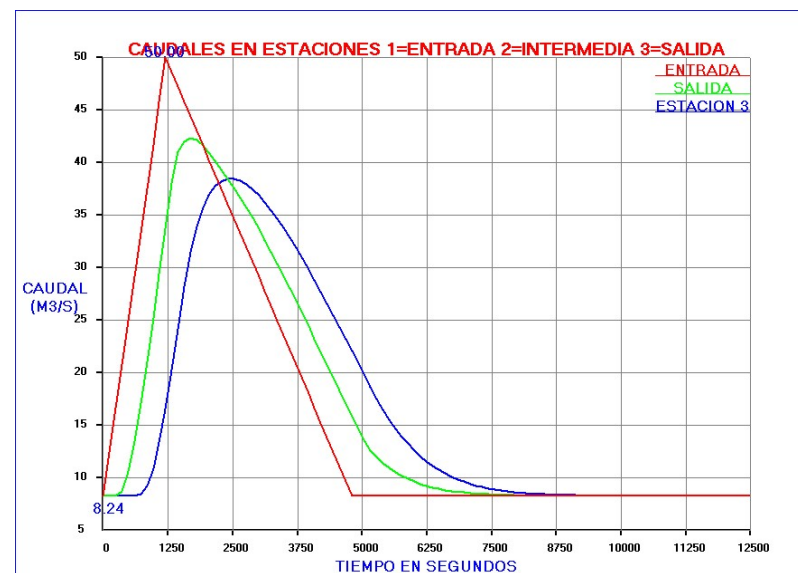
CAUCE

Campo de aplicación: Canales y cauces naturales.

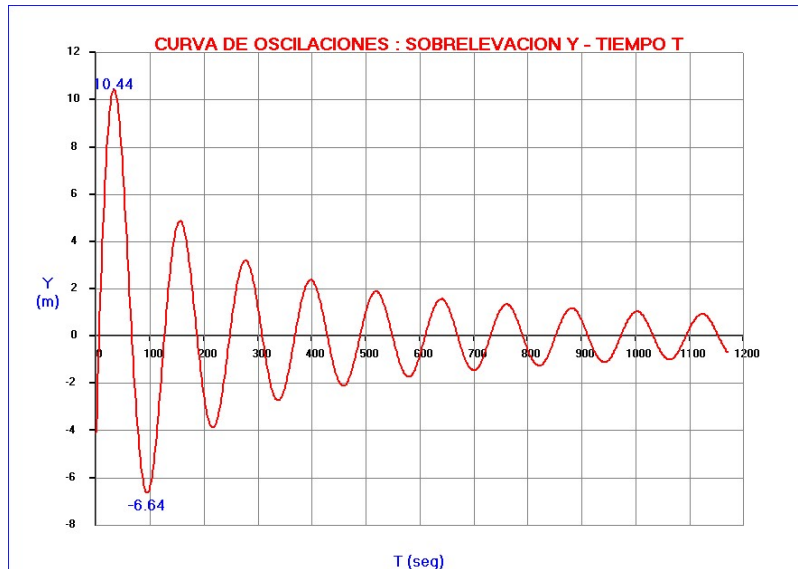
Opciones: Obtiene tablas de capacidad y curvas características de secciones de cualquier forma. Dichas tablas contienen los calados normal y crítico, área y perímetro mojado, radio hidráulico, energía y momentum específico etc.

Curvas de remanso en canales y cauces naturales. Además de los perfiles se obtienen otras muchas variables: Energía, pérdidas, Superficie de inundación etc. Ecuaciones de Saint-Venant resueltas con modelos de onda dinámica, onda de difusión y onda cinemática. Estudio de avenidas e inundaciones. Laminación y regulación de embalses. Circulación a través de cauces con métodos de Muskingum y Cunge. Flujos a través de cuencas: Hietogramas de lluvia, hidrogramas unitario y de salida. Ondas por cierre de compuertas y rotura de diques y presas Resalto hidráulico en canales con geometrías diversas.

Transiciones: Sobreelevaciones, escalones, ensanchamientos y estrechamientos. Pilas de puente . Vertederos y desagües. Aforo de caudales. Lechos móviles. Transporte de sedimentos. Modelos de Einstein y otros.



CHIMENEA



Campo de aplicación: Chimeneas de equilibrio y camaras de aire en sistemas hidroeléctricos y plantas de bombeo.

Cálculo: Considera la apertura o cierre total y parcial de válvulas y parada de bombas. Admite conducciones variables sin limitación de tramos y con cualquier perfil topográfico.

Resultados: Obtiene los transitorios de oscilaciones, velocidades y presiones en chimenea y tubería. Dimensiona la sección de la chimenea por condiciones de estabilidad.

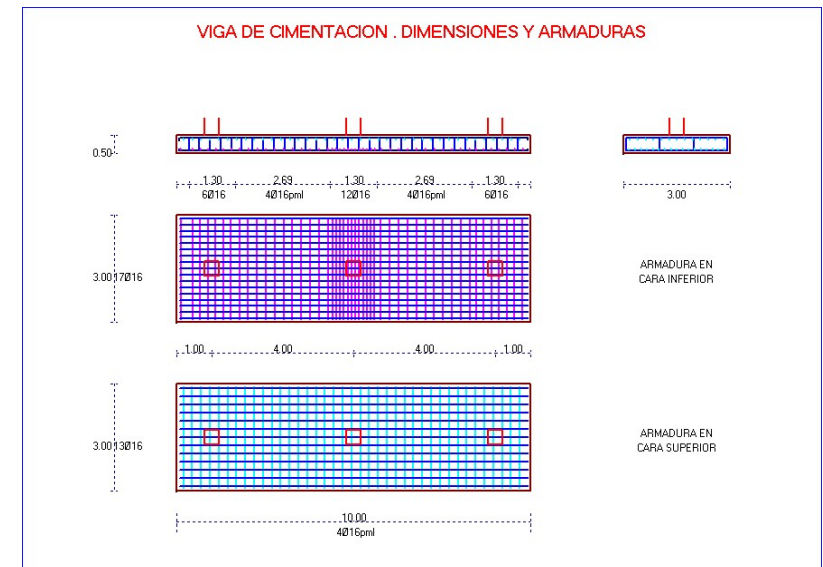
Obtiene gráficamente la espiral de maniobra y la curva de oscilaciones.

CIMENTA

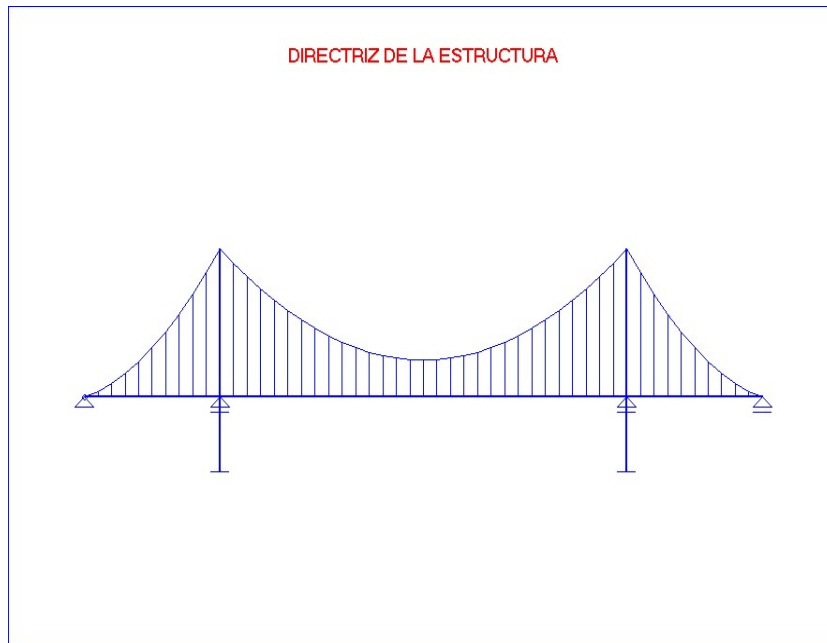
Campo de aplicación: Cálculo y diseño de todo tipo de cimentaciones: a) Zapatas aisladas, de medianería, de esquina, continuas bajo muro, b) Vigas flotantes, c) Losas y emparillados de cimentación, d) Pilotes y Encepados.

Cálculo: Se utilizan técnicas específicas de cálculo para cada tipología, que van desde los métodos clásicos de cálculo de zapatas, hasta técnicas matriciales y elementos finitos en el análisis de losas de cimentación o de pilotes frente a las cargas laterales.

Resultados: En la memoria de cálculo se incluye desde la distribución tensional del terreno con las comprobaciones de su capacidad portante y de la estabilidad frente al vuelco y deslizamiento hasta los esfuerzos y movimientos de la estructura de cimentación con el armado conforme al Código estructural y Eurocódigo.



COLGANTE



Campo de aplicación : Puentes colgantes, obteniendo esfuerzos, reacciones y desplazamientos frente a cualquier tipo de cargas y trenes paseándose por el tablero. Obtiene también líneas de influencia.

Entrada de datos : Muy sencilla, introduciendo unos pocos parámetros se generan barras, nudos, apoyos y cargas. Permite realizar análisis de rigideces, condiciones de apoyo y otras opciones de manera inmediata, que le hacen muy adecuado para el anteproyecto y el aprendizaje de esta tipología estructural.

Cálculo : Matricial lineal y No lineal con métodos de la matriz de rigidez geométrica y de las funciones de flexibilidad.

Resultados : Numéricos y gráficos de reacciones, esfuerzos y desplazamientos así como de líneas de influencia y modos de pandeo.

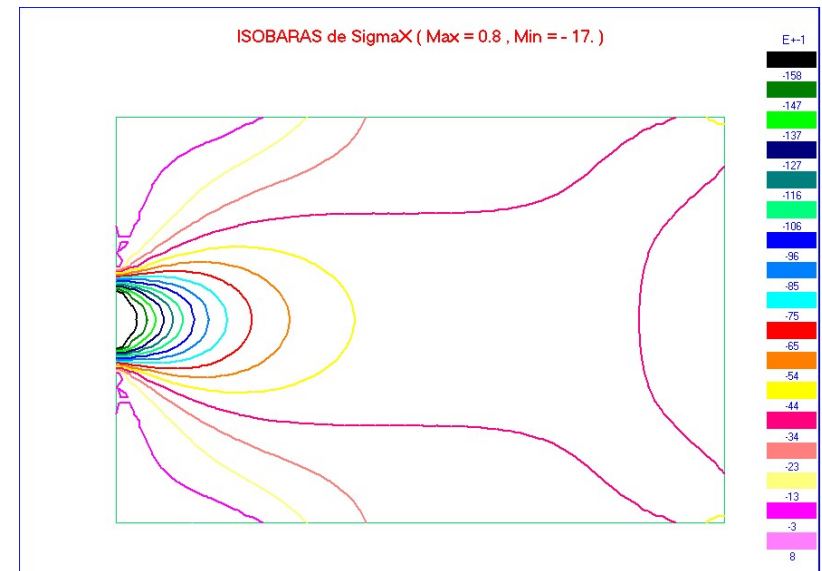
CONCEN

Campo de aplicación: Difusión de fuerzas concentradas actuando en anclajes de pretensado y apoyos de puentes y vigas de gran canto. Considera también múltiples cables de pretensado con sus fuerzas de rozamiento y de curvatura.

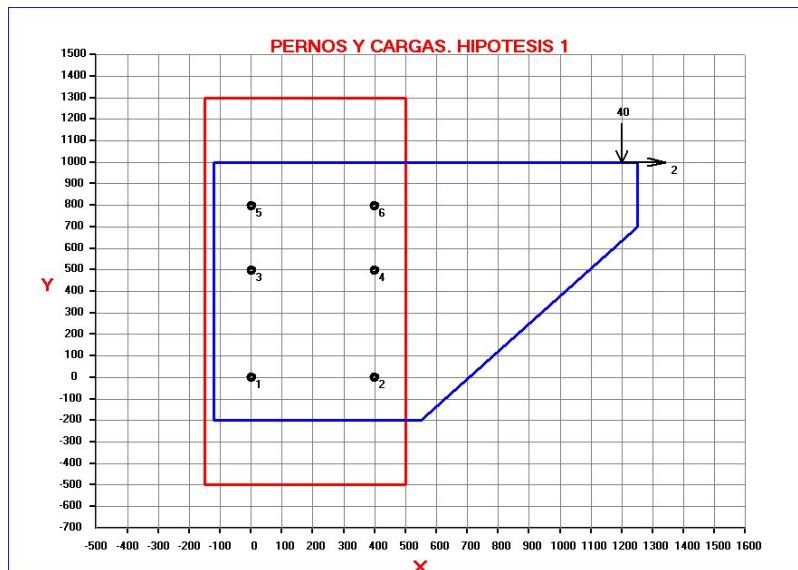
Cálculo: elástico mediante el Método de los Elementos Finitos (MEF) de las tensiones y desplazamientos en la zona de regularización.

Datos de entrada: La malla y las cargas nodales producidas por las fuerzas de anclaje y reacciones de apoyo, se generan automáticamente a partir del número de divisiones en que se discretiza la zona de regularización.

Resultados: Presenta tablas numéricas con las tensiones normales y tangenciales de cada nudo, así como las tensiones principales y su dirección. Obtiene representación gráfica completa, con deformadas, isóbaras, isostáticas, cortes tensionales, etc.



CONEXION



Campo de aplicación: Conexiones con pernos , tornillos y/o soldaduras de estructuras metálicas.

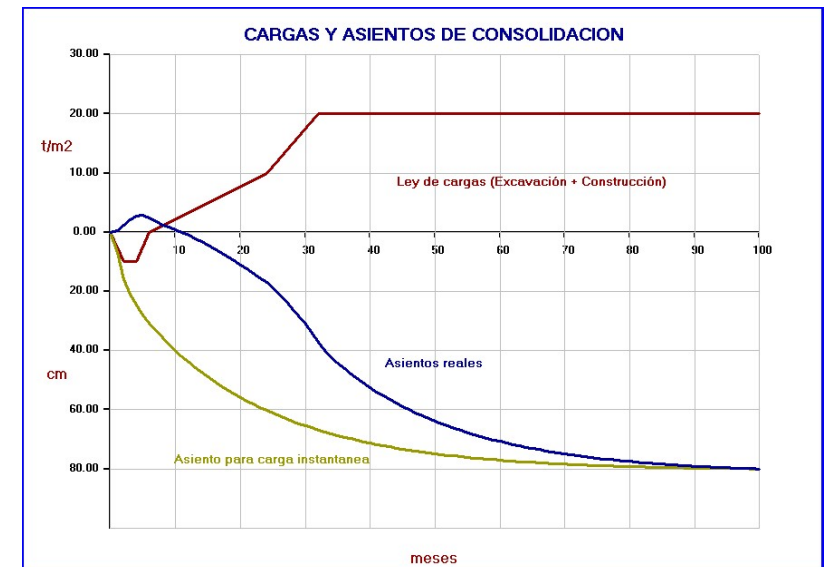
Puede considerar varias piezas a unir mediante cualquier número de pernos o tornillos de igual o distinto diámetro, o mediante cualquier número de cordones de soldadura con distintas orientaciones y espesores.

Datos de entrada: Posición y diámetros de los pernos o de los extremos de los cordones de soldadura y su espesor. Admite cualquier número de hipótesis, con número y posición de las cargas ilimitado.

Cálculo: Utiliza métodos de equilibrio entre fuerzas exteriores y reacciones en pernos y soldaduras, así como ecuaciones de compatibilidad entre el movimiento de conjunto global y el de cada elemento de unión.

Resultados: Obtiene esfuerzos y tensiones en los pernos y en los extremos de cada cordón de soldadura.

CONSOLIDA



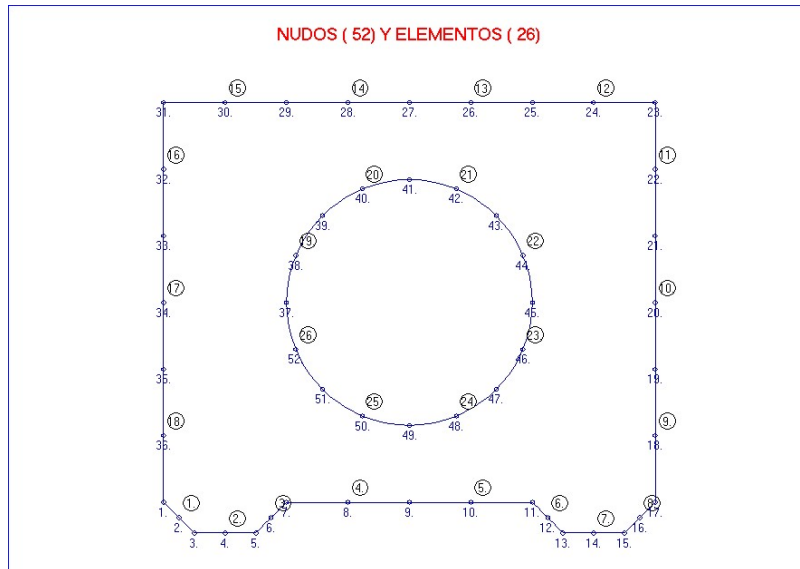
Campo de aplicación: Consolidación y expansión de terrenos debidas a variadas condiciones de carga, precarga, descarga, bombeos y rebajamiento de niveles freáticos. Considera cualquier número de estratos diferentes y tipos de drenaje.

Cálculo: Resuelve el problema de la consolidación utilizando varios modelos dependiendo de la heterogeneidad o no del medio y de sus condiciones iniciales y de contorno : Solución en serie de Terzaghi, Diferencias finitas, Elementos finitos y Curva de consolidación experimental.

Resultados: Además de la evolución temporal de las sobrepresiones intersticiales y tensiones efectivas, obtiene las isócronas de consolidación y la curva U-T del grado de consolidación.

También considera la historia de cargas (excavación + rellenos + construcción) y la evolución de los asentamientos correspondientes.

CONTORNO



Campo de aplicación: Elasticidad y Teoría del Potencial en medios continuos en dos dimensiones con o sin huecos.

Datos de entrada: Dispone de opciones que permiten la generación de geometrías, cargas y condiciones de apoyo diversas de manera muy simple.

Cálculo: Utiliza el método de los elementos de contorno o "Boundary Element Method", considerando elementos constantes, lineales o cuadráticos isoparamétricos.

Resultados: Para problemas elásticos, obtiene desplazamientos y tensiones en los nudos del contorno y en los puntos interiores que se elijan, así como su representación gráfica (deformadas, isotensiones, cortes tensionales, etc.). Para problemas de potencial la salida es análoga.

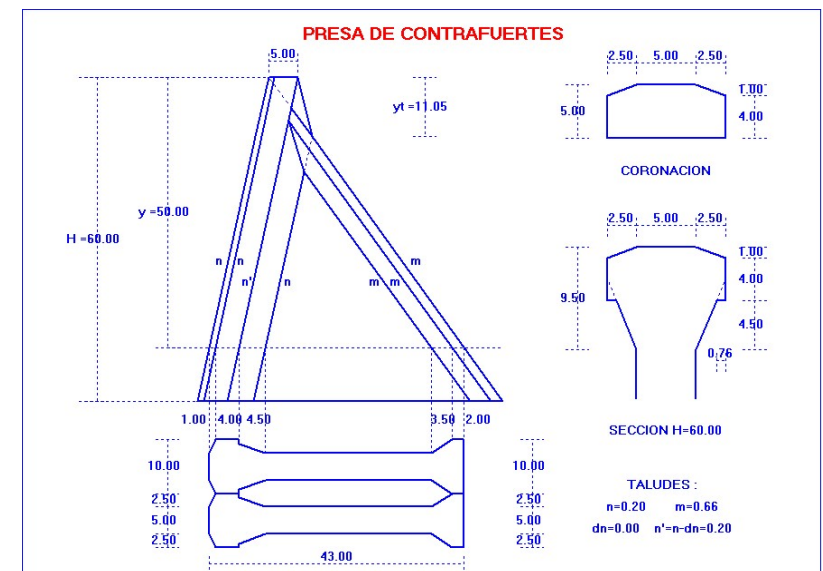
CONTRAFU y CONTRAFI

Campo de aplicación: Comprobación mecánica de presas de contrafuertes, analizando su estabilidad y estado tensional. Además de la situación normal, considera situaciones accidentales debidas a la ineficacia de drenes, acción sísmica y avenidas, según hipótesis de la actual Guía de Presas (CONTRAFU) o de la antigua Instrucción de Grandes Presas (CONTRAFI).

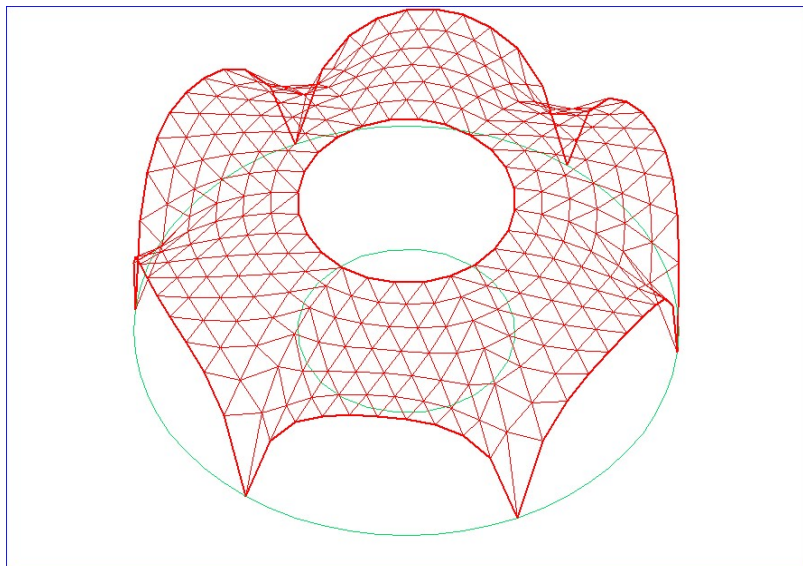
Cálculo : Se utilizan sencillos métodos de la Resistencia de Materiales (Hiladas Horizontales) o más modernos como el de los Elementos Finitos, para comprobar la estabilidad de conjunto y el estado tensional, para todas las hipótesis de las Guías.

Resultados : El estado tensional se obtiene en una red de puntos de la presa, incluyendo las componentes de la tensión , las tensiones principales y su dirección.

Además incluye salida gráfica de Isostáticas, Líneas de máximo deslizamiento, sobaras, deformadas cortes tensionales y otros parámetros geométricos.



CUBIERTA



Campo de aplicación: Generación y cálculo de cubiertas antifuniculares rebajadas, de cualquier geometría en planta y sometidas a un estado de cargas gravitatorio.

Datos de entrada: Dispone de opciones muy sencillas para discretizar la planta de la cubierta que puede ser cuadrilátera, circular o elíptica, poligonal regular o arbitraria con o sin huecos, así como la generación de cargas y condiciones de apoyo diversas de manera muy simple.

Cálculo: Utiliza el método de los elementos finitos tipo membrana para obtener las cotas y esfuerzos axiales que se producen en la cubierta.

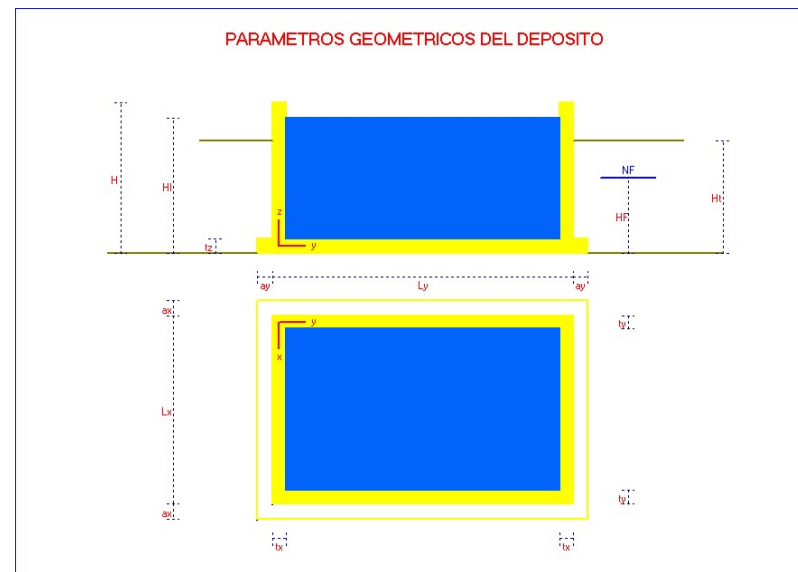
Resultados: Obtiene los resultados de forma numérica y gráfica con opciones múltiples para su representación.

DEPOSITO

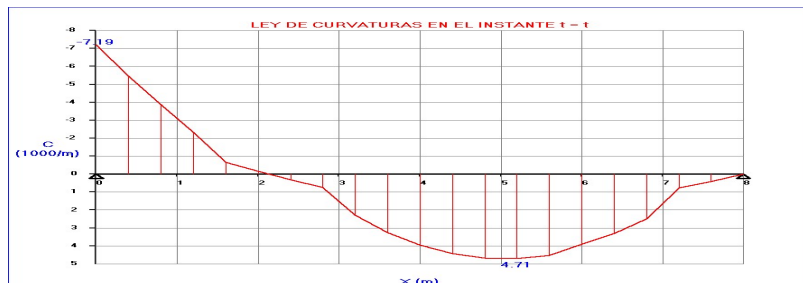
Campo de aplicación: Predimensionamiento, cálculo y armado de depósitos de planta rectangular y cilíndricos. Considera depósitos apoyados y enterrados. La solera puede ser solidaria o independiente de las paredes del depósito y puede considerarse apoyada sobre suelo rígido o bien sobre suelo elástico.

Cálculo: Se utiliza el Método de los Elementos Finitos para la obtención de los desplazamientos y esfuerzos de las paredes y fondo y tensiones del terreno, considerando la estructura laminar del depósito en todo su conjunto. El dimensionamiento se hace comprobando los estados límites en especial los de fisuración y rotura.

Resultados: Memoria completa de cálculo, incluyendo esfuerzos, comprobaciones y armaduras estrictamente necesarias. Además se obtienen gráficas de esfuerzos y planos de armado en pantalla, impresora y plotter. Genera archivos DXF y HPGL para AUTOCAD y otros editores gráficos.



DIFERIDA



Campo de aplicación: Estructuras de hormigón armado y pretensado. Considera los efectos diferidos debidos a la fluencia, retracción y fisuración. Calcula la redistribución temporal de esfuerzos, curvaturas, flechas y reacciones.

Entrada de datos: Se indicarán inicialmente las luces de los vanos de la viga continua. Cada vano se divide en un número de secciones en las que se definirá su geometría y armaduras. Para facilitar la entrada, se agruparán las secciones con igual geometría y armaduras. Las características mecánicas del hormigón como el coeficiente de fluencia, deformación por retracción, módulo elástico, factor de envejecimiento etc. pueden ser generados – en función de la temperatura y humedad – por el programa. Finalmente, se introduce la historia de cargas, compuesta por acciones que pueden ser repartidas y concentradas, gradientes térmicos y asientos de apoyos.

Cálculo: La curvatura de cada sección será ponderada entre las correspondientes a estado fisurado y sin fisurar, teniendo en cuenta en cada estado la suma de las curvaturas instantáneas, de fluencia y retracción. Se adopta el modelo de integración de curvaturas para determinar los giros extremos de cada vano. Los momentos de continuidad se obtienen compatibilizando los giros contiguos en un proceso iterativo de Newton-Raphson.

Resultados: Se obtienen, en el instante inicial o de puesta en carga, las leyes de esfuerzos, curvaturas, flechas, giros y reacciones. Dichos resultados, son obtenidos en cualquier otro instante que desee el usuario. Finalmente, el programa obtiene las envolventes de momentos y cortantes que se producen durante la redistribución de esfuerzos. Los resultados anteriores se obtienen gráficamente en pantalla impresora y plotter.

DINEST

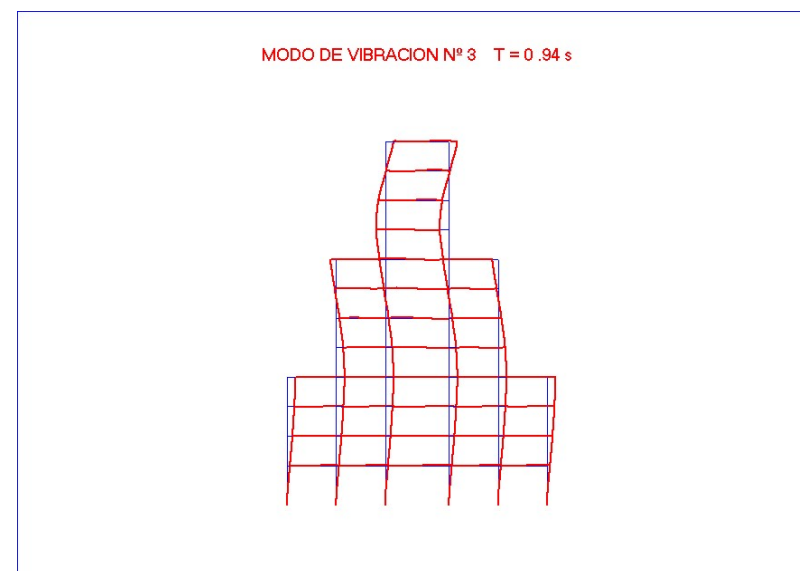
Campo de aplicación: Cálculo dinámico y sísmico de todo tipo de estructuras.

Utiliza técnicas de condensación dinámica que permiten analizar grandes estructuras.

