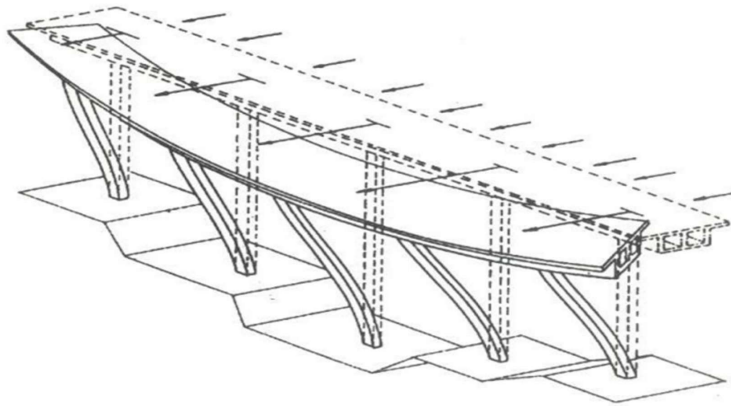


ANALISIS SISMICO DE PUENTES

NORMAS NCSP-07, EUROCODIGO 8
Y OTRAS

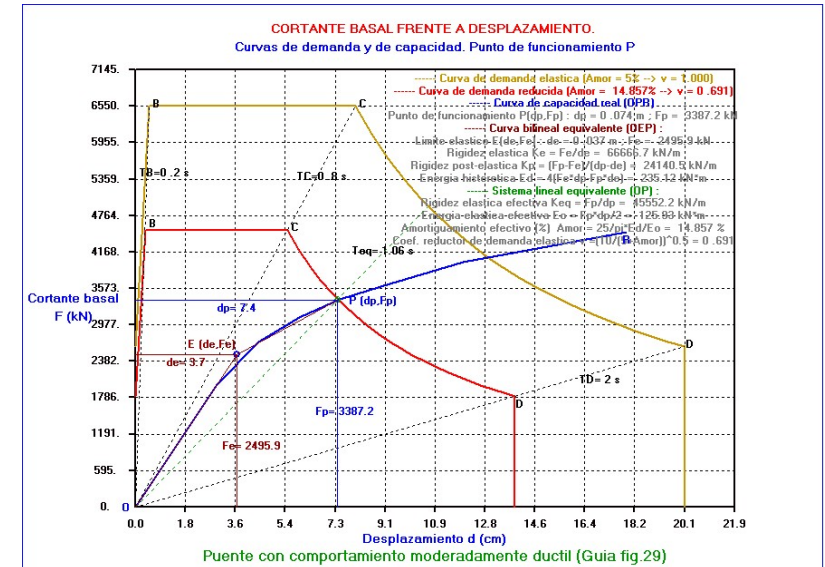


(PROGRAMA PONSIS25)

Julián Díaz del Valle www.diaval.es

ANALISIS SISMICO DE PUENTES

NORMAS NCSP-07, EUROCODIGO 8 Y OTRAS



(PROGRAMA PONSIS25)

Julián Díaz del Valle

Catedrático de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría
de Estructuras. Responsable de la asignatura de Puentes

Escuela de Ingenieros de Caminos

Santander 1975-2017

A MODO DE RESUMEN

Hace 50 años, en 1975, fui encargado de la docencia del análisis sísmico y dinámico de estructuras. Dicha disciplina estaba englobada dentro de la asignatura de Cálculo Avanzado de Estructuras de la nueva especialidad de “Estructuras” que se estrenaba en la Escuela de Caminos de Santander.

Para mí, el reto fue importante pues yo venía de la especialidad de “Transportes” que era la única que se impartía hasta entonces. Logré salvar con éxito el problema, llegando incluso a publicar un libro de apuntes para ayudar a los alumnos, el cuál incluía numerosos ejemplos y un programa de ordenador. Supe escoger la bibliografía adecuada, la cuál cito en las referencias del final. Pero, lo que más me ayudó en dicha tarea docente, fue mi actividad como ingeniero estructural, que ejercía de manera simultánea, en una empresa que se dedicaba a la fabricación de componentes nucleares.

En aquellos años, gran parte de las ingenierías del país se dedicaron al proyecto de centrales nucleares y por tanto al análisis estructural de edificios de contención, reactores, intercambiadores de calor, sistemas de tuberías etc. Precisamente el cálculo sísmico de dichos componentes era una de las tareas más importantes.

En aquella época, ya empezaban a utilizarse ordenadores de gran capacidad y excelentes aplicaciones informáticas como el programa SAP IV y otros. El ingeniero estaba un poco obsesionado con la precisión de los cálculos y realizaba discretizaciones del continuo que daban lugar a miles de grados de libertad y alargaban enormemente los tiempos de cálculo, además las salidas de resultados tan exhaustivas hacían difícil interpretar los resultados obtenidos.

Afortunadamente, las normativas técnicas permiten la utilización de métodos de cálculo sencillos que permiten obtener resultados, que sino definitivos, sirvan de apoyo y contraste con los más refinados.

Así, - aquí es donde quería llegar- en el análisis sísmico de un reactor nuclear, el Código ASME, permite considerar el sistema dinámico-estructural, como un sistema de 1 solo grado de libertad. Se trata de una “bola” donde se concentra la masa M del reactor y un “palo” que representa las faldas y apoyos del mismo, los cuales proporcionan la rigidez lateral K que se opone a la vibración.

Se trata pues, de una técnica análoga al método del modo fundamental, que utilizan todas las normas sismorresistentes de puentes. En el caso de puentes, “la bola” viene dada por la masa del tablero y parte de las sobrecargas y pilas, y “el palo” se definirá por la rigidez de las pilas y de sus aparatos de apoyo.

Conceptualmente, no existe diferencia entre ambos modelos de 1 grado de Libertad : Hay que calcular con precisión la masa de la “bola” y la rigidez del “palo”, y a partir de

ahí, mediante la fórmula pendular se obtiene el periodo fundamental de vibración que es el objetivo primordial del cálculo. Posteriormente, las aceleraciones, desplazamientos, fuerzas de inercia, esfuerzos etc, constituye una tarea de cálculo inmediata.

Cuando, analizamos reactores nucleares, hay que determinar cuidadosamente la masa de los reactores y de otros componentes y tuberías conectados a ellos. Sin embargo, la rigidez lateral, se hallará de manera muy sencilla, pues el Código ASME exige un comportamiento totalmente elástico al tratarse de componentes nucleares.

En puentes, ocurre un poco lo contrario, pues es la masa del tablero, y parte de la sobrecarga y de la subestructura la que se determina de manera inmediata. Sin embargo, la determinación de la rigidez lateral de las pilas puede complicarse dependiendo del comportamiento elastoplástico que se exija. Así, cuando se exijan comportamientos elásticos o moderadamente dúctiles, será suficiente considerar las rigideces brutas. Por contra, cuando se exijan comportamientos de gran ductilidad, se deberá recurrir a los diagramas momento-curvatura de las secciones de las pilas y determinar con precisión su rigidez eficaz.

De todas formas, con estos tipos de construcciones tan diferentes -reactores o puentes- existen -evidentemente- resultados del cálculo muy específicos para cada uno debiendo recurrir a las normas sísmicas correspondientes.

Realmente he hecho este tratamiento conjunto, para indicar que hace 50 años empecé con una tipología y ahora presento mi último programa “PONSIS25”, que resuelve otra, pero en esencia muy parecida. Durante el tiempo transcurrido me he dedicado siempre a las “estructuras” como puede verse en el curriculum presentado en un homenaje que durante la última asamblea de la ACHE se hizo a algunos profesores recién jubilados de las escuelas de ingeniería españolas.

ACHE

Asociación Española de
Ingeniería Estructural

Homenaje a
Catedráticos

Julián Díaz del Valle



Trayectoria Docente:

- 1975 ICCyP
- 1980 Dr. ICCyP
- 1984 Profesor Titular de UC
- 1989 Catedrático de Universidad (Área Mecánica Medios Continuos)
- Profesor responsable desde 1975 a 2017 de las asignaturas de Resistencia de Materiales, Mecánica de los Medios Continuos, Cálculo avanzado de estructuras, Puentes y cursos de doctorado.

Trayectoria profesional:

- ENSA : Equipos Nucleares y obra civil de las centrales nucleares de Ascó, Cofrentes, Vandellós y Trillo.
- BIGAR : Empresa constructora de edificación y obra civil.
- INGECO : Empresa de ingeniería civil.
- Convenios de colaboración UC - Empresas de prefabricados de Muros, Vigas pretensadas, Puentes, falsos túneles : Lemona, Precon, Bortubo, Tierra armada etc.

Premios/Otros:

- Dirigió 8 Tesis doctorales del ámbito de la ingeniería estructural, alguna con premio nacional (ANCI)
- Más de 100 aplicaciones informáticas del ámbito estructural y otras tantas publicaciones.

Durante este largo periodo, me he dedicado, además de a mi actividad docente y profesional, al desarrollo de una amplia colección de programas que me ha permitido ahondar en el conocimiento de las distintas tipologías estructurales y de otras áreas de la ingeniería.

Esta publicación, constituye un manual de utilización y de validación del programa PONSIS25, último de la Colección de programas Caminos de la que soy autor.

Dicho programa se ocupa del análisis sísmico de puentes, y utiliza el Método del Modo Fundamental que es un método lineal equivalente al Modal Espectral, pero idealizando la superestructura e infraestructura del puente mediante 1 solo grado de libertad.

Este tipo de cálculo, deberá efectuarse en todas las situaciones -lineales o no- y constituirá la referencia básica para el proyecto del puente.

Para cuando se presenten situaciones no lineales, debidas al comportamiento no lineal de los materiales o de los dispositivos de aislamiento sísmico o de los amortiguadores disipadores de energía, deberá emplearse uno de los dos siguientes métodos – a utilizar siempre tras el cálculo espectral de referencia- :

-El Método Dinámico no lineal en el tiempo, que integrará paso a paso utilizando los acelerogramas de cálculo.

-El Método del Empuje incremental (Pushover), que es un método estático no lineal y una alternativa -más sencilla- al método dinámico anterior.

El programa PONSIS25, dispone de herramientas de gran ayuda para aplicar con los dos métodos anteriores.

Los resultados del programa se pueden complementar con los obtenidos con otros programas de la Colección : Edis25, Acciones, Aleato, Blast, Cajon, Dinest, Din1gdl, Pilas, Pilatab, Pushover, Puente, Seccion, Shearwall, Sísmico, Torsion, Vibra, etc.

Para mi, sería una gran satisfacción que la lectura de estas notas y la aplicación correspondiente, fueran de utilidad para el ingeniero.

Julián Díaz del Valle

Santander 2025

INDICE

1.- DESCRIPCION DEL PROGRAMA PONSIS25 (pág.7)

2.- DATOS DE ENTRADA , OPCIONES Y PROCESO DE CALCULO (pág.9) :

a) Datos del PUENTE.

a1) Dimensiones superestructura (Tipologías y pesos)

a2) Datos de la subestructura (Pilas,estribos y aparatos de apoyo)

b) Datos SISMICOS.

Norma sismorresistente de puentes NCSP-07 Norma = 0

Norma sismorresistente (Puentes) Eurocodigo 8 Norma = 1

Otras normativas dando su espectro de diseño Norma = 2

Aceleraciones de diseño para periodos dados Tx,Ty Norma = 3

3.- Opciones de modificación de los datos (pág. 17).

4.- Aislamiento sísmico de puentes (Aislamiento y amortiguación) (pág.18)

5.- Rutina “PILAS M-C y N-M” (Momento–Curvatura y Axil –momento) (pág.20)

6.- Metodos no lineales . (Herramientas de ayuda) (pág 25) :

Método de integración dinámica de acelerogramas (MOD=0) (Ejemplos 14 a 19)

Método del empuje incremental (Pushover) (MOD=1) (Ejemplos 20 a 23)

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS (pág.40)

8.- EJEMPLOS DE APLICACIÓN (Ejemplos 1 a 13) : (pág.42)

EJEMPLO 1.- Viaducto de 7 vanos y sistema de aislamiento sísmico.Guia 317

EJEMPLO 2.- Puente sometido a aceleraciones de cálculo dadas (Norma=3).

EJEMPLO 3.- Viaducto de 5 vanos. (TFM Ing.Caminos UPM Jefferson Quispe)

EJEMPLO 4.- Subestructura rígida. A.Castillo. Puentes. ETSICCyP Granada

EJEMPLO 5.- Subestructura flexible. A.Castillo. Puentes. ETSICCyP Granada

EJEMPLO 6.- Puente losa 3 vanos y pilas empotradas (comport.ductil). Guia

EJEMPLO 7.- Anterior con comportamiento elástico.Rigidez bruta de las pilas.Guia

EJEMPLO 8.- Tablero apoyado con neoprenos en 2 pilas circulares. Guia (5.2.5)

EJEMPLO 9.- Igual anterior y nuevas dimensiones de neoprenos. Guia (5.2.5.5)

EJEMPLO 10.- Anterior+rigidez neoprenos $G_n=1.2 \cdot G_n$ (Esf.sism. Guia 5.2.5.6)

EJEMPLO 11.- Puente de 3 vanos con pilas multifuste y peso distribuido $NG=8$

EJEMPLO 12.- Tablero de vigas continuo sobre cabezales y 3 fustes

EJEMPLO 13.- Puente recto de vigas definido por teclado. Guia 297

EJEMPLOS 14 a 23 de aplicación de Métodos No Lineales. (pág.171)

9.- CATALOGO 2025 “COLECCIÓN CAMINOS” DE MAS DE 100 PROGRAMAS

1.-DESCRIPCION DEL PROGRAMA PONSIS25

El campo de aplicación del programa se extiende al cálculo sísmico de puentes. Está adaptado a las normas sismorresistentes actuales NCSP07 y Eurocodigo 8. También 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 interés.

Analiza tableros rectos de hormigón de cualquier tipología: 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 permite aislamientos elastoméricos y simular amortiguadores disipadores de energía.

La normativa actual, recomienda el "cálculo modal espectral" como método tipo para la evaluación del efecto de la acción sísmica sobre los puentes. Es un método elástico que calcula las respuestas dinámicas máximas para todos los modos significativos, utilizando las ordenadas del espectro de respuesta y combinando estadísticamente las respuestas modales.

Todas las normas, permiten utilizar un procedimiento simplificado y estáticamente equivalente al método anterior, denominado "Método del Modo Fundamental", el cual considera un único grado de libertad dinámico para analizar por separado la acción sísmica en dirección longitudinal y transversal.

El programa PONSIS25 utiliza el método del modo fundamental, con la idea de determinar de manera muy sencilla las masas y rigideces, periodos propios, aceleraciones, desplazamientos, fuerzas y esfuerzos que se producen en la dirección longitudinal y transversal.

En esencia, los efectos sísmicos se calcularán aplicando sobre el tablero una fuerza estática equivalente dada por

$$F = \text{Masa} * \text{Aceleración} = M * S_d(T) \quad (1)$$

donde M es la masa total efectiva, que incluye la del tablero más la mitad de las pilas, más la carga muerta y la sobrecarga concomitante con el sismo.

$S_d(T) = S_a(T)/q$ es el espectro de diseño en la dirección considerada, obtenido al dividir o reducir el espectro elástico $S_a(T)$ por el factor de comportamiento q , y donde T es el periodo fundamental del puente:

$$T = 2\pi * (M/K)^{1/2} \quad (2)$$

donde K es la rigidez total de pilas, estribos y las de sus aparatos de apoyo, en la dirección considerada.

A partir de la sencilla formulación anterior, el programa PONSIS25, realiza las dos tareas siguientes:

a) En primer lugar, calcula el Periodo Fundamental del puente según (2) lo que exige la determinación de las masas sísmicas M ya citadas y la rigidez lateral K proporcionada por la subestructura. Puesto que en dirección longitudinal (x), los valores K y q son distintos a los de la dirección transversal (y), se deduce que habrá dos periodos fundamentales T_x y T_y uno para cada dirección.

b) En segundo lugar, una vez determinados los periodos fundamentales T_x y T_y de vibración, se realiza el ANALISIS SISMICO mediante los espectros de diseño de la norma adoptada. Para ello obtiene las aceleraciones máximas del tablero en ambas direcciones $S_a(T_x)$ y $S_a(T_y)$.

Según la expresión (1), se obtiene la fuerza equivalente en el tablero en cada dirección x e y . Posteriormente reparte dicha fuerza sobre las pilas, estribos y aparatos de apoyo proporcionalmente a sus rigideces.

Según todas las normativas sísmicas, el cálculo modal espectral, deberá efectuarse en todas las situaciones -lineales o no- y constituirá la referencia básica para el proyecto del puente. Por tanto, el análisis espectral constituirá la misión principal del programa PONSIS25. Los datos de entrada, opciones y su proceso de cálculo se describirá en el apartado 2.

Para cuando se presenten situaciones no lineales, debidas al comportamiento no lineal de los materiales o de los dispositivos de aislamiento sísmico o de los amortiguadores disipadores de energía, el programa ofrece 2 opciones – a utilizar siempre tras el cálculo espectral de referencia-:

-El Método Dinámico no lineal en el tiempo, que integrará paso a paso utilizando los acelerogramas de cálculo.

-El Método del Empuje incremental (Pushover), que es un método estático no lineal y una alternativa -más sencilla- al método dinámico anterior.

La descripción de estos métodos no lineales con sus ejemplos de aplicación se realizará en el apartado 6 de esta publicación.

2.- DATOS DE ENTRADA , OPCIONES Y PROCESO DE CALCULO

La primera tarea anterior, exige la definición geométrica y mecánica del puente, que se introduce pulsando el boton "Datos PUENTE".

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

a) Datos PUENTE :

Inicialmente, se elige como dimensión de fuerza, el kiloNewton (kN) o la tonelada (t). Sin embargo las densidades y módulos elásticos se expresarán siempre en ambas unidades.

Seguidamente, se indicará el título del proyecto y a continuación se darán los datos de los materiales como la densidad del hormigón γ_{mh} , la del producto bituminoso γ_{mb} y los módulos elásticos del hormigón E_{oh} y el módulo elástico transversal del neopreno G_n .

a1) Primeramente se definen las dimensiones de la superestructura:

Se indica primero el número de vanos NV, de manera que el número de pilas será NV-1, e incluyendo los dos estribos, el número de ejes de apoyo será NV+1.

La longitud total del tablero L_{tab} será igual o mayor que la suma de las longitudes $L_{V(i)}$ de los NV vanos, pues se deben incluir las entregas en los estribos.

A continuación se dará la anchura geométrica del tablero B_{tab} además del área de su sección recta $Stab$, su inercia I_{tab} respecto al eje z para la flexión transversal y el momento de inercia a torsión J de la sección del tablero. La inercia I_{tab} se utilizará para resolver la flexión transversal cuando se utilice el modelo de tablero flexible. La inercia J condicionará el grado de empotramiento de la pila en el tablero. El valor de J no será necesario en el caso de que el apoyo del tablero en las pilas sea a través de neoprenos. Además solo se considerará un porcentaje de la rigidez torsional GJ. El cual será menor del 30% para tableros de hormigón armado (HA) y menor del 50% en tableros de hormigón pretensado (HP). No obstante, el usuario podrá considerar la totalidad de la rigidez torsional.

Estos datos de la sección B_{tab} , $Stab$, I_{tab} , J, se pueden suministrar desde el teclado (isec=0), calculándolos externamente con otras aplicaciones. En esta colección existen programas como "SECCION", "TORSION", "PILAS" que resuelven esto con suficiencia.

Además, este programa PONSIS25, dispone de la opción de calcular los valores anteriores cuando se utilicen tipologías comunes tales como : Losa aligerada (isec=1), losa maciza (isec=2), sección cajón (isec=3) y tableros de vigas (isec=4)

Estas secciones tipificadas se definirán dando los siguientes parámetros geométricos (Ver figura siguiente) :

Losas macizas y aligeradas:

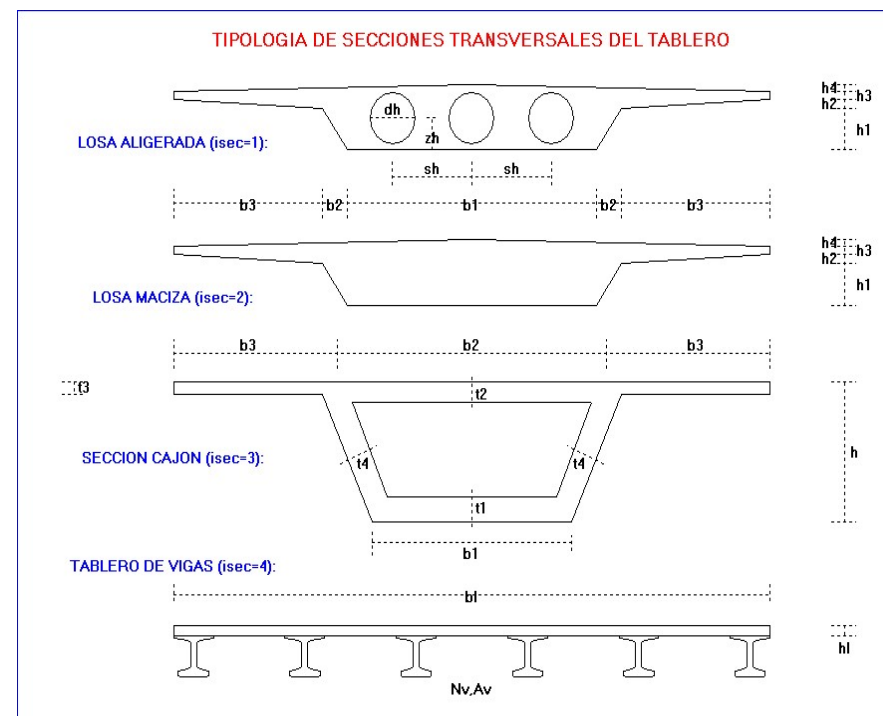
Anchuras: b_1, b_2, b_3, b_4 ; Alturas: h_1, h_2, h_3, h_4 ; Huecos: N_h, d_h, s_h, z_h
 N_h = Numero huecos circulares; diámetro d_h ; separación s_h ; centro z_h .

Secciones cajón : Canto h , Losa inferior b_1 , Losa superior b_2 , y alas b_3 , y sus espesores son t_1 , t_2 , t_3 respectivamente y t_4 para las alas.

Tableros de vigas: Número de vigas = N_v ; S_v =sección de cada viga (m^2), b_l = anchura (m) de la losa superior; h_l = canto de la losa superior.

Cuando se consideren tableros de vigas, el peso de los posibles cabezales de pilas, se añadirá al total, además de las pilas afectadas por el coeficiente f_{pil} de participación de las pilas.

Los valores B_{tab} , $Stab$, I_{tab} y J ,calculados por el programa –para estas tipologías-, pueden posteriormente modificarse convenientemente en la entrada de datos.



A continuación se introducen los pesos:

"PP = Peso propio del tablero Ptab + 50% Peso de las pilas Ppilas."

El programa propone $P_{tab} = V_{tab} \cdot \text{Gamah}$ resultante de ubicar el tablero ($V_{tab} = L_{tab} \cdot \text{Stab}$). Dado que el único dato de la sección recta del tablero es su área Stab y no se han considerado otros detalles que pudieran pesar como zonas macizadas etc. el programa permite dar un valor modificado para Ptab que incluya dichos detalles.

Además se considerará el 50% del peso de las pilas. Ahora bien, si se quisiera considerar otra fracción distinta de 0.5 se dará en la variable fpil. Esta modificación de fpil puede utilizarse para asignar con más precisión la contribución de las pilas pues es más realista considerar la mitad superior de las mismas cuando estas sean de sección variable. Además la parte superior puede tener ensanchamientos, capiteles, cabezales u otros detalles que pesen.

"CM = Carga muerta = Peso del pavimento + Barreras" :

Se evaluará con la expresión

$$CM = 1.5 \cdot (L_{tab} \cdot B_{tra} \cdot h_b \cdot \text{gamab}) + 2 \cdot \text{Barr} \cdot L_{tab}$$

donde h_b es el espesor medio del pavimento bituminoso –multiplicado por 1.5 para considerar su valor máximo–.

B_{tra} es la anchura total de los carriles de tráfico ($< B_{tab}$)

Barr representa el peso por metro lineal de las barreras o pretilas.

El valor de CM calculado por el programa, se puede modificar para tener en cuenta alguna otra carga muerta no considerada.

"SCper = Sobrecarga casipermanente (20%)"

El programa considera el 20% de la sobrecarga uniforme, que vendrá dada por la siguiente expresión de acuerdo a la IAP-11 :

$$SC_{per} = 0.2 \cdot (0.9 \cdot 3 + (B_{tra} - 3) \cdot 0.25) \cdot L_{tab}$$

El programa también permite modificar el valor anterior para tener en cuenta otra normativa pasada o futura.

Estas modificaciones que se realizan para ajustar con mayor precisión los sumandos del peso G están justificadas pues esta variable junto a la rigidez K nos proporcionan el período fundamental dado por (2). Estos períodos proporcionarán las aceleraciones máximas a partir del espectro reducido según (1).

El peso total G - considerado en las expresiones (1) y (2) - será :

$$G = PP + CM + SC_{per}$$

Como se ha indicado, el programa determina cada uno de los pesos anteriores, con las precisiones o modificaciones realizados para cada uno de ellos.

Se debe tener en cuenta que el éxito del método del modo fundamental radica en calcular con precisión el período fundamental de vibración del sistema dinámico de 1 gdl de masa $M = G/g$ y rigidez K. Ver (2)

La misma precisión exigida en el cálculo de G, se exigirá en el cálculo de la rigidez K, por lo cual se ofrecerán modificaciones al valor calculado por el programa como veremos a continuación al definir los datos para el cálculo de la rigidez de las pilas.

a2) En segundo lugar se suministran los datos de la subestructura

Los cuales se darán según el número de orden i de los $NP = NV + 1$ ejes de apoyo :

i=1 i=2 i=3 i=NP

E1 ----- P1 ----- P2 ----- E2

Para cada pila o estribo i se darán los siguientes datos :

N_f = Número de fustes por pila. En general existirán estribos y pilas monofuste.

También se pueden dar pilas de varios fustes (2,3 etc), cuya separación sepfuste deberá suministrarse.

Cuando $N_f = 0$ se supone que no hay fuste --> Caso de estribos con apoyo directo en cargadero.

La forma de la sección de cada pila viene dada por la variable Cir :

Cir=0 Fustes rectangulares de lados exteriores b_x x b_y .

Cir=1 Fustes circulares de diámetro exterior b_x .

Las pilas pueden ser huecas de espesor $Esp > 0$.

Cuando $Esp = 0$ se supone que la pila circular o rectangular es maciza.

hz es la altura de la pila en metros.

El último dato a suministrar corresponde a la variable "Irig" la cual puede ser 0, 1 o 2 y su valor adopta la siguiente filosofía :

Al igual que el valor preciso del peso G del tablero, también se debe definir con precisión la rigidez de las pilas en ambas direcciones. Para ello se utiliza la variable Irig :

Irig = 0 : Corresponde al caso de considerar comportamiento elástico o con ductilidad limitada pudiéndose tomar como suficientemente precisas las rigideces brutas de la seccion de las pilas. La rigidez bruta de las pilas, será determinada por el programa a partir de su material y de la geometría de su sección.

Irig = 1 : Se asignará a pilas muy esbeltas pero con comportamiento elástico o de ductilidad moderada. Se considera la rigidez bruta afectada por un factor de fisuración Beta -calculado internamente por el programa- que depende de la esbeltez de la pila y varía entre 0.4 y 1

Irig = 2 : En el caso de exigir un comportamiento de alta ductilidad, la rigidez a considerar para las pilas es la denominada "Rigidez eficaz" o rigidez secante correspondiente al punto de plastificación de la curva momento-curvatura de su sección, para el axil actuante en la situación sísmica. Esta rigidez puede descender hasta un 40% de la rigidez de la seccion bruta.

En el anejo C de la publicacion UNE-EN1998-2 -de caracter informativo- se ofertan dos métodos para determinar la rigidez eficaz.

El programa PONSIS25, oferta -externamente- un cálculo preciso para determinar la rigidez eficaz, para lo cual se pulsará el boton "PILAS M-C " y se introducirán los datos geométricos y de armado obteniendose los diagramas Momento-Curvatura para distintos axiles concomitantes y de ahí deduce las coordenadas (My,Cy), (Mu,Cu) que resumen su comportamiento elastoplástico. La rigidez eficaz de la pila obtenida se podrá modificar "convenientemente" antes de reintroducirla en los datos del programa.

Realmente, cuando se adopta un comportamiento de alta ductilidad, la definición de la rigidez de las pilas es muy problematica, dadas las fuertes plastificaciones que se producen a la pretension de condensarlas en un modelo de 1gdl como es el del "Modo Fundamental". Por ello, el conjunto de programas PILAS y PILATAB -de esta colección-, permite considerar modelos de muchos gdl, donde el tablero se supone apoyado en un conjunto de muelles no lineales, sometidos a las acciones sísmicas y otras concomitantes. El programa PILAS obtiene con gran precisión las rigideces no lineales de las pilas o muelles, pues los diagramas M-C se obtienen considerando todo tipo de nolinealidades.

Cualquiera que sea el tipo elegido (irig=0,=1,=2), el programa afecta a la rigidez por un factor de empotramiento k el cual dependerá de la relacion de la rigidez a torsión del tablero GJ a la rigidez EI de la pila dada por

$$k = 12 * (1+GJ/EI/L') / (4+GJ/EI/L')$$

con valores limites 3 y 12 para pilas en ménsula y empotradas respectivamente.
(L' =longitud tributaria sobre pila)

A continuación se introducen los datos de los aparatos de apoyo:

Neo = Número de neoprenos por pila. Por ejemplo, si una pila tiene 2 fustes y Neo=2, se supondrá que sobre cada fuste habrá 1 neopreno.

Las dimensiones en mm de cada neopreno son : bnx, bny, hn, (hng).

Si Cir=0 se supondrá que los neoprenos son rectangulares bnx x bny.

Si Cir=1 se supone que los neoprenos son circulares de diámetro bnx.

hn es el espesor total del neopreno

hng es el espesor de la goma del neopreno.

Cuando Neo=0 o bnx=0 o hn=hng=0 se supondrá que no hay neopreno estando la pila empotrada directamente en el tablero.

En la salida de resultados, el programa presenta un cuadro resumen de las características de las pilas y estribos analogo al siguiente:

Pila	i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Ei	1	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	2	400	500	100	66
P1	2	1	1	1.90	0.00	0.25	17.00	0	0	0	0	0
P2	3	1	1	1.90	0.00	0.25	15.00	0	0	0	0	0
Ed	4	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	2	400	500	100	66

Los datos suministrados hasta aqui, son a) los "Datos del PUENTE" y corresponden a la informacion de a1) la "superestructura" desde donde se obtiene el peso G, y a la informacion de a2) la "subestructura" (pilas,estribos y aparatos de apoyo) desde donde se obtiene la rigidez K.

A partir de estos datos el programa calcula el periodo fundamental T.

Volvemos a insistir que se obtendrán dos periodos fundamentales Tx y Ty pues segun la expresion (2) la rigidez K tiene 2 valores distintos Kx y Ky para la dirección longitudinal y transversal respectivamente.

Antes de definir las acciones sísmicas, es necesario elegir dentro del método del modo fundamental, cual es el modelo de cálculo a utilizar en cada una de las dos direcciones x o y :

Modelo de tablero rigido : Se utilizará cuando, bajo el sismo, la deformación del tablero sea despreciable comparandola con los desplazamientos de pilas más neoprenos.

En dirección longitudinal (x), esta condicion siempre se cumple en puentes aproximadamente rectos con tablero continuo.

En la dirección transversal (y), la condición de poca deformabilidad se cumplirá si la relación entre la máxima diferencia y el valor medio de los desplazamientos transversales cumple la condición

$$(d_{\max} - d_{\min}) / d_{\text{ym}} < 0.20 \quad \dots\dots (3)$$

Con este modelo, el período propio T y las fuerzas equivalentes F se determinan con las expresiones (1) y (2) ya comentadas.

Modelo de tablero flexible: Se aplicará cuando no se cumpla la condición de indeformabilidad (3).

El programa PONSIS25, considera el modelo de tablero rígido para el sismo longitudinal. Para el sismo transversal, el programa elige, dependiendo de la relación (3), que modelo adopta.

Cuando se adopta el modelo flexible, el programa considera una viga (el tablero) de inercia (I_{tab}), apoyada en NV+1 "muelles" que corresponden a los estribos y pilas. La rigidez de estos muelles, es precisamente, la rigidez transversal de las pilas y de sus aparatos de apoyo.

Dicha viga, se discretiza en una serie de NN nudos, que se generan dividiendo cada vano en una serie de NEV elementos iguales. El usuario, puede elegir el valor de NEV -el programa considera NEV=5 por defecto-.

La viga transversal, se cargará horizontalmente con la acción del peso o del viento repartido a lo largo del tablero que se concentrará en las cargas nodales G(i).

Resolviendo la viga sobre apoyos elásticos, se obtienen los desplazamientos transversales d_i en los NN nudos. A continuación calcula el período fundamental, aplicando la fórmula de Rayleigh :

$$T_y = 2 \cdot \pi \cdot \left(\sum G_i \cdot d_i^2 / g / \sum G_i \cdot d_i \right)^{0.5} \text{ seg.}$$

Con el modelo de tablero rígido, las fuerzas sísmicas que se asignan a cada pila, se obtienen de un proceso de reparto de la fuerza sísmica total, proporcional a la rigidez de la pila respecto a la total.

Con el modelo flexible, las fuerzas sísmicas que se lleva cada pila se obtienen a partir del modelo de la viga arriba comentado.

De todas formas, debe tenerse en cuenta que el modelo flexible siempre engloba los resultados obtenidos con el rígido.

El programa, dependiendo de la condición de deformabilidad (3), elige para cada dirección, el modelo de tablero a utilizar (rígido o flexible). No obstante el usuario, puede forzar la utilización del modelo flexible en ciertos casos como se indica a continuación :

La formulación (1) y (2) del método fundamental exige la determinación del peso total G del puente, sin tener en cuenta su distribución longitudinal, pues realmente resuelve un sistema de 1 g.d.l.

Con el modelo flexible se puede considerar la distribución del peso a lo largo del tablero, para considerar así la sección variable, zonas de apoyos macizadas o acarteladas etc.

Para esto, el programa cuando se elija el método de tablero flexible, pide la distribución poligonal del peso dando una poligonal de NG puntos (xg(i); fg(i)) desde el extremo xg(1)=0 al extremo xg(NG)=L_{tab} = longitud del tablero.

Las ordenadas fg(i) de la distribución anterior pueden seguir la ley de cantos u otra parecida y el programa se encargará de su escalado para que el área encerrada coincida con el peso sísmico total.

Se puede comprobar, la variación de los períodos y fuerzas obtenidos con estas distribuciones de peso variable, respecto a los obtenidos cuando el peso se reparte de manera constante, intrínseca al método.

A continuación se realizará el análisis sísmico de la estructura, y se pulsará el botón "Datos SISMICOS" desde donde se introducirán los datos conforme a la normativa sísmica adoptada y que se describen a continuación.

b) Datos SISMICOS :

El cálculo de la acción sísmica, que actúa sobre el puente, puede realizarse conforme a las siguientes normas:

Norma sismorresistente NCSP-07	Norma = 0
Norma sismorresistente Eurocódigo 8	Norma = 1
Otras normativas dando su espectro de diseño	Norma = 2
Aceleraciones de diseño para períodos dados T _x , T _y	Norma = 3

Las 2 primeras (Norma=0 y 1), 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 información el programa evaluará la RESPUESTA MODAL y su combinación.

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 más actuales Eurocódigo 8 y la discutida NCSR-23, recogen valores actualiza-

dos de α y K , muy superiores a los proporcionados por la Norma NCSP-07. En todo caso, se recomienda utilizar dichos valores actualizados cualquiera que sea la norma. A continuación 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 ductilidad μ . A continuación se definirá el ESPECTRO DE RESPUESTA $T-Sa(T)$ constituido por tramos lineales + mesetas + tramos hiperbólicos. Las coordenadas T y $Sa(T)$ de los vértices se definen a partir de la información sísmica que se especifica según cada norma.

En tercer lugar se calcularán las ACELERACIONES ESPECTRALES DE DISEÑO $ad(i)$ para cada una de las dos direcciones longitudinal y transversal y a partir de su amortiguamiento Q y ductilidad μ .

El programa es totalmente válido para otras normativas sísmicas actuales o futuras pues basta utilizar la Norma=2, que utiliza un espectro de diseño definido por la meseta y curvas laterales, limitadas por los periodos característicos T_B , T_C , T_D que define el usuario.

Por ejemplo, con Norma=2 se pueden reproducir los espectros tipo 1 (de sismo de campo lejano) y tipo 2 (sismo de campo cercano) que recomienda el Anejo Nacional de UNE-EN 1998-1 en sus tablas 3.2 y 3.3, en las que se indican los valores de S , T_B , T_C y T_D para cada tipo de suelo.

Más simple y general es aún utilizar la opción Norma=3, pues al tratarse de modelos de 1 grado de libertad, basta con facilitar como único dato sísmico, la aceleración de diseño -una para cada dirección x, y -, deducida de cualquier espectro o normativa.

En el listado de salida del programa PONSIS25 se describen con detalle las operaciones -según cada norma- hasta obtener las aceleraciones de diseño de cada modo.

Determinadas las aceleraciones de diseño, el programa obtendrá las fuerzas sísmicas sobre el tablero y esfuerzos y desplazamientos en las pilas que es el objetivo final del cálculo.

3.- Opción de modificación de los datos

Los datos suministrados al programa se almacenarán en el fichero DATOS pudiendo elegirse entre estas opciones de modificación:

MODIF=0 : Se trata de un "nuevo caso" y se definirán por tanto todos los datos.

MODIF=1 : Se recorrerán todos los datos del "caso anteriormente ejecutado" y se modificarán los que desee el usuario.

MODIF = -1: Solamente se modificarán datos de los neoprenos y pilas. Esta opción es útil cuando solo se desee cambiar alguna dimensión o el módulo de cizalla del neopreno por ejemplo. (En efecto cuando el objetivo es el cálculo de los desplazamientos se utilizará el valor nominal de G_n , que bastará cambiar al valor mayorado G'_n para determinar los esfuerzos sísmicos).

MODIF=2 : El programa contiene y lee los datos de hasta 23 ejemplos de aplicación que cubren la mayoría de sus opciones. La ejecución de dichos ejemplos es inmediata, sin tener que introducir ningún dato adicional, bastando simplemente pulsar los botones "Datos del Puente" y "Datos del Sismo".

4.- Aislamiento sísmico de puentes

El aislamiento se basa en alargar el periodo fundamental para alejarle de la zona del espectro donde los sismos suelen introducir más energía.

Para ello se deben resolver dos problemas : El primero es reducir la rigidez lateral (sin perder capacidad de carga para resistir las acciones gravitatorias) y el segundo es disipar la carga sísmica para que los desplazamientos laterales no sean excesivos. El primer problema se resuelve con aisladores (apoyos elastoméricos) y el segundo con disipadores de energía (amortiguadores).

Los neoprenos normales y los de alto amortiguamiento (HDRB) no necesitan ningún trato especial, bastando utilizar la opción espectral del programa. Sin embargo otros apoyos elastoméricos con núcleo de plomo (LRB), cuya ecuación constitutiva es bilineal, se resolverán con un sencillo "pushover" como se indica en el ejemplo 21. Otros dispositivos como apoyos de fricción -planos y esféricos- se resuelven de la misma manera en los ejemplos 22 y 23.

La utilización de neoprenos, no altera sustancialmente el cálculo -respecto al caso de pilas empotradas en el tablero-, pues solamente hay que añadir la rigidez del neopreno a la de la propia pila. Sin embargo, la incorporación de amortiguadores no modifica la rigidez del sistema ni su masa y por tanto el periodo se mantiene igual al del sistema no amortiguado.

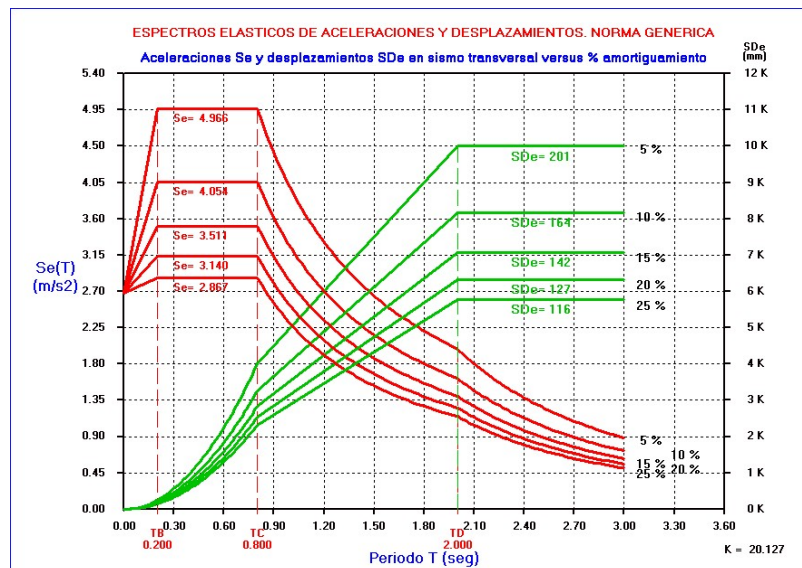
Los amortiguadores se interponen entre el tablero y la subestructura (pilas y/o estribos), y son elementos disipadores de energía y limitan la fuerza F que transmite el sismo desde el tablero a la subestructura.

Su ecuación constitutiva : $F = C' \cdot v^\alpha$ es "muy no lineal", donde v es la velocidad de los extremos del amortiguador y C' es la fuerza máxima permitida -suministrada por el fabricante junto con el exponente α -.

El análisis del sistema -puente mas amortiguadores- es por tanto muy no lineal en el tiempo, y ya no es suficiente resumir la acción sísmica en un espectro de respuesta - que por otra parte exige un comportamiento lineal-, por lo que se necesitará generar acelerogramas artificiales compatibles con el espectro. (En el programa SISMICO de esta colección se ofrecen opciones como la del programa SIMQKE para la generación de acelerogramas sintéticos). Posteriormente se realizará la integración no lineal del sistema dinámico, para lo que se pulsará el botón "MÉTODOS NO LINEALES"

Particularmente el programa admite como dato los índices de amortiguamiento adicionales en ambas direcciones (Q_x y Q_y) proporcionados por el conjunto de amortiguadores dispuestos y que se sumarán al amortiguamiento intrínseco al sistema.

El programa PONSIS25, dispone de opciones gráficas (figura siguiente) para observar el abanico de espectros de aceleraciones y desplazamientos para diversos valores del índice de amortiguamiento (5 %, 10%, 15%, 20%, 25% etc) comprobándose como se alivian las aceleraciones (fuerzas) con el periodo y también con el amortiguamiento, con el consiguiente crecimiento de los desplazamientos, en un compromiso que nos permitirá elegir los amortiguadores más adecuados.



5.-Descripción de la rutina PILAS M-C y N-M

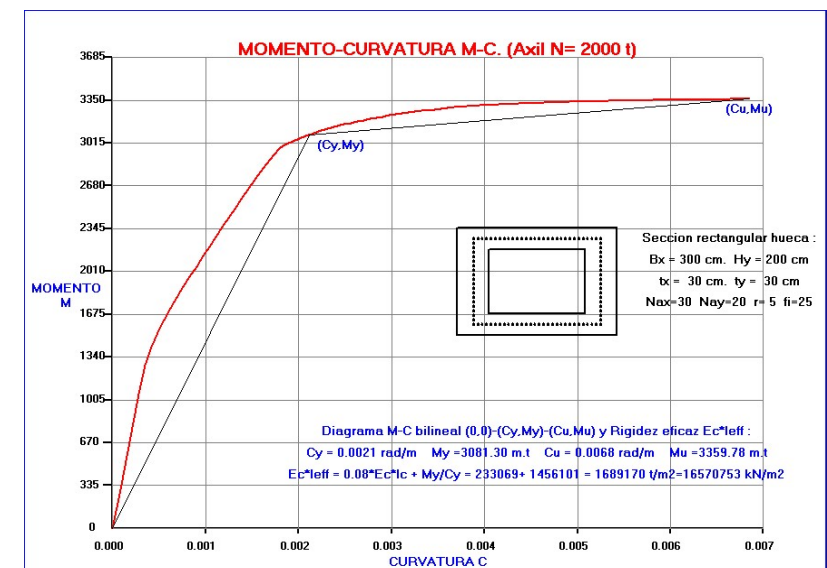
Esta rutina, independiente del programa PONSIS25, se activa pulsando el botón "PILAS M-C y N-M" y permite determinar los diagramas Momento- Curvatura M-C para un axil dado, así como los diagramas equivalentes elastoplásticos (0,0) - (C_y, My) - (C_u, Mu) y a partir de ellos se determina la rigidez eficaz $E_c \cdot I_{eff}$.

También obtiene los diagramas N-M de interacción axil-momento que permiten la fácil comprobación del armado de la pila.

Obtiene unas tablas muy detalladas de los resultados anteriores, aunque la salida gráfica es suficientemente descriptiva.

Las secciones consideradas pueden ser circulares o rectangulares macizas o huecas. Dada la doble simetría de las secciones circulares no es necesario distinguir entre la flexión debida al sismo longitudinal y transversal, que si hay que tener en cuenta en el caso de las secciones rectangulares.

En las páginas siguientes, se muestra un ejemplo de aplicación de dicha rutina para el caso de pilas de sección rectangular hueca (cajón). En el ejemplo nº6 se muestra la salida de los diagramas M-C y N-M para la sección de las pilas circulares allí utilizadas.



SECCIONES DE HORMIGON.DIAGRAMAS MOMENTO-CURVATURA Y DE INTERACCION

Seccion rectangular hueca : (Tipo = 3)

Ancho Bx (cm) = 300.00 Canto Hy = 200.00
 Espesor ex (cm) = 30.00 Espesor ey (cm) = 30.00
 Recubrimiento (cm) de la armadura r = 5.00
 Numero de redondos paralelos a cada cara del ancho Nrx = 30
 Numero de redondos paralelos a cada cara del canto Nry = 20
 Diametro de los redondos (mm) fi = 25

Seccion de hormigon :

Seccion bruta :

Area de la seccion A = 14100.00 cm2
 Distancia del c.d.g. al borde superior Ys = 100.00 cm.
 Distancia del c.d.g. al borde inferior Yi = 100.00 cm.
 Momento de inercia de la seccion bruta I = 89457504 cm4
 Modulo resistente respecto borde superior Ws = 894575.1 cm3
 Modulo resistente respecto borde inferior Wi = 894575.1 cm3
 Seccion neta :
 Area de la seccion neta A = 28967.39 cm2
 Distancia del c.d.g. al borde superior Ys = 100.00 cm.
 Distancia del c.d.g. al borde inferior Yi = 100.00 cm.
 Momento de inercia de la seccion neta I = 161746768 cm4
 Modulo resistente respecto borde superior Ws = 1617466.1 cm3
 Modulo resistente respecto borde inferior Wi = 1617469.3 cm3

Seccion homogeneizada :

Area de la seccion homogenea A = 28967.39 cm2
 Distancia del c.d.g. al borde superior Ys = 100.00 cm.
 Distancia del c.d.g. al borde inferior Yi = 100.00 cm.
 Momento de inercia de la seccion homogenea I = 161746768 cm4
 Modulo resistente respecto borde superior Ws = 1617466.1 cm3
 Modulo resistente respecto borde inferior Wi = 1617469.3 cm3

Resistencia de calculo del hormigon fcd = 300.00 Kp/cm2
 Modulo de elasticidad del hormigon Ec = 325670 Kp/cm2

CARACTERISTICAS DE LAS ARMADURAS :

96 redondos de diametro 25 mm con recubrimiento r = 5.00 cm

ARMADURA PASIVA

Capa	Profund.	Area
Nº	cm.	cm2
1	6.3	147.26
2	16.1	9.82
3	26.0	9.82
4	35.9	9.82
5	45.7	9.82
6	55.6	9.82
7	65.5	9.82
8	75.3	9.82
9	85.2	9.82
10	95.1	9.82
11	104.9	9.82

12	114.8	9.82
13	124.7	9.82
14	134.5	9.82
15	144.4	9.82
16	154.3	9.82
17	164.1	9.82
18	174.0	9.82
19	183.9	9.82
20	193.8	147.26

Resistencia de calculo del acero de armar. fcd = 4100.0 Kp/cm2
 Modulo de elasticidad del acero de armar Es = 2100000 Kp/cm2

D I A G R A M A M O M E N T O - C U R V A T U R A

(CORRESPONDIENTE AL ESFUERZO AXIL N = 2000.00 t.)

M	-	C	M	-	C	M	-	C
(m.t)		(rad/m)	(m.t)		(rad/m)	(m.t)		(rad/m)
0.00	0.0000E+00	264.91	6.9161E-05	529.32	1.3832E-04			
792.73	2.0748E-04	1054.63	2.7664E-04	1280.64	3.4580E-04			
1421.51	4.1497E-04	1529.52	4.8413E-04	1627.63	5.5329E-04			
1719.23	6.2245E-04	1806.30	6.9161E-04	1890.09	7.6077E-04			
1971.41	8.2993E-04	2050.80	8.9909E-04	2128.64	9.6825E-04			
2205.20	1.0374E-03	2280.66	1.1066E-03	2355.17	1.1757E-03			
2428.83	1.2449E-03	2501.72	1.3141E-03	2573.88	1.3832E-03			
2645.36	1.4524E-03	2716.18	1.5215E-03	2786.37	1.5907E-03			
2855.92	1.6599E-03	2924.85	1.7290E-03	2982.88	1.7982E-03			
3007.43	1.8673E-03	3030.29	1.9365E-03	3051.21	2.0057E-03			
3070.72	2.0748E-03	3088.43	2.1440E-03	3105.66	2.2132E-03			
3120.57	2.2823E-03	3135.25	2.3515E-03	3148.90	2.4206E-03			
3161.17	2.4898E-03	3173.25	2.5590E-03	3184.68	2.6281E-03			
3194.70	2.6973E-03	3204.55	2.7664E-03	3214.26	2.8356E-03			
3223.01	2.9048E-03	3230.99	2.9739E-03	3238.84	3.0431E-03			
3246.57	3.1122E-03	3254.05	3.1814E-03	3260.34	3.2506E-03			
3266.52	3.3197E-03	3272.61	3.3889E-03	3278.60	3.4580E-03			
3284.50	3.5272E-03	3289.66	3.5964E-03	3294.44	3.6655E-03			
3299.16	3.7347E-03	3302.90	3.8039E-03	3305.93	3.8730E-03			
3308.91	3.9422E-03	3311.85	4.0113E-03	3314.44	4.0805E-03			
3316.64	4.1497E-03	3318.81	4.2188E-03	3320.94	4.2880E-03			
3323.03	4.3571E-03	3325.08	4.4263E-03	3327.09	4.4955E-03			
3329.07	4.5646E-03	3331.01	4.6338E-03	3332.91	4.7029E-03			
3334.56	4.7721E-03	3335.92	4.8413E-03	3337.24	4.9104E-03			
3338.53	4.9796E-03	3339.78	5.0487E-03	3341.00	5.1179E-03			
3342.18	5.1871E-03	3343.32	5.2562E-03	3344.43	5.3254E-03			
3345.50	5.3946E-03	3346.53	5.4637E-03	3347.49	5.5329E-03			
3348.43	5.6020E-03	3349.36	5.6712E-03	3350.29	5.7404E-03			
3350.95	5.8095E-03	3351.57	5.8787E-03	3352.18	5.9478E-03			
3352.79	6.0170E-03	3353.40	6.0862E-03	3354.00	6.1553E-03			
3354.60	6.2245E-03	3355.19	6.2936E-03	3355.78	6.3628E-03			
3356.36	6.4320E-03	3356.94	6.5011E-03	3357.52	6.5703E-03			
3358.09	6.6394E-03	3358.66	6.7086E-03	3359.22	6.7778E-03			
3359.78	6.8469E-03	3360.33	6.9161E-03					

Diagrama M-C elastoplastico equivalente : (0,0)-(Cy,My)-(Cu,Mu) :

Cy = 0.0021 rad/m My = 3081.30 m.t Cu = 0.0068 rad/m Mu = 3359.78 m.t

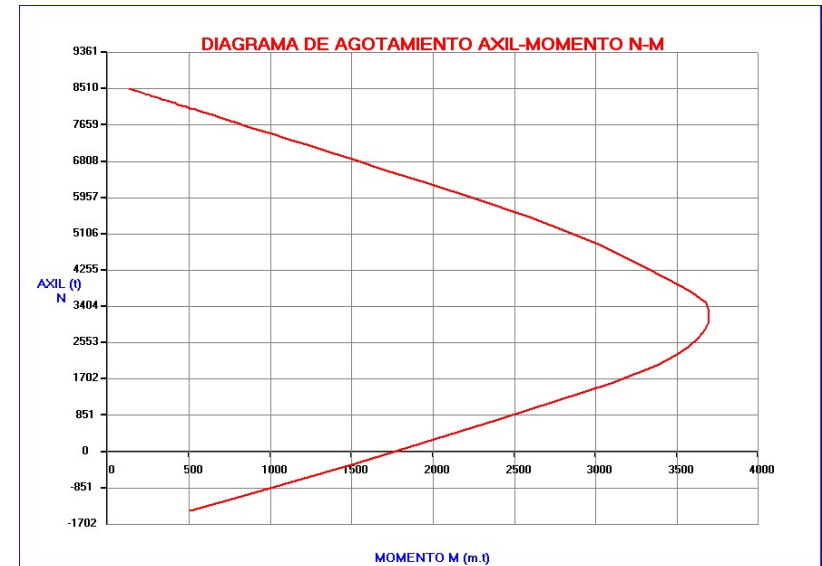
Modulo elastico hormigon (kp/cm2) Ec = 3.2567E+05
 Inercia de la seccion bruta (cm4) Ic = 8.9458E+07

Modulo elastico armadura (kp/cm2) $E_s = 2.1000E+06$
 Maxima tension en armadura (kp/cm2) $f_{yd} = 4100.00$
 Canto util de la seccion (cm) $d = 193.75$
 Maxima curvatura elastica (1/m) $C_y = 2.4 * f_{yd} / E_s / d = 2.1161E-03$

Rigidez efectiva (t/m2) = $E_c * I_{eff}$.. (Segun Anexo C. UNE-EN 1998-2)
 $E_c * I_{eff} = 0.08 * E_c * I_c + M_y / C_y = 2.3307E+05 + 1.4561E+06 = 1.6892E+06$
 Rigidez efectiva en (kN/m2) $E_c * I_{eff} = 1.6571E+07$

DIAGRAMA DE INTERACCION N - M

X (cm)	N (t)	M (m.t)	X (cm)	N (t)	M (m.t)
0.00	-1390.26	502.56	10.00	-1008.80	859.85
20.00	-262.76	1538.05	30.00	744.99	2402.54
40.00	1610.93	3094.88	50.00	2028.10	3377.59
60.00	2253.23	3491.70	70.00	2458.23	3570.87
80.00	2663.33	3632.22	90.00	2868.26	3672.24
100.00	3073.50	3694.46	110.00	3279.15	3696.93
120.00	3485.20	3680.38	130.00	3759.20	3581.13
140.00	4063.31	3435.12	150.00	4343.13	3296.10
160.00	4601.98	3160.38	170.00	4845.09	3026.08
180.00	5131.14	2849.32	190.00	5502.08	2592.33
200.00	5936.04	2261.58	210.00	6303.55	1957.92
220.00	6596.20	1716.07	230.00	6833.44	1519.96
240.00	7028.75	1358.48	250.00	7191.71	1223.72
260.00	7329.26	1109.95	270.00	7446.58	1012.89
280.00	7547.57	929.32	290.00	7635.23	856.78
300.00	7711.87	793.34	310.00	7779.34	737.48
320.00	7839.09	688.00	330.00	7892.31	643.93
340.00	7939.95	604.47	350.00	7982.79	568.97
360.00	8021.49	536.91	370.00	8056.59	507.82
380.00	8088.54	481.34	390.00	8117.72	457.15
400.00	8144.46	434.97	410.00	8169.05	414.59
420.00	8191.70	395.80	430.00	8212.64	378.43
440.00	8232.04	362.34	450.00	8250.06	347.39
460.00	8266.83	333.48	470.00	8282.47	320.50
480.00	8297.08	308.37	490.00	8310.75	297.01
500.00	8323.56	286.35	510.00	8335.60	276.34
520.00	8346.92	266.91	530.00	8357.60	258.03
540.00	8367.68	249.64	550.00	8377.20	241.71
560.00	8386.22	234.21	570.00	8394.76	227.10
580.00	8402.86	220.35	590.00	8410.56	213.94
600.00	8417.88	207.85	610.00	8424.85	202.04
620.00	8431.49	196.51	630.00	8437.83	191.23
640.00	8443.88	186.19	650.00	8449.66	181.37
660.00	8455.19	176.77	670.00	8460.48	172.36
680.00	8465.55	168.13	690.00	8470.42	164.07
700.00	8475.08	160.18	710.00	8479.56	156.45
720.00	8483.87	152.86	730.00	8488.01	149.40
740.00	8492.00	146.08	750.00	8495.84	142.88
760.00	8499.53	139.79	770.00	8503.10	136.82
780.00	8506.54	133.95	790.00	8509.86	131.18
800.00	8513.07	128.50	oo	8513.07	128.50



6.- METODOS NO LINEALES . (Herramientas de ayuda) :

Como se ha dicho anteriormente, y tal como prescriben las distintas normativas, el cálculo modal espectral, deberá efectuarse en todas las situaciones -lineales o no- y constituirá la referencia básica para el proyecto sísmico del puente.

Existen situaciones no lineales, debidas al comportamiento no lineal de los materiales o de los dispositivos de aislamiento sísmico o de los amortiguadores disipadores de energía. Para resolver dichas situaciones no lineales, se puede actuar de 2 maneras:

La primera y más simple, consiste en modificar linealizando el comportamiento del material y tratarlo con el programa PONSIS25 con su modelo espectral, utilizando una rigidez eficaz o equivalente, tal como hemos indicado al definir las rigideces eficaces de las pilas cuando se las exigía un comportamiento muy dúctil.

Otra manera, adecuada para puentes muy irregulares en planta o por desigualdad de la altura de las pilas o porque la exigencia elastoplástica sea muy fuerte, deberá complementarse el cálculo lineal de referencia utilizando herramientas adecuadas.

Para ello, una vez realizado el cálculo espectral de referencia, se pulsará el boton “Métodos No Lineales” del programa PONSIS25, donde se ofertan herramientas de ayuda para la aplicación de los métodos no lineales siguientes :

- Método Dinámico no lineal en el tiempo (MOD=0) y
- Método Estático no lineal o del Empuje incremental o Pushover (MOD=1)

-El Método Dinámico no lineal en el tiempo (MOD=0), integrará las ecuaciones del movimiento paso a paso utilizando los acelerogramas de cálculo y todo tipo de acciones dinámicas.

Los acelerogramas se pueden introducir desde el teclado, dando el número de puntos que les definen y sus coordenadas tiempo-aceleración del terreno. No obstante, dada la enorme cantidad de puntos, resulta más adecuado leer el acelerograma desde fichero.

Estos ficheros provendrán de los acelerogramas sintéticos compatibles generados con el programa SISMICO, o bien obtenidos de la base de datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) o de otras fuentes.

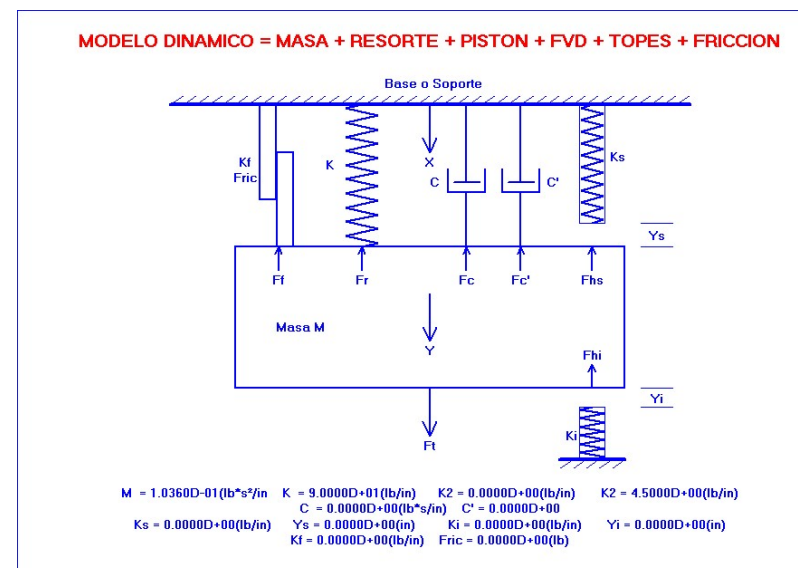
Dado el tipo de acción y el comportamiento elástico o elastoplástico del material, no resulta posible la integración exacta de las ecuaciones del movimiento, por lo que se utilizan técnicas numéricas de integración para determinar la respuesta dinámica, es decir la historia de desplazamientos, velocidades, aceleraciones, fuerzas de inercia, fuerzas elásticas y elastoplásticas y fuerzas de amortiguación, comprobando -en todo instante- su equilibrio con las acciones exteriores.

Así mismo obtiene los valores máximos y mínimos de cada una de las variables anteriores y el instante en que se producen.

Normalmente, los modelos de 1 grado de libertad utilizados consideran además de la masa M, un muelle de rigidez K (constante) y un amortiguador de coeficiente C. Aquí sin embargo, he considerado un modelo mucho más ambicioso, al incluir otros dispositivos o elementos que serán de gran utilidad para tratar las situaciones “No lineales” que se puedan presentar.

Para ello me he basado en el libro de S.Levy y J.Wilkinson “The component element. Method in Dynamics”. McGraw-Hill 1976.

El esquema de dicho modelo se representa en la siguiente figura



Se trata de un modelo de 1 grado de libertad (El movimiento Y de la masa M), sometido a la acción de todo tipo de acciones temporales Ft actuando directamente sobre la masa M y también a todo tipo de acciones sobre la base o terreno (acelerogramas por ejemplo).

Además de la masa M, del muelle K y del amortiguador C, dispone “topes o frenos” en una dirección del movimiento y/o en la contraria, estando definidos por su rigidez Ks y Ki y por sus holguras Ys e Yi, de manera que solo ejercen fuerza en los momentos de contacto con la masa, es decir cuando se ha salvado la holgura correspondiente.

Dispone de elementos de fricción, los cuales presentan una resistencia al deslizamiento creciente (Pendiente o rigidez Kf), hasta que se vence, en cuyo momento la fuerza de fricción es la de rozamiento $Fric = \mu * N$.

También dispone de amortiguadores de disipación FVD cuya ecuación constitutiva :
 $F = C' \cdot v^\alpha$ es "muy no lineal", tal como ya hemos comentado.

Además, para considerar el comportamiento no lineal de los materiales se supone que la rigidez K puede no ser constante como corresponde a los materiales elásticos, sino que admite una ley no lineal ($K = K_1 \cdot Y + K_2 \cdot Y^2 + K_3 \cdot Y^3$), que permite simular comportamientos elastoplásticos y otros muy variados.

Así pues, la ecuación del movimiento en un instante determinado, viene dada por

$$M \cdot \ddot{Y} + C \cdot (\dot{Y} - \dot{X}) + C' \cdot (\dot{Y} - \dot{X})^\alpha + R \cdot (Y - X) = F_t$$

Donde Y es el desplazamiento de la masa, y X es el desplazamiento de la base o terreno (normalmente $X=0$).

(Tengase en cuenta que X e Y no tienen nada que ver con la dirección longitudinal o transversal del tablero, sino que se trata de variables para describir este modelo)

Dicha ecuación, representa el equilibrio dinámico entre las acciones exteriores F_t y las siguientes fuerzas :

- fuerzas de inercia (generadas por la aceleración) .
- fuerzas de amortiguamiento (Proporcionales a la velocidad relativa de la masa)
- fuerzas proporcionales al desplazamiento relativo (Y-X), las cuales serían las fuerzas elásticas $K \cdot (Y-X)$ si el comportamiento fuera lineal. En el caso no lineal, R incluirá la rigidez no lineal del muelle y además las correspondientes fuerzas de frenado y fricción.

Como ya hemos indicado más arriba, las acciones exteriores F_t corresponden a historias de fuerzas actuando sobre la masa y/o historias de aceleraciones sacudiendo la base o terreno (Tipo=0).

Otra manera muy interesante de definir las acciones que se utiliza en mecánica y que quiero traer aquí, es definir la historia por tramos senoidales con frecuencia y amplitud variable entre sus extremos (Tipo=1). Así, el ejemplo nº 19, incluido al final, corresponde a la acción de un sismo que inicialmente está sometido a componentes de alta frecuencia y bajo nivel, pero que gradualmente cambia a frecuencia moderada y alto nivel (amplitud) y finalmente retorna a las frecuencias bajas y bajos niveles. (Esta variación es la que ocurre normalmente con los sismos)

Es decir el input de dicho acelerograma se reduce a

Tiempo (seg)	0.0	0.2	0.4	0.6
Frecuencia (Hz)	20	5	5	0
Aceleración (g)	0.0	0.6	0.6	0

y los resultados obtenidos son de gran interés para analizar el contenido de frecuencias f (o periodos $T=1/f$) y compararlos con el periodo fundamental de la estructura.

Finalmente, con Tipo=2 se puede definir la excitación exterior con un acelerograma incluido en el fichero CURVACEL (ver ejemplos 14 y 15). La organización de este fichero, se indica en la primera línea : Npun, ITa, DTa

Si ITa=0, seguirán Npun parejas de coordenadas tiempo, aceleración

Si ITa=1, seguirán Npun valores de la aceleración, equiespaciados DTa segundos.

Este fichero puede importarse desde la carpeta SISMICO de esta colección de programas, o desde otra aplicación exterior.

El programa SISMICO, dispone de la opción de generar terremotos sintéticos con la técnica de Gasparini-Vanmarke que es la utilizada en el programa SIMQKE.

Para ello se elige un "espectro objetivo" al que se debe ajustar el espectro que resulte del acelerograma buscado.

En el caso de los ejemplos 14 y 15 se ha considerado como espectro objetivo :

Espectro de Tipo 1. Sismo de campo lejano. (Tabla 3.2 de UNE-EN 1998-1)

con un coeficiente de suelo $S=1.35$ y periodos $T_B=0.2$, $T_C=0.8$, $T_D=2$ seg

y con aceleración sísmica de cálculo $a_g = 0.15$ g

lo que supone una aceleración en meseta = $2.5 \cdot S \cdot a_g = 0.5 \cdot g$

En el programa SISMICO se ha obtenido el acelerograma en el fichero CURVACEL y se grafica en los ejemplos 14 y 15

Al final de este manual, se incluyen una serie de ejemplos (14 a 19) de aplicación de este modelo (MOD=0):

El ejemplo 14 "Puente aislado sobre neoprenos (Guía fig.44 y 45)"

Las características de rigidez, masa y amortiguación inherente al sistema son :

$K = 19890$ kN/m ; $M = 1299$ t ; Porcentaje de amortiguación = 5%

El tipo de excitación (Tipo=2) corresponde al terremoto en el fichero CURVACEL.

Los métodos de integración proporcionan una información muy abultada de resultados, por lo que es importante utilizar las salidas gráficas.

Los principales resultados obtenidos son : Aceleración y desplazamiento máximos = 0.28 g y 0.18 metros.

Este ejemplo, realmente realiza la integración dinámica de un sistema lineal, por lo que hubiera sido suficiente tratarle con el modelo espectral tal como se hace en los 13 primeros ejemplos.

La pequeña diferencia de resultados obtenida mediante el método de integración y el espectral, radica en que el espectro objetivo solo se consigue de manera aproximada aunque permite validar los resultados para el siguiente ejemplo.

El ejemplo 15 "Puente sobre neoprenos + Amortiguador FVD (Guía fig.46 a 49)"

Está sometido al mismo acelerograma del ejemplo anterior.

En este ejemplo, se incorpora además de los dispositivos del ejemplo anterior, el amortiguador FVD de parámetros $C'=500$ kN y $\alpha=0.2$.

Su ecuación $F = C' \cdot v^\alpha$ es "muy no lineal" y por tanto ya no es posible la utilización del método espectral (basado en la linealidad del sistema) siendo necesario recurrir a la integración en el tiempo del sistema dinámico.

La aceleración y desplazamiento máximos descienden en este caso a 0.14 g y 0.07 m . Es muy interesante observar en las gráficas temporales la evolución de las fuerzas que solicitan cada dispositivo.

En los 4 últimos ejemplos, se ha utilizado la opción de unidades inglesas, para así comparar los resultados con los de la referencia dada anteriormente.

El ejemplo 16 utiliza la acción de freno o tope con holgura. En el ejemplo 17 se utilizan las fuerzas de fricción en una mesa vibratoria.

El ejemplo 18, considera un sencillo acelerograma dado por su Time History : 8 puntos con aceleraciones 0, +1, -1, +1, -1, +1, 0, 0g y en los instantes 0, 0.05, 0.08, 0.09, 0.10, 0.13, 0.18 y 0.20 seg (TIPO=1)

El ejemplo 19, define el sismo dando las aceleraciones y frecuencias, variando linealmente por tramos (TIPO=0)

Además, el programa DIN1GDL de esta misma colección, considera entre otros este mismo modelo, incluyendo más de 20 ejemplos de aplicación dentro del mismo, que facilitarán su manejo.

-El Método del Empuje incremental o Pushover (MOD=1), es un método estático no lineal y una alternativa -más sencilla- al método dinámico anterior.

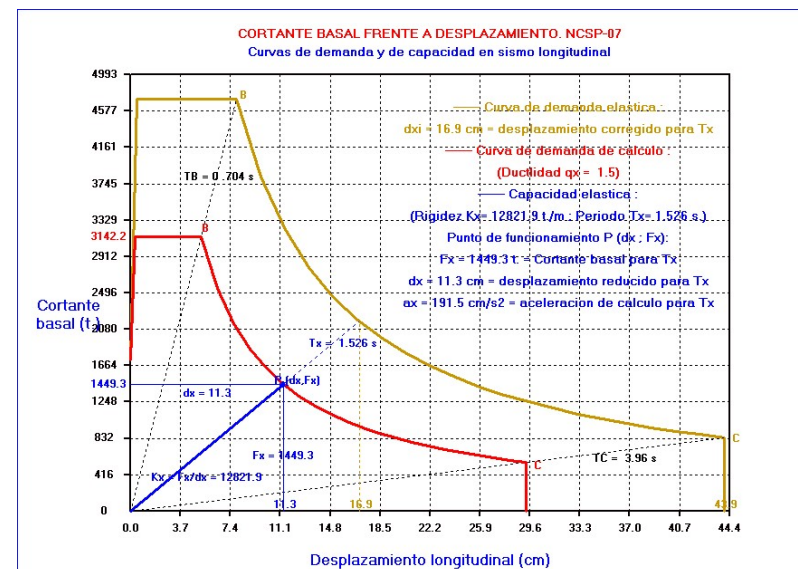
Antes de explicar dicho método, vamos a describir una de las gráficas más importantes obtenidas por el programa PONSIS25 que se indica en la siguiente figura. Se trata de la curva Cortante basal versus Desplazamiento en cabeza. En todos los ejemplos (1 a 13) indicados al final, se incluyen curvas de este tipo, tanto para sismos longitudinales como transversales. Si bien dichos ejemplos corresponden a situaciones lineales o linealizadas, es importante entender el significado de sus leyendas y que ahora pasamos a describir.