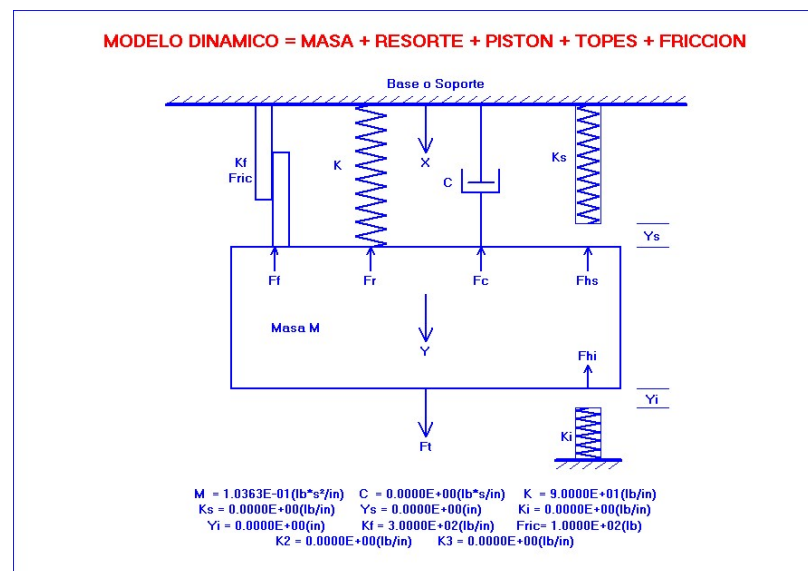
Opciones: Obtención de frecuencias y modos de vibración. Análisis de vibraciones libres y forzadas. Excitación del cimiento por un acelerograma.

Análisis espectral y obtención de espectros de respuesta. Análisis sísmico según las normas sismorresistentes. Excitación dinámica producida por cargas móviles en puentes.

Resultados: Se obtiene numérica y gráficamente, la historia de desplazamientos y fuerzas y sus valores máximos. Modos y periodos propios de vibración de la estructura. Proporciona también las fuerzas estáticas equivalentes.



DIN1GDL



Campo de aplicación : Sistemas dinámicos de 1 gdl. Además de los pistones de amortiguación y de los resortes elásticos y/o elastoplásticos, considera elementos especiales de fricción y dispositivos de frenado de holgura variable, que permiten simular la disipación de energía y frenado de las estructuras frente al sismo.

Cálculo dinámico simplificado de vigas, placas y pórticos con todo tipo de condiciones de apoyo y en cualquier régimen (elástico, elastoplástico o plástico) asimilados a sistemas de 1 gdl.

Cálcula : La respuesta a acciones dinámicas de todo tipo : Vibraciones libres, excitaciones armónicas, impulsivas y/o periódicas. Así como cargas generales con variación de amplitudes y frecuencias.

Obtiene tablas y curvas de deflexiones máximas en régimen elástico y elastoplástico de gran ayuda al cálculo dinámico de estructuras . Cálcula los factores de transformación para el paso a sistemas de 1 gdl.

Permite el planteamiento en el dominio del tiempo y en el de la frecuencia, obteniendo la historia de desplazamientos, velocidades , aceleraciones y fuerzas de cada componte del sistema.

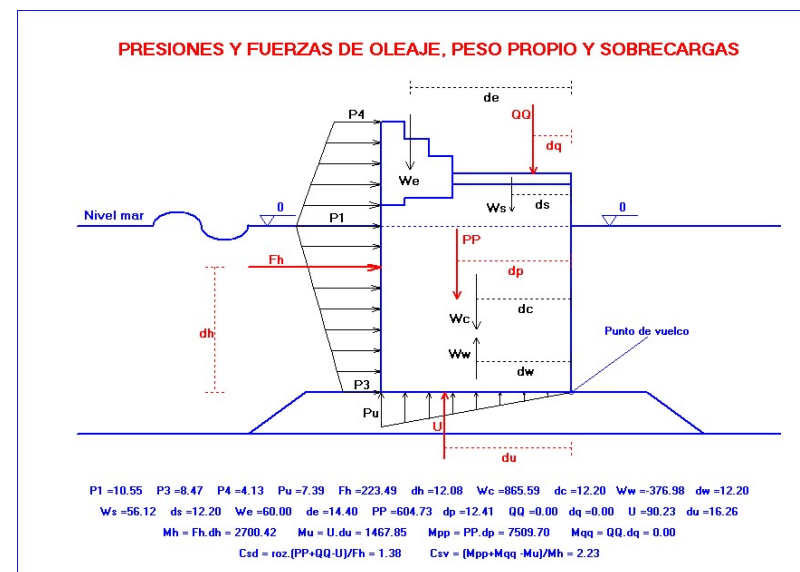
Resultados : Listados y gráficos de todas las magnitudes anteriores.

DIQUE

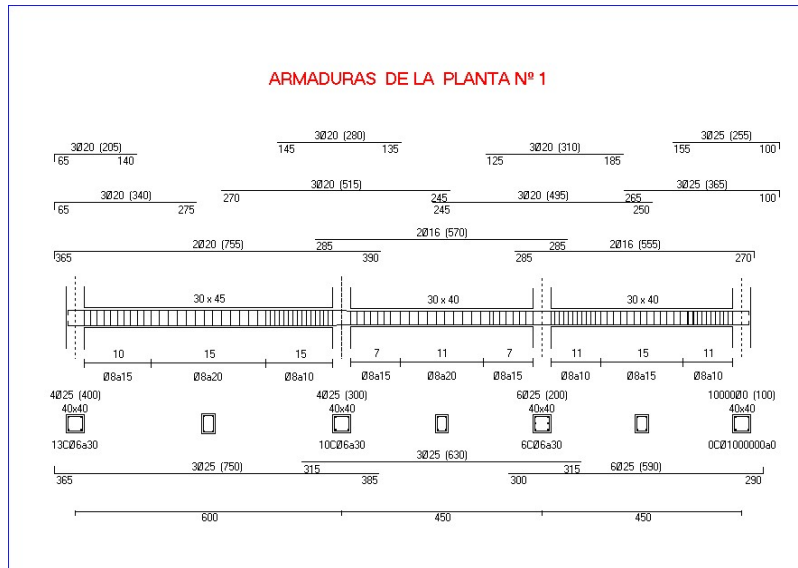
Campo de aplicación Obras Marítimas : Cálculo y dimensionamiento de diques verticales. Considera diques verticales con y sin espaldón; diques compuestos; con espaldón danés; sección trapezoidal y espaldón retranqueado. Admite también diques con paramentos perforados y tanto diques como muelles.

Cálculo: Obtiene las presiones de oleaje según la formulación de Goda, Takahashi, Sainflou, Minikin y Mapa paramétrico de McConnell. Además de las acciones del oleaje y de las hidrostáticas, considera las acciones del peso de los componentes del dique y todo tipo de sobrecargas.

Resultados: Obtiene presiones, fuerzas y momentos, coeficientes de seguridad al deslizamiento, al vuelco tradicional y al vuelco plástico, tensiones de comparación y presiones de hundimiento. Realiza el prediseño del dique y dimensiona la banqueta y el bloque de guarda. Analiza el transporte y la estabilidad naval de cajones flotantes.



EDIF



Campo de aplicación: Cálculo y armado de pórticos de edificación

Entrada de datos: Generación de geometría e hipótesis de carga a partir de un número mínimo de parámetros.

Cálculo: La combinación de las hipótesis de carga : permanentes, sobrecargas alternadas, viento y sismo se realiza automáticamente de acuerdo a la normativa actual.

Obtiene desplazamientos, reacciones, esfuerzos y envolventes considerando los efectos de pandeo y traslacionalidad. Realiza el armado conforme a los criterios del Código Estructural y Eurocódigo EC2.

Resultados: Listados de desplazamientos, esfuerzos y envolventes y planos de armaduras. También obtiene las mediciones y el presupuesto de la estructura.

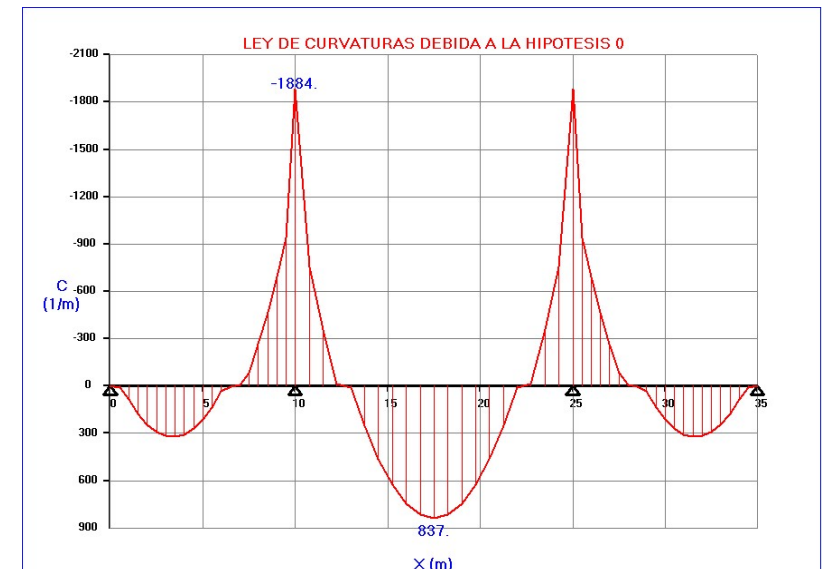
ELASPLAS

Campo de aplicación: Análisis elastoplástico de vigas continuas de hormigón, metálicas o mixtas, definidas mecánicamente por los diagramas momento-curvatura de sus secciones.

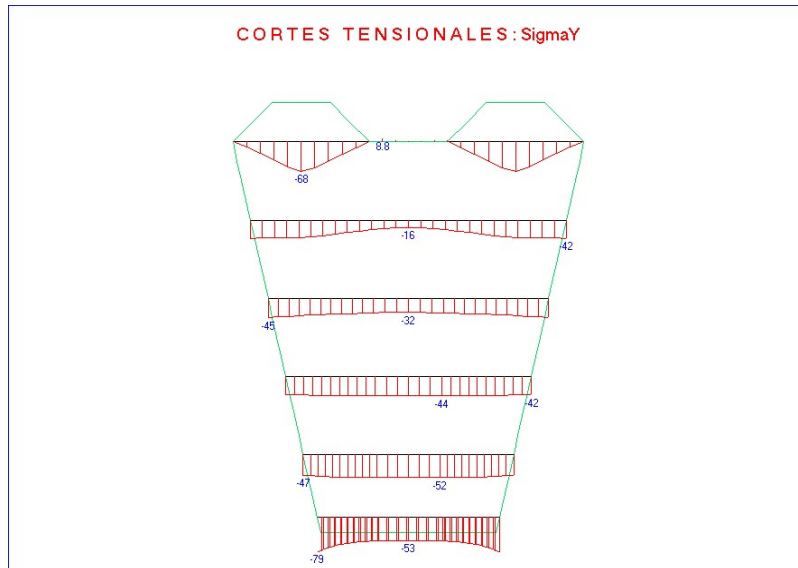
Opciones de cálculo:

- Cálculo elástico y lineal.
- Cálculo elástico pero con retribución plástica controlada.
- Cálculo elastoplástico

Resultados: Obtiene leyes de desplazamientos, curvaturas y esfuerzos para todo tipo de cargas, así como su envolvente.



ELASTICO



Campo de aplicación: Programa de elementos finitos para resolver el problema general de la elasticidad plana y axialsimétrica.

Aplicación a presas, depósitos, construcciones subterráneas, detalles estructurales, etc.

Entrada de datos: Con opciones de generación de mallado de cualquier geometría y generación de todo tipo de cargas.

Resultados: Obtiene tablas de tensiones, deformaciones y desplazamientos en los nudos.

Además de la salida numérica, obtiene gráficamente deformadas, isostáticas, isoclinas, isotensiones, y cortes tensionales.

EMPUJA

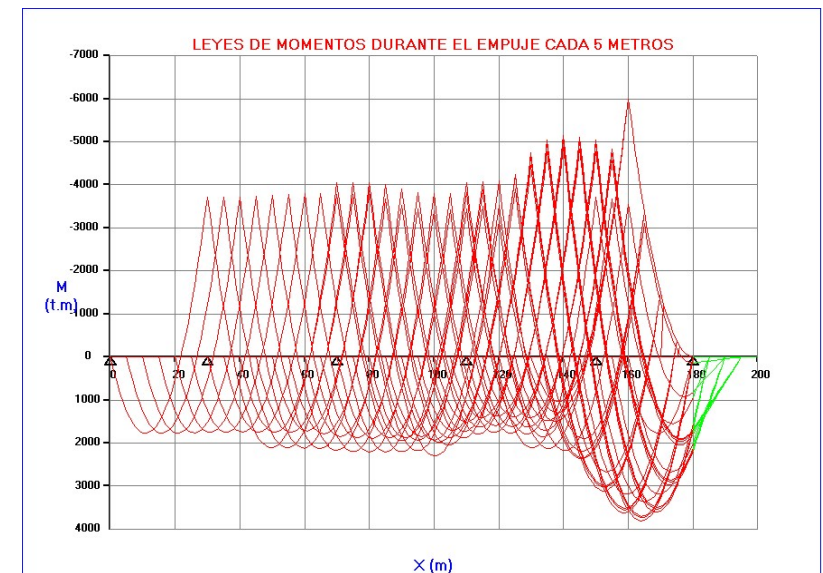
Campo de aplicación: Análisis de puentes empujados, con nariz o pico de avance. y/o atirantamiento provisional.

Opciones:

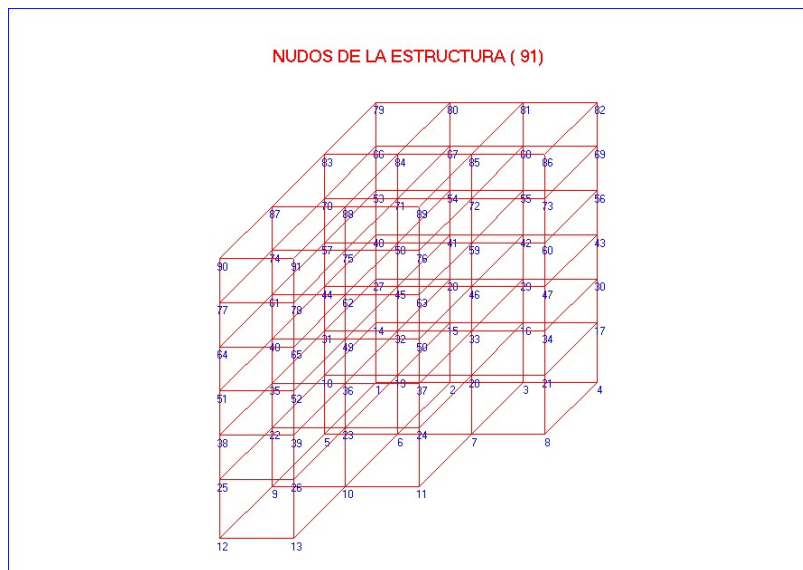
a) obtiene envolvente de movimientos verticales y esfuerzos durante el empuje del puente hasta su porción definitiva.

Se presentan de forma gráfica y numérica tablas con las reacciones, flechas, cortantes y momentos máximos de cada sección.

b) Dispone de opción de optimización del pico de avance, por variación de sus rigideces, peso y longitud relativas a las del tablero.



ESPACIAL



Campo de aplicación: Estructuras tridimensionales de barras unidas rígidamente en sus nudos

Dispone opciones de generación de complejos sistemas 3D. Considera todo tipo de secciones de HA y acero. Dispone de biblioteca de perfiles.

Permite cualquier clase de apoyo: simples, elásticos, empotramientos, desplazamientos impuestos, etc. Cargas concentradas, repartidas y térmicas. Combinaciones según tabla definida por usuario.

Cálculo: Técnicas convencionales de cálculo matricial, combinadas con otra más sofisticadas (bloques, regeneración automática, etc.) que permiten analizar miles de grados de libertad.

Resultados: numéricos y gráficos, de desplazamientos, reacciones y esfuerzos (axil, cortantes, flectores y torsor) en tantas secciones como se desee de cada barra.

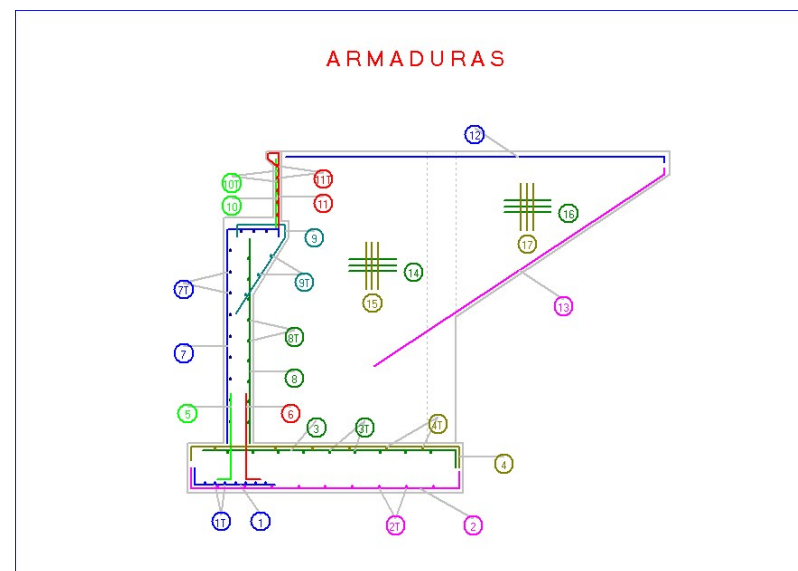
ESTRIBOS

Campo de aplicación: Cálculo y armado de estribos de puente. Permite una variada combinación de estribos con aletas en prolongación recta y quebradas, aletas en voladizo y muros en vuelta que cubren la mayoría de las situaciones que se presentan en la práctica.

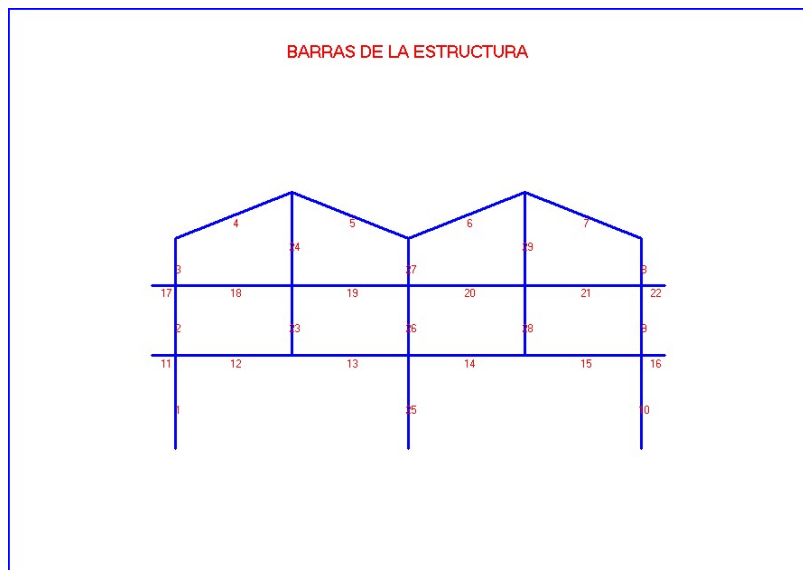
Entrada de datos: Por dibujo directo sobre la pantalla de la geometría del estribo, la cual se ajusta automáticamente a los parámetros introducidos.

Cálculo: Las acciones debidas al peso propio y al empuje de tierras son generadas por el programa. Las acciones del tablero son suministradas por el programa PUENTE. Realiza las comprobaciones de estabilidad al deslizamiento y vuelco en fase de construcción y servicio. Asimismo se determinan las tensiones del terreno en las distintas fases. El cálculo de esfuerzos se realiza discretizando el conjunto estructural de estribo-muros-aletas en un tupido emparrillado espacial de barras que permite un afinado dimensionamiento de armaduras.

Resultados: Memoria de cálculo con los resultados anteriores, incluyendo mediciones y planos de definición geométrica y armaduras.



ESTRUC



Campo de aplicación: Cálculo de esfuerzos de todo tipo de estructuras de barras sin limitación de geometrías. Admite cualquier clase de apoyos y coacciones: Apoyos simples, articulaciones, empotramientos, asientos y deformaciones impuestas, apoyos rígidos y elásticos, rótulas intermedias etc.

Considera toda clase de acciones: generación de peso propio, incremento térmico en toda la estructura o en barras aisladas, cargas concentradas, uniformes, triangulares, trapezoidales, gradientes térmicos, movimientos impuestos etc.

Dispone de opción de armado para las piezas de hormigón y realiza la comprobación tensional en las piezas de acero.

Entrada de Datos: Dispone de opciones de generación automática de hasta 25 tipologías diferentes : Pórticos de varias plantas, naves adosadas, arcos, vigas, y celosías de diversos tipos, etc. Además dispone de editor gráfico propio que permite dibujar y numerar la estructura directamente en la pantalla.

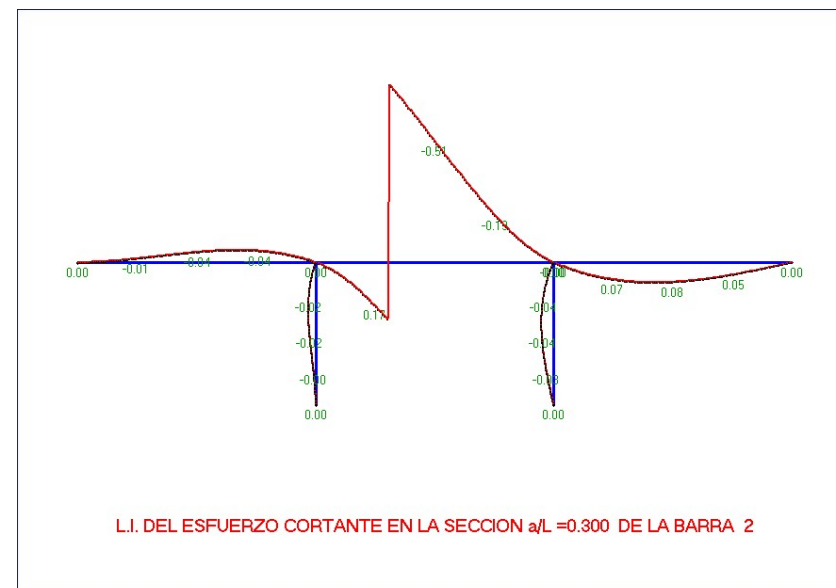
Cálculo Matricial, sin limitación en el número de nudos y barras. Para cada hipótesis de carga obtiene giros y desplazamientos de los nudos, reacciones y leyes de esfuerzos de la estructura. Calcula además la flecha máxima en cada una de las barras.

Analiza hasta 40 hipótesis de carga simultáneas, combinándolas según desee el usuario para obtener los esfuerzos pésimos y sus acompañantes.

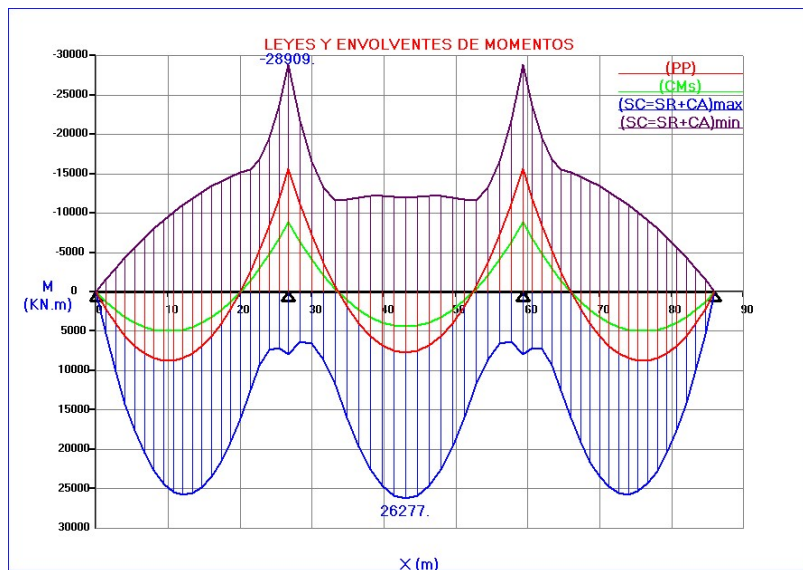
Obtiene líneas de influencia de esfuerzos, flechas o reacciones, facilitando la distribución de cargas desfavorables y el estudio de cargas móviles.

Resultados: Salida selectiva de tablas de resultados: deformadas, leyes y envolventes de esfuerzos, armaduras, líneas de influencia, etc.

Estos resultados se obtienen gráficamente en pantalla, impresora y plotter. Genera ficheros HPGL y DXF para AUTOCAD.



FFCC



Campo de aplicación: Cálculo y diseño de puentes continuos de ferrocarril, de hormigón armado y pretensado con sección variable de cualquier forma.

Entrada de datos: totalmente interactiva, disponiendo de generador de cargas conforme a la IAPF-07.

Cálculo: Determina características mecánicas de secciones. Genera las cargas automáticamente conforme a la Instrucción. Obtiene líneas de influencia y envolventes de esfuerzos y reacciones. Genera y optimiza el trazado de los cables de pretensado. Evalúa pérdidas de pretensado y tensiones en las distintas fases constructivas. Obtiene deformaciones (flechas y giros). Análisis dinámico del tablero. Realiza según el Eurocodigo EC2, las comprobaciones de los Estados Límites de fisuración y rotura por flexión y cortante, obteniendo la armadura correspondiente.

Resultados: La memoria de cálculo incluye listados de características geométricas y mecánicas, esfuerzos, tensiones, deformaciones y armaduras. Obtiene planos de geometrías, armaduras, pretensado, y dibujo de todos los resultados de la memoria.

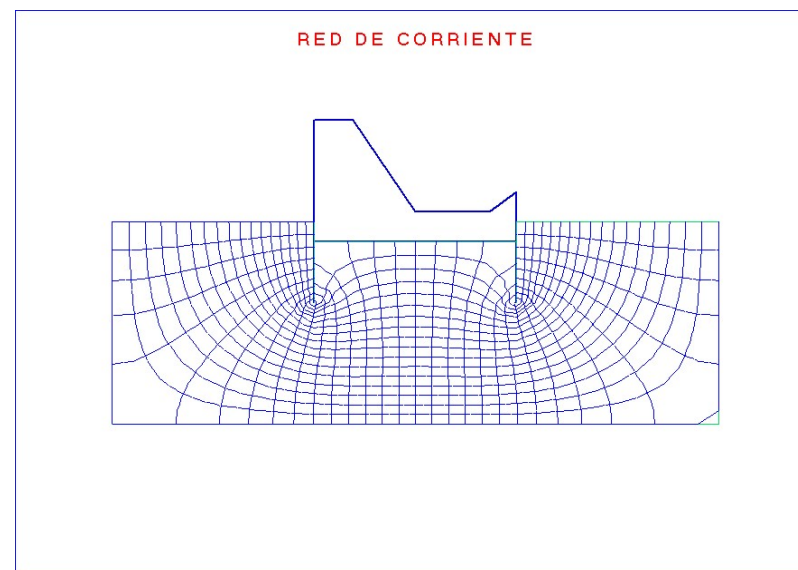
FILTRA

Campo de aplicación: Filtración a través de medios porosos, considera modelos específicos de cálculo: Tablestaca aislada, filtración bajo presas, hidráulica de pozos etc.

Datos de entrada: Introducción de datos muy sencilla, y directa sobre el modelo gráfico. Genera automáticamente la malla de nudos y elementos finitos en que discretiza el medio permeable.

Cálculo: se utiliza el método de los elementos finitos. Dado que el objetivo fundamental es la obtención y dibujo de la red de corriente, el problema de la filtración se plantea tanto en potenciales como en líneas de corriente.

Resultados: Obtiene tablas con los gradientes hidráulicos, presiones, velocidades y caudales de filtración a través de la red. Se obtiene además de la red de corriente, la función potencial, o bien sus curvas de nivel (líneas de corriente y equipotenciales) isóneas de velocidad y gradientes hidráulicos e isobaras. Permite el dibujo de distribuciones de velocidades, presiones o subpresiones, en secciones de interés.



FORJADOS



A) FORJA1D: "Cálculo y armado de forjados unidireccionales"

Utiliza métodos plásticos y/o elásticos con redistribución, para obtener las reacciones y las leyes y envolventes de esfuerzos. Obtiene la armadura longitudinal y transversal estrictamente requerida en cada sección, así como el despiece de armaduras dispuesto en redondos comerciales y la medición correspondiente.

B) FORJA2D: "Cálculo y armado de forjados bidireccionales".

Resuelve tanto forjados reticulares como de losa continua con o sin vigas entre pilares. El cálculo de esfuerzos se realiza -a elección del usuario-, según el método directo del ACI o bien según la técnica de los pórticos virtuales. El programa obtiene los siguientes resultados en cada una de las plantas del edificio: -Momentos de cálculo y armaduras en las dos direcciones (ortogonales). -Despiece y medición de la armadura anterior. -Flechas en el centro de los recuadros. -Momentos y armado de las vigas de unión y zunchos de borde. -Esfuerzos, tensiones y armadura de punzonamiento. -Dimensionamiento de los abácos sobre soportes. -Acciones sobre los soportes. -Armado de soportes, dibujando el cuadro de pilares.

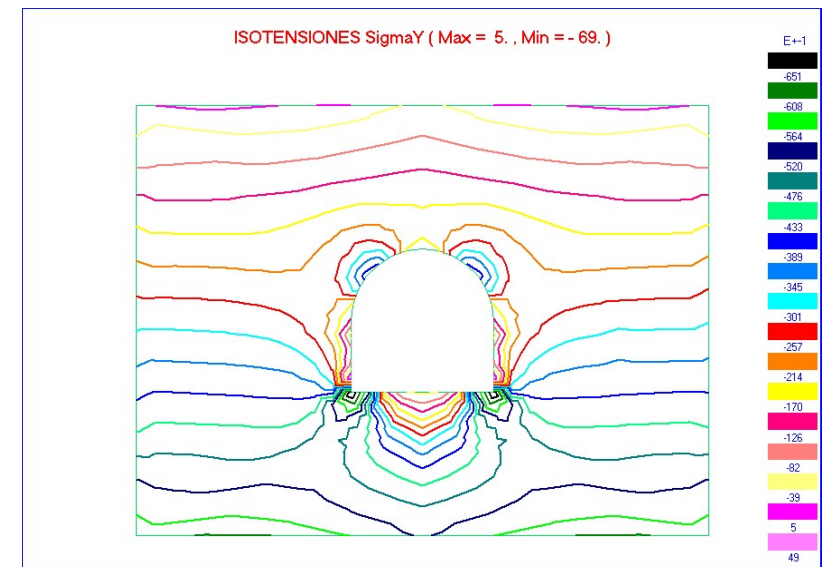
GALEMEF

Campo de aplicación: Cálculo y armado de estructuras enterradas y análisis tensional del terreno circundante. Aplicable a galerías de cualquier tipo: Arcos, pórticos, ovoides, tuberías, secciones cajón etc.