La demanda viene definida por el escenario sísmico y se caracteriza por el espectro de respuesta elástica en su representación ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrun).

Si se denomina $S_a=S_a(T)$ y $S_d=S_d(T)$ a los espectros de aceleraciones y desplazamientos en función del periodo T , que en virtud de la relación $S_d(T) = (2\pi/T)^2 S_a(T)$ es posible – eliminando el periodo T –, obtener los espectros $S_a=S_a(d)$ o curvas AD donde se relacionan las Aceleraciones (ordenadas) con los Desplazamiento (abscisas).

Dado que el cortante en la base es $F=m \cdot a$ (masa por aceleración), se considera como curva de demanda la relación entre el cortante basal F (ordenadas) y el desplazamiento d en cabeza (abscisas).

El espectro elástico, o mejor la curva de demanda elástica, se define para un amortiguamiento dado, - normalmente el amortiguamiento crítico del 5% - y por causa de la ductilidad de la estructura, se reduce al espectro de respuesta inelástico (también denominado espectro reducido o de cálculo) y que en la gráfica anterior definimos como curva de demanda de cálculo. Como se puede comprender, el parámetro fundamental de dicha curva es la ductilidad q (q_x ó q_y) que justifica su reducción. Dicha curva corresponde a la acción o demanda sísmica que solicita al puente.



La otra curva fundamental es la denominada curva de capacidad de la estructura. Tengase en cuenta, que en el caso de la gráfica anterior se trata de un caso lineal o linealizado y por tanto la “curva de capacidad” es la recta OP (azul). Dicha recta está caracterizada por su pendiente o rigidez $K_x = F_x/dx$ y por el periodo fundamental de vibración de la estructura T_x (En la representación ADRS los periodos T se representan radialmente).

El punto de equilibrio entre las acciones o demandas y la resistencia o capacidad estructural, estará en el punto P donde se “cortan” la curva de demanda de cálculo y la curva de capacidad (recta OP). Denominaremos a este punto P como punto de funcionamiento. (En los ámbitos americanos, se denomina punto de desempeño).

Las coordenadas del punto de funcionamiento P (dx, Fx) son dx= desplazamiento de la cabeza superior de la pila, y la fuerza total F_x o cortante en la base del modelo.

El desplazamiento dx, realmente no tiene significado, por lo que se utilizará el desplazamiento corregido o aumentado por la ductilidad $dx_i = q_x \cdot dx$ (corresponde a la abscisa del punto de intersección de OP con la curva de demanda elástica) La aceleración de cálculo ax del tablero correspondiente al punto de funcionamiento, y resulta simplemente de la relación $ax = F_x/m$.

Los resultados anteriormente descritos, son la respuesta lineal del análisis sísmico.

Cuando el comportamiento de la estructura es muy no lineal al exigirle grandes ductilidades, la curva de capacidad ya no es una recta -como ocurre en el caso lineal-, sino que es una curva. Dicha curva, se obtendrá dando incrementos laterales de carga y graficando el desplazamiento Δx para cada nivel de fuerza F_x , hasta llegar al colapso por agotamiento o por inestabilidad.

En los programas PILAS y PILATAB de esta colección se muestran las curvas de capacidad (allí llamadas de flexibilidad), las cuales son importables desde los ficheros que allí se generan.

También el programa PONSIS25, permite obtener curvas de capacidad a partir de los diagramas Momento-Curvatura generados o a partir de alguna simplificación bilineal de los mismos.

El programa también admite leer por teclado dichas curvas, dando el número de puntos y sus coordenadas d, F . (En lo que sigue, llamaremos d a los desplazamientos y F a los cortantes basales con independencia de si se trata de sismo longitudinal (x) o transversal (y)).

En las situaciones lineales la intersección entre la recta de capacidad OP y la curva de demanda elástica, era muy nítida. Sin embargo, en las situaciones no lineales, no se conoce la curva de demanda de cálculo, la cual depende del nivel de ductilidad q que se desarrolle en la curva de capacidad. Es decir, se trata de un proceso iterativo en el que se van variando las curvas de demanda, hasta que la curva de demanda de cálculo o reducida por la ductilidad q , coincida con la ductilidad q desarrollada en la curva de capacidad.

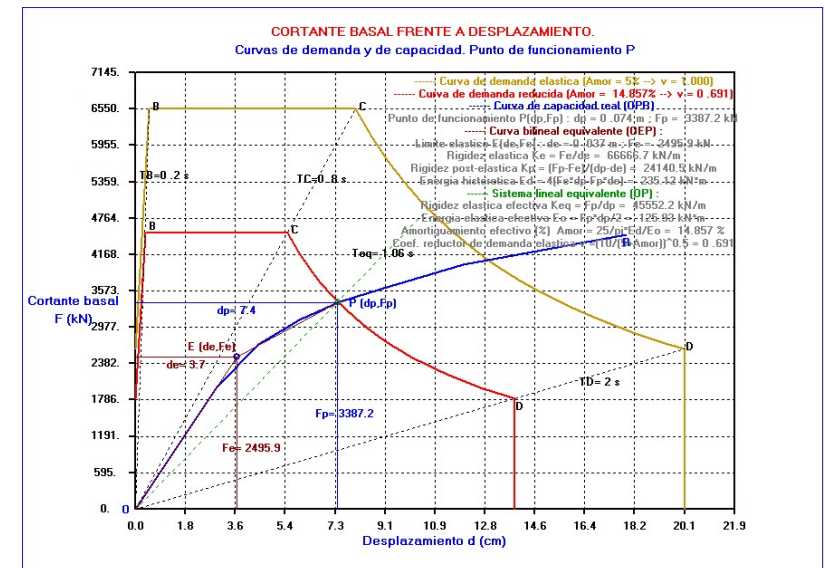
La explicación física del trabalenguas anterior, radica en que la capacidad del puente y la demanda impuesta por un sismo no son independientes. Cuando se incrementa la demanda, la estructura eventualmene entra en cedencia, la rigidez disminuye y los periodos de vibración se alargan. Adicionalmente, aumenta la energía disipada por ciclo, debido a la degradación de resistencia y rigidez.

Por tanto, las curvas de demanda son obtenidas por el programa PONSIS25 igual que lo hacía para los casos lineales, pero la curva de capacidad del puente se introducirá como un input en el programa. Dicho input se obtendrá a partir de las propias herramientas de PONSIS25 (Diagramas M-C por ejemplo) o de herramientas externas como son los programas PILAS y PILATAB de esta colección u otros. Incluso, en el caso de puentes ya construidos, se podría determinar experimentalmente la curva de capacidad, igual que se hace para determinar rigideces, aunque claro está para movimientos lejanos a su colapso.

El paso siguiente, la determinación del punto de funcionamiento P es realizado por el programa PONSIS25 hallando la intersección de la curva de capacidad con la curva de demanda que corresponda al nivel de ductilidad alcanzado. Este proceso iterativo viene regulado en distintas normativas ATC-40, FEMA 440 y otras. Dicho proceso exige, dependiendo de la norma elegida, el cálculo de representaciones bilineales de la curva de capacidad, calculando rigideces postelásticas y ductilidades ó parámetros

lineales equivalentes (amortiguamientos y periodos efectivos que dependen del modelo histerético elegido).

El programa PONSIS25 adopta el proceso iterativo indicado en la norma ATC-40. Para ello determina en primer lugar, la curva de demanda elástica (para un amortiguamiento del 5%, lo que no supone ninguna reducción ($v=1$) de dicha curva). Esta determinación se realiza a partir de los datos sísmicos introducidos según la normativa elegida (NCSP-07, Eurocódigo 8, etc). A continuación lee la curva de capacidad del puente, teniendo en cuenta de si se trata de un sismo longitudinal o transversal.



A continuación halla la intersección $P(d_p, F_p)$ de la curva de capacidad y la de demanda, procediendo al cálculo de la ductilidad desarrollada en la curva de capacidad OP. Para ello, considera la aproximación bilineal OEP a dicha curva y se determina el índice de amortiguamiento equivalente a la ductilidad buscada: $\text{Amor} = 1/4\pi \cdot E_d/E_o$ donde $E_d = 4 \cdot (F_e \cdot d_p - F_p \cdot d_e)$ es la energía histerética del sistema no lineal OEP y $E_o = \frac{1}{2} \cdot F_p \cdot d_p$ es la energía elástica del sistema elástico equivalente OP, ambas correspondientes al punto de funcionamiento $P(d_p, F_p)$.

La aproximación bilineal, consta de un tramo elástico OE de rigidez $K_e = F_e/d_e$ coincidente con la pendiente inicial de la curva real OP y un tramo postelástico EP de rigidez K_p . La pendiente postelástica K_p y las coordenadas del punto elástico $E(d_e, F_e)$ son determinadas variando K_p desde 0 (horizontal) hasta $K_{pe} = F_p/d_p$, de manera que

en algún valor intermedio de K_p se logre que $A_1=A_2$. Siendo A_1 el área bajo la curva real OP y A_2 el área bajo la curva bilineal OEP.

El amortiguamiento obtenido será diferente del inicialmente supuesto. Por ello se calculará la curva de demanda reducida por dicho nuevo amortiguamiento y se determinará el nuevo punto de funcionamiento $P(d_p, F_p)$ y así sucesivamente hasta que el punto P no varíe. El coeficiente de reducción será determinado por la expresión $v = (10/(5+Amor))^{0.5}$.

En el gráfico, se representa la curva de demanda inicial (para $Amor=5\%$) y la final obtenida reduciendo la inicial con el amortiguamiento final. También se representa el punto de funcionamiento definitivo $P(d_p, F_p)$ en la intersección de la curva de demanda final y la de capacidad OP. También se representa la aproximación bilineal OEP de la curva de capacidad real en el tramo OP. Se incluyen las coordenadas de $E(d_e, F_e)$ y las rigideces K_e y K_p de apoyo.

Se comprueba por tanto que la salida gráfica es suficientemente descriptiva del proceso no lineal. En la salida numérica, se incluyen además todos los valores calculados durante el proceso iterativo descrito, los cuales no son normalmente necesarios, salvo para ayudar en los casos en que se presente falta de convergencia.

Al final de este manual, se incluyen una serie de ejemplos (20 a 23) en los que se utiliza este modelo no lineal Pushover ($MOD=1$). Dichos ejemplos han sido contrastados con los desarrollados en la Guía Sísmica de Puentes y son los siguientes:

Ejemplo 20 : “Puente con comportamiento de ductilidad moderada (Guía fig.29)”
Se ha adoptado como curva de capacidad la obtenida desde la gráfica de la figura 29 de la Guía de Cálculo Sísmico de Puentes. La poligonal de 8 puntos que se ha adoptado para la curva de cargas-desplazamientos justifica la pequeña diferencia de resultados obtenidos con la Guía.

En la gráfica obtenida, se muestran las curvas de demanda inicial y la reducida al final del proceso iterativo. También se muestra la curva de capacidad real (OPR) y su aproximación bilineal (OEP) con sus rigideces o pendientes. El punto de funcionamiento $P(d_p, F_p)$ corresponde al máximo desplazamiento d_p y al cortante basal correspondiente F_p .

También se resalta el sistema elástico equivalente (recta OP) de pendiente o rigidez ($K_{eq}=F_p/d_p$) y su periodo equivalente T_{eq} . Este sistema, junto al amortiguamiento eficaz encontrado en el proceso iterativo, permite sustituir el proceso no lineal definido por la curva de capacidad, por otro lineal de las características anteriores.

Ejemplo 21 : “Puente sobre elastómeros con núcleo de plomo LRB (Guía fig.35)”
La ecuación constitutiva viene dada por la curva de capacidad bilineal de pendientes K_e y K_p (Rigideces $K_e=254105$ kN/m y $K_p=12934$ kN/m) y queda definida por 3 puntos:

Pto 1 (0;0); Pto 2 (0.001956 ; 497); Pto 3 (0.2m ; 3059.49 kN).
Los resultados obtenidos, coinciden totalmente con los presentados en la Guía :
Amortiguamiento equivalente =13.7%. Punto de funcionamiento $P(d_p, F_p)$ con $d_p=13.1$ cm (máximo desplazamiento) y $F_p=3059.49$ kN la fuerza asociada correspondiente.

Ejemplo 22 : “Puente sobre dispositivos planos de fricción (Guía fig.37)”
La ley fuerzas-desplazamientos rígido-plástica viene dada por $F_{max} = \mu_d \cdot N = 690.3$ kN , que es la fuerza debida al deslizamiento, $\mu_d=0.05$ es el coeficiente de rozamiento dinámico y $N = 13806$ kN la carga vertical en el apoyo.
Por tanto la curva de capacidad viene dada por los 3 puntos: 1(0;0), 2(0;690.3), 3(0.2;690.3).
Los resultados obtenidos, coinciden totalmente con los presentados en la Guía :
Amortiguamiento equivalente =63.7%, de donde resulta un coeficiente reductor $v=0.382$ y el punto de funcionamiento $P(d_p, F_p)$ con $d_p=7.7$ cm (máximo desplazamiento) y $F_p=690.3$ kN la fuerza asociada correspondiente.

Ejemplo 23 : “Puente sobre dispositivos esféricos de fricción (Guía fig.38)”
La ecuación constitutiva Fuerza-desplazamientos viene dada por $F = \mu_d \cdot N + N/R \cdot d = 690.3 + 4602 \cdot d$, donde $R=3$ m es el radio del apoyo esférico.
Dicha curva de capacidad se puede representar por los 3 puntos : 1(0;0), 2(0;690.3), 3(0.2;1610.7).
Los resultados obtenidos, coinciden totalmente con los presentados en la Guía :
Amortiguamiento equivalente =39.8%-->punto de funcionamiento $P(d_p, F_p)$ con $d_p=9.6$ cm y $F_p=1132.1$ kN la fuerza asociada correspondiente, valores superiores a los obtenidos en el caso de dispositivos planos , en los que no hay que olvidar la ventaja de recentrado que tienen los dispositivos esféricos.

Estos 4 últimos ejemplos están sometidos a la misma acción sísmica dada por un espectro de respuesta elástico horizontal tipo 1 (Sismo de campo lejano), con una aceleración básica $a_g=0.15g$ en un suelo tipo D definido por los siguientes parámetros $S=1.35$, $T_B=0.2$, $T_C=0.8$, $T_D=2$ seg. También se supone que la masa del puente es 1319 T.

Como herramientas de gran ayuda para la resolución de las situaciones no lineales, incluidos en la Colección CAMINOS, son los programas PILAS y PILATAB, que por su gran conexión con el análisis sísmico de puentes, se incluye la página de introducción de su manual en las páginas siguientes.

Otros programas -también de la Colección- que pueden ser de gran ayuda son :

Programa DIN1GDL (descripción) :

Resuelve sistemas dinámicos elásticos y elastoplásticos mediante integración de todo tipo de acciones dinámicas y sísmicas

Analiza sistemas dinámicos especiales: con resortes elásticos o no, amortiguadores, elementos de fricción y sistemas de frenado.

Genera espectros a partir de acelerogramas.

Programa SÍSMICO (descripción):

Obtiene todo tipo de espectros por integración de acelerogramas o bien según las distintas normas sísmicas.

Genera acelerogramas sintéticos compatibles con cualquier espectro (Método de Gasparini-Vanmarke)

Además, los programas ya citados en el prólogo pueden ser de gran utilidad.

Programa PILAS (descripción) :

Un hecho resaltado por numerosos profesionales de las "Estructuras", es la poca dedicación que se ha dado al estudio de la infraestructura del puente (pilas, estribos y cimentación), sobre todo, si se compara con la abundancia de técnicas desarrolladas para el análisis de la superestructura o cálculo del tablero.

Las pilas cortas de viaductos no presentan dificultades especiales, pues pueden considerarse como piezas a flexo-compresión, donde en general no serán de temer los efectos de pandeo. Su cálculo y dimensionamiento está regulado de forma precisa por la Instrucción Española de Hormigón EH-91.

Sin embargo, el cálculo y dimensionamiento de las pilas altas constituye uno de los procesos más complejos en piezas de hormigón armado. En efecto, dicho tipo estructural se caracteriza, desde el punto de vista del análisis a realizar, por:

a) Comportamiento no lineal del material hormigón armado, que presenta el fenómeno de la fisuración y los diagramas tensión-deformación no lineales en el hormigón y en el acero.

b) No linealidad geométrica, de manera que los esfuerzos internos no son proporcionales a las cargas exteriores, a causa de las deformaciones que influyen en aquellos. En pilas esbeltas los efectos de 2º orden pueden ser de gran importancia.

c) Solicitaciones correspondientes al caso más general de flexocompresión esviada. Salvo casos particulares, será necesario considerar el acoplamiento de la flexión biaxial o acción simultánea de las dos flexiones -longitudinal y transversal- ya que cada una de ellas merma en gran medida, la rigidez de la pila en la dirección de la otra.

d) Comportamiento reológico del material, cuyas deformaciones diferidas por fluencia pueden incrementar, de manera importante, los efectos secundarios en la pila.

A estas dificultades "conceptuales" que caracterizan el complejo comportamiento de estas piezas esbeltas, hay que añadir otras, que precisamente no facilitan su tratamiento:

e) Sección y armaduras variables a lo largo del fuste

f) Errores de verticalidad, condiciones especiales de cimentación etc.

g) Numerosas hipótesis de carga, cada una de las cuales estará definida por las acciones que el tablero transmite a la cabeza de la pila, más las que actúan directamente sobre ella (peso propio, viento, gradientes térmicos, etc) (figura 1).

La aplicación de las simplificaciones propuestas en la Instrucción EH-91, al caso de pilas altas, conduce a resultados muy conservadores, y en muchos casos absurdos.

Como puede comprenderse, el análisis manual de esta tipología estructural, obliga a una gran cantidad de simplificaciones, siempre del lado de la seguridad, que conlleva a diseños caros e irracionales.

El análisis riguroso de este problema únicamente puede realizarse utilizando herramientas informáticas adecuadas. Solo de esta manera se podrán obtener economías importantes al diseñar estas costosas estructuras.

Programa PILATAB (descripción):

Una etapa fundamental en el diseño de la infraestructura del puente (pilas, estribos, y cimentación), consiste en el reparto de las acciones horizontales que actúan sobre el tablero.

Las acciones horizontales que pueden actuar sobre el tablero se pueden dividir en longitudinales y transversales.

Como acciones longitudinales directas, se consideran las fuerzas debidas al frenado de vehículos, las fuerzas de rozamiento de los apoyos deslizantes y las acciones debidas al sismo longitudinal. Además, deberán considerarse las acciones reológicas de retracción y fluencia y la variación uniforme de temperatura, siendo éstas acciones, de tipo indirecto pues su resultante exterior es nula.

Las acciones transversales que se pueden producir son debidas al viento, a la fuerza centrífuga (puentes curvos) y las debidas al sismo transversal.

Los estribos y cada una de las pilas que constituyen la infraestructura, recibirán en la cabeza, los esfuerzos que correspondan según su rigidez y dispositivos de apoyo.

El cálculo de dichos esfuerzos puede resultar una tarea muy sencilla si el conjunto de soportes responde linealmente a las acciones transmitidas por el tablero. Estas situaciones pueden producirse en el caso de pilas cortas y de dimensiones tales, que los estados tensionales son moderados.

Sin embargo, en el caso más general, la deformabilidad de tales sistemas de apoyo (suma de cimentación, fuste y placas de coronación), viene condicionada por la doble no linealidad geométrica y mecánica, producida por piezas esbeltas comprimidas, cuyas secciones son de hormigón armado, y, por lo tanto fisurables. Además, los esfuerzos de segundo orden producidos por cargas excéntricas combinadas en ambos planos de flexión de la pila -longitudinal y transversal-, tienen por efecto "ablandar" al elemento pila que sufre, así, momentos secundarios mayores de los que, por separado, hubieran producido las acciones contenidas en cada uno de los planos del puente.

De lo anterior se deduce que para obtener -con cierto rigor- el reparto de las acciones horizontales del tablero sobre cada una de las pilas, es necesario considerar los efectos de 2º orden a que éstas se ven sometidas, además del comportamiento plástico y reológico que presenta el hormigón. De nada sirve -en nuestra opinión- el dimensionamiento riguroso de la pila aislada, considerando los efectos no lineales anteriores, si las acciones en cabeza

fueron obtenidas por repartos isostáticos o bien mediante cálculos lineales en los que no se consideraron los efectos de 2º orden y la no linealidad del material.

Expuesta la problemática anterior, se puede deducir que el análisis riguroso del conjunto pilas-tablero constituye una tarea que sólo se puede llevar a cabo eficientemente utilizando una aplicación informática específica a este tipo de problemas.

El programa PILATAB que aquí se describe, se ha preparado con dicha idea, por lo que el número de datos a introducir se reduce al mínimo necesario. Las tareas que realiza dicho programa, son en líneas generales, las siguientes:

- Realiza el reparto de las acciones horizontales que actúan sobre el tablero, obteniendo las fuerzas y desplazamientos longitudinales y transversales en las cabezas de cada pila y aparatos de apoyo.

- Obtiene también los esfuerzos y deformaciones en el tablero, así como el punto fijo en la deformación impuesta.

- Analiza conjuntamente la estructura formada por el tablero, pilas y estribos. En el caso de pilas esbeltas considera la no linealidad del hormigón (fisurable) y los efectos de 2º orden.

- Considera las acciones transversales debidas a la fuerza centrífuga, viento, sismo, y las acciones longitudinales debidas a la retracción, fluencia, temperatura, frenado y sismo, considerándolas según las 4 hipótesis de la Instrucción de Puentes.

- El programa PILATAB es conectable con el PILAS al que proporciona las acciones de cabeza y del que recibe las curvas de flexibilidad de cada pila.

- Además de las tablas de resultados numéricos, se obtiene salida gráfica en la pantalla, impresora y plotter.

7.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Hugo Corres Peiretti, Alejandro Perez Caldentey, Pilar Crespo Rodriguez y Carlos Paradelá Sánchez. "Guía para el proyecto sísmico de puentes", Ministerio de Fomento 6,2019
- 2.- Alejandro Castillo Linares, "Apuntes de acciones sísmicas en la asignatura de puentes" nº511. E.T.S.I.C.C.y P. de Granada
- 3.- Jefferson Quispe Aslla. "Trabajo Fin de Master" de Ing.Caminos. UPM
- 4.- R.W. Clough y J.Penzien, "Dynamics of Structures", McGraw-Hill,Inc. New York,1977
- 5.- J.M. Biggs, "Introcuccion to Structural Dynamics", McGraw-Hill, Inc. New York,1964
- 6.- A.K. Chopra "Dynamics of Structures",Prentice Hall. Edicion 4 y 5.
- 7.- M.Paz,"Structural Dynamics",Van Nostrand Reinhold Co.,New York,1980
- 8.- E.Rosenblueth y N.M.Newmark, "Fundamentos de Ingenieria Sísmica". Editorial Diana. Mexico 1978.
- 9.- R.R. Craig, "Structural Dynamics", Jhon Wiley& Sons, New York, 1981
- 10.- J.Miquel Canet y A.H.Barbat, "Estructuras sometidas a acciones sísmicas". Centro Int.de Met. Numericos en Ingenieria. Barcelona 1988
- 11.- H.Barbat, S.Oller, J.C.Vielma "Calculo y diseno sismorresistente de edificios. Aplicación de la NCSE-02. Monografía CIMNE IS-56,2005
- 12.- J.Díaz del Valle, "Calculo dinamico y sísmico de estructuras". ETSICCyP de Santander. 1975.
- 13.- J.Díaz del Valle, "Pilas de Puentes" Colección de programas Caminos Santander 1993.
- 14.- J.Díaz del Valle, "Pilas de Puentes" Manual del programa PILAS." Colección de programas Caminos. Santander 1993.
- 15.- J.Díaz del Valle, "Reparto de acciones horizontales en Puentes". Manual del programa PILATAB. Coleccion de programas Caminos. Santander 1993.
- 16.- J.Díaz del Valle, "Calculo de secciones" Manual programa SECCION. Colección de programas Caminos. Santander 1989.
- 17.- L. Meirovitch, "Elements of Vibration Analalysis", McGraw-Hill,Tokio, 1975
- 18.- Eurocodigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 2: Puentes. Madrid AENOR,2018
- 19.- Eurocodigo 8: Proyecto de estructuras sismorresistentes. Parte 1: Reglas generales, acciones sísmica y reglas para edificacion. Madrid AENOR,2018
- 20.- NCSF-07 ; Norma de construccion sismorresistente de puentes . Ministerio de Fomento, 2008 Madrid
- 21.- IAP-11 Instruccion sobre las acciones a considerar e el proyecto de puentes de carretera. Ministerio de Fomento. Madrid 2011
- 22.- NCSE02 "Norma de Construccion Sismorresistente", Ministerio de Fomento 2002.
- 23.- NCSR-2023 "Norma de Construccion Sismorresistente. Anejo1: Acciones sísmicas y reglas para edificacion", Mº de Transportes
- 24.- N.M.Newmark y W.J.Hall, "Earthquake Spectra and Design". Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, California, 1982

Se indican las referencias que han servido de guía para el desarrollo del programa PONSIS25.

La primera referencia, corresponde a la "Guía para el Proyecto Sísmico de Puentes" que es una reciente y muy bienvenida publicación, desarrollada por profesionales de la docencia y de los "puentes" de reconocido prestigio. La Guía, está editada por el Ministerio de Fomento y constituye la referencia principal en que he basado el programa PONSIS25 y su documentación.

La segunda corresponde a unos sencillos apuntes académicos , que clarifican perfectamente el problema del cálculo y reparto de las acciones sísmicas en puentes. Su autor, Alejandro Castillo Linares ya me ofreció todo tipo de garantías hace muchos años siendo alumno mio, multiplicadas hoy día, pues me consta su gran valía como profesor y profesional de los puentes

La tercera corresponde a un TFM colgado en la red, y que se ocupa de la optimizacion de dispositivos amortiguadores y con muchas ideas interesantes para incorporar en próximas versiones del programa.

Además, estas tres publicaciones -fundamentalmente la primera- contienen unos ejemplos que han servido de referencia y contraste para validar los resultados obtenidos con nuestro programa.

Otro grupo de las referencias, corresponden a las normas sísmicas y estructurales actualmente vigentes.

He incluido como referencias, los manuales de los programas "PILAS", "PILATAB" y "SECCION", de los que soy autor. Recuerdo que dichos programas se ocupan del reparto de las fuerzas horizontales, rigideces de pilas fisuradas, calculo de areas, inercias, diagramas momentos-curvatura etc., temas de gran interes al utilizar PONSIS25.

El resto -numeroso- de refencias constituyen textos ya "clásicos" , pero cuya validez actual es bien reconocida dentro del cálculo sísmico y en los que he basado mi conocimiento en estos temas.

8.- EJEMPLOS DE APLICACION

Además de los ejemplos 14 y siguientes ya citados para modelos no lineales, el programa PONSIS25 considera los 13 ejemplos (de análisis espectral para situaciones lineales) que se indican a continuación :

(Se recuerda que los datos de cada uno de estos ejemplos tanto “Datos del Puente” como los “Datos del Sismo”, ya están introducidos en el programa, por lo que sólo hay que indicarlo pulsando en ambos “botones”)

Viaducto de 7 vanos y sistema de aislamiento sísmico. Guía 317.....	Ej = 1
Puente sometido a aceleraciones sísmicas de cálculo dadas (Norma=3)	Ej = 2
Viaducto de 5 vanos. (TFM Ing.Caminos UPM Jefferson Quispe)	Ej = 3
Subestructura rígida. (isec=1) A.Castillo. Puentes. ETSICCyP Granada	Ej = 4
Subestructura flexible. (isec=0) A.Castillo. Puentes. ETSICCyP Granada	Ej = 5
Puente losa 3 vanos y pilas empotradas (comport. ductil). Guía.....	Ej = 6
Anterior con comport.elástico. Rigidez bruta de las pilas. Guía.....	Ej = 7
Tablero apoyado con neoprenos en 2 pilas circulares. Guía (5.2.5)	Ej = 8
Igual anterior y nuevas dimensiones de neoprenos. Guía (5.2.5.5)	Ej = 9
Anterior+rigidez neoprenos $G_n=1.2 \cdot G_n$ (Esfuerzos. Guía 5.2.5.6)	Ej = 10
Puente de 3 vanos con pilas multifuste y peso distribuido $N_G=8$	Ej = 11
Tablero de vigas continuo sobre cabezales y 3 fustes	Ej = 12
Puente recto de vigas definido por teclado. Guía 297	Ej = 13

Se realiza una sencilla descripción de cada ejemplo y a continuación se incluye la salida numérica y gráfica de cada uno de ellos.

EJEMPLO 1.- Viaducto de 7 vanos y sistema de aislamiento sísmico. Guía 317

Se trata de un viaducto cuyos vanos extremos son de 28 m de luz y 35 m los interiores. La sección del tablero es una losa aligerada (isec=1). Las pilas son de sección cajón de 1.70 x 4 m y de espesor 0.35 m. La altura de las pilas extremas es de 7 m. y 10 m. las intermedias. El aislamiento sísmico se realiza con neoprenos entre el tablero y la cabeza de las pilas.

EJEMPLO 2.- Puente sometido a aceleraciones sísmicas dadas (Norma=3)

Se trata de un tablero de losa maciza (isec=2) de gran anchura (14m) frente a luces de 25 y 35 m. por lo que resulta de gran rigidez transversal. La pila central es multifuste (3 fustes circulares). La acción sísmica no viene dada por ningún espectro de respuesta, pues se considera la opción más simple (Norma=3) dando como dato la aceleración de

diseño $S_d(T_x) = S_d(T_y) = 2 \text{ m/s}^2$ que resulta para los periodos calculados $T_x = T_y = 1.376 \text{ seg.}$

EJEMPLO 3.- Viaducto de 5 vanos. (TFM Ing.Caminos UPM Jefferson Quispe)

Se considera el viaducto de Jun (Granada), tratado en la referencia del título. Corresponde a la calzada derecha de 262m de longitud distribuida en 5 vanos de 50, 60, 57, 57 y 38 m de luz. El tablero es recto y de sección cajón pretensado de 11.6 m de ancho.

La altura de las pilas es 31.25; 29.65; 19.33 y 24.82 m y son de sección cajón rectangular.

La configuración de los apoyos es la siguiente:

-Estribos : Apoyo en 2 neoprenos zunchados de dimensiones 900x900x180 mm.

-Pilas : Dos apoyos de neopreno por pila : 700x800x70 en pila P1, 700x800x100 en P2, 780x800x140 en P3 y P4.

Los alzados de los estribos se consideran muy rígidos y por tanto no se consideran fustes flexibles en ellos. Tanto las pilas como los estribos se consideran empotrados en la cimentación.

La acción sísmica se halla, para dicho emplazamiento, utilizando la norma NCSP-07.

En la publicación de referencia (Ref.bibliográfica 3), se realiza la optimización del dimensionamiento de amortiguadores viscosos para controlar el desplome relativo en pilas y controlar la distorsión en aisladores elastoméricos.

Allí, obtienen que el índice de amortiguamiento óptimo es de 13.088%. Con el programa PONSIS25, en este ejemplo, hemos supuesto inicialmente que el coeficiente o índice de amortiguamiento de la estructura es $Q=5\%$. Dejamos al usuario que utilice la opción de añadir amortiguadores horizontales longitudinales o transversales dando valores a las variables Q_x y Q_y que representan el amortiguamiento adicional proporcionado por los amortiguadores en dirección x e y (en este caso $Q_x=Q_y=13.088-5=8.088\%$). Además dada la rapidez de ejecución del programa, la variación de resultados obtenida variando Q_x y/o Q_y es inmediata.

En la última gráfica del ejemplo, se muestra el abanico de espectros de aceleraciones y de desplazamientos, obtenidos para distintos índices de amortiguamiento (5%, 10%, 15%, 20% y 25% respectivamente) que ayudará al proceso de optimización.

EJEMPLO 4.- Subestructura rígida. A.Castillo. Puentes. ETSICCyP de Granada

Corresponde a un ejemplo de clase y por tanto con unas dimensiones exageradas para destacar que se trata de una subestructura muy rígida a base de pilares y estribos apantallados de 2x6x14 metros donde el tablero es una losa maciza (isec=2) de 2.5 m de canto y 2 voladizos de 2m y canto 0.5m y se apoya en 3 neoprenos (500x500x75(50)) en estribos y otros 3 (650x650x50(30)) en la pila central.

Se adoptan las toneladas como unidad de fuerza ($i_{uni}=1$). Se considera la norma NCSP-07. A efecto de cálculo de la masa vibrante se considera las sobrecargas conforme a la norma de acciones anterior a la IAP-11.

EJEMPLO 5.- Subestructura flexible. A.Castillo. Puentes. ETSICCyP de Granada

Aunque el tablero es el mismo que el del ejemplo anterior, se ha decidido introducir sus características mecánicas desde el teclado ($i_{sec}=0$), para así compararle con él.

Si bien la superestructura es la del ejemplo anterior, el fuste de los estribos es más delgado (1m en vez de 2m) y es de mayor altura (16m en vez de 6m). La pila central es ahora mucho más esbelta (dimensiones 1x4x30).

Precisamente las características de esbeltez acusada, hacen reducir la rigidez de las pilas y modifican el reparto de las fuerzas sísmicas equivalentes respecto al obtenido en el ejemplo anterior.

EJEMPLO 6.- Puente losa 3 vanos y pilas empotradas (comport. ductil). Guía

Es un puente de 3 vanos 20-25-20 y 12m de ancho. Las pilas son monofuste circulares de 1.20 m de diámetro y 7m de altura y están empotradas en el tablero. En los estribos, el tablero se apoya en 2 neoprenos antideslizantes de 400x500x100(66) mm.

Se ha considerado un criterio de comportamiento dúctil (Factor de comportamiento $q=3.45$ en ambas direcciones).

Se utiliza el botón de diagramas M-C y N-M para las secciones de las pilas, que proporcionan una rigidez eficaz $EI = 1.2497 \cdot 10^6 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$ que será introducida en el programa.

Se utiliza la norma sísmica Norma=2 ("Otras normas") eligiendo el espectro de sismo lejano Tipo 1 definido en la tabla 3.2 de UNE-EN 1998,1

EJEMPLO 7.- Anterior con comport. elástico. Rigidez bruta de las pilas. Guía

En este ejemplo, el puente coincide exactamente con el del ejemplo anterior, pero ahora se exige un comportamiento elástico (Coeficiente de comportamiento $q=1.5$).

En este caso, al suponer que no hay comportamiento plástico de las pilas, éstas se considerarán con rigidez bruta en lugar de la rigidez eficaz considerada en el ejemplo anterior.

En este ejemplo, para variar, se elige la Norma=1 (Eurocódigo 8), con características parecidas a las del ejemplo anterior.

EJEMPLO 8.- Tablero apoyado con neoprenos en 2 pilas circulares. Guía (5.2.5)

En este caso se supone el tablero anterior apoyado en 2 pilas circulares a través de neoprenos de módulo $G=0.90 \text{ MPa}$ y se supone un comportamiento lineal con ductilidad limitada ($q=1.5$).

EJEMPLO 9.- Igual anterior y nuevas dimensiones de neoprenos. Guía (5.2.5.5)

Este ejemplo es igual al anterior, pero con nuevas dimensiones de los neoprenos.

EJEMPLO 10.- Anterior+rigidez neoprenos $G_n=1.2\cdot G_n$ (Esf.sism. Guía 5.2.5.6)

Este ejemplo, pone el énfasis en los esfuerzos sísmicos por lo que considera la rigidez superior de los neoprenos (Mayorando un 20% la del ejemplo anterior).

EJEMPLO 11.- Puente de 3 vanos con pilas multifuste y peso distribuido $NG=8$

Corresponde a un tablero de losa aligerada de 1.4m de canto, apoyado en 2 pilas multifuste (3 fustes circulares de 0.8 m de diámetro separados 2.4 m).