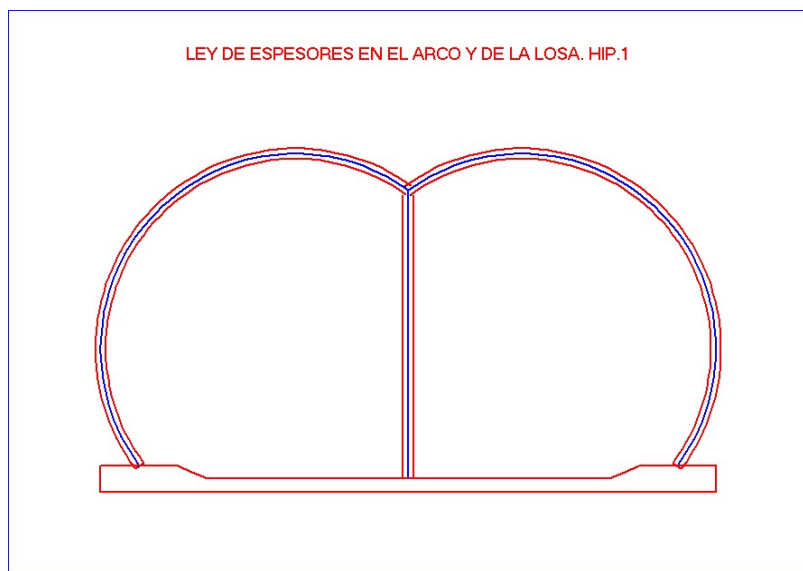
Cálculo: Se consideran perfectamente acoplados el terreno y la galería. El terreno es considerado como un espacio elástico o elastoplástico, adoptando el criterio de fluencia de Mhor-Colomb. Se utiliza la técnica de los elementos finitos: considerándose elementos de deformación plana para discretizar el terreno y elementos lineales de flexocompresión para modelar la galería.

Entrada de datos: A pesar de la complejidad del problema, la entrada de datos es muy sencilla. Dispone de opciones de generación automática de geometrías, mallado, cargas y condiciones de apoyo.

Resultados: para cada una de las hipótesis de carga analizadas se obtienen los desplazamientos y tensiones en los nudos del terreno. También se obtienen los esfuerzos - axiles, cortantes y flectores - en cada sección de la galería de hormigón.



GALERIA



Campo de aplicación: Cálculo y armado de estructuras enterradas. Muy útil para el diseño de pasos inferiores, falsos túneles y galerías.

Entrada de datos: La definición geométrica se realiza a partir de unos pocos datos, generándose directrices de varios centros, pórticos circulares y rectangulares, ovoides, tuberías, secciones cajón uni y bicelulares, etc. Considera de manera automática el peso y empuje de las tierras, las acciones de tráfico, presiones internas, nivel freático y peso propio.

Cálculo : Matricial de esfuerzos y sus envolventes. Comprobación según el Código Estructural y el Eurocódigo EC2, de los estados límites de agotamiento y servicio, en especial el de fisuración.

Resultados: Se obtienen numérica y gráficamente reacciones, desplazamientos y esfuerzos y planos de armaduras. Dispone de opciones de cálculo automático de espesores, determinando la directriz definitiva que salva un gálibo prefijado. Genera ficheros HPGL y DXF importables desde cualquier editor gráfico.

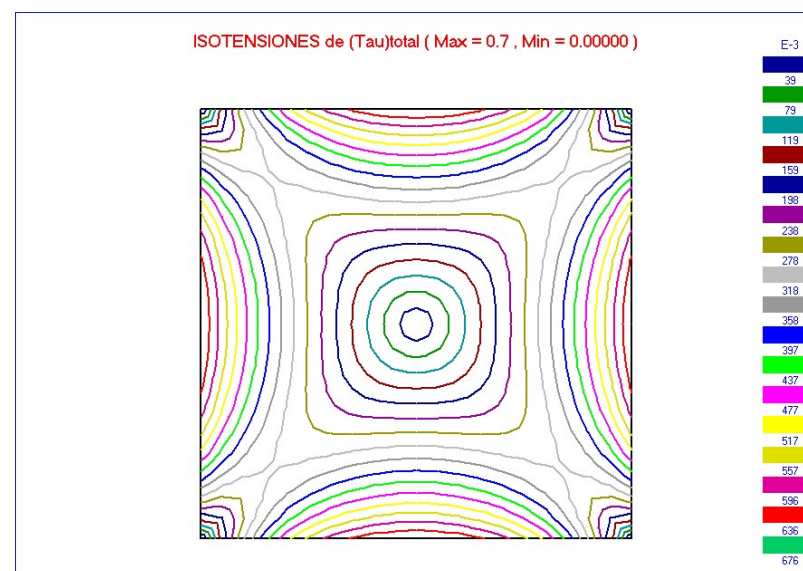
GALERKIN

Campo de aplicación: Métodos numéricos de la ecuación Poisson: Torsion de barras de sección rectangular.

Entrada de datos: Generación automática del mallado a partir de los lados.

Cálculo : Determinación del polinomio interpolante utilizando los métodos Variacionales de Rayleigh-Ritz y los de residuos ponderados de Galerkin y Mínimos Cuadrados.

Resultados: Las tensiones, se obtienen numérica y gráficamente en los nudos de la malla generada.



GDESP



Campo de aplicación: Cálculo matricial no lineal de estructuras planas en teoría de 2º orden.

Opciones:

- Obtiene las cargas críticas de pandeo global de la estructura y el modo de pandeo correspondiente.
- Respuesta estructural en teoría de 2º orden para altos niveles de cargas y grandes desplazamientos

Cálculo: Técnicas de autovalores (iteración inversa) para los problemas de pandeo (bifurcación del equilibrio). Técnicas iterativas para resolver los problemas de inestabilidad progresiva (divergencia del equilibrio), cuya matriz de rigidez no lineal se construye a partir de las funciones de estabilidad o de la matriz geométrica.

GRAF

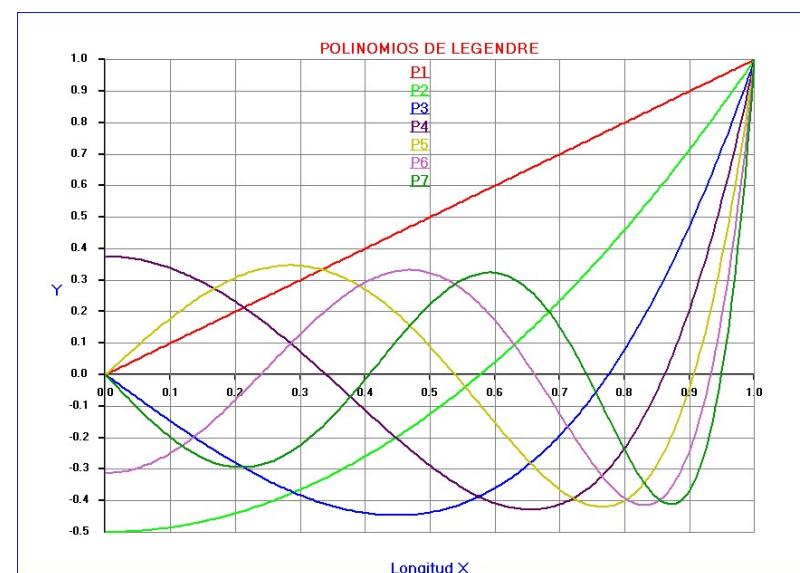
Campo de aplicación: Dibujo de cualquier número de curvas y superficies.

Opciones : de suavizado tipo spline.

Entrada de datos: Se creará un fichero GRAFICAS que contiene los títulos, número de curvas, graduación de la división de los ejes y la leyenda de cada una de las curvas.

Las "ncurv" a representar, se leerán de los ficheros "Curva1", "Curva2", "Curva3", ..., etc.

SALIDA : Gráfica de las curvas elegidas.



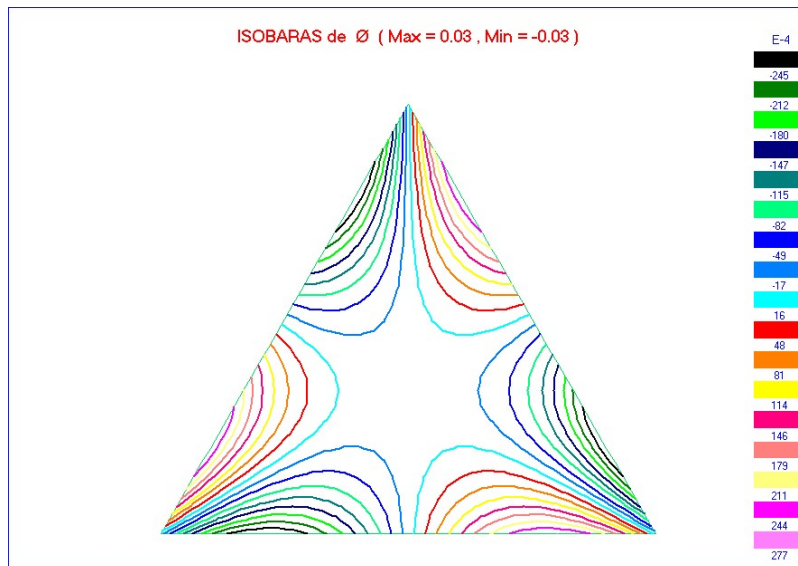
HCAMPOS

Campo de aplicación : Programa de elementos finitos de alto grado para resolver situaciones especiales de la Teoría de Campos (filtraciones, térmicos, hidráulicos, etc.)

Entrada de datos: La gran precisión de los elementos permite utilizar un número mínimo de ellos; siendo suficiente utilizar, en muchas ocasiones, menos de cuatro elementos de alto grado. El número de elementos viene condicionado más por su adaptación al contorno, que por la finura de la malla necesaria para resolver el problema. Es, por tanto, especialmente adecuado para resolver problemas con geometría sencilla como semiespacios y otros detalles especiales.

Cálculo: A partir del contorno introducido y del grado de interpolación elegido por el usuario, el programa genera no solo las matrices de rigidez y vectores elementales, sino incluso las funciones de forma. Para comprobar la convergencia de la solución, solo se necesita modificar el grado del polinomio interpolante, sin necesidad de modificar la malla.

Resultados: Además de la salida numérica, obtiene gráficas en pantalla, impresora y plotter, de curvas de nivel, isoterma, cortes de la función de campo, equipotenciales, líneas de corriente etc.



HELASTIC



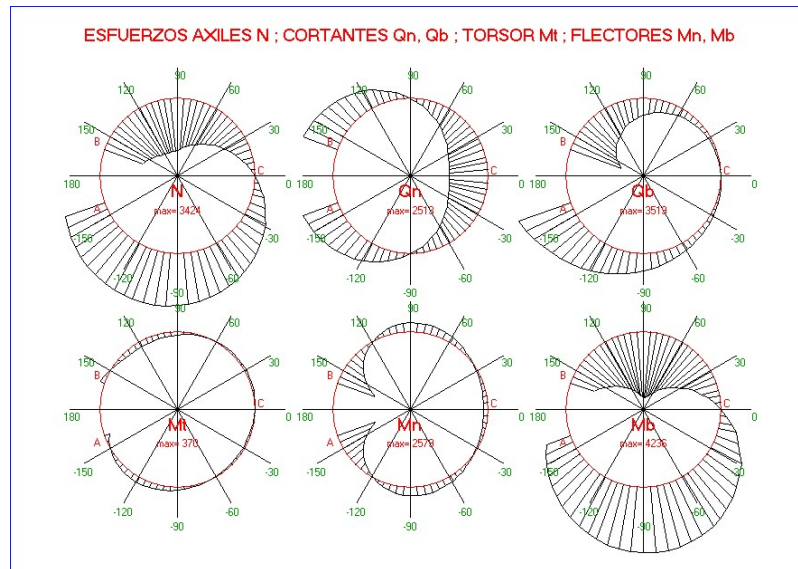
Campo de aplicación: Programa de elementos finitos de alto grado de aplicación a los Medios Continuos elásticos. El alto grado de los elementos permite resolver con gran precisión situaciones con singularidades y fuertes gradientes tensionales.

Entrada de datos: La gran precisión de los elementos permite utilizar un número mínimo de ellos; siendo suficiente utilizar, en muchas ocasiones, menos de cuatro elementos de alto grado. El número de elementos viene condicionado más por su adaptación al contorno, que por la finura de la malla necesaria para resolver el problema. Es, por tanto, especialmente adecuado para resolver problemas con geometría sencilla como vigas de gran canto, ménsulas cortas, nudos y otros detalles estructurales.

Cálculo: A partir del contorno introducido y del grado de interpolación elegido por el usuario, el programa genera no solo las matrices de rigidez y vectores elementales, sino incluso las funciones de forma. Para comprobar la convergencia de la solución, solo se necesita modificar el grado del polinomio interpolante, sin necesidad de modificar la malla.

Resultados: Además de la salida numérica, obtiene gráficas de deformadas, isostáticas, isotensiones, y cortes tensionales,

HELICOIDAL



Campo de aplicación : Análisis de vigas en hélice, de hormigón y/o acero para escaleras y rampas helicoidales.

Cálcula : en cualquier sección, los esfuerzos axiles, cortantes, y momentos flectores y torsores, por resolución de las ecuaciones de equilibrio y compatibilidad.

Resultados : Considera vigas espaciales empotradas en ambos extremos o empotradas en un extremo y libre en el otro, sometidas a cargas concentradas y repartidas.

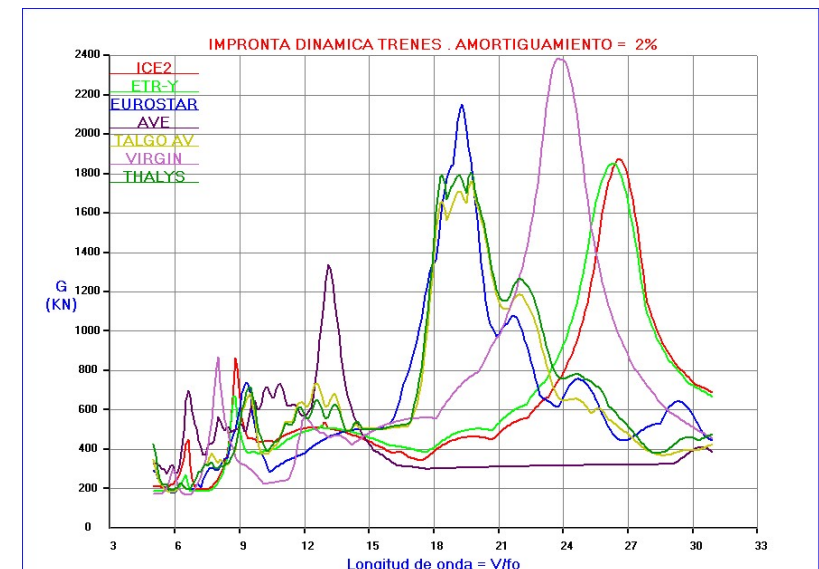
Obtiene esfuerzos, tensiones y deformaciones de resortes helicoidales frente a esfuerzos axiales y torsionales.

IMPRONTA

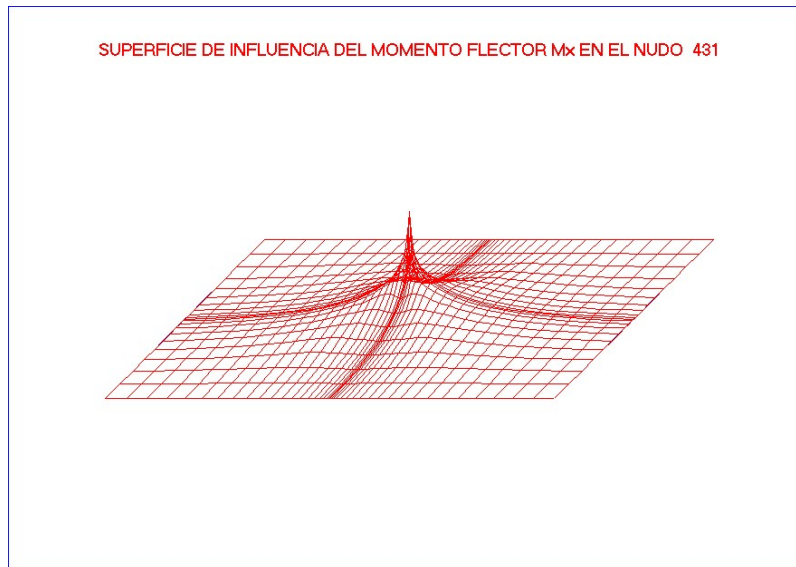
Campo de aplicación: Análisis dinámico simplificado de puentes isostáticos de ferrocarril recorridos por cualquier tren de cargas.

Cálculo: Basado en la formulación de la IAPF-07, válida para tableros isostáticos sin limitación de frecuencias y para cualquier velocidad de circulación.

Resultados: Se obtienen de manera instantánea, para cada tren, su impronta dinámica y la línea de influencia dinámica. También obtiene las aceleraciones máximas en un rango de velocidades de paso y para diversas composiciones circulantes.



INFLUEN



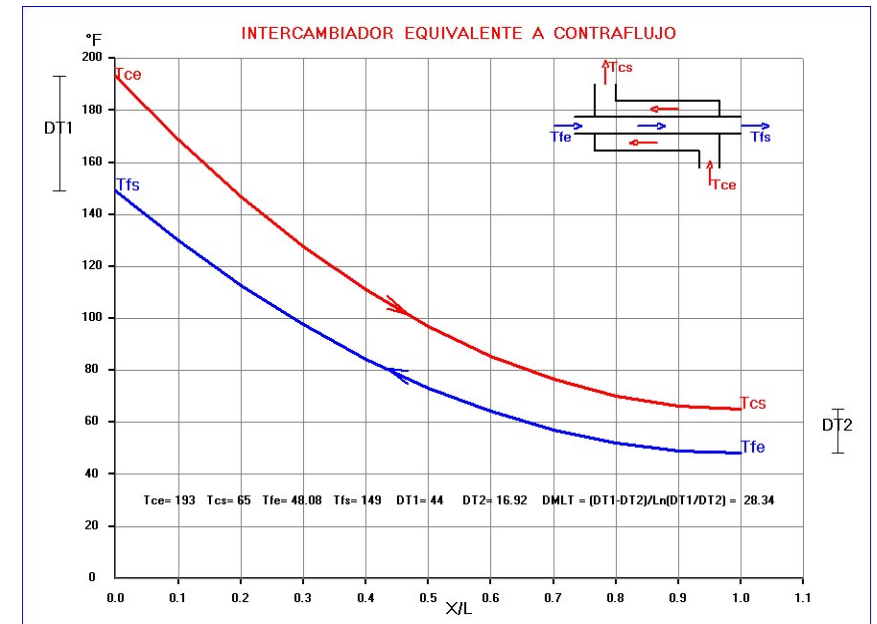
Campo de aplicación : Líneas de Influencia (L I) en estructuras planas de cualquier forma y de nudos rígidos y/o articulados y Superficies de Influencia (SI) de placas a flexión de planta rectangular, esviada o circular, de espesor constante o variable .

Entrada de datos : Muy sencilla pues permite , introducir unos pocos parámetros para generar elementos, barras, nudos y apoyos según tipologías.

Cálculo : Según métodos matriciales y de elementos finitos con calculo directo de L I y S I de flectores, cortantes, axiles, torsores, reacciones , flechas, y giros.

Resultados : Numéricos y gráficos de Líneas y Superficies de Influencia tanto de cargas puntuales como repartidas. Obtiene esfuerzos y movimientos debidos al paseo de los trenes de carga recogidos en las instrucciones de acciones de puentes de carretera y ferrocarril.

INTERCAM



Campo de aplicación : Análisis térmico de paredes, aletas e intercambiadores de calor frente a la transferencia por conducción y convección, obteniendo la distribución de temperaturas y flujos.

Opciones, cálculo y resultados : Considera paredes planas, cilíndricas y esféricas simples y/o de múltiples capas.

Las aletas de perfil sencillo (rectangulares, agujas, anulares, triangulares) son resueltas por integración exacta de la ecuación diferencial de equilibrio térmico. Para las de perfil más complejo, se utiliza el método de los elementos finitos.

Analiza todo tipo de intercambiadores de calor (pared plana, carcasa y tubos, de flujo cruzado, operando en flujo paralelo o en contraflujo).

A partir de las temperaturas de entrada y salida y otras características de los fluidos, obtiene el área requerida de intercambio, los flujos y las temperaturas. Dependiendo de los datos disponibles se utiliza la técnica DMLT (Diferencia media logarítmica de temperatura) o el método de la eficiencia o NTU (Número de unidades de transferencia)

IOPERA :

Campo de aplicación: Investigación Operativa

Aplicaciones y algoritmos :

Programación lineal (Simplex). Problemas de transporte y asignación.
Programación no lineal (Newton-Rapshon, Kuhn- Tucker etc).
Programación dinámica (Políticas óptimas de transportes, inversiones, fabricación y renovación de maquinaria etc)

Análisis de redes (Recorridos de coste mínimo, ruta mas corta, flujo máximo, capacidad de redes, arboles genealógicos)
Administración de proyectos (PERT) y camino crítico (CPM).
Teoría de juegos y decisiones. Control de almacenes e inventarios.

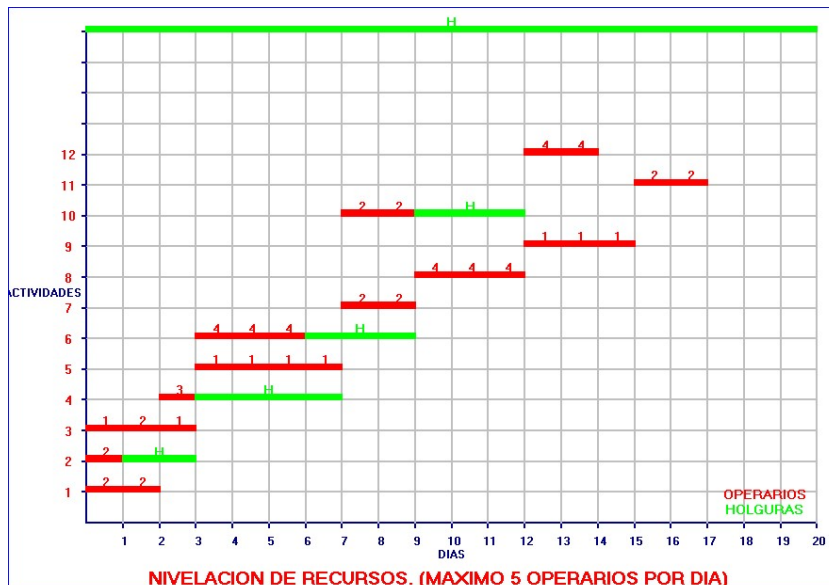
Colas y simulaciones

Estadísticas y probabilidades.

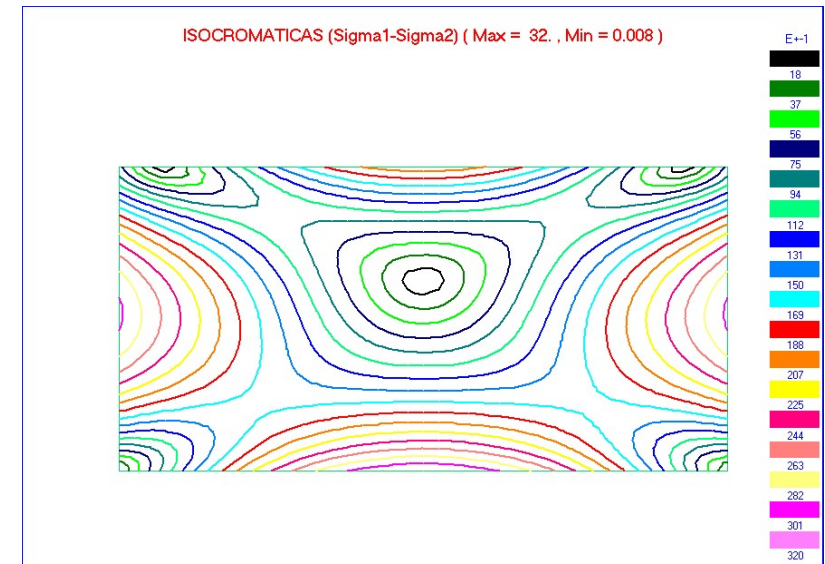
Muestreo, intervalos de confianza, pruebas de hipótesis

Regresión simple y múltiple; Interpolaciones. Series temporales.

Valoración de inversiones, rentas y prestamos.



ISOSTA :



Campo de aplicación: Cálculo y representación de estados tensionales en vigas y en dominios rectangulares.

Datos de entrada: Se introduce el campo de tensiones como suma de un conjunto de monomios. Opcionalmente se calcula el estado tensional para el caso de vigas para diversos tipos de carga. En este último caso se definirá el tipo de sección recta, y las condiciones de apoyo de la viga.

Cálculo: Se aplicará la teoría de la elasticidad o la teoría elemental de vigas para obtener tablas que contienen en cada nudo de la red, las tensiones normales y tangenciales, las tensiones principales y su dirección.

Resultados graficos: Se dibujan las siguientes curvas que definen completamente el estado tensional: isobaras, isocromaticas, isostaticas, Isoclinas, isopacas, lineas de máxima tensión cortante, y cortes tensionales.

JULIAN

LONGITUDES DE PANDEO (cm)

	207	199	223
	212	218	243
	220	221	246
	209	222	247
	221	234	257
249	250	241	263
353	335	336	367
265	193	131	68

Campo de aplicación : Determinación de las longitudes de pandeo de estructuras porticadas.

Este programa es una sencilla y rápida alternativa al programa GDESP, para este tipo de estructuras , traslacionales o no.

Cálculo: Se utiliza el método de Julian y Lawrence, recogido en las normas oficiales de construcción.

LAMINAS

Campo de aplicación: Análisis y diseño de todo tipo de láminas y membranas de hormigón armado y pretensado, y metálicas:

Laminas de revolución: Cilíndricas, esféricas, cónicas, elipsoides, paraboloides, hiperboloides y de directriz general. Depósitos con y sin solera y con cubierta esférica o plana. Recipientes a presión. Calderas. Tubos zunchados. Laminas con rigidizadores.

Cubiertas cilíndricas de directriz circular, parabólica, cicloide, catenaria, semielipse, y otras no simétricas con vigas de borde.

Laminas plegadas (Folded plates), armadas y pretensadas.

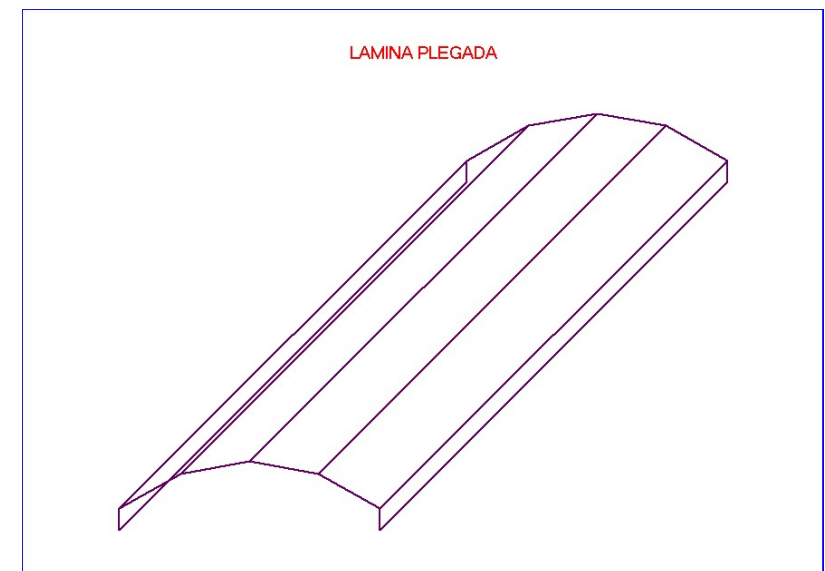
Paraboloides circulares, elípticos e hiperbólicos, de planta rectangular, triangular o circular con diversos tipos de apoyo. Conoides

Laminas funiculares de doble curvatura: Generadas a partir de la carga, de la tensión de trabajo y de la planta de la cubierta (rectangular, circular, elíptica, triangular, poligonal regular y arbitraria)

Entrada de datos : Muy simplificada para cada tipología. Dispone de generador de geometrías, mallas y cargas.

Cálculo: Las ecuaciones diferenciales, son integradas de forma exacta, o bien numéricamente : Galerkin, Runge Kutta, Elementos Finitos, etc, dependiendo de la tipología considerada. Realiza el calculo elastico y estatico, pero tambien dispone de opciones para análisis de vibraciones y de estabilidad.

Resultados: numéricos y gráficos, de desplazamientos, reacciones , esfuerzos y tensiones de flexion y membrana.



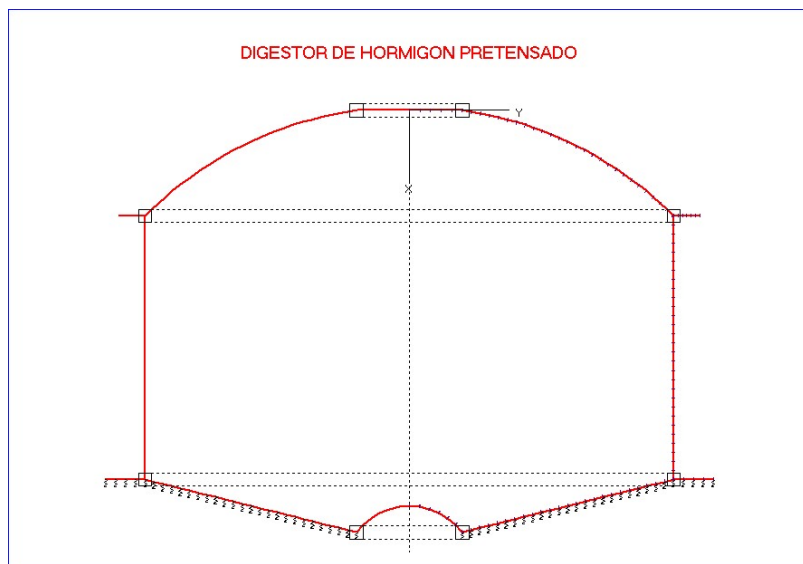
LAMREV

Campo de aplicación: Análisis y diseño de láminas de revolución: Cilíndricas, esféricas, cónicas, elipsoides, paraboloides, hiperboloides y de directriz general. Depósitos de hormigón armado y/o pretensado con y sin solera y con cubierta esférica o plana. Recipientes metálicos a presión. Calderas. Tubos zunchados. Láminas con rigidizadores. etc.