En este ejemplo no se supone que el peso del tablero sea constante en toda su longitud. Para tener en cuenta el peso de las posibles cartelas en las zonas de pilas se supone que el peso se reparte según la poligonal dada por 8 puntos $xG(i), fG(i)$.

EJEMPLO 12.- Tablero de vigas continuo sobre cabezales y 3 fustes

Se considera un puente de 4 vigas con tablero superior continuo. ($i_{sec}=3$).

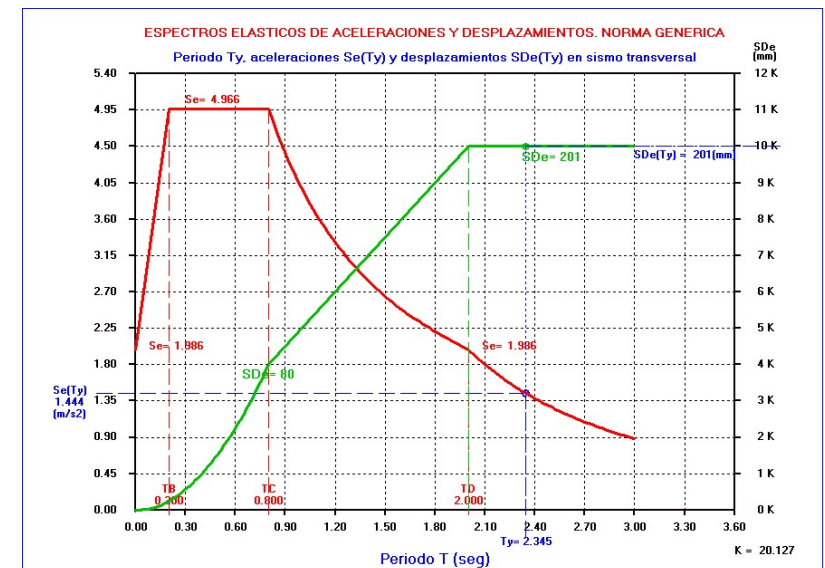
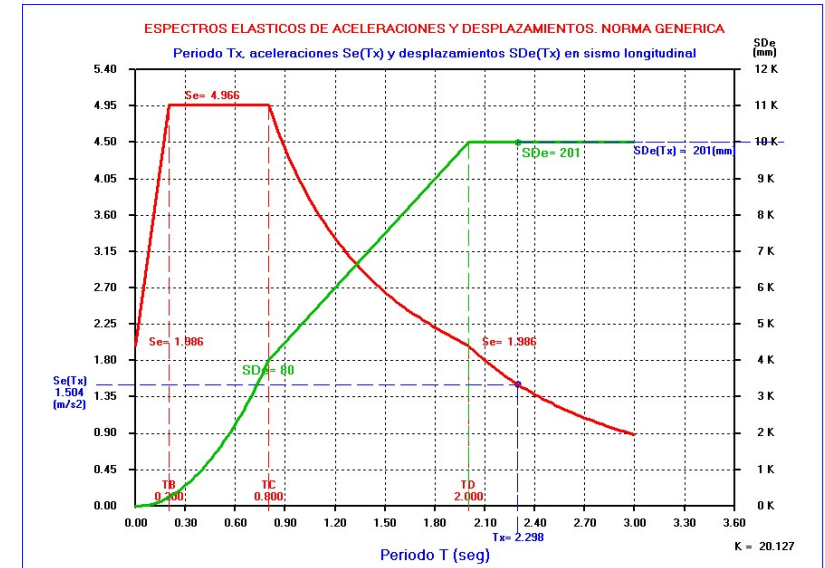
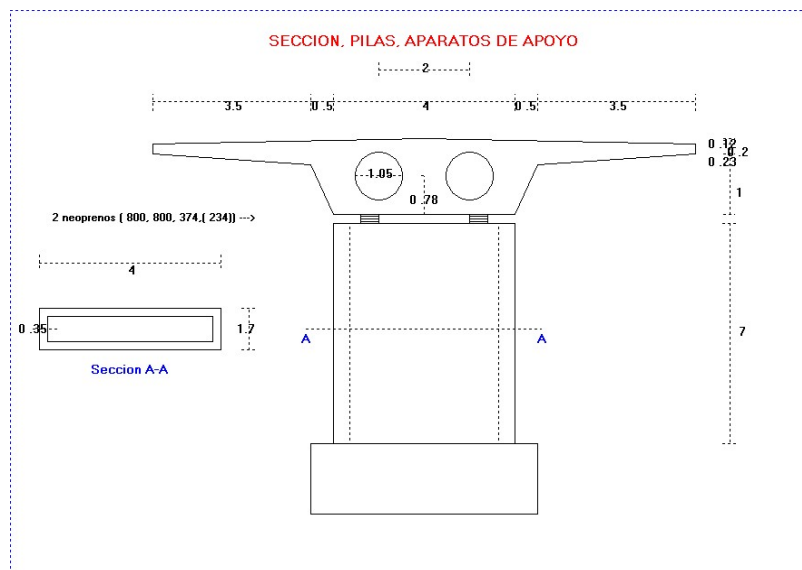
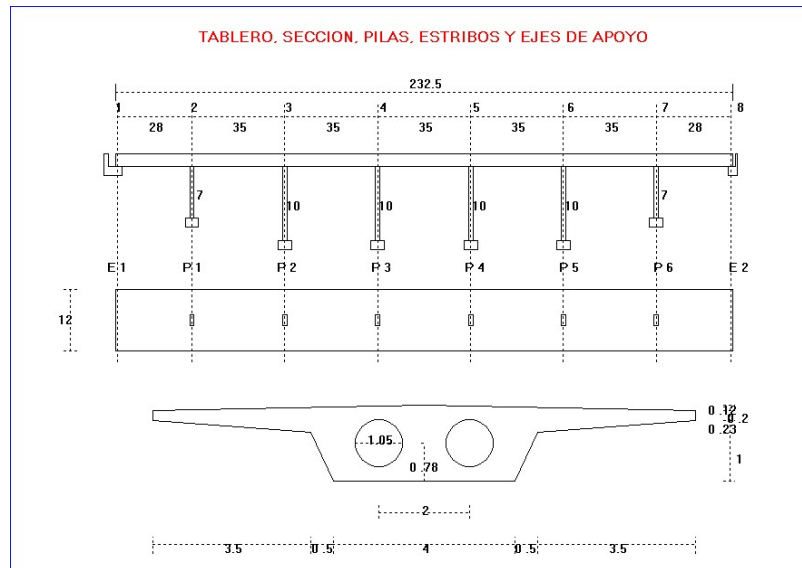
Las vigas se apoyan en cabezales que descansan sobre 3 fustes por pila. Sobre el cabezal, se dispone un neopreno debajo de cada viga.

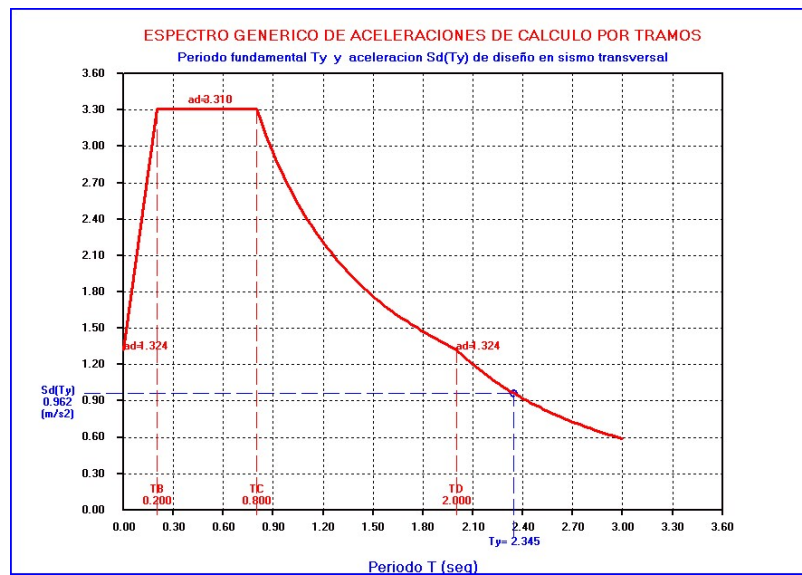
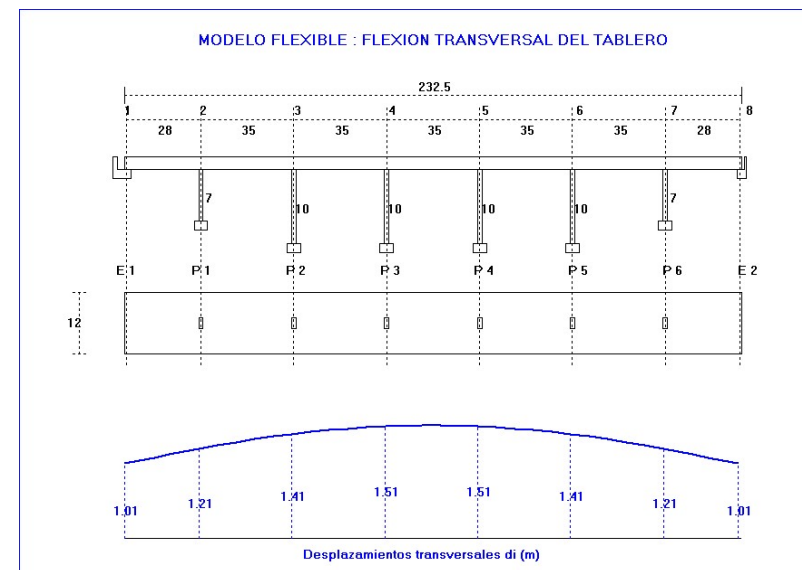
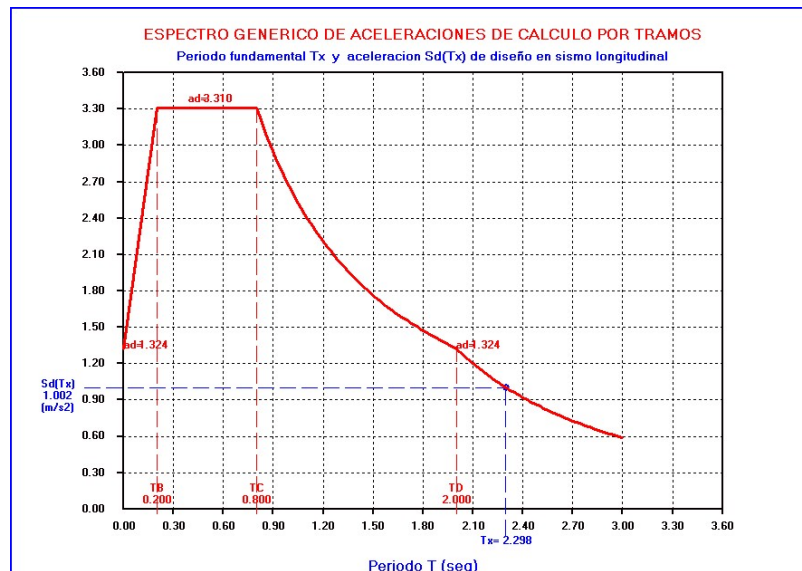
EJEMPLO 13.- Puente recto de vigas definido por teclado. Guía 297

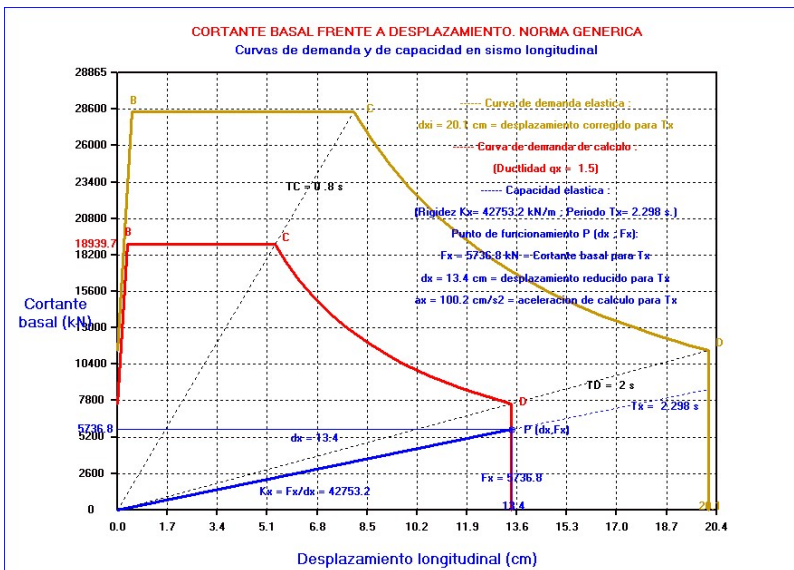
Se considera un puente isostático de 4 vigas y tablero superior, cuyas características mecánicas se dan desde el teclado ($i_{sec}=0$).

Las 4 vigas, se apoyan en cada estribo a través de 4 neoprenos de dimensiones 400 x 500 x 175 (121) mm

EJEMPLO 1.- Viaducto de 7 vanos y sistema de aislamiento sismico. Guia







```

=====
"                                     "
"                                     "
"          PROGRAMA  PONSIS 2 5      "
"          =====                  "
"                                     "
"          ANALISIS SISMICO DE PUENTES"
"                                     "
"          Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras"
"                                     "
"          Version 1                      Fecha : 12/01/2025"
"                                     "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 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 : 03-28-2025"
"                                     "
"                                     "
=====

```

Viaducto de 7 vanos y sistema de aislamiento sismico.Guia 317

UNIDADES Y MATERIALES

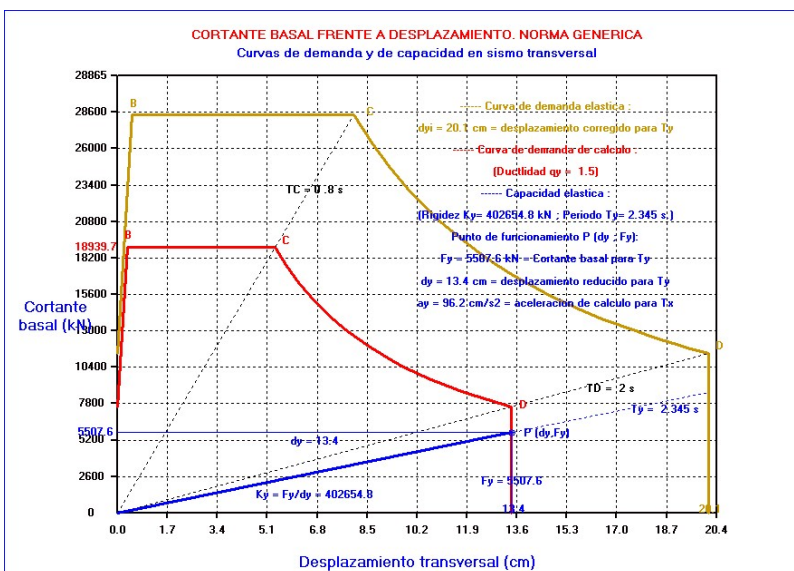
Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s²) $g = 9.810$
 Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.50 (t/m³) = 24.53 (kN/m³)
 Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3347604 (t/m²) = 32839996 (kN/m²)
 Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 101.94 (t/m²) = 1000.00 (kN/m²)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 7
 Longitud del vano 1 (m) L1 = 28.000
 Longitud del vano 2 (m) L2 = 35.000
 Longitud del vano 3 (m) L3 = 35.000



Longitud del vano 4 (m) L4 = 35.000
Longitud del vano 5 (m) L5 = 35.000
Longitud del vano 6 (m) L6 = 35.000
Longitud del vano 7 (m) L7 = 28.000
Longitud total del tablero (>=231.00 m.) Ltab =232.500

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 1
Anchuras : b1= 4.000 b2= 0.500 b3= 3.500 b4= 1.000
Alturas : h1= 1.000 h2= 0.230 h3= 0.200 h4= 0.120
Huecos : Nh= 2 dh= 1.050 sh= 2.000 zc= 0.780

Anchura del tablero (m) Btab = 12.000
Seccion recta del tablero (m2) Stab = 7.843
Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 47.391
Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 2.539
Porcentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000
Volumen del tablero (m3) Vtab = 1829.78

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 4574.438
Peso de las pilas (t) Ppilas = 472.500
Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.000
PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 4574.438

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.070
Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.300
Ancho total de carriles de trafico (<= 12.00 m) Btra = 11.000
Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 0.700
CM = 1.5*(Itab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 943.136

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 218.550

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 4574.44+ 943.14+ 218.55 (t).. G = 5736.12

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81
Masa M = G/g (t/m*s2) M = 584.722

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 8 ejes de carga : 6 pilas y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3 i=4 i=5 i=6 i=7 i=8

E1-----P1-----P2-----P3-----P4-----P5-----P6-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	800	800	374	234

P1	2	1	0	1.70	4.00	0.350	7.00	2	800	800	374	234
P2	3	1	0	1.70	4.00	0.350	10.00	2	800	800	374	234
P3	4	1	0	1.70	4.00	0.350	10.00	2	800	800	374	234
P4	5	1	0	1.70	4.00	0.350	10.00	2	800	800	374	234
P5	6	1	0	1.70	4.00	0.350	10.00	2	800	800	374	234
P6	7	1	0	1.70	4.00	0.350	7.00	2	800	800	374	234
E2	8	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	800	800	374	234

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.
Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

NORMA SISMICA DADA POR SU ESPECTRO DE DISENO

Informacion sismica :

Espectro de Tipo 1. Sismo de campo lejano. (Tabla 3.2 de UNE-EN 1998-1)

Espectro de 4 ramas : T=0-TB , Meseta en TB-TC , Curvas TC-TD Y TD-oo

T = 0.000 TB = 0.200 TC = 0.800 TD = 2.000

Aceleracion sismica de calculo (g) ag/g = 0.150
Aceleracion sismica de calculo (m/s2) ag = 1.472
Meseta C25*S*ag del espectro entre TB y TC C25 = 2.500
Tipo de suelo (A=1,B=2,C=3,D=4,E=5) Tipos = 4
Coeficiente de suelo S = 1.350
Porcentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
Factor corrector por amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 v = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vx = (5/(Q+Qx))^0.4 vx = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vy = (5/(Q+Qy))^0.4 vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X gx = 1.500

Factor de comportamiento en direccion transversal Y gy = 1.500

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.280
P1	2	3.500	61.25	1.363	0.624	8.40	13.46	1.000	1.280
P2	3	3.500	87.50	1.363	0.624	12.00	19.23	1.000	1.280
P3	4	3.500	87.50	1.363	0.624	12.00	19.23	1.000	1.280
P4	5	3.500	87.50	1.363	0.624	12.00	19.23	1.000	1.280
P5	6	3.500	87.50	1.363	0.624	12.00	19.23	1.000	1.280
P6	7	3.500	61.25	1.363	0.624	8.40	13.46	1.000	1.280
E2	8	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.280

Ppilas= 472.50

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpx
E1	1	0.00000E+00	-	5470.09	5470.09
P1	2	4.47500E+07	391399.22	5470.09	5394.69
P2	3	4.47500E+07	134249.94	5470.09	5255.93
P3	4	4.47500E+07	134249.94	5470.09	5255.93
P4	5	4.47500E+07	134249.94	5470.09	5255.93
P5	6	4.47500E+07	134249.94	5470.09	5255.93
P6	7	4.47500E+07	391399.22	5470.09	5394.69

```

E2 : 8 0.00000E+00 - 5470.09 5470.09
-----
Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) ..... Kx = 42753.27

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz^3 (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m2)
K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero
y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre
K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (kN/m) . An = Seccion neoprenos
Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 2.298
-----
Aceleracion espectral elastica para T=Tx (m/s2) ..... Se(Tx) = 1.504
Aceleracion espectral de diseno para T=Tx (m/s2) ..... Sd(Tx) = 1.003
Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M* Sd(Tx) = 5736.84

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :
i Kpx/Kx Fxi dxi dpdx dnx Gnx
E1 : 1 0.128 734.00 0.1342 0.0000 0.1342 0.0573
P1 : 2 0.126 723.89 0.1342 0.0018 0.1323 0.0566
P2 : 3 0.123 705.27 0.1342 0.0053 0.1289 0.0551
P3 : 4 0.123 705.27 0.1342 0.0053 0.1289 0.0551
P4 : 5 0.123 705.27 0.1342 0.0053 0.1289 0.0551
P5 : 6 0.123 705.27 0.1342 0.0053 0.1289 0.0551
P6 : 7 0.126 723.89 0.1342 0.0018 0.1323 0.0566
E2 : 8 0.128 734.00 0.1342 0.0000 0.1342 0.0573
-----
Fx = 5736.84

Desplazamientos maximos para T = Tx :
Desplazamiento elastico (m) ..... SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.201
Desplazamiento inelastico (m) ..... SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.302
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i ..... Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)
dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpdx+dnx) dxi = Fxi/Kpx (m)
dpdx = desplazamiento en el extremo de la pila .... dpdx = Fxi/Kp (m)
dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno .... Gnx = dnx/Hng * 100

-----
SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :
-----
Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:
i A Ppila I rg Lp esbel. beta An
E1 : 1 0.000 0.00 0.000 0.000 0.00 0.00 1.000 1.280
P1 : 2 3.500 61.25 6.072 1.317 8.40 6.38 1.000 1.280
P2 : 3 3.500 87.50 6.072 1.317 12.00 9.11 1.000 1.280
P3 : 4 3.500 87.50 6.072 1.317 12.00 9.11 1.000 1.280
P4 : 5 3.500 87.50 6.072 1.317 12.00 9.11 1.000 1.280
P5 : 6 3.500 87.50 6.072 1.317 12.00 9.11 1.000 1.280
P6 : 7 3.500 61.25 6.072 1.317 8.40 6.38 1.000 1.280
E2 : 8 0.000 0.00 0.000 0.000 0.00 0.00 1.000 1.280
Ppilas= 472.50
Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :
i EI Kp Kn Kpy
E1 : 1 0.00000E+00 - 5470.09 5470.09
P1 : 2 1.99402E+08 1744038.38 5470.09 5452.98
P2 : 3 1.99402E+08 598205.19 5470.09 5420.52
P3 : 4 1.99402E+08 598205.19 5470.09 5420.52
P4 : 5 1.99402E+08 598205.19 5470.09 5420.52
P5 : 6 1.99402E+08 598205.19 5470.09 5420.52
P6 : 7 1.99402E+08 1744038.38 5470.09 5452.98
E2 : 8 0.00000E+00 - 5470.09 5470.09
-----
Rigidez transversal total del puente (kN/m) ..... Ky = 43528.22

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg

```

beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo $K_p = h_z^3 / (K * EI * \beta)$ (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m2)
K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero
y de la rigidez EI de la pila: $K = 12 * (1 + h_z * GJ / EI) / (4 + h_z * GJ / EI)$ varia entre
K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
Rigidez del neopreno $K_n = h_{gn} / (G_n * A_n)$ (kN/m). An = Seccion neoprenos
Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno $K_{py} = 1 / (1 / K_p + 1 + K_n)$ (kN/m)

Modelo transversal del tablero flexible							

Viga de seccion (Eh*Itab) sobre apoyos elasticos de rigidez Kpy							
Nudos,pesos Gi de resultante G, desplazamientos di, reacciones Ry							
Pila	Nudo	X	Gi	di	Gi*di	Gi*di^2	Ry
E1	1	0.00	680.22	1.014	689.93	699.77	5548.11
	2	5.60	1360.45	1.056	1437.09	1518.04	-0.00
	3	11.20	1360.45	1.098	1493.61	1639.80	-0.00
	4	16.80	1360.45	1.139	1548.88	1763.40	-0.00
	5	22.40	1360.45	1.178	1602.56	1887.77	-0.00
P1	6	28.00	1530.51	1.216	1861.37	2263.76	6631.81
	7	35.00	1700.56	1.262	2146.22	2708.66	-0.00
	8	42.00	1700.56	1.305	2219.43	2896.63	-0.00
	9	49.00	1700.56	1.345	2286.78	3075.09	-0.00
	10	56.00	1700.56	1.381	2347.84	3241.50	-0.00
P2	11	63.00	1700.56	1.413	2402.82	3395.09	7658.97
	12	70.00	1700.56	1.442	2452.11	3535.79	-0.00
	13	77.00	1700.56	1.467	2494.78	3659.94	-0.00
	14	84.00	1700.56	1.488	2530.11	3764.33	-0.00
	15	91.00	1700.56	1.504	2557.99	3847.75	-0.00
P3	16	98.00	1700.56	1.517	2578.95	3911.05	8220.37
	17	105.00	1700.56	1.525	2593.64	3955.74	-0.00
	18	112.00	1700.56	1.530	2601.31	3979.15	-0.00
	19	119.00	1700.56	1.530	2601.31	3979.15	-0.00
	20	126.00	1700.56	1.525	2593.64	3955.74	-0.00
P4	21	133.00	1700.56	1.517	2578.95	3911.05	8220.37
	22	140.00	1700.56	1.504	2557.99	3847.75	-0.00
	23	147.00	1700.56	1.488	2530.11	3764.33	-0.00
	24	154.00	1700.56	1.467	2494.78	3659.94	-0.00
	25	161.00	1700.56	1.442	2452.11	3535.79	-0.00
P5	26	168.00	1700.56	1.413	2402.82	3395.09	7658.97
	27	175.00	1700.56	1.381	2347.84	3241.50	-0.00
	28	182.00	1700.56	1.345	2286.78	3075.09	-0.00
	29	189.00	1700.56	1.305	2219.43	2896.63	-0.00
	30	196.00	1700.56	1.262	2146.22	2708.66	-0.00
P6	31	203.00	1530.51	1.216	1861.37	2263.76	6631.81
	32	208.60	1360.45	1.178	1602.56	1887.77	-0.00
	33	214.20	1360.45	1.139	1548.88	1763.40	-0.00
	34	219.80	1360.45	1.098	1493.61	1639.80	-0.00
	35	225.40	1360.45	1.056	1437.09	1518.04	-0.00
E2	36	231.00	680.22	1.014	689.93	699.77	5548.11
		Sumas :	56118.54	-	75690.86	103486.50	56118.54

dymax = 1.530 dymin = 1.014 dymax-dymin= 0.515 dymedio= 1.327
Condicion Modelo Tablero flexible: (dymax-dymin)/dymedio= 0.389 > 0.2 (SI)

Periodo Fundamental Transversal Ty dado por la formula de Rayleigh :
 $T_y = 2 * \pi * (\text{suma } G_i * d_i^2 / g * \text{suma } G_i * d_i) ^{0.5} \text{ seg.} = \dots = T_y = 2.346$

Aceleracion espectral elastica para T=Ty (m/s2) Se(Ty) = 1.444
Aceleracion espectral de diseno para T=Ty (m/s2) Sd(Ty) = 0.963
Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... Fy = M* Sd(Ty) = 5507.66

Fuerzas y desplazamientos transversales en pilas y neoprenos :

	i	xp(i)	Fyi	dxi	dpy	dny	Gny
E1	1	0.00	544.51	0.0995	0.0000	0.0995	0.0425
P1	2	28.00	650.87	0.1194	0.0004	0.1190	0.0508

P2 :	3	63.00	751.68	0.1387	0.0013	0.1374	0.0587
P3 :	4	98.00	806.77	0.1488	0.0013	0.1475	0.0630
P4 :	5	133.00	806.77	0.1488	0.0013	0.1475	0.0630
P5 :	6	168.00	751.68	0.1387	0.0013	0.1374	0.0587
P6 :	7	203.00	650.87	0.1194	0.0004	0.1190	0.0508
E2 :	8	231.00	544.51	0.0995	0.0000	0.0995	0.0425

 $F_y = 5507.66$

Escalado de los desplazamientos di $esc = S_d(T_y)/g = 0.098$
 $dy_i =$ desplazamiento conjunto pila+neopreno $dy_i = esc * di$ (m)
 $F_{yi} =$ Fuerza transversal en pila i $F_{yi} = K_{py} * dy_i$ (kN)
 $dy_i =$ desplaz. conjunto pila+neopreno ($dy_i = d_{py} + d_{ny}$) $dy_i = F_{yi}/K_{py}$ (m)
 $d_{py} =$ desplazamiento en el extremo de la pila $d_{py} = F_{yi}/K_p$ (m)
 $d_{ny} =$ desplaz. relativo entre caras del neopreno ... $d_{ny} = F_{yi}/K_n$ (m)
 $G_{ny} =$ % de distorsion de las caras del neopreno $G_{ny} = d_{ny}/H_{ng} * 100$
 $F_y =$ Fuerza sismica transversal total $F_y = \text{Suma } F_{yi}$ (kN)

Desplazamientos maximos para $T = T_y$:
Desplazamiento elastico (m) $S_d(T) = S_d(T) * (T/2\pi)^2 = 0.201$
Desplazamiento inelastico (m) $S_{di}(T) = \mu * S_d(T) = 0.302$
Ductilidad desplaz.: $\mu = q$ si $T > 1.25 * T_B$ sino $\mu = (q-1) * 1.25 * T_B / T + 1 \leq 5 * q - 4$

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje		Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i		(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1	1	734.00	0.00	163.35	0.00
Pila 2	P2	2	723.89	5067.20	195.26	1366.82
Pila 3	P3	3	705.27	7052.66	225.50	2255.03
Pila 4	P4	4	705.27	7052.66	242.03	2420.32
Pila 5	P5	5	705.27	7052.66	242.03	2420.32
Pila 6	P6	6	705.27	7052.66	225.50	2255.03
Pila 7	P7	7	723.89	5067.20	195.26	1366.82
Estribo der.	E2	8	734.00	0.00	163.35	0.00

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje		Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
	i		(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1	1	544.51	0.00	220.20	0.00
Pila 2	P2	2	650.87	4556.07	217.17	1520.16
Pila 3	P3	3	751.68	7516.77	211.58	2115.80
Pila 4	P4	4	806.77	8067.75	211.58	2115.80
Pila 5	P5	5	806.77	8067.75	211.58	2115.80
Pila 6	P6	6	751.68	7516.77	211.58	2115.80
Pila 7	P7	7	650.87	4556.07	217.17	1520.16
Estribo der.	E2	8	544.51	0.00	220.20	0.00

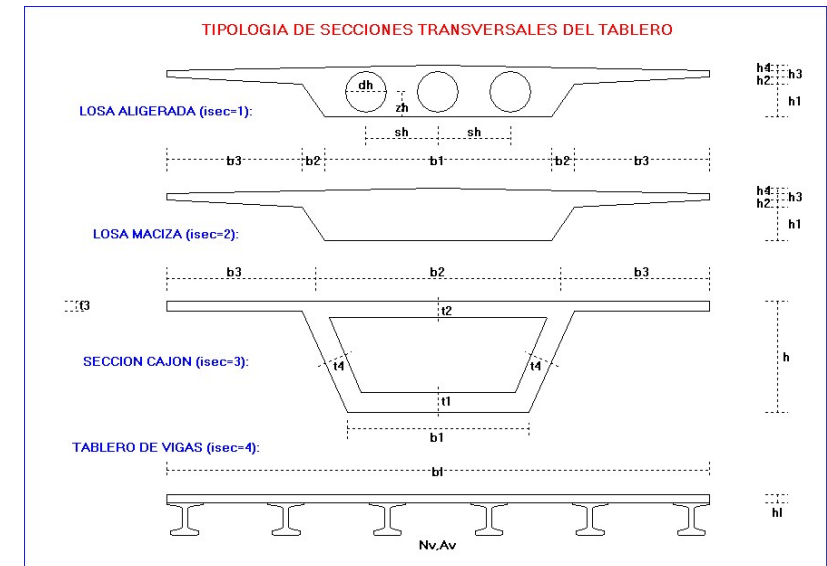
Cortantes $V_x = F_{xi}$; $V_y = F_{yi}$ y Momentos $M_x = F_{xi} * h_{zi}$; $M_y = F_{yi} * h_{zi}$ en la base

EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

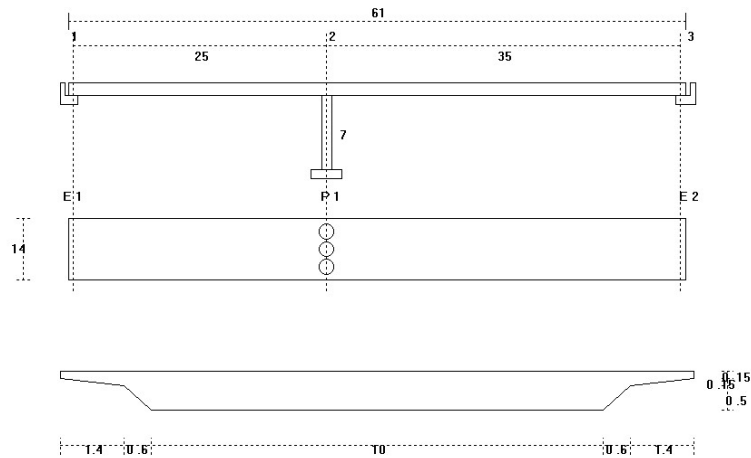
Momentos de vuelco producidos por el axil maximo N_z concomitante :

$DM_x = (1+q_x)/2 * S_d(T_x) * N_z$ $DM_x = 0.2516 * N_z$
 $DM_y = (1+q_y)/2 * S_d(T_y) * N_z$ $DM_y = 0.2516 * N_z$

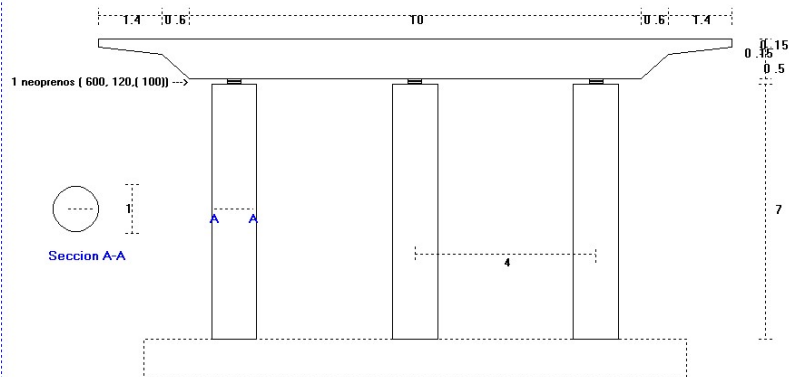
EJEMPLO 2.-Puede sometido a aceleraciones sísmicas de calculo dadas (Norma=3)



TABLERO, SECCION, PILAS, ESTRIBOS Y EJES DE APOYO



SECCION, PILAS, APARATOS DE APOYO



```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A   P O N S I S 2 5          "
"          =====          "
"          ANALISIS SISMICO DE PUENTES          "
"          "          "          "          "          "
"          Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras          "
"          "          "          "          "          "
"          Version 1          "          "          "          "          "
"          "          "          "          "          "          "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 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 : 03-28-2025          "
"          "          "          "          "          "
"          =====          "

```

Puente sometido a aceleraciones de diseno dadas (Norma=3)

UNIDADES Y MATERIALES

Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810
 Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.50 (t/m3) = 24.53 (kN/m3)
 Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3000000 (t/m2) = 29430002 (kN/m2)
 Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 180.00 (t/m2) = 1765.80 (kN/m2)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 2
 Longitud del vano 1 (m) L1 = 25.000
 Longitud del vano 2 (m) L2 = 35.000
 Longitud total del tablero (>= 60.00 m.) Ltab = 61.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 2
 Anchuras : b1=10.000 b2= 0.600 b3= 1.400
 Alturas : h1= 0.500 h2= 0.150 h3= 0.150 h4= 0.000

Anchura del tablero (m) Btab = 14.000
 Seccion recta del tablero (m2) Stab = 9.290
 Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 109.398
 Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 1.627
 Percentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000
 Volumen del tablero (m3) Vtab = 566.69

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 1416.725
 Peso propio modificado Ptab = 1660.725
 Peso de las pilas (t) Ppilas = 41.233
 Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.500
 PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 1681.342

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.100
 Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.400
 Ancho total de carriles de trafico (<= 14.00 m) Btra = 14.000
 Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 1.000
 CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 429.440
 Valor modificado de CM (t) CM = 429.440