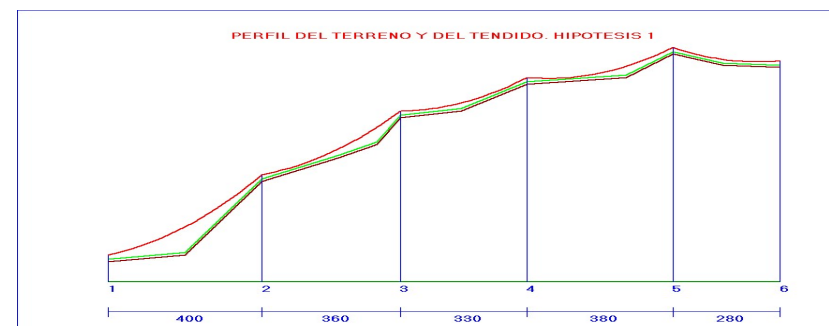
Entrada de datos : Muy simplificada para cada tipología. Dispone de generador de geometrías, mallas y cargas.

Cálculo: Las ecuaciones diferenciales, son integradas de forma exacta, o bien numéricamente : Galerkin, Runge Kutta, Elementos Finitos, etc, dependiendo de la tipología considerada. Realiza el cálculo elástico y estático, pero también dispone de opciones para análisis de vibraciones y de estabilidad.

Resultados: numéricos y gráficos, de desplazamientos, reacciones , esfuerzos y tensiones de flexión y membrana.



LINEAS



Campo de aplicación: Cálculo mecánico de líneas aéreas para el transporte de energía eléctrica. El análisis se realiza por tramos completos, formados por cualquier número de vanos.

Entrada de datos: Facilitada por opciones de generación de datos, pues dispone de catálogo de conductores normalizado, generador de hipótesis de sobrecargas según el RAT y ayuda gráfica para la definición del perfil del terreno y del tendido, garantizando las distancias de seguridad reglamentarias.

Cálculo: Se realiza conforme al reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión (RAT). Las acciones debidas al peso propio, viento, hielo y temperatura, se combinan según el RAT para la comprobación de flechas y tracciones con el coeficiente de seguridad correspondiente. El control de vibraciones se realiza a partir de la tensión de cada día, de manera que no se supere el EDS admisible. El programa considera la catenaria como configuración de equilibrio, lo que permite analizar con precisión, vanos de gran longitud y desnivel. También permite considerar la aproximación parabólica. Se utiliza la técnica iterativa de Newton para resolver las ecuaciones no lineales, que resultan del cambio de condiciones de una hipótesis a otra.

Resultados: Para cada hipótesis de carga, el programa LINEAS obtiene flechas, tracciones, coeficientes de seguridad etc., tanto en el vano de regulación como en cada uno de los vanos del tramo. Obtiene las resultantes en cada uno de los apoyos, previo cálculo de los gravitanos y eolovanos. Comprueba que la desviación transversal de las cadenas de aisladores sea admisible. En caso contrario obtiene los contrapesos correspondientes. Presenta la tabla de tensiones y flechas de

regulación para un amplio rango de temperaturas y longitudes de los vanos. Analiza el equilibrio sobre poleas durante la operación de tendido del conductor, obteniendo las tensiones y flechas, y los desplazamientos a introducir en el engrapado, para garantizar la verticalidad de las cadenas. Todos los resultados anteriores son listados detalladamente, por lo que constituyen un anejo de cálculo que se puede incluir directamente en el proyecto.

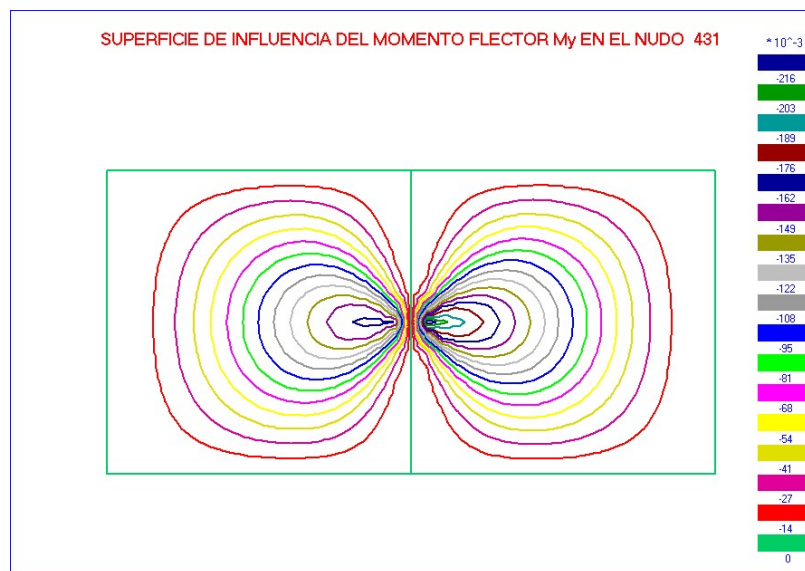
LOSA

Campo de aplicación : Losas a flexión de planta rectangular, esviada o circular con secciones transversales de canto constante o variable con o sin aligeramientos.

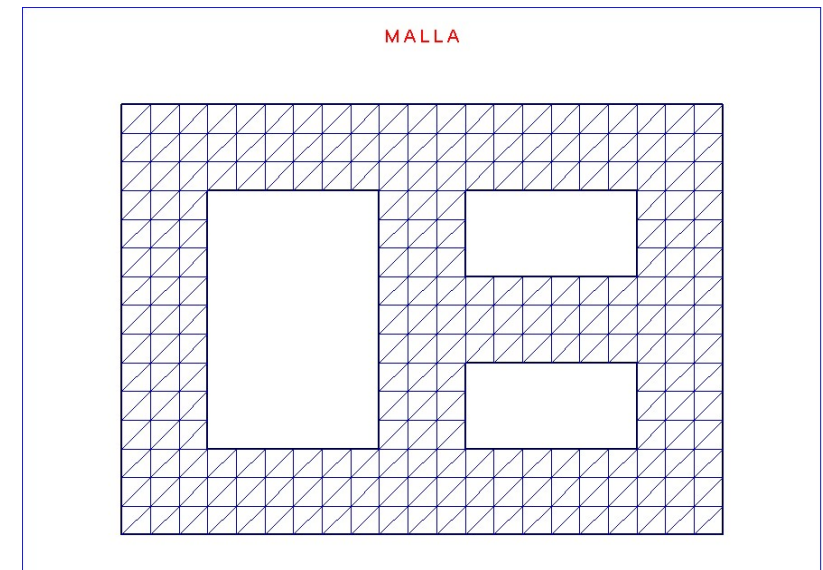
Entrada de datos: Generación automática del mallado, condiciones de apoyo y acciones.

Cálculo: Teoría de Kirchhoff de placas delgadas, resuelta con el MEF para casos de carga puntuales, repartidas o carros de carga, así como su combinación.

Resultados: Las tablas de movimientos y esfuerzos se pueden obtener de forma numérica y gráfica. Obtiene Superficies de Influencia de cortantes, flectores, torsores, reacciones y flechas.



LSTMEF



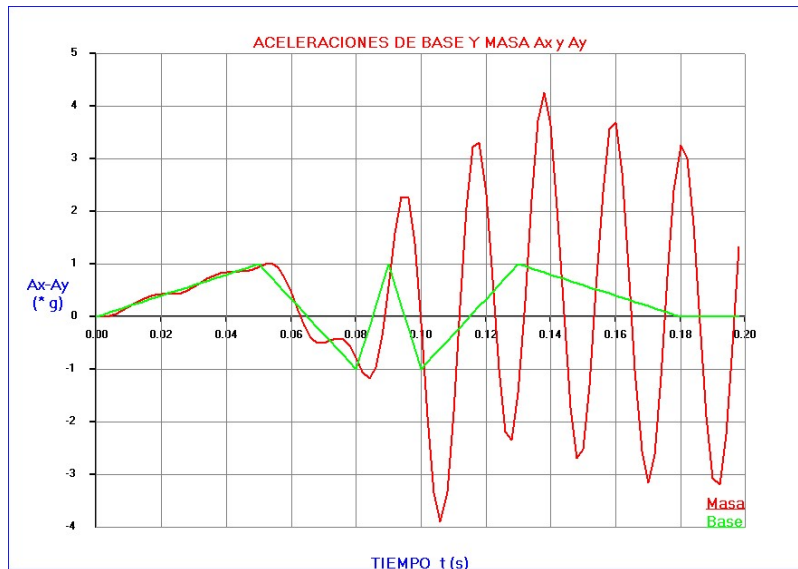
Campo de aplicación : Se extiende a todos los problemas de elasticidad bidimensional tanto de tensión plana como de deformación plana.

Entrada de datos : El programa LSTMEF dispone de generadores de geometrías y discretización del medio continuo. Así mismo se pueden definir por zonas todo tipo de materiales. Las condiciones de apoyo y cargas pueden ser muy generales.

Cálculo : Según el método de los elementos finitos con elementos triangulares de deformación lineal (LST)

Resultados : Obtiene, los desplazamientos y las reacciones nodales. Así mismo, obtiene en cada nudo, su estado tensional definido por su tensor de tensiones cartesiano, así como las tensiones principales y su dirección. Además de la salida numérica obtiene gráficamente deformadas, isostáticas, isotensiones y cortes tensionales, así como diversas representaciones del mallado en elementos finitos.

MAQUINAS



Campo de aplicación : Análisis dinámico de cimentaciones tipo bloque y maquinaria sobre mesas vibratorias.

Entrada de datos: Muy simple, a partir de la cual se generan las propiedades mecánicas y dinámicas de cimentación y terreno.

Cálculo: Utiliza 6 modos de vibración traslacionales y rotacionales con modelos dinámicos a base de resortes lineales o no, amortiguadores y dispositivos de fricción con holguras y topes.

Resultados : Numéricos y gráficos, obteniendo la historia de desplazamientos, velocidades y aceleraciones , así como las fuerzas de inercia, amortiguamiento y de los resortes que equilibran a la excitación exterior.

MALLA

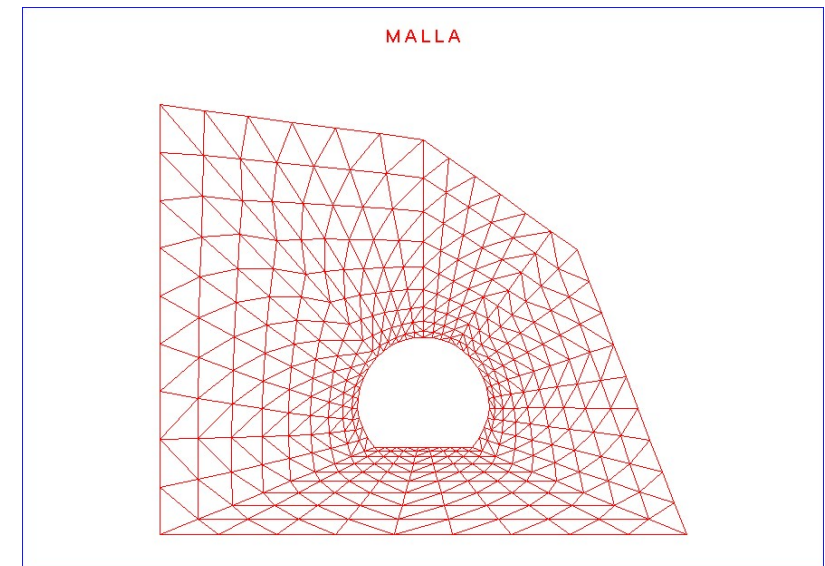
Mallador de elementos finitos.

Ofrece distintas técnicas de generación de nudos y elementos según la geometría del problema: Subdivisión en regiones cuadrilateras, generación de mallas reticulares y generación de mallas triangulares.

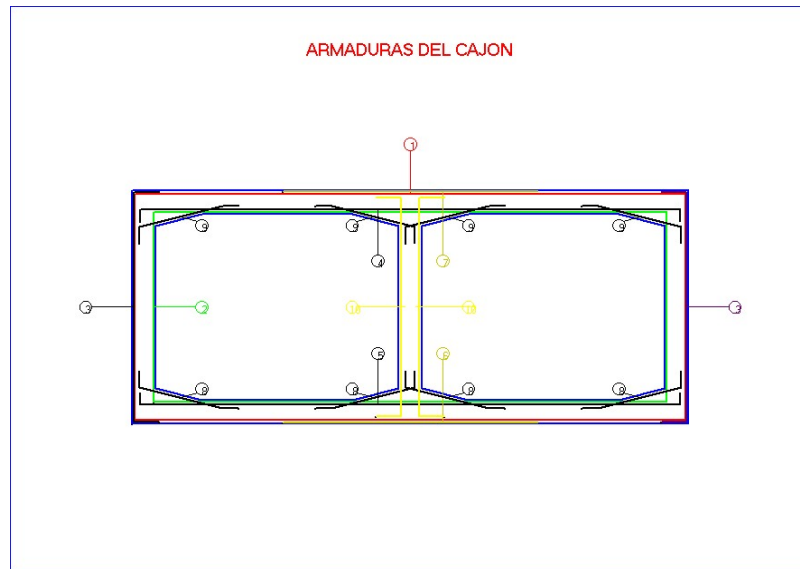
La entrada de datos, se reduce a dibujar el contorno en la pantalla.

Dispone de opciones de regularizacion de la malla y de numeración óptima (ancho de banda o frente minimos).

Permite generar diferentes densidades de malla, ajustándose a los estimadores de error esperados.



MARCO



Campo de aplicación: Marcos y pórticos de HA para pasos inferiores

Cálculo y armado de marcos y pórticos uni o multicelulares para pasos inferiores.

Definición inmediata de la geometría del marco y de las aletas. Genera las acciones de peso y empuje de tierras, paseo del carro, peso propio etc.

Determina la envolvente pésima de esfuerzos debida a varias posiciones del carro, distintos combinaciones de las cargas y dimensiona conforme al Código Estructural y Eurocódigo EC2.

Permite la homogenización manual de armaduras y la comprobación posterior.

Resultados: Obtiene tablas y gráficas de esfuerzos, desplazamientos, reacciones y planos de armado.

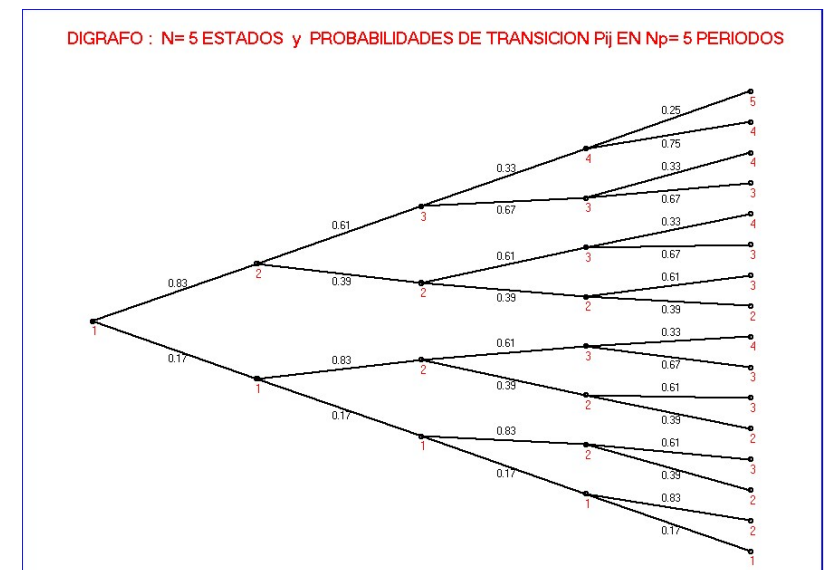
MARKOV

Campo de aplicación: Predicción del estado de deterioro y planes de mantenimiento y su costo en Puentes, Estructuras y Pavimentos y su evolución temporal utilizando la técnica de las cadenas de Markov

Entrada de datos: Admite cualquier número N de estados de deterioro. Se definirá el vector de estado inicial $S_0(N)$ y la matriz de probabilidades de transición $P(N,N)$. Se definirá el plan de mantenimiento, indicando las componentes que mejoran su estado y el coste correspondiente.

Cálculo: Se utiliza el álgebra de las matrices de transición de Markov, para el cálculo del deterioro sucesivo, así como los autovalores y autovectores que permiten determinar la matriz de transición límite, que pasa directamente desde el estado inicial al final.

Resultados: Obtiene las N componentes del vector de estado para todos los instantes elegidos, así como la evolución de la calificación global y el costo asociado. Salida gráfica de grafos y dígrafos, así como gráficas temporales del estado, calificación y coste.



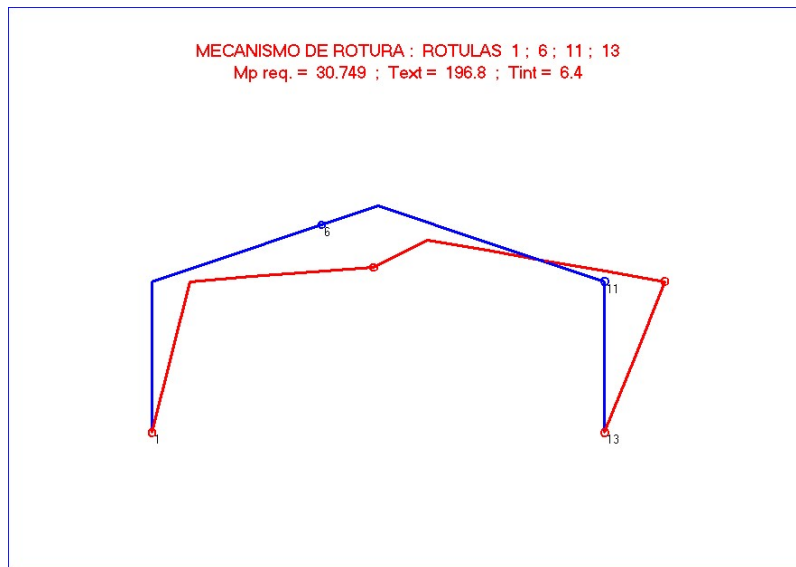
MECANO

Campo de aplicación: Análisis límite o en rotura de vigas, vigas continuas, pórticos y arcos de cualquier forma.

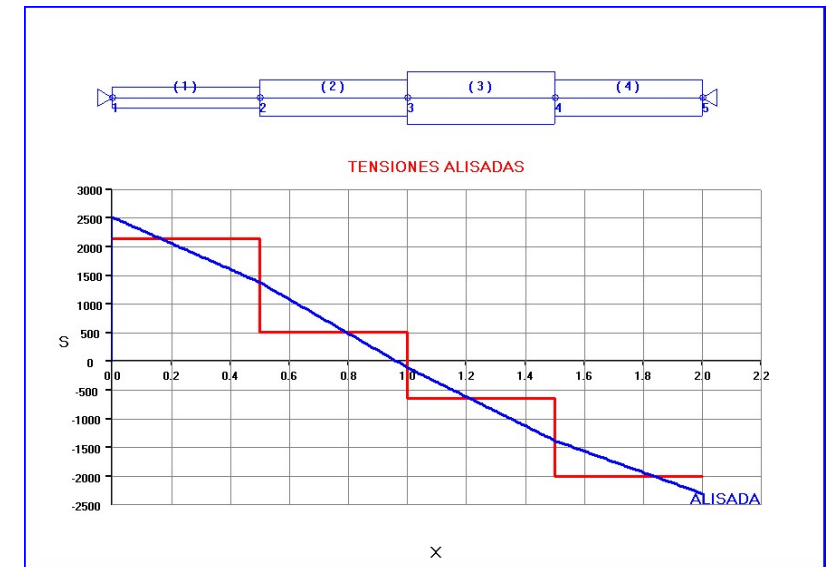
Cálculo: Analiza todos los posibles mecanismos de la estructura, escogiendo el de rotura según los teoremas de máximo y mínimo del cálculo plástico.

Opciones:

- a) De comprobación determinando la carga de rotura y el mecanismo correspondiente.
- b) De dimensionamiento, determinando los M_p requeridos para un sistema de cargas dado.
- c) Dimensionamiento de estructuras de peso mínimo, utilizando técnicas de programación lineal.



MEF1D



Campo de aplicación: Curso básico e interactivo del Método de los Elemento Finitos en problemas unidimensionales de ingeniería.

Cálculo: Permite la utilización de elementos de grado arbitrario con cualquier número de nudos. Considera geometría y material variable dentro de cada elemento, así como acciones repartidas, concentradas, térmicas y esfuerzos de pretensado. Permite coacciones impuestas, apoyos y muelles. Dispone de diversas opciones de integración numérica, de alisado tensional y de mejora de la solución.

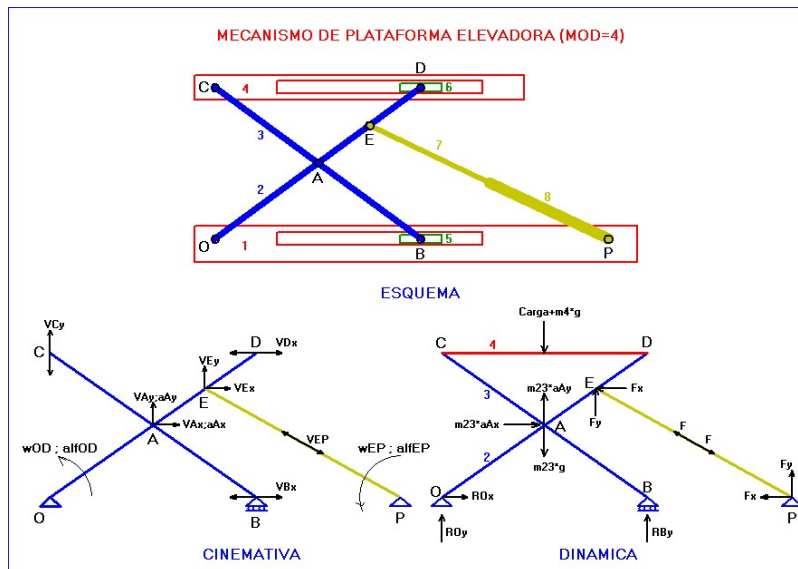
Resultados: Salida numérica exhaustiva con las matrices de rigidez y vectores elementales y globales de cargas, desplazamientos y reacciones; así como las deformaciones, tensiones y esfuerzos axiales de cada elemento. Salida gráfica de todos los resultados anteriores.

MEKANISMOS

Campo de aplicación: Análisis cinemático y dinámico de mecanismos planos: Biela-Manivela excéntrica o no, Cuadrilátero articulado con o sin acoplador, Doble deslizadera; De Witwork ; Plataformas elevadoras etc.

Cálculo: Utiliza el álgebra compleja para obtener posiciones y componentes de la velocidad y aceleración de las articulaciones y de los cdg de las barras. Determina, mediante equilibrio dinámico, los esfuerzos en los extremos articulados, a partir de las fuerzas exteriores y de inercia y gravitatorias concentradas en los cdg de los eslabones.

Resultados : Salida exhaustiva para una posición determinada del mecanismo. También obtiene la evolución de los resultados durante un ciclo completo, determinando sus valores máximos y mínimos. Dispone de salida gráfica de los resultados anteriores.

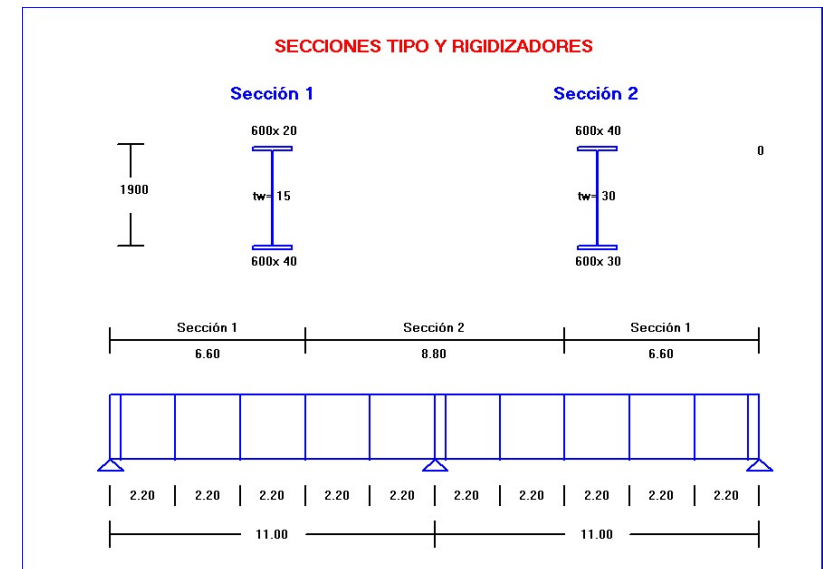


METALICA

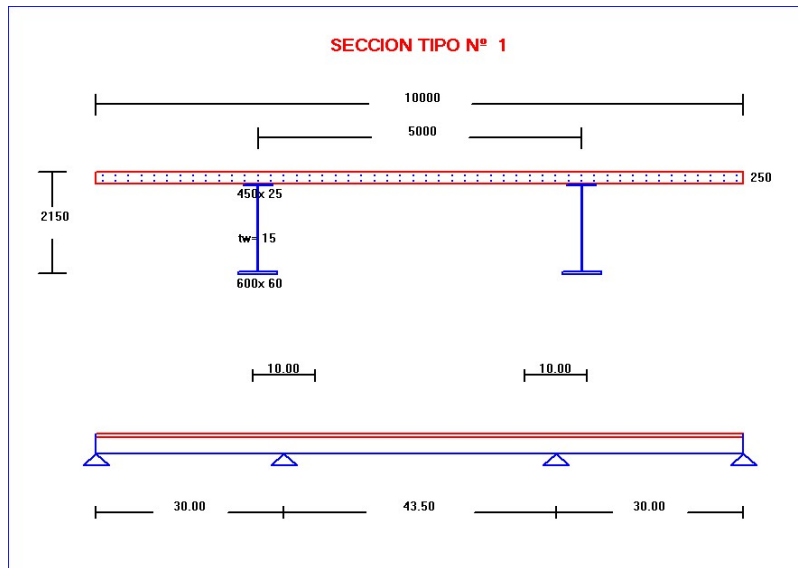
Campo de aplicación : Diseño y comprobación de vigas metálicas continuas según el Código Técnico y el Eurocódigo 3. Las secciones son perfiles laminados o vigas armadas en doble T, secciones bixénicas o en cajón, pudiendo ser de espesor y/o canto variable.

Cálculo : Dispone de modelos de cálculo de esfuerzos de tipo elástico, elástico con redistribución plástica limitada , cálculo plástico, y análisis elastoplástico con formación sucesiva de rótulas plásticas.

Resultados : Obtiene esfuerzos y desplazamientos en las secciones deseadas, y según cuál sea su clasificación (Plásticas, Compactas, Semicompactas o Ligeras) realiza las comprobaciones pertinentes a flexión, cortante y su interacción. Analiza también , la seguridad frente al vuelco lateral y la abolladura por cortante y el dimensionado de rigidizadores.



MIXTOS



Campo de aplicación: Puentes de hormigón y acero. Secciones bixágena y en cajón, con rigidizadores y diafragmas de diversos tipos.

Opciones de cálculo:

- Predimensionamiento, a partir del ancho, canto y luces, se determinan los espesores de las chapas.
- Análisis global, según proceso constructivo utilizando métodos elásticos, elastoplástico o plásticos dependiendo de la clasificación de las secciones.
- Cálculo a fatiga, según los detalles constructivos y la filosofía de la RPX.

Resultados: Obtiene características mecánicas y los esfuerzos de las secciones para los estados límites últimos (ELU) y de servicio (ELS). Verifica la capacidad última a flexión y cortante y su interacción; y comprueba el ELU de pandeo lateral. Verifica los siguientes estados límites de servicio: deformaciones, de plastificaciones locales, de figuración y de vibraciones y realiza el dimensionamiento de la conexión Acero-Hormigón.

MOVIL

Objetivo: Análisis dinámico de vigas y puentes carreteros recorridos por cargas móviles y vehículos de múltiples ejes.

Las vigas pueden ser isostáticas o continuas de múltiples vanos, de sección constante o variable.

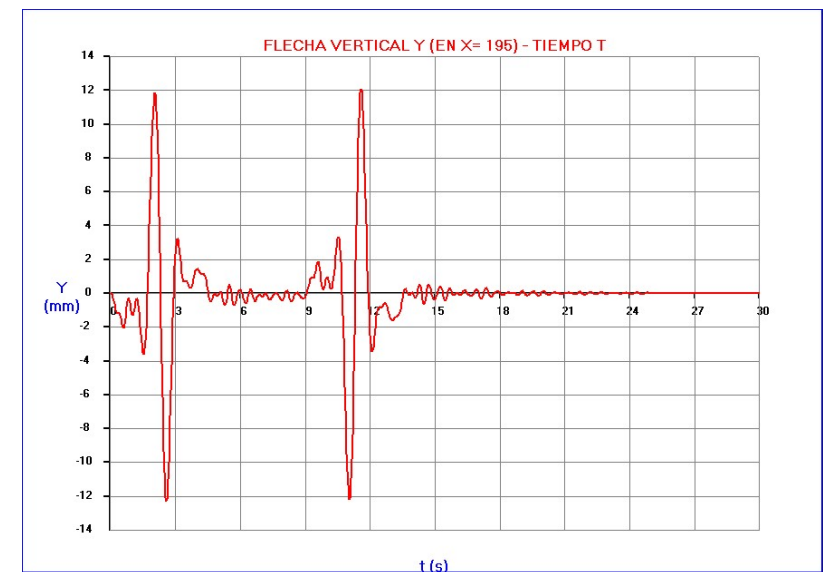
Los vehículos se definen por la posición y carga de cada uno de sus ejes (Dispone de catalogo de vehículos y trenes de carga).

Cálculo: Utiliza el análisis modal y el método de los elementos finitos para la integración directa de los modos de vibración.

Resultados : a) Envolventes estáticas y dinámicas a lo largo del puente de desplazamientos, aceleraciones y esfuerzos al paso de cualquier vehículo.

b) Historia de desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las secciones elegidas por el usuario.

c) Barrido de velocidades de los vehículos elegidos, obteniendo, para cada una de las velocidades de circulación, los valores máximos y mínimos de flechas, aceleraciones, momentos y cortantes, así como los coeficientes dinámicos.



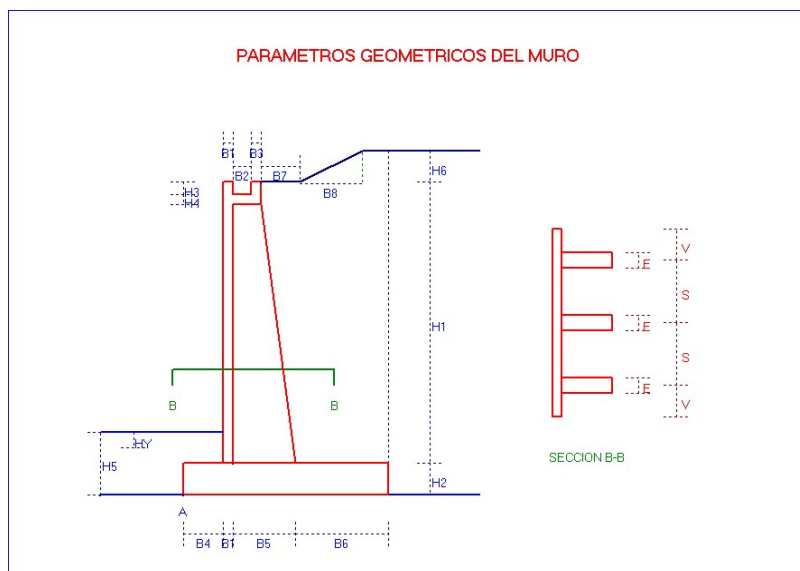
MUROS

Campo de aplicación: Realiza el predimensionamiento, cálculo y armado de los siguientes tipos de muros: a) de gravedad, b) en ménsula, c) de contrafuertes, d) de bandejas, e) de sótano, f) de tierra armada, g) pantallas y h) tablestacados.

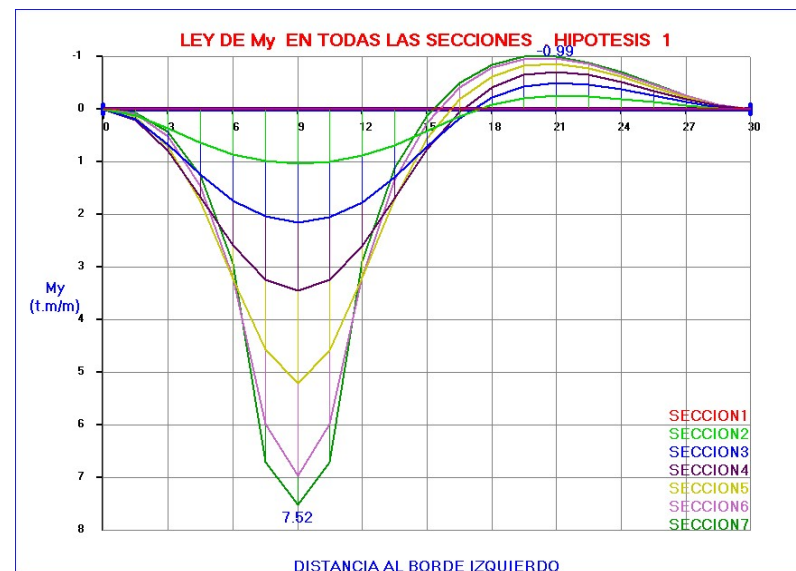
Dependiendo de la tipología, considera parámetros inclinados o quebrados en alzados y zapatas, incluyendo tacones, tirantes, puntales y otros elementos estabilizantes. Considera terrenos granulares y cohesivos definidos por estratos múltiples con nivel freático intermedio. La superficie del terreno puede ser horizontal, inclinada o escalonada. Admite todo tipo de sobrecargas: repartidas, concentradas, en faja, de zapatas colindantes etc, considerando los efectos sísmicos en el cálculo de empujes.

Cálculo: Los procedimientos de cálculo utilizados para cada tipo de muro, van desde simples ejercicios de estática hasta técnicas matriciales y de elementos finitos. Se obtienen los coeficientes de seguridad al vuelco, y al deslizamiento superficial y profundo, tensiones en el terreno, y los esfuerzos y armaduras en zapatas y alzados.

Resultados: Memoria de cálculo con los resultados anteriores, incluyendo mediciones y planos de geometrías y armaduras.



ORTOTROP



Campo de aplicación : Adecuado al análisis bidimensional de tableros rectos de puentes de hormigón armado y pretensado, metálicos o mixtos, con secciones de losa maciza o aligerada con y sin vigas.

Considera el caso de apoyos intermedios e incluso el caso de tableros atirantados.

Entrada de datos : Inmediata dada la especialidad del tipo de estructura.

Cálculo : Se aplica el análisis armónico al cálculo de esfuerzos, deformaciones y reacciones del tablero y de las vigas.

Resultados : Listados y gráficos de deformaciones, esfuerzos, reacciones y líneas de influencia en la losa y vigas. Determina coeficientes de excentricidad.

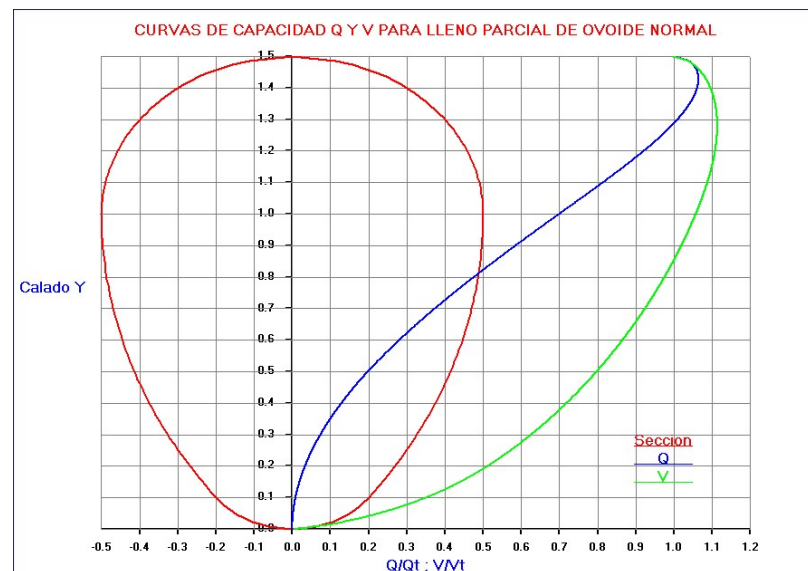
OVOIDE

Campo aplicación: Redes de saneamiento con conducciones de todo tipo: Ovoides, colectores y galerías con o sin canal inferior.

Cálculo hidráulico de la sección, obtiene la tabla de capacidad para una pendiente y rugosidad dadas, incluyendo para cada calado, el caudal, velocidad, anchura, área y perímetro mojado, radio hidráulico etc. En la tabla hidráulica -para un caudal dado- se obtienen calados, velocidades, energía, momentum y los calados conjugado, alterno y valores críticos.

Cálculo mecánico de la sección, obteniendo las deformaciones y esfuerzos debidos al peso y empuje de tierras, al peso de vehículos y a las presiones hidráulicas.

Opciones: Genera geometrías de ovoides y colectores a partir de sus arcos. También considera secciones abiertas (canales y cauces naturales con o sin bancadas)



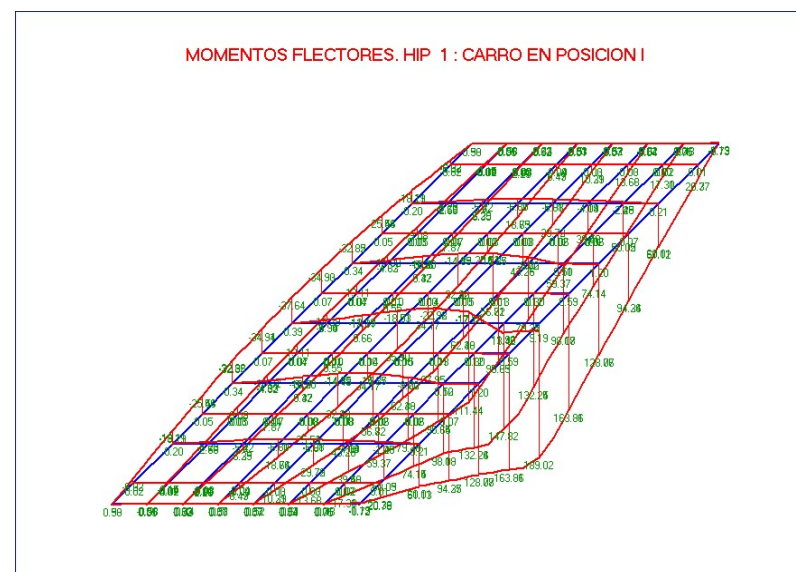
PARRILLA

Campo aplicación: Cálculo de emparillados de planta arbitraria. Dispone de generador de mallas y trenes de carga que le hacen especialmente adecuado para el análisis de tableros de puente. Util también para el diseño de losas sobre cimentación elástica, forjados reticulares, muros, estribos etc.

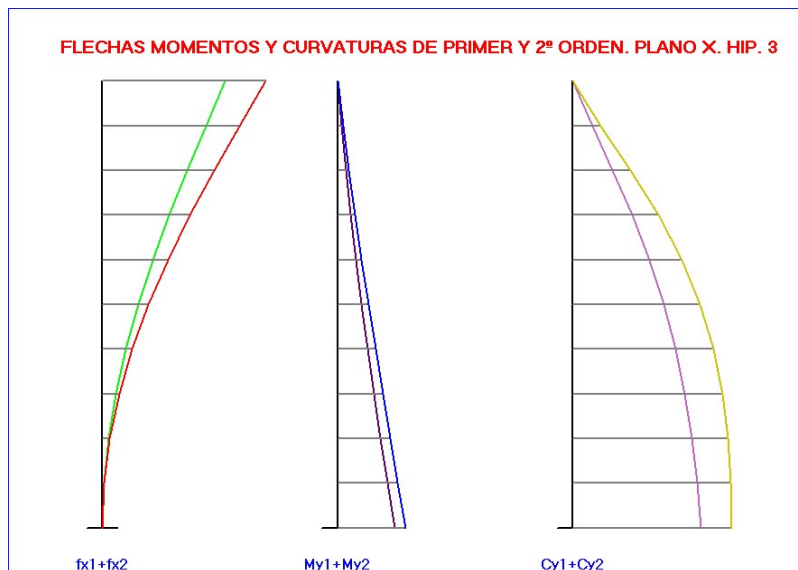
Cálculo: Puede resolver matricialmente hasta 15000 grados de libertad, admitiendo hasta 40 hipótesis de carga simultáneas. Admite todo tipo de cargas y condiciones de apoyo.

Resultados: Obtiene numérica y gráficamente desplazamientos, giros, reacciones, leyes y envolventes de esfuerzos. Dibuja y acota superficies de influencia, reacciones, flechas y esfuerzos. Obtiene automáticamente la posición más desfavorable de los trenes de carga.

Salida gráfica en pantalla, impresora y plotter. Genera ficheros HPGL y DXF para AUTOCAD.



PILAS



Campo de aplicación: Análisis y diseño de pilas de puente. Especialmente adecuado al dimensionamiento de pilas altas al considerar el acoplamiento de los efectos de 2º orden y fluencia con la no linealidad del material. Admite todo tipo de situaciones: falta de verticalidad, cimentación elástica etc.

Entrada de datos: Dispone de rutinas de generación de geometrías y armaduras, obteniendo las características mecánicas y mediciones de la pila.

Cálculo: Considera hasta 40 hipótesis de carga simultáneas; combina las acciones en cabeza, peso propio, viento, gradiente térmico etc, obteniendo los esfuerzos y deformaciones de primer y 2º orden. Realiza el análisis evolutivo de cualquier carga creciente hasta que se produce la inestabilidad o agotamiento, determinando el margen de seguridad de la pila. Obtiene las curvas de flexibilidad de la pila importables desde el programa PILATAB. Determina la superficie de interacción N-Mx-My de cada sección de la pila. Dispone además de opción de análisis sísmico según la norma sismo-resistente.

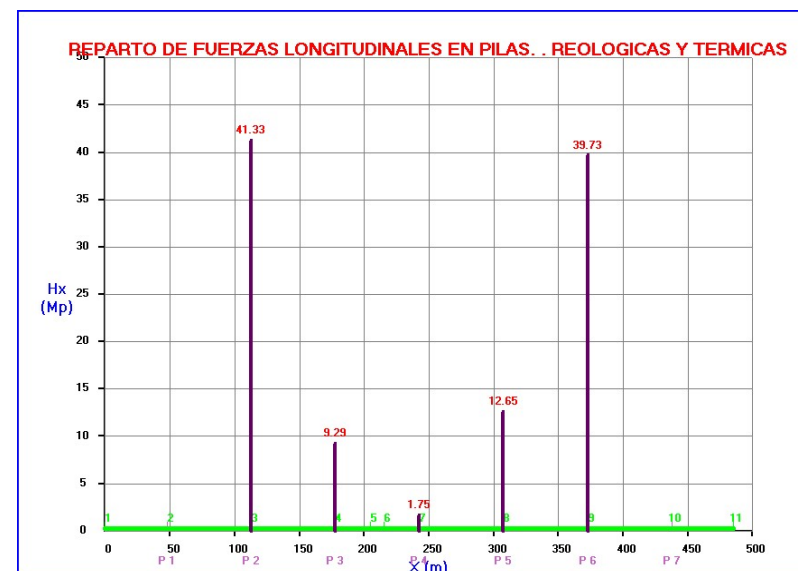
PILATAB

Objetivo: Realiza el reparto de las acciones horizontales que actúan sobre el tablero, obteniendo las fuerzas y desplazamientos longitudinales y transversales en la cabeza de cada pila y aparatos de apoyo.

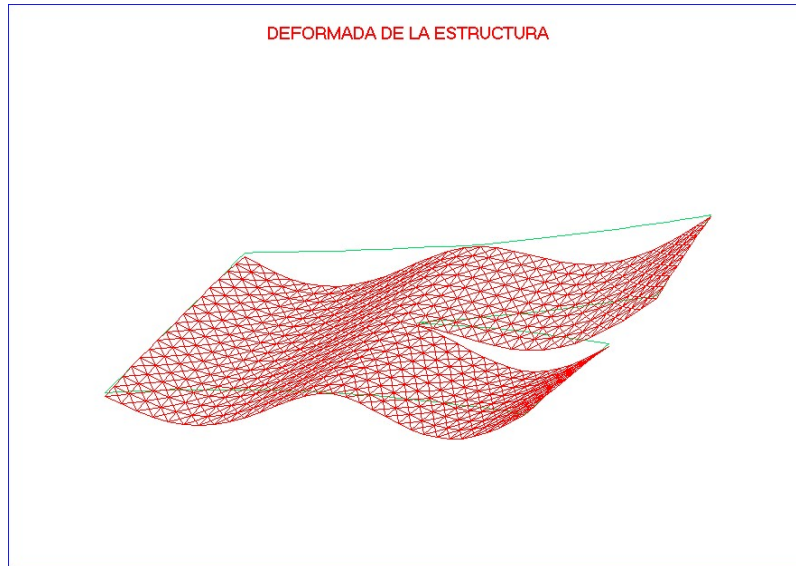
Obtiene también los esfuerzos y deformadas en el tablero debidas a las acciones horizontales, así como el punto fijo en la deformación impuesta.

Cálculo conjunto de la estructura formada por el tablero, pilas y estribos. En el caso de pilas altas permite considerar la no linealidad del hormigón y los efectos de 2º orden, con la consiguiente redistribución del reparto de fuerzas y ahorro en el armado. Las acciones consideradas son la fuerza centrífuga, viento, sismo, retracción, fluencia, temperatura y frenado.

Resultados: Obtenidos numérica y gráficamente en pantalla, impresora y plotter. Genera ficheros DXF para AUTOCAD. Programa conectable con el PILAS al que proporciona las acciones en cabeza y del que recibe las curvas de flexibilidad de cada pila.



PLACA



Campo de aplicación: Tableros, forjados, losas de cimentación y todas las estructuras continuas 2D sometidas a flexión.

Entrada de datos: Dispone de generador automático de mallas, adecuado a cualquier forma del contorno.

Cálculo: Teoría de placas de Kirchhoff resuelta con el método de los elementos finitos, permitiendo discretizaciones de hasta 6000 elementos.

Resultados: Las tablas de movimientos y esfuerzos se pueden obtener en forma gráfica en la pantalla, impresora y plotter. Genera ficheros HPGL y DXF de intercambio.

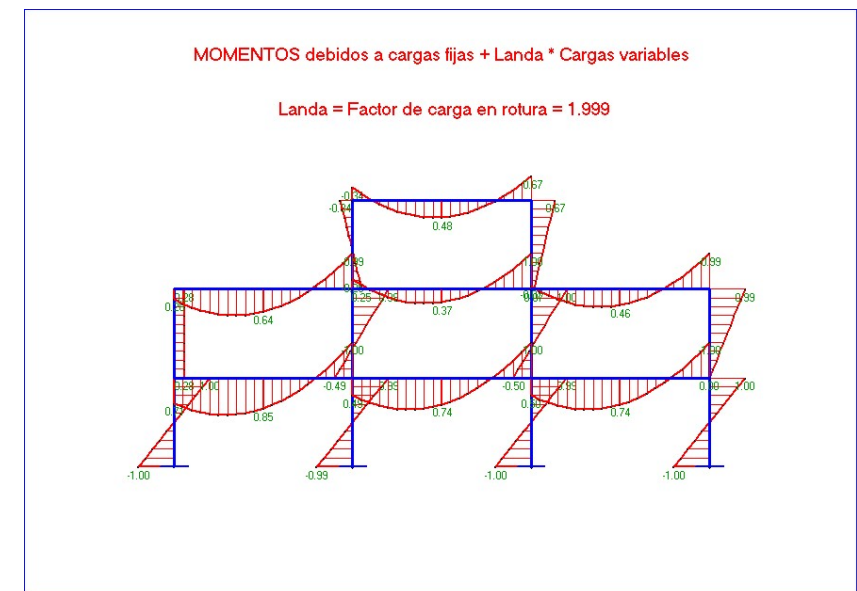
PLASPUSH

Campo de aplicación: Análisis elastoplástico de estructuras sometidas a la acción conjunta de cargas fijas y variables.

Cálculo: A los esfuerzos y deformaciones producidas por las carga fijas (Permanentes y sobrecargas de uso) se añaden los debidos al aumento proporcional de las acciones variables (por ejemplo las debidas al sismo). El aumento proporcional de las acciones variables, provoca la formación sucesiva de rótulas plásticas que merman la rigidez global de la estructura hasta que ésta alcanza su colapso. Además de los desplazamientos y esfuerzos correspondientes a cada nivel de cargas obtiene, las curvas de capacidad, de utilidad para cálculos no lineales de cálculo sísmico (Programa PUSHOVER).

Opciones de generación automática de tipologías (estructuras porticadas y otras) y todo tipo de acciones.

Para cada nivel de cargas obtiene los esfuerzos y desplazamientos, y la posición y orden en que se van formando las sucesivas rótulas plásticas.



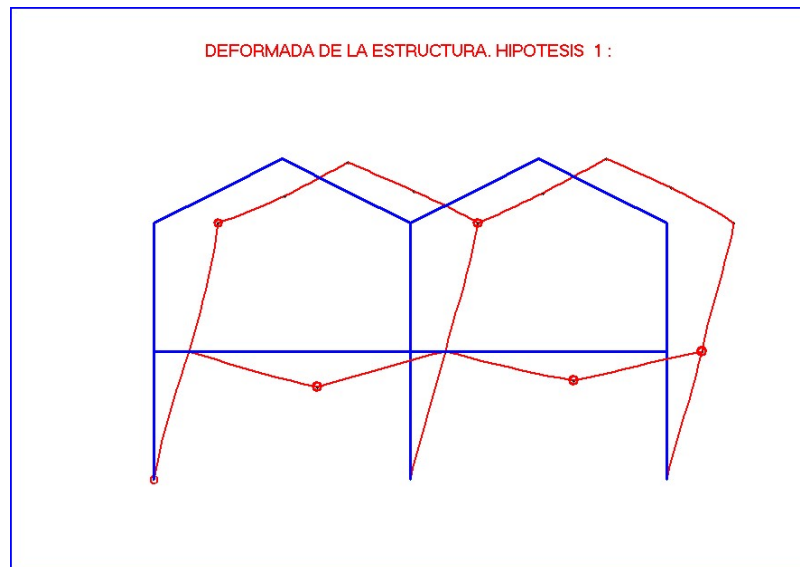
PLASTICO

Campo de aplicación: Realiza el análisis elastoplástico evolutivo hasta la ruina total o parcial de todo tipo de estructuras de barras 2D.

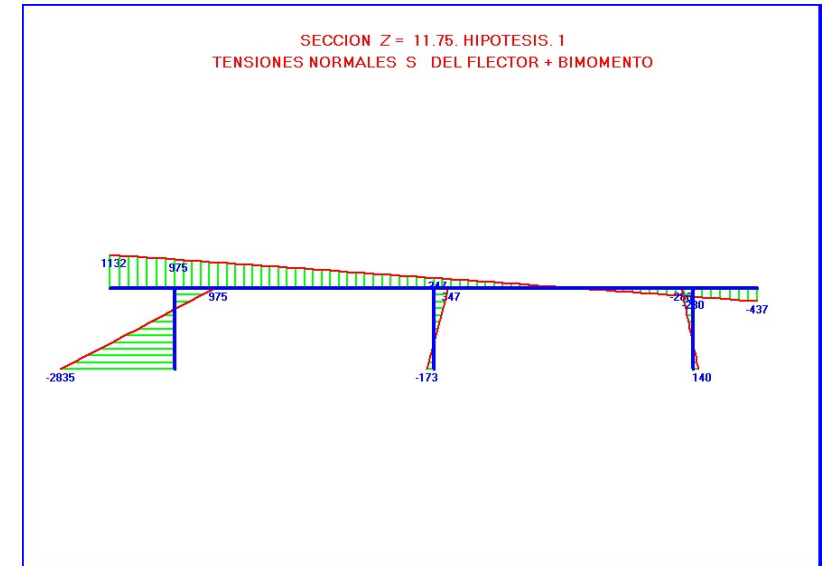
Cálculo: Iterativo de formación de las sucesivas rótulas plásticas, mermando la rigidez global de la estructura, hasta que se alcanza la ruina al convertirse en un mecanismo sin rigidez

Opciones de generación automática de tipologías (vigas, arcos, estructuras porticadas y otras) y todo tipo de acciones. Admite cualquier tipo de secciones y perfiles comerciales. Permite cualquier nivel de cargas, desde el comportamiento elástico, al totalmente plástico, pasando por situaciones de rotura parcial.

Además de los esfuerzos y desplazamientos correspondientes a cada nivel de cargas, obtiene la posición y el orden en que se van formando las sucesivas rótulas plásticas.



PLEGADA



Campo de aplicación: Tableros de puente resueltos con el método de la lámina plegada. Los tableros pueden ser de hormigón, metálicos o mixtos y estarán constituidos por una losa o chapa superior apoyada en perfiles o vigas doble T a los que puede faltar la cabeza superior o inferior.

Datos de entrada: Puede actuar cualquier número de cargas y torsos concentradas y superficiales. Permite el paseo automático del carro de 60t definido en la IAP.

Resultados: Para cada hipótesis de carga, obtiene esfuerzos, tensiones y deformaciones en cada una de las vigas, presentando los resultados de forma numérica y gráfica.

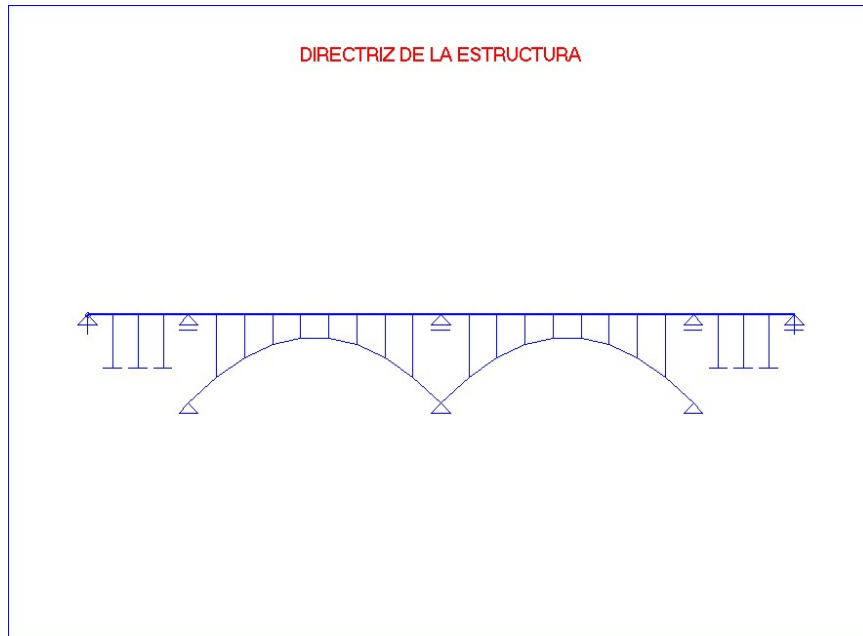
PONTARCO

Campo de aplicación : Puentes arco de tablero superior, inferior o intermedio, con o sin estructuras laterales de acceso. Obtiene esfuerzos, reacciones y desplazamientos frente a cualquier tipo de cargas y trenes paseándose por el tablero. Obtiene también líneas de influencia, la carga crítica y el modo de pandeo .

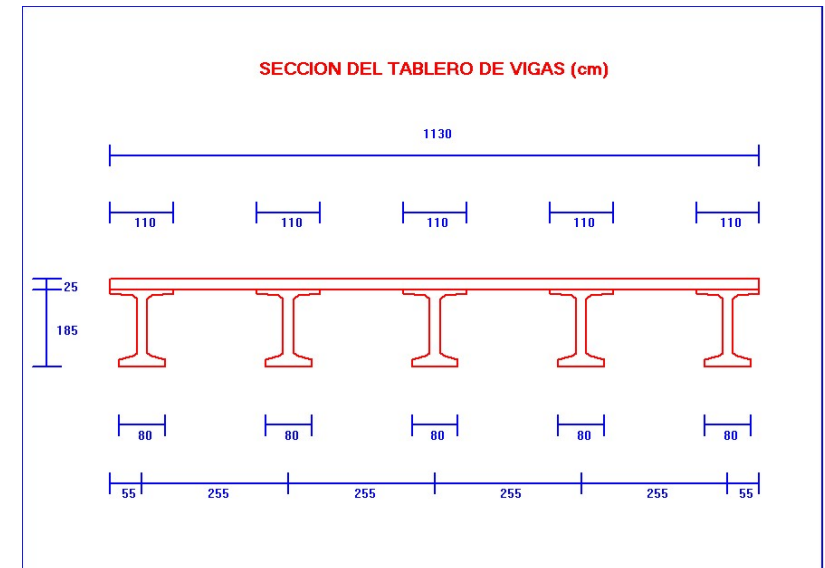
Entrada de datos : Muy sencilla, introduciendo unos pocos parámetros se generan barras, nudos, apoyos y cargas. Permite realizar análisis de rigideces, condiciones de apoyo y otras opciones de manera inmediata, que le hacen muy adecuado para el anteproyecto y el aprendizaje de esta tipología estructural.

Cálculo : Matricial lineal y No lineal con métodos de la matriz de rigidez geométrica y de las funciones de flexibilidad.

Resultados : Numéricos y gráficos de reacciones, esfuerzos y desplazamientos así como de líneas de influencia y modos de pandeo.



PONVIGAS



Campo de aplicación: Puentes de vigas de hormigón pretensado o postensado para carretera o ferrocarril.

Datos de entrada: Las acciones se introducen automáticamente según las instrucciones IAP o IAPF07, situando los correspondientes trenes de carga en múltiples posiciones para obtener el efecto pésimo de cada resultado.

Cálculo : Obtiene los esfuerzos en cada viga y en la losa superior, realizando un reparto transversal según la teoría de la losa ortótropa o con coeficientes de reparto obtenidos con otros modelos.

Resultados: A partir de los esfuerzos obtenidos, se realiza la comprobación tensional y a rotura por flexocompresión y cortante en cada una de las vigas, obteniendo su armado y pretensado conforme al Eurocódigo EC2

PRESA y PRESAI

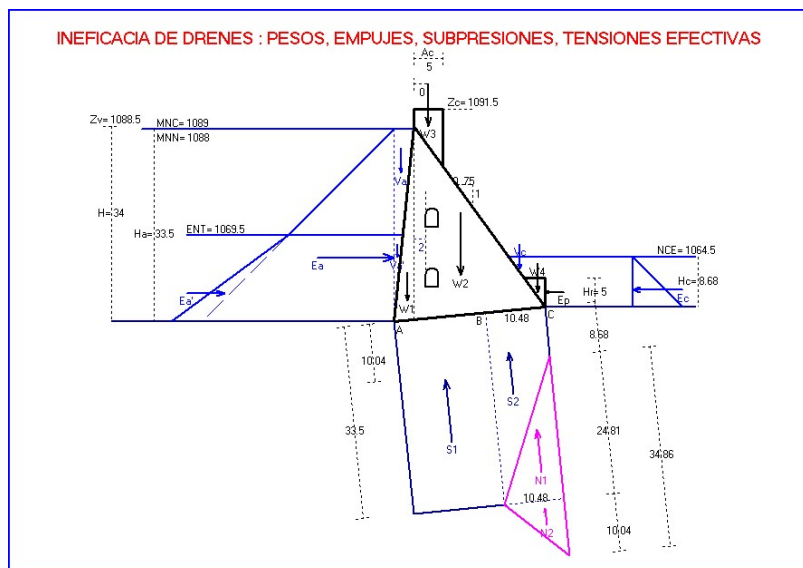
Campo de aplicación: Comprobación mecánica de presas de gravedad, analizando su estabilidad y estado tensional. Además de la situación normal, considera situaciones accidentales debidas a la ineficacia de drenes, acción sísmica y avenidas, según hipótesis de la actual Guía de Presas (PRESA) o de la antigua Instrucción de Grandes Presas (PRESAI).