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 66.490
 Valor modificado de SCper (t) SCper = 66.490

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 1681.34+ 429.44+ 66.49 (t).. G = 2177.27

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81
 Masa M = G/g (t/m*s2) M = 221.944

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 3 ejes de carga : 1 pila y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3

E1-----P1-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila	i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	1	0.00	0.00	0.000	0.00	3	500	0	120	100
P1	2	3	1	1.00	0.00	0.000	7.00	3	600	0	120	100
E2	3	0	1	0.00	0.00	0.000	0.00	3	600	0	120	100

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
 Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
 Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.
 Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
 hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
 Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
 Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

Separacion transversal entre ejes de fustes multiples (m).. sepf = 4.000

SUMINISTRO DE ACELERACIONES DE DISENO PARA Tx y Ty

Informacion sismica :

Percentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
 Factor corrector por amortiguamiento $v = (5/Q)^{0.4}$ v = 1.000
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento $vx = (5/(Q+Qx))^{0.4}$ vx = 1.000
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento $vy = (5/(Q+Qy))^{0.4}$ vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.500
 Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.500

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.589
P1	2	2.356	41.23	25.280	3.276	8.40	2.56	1.000	0.848
E2	3	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.848

Ppilas= 41.23

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpx
E1	1	0.00000E+00	-	10401.42	10401.42
P1	2	7.43990E+08	6507205.00	14978.04	14943.65
E2	3	0.00000E+00	-	14978.04	14978.04

Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) Kx = 40323.11

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); $rg=(I/A)^{0.5}$; esbeltez = Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo $Kp = (K * EI * beta)/hz^3$ (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m2)
 K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
 Rigidez del neopreno $Kn = (Gn * An)/hgn$ (kN/m) . An = Seccion neoprenos
 Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno $Kpx = 1/(1/Kp+1+Kn)$ (kN/m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): $Tx=2*pi*(M/Kx)^{0.5} = .. Tx = 1.376$

Aceleracion espectral elastica para $T=Tx$ (m/s2) Se(Tx) = 3.000

Aceleracion espectral de diseno para $T=Tx$ (m/s2) Sd(Tx) = 2.000

Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M* Sd(Tx) = 3866.54

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :

	i	Kpx/Kx	Fxi	dxi	dpx	dnx	Gnx
E1	1	0.258	997.38	0.0959	0.0000	0.0959	0.0959
P1	2	0.371	1432.93	0.0959	0.0002	0.0957	0.0957
E2	3	0.371	1436.23	0.0959	0.0000	0.0959	0.0959

Fx = 3866.54

Desplazamientos maximos para $T = Tx$:

Desplazamiento elastico (m) SDe(T) = Sd(T) * $(T/2*pi)^2 = 0.144$

Desplazamiento inelastico (m) SDi(T) = $\mu * SDe(T) = 0.216$

Ductilidad desplaz.: $\mu = q$ si $T > 1.25 \cdot TB$ sino $\mu = (q-1) \cdot 1.25 \cdot TB / T + 1 \leq 5 \cdot q - 4$

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi = $K_{px} / K_x \cdot F_x$ (kN)
 dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx) dxi = Fxi/Kpx (m)
 dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
 dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
 Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = $dnx / H_{ng} \cdot 100$

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 :	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.589
P1 :	2	2.356	41.23	25.280	3.276	8.40	2.56	1.000	0.848
E2 :	3	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.848

Ppilas= 41.23

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpy
E1 :	1	0.00000E+00	-	10401.42	10401.42
P1 :	2	7.43990E+08	6507205.00	14978.04	14943.65
E2 :	3	0.00000E+00	-	14978.04	14978.04

Rigidez transversal total del puente (kN/m) Ky = 40323.11

A = Seccion pila (m²); Ppila=Peso pila ; $rg = (I/A)^{0.5}$; esbeltez = Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo $K_p = hz^3 / (K \cdot EI \cdot \beta)$ (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m²)
 K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero y de la rigidez EI de la pila: $K = 12 \cdot (1 + hz \cdot GJ / EI) / (4 + hz \cdot GJ / EI)$ varia entre K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
 Rigidez del neopreno $Kn = h_{gn} / (G_n \cdot A_n)$ (kN/m). An = Seccion neoprenos
 Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno $K_{py} = 1 / (1/K_p + 1/K_n)$ (kN/m)

Periodo de vibracion transversal (s): $T_y = 2 \cdot \pi \cdot (M/K_y)^{0.5} = .. T_y = 1.376$

Aceleracion espectral elastica para $T=T_y$ (m/s²) $Se(T_y) = 3.000$
 Aceleracion espectral de diseno para $T=T_y$ (m/s²) $Sd(T_y) = 2.000$
 Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... $F_y = M \cdot Sd(T_y) = 3866.54$
 Momento torsor sismico en puente (kNxm) $M_{fy} = F_y \cdot L/2 = 12435.99$

Movimientos del tablero rigido :

Desplazamiento transversal dyl de estribo izquierdo. Giro de conjunto=m :

K11 = Suma Kpyi = 4.0323E+04 ; K12 = K21 = Suma Kpyi * xpi = 1.2723E+06
 K22 = Suma Kpyi * xpi² = 6.3261E+07 ; Determinante K = 9.3219E+11

	K11	K12	| * |	dyl	| = |	Fy	--->	dyl
|	K21	K22	|	m	|	Mfy	---	m

dyl = 9.5889E-02 (m)
 m = 0.0000E+00 -

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :

dyl = dyl + m * xpi desplazamiento transversal pila i. Fyi = Kpyi * dyl

	i	xp(i)	Fyi	dyl	dpy	dny	Gny
E1 :	1	0.00	997.38	0.0959	0.0000	0.0959	0.0959
P1 :	2	25.00	1432.93	0.0959	0.0002	0.0957	0.0957
E2 :	3	60.00	1436.23	0.0959	0.0000	0.0959	0.0959

 Fy = 3866.54

Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpyi*dyl (kN)
 dyl = desplaz. conjunto pila+neopreno (dyl=dpy+dny) dyl = Fyi/Kpy (m)
 dpy = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
 dny = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dny = Fyi/Kn (m)
 Gny = % de distorsion de las caras del neopreno Gny = $dny / H_{ng} \cdot 100$

Media de dyl: dm = 9.5889E-02 ; Maxima diferencia : dmax = 0.0000E+00
 Condicion de modelo de tablero rigido .. : $dmax/dm = 0.000 < 0.20$ (OK)

Desplazamientos maximos para T = Ty :

Desplazamiento elastico (m) $SDe(T) = Sd(T) \cdot (T/2 \cdot \pi)^2 = 0.144$
 Desplazamiento inelastico (m) $SDi(T) = \mu \cdot SDe(T) = 0.216$
 Ductilidad desplaz.: $\mu = q$ si $T > 1.25 \cdot TB$ sino $\mu = (q-1) \cdot 1.25 \cdot TB / T + 1 \leq 5 \cdot q - 4$

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq. E1 :	1	997.38	0.00	299.21	0.00
Pila 2 P2 :	2	1432.93	10030.52	429.88	3009.16
Estribo der. E2 :	3	1436.23	0.00	430.87	0.00

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje	Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq. E1 :	1	997.38	0.00	299.21	0.00
Pila 2 P2 :	2	1432.93	10030.52	429.88	3009.16
Estribo der. E2 :	3	1436.23	0.00	430.87	0.00

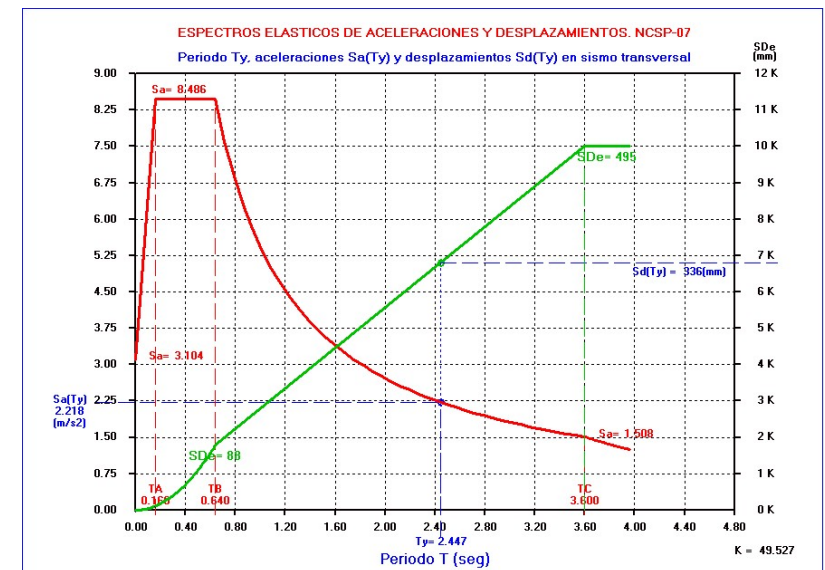
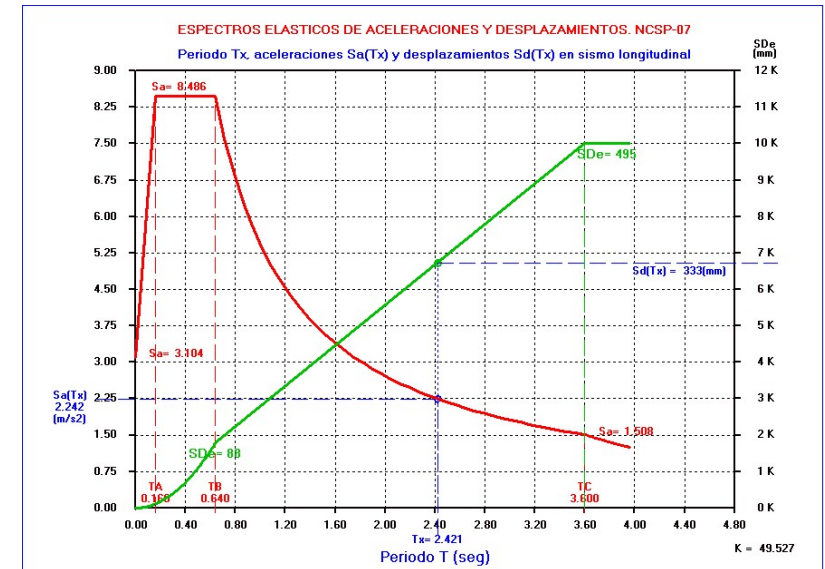
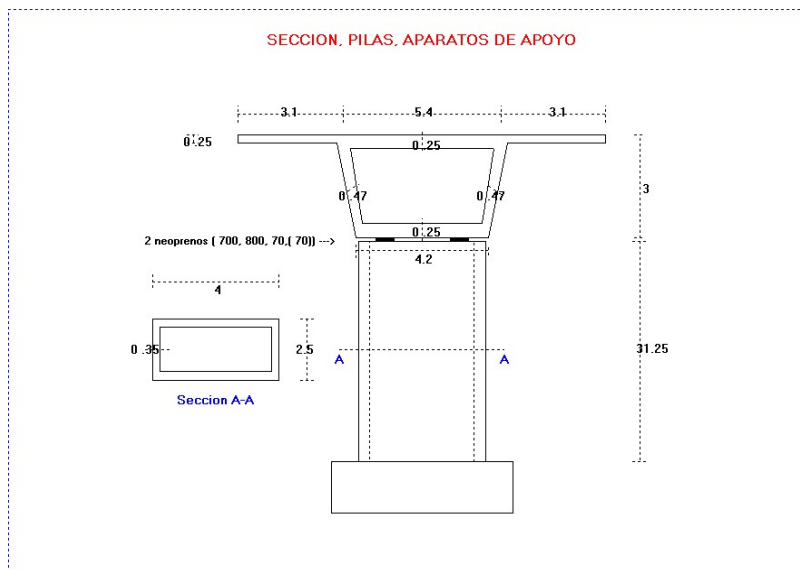
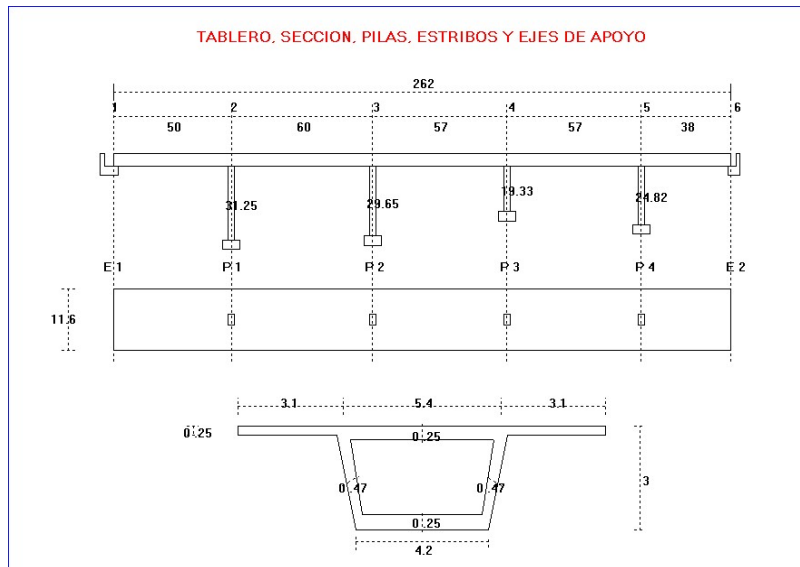
Cortantes Vx=Fxi ; Vy=Fyi y Momentos Mx=Fxi*hz ; My=Fyi*hz en la base

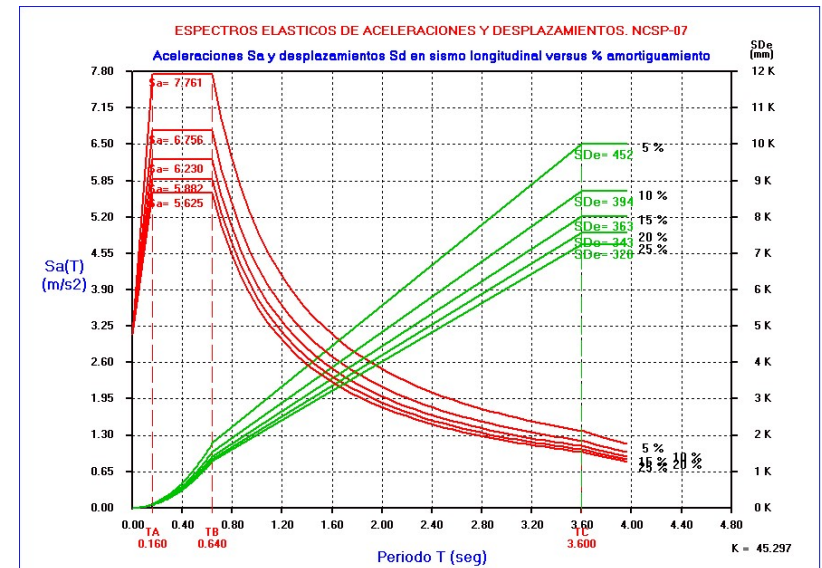
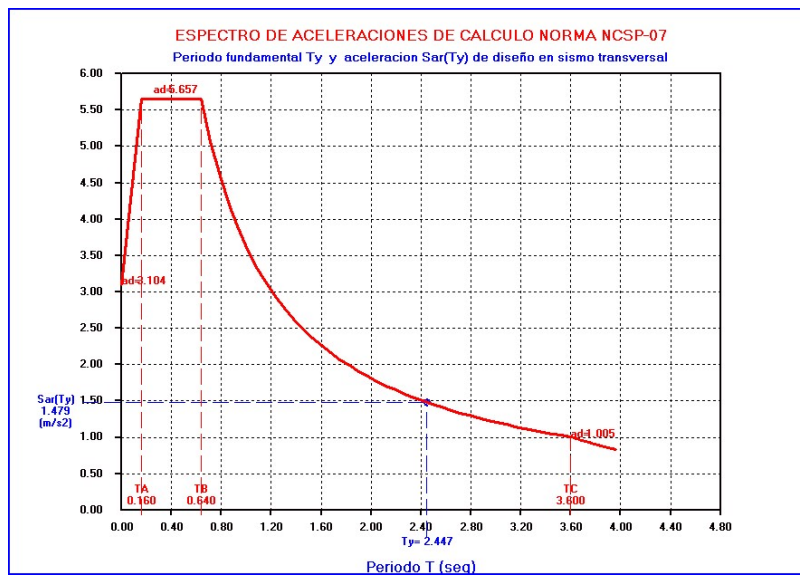
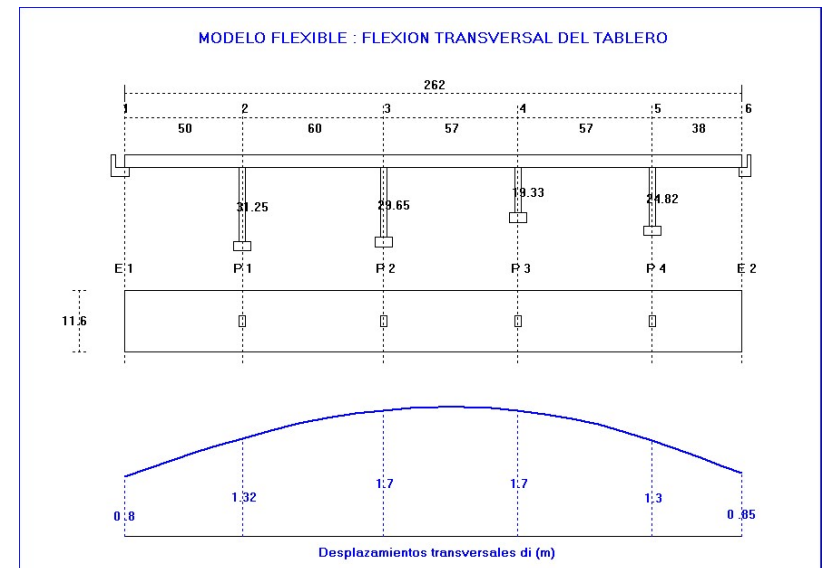
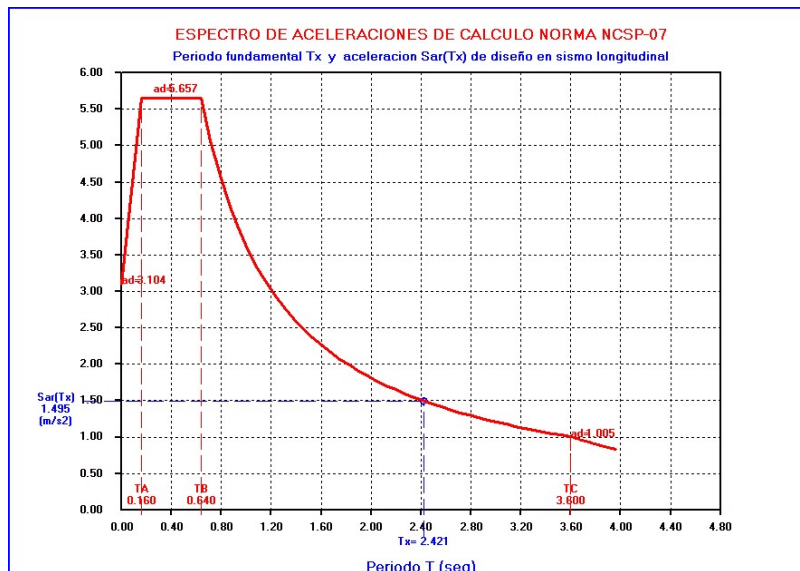
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

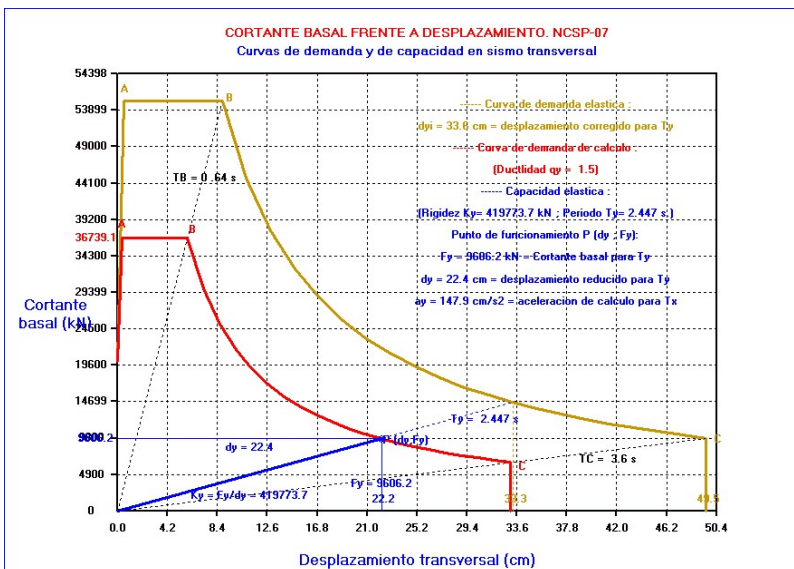
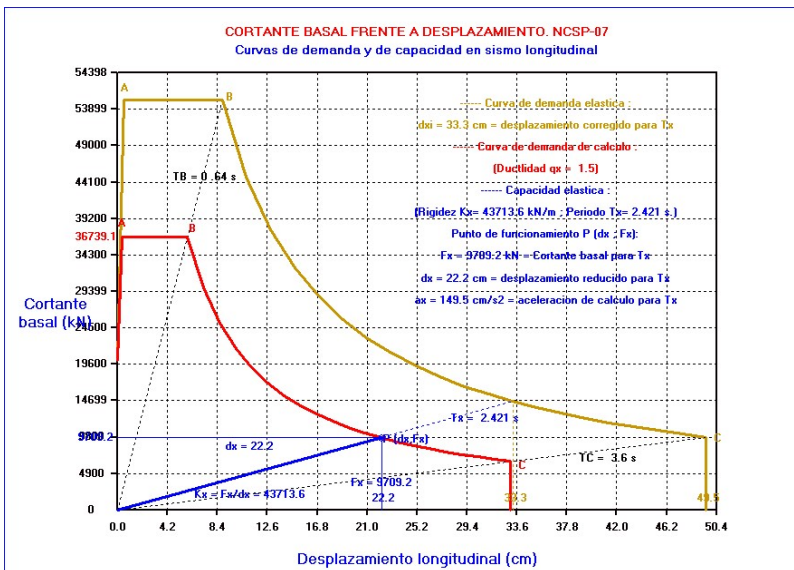
Momentos de vuelco producidos por el axil maximo Nz concomitante :

DMx = $(1+q_x)/2 \cdot SDe(T_x) \cdot N_z$ DMx = 0.1798 * Nz
 DMy = $(1+q_y)/2 \cdot SDe(T_y) \cdot N_z$ DMy = 0.1798 * Nz

EJEMPLO 3.- Viaducto de 5 vanos. (TFM Ing.Caminos UPM Jeff, Quispe)







```

PROGRAMA  PONSIS25
=====

ANALISIS SISMICO DE PUENTES

Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras

Version 1                               Fecha : 12/01/2025

Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 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 : 03-28-2025

```

Viaducto de 5 vanos.(TFM Ing.Caminos UPM Jefferson Quispe)

UNIDADES Y MATERIALES

Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810
 Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.55 (t/m3) = 25.02 (kN/m3)
 Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3347255 (t/m2) = 32836572 (kN/m2)
 Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 101.94 (t/m2) = 1000.00 (kN/m2)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos	NV = 5
Longitud del vano 1 (m)	L1 = 50.000
Longitud del vano 2 (m)	L2 = 60.000
Longitud del vano 3 (m)	L3 = 57.000
Longitud del vano 4 (m)	L4 = 57.000
Longitud del vano 5 (m)	L5 = 38.000

Longitud total del tablero (>=262.00 m.) Ltab =262.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 3
Anchuras : b1= 4.200 b2= 5.400 b3= 3.100 h = 3.000
Espesores : t1= 0.250 t2= 0.250 t3= 0.250 t4= 0.470

Anchura del tablero (m) Btab = 11.600
Seccion recta del tablero (m2) Stab = 6.591
Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 48.853
Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 14.110
Porcentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000
Volumen del tablero (m3) Vtab = 1726.80

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 4403.345
Peso de las pilas (t) Ppilas = 1087.583
Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.500
PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 4947.136

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.080
Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.340
Ancho total de carriles de trafico (<= 11.60 m) Btra = 10.500
Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 1.020
CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 1306.961

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 239.730

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 4947.14+ 1306.96+ 239.73 (t).. G = 6493.83

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81
Masa M = G/g (t/m*s2) M = 661.960

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 1
Numero de elementos en que se divide cada vano del modelo NEV = 5

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 6 ejes de carga : 4 pilas y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3 i=4 i=5 i=6

E1-----P1-----P2-----P3-----P4-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila	i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	900	900	180	180
P1	2	1	0	2.50	4.00	0.350	31.25	2	700	800	70	70
P2	3	1	0	2.50	4.00	0.350	29.65	2	700	800	100	100
P3	4	1	0	2.50	4.00	0.350	19.33	2	700	800	140	140

P4	5	1	0	2.50	4.00	0.350	24.82	2	700	800	140	140
E2	6	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	900	900	180	180

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.
Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

ANALISIS SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE DE PUENTES NCSP-07)

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (g) ab = 0.220
Aceleracion sismica basica (m/s2) ab = 0.220 g = 2.158
Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810
Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) K = 1.000
Factor de importancia Gamal = 1.300
Factor modificador por Pr : Gama2 = (Pr/500)^0.4 = Gama2 = 1.000
Periodo de retorno Pr = 500 * Gama2^2.5 anos = Pr = 500.00
Coeficiente de riesgo ro = Gamal * Gama2 = ro = 1.300
Coeficiente del terreno C = 1.600

Factor S de amplificacion del terreno para ro*ab = 0.286g :

ro*ab <= 0.1g --> S = C / 1.25
0.1g <ro*ab< 0.4g --> S=C/1.25+3.33*(ro*ab/g-0.1) (1-C/1.25) ... S = 1.107
0.4g >=ro*ab --> S = 1

Aceleracion sismica de calculo (g) = ac = S * ro * ab = 0.316
Aceleracion sismica de calculo (m/s2) = ac = 0.316 g = 3.105

Porcentage de amortiguamiento de la estructura Q = 4.000
Factor corrector por amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 v = 1.093
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vx = (5/(Q+Qx))^0.4 vx = 1.093
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vy = (5/(Q+Qy))^0.4 vy = 1.093

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.500
Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.500

ESPECTROS DE RESPUESTA

Espectro de respuesta de aceleracion elastica Sa(T) definido por 4 ramas:

Sa(T) = (1 + T/TA * (2.5 * v - 1)) * ac para 0<=T<=TA
Sa(T) = 2.5 * v * ac para TA<=T<=TB
Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB / T para TB<=T<=TC
Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB * TC / T^2 para TC<=T

con TA=K*C/10= 0.160 s. TB=K*C/2.5= 0.640 s. TC=K*(2+C)= 3.600 s.

Espectro de aceleracion reducida o de calculo Sar(T) = Sa(T)/q

Espectro respuesta elastica desplazamientos.. Sde(T) = Sa(T) * (T/2*pi)^2

Espectro de respuesta de desplazamientos inelasticos.. Sdi(T) = mu*Sde(T)

mu = ductilidad de desplazamientos. Para T >= 1.25*TB mu = q
para T < 1.25*TB mu = (q-1) * 1.25 * TB/T + 1 <= 5*q-4
El factor de comportamiento sera q=qx o qy segun la direccion del sismo.
El factor corrector por amortiguamiento sera vx o vy segun direccion x, y

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :								

Características geométricas de pilas, estribos y neoprenos:								
i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 : 1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.620
P1 : 2	4.060	323.53	3.605	0.942	37.50	39.80	1.000	1.120
P2 : 3	4.060	306.97	3.605	0.942	35.58	37.76	1.000	1.120
P3 : 4	4.060	200.12	3.605	0.942	23.20	24.62	1.000	1.120
P4 : 5	4.060	256.96	3.605	0.942	29.78	31.61	1.000	1.120
E2 : 6	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.620

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :					
i	EI	Kp	Kn	Kpx	
E1 : 1	0.00000E+00	-	9000.00	9000.00	
P1 : 2	1.18361E+08	11635.31	16000.00	6736.49	
P2 : 3	1.18361E+08	13622.41	11200.00	6146.50	
P3 : 4	1.18361E+08	49162.35	8000.00	6880.38	
P4 : 5	1.18361E+08	23223.24	8000.00	5950.24	
E2 : 6	0.00000E+00	-	9000.00	9000.00	

Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) Kx = 43713.62

A = Seccion pila (m²); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^{0.5}; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuración depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz³ (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m²)
 K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
 Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (kN/m) . An = Seccion neoprenos
 Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibración longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^{0.5} = .. Tx = 2.422

Aceleración espectral elastica para T=Tx (m/s²) Sa(Tx) = 2.243
 Aceleración espectral de diseño para T=Tx (m/s²) Sar(Tx) = 1.495
 Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M*Sar(Tx) = 9709.28

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :						
i	Kpx/Kx	Fxi	dxi	dpx	dnx	Gnx
E1 : 1	0.206	1999.00	0.2221	0.0000	0.2221	0.1234
P1 : 2	0.154	1496.25	0.2221	0.1286	0.0935	0.1336
P2 : 3	0.141	1365.21	0.2221	0.1002	0.1219	0.1219
P3 : 4	0.157	1528.21	0.2221	0.0311	0.1910	0.1364
P4 : 5	0.136	1321.62	0.2221	0.0569	0.1652	0.1180
E2 : 6	0.206	1999.00	0.2221	0.0000	0.2221	0.1234

Fx = 9709.28

Desplazamientos máximos para T = Tx :
 Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)² = 0.333
 Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.500
 Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)
 dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx). dxi = Fxi/Kpx (m)
 dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
 dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
 Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :								

Características geométricas de pilas, estribos y neoprenos:								
i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 : 1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.620
P1 : 2	4.060	323.53	7.943	1.399	37.50	26.81	1.000	1.120
P2 : 3	4.060	306.97	7.943	1.399	35.58	25.44	1.000	1.120
P3 : 4	4.060	200.12	7.943	1.399	23.20	16.58	1.000	1.120
P4 : 5	4.060	256.96	7.943	1.399	29.78	21.29	1.000	1.120
E2 : 6	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.620

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :					
i	EI	Kp	Kn	Kpy	
E1 : 1	0.00000E+00	-	9000.00	9000.00	
P1 : 2	2.60814E+08	25639.04	16000.00	9851.92	
P2 : 3	2.60814E+08	30017.72	11200.00	8156.65	
P3 : 4	2.60814E+08	108331.88	8000.00	7449.85	
P4 : 5	2.60814E+08	51173.66	8000.00	6918.44	
E2 : 6	0.00000E+00	-	9000.00	9000.00	

Rigidez transversal total del puente (kN/m) Ky = 50376.86

A = Seccion pila (m²); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^{0.5} ; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuración depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo Kp =hz³/(K *EI * beta) (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m²)
 K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
 Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (kN/m). An = Seccion neoprenos
 Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Modelo transversal del tablero flexible							

Viga de seccion (Eh*Itab) sobre apoyos elasticos de rigidez Kpy							
Nudos,pesos Gi de resultante G, desplazamientos di, reacciones Ry							
Pila	Nudo	X	Gi	di	Gi*di	Gi*di ²	Ry
E1 :	1	0.00	1215.73	0.806	979.59	789.31	7251.84
	2	10.00	2431.47	0.920	2237.77	2059.50	-0.00
	3	20.00	2431.47	1.031	2507.83	2586.59	-0.00
	4	30.00	2431.47	1.137	2763.89	3141.75	-0.00
	5	40.00	2431.47	1.236	3004.17	3711.76	-0.00
P1 :	6	50.00	2674.61	1.329	3553.64	4721.56	13089.80
	7	62.00	2917.76	1.434	4183.78	5999.13	-0.00
	8	74.00	2917.76	1.527	4455.89	6804.87	-0.00
	9	86.00	2917.76	1.604	4681.07	7510.00	-0.00
	10	98.00	2917.76	1.664	4856.50	8083.45	-0.00
P2 :	11	110.00	2844.82	1.710	4863.86	8315.86	13945.63
	12	121.40	2771.87	1.742	4827.55	8407.74	-0.00
	13	132.80	2771.87	1.759	4876.21	8578.12	-0.00
	14	144.20	2771.87	1.759	4876.48	8579.06	-0.00
	15	155.60	2771.87	1.741	4826.79	8405.10	-0.00
P3 :	16	167.00	2771.87	1.707	4732.66	8080.48	12719.77
	17	178.40	2771.87	1.660	4601.30	7638.13	-0.00
	18	189.80	2771.87	1.596	4425.29	7064.97	-0.00
	19	201.20	2771.87	1.515	4198.89	6360.57	-0.00
	20	212.60	2771.87	1.415	3923.46	5553.47	-0.00
P4 :	21	224.00	2309.89	1.301	3006.19	3912.39	9003.94
	22	231.60	1847.92	1.220	2253.58	2748.30	-0.00
	23	239.20	1847.92	1.133	2094.28	2373.48	-0.00
	24	246.80	1847.92	1.043	1927.66	2010.85	-0.00
	25	254.40	1847.92	0.950	1755.29	1667.31	-0.00
E2 :	26	262.00	923.96	0.855	789.83	675.17	7693.46
	Sumas		63704.44	-	91203.42	135778.91	63704.44

dymax = 1.759 dymin = 0.806 dymax-dymin= 0.954 dymedio= 1.377
 Condicion Modelo Tablero flexible:(dymax-dymin)/dymedio= 0.693 > 0.2 (SI)

Periodo Fundamental Transversal Ty dado por la formula de Rayleigh :
 Ty = 2*pi*(suma Gi*di² / g * suma Gi*di) ^{0.5} seg. = = Ty = 2.448

Aceleración espectral elastica para T=Ty (m/s²) Sa(Ty) = 2.219
 Aceleración espectral de diseño para T=Ty (m/s²) Sar(Ty) = 1.479
 Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... Fy = M*Sar(Ty) = 9606.20

Fuerzas y desplazamientos transversales en pilas y neoprenos :

	i	xp(i)	Fyi	d _{yi}	d _{py}	d _{ny}	G _{ny}
E1 :	1	0.00	1093.53	0.1215	0.0000	0.1215	0.0675
P1 :	2	50.00	1973.85	0.2004	0.0770	0.1234	0.1762
P2 :	3	110.00	2102.91	0.2578	0.0701	0.1878	0.1878
P3 :	4	167.00	1918.06	0.2575	0.0177	0.2398	0.1713
P4 :	5	224.00	1357.73	0.1962	0.0265	0.1697	0.1212
E2 :	6	262.00	1160.12	0.1289	0.0000	0.1289	0.0716

F_y = 9606.20

Escalado de los desplazamientos di esc = Sar(T_y)/g = 0.151
d_{yi} = desplazamiento conjunto pila+neopreno d_{yi} = esc * di (m)
F_{yi} = Fuerza transversal en pila i F_{yi} = K_{pyi}*d_{yi} (kN)
d_{yi} = desplaz. conjunto pila+neopreno (d_{yi}=d_{py}+d_{ny}) d_{yi} = F_{yi}/K_{py} (m)
d_{py} = desplazamiento en el extremo de la pila d_{py} = F_{yi}/K_p (m)
d_{ny} = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... d_{ny} = F_{yi}/K_n (m)
G_{ny} = % de distorsion de las caras del neopreno G_{ny} = d_{ny}/H_{ng} * 100
F_y = Fuerza sismica transversal total F_y = Suma F_{yi} (kN)

Desplazamientos maximos para T = T_y :
Desplazamiento elastico (m) S_{de}(T) = Sar(T) * (T/2*π)² = 0.337
Desplazamiento inelastico (m) S_{di}(T) = μ * S_{de}(T) = 0.505
Ductilidad desplaz.: μ=q si T>1.25*TB sino μ=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	V _x	M _x	0.3 V _y	0.3 M _y
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1 :	1	1999.00	0.00	328.06
Pila 2	P2 :	2	1496.25	46757.78	592.16
Pila 3	P3 :	3	1365.21	40478.37	630.87
Pila 4	P4 :	4	1528.21	29540.28	575.42
Pila 5	P5 :	5	1321.62	32802.49	407.32
Estribo der.	E2 :	6	1999.00	0.00	348.04