Cálculo : Se utilizan sencillos métodos de la Estática y de la Elasticidad, junto al de los Elementos Finitos, para comprobar la estabilidad de conjunto y el estado tensional, para todas las hipótesis de las Guías.

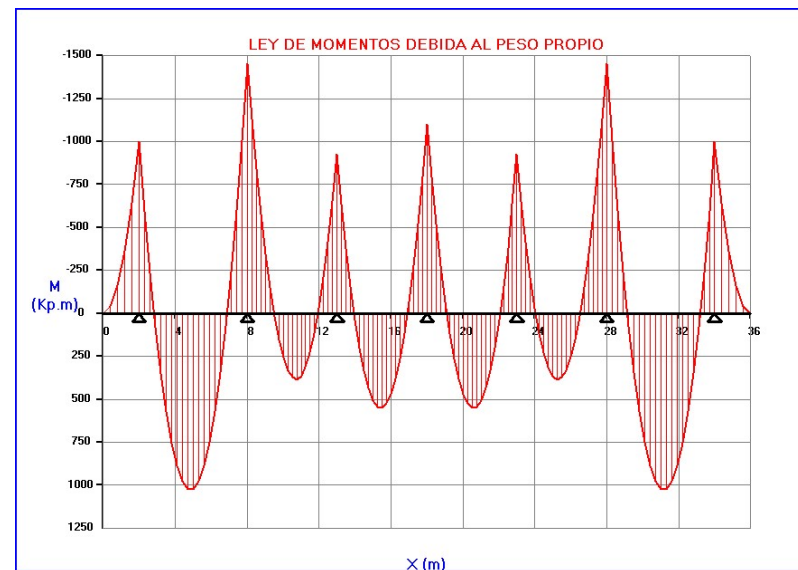
Resultados : Memoria detallada de la comprobación de estabilidad, como si se tratara de un cálculo manual.

El estado tensional se obtiene en una red de puntos de la presa, incluyendo las componentes de la tensión, las tensiones principales y su dirección.

Además incluye salida gráfica de Isostáticas, Líneas de máximo deslizamiento, isobaras, deformadas, cortes tensionales y otros parámetros geométricos.



PRETEN



Campo de aplicación: Forjados y vigas continuas de hormigón pretensado.

La sección de la viga puede ser de cualquier forma y no existe limitación de cargas en número y tipo.

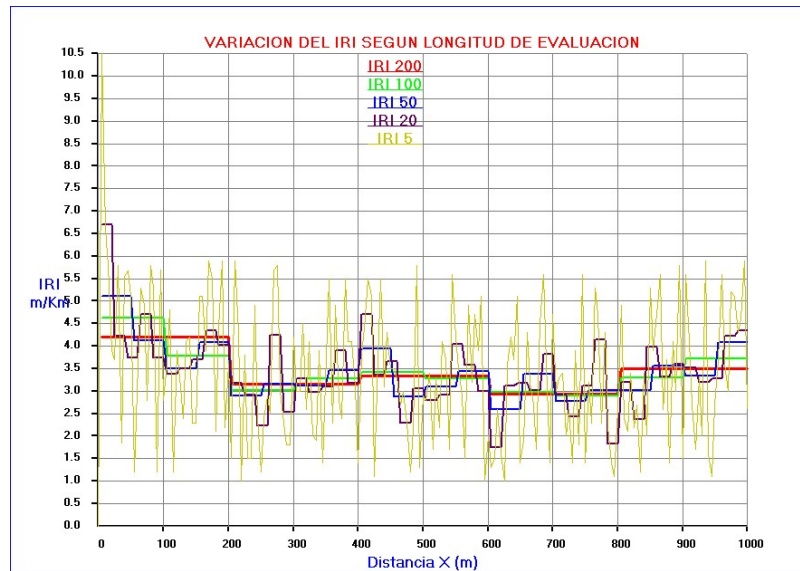
Cálculo: Se realiza conforme al Código Estructural y Eurocódigo EC2.

Resultados: La memoria de cálculo incluye las características de la sección y las pérdidas de pretensado, realizando en cada sección de la viga las siguientes verificaciones:

Comprobación tensional en los estados inicial, permanente y de servicio. Comprobación a fisuración y a rotura por flexión y cortante, obteniéndose la armadura pasiva longitudinal y transversal.

Se obtienen gráficamente las leyes y envolventes de esfuerzos y los planos de armado.

PROFILE



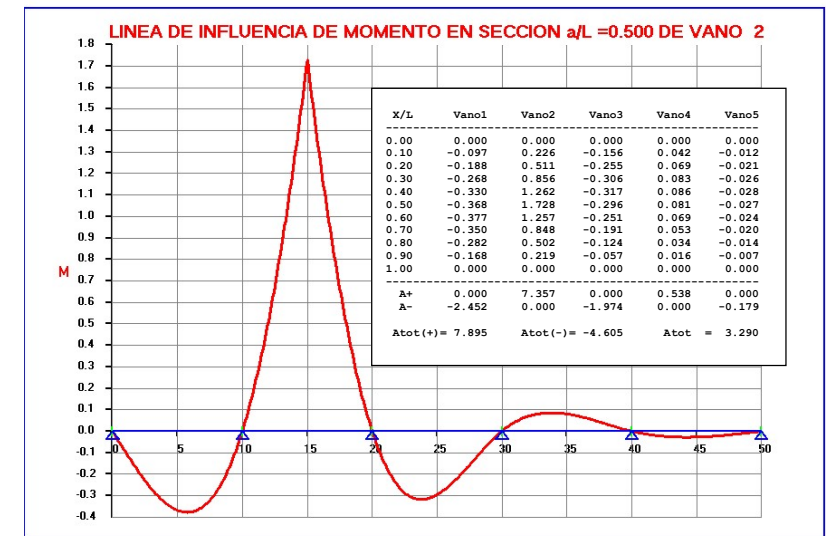
Campo de aplicación: Visualiza y analiza la rugosidad de los perfiles de pavimentos de carreteras y autopistas, obteniendo índices para su valoración.

Datos de entrada: Los datos del perfil, se leen del archivo generado por el perfilómetro o dispositivo que los mida físicamente al recorrer el pavimento. Dicho archivo de datos, puede estar editado en varios formatos: *.txt ; *.dat ; *.pro ; *.bin ; *.erd

Cálculo : Después de un filtrado de datos mediante medias móviles, se realiza un filtrado dinámico que se puede realizar con las características del cuarto de coche o con otras masas, amortiguadores, muelles y velocidades, obteniendo : El Índice de Regularidad Internacional (IRI), El Índice de regularidad de medio coche (HRI), El número de recorrido (RN). La densidad espectral de potencia (PSD).

Resultados: Presenta numérica y gráficamente tanto las elevaciones del perfil a lo largo del recorrido, como los índices IRI,HRI,RN,PSD, así como las cargas dinámicas actuantes sobre el pavimento.

PRONTUARIO



Aplicación: Sustituye a los clásicos formularios de ingeniería estructural, obteniendo resultados numéricos y gráficos a partir de un número mínimo de datos.

Considera todo tipo de vigas simples y continuas, pórticos, arcos, cerchas y naves, obteniendo las reacciones, deformadas y esfuerzos para cualquier tipo de cargas.

Puede obtener líneas de Influencia de aplicación sobre todo en puentes, en vigas carrileras continuas y en arcos.

Considera todo tipo de coacciones: Apoyos simples, empotramientos, muelles, vigas y placas sobre lecho elástico, etc.

También considera estructuras continuas como las Placas a flexión rectangulares, triangulares, sesgadas y circulares, Vigas de gran canto y otras, resueltas internamente con el MEF, pero con la apariencia de un simple formulario, en lo que se refiere a la entrada de datos.

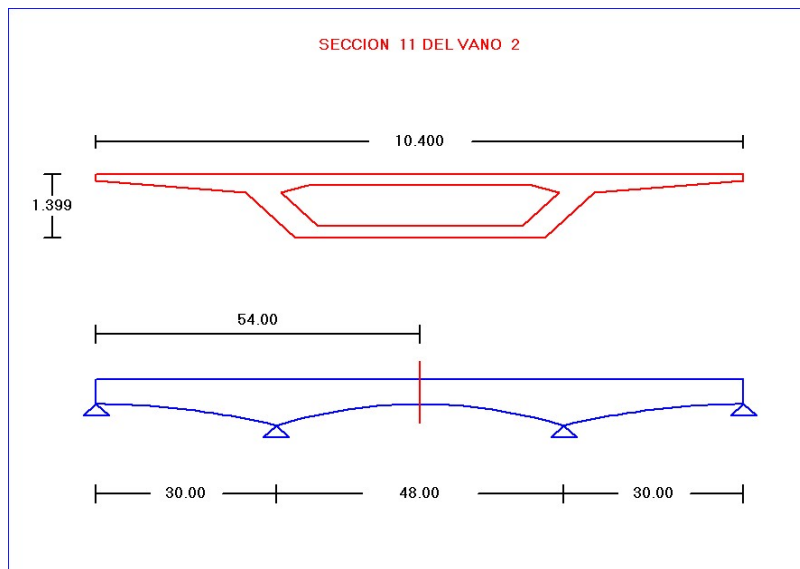
PUENTE

Campo de aplicación: Cálculo y diseño de puentes de carretera, continuos de hormigón armado y pretensado con sección de forma cualquiera y variable longitudinalmente. Util también para el análisis de pruebas de carga y transportes especiales de tableros ya construidos.

Entrada de datos: totalmente interactiva, disponiendo de editor gráfico que facilita el dibujo directo en pantalla de la geometría del puente.

Cálculo: Determina características mecánicas de secciones. Genera las cargas automáticamente conforme a la Instrucción. Obtiene líneas de influencia y envolventes de esfuerzos y reacciones. Genera y optimiza el trazado de los cables de pretensado. Evalúa pérdidas de pretensado y tensiones en las distintas fases constructivas. Obtiene deformaciones (flechas y giros). Análisis dinámico del tablero. Realiza según al Eurocódigo EC2, las comprobaciones de los Estados Límites de fisuración y rotura por flexión y cortante, obteniendo la armadura correspondiente.

Resultados: La memoria de cálculo incluye listados de características geométricas y mecánicas, esfuerzos, tensiones, deformaciones y armaduras. Obtiene planos de geometrías, armaduras, pretensado, y dibujo de todos los resultados de la memoria.



PUSHOVER

Campo de aplicación : Diseño sísmico por desempeño de estructuras porticadas de edificación y puentes.

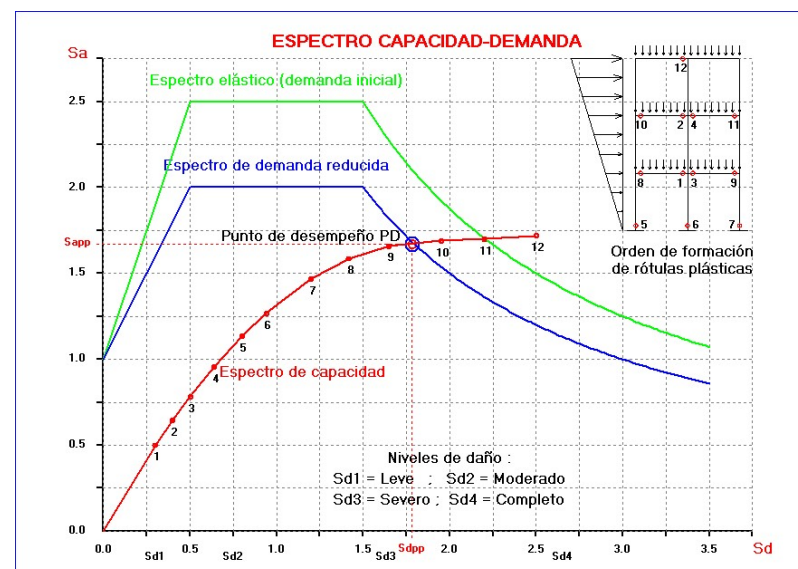
Cálculo : En primer lugar obtiene la Curva de Capacidad (V-D) de la estructura frente a acciones laterales. Se obtiene de un análisis estático no lineal, partiendo de las cargas gravitatorias y sucesivos incrementos de acciones laterales que van produciendo sucesivas rótulas plásticas hasta alcanzar el colapso de la estructura o el nivel de daño deseado. Para ello se utilizan los diagramas de interacción N-M y momento-curvatura M-C seccionales.

Ofrece escoger varios patrones de carga lateral : constante, lineal, modal (obtiene modos y frecuencias). Dispone opciones de bilinearización de la curva (V-D) según ATC-40 o el Eurocódigo 8 (N2) y obtiene el espectro de capacidad en formato ADRS.

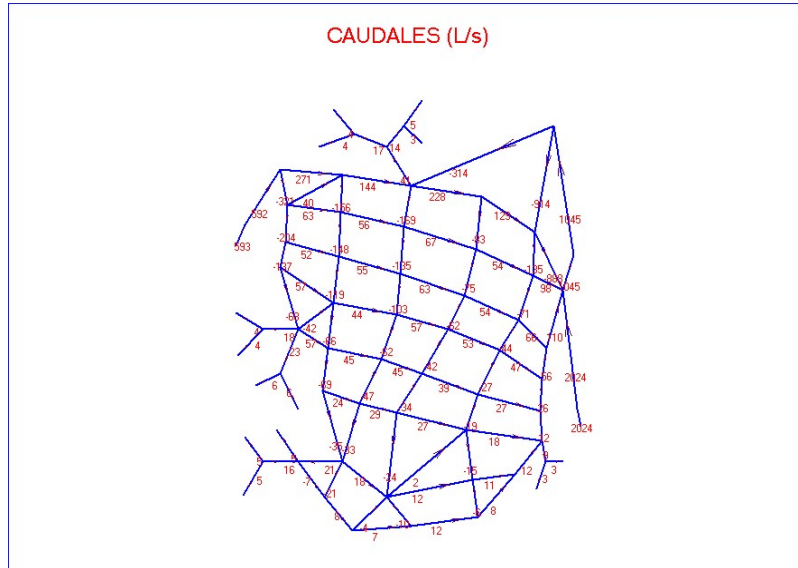
A continuación obtiene el Espectro de Demanda del sismo, por reducción inelástica del espectro de respuesta (Normas NCS2 y NCSP07).

Finalmente obtiene el Punto de Desempeño en la intersección de los espectros de demanda y de capacidad

Entrada datos y salida de resultados : Muy sencilla y adaptada a cada tipología. Dispone de ayudas de visualización gráfica.



RED



Campo de aplicación: Cálculo hidráulico y optimización de redes malladas y/o ramificadas de tuberías para abastecimiento de agua. Considera estaciones de bombeo, depósitos, válvulas de regulación, consumo en ruta etc. Analiza la rotura de la red en las secciones que se desee, y permite fijar presiones y velocidades máximas y mínimas en cada tramo.

Entrada de datos: . Dispone de generador de malla. Las secciones se definen por bloques según diámetros y rugosidades.

Cálculo matricial considerando las siguientes fórmulas hidráulicas :Manning, Hazzen-Willians, Darcy-Colebrok, o cualquier otra fórmula exponencial propuesta por el usuario. La optimización de la red se consigue mediante técnicas de programación lineal o bien por análisis directo. El cálculo es prácticamente instantáneo, facilitando las opciones de comprobación y dimensionamiento de la red.

Resultados: Listados de las alturas piezométricas y presiones en los nudos, caudales, velocidades y pérdidas de carga en los tramos. Los resultados anteriores se obtienen -junto a la red -en forma gráfica en la pantalla, impresora y en plotter.

RESIDUOS

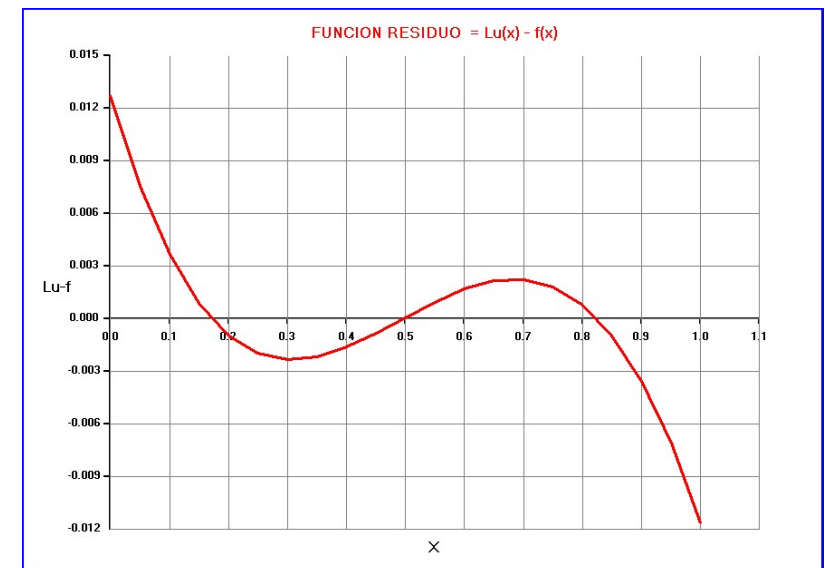
Campo de aplicación académico : Métodos numéricos de integración de ecuaciones diferenciales en la Mecánica de los Medios Continuos

Cálculo : Como métodos de cálculo se pueden elegir entre los de Galerkin, Mínimos Cuadrados, Colocación, Colocación + Mínimos Cuadrados, Momentos y Funciones de Peso Generales. Dichos métodos utilizan funciones específicas de ponderación del residuo.

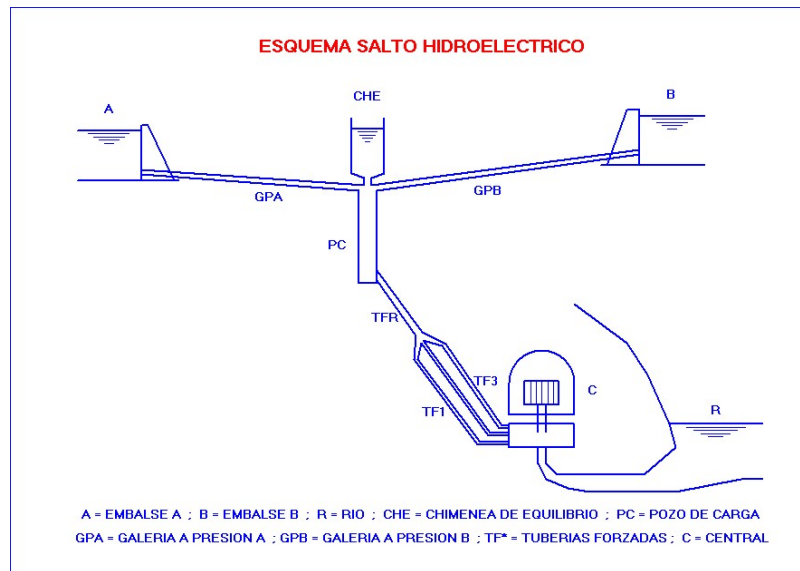
Dependiendo de las condiciones de contorno naturales y esenciales, se puede obtener la solución generalizada o la solución débil del problema.

Resultados: Se obtiene listado numérico de la solución obtenida y de sus funciones derivadas, incluida la función residuo.

Los resultados anteriores, se obtienen también de forma gráfica.



SALTO



Campo de aplicación : Saltos hidroeléctricos en derivación con y sin presa de embalse. Considera saltos con todas sus conducciones a presión (galería a presión + chimenea de equilibrio + tuberías forzadas hasta los grupos de la central), y saltos con toma directa + Canal de transporte hasta cámara de carga. También analiza centrales de bombeo y reversibles.

Cálculo : Se determinan las características hidráulicas (caudales, velocidades, alturas piezométricas etc), en todas las conducciones del salto y para cualquier régimen de funcionamiento.

Resultados : Para la central y cada uno de sus grupos, se obtienen para distintos regímenes de explotación, el salto útil, la potencia, la productividad, las horas de utilización, coeficientes de eficacia, factor de carga y otros índices característicos.

SECCION

Campo de aplicación: Comprobación y dimensionamiento de secciones metálicas, de hormigón armado-pretensado y mixtas.

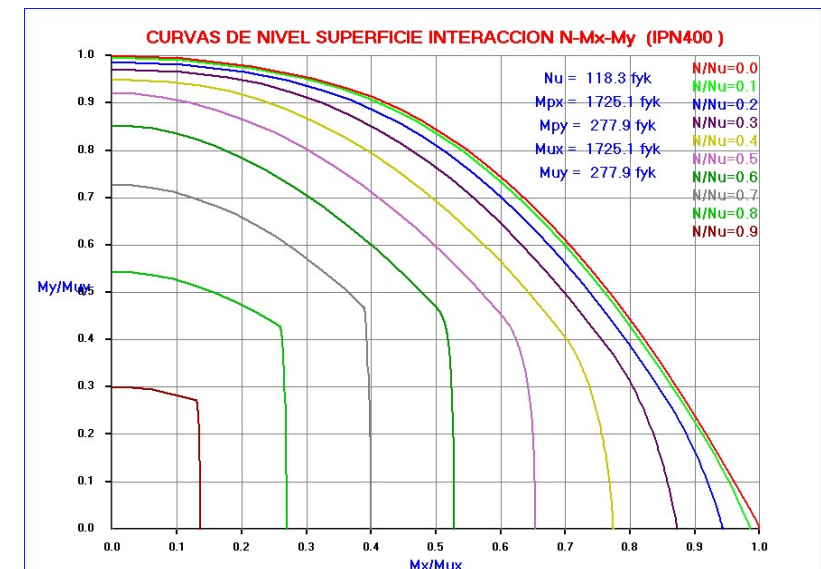
Considera secciones macizas de cualquier forma con o sin aligeramientos, secciones de paredes delgadas, abiertas o cerradas (uni o multicelulares).

Entrada de datos: Paramétrica o dibujando directamente la sección en la pantalla.

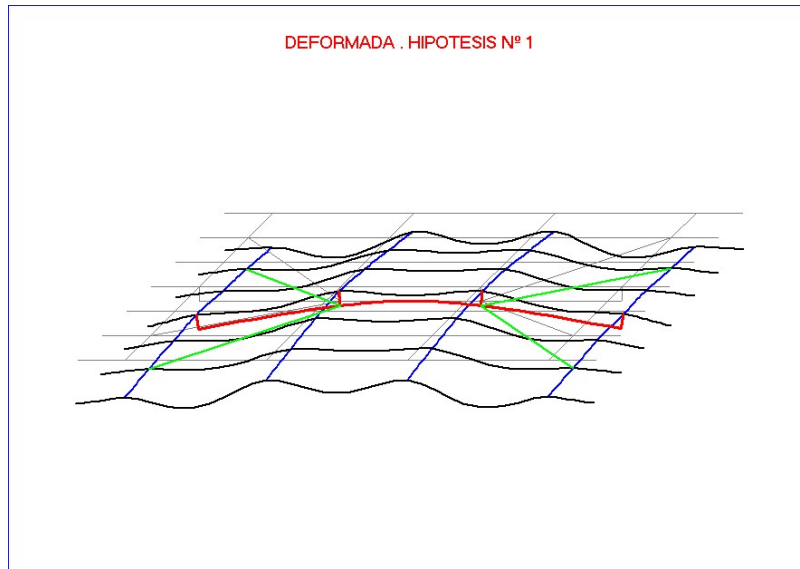
Cálculo: Obtiene las características geométricas y mecánicas de la sección: área, c.d.g, momentos estáticos y de inercia, ejes y momentos principales de inercia, áreas reducidas de cortante, núcleo central, momentos resistentes, módulo plástico, módulo de torsión y de alabeo y centro de esfuerzos cortantes.

Analiza situaciones de flexocompresión recta y esviada obteniendo diagramas de interacción, superficies de rotura y diagramas momento-curvatura. Obtiene las tensiones y deformaciones producidas por distintas combinaciones de esfuerzos axiales, cortantes, flectores y torsores.

Resultados: Listados de características mecánicas, tensiones y diagramas. Gráficos de geometrías, leyes tensionales y diagramas



SEGUIDOR



Campo de aplicación: Cálculo mecánico de paneles solares orientables de grandes dimensiones.

Entrada de datos: Dispone de generadores de geometrías, secciones y cargas. Los paneles están constituidos por emparrillados orientables de vigas y correas unidas al bastidor principal a través de orejetas.

Cálculo: Se utiliza el análisis elástico y lineal de los seguidores, utilizando técnicas convencionales de cálculo convencional de estructuras.

Resultados: Se obtienen esfuerzos, tensiones, desplazamientos, reacciones y sus envolventes para las diversas posiciones del seguidor.

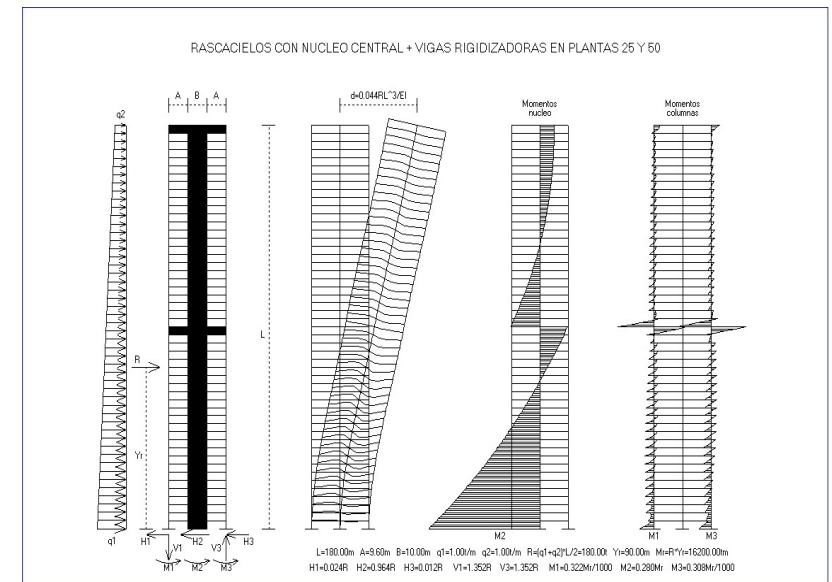
SHEARWALL

Campo de aplicación : Edificios a base de muros + marcos y rascacielos a base de núcleos + vigas rigidizantes. También útil en tableros de puentes.

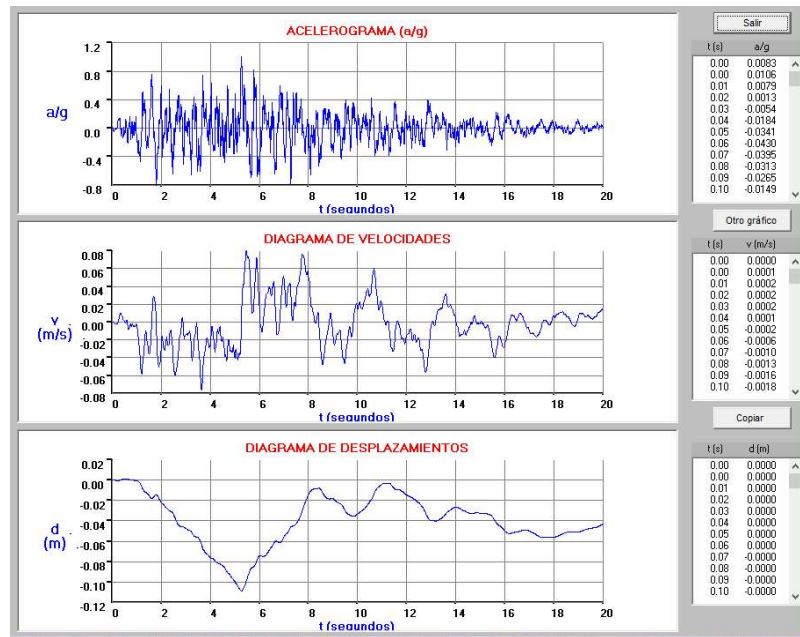
Cálculo : Se pueden elegir los siguientes modelos de cálculo :

- Elementos finitos(MEF) para analizar muros o pantallas con o sin huecos.
- Modelos de ménsula a flexión y corte para el cálculo de pantallas.
- Sistemas matriciales de columnas anchas (MCA) de muros + marcos.
- Rascacielos y Macromarcos con nucleo central + vigas rigidizantes).
- Modelo simplificado de muro y marco equivalentes al edificio completo.
- Modelo tridimensional de reparto de acciones horizontales de viento , explosión o sismo.
- Idem. para edificios de 1 planta y tableros de puente.

Entrada datos y salida de resultados : Muy sencilla y adaptada a cada tipología. Dispone de ayudas de dibujo de las plantas del edificio 3D.



SISMICO



Campo de aplicación : Acciones sísmicas en Puentes, Edificación Centrales nucleares y Construcciones en general.

Cálculo : Obtiene los valores máximos de desplazamientos, velocidades y aceleración del movimiento sísmico y su duración.
Obtiene Espectros de respuesta elásticos y elastoplásticos mediante integración numérica del acelerograma.
Obtiene Espectros de diseño según normas NCSP-07, NCSE02, Eurocódigo 8 y especialistas como Newmark + Hall * Blume + Kapur etc.
Obtiene espectros de Fourier y densidades espectrales de energía.
Genera acelerogramas sintéticos compatibles según Gasparini - Vanmarke.
Obtiene la respuesta temporal de movimientos, velocidades, aceleraciones y fuerzas en sistemas lineales y no lineales y en sistemas especiales con elementos de fricción, topes y holguras etc.

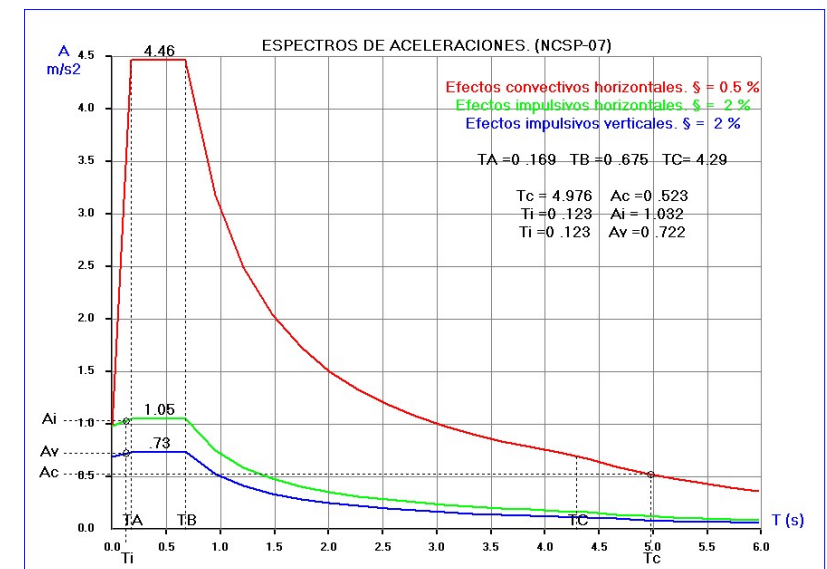
Resultados: Obtiene todos los resultados calculados en forma de tablas. Dada la abultada salida numérica, dispone de potentes rutinas gráficas que visualizan los resultados anteriores.

SISMODEP

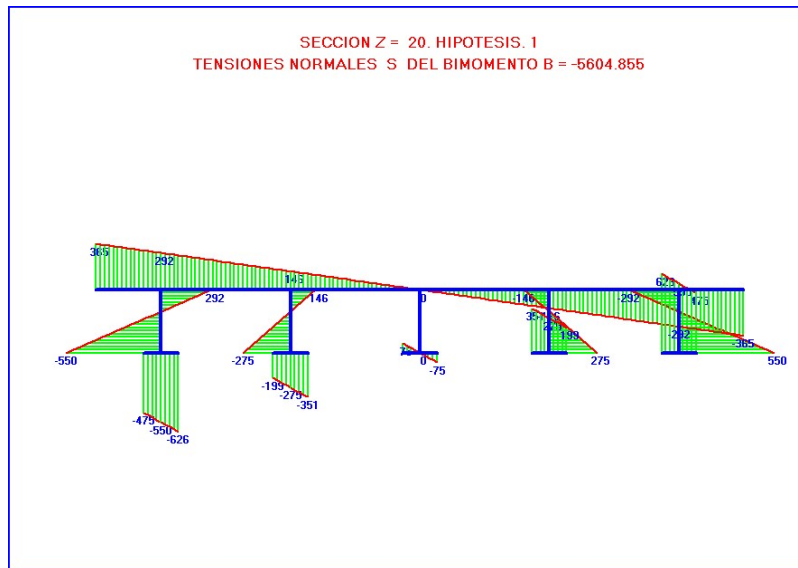
Campo de aplicación : Análisis sísmico de depósitos circulares, rectangulares y de cualquier forma, elevados o apoyados en el terreno, según normas sismorresistentes NCSE-02, NCSP-07, Eurocode-8, ACI-350 y otras.

Cálculo: Utiliza los modelos dinámicos de Housner y el de Veletsos-Malhotra, aceptados por todas las normas sismorresistentes para depósitos rígidos de hormigón y para tanques flexibles de acero.

Resultados: Obtiene los parámetros del modelo, los periodos de vibración convectivo e impulsivo, los espectros de respuesta y las aceleraciones de cálculo. Calcula los cortantes y momentos basales, presiones hidrodinámicas, altura de olas comprobando el resguardo. Comprobación tensional y de anclajes.



TABLERO



Campo de aplicación: Análisis de tableros constituidos por cualquier número de vigas sobre las que descansa una losa superior.

Cálculo: El tablero se analiza con la teoría de la flexotorsión mixta y admite cualquier número de cargas concentradas y repartidas. Permite el paseo automático del tanque de 60t definido en la IAP.

Resultados: Obtiene las característica mecánicas del tablero: Cdg, Centro de esfuerzos cortantes, Inercias a flexión y torsión, módulo de alabeo, áreas y momentos sectoriales etc.

Para cada hipótesis de carga, obtiene los esfuerzos de flexión (momentos y cortantes) y de torsión (torsores uniforme y de alabeo, bimomentos) y los movimientos correspondientes.

En cada sección se obtienen las tensiones normales debidas al flector y al bimomento y las tensiones tangenciales debidas al cortante, y al torsor uniforme y de alabeo.

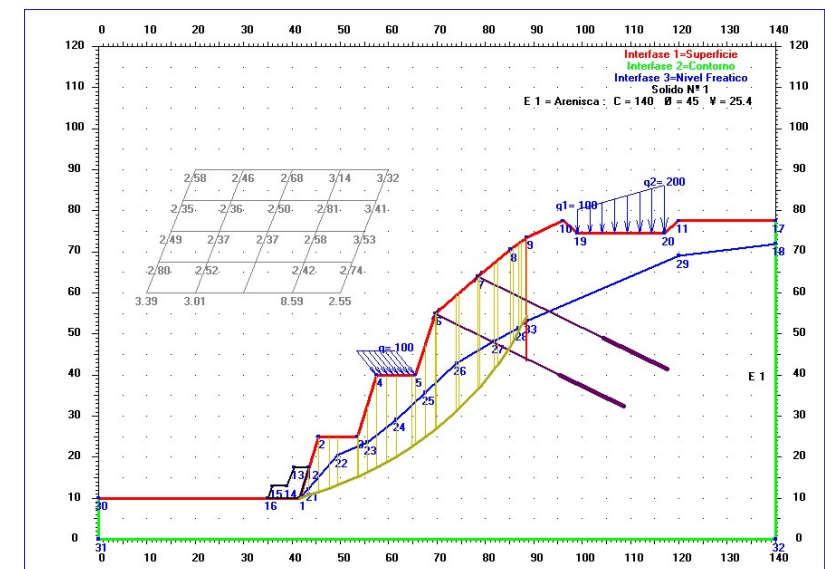
Se obtienen también los esfuerzos que absorben cada una de las vigas.

TALUD

Campo de aplicación : Estabilidad de taludes con perfiles complejos, múltiples estratos irregulares, roca dura, grietas de tracción, superficies piezométricas variables con el tiempo, con anclajes y todo tipo de acciones exteriores.

Cálculo: Utiliza los métodos clásicos planteados en rotura: Fellenius u Ordinario, Bishop, Janbu, Spencer, Morgenstern-Price, Equilibrio Límite General (GLE), Lowe-Karafiath, Carter, Sarma y otros. También utiliza de manera muy sencilla el Método de los Elementos Finitos (MEF), resolviendo elásticamente el problema tensodeformacional del talud.

Resultados: Coeficiente de seguridad. Superficies de deslizamiento circulares (red de centros) y poligonales. También se analiza el deslizamiento por bloques. Presenta la geometría de las dovelas en que se divide la masa deslizante. Obtiene los esfuerzos normales y tangenciales sobre las paredes laterales y en la base de cada dovela, comprobando su equilibrio con las acciones exteriores. Dispone de potente rutina de resultados gráficos.



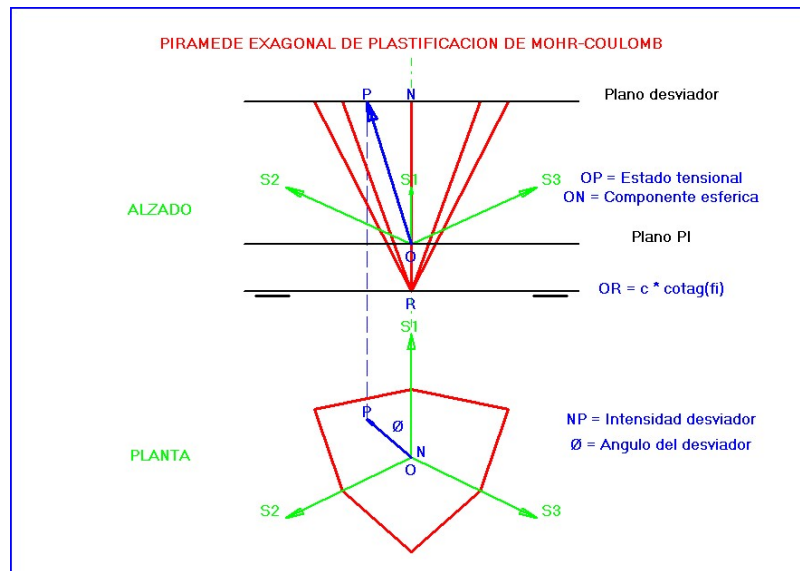
TENSION

Campo de aplicación: Análisis tensional y criterios de plastificación en estados bi y tridimensionales.

Resultados: Tensor de tensiones. Ecuación característica e Invariantes tensionales. Tensiones principales y sus direcciones. Tensiones tangenciales máximas.

Estados tensional esférico y desviador y sus invariantes. Elipsoide de tensiones y superficie directriz. Tensor de deformaciones. Energías de deformación, de dilatación y de distorsión. Tensión sobre un plano y cambio de base. Circulos de Mohr.

Criterios de plastificación: Tresca, Von Mises, Rankine; criterios de la deformación máxima y de la energía de deformación. Criterio de rotura de Mohr-Coulomb.



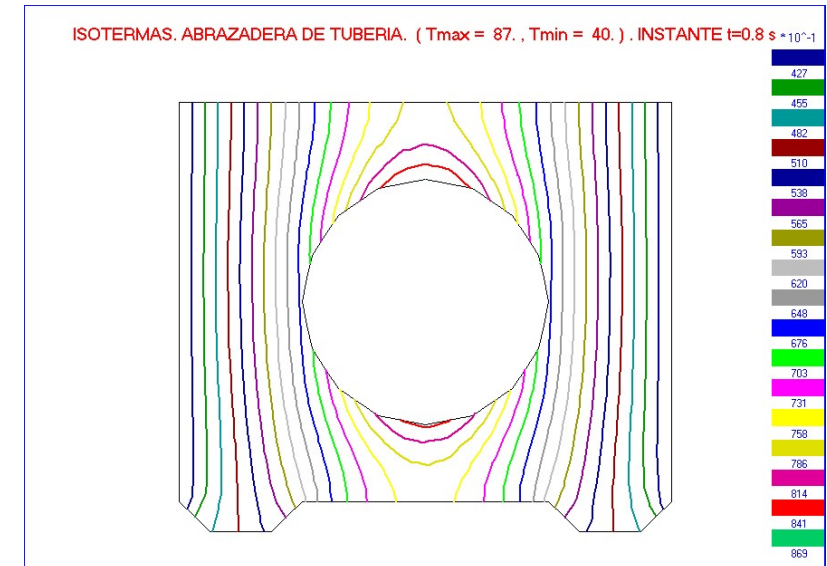
TERMICO

Campo de aplicación: Transmisión del calor por conducción y convección en dominios de 1, 2 y 3 dimensiones, tanto para estados estacionarios como transitorios.

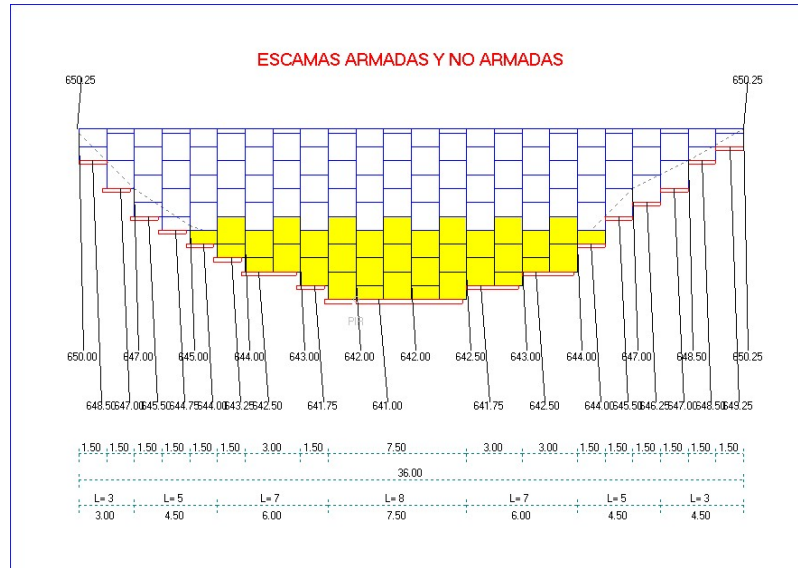
Cálculo: Considera variadas herramientas de cálculo : Integración exacta de la ecuación diferencial del problema, Método de los elementos finitos, Diferencias finitas, Técnicas de bloques, etc.

Datos: Admite todo tipo de condiciones iniciales y de contorno (Temperaturas, aislamientos, flujos impuestos y convección). Dispone de un potente generador de mallas de elementos finitos.

Resultados: Obtiene tablas numéricas con las temperaturas y flujos nodales para cada instante t deseado. También se obtienen los transitorios ($t^a - t$) que constituyen el input de análisis tensionales posteriores. Gráficamente, obtiene dichos transitorios y las curvas isotermas para los instantes deseados.



TIEREF



Campo de aplicación: Diseño y cálculo de muros y estribos de tierra armada.

Entrada de datos: Totalmente interactiva, dispone de editor gráfico que permite un rápido y cómodo encaje del muro.

Cálculo: Se realiza conforme a la Instrucción, considera los esquemas de zonas resistentes y activas que allí se indican, y se suponen coeficientes de empuje y de fricción tierra-armaduras variables en profundidad.

Resultados: La memoria de cálculo contiene la comprobación de la estabilidad del macizo reforzado y la de su resistencia tensional. Así mismo, incluye las comprobaciones de resistencia y anclaje de los flejes. Se listan también los tipos de las escamas necesarias y las zonas en que éstas deben armarse.

Se obtienen en pantalla, impresora y plotter, los mapas de escamas con los resultados anteriores.

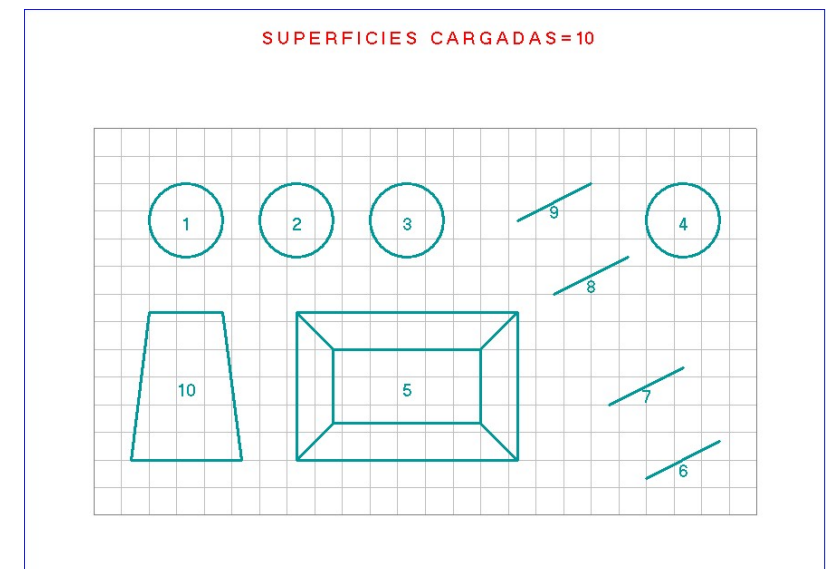
TERRENO

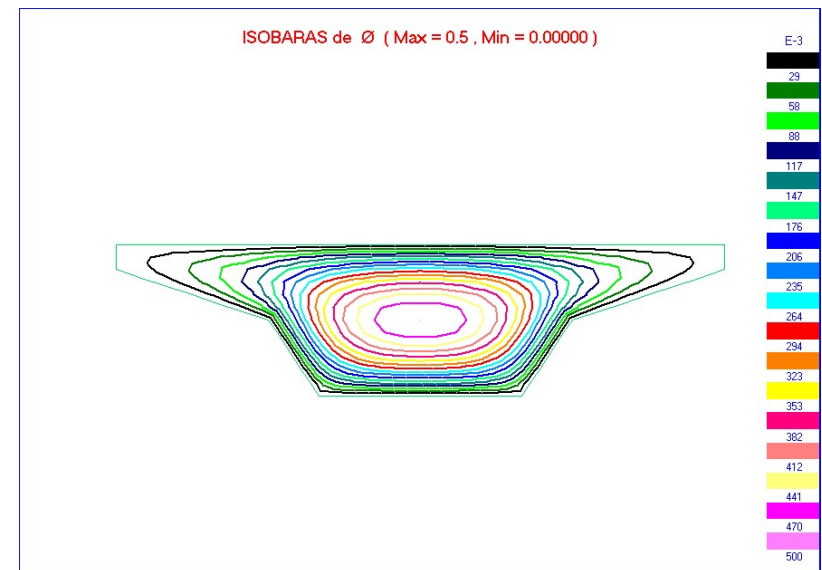
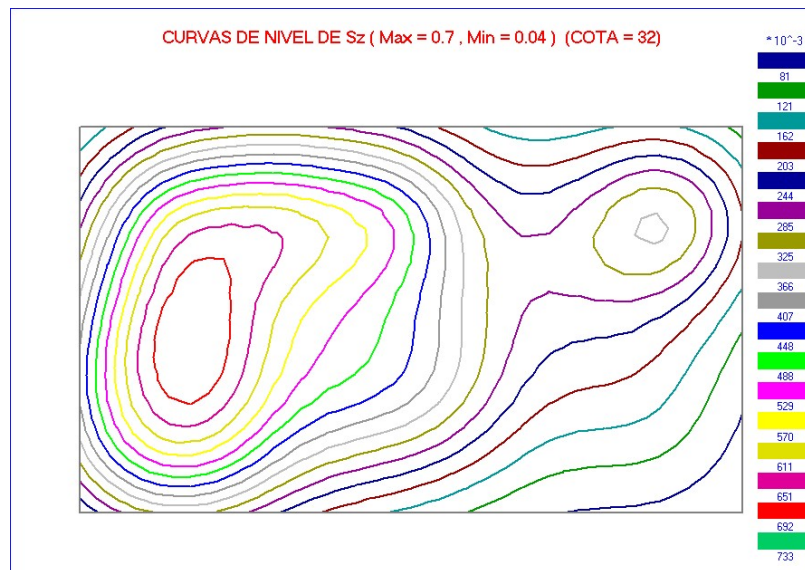
Campo de aplicación: Obtención de tensiones y desplazamientos en terrenos debidos a cualquier distribución de cargas superficiales.

Entrada de datos: Generación automática de distribuciones de carga : Puntuales, repartidas uniformemente sobre zonas rectangulares, triangulares, circulares o cualquier poligonal cerrada. También considera cargas no uniformes: piramidales, cónicas, en bancada, o más generales.

Cálculo: Utiliza como modelos 3D de cálculo, el semiespacio elástico infinito de Boussinesq así como el de Poulos en el caso de estrato rígido a profundidad H. Para los problemas 2D, utiliza la formulación de Flamant-Boussinesq.

Resultados: Tablas numéricas de los desplazamientos u_x, u_y, u_z y las tensiones $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ y las tensiones principales $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ y su dirección, en los nudos de la malla y a las cotas que indique el usuario. Dispone de salida grafica de isobaras, cortes tensionales, etc.





TORSION

Campo de aplicación: Todo tipo de estructuras metálicas y de hormigón armado y/o pretensado con directrices y secciones de geometría arbitraria.

Realiza análisis de la sección, obteniendo las características mecánicas y el cálculo tensional, para todo tipo de secciones de paredes delgadas abiertas o cerradas y macizas con o sin huecos.

También considera la estática de la pieza a torsión, obteniendo las leyes de esfuerzos y giros. Considera tanto el caso de piezas a torsión uniforme como a torsión impedida o torsión de alabeo. No hay limitación en cuanto a las condiciones de apoyo y cargas torsoras.

Entrada da datos: Aunque se permiten geometrías bastante generales definidas por coordenadas, el programa dispone de opciones de generación que facilitan la introducción de los datos. Así la definición de secciones tipificadas: rectangulares, en cajón de uno o varias células, circular, anular, en T y doble T, en L, C, Z, y Pl, exigen un número mínimo de datos.

También se puede definir la geometría dibujándola directamente en la pantalla.

Cálculo: Dependiendo del tipo de análisis que se realice, el programa adopta diversas técnicas de cálculo que van desde la integración directa del problema de la torsión mixta, hasta la utilización del método de los elementos finitos para el análisis de secciones. No obstante, lo anterior, el usuario no deberá preocuparse de las tediosas tareas de discretización que son realizadas automáticamente por el programa, a partir del contorno introducido.

Resultados: Se obtienen las características mecánicas de la sección, en especial su rigidez a torsión, el centro de torsión, los módulos de alabeo y de torsión y las coordenadas sectoriales. Además se obtienen las tensiones tangenciales, normales y de comparación debidas al torsor uniforme, al de alabeo y al bimomento. También se obtienen las leyes de los esfuerzos anteriores y los giros correspondientes.

El programa dispone de salida gráfica de las leyes de esfuerzos, curvas de isotensiones y cortes tensionales etc.

TRENES

Objetivo: Análisis dinámico de puentes de ferrocarril recorridos por cargas móviles aisladas o cualquier tren de cargas.

Los puentes pueden ser isostáticos o hiperestáticos de múltiples vanos de sección constante o variable.

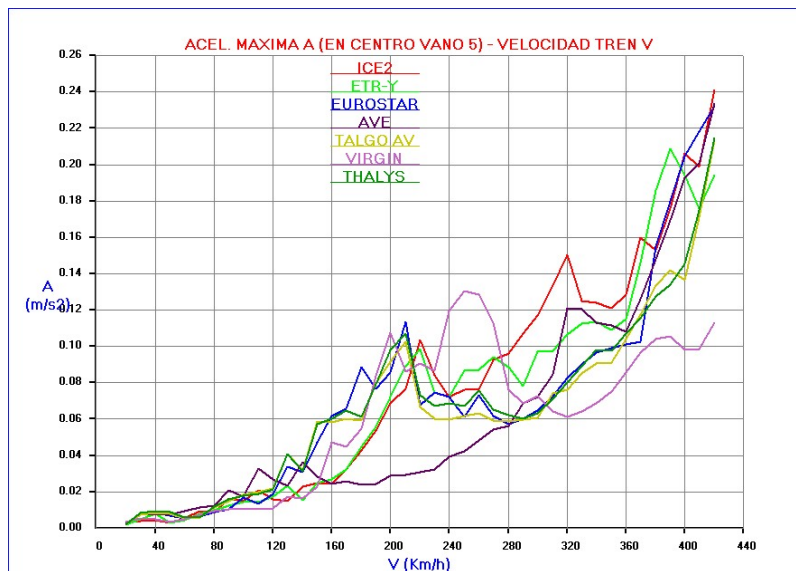
Los trenes se generan a partir de la IAPF-07, o bien se definen por la carga y posición de cada uno de sus ejes.

Opciones : a) Envolvente a lo largo del puente de desplazamientos, aceleraciones y esfuerzos al paso de cualquier tren.

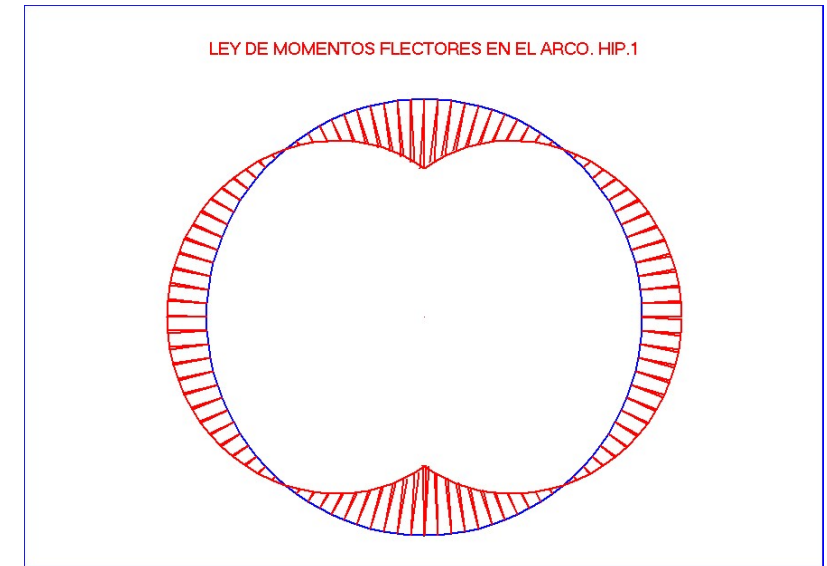
b) Historia de desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las secciones elegidas por el usuario.

c) Barrido de velocidades cuando circula una combinación de hasta 10 trenes. Para cada una de las velocidades de circulación se obtienen los valores máximos y mínimos de flechas, aceleraciones, momentos y cortantes, así como los coeficientes dinámicos y de impacto.

Método de cálculo: Análisis modal y el método de los elementos finitos para la integración directa de los modos de vibración. En estos modelos se supone que cada eje transmite una carga de valor dado móvil con el tren, no teniendo en cuenta la interacción vehículo-estructura.



TUBOMECA



Campo de aplicación: Cálculo mecánico de tuberías enterradas o exteriores.

Las tuberías pueden ser rígidas o flexibles (Hormigón, Fibrocemento, Acero, Fundición, PVC, etc).

Cálculo: Se realiza según las normas ATV, ISO, DIN y UNE, que consideran el efecto silo y la distribución de las cargas según la rigidez relativa entre tubo y suelo.

Resultados: Obtiene las acciones verticales y horizontales debidas al peso y empuje de tierras y a las acciones del tráfico entre otras. Realiza la comprobación tensional frente a rotura del tubo, y verifica que las deformaciones son admisibles. Así mismo se obtiene el coeficiente de seguridad frente a la inestabilidad por abolladura.

VIATAB

Campo de aplicación: Interacción vía-tablero en puentes de ferrocarril, producida por las variaciones de temperatura, las fuerzas de frenado y arranque, y los efectos de flexión debidas a las sobrecargas de uso y al gradiente térmico. También considera los efectos de la fluencia y retracción del hormigón. Permite controlar las juntas y los aparatos de dilatación, así como las tensiones y movimientos.

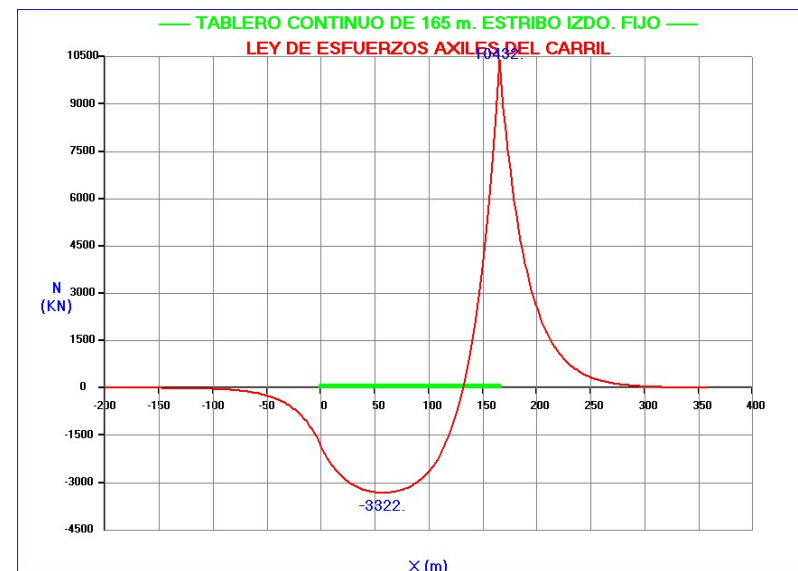
Modelo de cálculo: Basado en la instrucción IAPF-07 y contrastado con los ejemplos de la ficha UIC-774, está formado por un conjunto de barras para simular cada una de las vías del tablero y por un conjunto de muelles de comportamiento no lineal para simular la interacción entre la vía y el tablero o la plataforma.

Considera la rigidez lateral de los apoyos incluyendo la rigidez de la pila, del aparato de apoyo y la de la cimentación, definidas todas ellas por curvas de flexibilidad no lineales.

Resultados: Utilizando técnicas iterativas de tipo Newton-Raphson, se resuelve el modelo matricial no lineal, obteniendo las tensiones y movimientos del carril y los movimientos relativos entre carril y tablero.



VIATERM



Campo de aplicación : Modelo simplificado para el análisis de la interacción vía-tablero debido a las variaciones de temperatura, fuerzas de frenado y arranque.

Considera tableros continuos e isostáticos de varios vanos con el apoyo fijo en cualquier posición.

Método de cálculo: Basado en la solución exacta del sistema de ecuaciones diferenciales que gobierna el equilibrio de los carriles, tablero, plataforma y los muelles de interacción.

Resultados: Obtiene de manera instantánea las tensiones y movimientos del carril y movimientos relativos entre carril y tablero.

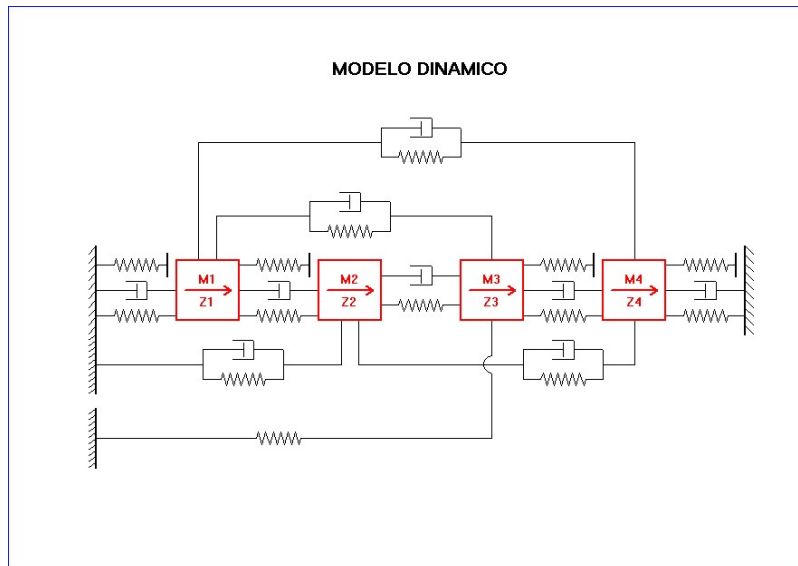
VIBRA

Campo de aplicación : Vibración mecánica de sistemas dinámicos de múltiples grados de libertad. Considera componentes lineales tipo muelle y amortiguador y otros de comportamiento no lineal como frenos con holgura y elementos de fricción.