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje	V _y	M _y	0.3 V _x	0.3 M _x
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1 :	1	1093.53	0.00	599.70
Pila 2	P2 :	2	1973.85	61682.92	448.87
Pila 3	P3 :	3	2102.91	62351.20	409.56
Pila 4	P4 :	4	1918.06	37076.03	458.46
Pila 5	P5 :	5	1357.73	33698.97	396.48
Estribo der.	E2 :	6	1160.12	0.00	599.70

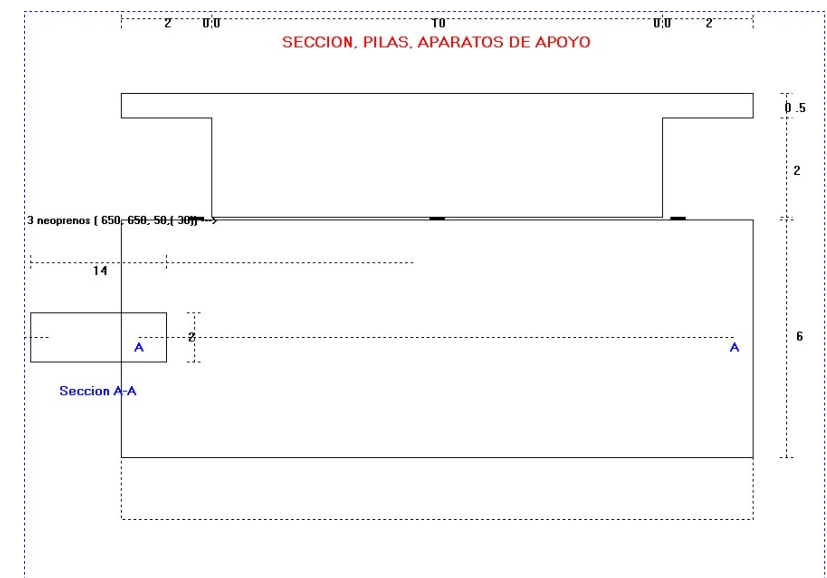
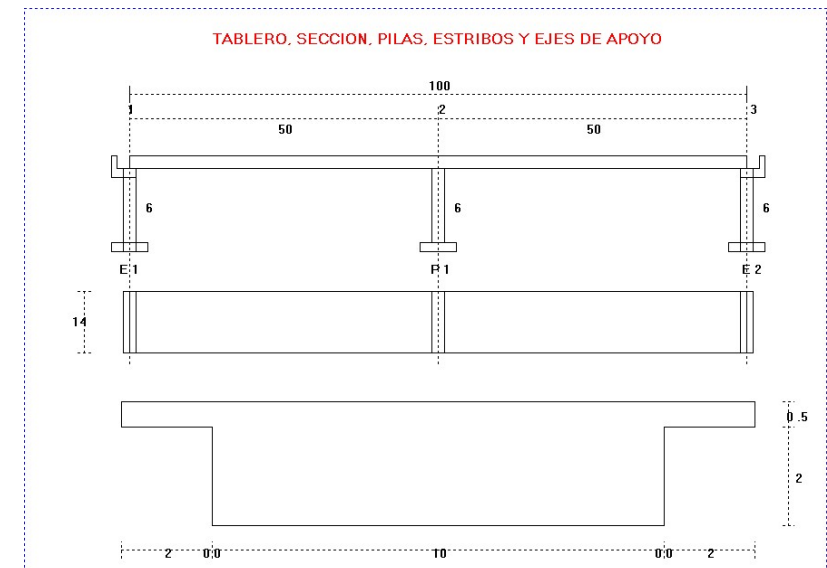
Cortantes V_x=F_{xi} ; V_y=F_{yi} y Momentos M_x=F_{xi}*h_{zi} ; M_y=F_{yi}*h_{zi} en la base

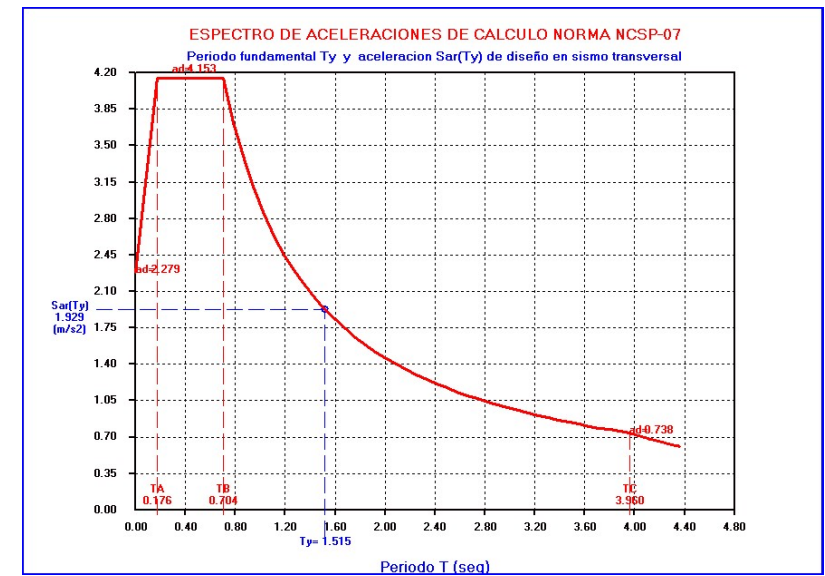
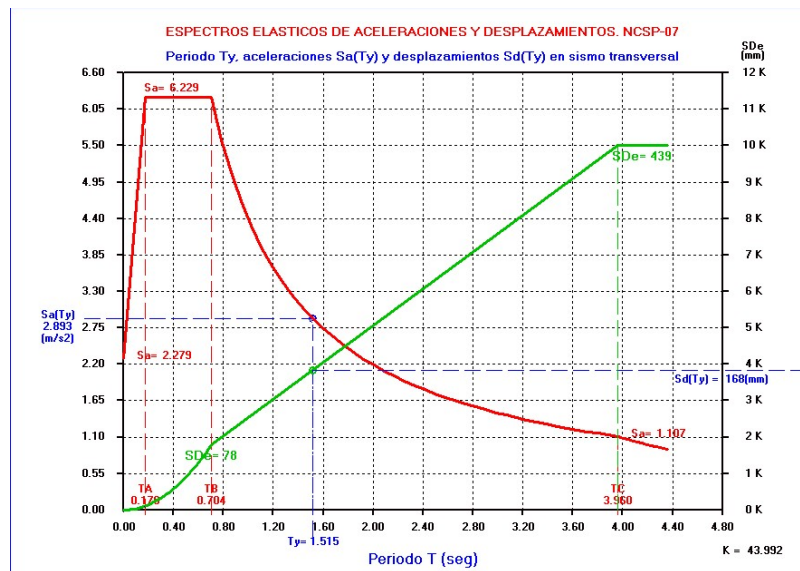
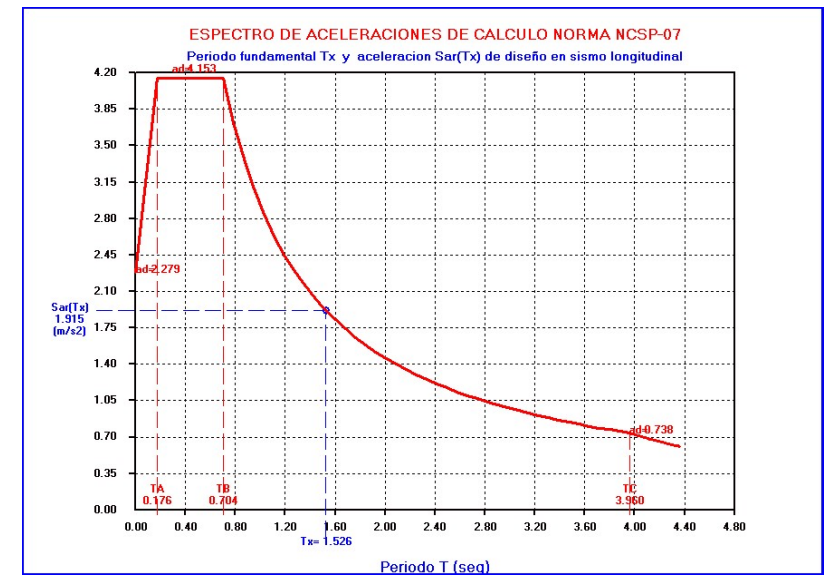
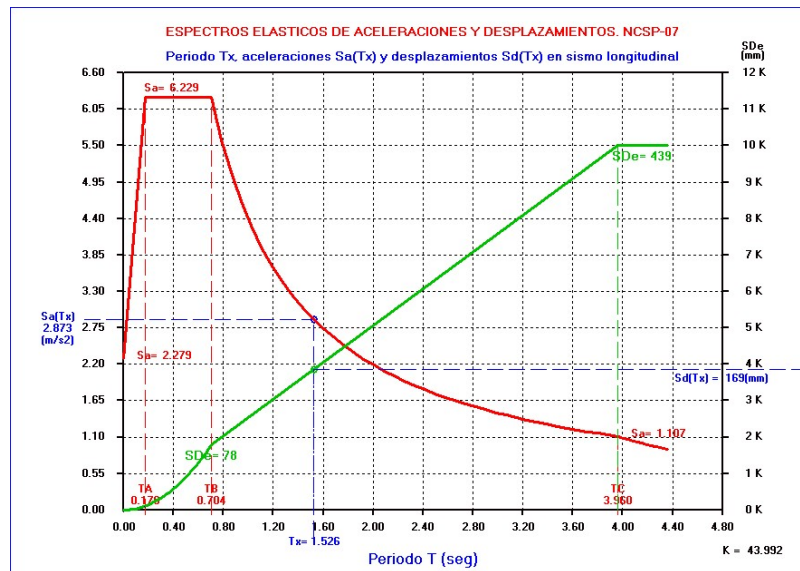
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

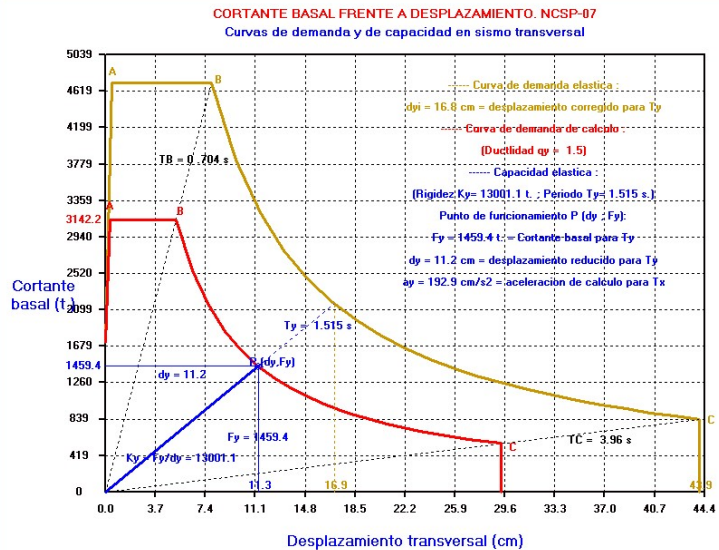
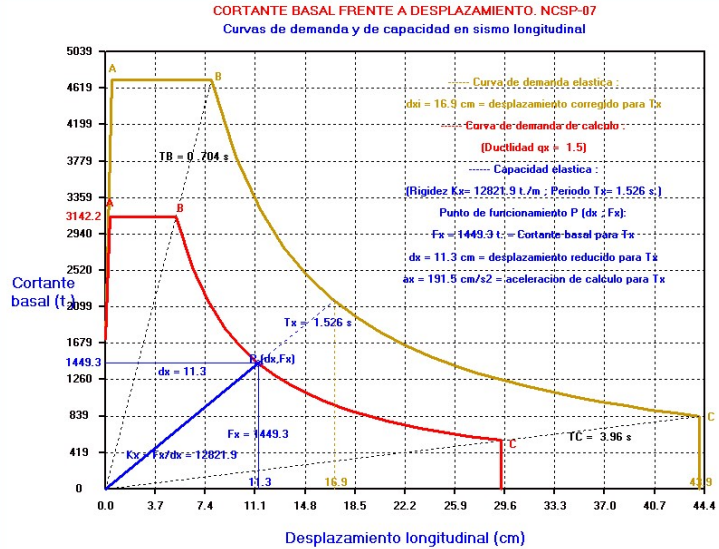
Momentos de vuelco producidos por el axil maximo N_z concomitante :

DM_x = (1+q_x)/2 * S_{de}(T_x) * N_z DM_x = 0.4165 * N_z
DM_y = (1+q_y)/2 * S_{de}(T_y) * N_z DM_y = 0.4209 * N_z

EJEMPLO 4.- Subestructura rigida. A.Castillo. Puentes. ETSICC de Granada







```
*****
"                                     "
"          P R O G R A M A   P O N S I S 2 5          "
"          =====          "
"                                     "
"          ANALISIS SISMICO DE PUENTES          "
"                                     "
"          Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras          "
"                                     "
"          Version 1                               Fecha : 12/01/2025          "
"                                     "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 2025          "
"                                     "
"          E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander          "
"                                     "
"          *****          "
```

```
*****
"                                     "
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA          "
"          =====          "
"                                     "
"          Proyecto : EJEMPLO N°4          "
"                                     "
"          Referencia : MANUAL          "
"                                     "
"          Fecha de calculo : 03-28-2025          "
"                                     "
"          *****          "
```

Subestructura rigida. A.Castillo. Puentes. ETSIC de Granada

UNIDADES Y MATERIALES

Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 1

Aceleracion de la gravedad (m/s²) g = 9.810
Peso especifico del hormigon (t/m³) Gamah = 2.50
Modulo elastico del hormigon (t/m²) Eh = 3000000.00
Modulo de cizalla del Neopreno (t/m²) Gn = 180.00

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 2
Longitud del vano 1 (m) L1 = 50.000
Longitud del vano 2 (m) L2 = 50.000
Longitud total del tablero (>=100.00 m.) Ltab =100.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 2

Anchuras : b1=10.000 b2= 0.000 b3= 2.000

Alturas : h1= 2.000 h2= 0.000 h3= 0.500 h4= 0.000

Anchura del tablero (m) Btab = 14.000

Seccion recta del tablero (m2) Stab = 27.000

Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 281.000

Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 45.313

Percentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000

Volumen del tablero (m3) Vtab = 2700.00

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 6750.000

Peso de las pilas (t) Ppilas = 420.000

Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.000

PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 6750.000

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.067

Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.400

Ancho total de carriles de trafico (<= 14.00 m) Btra = 14.000

Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 1.000

CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 536.168

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 109.000

Valor modificado de SCper (t) SCper = 136.000

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 6750.00+ 536.17+ 136.00 (t).. G = 7422.17

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81

Masa M = G/g (t/m*s2) M = 756.592

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 3 ejes de carga : 1 pila y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3

E1-----P1-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila	i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	1	0	2.00	14.00	0.000	6.00	3	500	500	75	50
P1	2	1	0	2.00	14.00	0.000	6.00	3	650	650	50	30
E2	3	1	0	2.00	14.00	0.000	6.00	3	500	500	75	50

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.

Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx

Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.

Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx

hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno

Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0

Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

ANALISIS SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE DE PUENTES NCSF-07)

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (g) ab = 0.150

Aceleracion sismica basica (m/s2) ab = 0.150 g = 1.472

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810

Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) K = 1.100

Factor de importancia Gamal = 1.300

Factor modificador por Pr : Gama2 = (Pr/500)^0.4 = Gama2 = 1.000

Periodo de retorno Pr = 500 * Gama2^2.5 anos = Pr = 500.00

Coeficiente de riesgo ro = Gamal * Gama2 = ro = 1.300

Coeficiente del terreno C = 1.600

Factor S de amplificacion del terreno para ro*ab = 0.195g :

ro*ab <= 0.1g --> S = C / 1.25

0.1g <ro*ab< 0.4g --> S=C/1.25+3.33*(ro*ab/g-0.1) (1-C/1.25) ... S = 1.191

0.4g >=ro*ab --> S = 1

Aceleracion sismica de calculo (g) = ac = S * ro * ab = 0.232

Aceleracion sismica de calculo (m/s2) = ac = 0.232 g = 2.279

Percentage de amortiguamiento de la estructura Q = 4.000

Factor corrector por amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 v = 1.093

Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000

Factor corrector por amortiguamiento vx = (5/(Q+Qx))^0.4 vx = 1.093

Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000

Factor corrector por amortiguamiento vy = (5/(Q+Qy))^0.4 vy = 1.093

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.500

Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.500

ESPECTROS DE RESPUESTA

Espectro de respuesta de aceleracion elastica Sa(T) definido por 4 ramas:

Sa(T) = (1 + T/TA * (2.5 * v - 1)) * ac para 0<=T<=TA

Sa(T) = 2.5 * v * ac para TA<=T<=TB

Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB / T para TB<=T<=TC

Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB * TC / T^2 para TC<=T

con TA=K*C/10= 0.176 s. TB=K*C/2.5= 0.704 s. TC=K*(2+C)= 3.960 s.

Espectro de aceleracion reducida o de calculo Sar(T) = Sa(T)/q

Espectro respuesta elastica desplazamientos.. Sde(T) = Sa(T) * (T/2*pi)^2

Espectro de respuesta de desplazamientos inelasticos.. Sdi(T) = mu*Sde(T)

mu = ductilidad de desplazamientos. Para T >= 1.25*TB mu = q

para T < 1.25*TB mu = (q-1) * 1.25 * TB/T + 1 <= 5*q-4

El factor de comportamiento sera q=qx o qy segun la direccion del sismo.

El factor corrector por amortiguamiento sera vx o vy segun direccion x, y

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

i A Ppila I rg Lp esbel. beta An

E1 : 1 28.000 420.00 9.333 0.577 7.20 12.47 1.000 0.750
P1 : 2 28.000 420.00 9.333 0.577 7.20 12.47 1.000 1.267
E2 : 3 28.000 420.00 9.333 0.577 7.20 12.47 1.000 0.750
Ppilas= 420.00

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

i	EI	Kp	Kn	Kpx
E1 : 1	2.80000E+07	388888.91	2700.00	2681.38
P1 : 2	2.80000E+07	388888.91	7605.00	7459.13
E2 : 3	2.80000E+07	388888.91	2700.00	2681.38

Rigidez longitudinal total del puente (t./m) Kx = 12821.90

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz^3 (t./m); EI= Rigidez bruta (t./m2)
K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (t./m) . An = Seccion neoprenos
Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1+Kn) (t./m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 1.526

Aceleracion espectral elastica para T=Tx (m/s2) Sa(Tx) = 2.874
Aceleracion espectral de diseno para T=Tx (m/s2) Sar(Tx) = 1.916
Fuerza equivalente sismica longitudinal (t.) .. Fx = M*Sar(Tx) = 1449.38

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :

i	Kpx/Kx	Fxi	dxi	dpx	dnx	Gnx
E1 : 1	0.209	303.10	0.1130	0.0008	0.1123	0.2245
P1 : 2	0.582	843.18	0.1130	0.0022	0.1109	0.3696
E2 : 3	0.209	303.10	0.1130	0.0008	0.1123	0.2245

Fx = 1449.38

Desplazamientos maximos para T = Tx :

Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)^2 = 0.170
Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.254
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (t.)
dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx). dxi = Fxi/Kpx (m)
dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 : 1	28.000	420.00	457.333	4.041	7.20	1.78	1.000	0.750
P1 : 2	28.000	420.00	457.333	4.041	7.20	1.78	1.000	1.267
E2 : 3	28.000	420.00	457.333	4.041	7.20	1.78	1.000	0.750

Ppilas= 420.00

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

i	EI	Kp	Kn	Kpy
E1 : 1	1.37200E+09	19055556.00	2700.00	2699.62
P1 : 2	1.37200E+09	19055556.00	7605.00	7601.97
E2 : 3	1.37200E+09	19055556.00	2700.00	2699.62

Rigidez transversal total del puente (t./m) Ky = 13001.20

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =hz^3/(K *EI * beta) (t./m) ; EI =Rigidez bruta (t./m2)
K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero
y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre
K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (t./m). An = Seccion neoprenos
Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1+Kn) (t./m)

Periodo de vibracion transversal (s): Ty = 2*pi*(M/Ky)^0.5 =.. Ty= 1.516

Aceleracion espectral elastica para T=Ty (m/s2) Sa(Ty) = 2.894
Aceleracion espectral de diseno para T=Ty (m/s2) Sar(Ty) = 1.929
Fuerza equivalente sismica en puente (t.) ... Fy = M*Sar(Ty) = 1459.47
Momento torsor sismico en puente (t.xm) MFy = Fy*L/2 = 72973.71

Movimientos del tablero rigido :

Desplazamiento transversal dyl de estribo izquierdo. Giro de conjunto=m :

K11 = Suma Kpyi = 1.3001E+04 ; K12 = K21 = Suma Kpyi * xpi = 6.5006E+05
K22 = Suma Kpyi * xpi^2 = 4.6001E+07 ; Determinante K = 1.7549E+11

	K11	K12	| * |	dyl	= |	Fy	--->	dyl	= 1.1226E-01 (m)
	| K21	K22	|	| m |	| MFy |	----	m	= 0.0000E+00	-

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :

dyl = dyl + m * xpi desplazamiento transversal pila i. Fyi = Kpyi * dyl

i	xp(i)	Fyi	dyl	dpy	dnv	Gny
E1 : 1	0.00	303.05	0.1123	0.0000	0.1122	0.2245
P1 : 2	50.00	853.37	0.1123	0.0000	0.1122	0.3740
E2 : 3	100.00	303.05	0.1123	0.0000	0.1122	0.2245

Fy = 1459.47

Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpyi*dyl (t.)
dyl = desplaz. conjunto pila+neopreno (dyl=dpy+dnv). dyl = Fyi/Kpy (m)
dpy = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
dnv = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnv = Fyi/Kn (m)
Gny = % de distorsion de las caras del neopreno Gny = dnv/Hng * 100

Media de dyl: dm = 1.1226E-01 ; Maxima diferencia : dmax = 0.0000E+00
Condicion de modelo de tablero rigido .. : dmax/dm = 0.000 < 0.20 (OK)

Desplazamientos maximos para T = Ty :

Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)^2 = 0.168
Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.253
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i	(t.)	(m.t.)	(t.)	(m.t.)
Estribo izq. E1 :	1	303.10	1818.61	90.92	545.49
Pila 2 P2 :	2	843.18	5059.05	256.01	1536.07
Estribo der. E2 :	3	303.10	1818.61	90.92	545.49

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje	Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
	i	(t.)	(m.t.)	(t.)	(m.t.)
Estribo izq. E1 :	1	303.05	1818.30	90.93	545.58
Pila 2 P2 :	2	853.37	5120.24	252.95	1517.72
Estribo der. E2 :	3	303.05	1818.30	90.93	545.58

Cortantes Vx=Fxi ; Vy=Fyi y Momentos Mx=Fxi*hzi ; My=Fyi*hzi en la base

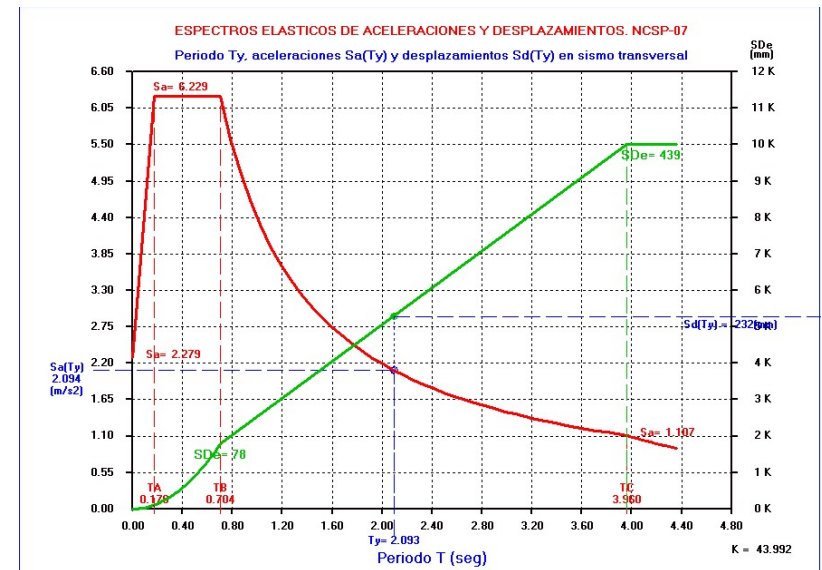
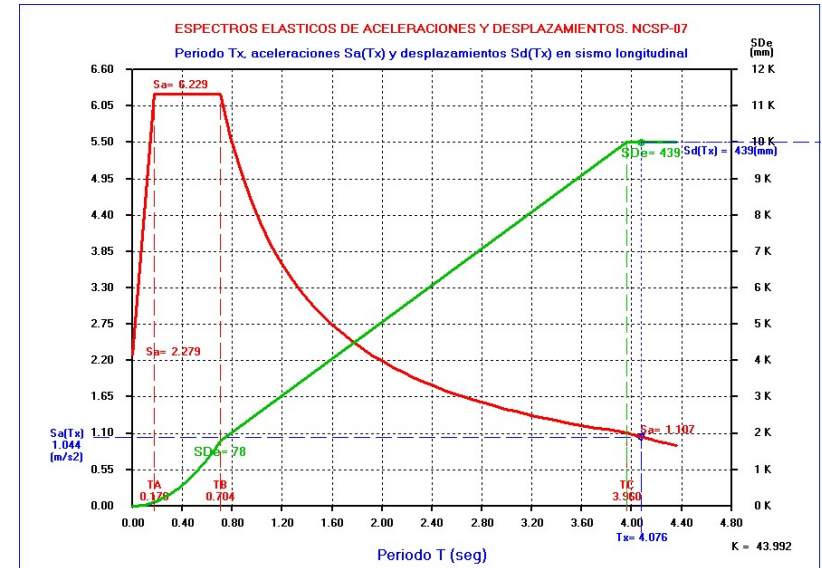
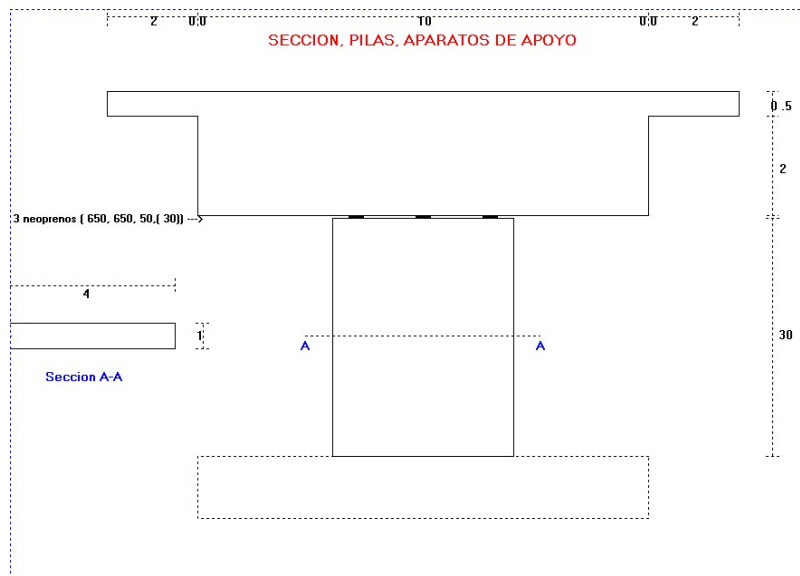
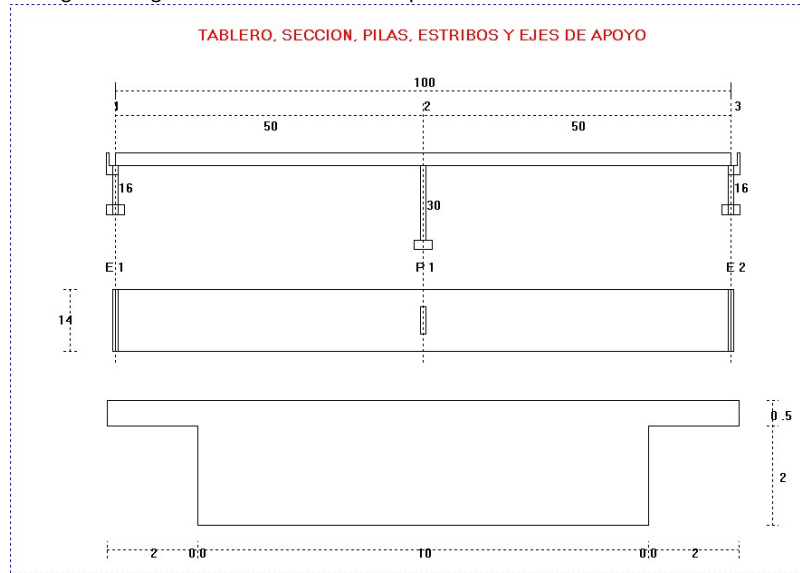
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

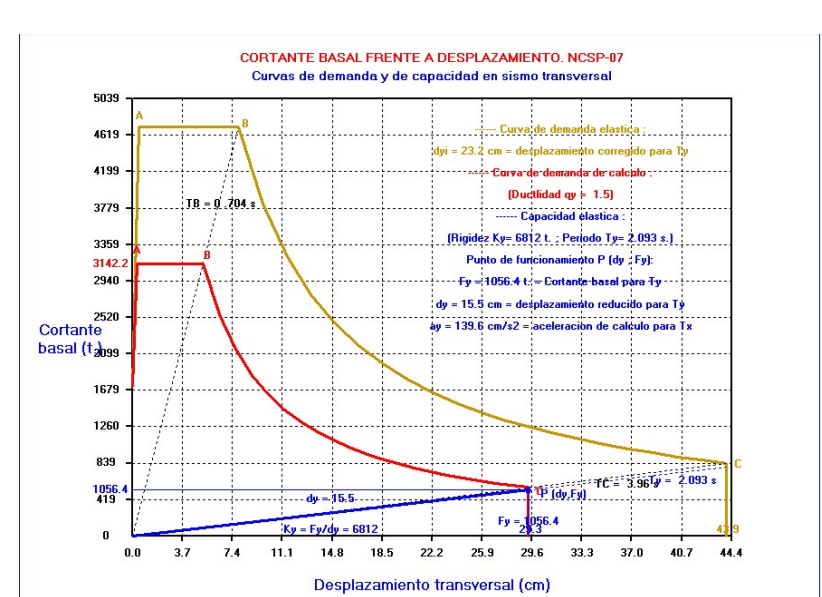
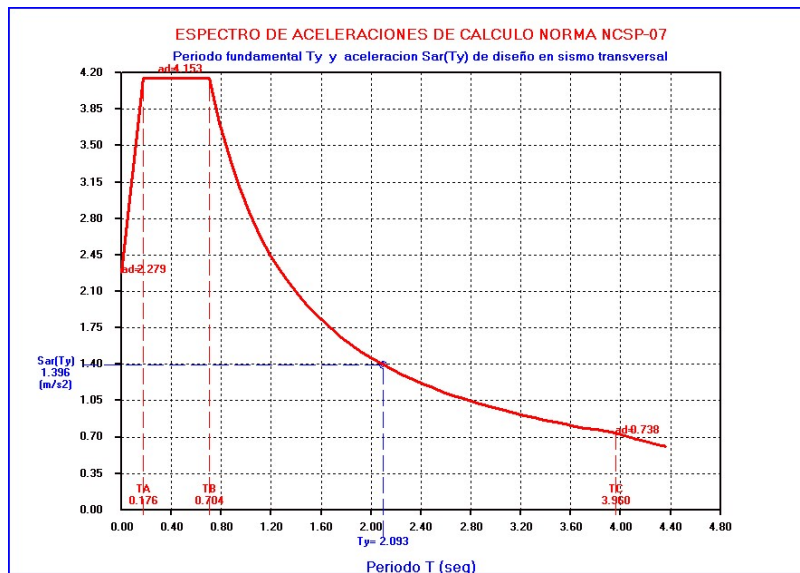
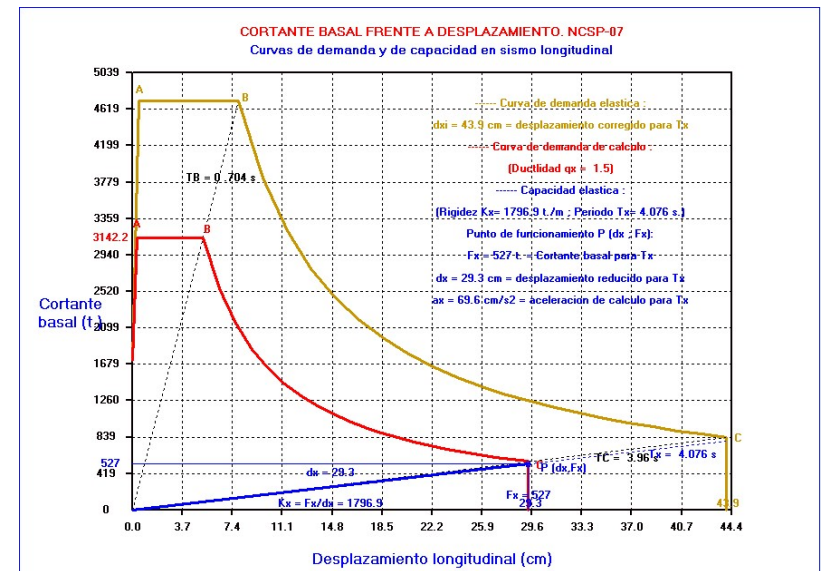
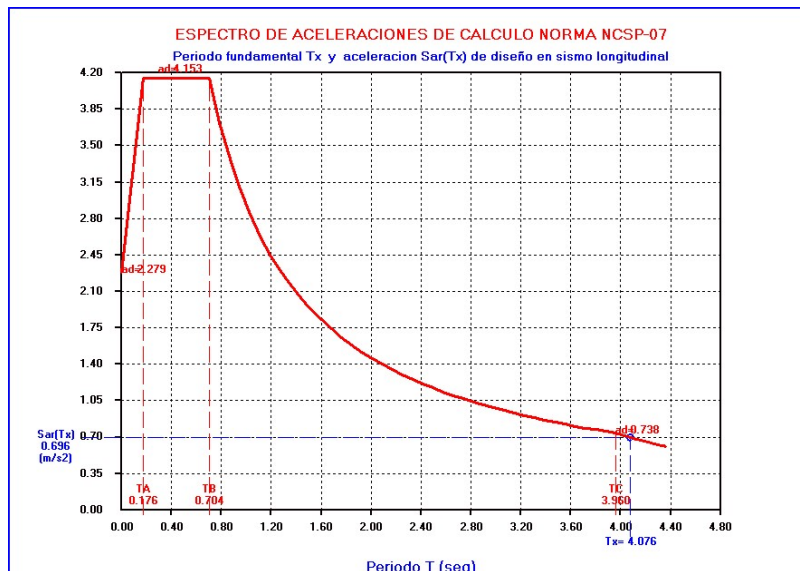
Momentos de vuelco producidos por el axil maximo Nz concomitante :

DMx = (1+qx)/2 * Sde(Tx) * Nz DMx = 0.2119 * Nz
DMY = (1+qy)/2 * Sde(Ty) * Nz DMY = 0.2105 * Nz

EJEMPLO 5.- Subestructura flexible. A.Castillo. Puentes. ETSIC de Granada (ISEC=0)

Las 2 graficas siguientes se han obtenido suponiendo ISEC=2.





```

**
**
**          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA
**          =====
**
** Proyecto : EJEMPLO N°5
**
** Referencia : MANUAL
**
** Fecha de calculo : 03-28-2025
**
**
**

```

UNIDADES Y MATERIALES

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Numero de vanos	NV = 2
Longitud del vano 1 (m)	L1 = 50.000
Longitud del vano 2 (m)	L2 = 50.000

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
 Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
 Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.

Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
 hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
 Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
 Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

ANALISIS SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE DE PUENTES NCSP-07)

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (g) ab = 0.150
 Aceleracion sismica basica (m/s2) ab = 0.150 g = 1.472
 Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810
 Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) K = 1.100
 Factor de importancia Gamal = 1.300
 Factor modificador por Pr : Gama2 = (Pr/500)^0.4 = Gama2 = 1.000
 Periodo de retorno Pr = 500 * Gama2^2.5 anos = Pr = 500.00
 Coeficiente de riesgo ro = Gamal * Gama2 = ro = 1.300
 Coeficiente del terreno C = 1.600

Factor S de amplificacion del terreno para ro*ab = 0.195g :
 ro*ab <= 0.1g --> S = C / 1.25
 0.1g <ro*ab< 0.4g --> S=C/1.25+3.33*(ro*ab/g-0.1) (1-C/1.25) ... S = 1.191
 0.4g >=ro*ab --> S = 1

Aceleracion sismica de calculo (g) = ac = S * ro * ab = 0.232
 Aceleracion sismica de calculo (m/s2) = ac = 0.232 g = 2.279

Porcentaje de amortiguamiento de la estructura Q = 4.000
 Factor corrector por amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 v = 1.093
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento vx = (5/(Q+Qx))^0.4 vx = 1.093
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento vy = (5/(Q+Qy))^0.4 vy = 1.093

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.500
 Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.500

ESPECTROS DE RESPUESTA

Espectro de respuesta de aceleracion elastica Sa(T) definido por 4 ramas:

Sa(T) = (1 + T/TA * (2.5 * v - 1)) * ac para 0<=T<=TA
 Sa(T) = 2.5 * v * ac para TA<=T<=TB
 Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB / T para TB<=T<=TC
 Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB * TC / T^2 para TC<=T

con TA=K*C/10= 0.176 s. TB=K*C/2.5= 0.704 s. TC=K*(2+C)= 3.960 s.

Espectro de aceleracion reducida o de calculo Sar(T) = Sa(T)/q

Espectro respuesta elastica desplazamientos.. Sde(T) = Sa(T) * (T/2*pi)^2

Espectro de respuesta de desplazamientos inelasticos.. Sdi(T) = mu*Sde(T)

mu = ductilidad de desplazamientos. Para T >= 1.25*TB mu = q
 para T < 1.25*TB mu = (q-1) * 1.25 * TB/T + 1 <= 5*q-4
 El factor de comportamiento sera q=qx o qy segun la direccion del sismo.
 El factor corrector por amortiguamiento sera vx o vy segun direccion x, y

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 : 1	14.000	560.00	1.167	0.289	19.20	66.51	0.506	0.750

P1 : 2	4.000	300.00	0.333	0.289	36.00	124.71	0.400	1.267
E2 : 3	14.000	560.00	1.167	0.289	19.20	66.51	0.506	0.750

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpx
E1 : 1	1	1.77163E+06	1297.58	2700.00	876.40
P1 : 2	2	4.00000E+05	44.44	7605.00	44.19
E2 : 3	3	1.77163E+06	1297.58	2700.00	876.40

Rigidez longitudinal total del puente (t./m) Kx = 1796.98

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz^3 (t./m); EI= Rigidez bruta (t./m2)
 K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
 Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (t./m) . An = Seccion neoprenos
 Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1+Kn) (t./m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 4.077

Aceleracion espectral elastica para T=Tx (m/s2) Sa(Tx) = 1.045
 Aceleracion espectral de diseno para T=Tx (m/s2) Sar(Tx) = 0.697
 Fuerza equivalente sismica longitudinal (t.) .. Fx = M*Sar(Tx) = 527.03

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :

	i	Kpx/Kx	Fxi	dxi	dpx	dnx	Gnx
E1 : 1	1	0.488	257.03	0.2933	0.1981	0.0952	0.1904
P1 : 2	2	0.025	12.96	0.2933	0.2916	0.0017	0.0057
E2 : 3	3	0.488	257.03	0.2933	0.1981	0.0952	0.1904

Fx = 527.03

Desplazamientos maximos para T = Tx :
 Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)^2 = 0.007
 Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.011
 Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (t.)
 dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx). dxi = Fxi/Kpx (m)
 dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
 dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
 Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 : 1	14.000	560.00	228.667	4.041	19.20	4.75	1.000	0.750	
P1 : 2	4.000	300.00	5.333	1.155	36.00	31.18	1.000	1.267	
E2 : 3	14.000	560.00	228.667	4.041	19.20	4.75	1.000	0.750	

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpy
E1 : 1	1	6.86000E+08	502441.41	2700.00	2685.57
P1 : 2	2	1.60000E+07	1777.78	7605.00	1440.94
E2 : 3	3	6.86000E+08	502441.41	2700.00	2685.57

Rigidez transversal total del puente (t./m) Ky = 6812.07

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo Kp =hz^3/(K *EI * beta) (t./m) ; EI =Rigidez bruta (t./m2)
 K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero
 y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre
 K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
 Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (t./m). An = Seccion neoprenos
 Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1+Kn) (t./m)

Periodo de vibracion transversal (s): $T_y = 2\pi \cdot (M/K_y)^{0.5} = 2.094$

Aceleracion espectral elastica para $T=T_y$ (m/s²) $S_a(T_y) = 2.094$
 Aceleracion espectral de diseno para $T=T_y$ (m/s²) $S_{ar}(T_y) = 1.396$
 Fuerza equivalente sismica en puente (t.) ... $F_y = M \cdot S_{ar}(T_y) = 1056.44$
 Momento torsor sismico en puente (t.xm) $M_{Fy} = F_y \cdot L/2 = 52821.96$

Movimientos del tablero rigido :
 Desplazamiento transversal d_{yl} de estribo izquierdo. Giro de conjunto m :

$K_{11} = \text{Suma } K_{pyi} = 6.8121E+03$; $K_{12} = K_{21} = \text{Suma } K_{pyi} \cdot x_{pi} = 3.4060E+05$
 $K_{22} = \text{Suma } K_{pyi} \cdot x_{pi}^2 = 3.0458E+07$; Determinante $K = 9.1471E+10$

K_{11}	K_{12}	\cdot	d_{yl}	$=$	F_y	--->	$d_{yl} = 1.5508E-01$ (m)
K_{21}	K_{22}	\cdot	m	$=$	M_{Fy}	--->	$m = 0.0000E+00$

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :

$d_{yi} = d_{yl} + m \cdot x_{pi}$ desplazamiento transversal pila i. $F_{yi} = K_{pyi} \cdot d_{yi}$

	i	x_{pi}	F_{yi}	d_{yi}	d_{py}	d_{ny}	G_{ny}
E1	: 1	0.00	416.49	0.1551	0.0008	0.1543	0.3085
P1	: 2	50.00	223.47	0.1551	0.1257	0.0294	0.0979
E2	: 3	100.00	416.49	0.1551	0.0008	0.1543	0.3085

$F_y = 1056.44$

F_{yi} = Fuerza transversal en pila i $F_{yi} = K_{pyi} \cdot d_{yi}$ (t.)
 d_{yi} = desplaz. conjunto pila+neopreno ($d_{yi} = d_{py} + d_{ny}$) $d_{yi} = F_{yi}/K_{py}$ (m)
 d_{py} = desplazamiento en el extremo de la pila $d_{py} = F_{yi}/K_p$ (m)
 d_{ny} = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... $d_{ny} = F_{yi}/K_n$ (m)
 G_{ny} = % de distorsion de las caras del neopreno $G_{ny} = d_{ny}/H_{ng} \cdot 100$

Media de d_{yi} : $d_m = 1.5508E-01$; Maxima diferencia : $d_{max} = 0.0000E+00$
 Condicion de modelo de tablero rigido .. : $d_{max}/d_m = 0.000 < 0.20$ (OK)

Desplazamientos maximos para $T = T_y$:

Desplazamiento elastico (m) $S_{de}(T) = S_{ar}(T) \cdot (T/2\pi)^2 = 0.233$
 Desplazamiento inelastico (m) $S_{di}(T) = \mu \cdot S_{de}(T) = 0.349$
 Ductilidad desplaz.: $\mu = q$ si $T > 1.25 \cdot T_B$ sino $\mu = (q-1) \cdot 1.25 \cdot T_B/T + 1 \leq 5 \cdot q - 4$

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	V_x	M_x	0.3 V_y	0.3 M_y
	i	(t.)	(m.t.)	(t.)	(m.t.)
Estribo izq.	E1	: 1	257.03	4112.55	124.95
Pila 2	P2	: 2	12.96	388.78	67.04
Estribo der.	E2	: 3	257.03	4112.55	124.95

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje	V_y	M_y	0.3 V_x	0.3 M_x
	i	(t.)	(m.t.)	(t.)	(m.t.)
Estribo izq.	E1	: 1	416.49	6663.79	77.11
Pila 2	P2	: 2	223.47	6703.96	3.89
Estribo der.	E2	: 3	416.49	6663.79	77.11

Cortantes $V_x = F_{xi}$; $V_y = F_{yi}$ y Momentos $M_x = F_{xi} \cdot h_{zi}$; $M_y = F_{yi} \cdot h_{zi}$ en la base

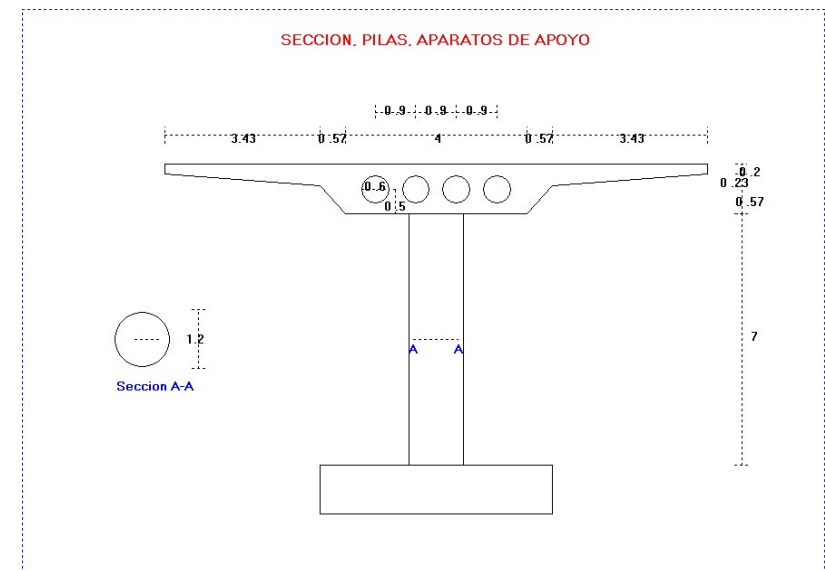
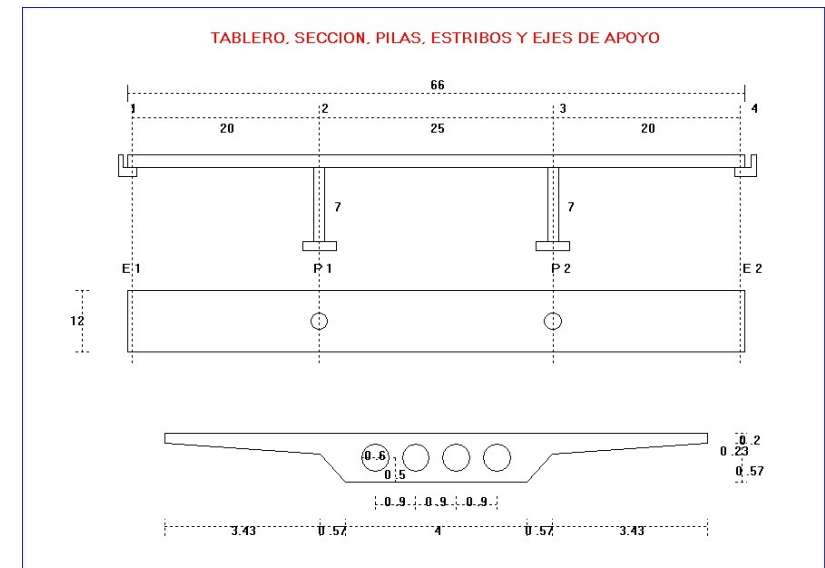
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

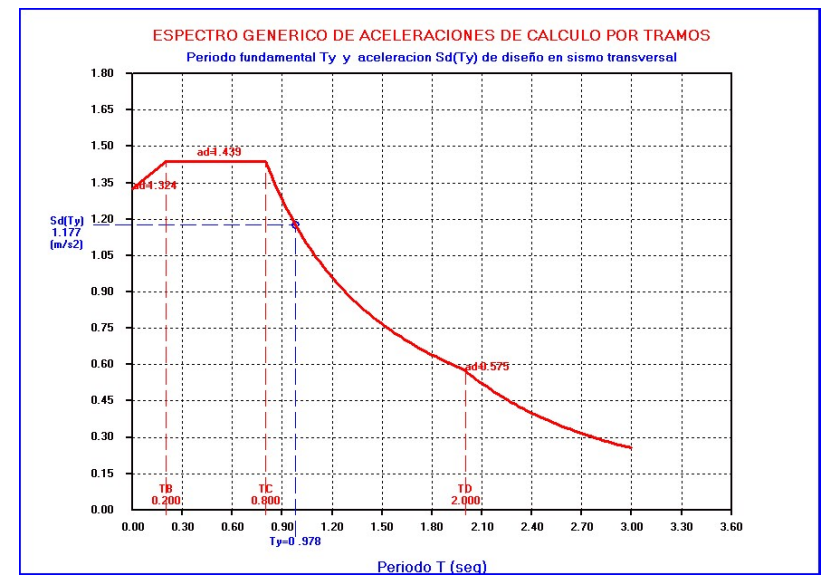
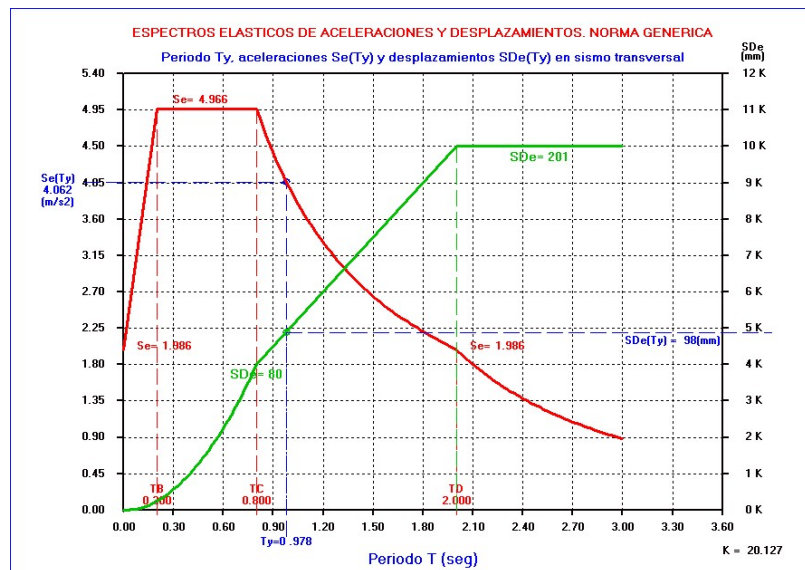
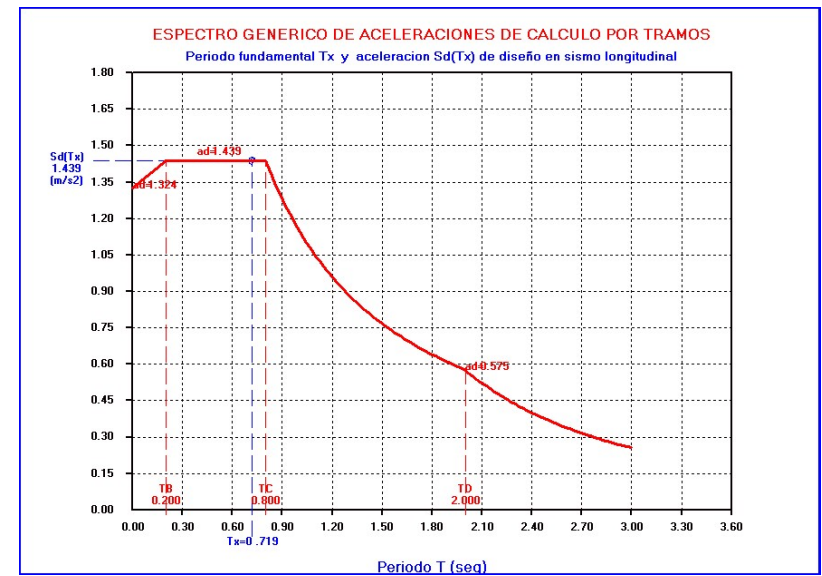
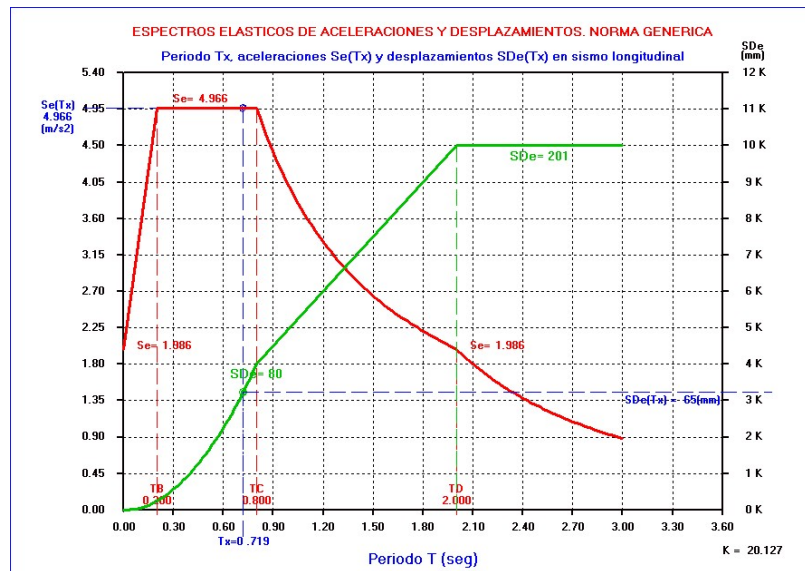
Momentos de vuelco producidos por el axil maximo N_z concomitante :

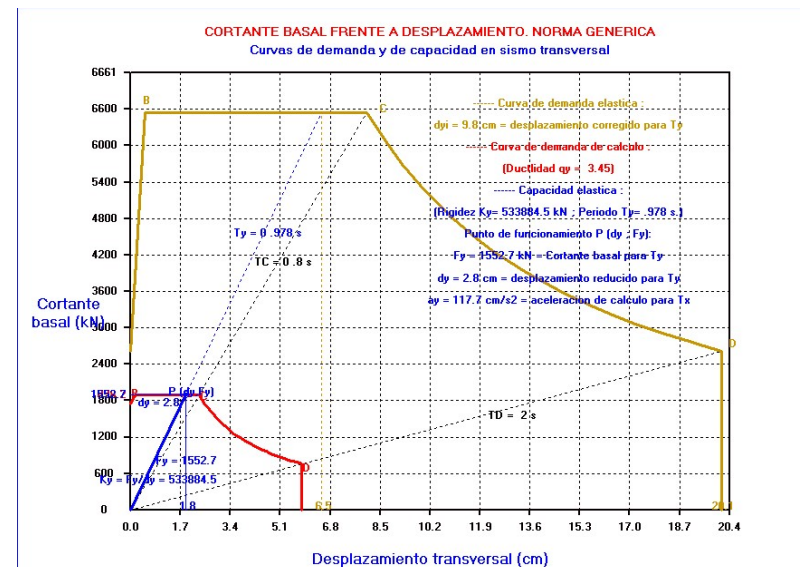
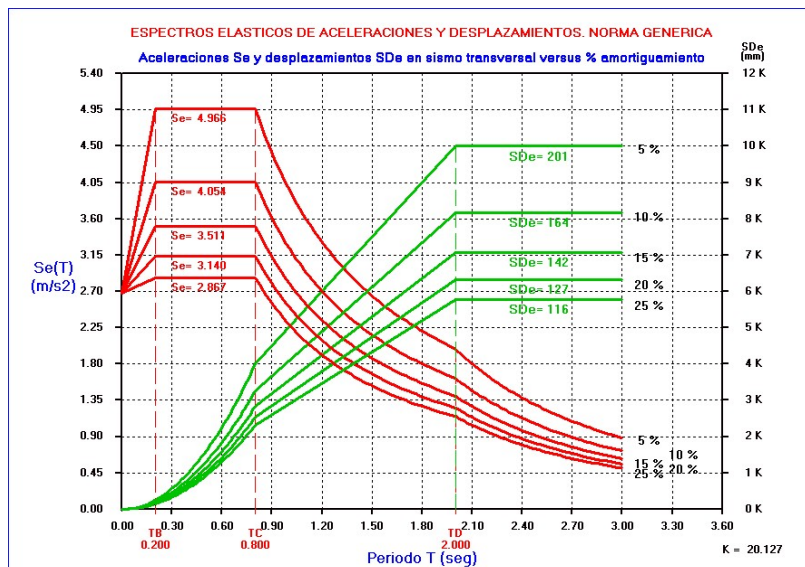
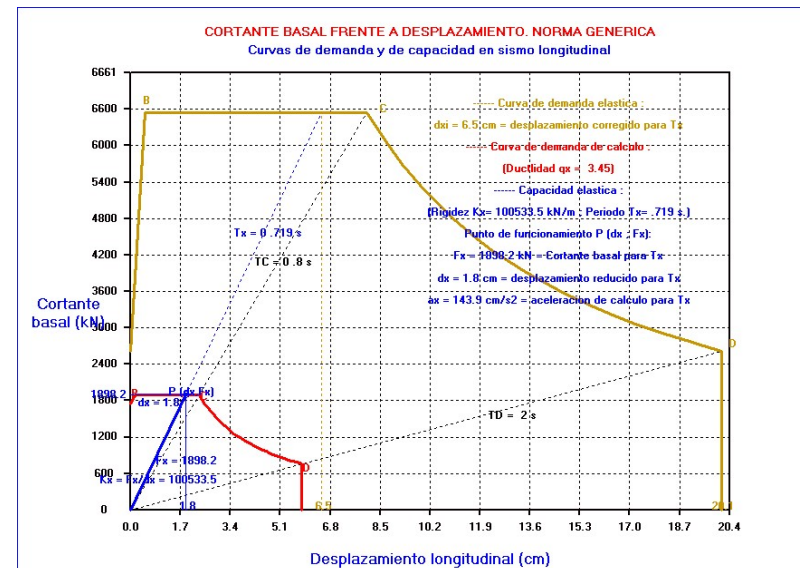
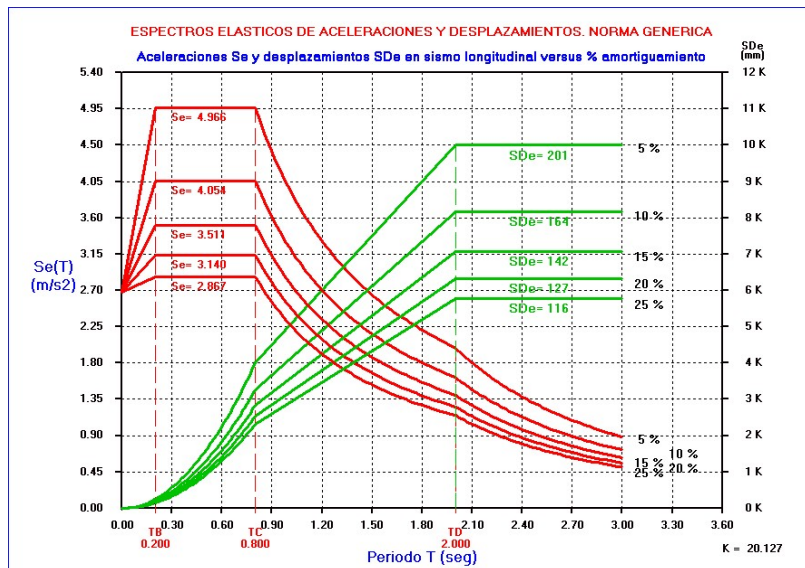
$DM_x = (1+q_x)/2 \cdot S_{de}(T_x) \cdot N_z$ $DM_x = 0.0091 \cdot N_z$
 $DM_y = (1+q_y)/2 \cdot S_{de}(T_y) \cdot N_z$ $DM_y = 0.2908 \cdot N_z$

EJEMPLO 6.- Puente losa 3 vanos y pilas empotradas (comport.ductil).

Guia







```

*****
"                                     "
"      P R O G R A M A      P O N S I S 2 5      "
"      =====      "
"                                     "
"      ANALISIS SISMICO DE PUENTES      "
"                                     "
"      Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras      "
"                                     "
"      Version 1      Fecha : 12/01/2025      "
"                                     "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 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 : 04-10-2025      "
"                                     "
*****

```

Puente losa 3 vanos y pilas empotradas (comportamiento ductil).Guia

UNIDADES Y MATERIALES

Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810

Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.50 (t/m3) = 24.53 (kN/m3)

Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3347604 (t/m2) = 32839996 (kN/m2)

Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 110.09 (t/m2) = 1080.00 (kN/m2)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 3

Longitud del vano 1 (m) L1 = 20.000

Longitud del vano 2 (m) L2 = 25.000

Longitud del vano 3 (m) L3 = 20.000

Longitud total del tablero (>= 65.00 m.) Ltab = 66.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 1

Anchuras : b1= 4.000 b2= 0.570 b3= 3.430 b4= 0.650

Alturas : h1= 0.570 h2= 0.230 h3= 0.200 h4= 0.000

Huecos : Nh= 4 dh= 0.600 sh= 0.900 zc= 0.500

Anchura del tablero (m) Btab = 12.000

Seccion recta del tablero (m2) Stab = 5.845

Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 45.085

Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 0.992

Percentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 50.000

Volumen del tablero (m3) Vtab = 385.77

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 964.425

Peso de las pilas (t) Ppilas = 39.584

Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.500

PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 984.217

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.080

Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.400

Ancho total de carriles de trafico (<= 12.00 m) Btra = 11.000

Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 0.480

CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 272.448

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 62.040

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 984.22+ 272.45+ 62.04 (t).. G = 1318.71

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81

Masa M = G/g (t/m*s2) M = 134.425

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 4 ejes de carga : 2 pilas y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3 i=4

E1-----P1-----P2-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	(m)	(m)	(mm)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	400	500	100	66
P1	2	1	1.20	0.00	0.000	7.00	0	0	0	0	0

P2	3	1	1	1.20	0.00	0.000	7.00	0	0	0	0	0
E2	4	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	400	500	100	66

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
 Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
 Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.
 Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
 hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
 Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
 Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

Irig = 2 : Rigidez eficaz de pila elastoplastica EIEff = 1.2739E+05t/m2

NORMA SISMICA DADA POR SU ESPECTRO DE DISENO

Informacion sismica :

Espectro de Tipo 1. Sismo de campo lejano. (Tabla 3.2 de UNE-EN 1998-1)

Espectro de 4 ramas : T=0-TB , Meseta en TB-TC , Curvas TC-TD Y TD-oo

T = 0.000 TB = 0.200 TC = 0.800 TD = 2.000

Aceleracion sismica de calculo (g) ag/g = 0.150
 Aceleracion sismica de calculo (m/s2) ag = 1.472
 Meseta C25*S*ag del espectro entre TB y TC C25 = 2.500
 Tipo de suelo (A=1,B=2,C=3,D=4,E=5) Tipos = 4
 Coeficiente de suelo S = 1.350
 Porcentaje de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
 Factor corrector por amortiguamiento $v = (5/Q)^{0.4}$ v = 1.000
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento $vx = (5/(Q+Qx))^{0.4}$ vx = 1.000
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento $vy = (5/(Q+Qy))^{0.4}$ vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X gx = 3.450
 Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 3.450

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 :	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.400
P1 :	2	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.000
P2 :	3	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.000
E2 :	4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.400

Ppilas= 39.58

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	K	Kp	Kn	Kpx
E1 :	1	0.00000E+00	-	-	6545.45	6545.45
P1 :	2	1.24970E+06	12.00	43721.35	-	43721.35
P2 :	3	1.24970E+06	12.00	43721.35	-	43721.35
E2 :	4	0.00000E+00	-	-	6545.45	6545.45

Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) Kx = 100533.61

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo Kp = (K * EI)/hz^3 (kN/m); EI=Rigidez efectiva C1 UNE-EN1998
 K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
 Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (kN/m) . An = Seccion neoprenos
 Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1/Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 0.720

Aceleracion espectral elastica para T=Tx (m/s2) Se(Tx) = 4.966
 Aceleracion espectral de diseno para T=Tx (m/s2) Sd(Tx) = 1.440
 Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M* Sd(Tx) = 1898.30

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :

	i	Kpx/Kx	Fxi	dxi	dpx	dnx	Gnx
E1 :	1	0.065	123.59	0.0189	0.0000	0.0189	0.0286
P1 :	2	0.435	825.56	0.0189	0.0189	0.0000	0.0000
P2 :	3	0.435	825.56	0.0189	0.0189	0.0000	0.0000
E2 :	4	0.065	123.59	0.0189	0.0000	0.0189	0.0286

Fx = 1898.30

Desplazamientos maximos para T = Tx :

Desplazamiento elastico (m) SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.065
 Desplazamiento inelastico (m) SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.225
 Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)
 dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx). dxi = Fxi/Kpx (m)
 dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
 dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
 Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 :	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.400
P1 :	2	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.000
P2 :	3	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.000
E2 :	4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.400

Ppilas= 39.58

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	K	Kp	Kn	Kpy
E1 :	1	0.00000E+00	-	-	6545.45	6545.45
P1 :	2	1.24970E+06	5.67	20665.92	-	20665.92
P2 :	3	1.24970E+06	5.67	20665.92	-	20665.92
E2 :	4	0.00000E+00	-	-	6545.45	6545.45

Rigidez transversal total del puente (kN/m) Ky = 54422.75

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo Kp =hz^3/(K * EI) (t/m); EI=Rigidez efectiva C1 UNE-EN1998
 K=Factor de empotramiento=funcion de rigidez a torsion GJ del tablero y de la rigidez EI de la pila: K=12*(1+hz*GJ/EI/L')/(4+hz*GJ/EI/L') varia entre K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
 Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (kN/m). An = Seccion neoprenos
 Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1/Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion transversal (s): Ty = 2*pi*(M/Ky)^0.5 =.. Ty= 0.978

Aceleracion espectral elastica para T=Ty (m/s2) Se(Ty) = 4.062
 Aceleracion espectral de diseno para T=Ty (m/s2) Sd(Ty) = 1.177
 Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... Fy = M* Sd(Ty) = 1552.70
 Momento torsor sismico en puente (kNxm) MFy = Fy*L/2 = 5144.03

Movimientos del tablero rigido :

Desplazamiento transversal dyl de estribo izquierdo. Giro de conjunto=m :

K11 = Suma Kpyi = 5.4423E+04 ; K12 = K21 = Suma Kpyi * xpi = 1.7687E+06
 K22 = Suma Kpyi * xpi^2 = 7.7769E+07 ; Determinante K = 1.1040E+12

| K11	K12	| *	dyl	| =	| Fy	| --->	dyl = 2.8530E-02 (m)
| K21	K22	|	m	|	MFy	| --->	m =-2.1558E-10 -

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :

	i	xp(i)	Fyi	dxi	dpy	dny	Gny
E1	1	0.00	186.74	0.0285	0.0000	0.0285	0.0432
P1	2	20.00	589.61	0.0285	0.0285	0.0000	0.0000
P2	3	45.00	589.61	0.0285	0.0285	0.0000	0.0000
E2	4	65.00	186.74	0.0285	0.0000	0.0285	0.0432

Fy = 1552.70

Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpyi*dxi (kN)
dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpy+dny). dxi = Fyi/Kpy (m)
dpy = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
dny = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dny = Fyi/Kn (m)
Gny = % de distorsion de las caras del neopreno Gny = dny/Hng * 100

Media de dxi: dm = 2.8530E-02 ; Maxima diferencia : dmax = 5.5879E-09
Condicion de modelo de tablero rigido .. : dmax/dm = 0.000 < 0.20 (OK)

Desplazamientos maximos para T = Ty :
Desplazamiento elastico (m) SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.098
Desplazamiento inelastico (m) SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.340
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1 : 1	123.59	0.00	56.02	0.00
Pila 2	P2 : 2	825.56	5778.89	176.88	1238.18
Pila 3	P3 : 3	825.56	5778.89	176.88	1238.18
Estribo der.	E2 : 4	123.59	0.00	56.02	0.00

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

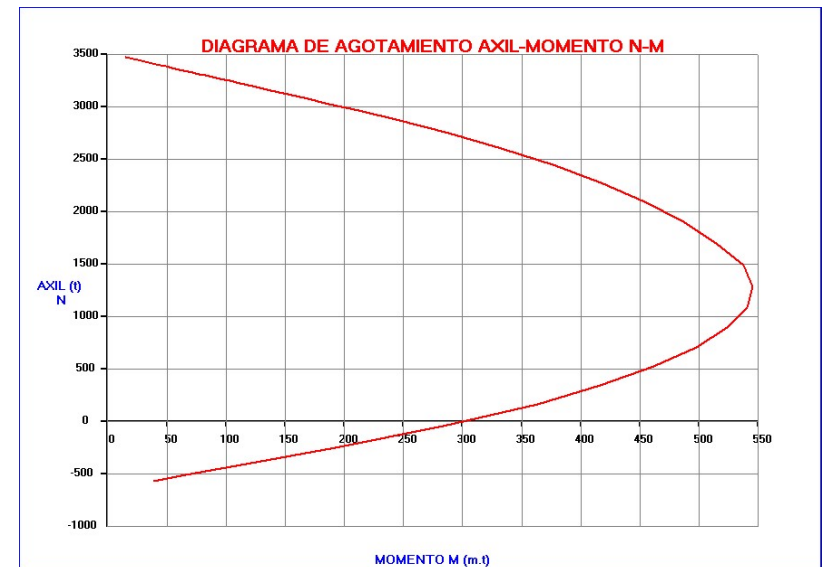
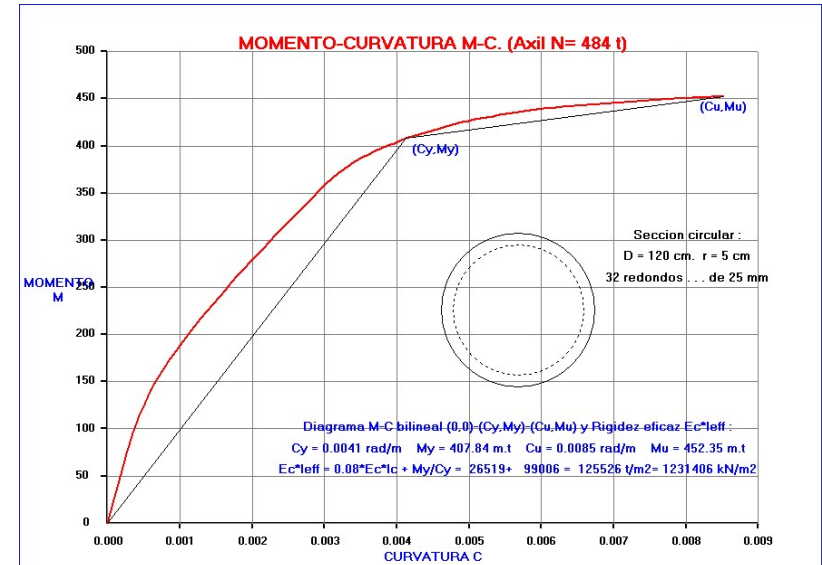
	Eje	Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1 : 1	186.74	0.00	37.08	0.00
Pila 2	P2 : 2	589.61	4127.25	247.67	1733.67
Pila 3	P3 : 3	589.61	4127.25	247.67	1733.67
Estribo der.	E2 : 4	186.74	0.00	37.08	0.00

Cortantes Vx=Fx_i ; Vy=Fy_i y Momentos Mx=Fx_i*hzi ; My=Fy_i*hzi en la base

EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

Momentos de vuelco producidos por el axil maximo Nz concomitante :

DMx = (1+qx)/2 * SDe(Tx) * Nz DMx = 0.1449 * Nz
DMy = (1+qy)/2 * SDe(Ty) * Nz DMy = 0.2190 * Nz



SECCIONES DE HORMIGON.DIAGRAMAS MOMENTO-CURVATURA Y DE INTERACCION
=====

Seccion circular : (Tipo = 4)

Diametro (cm) de la seccion D = 120.00
Recubrimiento (cm) de la armadura r = 5.00
Numero de redondos Nr = 32
Diametro de los redondos (mm) fi = 25

Seccion de hormigon :

Seccion bruta :

Area de la seccion A = 11309.73 cm2
Distancia del c.d.g. al borde superior Ys = 60.00 cm.
Distancia del c.d.g. al borde inferior Yi = 60.00 cm.
Momento de inercia de la seccion bruta I = 10178758 cm4

Modulo resistente respecto borde superior .. Ws = 169646.1 cm3
Modulo resistente respecto borde inferior .. Wi = 169645.8 cm3

Seccion neta :

Area de la seccion neta A = 12093.77 cm2
Distancia del c.d.g. al borde superior Ys = 60.00 cm.
Distancia del c.d.g. al borde inferior Yi = 60.00 cm.
Momento de inercia de la seccion neta I = 11289440 cm4
Modulo resistente respecto borde superior .. Ws = 188157.5 cm3
Modulo resistente respecto borde inferior .. Wi = 188157.1 cm3

Seccion homogeneizada :

Area de la seccion homogenea A = 12093.77 cm2
Distancia del c.d.g. al borde superior Ys = 60.00 cm.
Distancia del c.d.g. al borde inferior Yi = 60.00 cm.
Momento de inercia de la seccion homogenea... I = 11289440 cm4
Modulo resistente respecto borde superior .. Ws = 188157.5 cm3
Modulo resistente respecto borde inferior .. Wi = 188157.1 cm3

Resistencia de calculo del hormigon fcd = 300.00 Kp/cm2
Modulo de elasticidad del hormigon Ec = 325670 Kp/cm2

CARACTERISTICAS DE LAS ARMADURAS :

32 redondos de diametro 25 mm con recubrimiento r = 5.00 cm

ARMADURA PASIVA		
Capa Nº	Profund. cm.	Area cm2
1	6.5	9.82
2	8.6	9.82
3	12.6	9.82
4	18.5	9.82
5	25.9	9.82
6	34.7	9.82
7	44.4	9.82
8	54.7	9.82
9	65.3	9.82
10	75.6	9.82
11	85.3	9.82
12	94.1	9.82

13	101.5	9.82
14	107.4	9.82
15	111.4	9.82
16	113.5	9.82

Resistencia de calculo del acero de armar. fcd = 4100.0 Kp/cm2
Modulo de elasticidad del acero de armar .. Es = 2100000 Kp/cm2

DIAGRAMA MOMENTO - CURVATURA

(CORRESPONDIENTE AL ESFUERZO AXIL N = 484.60 t.)