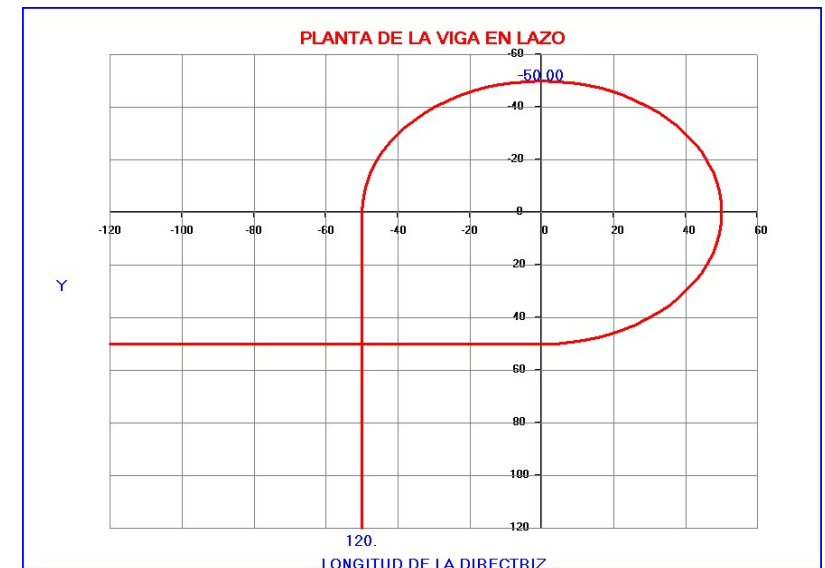
Método de cálculo: Cálcula los modos y frecuencias naturales de vibración del sistema y utiliza métodos de superposición modal para los sistemas lineales y de integración directa para los no lineales.

Resultados: Considera vibraciones forzadas por excitación de los gdl y por el movimiento de los soportes. Calcula la respuesta del sistema, obteniendo los desplazamientos, velocidades y aceleraciones en todos los gdl. También obtiene las fuerzas que solicitan a cada uno de los componentes.

Dispone de potente editor gráfico para representar los resultados anteriores.



VIGA



Campo de aplicación : Vigas simples o continuas, de planta recta o curva y de sección constante o variable a flexo-torsión mixta. Admite análisis estático y/o dinámico.

De utilidad para el cálculo de puentes de planta arbitraria o de otro tipo de estructuras.

Entrada de datos : Muy sencilla pues dispone opciones de generación de nudos sobre cualquier directriz. Los apoyos extremos e intermedios consideran las condiciones más diversas : Giro a flexión y a torsión libres o impedidos y en el caso de torsión mixta, alabeos libres o impedidos. Admite todo tipo de acciones (verticales y torsoras) concentradas y repartidas.

Resultados: Se obtienen las reacciones (verticales, flectoras y torsoras), los desplazamientos (flechas, giros a flexión y torsión y alabeos) y los esfuerzos (cortantes, flectores y torsores); en el caso de torsión mixta, el torsor total se descompone en el torsor de Saint-Venant y en el torsor de alabeo y el bimomento.

VIGACOL

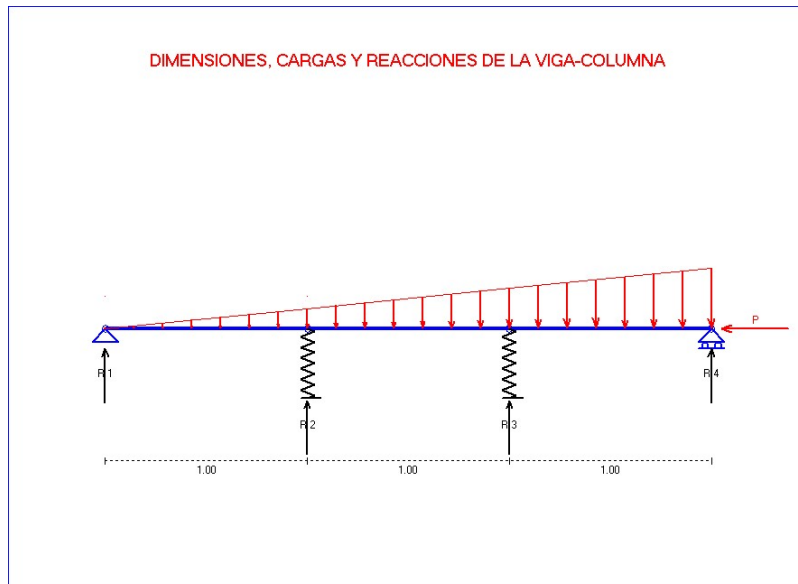
Campo de aplicación : Vigas-Columna frente a la acción acoplada de fuerzas axiales compresoras y/o fuerzas transversales concentradas y/o repartidas. Considera tanto vigas simples como continuas con distintos tipos de apoyos. Sección constante o variable. Material elástico o elástoplástico. Obtiene los esfuerzos y deformaciones de primer y segundo orden. Calcula también la carga crítica y el modo de pandeo y la evolución de los efectos de las cargas transversales cuando los esfuerzos axiales aumentan gradualmente hasta su valor crítico

Cálculo :

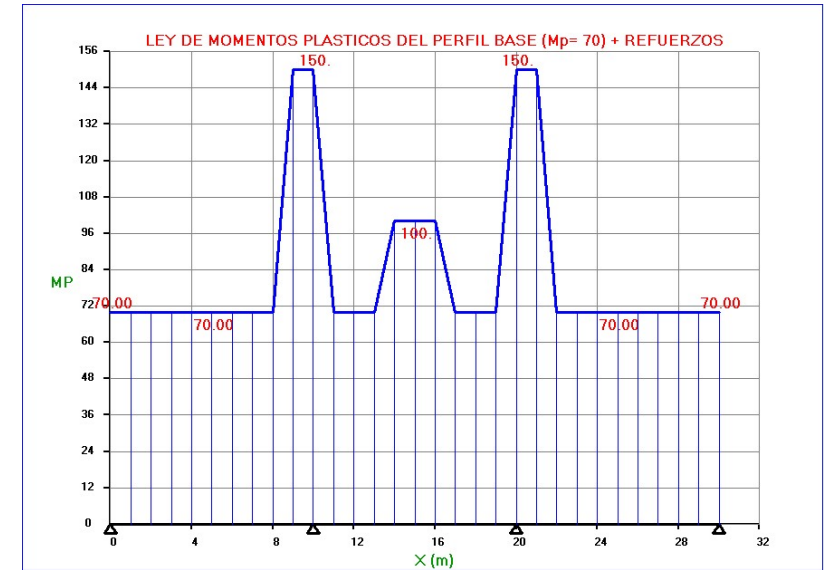
Utiliza distintos modelos de cálculo, que van desde la resolución exacta de las ecuaciones diferenciales, hasta modelos iterativos tipo MEF, utilizando conceptos como "funciones de estabilidad", "matriz geométrica", "seudocargas equivalentes al efecto P-delta", etc.

Resultados :

Obtiene resultados muy detallados en tablas numéricas y gráficos.



VIGAOPTI



Campo de aplicación: Optimización de vigas continuas de cualquier número de vanos y constituidas por perfiles metálicos.

Entrada de datos: Además de la viga y sus condiciones de apoyo, se introducirán las cargas concentradas y/o repartidas y los Mp de referencia o los perfiles comerciales según el método utilizado.

Cálculo: Se utilizan a elección del usuario, las siguientes técnicas de optimización:

- Peso mínimo por programación lineal.
- Optimización por programación dinámica.
- Optimización por conteo.
- Dimensionamiento con perfil básico + refuerzo.

Resultados: Obtiene los perfiles para cada uno de los vanos y el peso optimizado de la estructura. Para la viga con los perfiles calculados, obtiene tanto los esfuerzos plásticos como los elásticos

VIGAPLAS

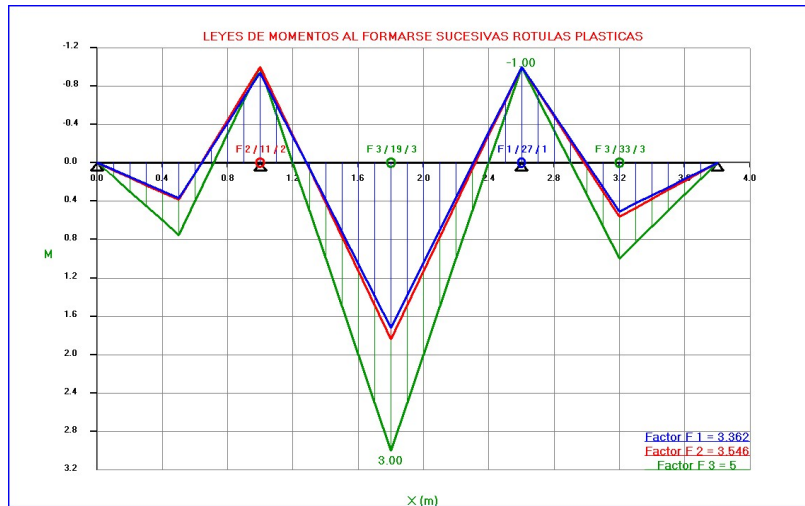
Campo de aplicación : Cálculo elastoplástico y en rotura de vigas continuas de sección variable.

Cálculo : Realiza dos tipos de cálculo:

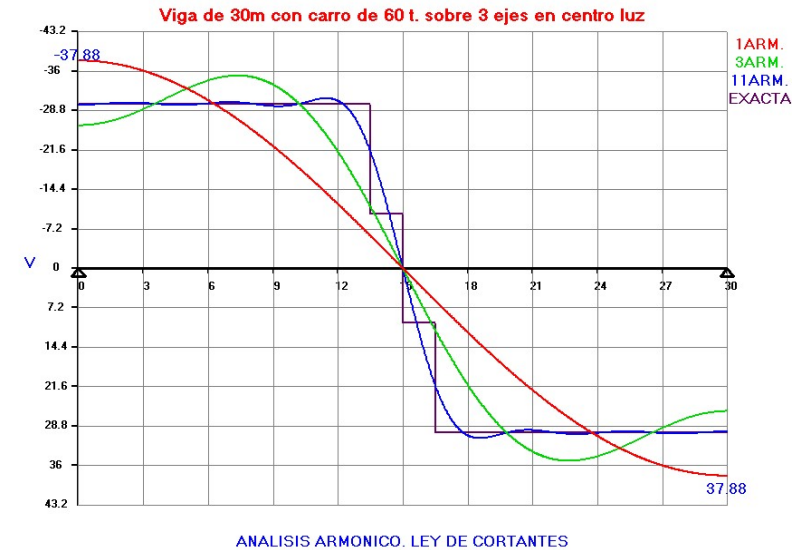
-Análisis límite, obteniendo el mecanismo y la carga de rotura.

-Proceso evolutivo de formación sucesiva de rótulas plásticas, con la pérdida de rigidez correspondiente hasta alcanzarse la rotura o el nivel de cargas deseado.

Resultados: Para cada escalón de cargas obtiene: esfuerzos, capacidades, flechas y rotaciones plásticas, efectos residuales, etc.



VIGARMON



Campo de aplicación : Análisis armónico de vigas isostáticas e hiperestáticas mediante series de Fourier. Considera tanto vigas simples como continuas con apoyos intermedios y extremos empotrados o apoyados.

De gran utilidad para comprender los métodos armónicos de la losa ortótropa y lámina plegada utilizados en puentes.

Cálculo : Permite realizar el análisis simultáneo de aproximaciones con distinto número de armónicos y su comparación con el cálculo exacto.

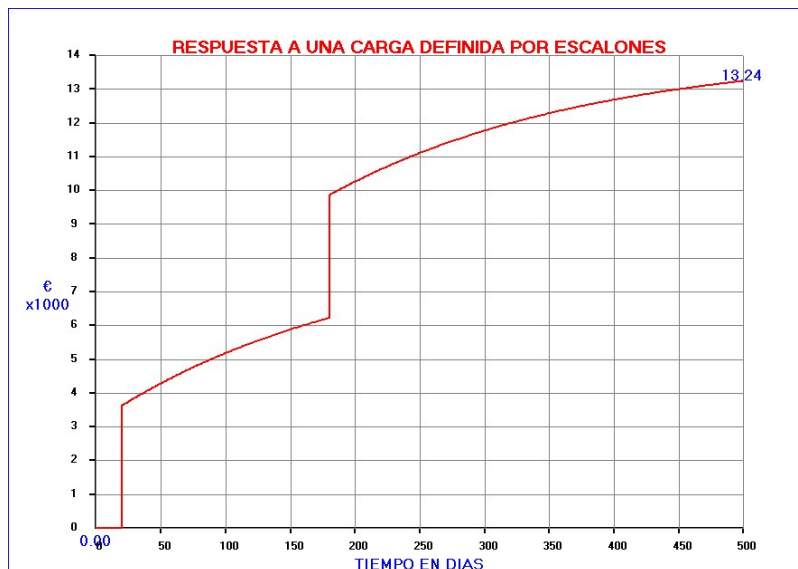
Resultados: Obtiene de forma numérica y gráfica la deformada, las leyes de esfuerzos y de cargas para todas las aproximaciones referenciadas a la solución exacta.

VISCOELA

Campo de aplicación: Fluencia y relajación con diversos modelos reológicos : Eurocódigo, Kelvin, Maxwell, Boltzman, Burgers, y Dischinger. Así como modelos generales definidos por ecuaciones o por puntos introducidos por el usuario.

Resultados: Obtiene las funciones de fluencia y de relajación del modelo y las respuestas a una carga definida por puntos y/o escalones.

Asimismo obtiene los estados tensionales producidos por una deformación impuesta definida por puntos y/o escalones.



FUNCIONAMIENTO Y MANUALES :

PROGRAMA TRENES : DATOS

0.- EJEMPLOS
6.- BARRIDO DE VELOCIDADES
4.- TREN DE REFERENCIA
2.- DATOS GENERALES
1.- DATOS DE PROYECTO
7.- FICHERO DE DATOS
5.- COMBINACION DE TRENES
3.- VANOS Y SECCIONES

Titulo : Tablero isostatico bajo carga movil aislada. (APF.B.3.4.6.1)

Numero de vanos de la viga : NV = 1

Numero de secciones por vano (Defecto0) : Nsec = 41

Viga de seccion constante (=0) o variable (=1) : Sec = 0

Modulo de elasticidad del material (t/m2) : E = 30000000

Percentage de amortiguamiento del puente : % = 2

Calculo (Exacto=1, Elementos finitos=0) : Metodo = 0

Numero de modos considerados : Nmod = 5

Tiempo final de calculo (s) : Tfin = 10

Numero de instantes de calculo (Defecto 1000) : Nt = 1000

Ficha siguiente Salir de Datos

Figura 1

Los programas de la Colección Caminos en su versión 2025, son operativos bajo WINDOWS XP, WINDOWS VISTA, WIN 7 y 8 , WINDOWS 10 y 11 desarrollados en 32 y 64 bits. La presentación es prácticamente coincidente bajo todos los sistemas operativos.

Los más de 100 programas tienen el mismo esquema de funcionamiento. Conociendo como funciona uno de ellos, se conocen todos los demás.

Cada programa dispone unos pocos botones para introducir y modificar los datos, para realizar los cálculos y para ver e imprimir los resultados.

Los datos de entrada se almacenan en un fichero DATOS que se puede generar con fichas de entrada (figura 1) o bien se puede crear y/o modificar directamente en la caja de texto del programa (figura 2).

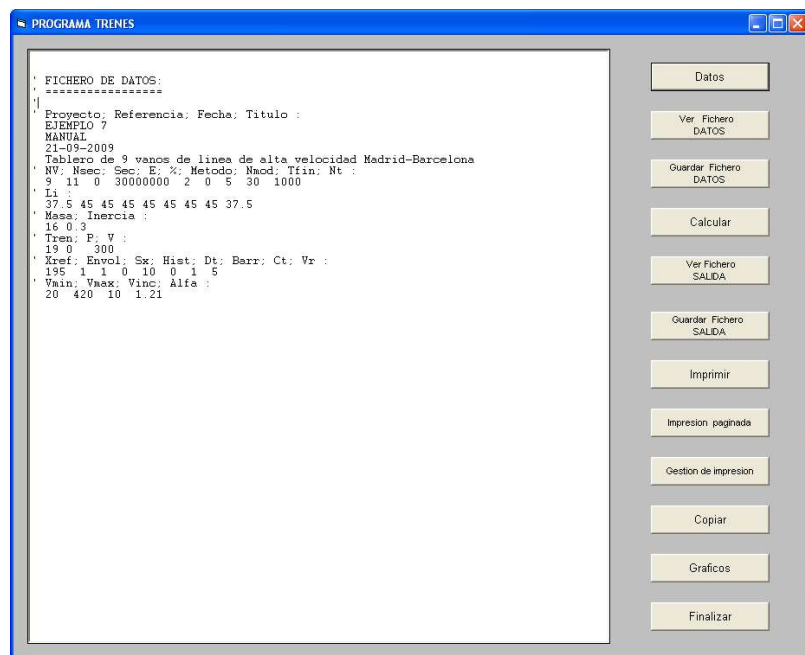


Figura 2

Los resultados numéricos se almacenan en el fichero de SALIDA del programa. Dicho fichero se presenta en forma de tablas en la caja de texto del programa (Figura 3).

Desde dicha caja de texto, el fichero SALIDA se puede modificar, copiar y pegar a cualquier otra aplicación.

Los programas disponen de un potente editor gráfico, que permite obtener de manera gráfica la mayoría de los resultados numéricos obtenidos.

Los gráficos se controlan mediante una ficha inicial de parámetros, que permiten elegir el tipo de gráfico, fijar escalas, posicionar leyendas y el tamaño de la pantalla etc.

Los gráficos pueden ser geometrías acotadas paramétricamente, que sirven de ayuda a la introducción de datos (figura 4), o bien pueden estar acotados con las geometrías introducidas por el usuario (figura 5)

Los gráficos restantes corresponden a resultados: deformadas, leyes de esfuerzos, planos de armado, o en general curvas que representan la respuesta del sistema. (Figura 6)

Dichos gráficos se controlan directamente con botones para zoom, generar ficheros de intercambio, y para copiar y pegar a otras aplicaciones.

Los requisitos para la ejecución de los programas son mínimos, siendo suficiente cualquier ordenador de sobremesa o portátil, incluso los de prestaciones mínimas. Como protección de los programas, se suministra una mini-llave USB de autorización, válida para cualquier ordenador.

PROGRAMA ELASTIC

TENSIONES NODALES PROMEDIADAS						
NUDO	SIGMAX	SIGMAY	TAUXY	SIGMA1	SIGMA2	ALFA
1	-0.383	-0.507	0.000	-0.383	-0.507	0.021
2	-0.366	-0.386	-0.175	-0.201	-0.552	-44.894
3	-0.366	-0.386	0.175	-0.201	-0.552	44.903
4	-0.303	-0.391	-0.349	0.005	-0.699	-42.839
5	-0.225	-0.178	0.000	-0.178	-0.225	-0.076
6	-0.303	-0.391	0.350	0.006	-0.699	42.837
7	-0.202	-0.494	-0.551	0.222	-0.918	-38.901
8	-0.028	-0.072	-0.076	0.029	-0.129	-38.269
9	-0.028	-0.072	0.076	0.029	-0.129	38.270
10	-0.202	-0.494	0.551	0.222	-0.918	38.900
11	-0.130	-0.895	-0.783	0.359	-1.384	-33.097
12	0.176	0.055	-0.071	0.209	0.022	-25.594
13	0.571	-0.054	0.000	0.571	-0.054	0.003
14	0.176	0.055	0.071	0.209	0.022	25.632
15	-0.130	-0.895	0.783	0.359	-1.384	33.098
16	-0.075	-2.721	-0.848	0.173	-2.969	-16.897
17	0.797	0.214	-0.064	0.804	0.207	-6.413
18	1.096	-0.042	0.101	1.105	-0.051	5.212
19	1.096	-0.042	-0.101	1.105	-0.051	-5.210
20	0.797	0.214	0.064	0.804	0.207	6.428
21	-0.076	-2.721	0.848	0.173	-2.970	16.902
22	0.178	-0.725	-0.175	0.182	-0.728	-1.167
23	2.768	-0.199	-0.081	2.770	-0.201	-1.619
24	2.173	0.245	0.174	2.189	0.229	5.307
25	1.553	-0.310	0.000	1.553	-0.310	0.002
26	2.173	0.245	-0.174	2.189	0.229	-5.308
27	2.768	-0.199	0.081	2.770	-0.201	1.618
28	0.176	-8.727	0.176	0.180	-8.730	1.174
29	-0.337	-0.678	-0.128	-0.340	-0.680	19.049
30	-0.331	-0.686	0.298	-0.162	-0.855	30.660
31	-0.245	-0.843	0.175	-0.198	-0.891	15.695
32	-0.304	-0.829	0.464	-0.033	-1.100	31.286
33	-0.215	-0.925	0.312	-0.103	-1.087	20.413
34	-0.147	-0.955	0.147	-0.122	-0.981	10.331
35	-0.218	-1.333	0.654	0.084	-1.635	25.658
36	-0.171	-1.184	-0.379	-0.045	-1.310	19.040
37	-0.095	-1.131	0.225	-0.048	-1.178	12.148
38	-0.080	-1.001	0.081	-0.072	-1.008	5.186
39	-0.152	-2.367	0.719	0.060	-2.580	17.062
40	-0.031	-1.750	0.368	0.044	-1.826	11.985
41	-0.063	-1.329	0.193	-0.034	-1.358	8.780

ENERGIA POTENCIAL TOTAL = 1.123610D+00

DATOS

Ver Fichero DATOS

Guardar Fichero DATOS

CARGAS

CALCULAR

Ver Fichero SALIDA

Guardar Fichero SALIDA

Imprimir

Impresion paginada

Copiar

Graficos

Finalizar

Figura 3

En su versión 2025, los programas de la Colección Caminos, están actualizados a las normativas técnicas vigentes.

Cada programa se acompaña de un manual en el que se incluyen las bases técnicas y sus reglas de uso. Se resuelven cerca de 1000 problemas y se contrastan con los resultados obtenidos utilizando técnicas alternativas suficientemente referenciadas.

Las referencias anteriores, unidas a la utilización de la Colección Caminos por la mayoría de las oficinas técnicas del país, constituyen un auténtico documento de validación de los programas.

Además, los cerca de 1000 ejercicios de aplicación, están incorporados como ejemplos dentro de los propios programas de forma que su resolución es inmediata, y su total desarrollo en los manuales, hacen de éstos verdaderas guías de aprendizaje, cuyos contenidos se pueden equiparar a los impartidos en cualquier máster de ingeniería.

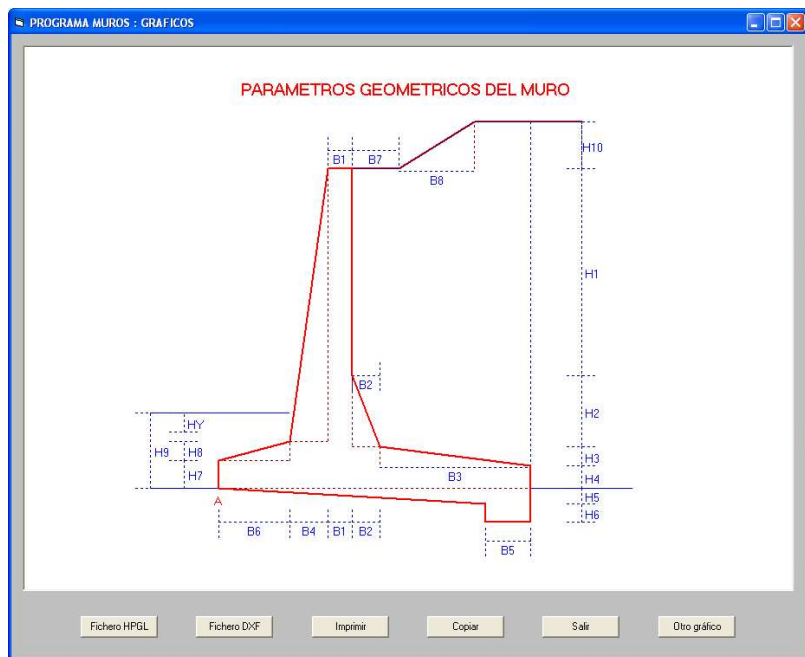


Figura 4

VENTA

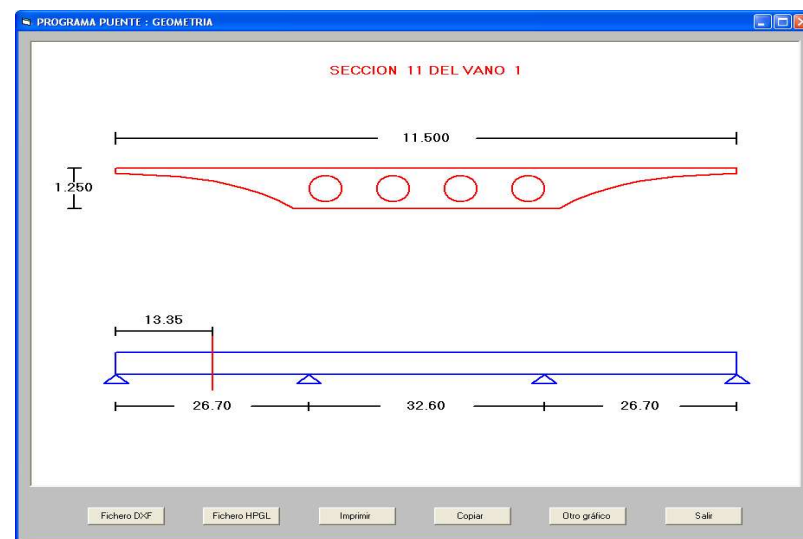


Figura 5

3 buenas razones para adquirir la Colección Caminos :

-ACADÉMICA : La colección, constituye un verdadero Master de Ingeniería, que se puede cursar mediante autoaprendizaje. Ello es posible, gracias a la gran variedad de problemas que resuelve de las áreas de Estructuras, Puentes, Edificación, Geotécnia y Cimientos, Hidráulica, Carreteras y Obras Marítimas, junto a la gran cantidad de ejemplos perfectamente documentados e integrados en los programas.

-PROFESIONAL: Los más de 100 programas de la Versión 2025 de la Colección Caminos, constituyen una poderosa herramienta de cálculo y diseño, avalados por las principales ingenierías del país. En un pequeño espacio de tu ordenador puedes llevar gran parte de tu oficina de cálculo.

-ECONÓMICA: El precio de 150 € de la versión 2025, representa la decima parte del precio al que se vendían las versiones anteriores, con lo que cada programa sale a menos de 2 €.

INFORMACIÓN-ASISTENCIA TECNICA

Las consultas técnicas se pueden consultar en la página WEB:

www.diaval.es

o bien solicitar cualquier tipo de información al correo electrónico:

informacion@diaval.es

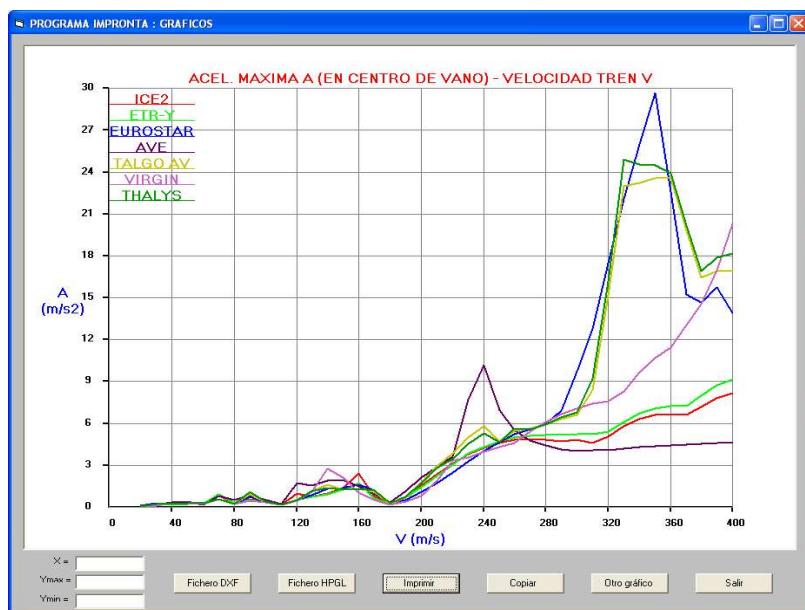


Figura 6

PEDIDOS

OFERTAS :

OFERTA nº1 .- Colección Completa Caminos :
Programas 150€ + Gastos de envío 12€ + IVA 34€ = 196 €

OFERTA nº2 .- Dos programas lanzados en 2025 :
(EDISIS25+PONSIS25) 70 € + Gastos de envío 11€+IVA 17€ =98 €

OFERTA nº3 .- Un programa cualquiera de la Colección :
70 € + Gastos de envío 11 € + IVA 17 € = 98 €

----- 0 -----

El pedido será directo al autor, siguiendo estos pasos

2. - Transferencia bancaria de 196 € ó 98 € a la cuenta N°
ES59-0234-0001-0224-0027-2680
Titular Julián Díaz del Valle

2.- Envío de copia de transferencia al correo electrónico
informacion@diaval.es

Indicando el nº de oferta (si es necesario).
Se indicarán también las direcciones de envío y de
facturación (Nombre, empresa, NIF ; email y móvil)

El envío se realizará por mensajería en un plazo de 24 horas.
La factura se incluirá en el envío.