M (m.t)	- C (rad/m)	M (m.t)	- C (rad/m)	M (m.t)	- C (rad/m)
0.00	0.0000E+00	24.41	8.6004E-05	48.81	1.7201E-04
73.18	2.5801E-04	95.69	3.4402E-04	113.72	4.3002E-04
128.69	5.1603E-04	141.66	6.0203E-04	153.26	6.8804E-04
163.90	7.7404E-04	173.82	8.6004E-04	183.21	9.4605E-04
192.17	1.0321E-03	200.79	1.1181E-03	209.15	1.2041E-03
217.28	1.2901E-03	225.23	1.3761E-03	233.02	1.4621E-03
240.67	1.5481E-03	248.20	1.6341E-03	255.62	1.7201E-03
262.95	1.8061E-03	270.20	1.8921E-03	277.37	1.9781E-03
284.46	2.0641E-03	291.49	2.1501E-03	298.46	2.2361E-03
305.38	2.3221E-03	312.23	2.4081E-03	319.04	2.4941E-03
325.79	2.5801E-03	332.50	2.6661E-03	339.16	2.7521E-03
345.78	2.8381E-03	352.35	2.9242E-03	358.87	3.0102E-03
365.36	3.0962E-03	370.96	3.1822E-03	375.64	3.2682E-03
380.15	3.3542E-03	384.05	3.4402E-03	387.64	3.5262E-03
391.20	3.6122E-03	394.66	3.6982E-03	397.41	3.7842E-03
400.13	3.8702E-03	402.82	3.9562E-03	405.48	4.0422E-03
408.11	4.1282E-03	410.36	4.2142E-03	412.33	4.3002E-03
414.28	4.3862E-03	416.20	4.4722E-03	418.09	4.5582E-03
419.97	4.6442E-03	421.82	4.7302E-03	423.66	4.8162E-03
425.38	4.9023E-03	426.71	4.9883E-03	428.03	5.0743E-03
429.21	5.1603E-03	430.37	5.2463E-03	431.50	5.3323E-03
432.63	5.4183E-03	433.73	5.5043E-03	434.70	5.5903E-03
435.67	5.6763E-03	436.63	5.7623E-03	437.58	5.8483E-03
438.51	5.9343E-03	439.44	6.0203E-03	440.14	6.1063E-03
440.75	6.1923E-03	441.35	6.2783E-03	441.95	6.3643E-03
442.54	6.4503E-03	443.09	6.5363E-03	443.58	6.6223E-03
444.06	6.7083E-03	444.54	6.7944E-03	445.01	6.8804E-03
445.48	6.9664E-03	445.94	7.0524E-03	446.40	7.1384E-03
446.86	7.2244E-03	447.30	7.3104E-03	447.75	7.3964E-03
448.19	7.4824E-03	448.62	7.5684E-03	449.05	7.6544E-03
449.48	7.7404E-03	449.91	7.8264E-03	450.33	7.9124E-03
450.74	7.9984E-03	451.16	8.0844E-03	451.41	8.1704E-03
451.65	8.2564E-03	451.88	8.3424E-03	452.12	8.4284E-03
452.35	8.5144E-03	452.58	8.6005E-03		

Diagrama M-C elastoplastico equivalente : (0,0)-(Cy,My)-(Cu,Mu) :

Cy= 0.0041 rad/m My= 407.84 m.t Cu= 0.0085 rad/m Mu= 452.35 m.t

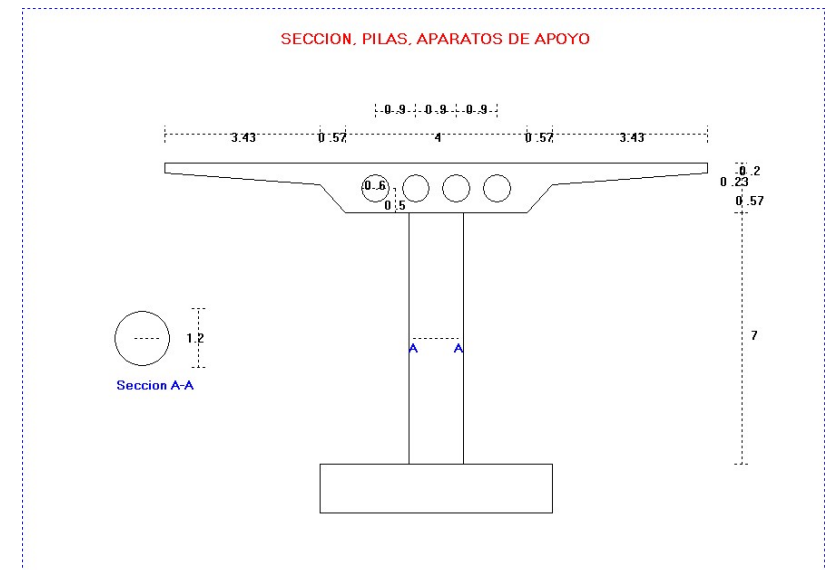
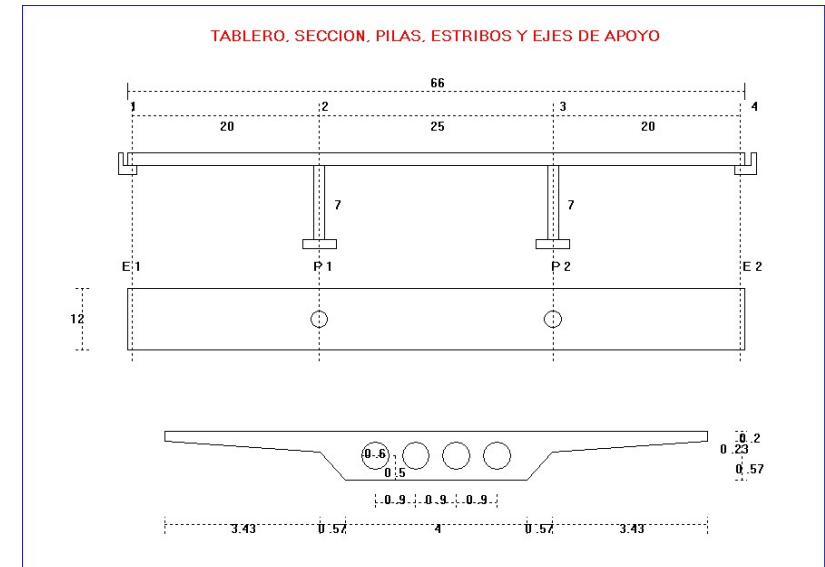
Modulo elastico hormigon (kp/cm2) Ec = 3.2567E+05
Inercia de la seccion bruta (cm4) Ic = 1.0179E+07
Modulo elastico armadura (kp/cm2) Es = 2.1000E+06
Maxima tension en armadura (kp/cm2) fyd= 4100.00
Canto util de la seccion (cm) d = 113.75
Maxima curvatura elastica (1/m) Cy = 2.4 * fyd / Es / d = 4.1193E-03

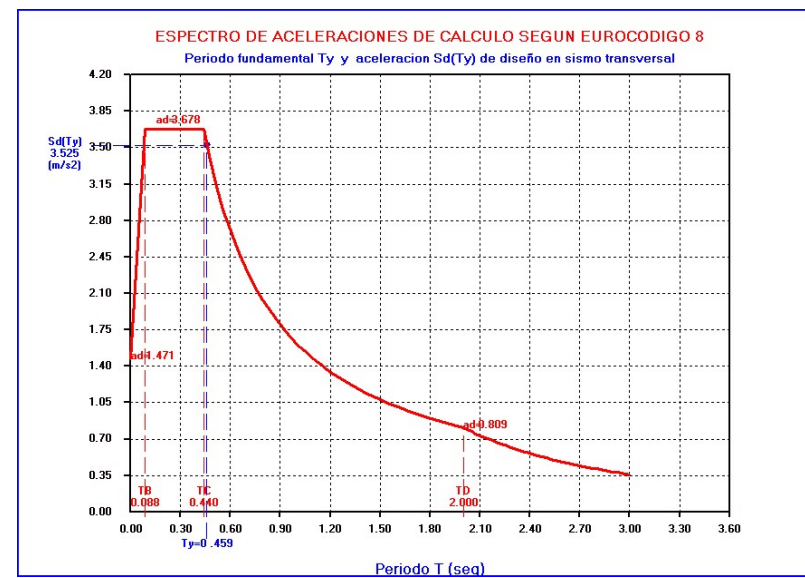
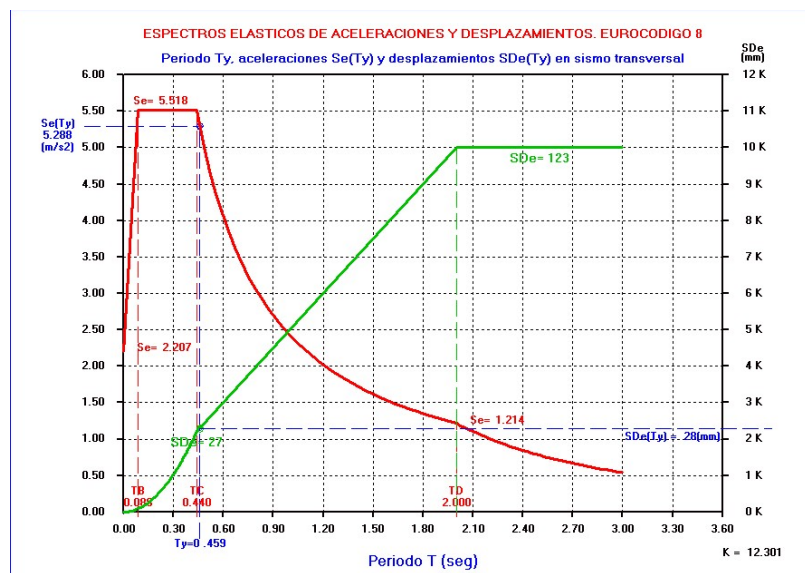
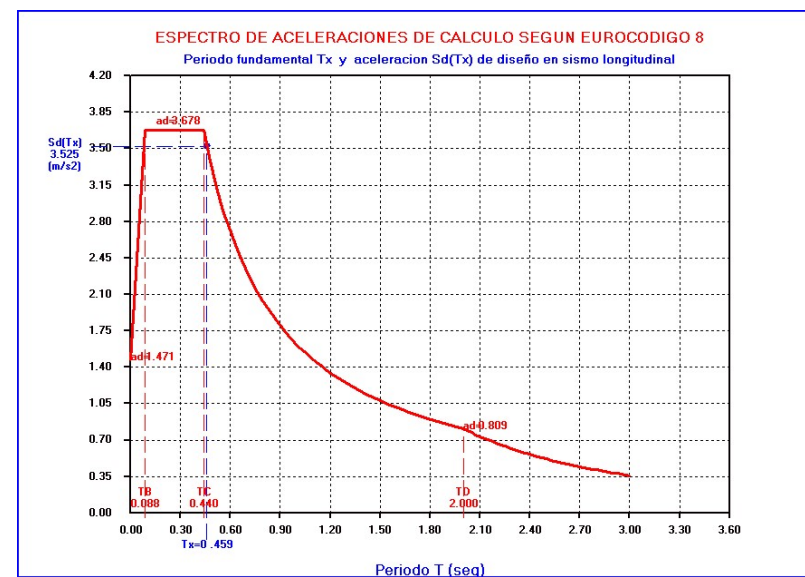
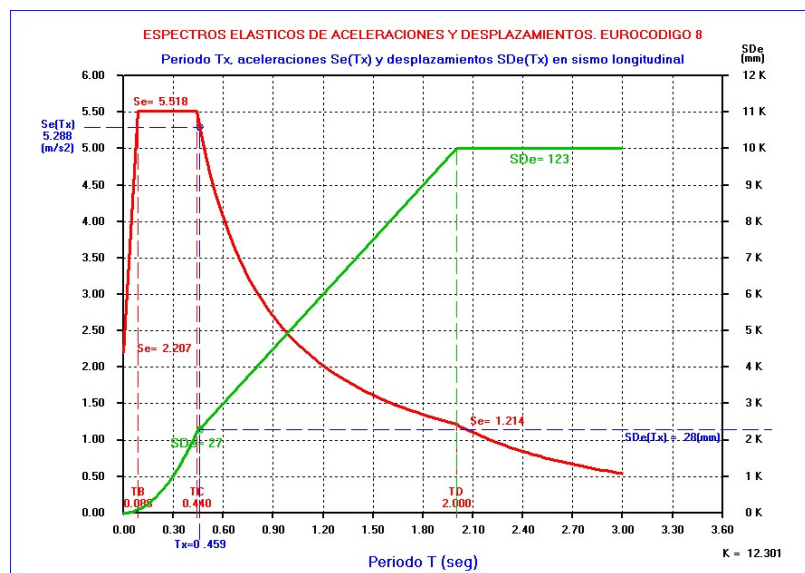
Rigidez efectiva (t/m2) = Ec*Ieff .. (Segun Anexo C. UNE-EN 1998-2)
Ec*Ieff = 0.08*Ec*Ic + My/Cy = 2.6519E+04 + 9.9006E+04 = 1.2553E+05
Rigidez efectiva en (kN/m2) Ec*Ieff = 1.2314E+06

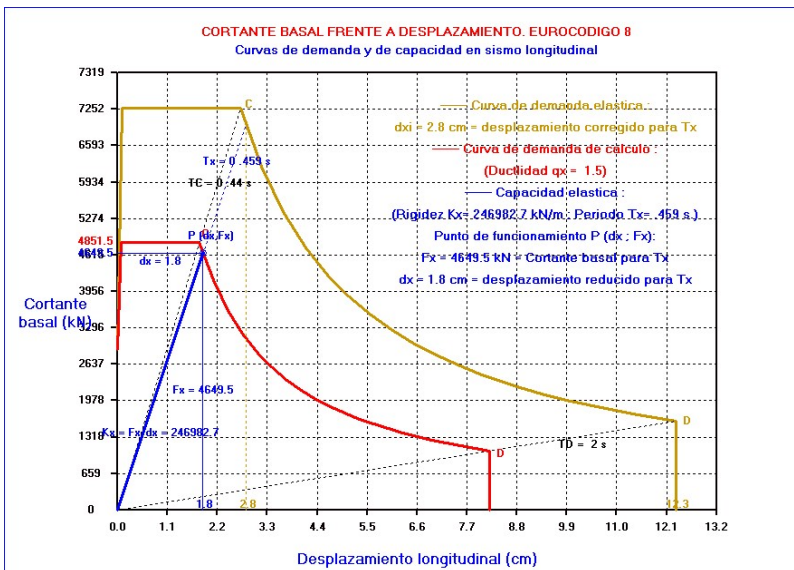
DIAGRAMA DE INTERACCION N - M

X (cm)	N (t)	M (m.t)	X (cm)	N (t)	M (m.t)
0.00	-566.80	38.94	6.00	-512.95	65.74
12.00	-409.76	117.00	18.00	-251.94	192.20
24.00	-44.29	283.63	30.00	165.95	363.25
36.00	341.66	416.17	42.00	523.42	461.74
48.00	707.96	497.24	54.00	897.47	523.77
60.00	1090.22	540.37	66.00	1286.04	545.29
72.00	1488.49	537.83	78.00	1701.72	514.84
84.00	1902.99	486.50	90.00	2094.09	453.87
96.00	2275.32	417.09	102.00	2445.88	376.55
108.00	2604.25	332.98	114.00	2750.40	287.99
120.00	2881.52	243.97	126.00	2964.51	212.06
132.00	3030.76	186.57	138.00	3084.61	165.84
144.00	3129.05	148.71	150.00	3166.21	134.39
156.00	3197.65	122.25	162.00	3224.53	111.88
168.00	3247.72	102.92	174.00	3267.88	95.13
180.00	3285.55	88.29	186.00	3301.14	82.26
192.00	3314.95	76.91	198.00	3327.25	72.13
204.00	3338.29	67.84	210.00	3348.22	63.97
216.00	3357.21	60.46	222.00	3365.38	57.28
228.00	3372.83	54.38	234.00	3379.64	51.72
240.00	3385.89	49.28	246.00	3391.65	47.03
252.00	3396.96	44.96	258.00	3401.88	43.04
264.00	3406.44	41.25	270.00	3410.68	39.59
276.00	3414.63	38.05	282.00	3418.33	36.60
288.00	3421.78	35.25	294.00	3425.02	33.98
300.00	3428.06	32.79	306.00	3430.92	31.67
312.00	3433.61	30.61	318.00	3436.16	29.61
324.00	3438.56	28.67	330.00	3440.83	27.77
336.00	3442.99	26.93	342.00	3445.03	26.12
348.00	3446.97	25.36	354.00	3448.82	24.64
360.00	3450.58	23.94	366.00	3452.25	23.29
372.00	3453.85	22.66	378.00	3455.37	22.06
384.00	3456.83	21.48	390.00	3458.22	20.93
396.00	3459.56	20.41	402.00	3460.83	19.90
408.00	3462.06	19.42	414.00	3463.24	18.96
420.00	3464.37	18.51	426.00	3465.45	18.08
432.00	3466.50	17.67	438.00	3467.50	17.27
444.00	3468.47	16.89	450.00	3469.40	16.52
456.00	3470.30	16.17	462.00	3471.17	15.82
468.00	3472.01	15.49	474.00	3472.82	15.17
∞	3472.82	15.17			

EJEMPLO 7.- Anterior con comport.elastico.Rigidez bruta de las pilas.Guia







```

=====
"                                     "
"                                     "
"      P R O G R A M A   P O N S I S 2 5      "
"      =====      "
"                                     "
"      ANALISIS SISMICO DE PUENTES      "
"                                     "
"      Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras      "
"                                     "
"      Version 1                               Fecha : 12/01/2025      "
"                                     "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 2025      "
"                                     "
"      E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander      "
"                                     "
"      =====
  
```

```

=====
"                                     "
"                                     "
"      DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA      "
"      =====      "
"                                     "
"      Proyecto : EJEMPLO N°7      "
"                                     "
"      Referencia : MANUAL      "
"                                     "
"      Fecha de calculo : 03-28-2025      "
"                                     "
"      =====
  
```

Anterior con comport.elastico. Rigidez bruta de las pilas. Guia 63

UNIDADES Y MATERIALES

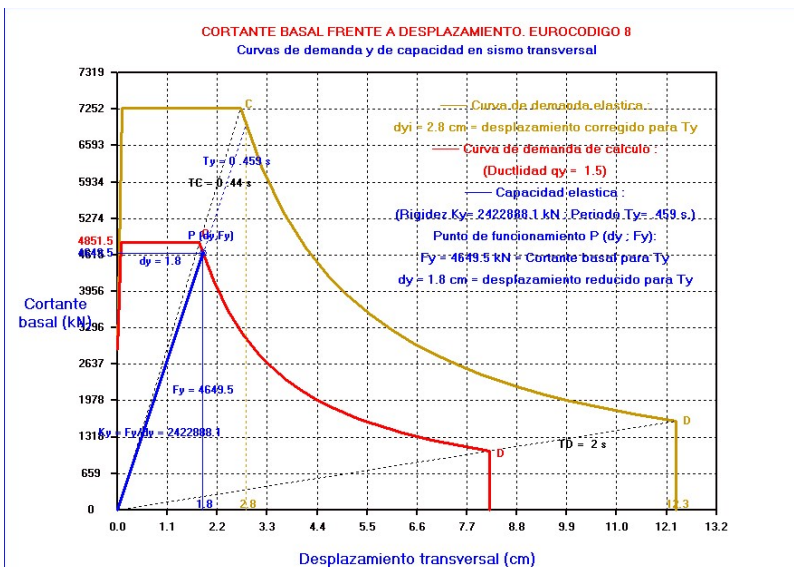
Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s2) $g = 9.810$
 Peso especifico del hormigon .. Gamah = $2.50 \text{ (t/m3)} = 24.53 \text{ (kN/m3)}$
 Modulo elastico del hormigon ... Eh = $3347604 \text{ (t/m2)} = 32839996 \text{ (kN/m2)}$
 Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = $110.09 \text{ (t/m2)} = 1080.00 \text{ (kN/m2)}$

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 3
 Longitud del vano 1 (m) L1 = 20.000
 Longitud del vano 2 (m) L2 = 25.000
 Longitud del vano 3 (m) L3 = 20.000



Longitud total del tablero (>= 65.00 m.) Ltab = 66.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 1
Anchuras : b1= 4.000 b2= 0.570 b3= 3.430 b4= 0.650
Alturas : h1= 0.570 h2= 0.230 h3= 0.200 h4= 0.000
Huecos : Nh= 4 dh= 0.600 sh= 0.900 zc= 0.500

Anchura del tablero (m) Btab = 12.000
Seccion recta del tablero (m2) Stab = 5.845
Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 45.085
Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 0.992
Porcentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 50.000
Volumen del tablero (m3) Vtab = 385.77

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 964.425
Peso de las pilas (t) Ppilas = 39.584
Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.500
PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 984.217

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.080
Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.400
Ancho total de carriles de trafico (<= 12.00 m) Btra = 11.000
Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 0.480
CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 272.448

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 62.040

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 984.22+ 272.45+ 62.04 (t) .. G = 1318.71

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81
Masa M = G/g (t/m*s2) M = 134.425

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 4 ejes de carga : 2 pilas y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3 i=4

E1-----P1-----P2-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila	i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	400	500	100	66
P1	2	1	1	1.20	0.00	0.000	7.00	0	0	0	0	0
P2	3	1	1	1.20	0.00	0.000	7.00	0	0	0	0	0
E2	4	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	400	500	100	66

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.
Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

ANALISIS SISMICO SEGUN EUROCODIGO 8

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica de referencia (m/s2) agR = 1.472
Aceleracion sismica de referencia (g) agR/g = 0.150
Coeficiente de contribucion K = 1.100
Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810
Factor de importancia de la estructura GamaI = 1.000
Aceleracion sismica de calculo (m/s2) ag = GamaI * agR = 1.472
Aceleracion sismica de calculo (g) ag/g = 0.150

Tipo de terreno (A=0,B=1,C=2,D=3) Tipo = 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 suelo : 0.1g<ag<0.4g ---> S = C+3.33(ag/g-0.1) (1-C) = 1.500
Porcentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
Factor corrector por amortiguamiento v = (10/(5+Q))^0.5 v = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vx = (10/(5+Q+Qx))^0.5 .. vx = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vy = (10/(5+Q+Qy))^0.5 .. vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.500
Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.500

ESPECTROS DE RESPUESTA

Espectro de respuesta de aceleracion elastica Se(T) definido por 4 ramas:

Se(T) = ag * S * (1 + T/TB * (2.5 * v - 1)) para T <= TB
Se(T) = 2.5 * v * S * ag para TB< T <= TC
Se(T) = 2.5 * v * TC / T * S * ag para TC< T <= TD
Se(T) = 2.5 * v * TC * TD / T^2 * S * ag para TD< T
con TB = 0.088 TC = 0.440 TD = 2.000 para sismo horizontal

Espectro elastico de desplazamientos SDe(T) :

SDe(T) = Se(T) * (T/2/pi)^2 * g (m) para v, TB, TC, TD
Velocidad maxima del terreno Vg = 0.2*S*TC*ag Vg = 0.000
Desplazamiento maximo del terreno dg = 0.025*S*TC*TD*ag dg = 0.000

Espectro de aceleracion de diseno Sd(T) (m/s2) definido por 4 ramas:

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

Se(T) = Aceleracion horizontal respuesta elastica para periodo T (m/s2)
Sd(T) = Aceleracion horizontal de diseno para el periodo T (m/s2)
SDe(T) = Desplazamiento horizontal respuesta elastica en periodo T (m/s)
Sdd(T) = Desplazamiento horizontal de diseno para el periodo T ... (m/s)

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

```

-----
Características geométricas de pilas, estribos y neoprenos:
  i      A      Ppila      I      rg      Lp      esbel.      beta      An
E1 : 1      0.000      0.00      0.000      0.000      0.00      0.00      1.000      0.400
P1 : 2      1.131      19.79      0.102      0.300      8.40      28.00      1.000      0.000
P2 : 3      1.131      19.79      0.102      0.300      8.40      28.00      1.000      0.000
E2 : 4      0.000      0.00      0.000      0.000      0.00      0.00      1.000      0.400
Pilas= 39.58
Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :
  i      EI      Kp      Kn      Kpx
E1 : 1      0.00000E+00      -      6545.45      6545.45
P1 : 2      3.34270E+06      116945.92      -      116945.92
P2 : 3      3.34270E+06      116945.92      -      116945.92
E2 : 4      0.00000E+00      -      6545.45      6545.45
-----
Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) ..... Kx = 246982.77

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuración depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz^3 (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m2)
K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (kN/m) . An = Seccion neoprenos
Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1/Kn) (kN/m)

Periodo de vibración longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 0.459
-----
Aceleración espectral elástica para T=Tx (m/s2) ..... Se(Tx) = 5.289
Aceleración espectral de diseño para T=Tx (m/s2) ..... Sd(Tx) = 3.526
Fuerza equivalente sísmica longitudinal (kN) .. Fx = M* Sd(Tx) = 4649.54

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :
  i      Kpx/Kx      Fxi      dxi      dpk      dnx      Gnx
E1 : 1      0.027      123.22      0.0188      0.0000      0.0188      0.0285
P1 : 2      0.473      2201.55      0.0188      0.0188      0.0000      0.0000
P2 : 3      0.473      2201.55      0.0188      0.0188      0.0000      0.0000
E2 : 4      0.027      123.22      0.0188      0.0000      0.0188      0.0285
-----
Fx = 4649.54

Desplazamientos máximos para T = Tx :
Desplazamiento elástico (m) ..... SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.028
Desplazamiento inelástico (m) ..... SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.042
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i ..... Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)
dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpk+dnx). dxi = Fxi/Kpx (m)
dpk = desplazamiento en el extremo de la pila ..... dpk = Fxi/Kp (m)
dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
Gnx = % de distorsión de las caras del neopreno .... Gnx = dnx/Hng * 100

```

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

```

-----
Características geométricas de pilas, estribos y neoprenos:
  i      A      Ppila      I      rg      Lp      esbel.      beta      An
E1 : 1      0.000      0.00      0.000      0.000      0.00      0.00      1.000      0.400
P1 : 2      1.131      19.79      0.102      0.300      8.40      28.00      1.000      0.000
P2 : 3      1.131      19.79      0.102      0.300      8.40      28.00      1.000      0.000
E2 : 4      0.000      0.00      0.000      0.000      0.00      0.00      1.000      0.400
Pilas= 39.58
Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :
  i      EI      Kp      Kn      Kpy
E1 : 1      0.00000E+00      -      6545.45      6545.45
P1 : 2      3.34270E+06      116945.92      -      116945.92
P2 : 3      3.34270E+06      116945.92      -      116945.92
E2 : 4      0.00000E+00      -      6545.45      6545.45
-----
Rigidez transversal total del puente (kN/m) ..... Ky = 246982.77

```

A = Sección pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuración depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =hz^3/(K *EI * beta) (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m2)
K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero
y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre
K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (kN/m). An = Sección neoprenos
Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1/Kn) (kN/m)

Periodo de vibración transversal (s): Ty = 2*pi*(M/Ky)^0.5 =.. Ty= 0.459

Aceleración espectral elástica para T=Ty (m/s2) Se(Ty) = 5.289
Aceleración espectral de diseño para T=Ty (m/s2) Sd(Ty) = 3.526
Fuerza equivalente sísmica en puente (kN) ... Fy = M* Sd(Ty) = 4649.53
Momento torsor sísmico en puente (kNm) MFy = Fy*L/2 = 15403.64

Movimientos del tablero rígido :
Desplazamiento transversal dyl de estribo izquierdo. Giro de conjunto=m :

K11 = Suma Kpyi = 2.4698E+05 ; K12 = K21 = Suma Kpyi * xpi = 8.0269E+06
K22 = Suma Kpyi * xpi^2 = 3.1125E+08 ; Determinante K = 1.2441E+13

K11	K12	*	dyl	=	Fy	---	dyl = 1.8825E-02 (m)
K21	K22	*	m	=	MFy	---	m = 0.0000E+00 -

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :
dyi = dyl + m * xpi desplazamiento transversal pila i. Fyi = Kpyi * dyi
 i xp(i) Fyi dyi dpy dny Gny
E1 : 1 0.00 123.22 0.0188 0.0000 0.0188 0.0285
P1 : 2 20.00 2201.54 0.0188 0.0188 0.0000 0.0000
P2 : 3 45.00 2201.54 0.0188 0.0188 0.0000 0.0000
E2 : 4 65.00 123.22 0.0188 0.0000 0.0188 0.0285

Fy = 4649.53

Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpyi*dyi (kN)
dyi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dyi=dpk+dny). dyi = Fyi/Kpy (m)
dkp = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
dny = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dny = Fyi/Kn (m)
Gny = % de distorsión de las caras del neopreno Gny = dny/Hng * 100

Media de dyi: dm = 1.8825E-02 ; Máxima diferencia : dmax = 0.0000E+00
Condición de modelo de tablero rígido .. : dmax/dm = 0.000 < 0.20 (OK)

Desplazamientos máximos para T = Ty :
Desplazamiento elástico (m) SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.028
Desplazamiento inelástico (m) SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.042
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinación 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

Eje	Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq. E1	: 1	123.22	0.00	36.97
Pila 2 P2	: 2	2201.55	15410.85	660.46
Pila 3 P3	: 3	2201.55	15410.85	660.46
Estribo der. E2	: 4	123.22	0.00	36.97

Combinación 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

Eje	Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq. E1	: 1	123.22	0.00	36.97
Pila 2 P2	: 2	2201.54	15410.80	660.46

Pila 3	P3	:	3	2201.54	15410.80	660.46	4623.25
Estribo der.	E2	:	4	123.22	0.00	36.97	0.00

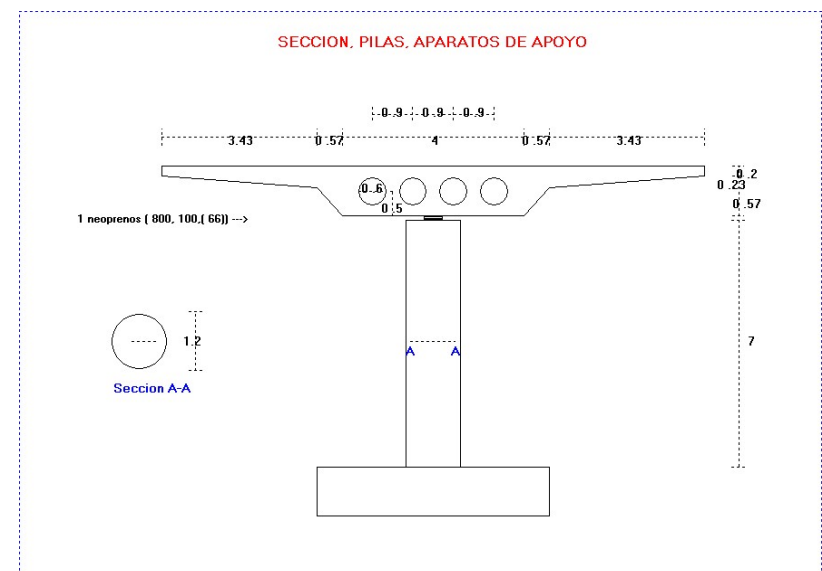
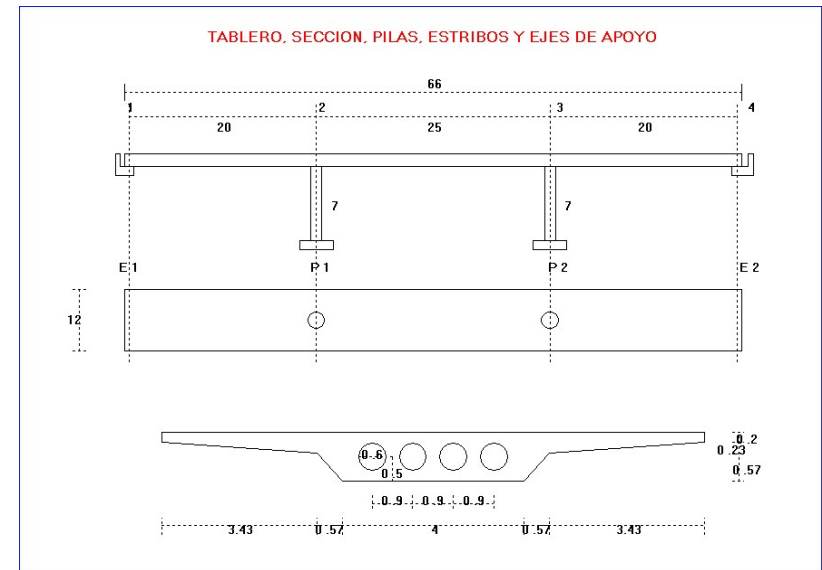
Cortantes $V_x=F_{xi}$; $V_y=F_{yi}$ y Momentos $M_x=F_{xi}*h_{zi}$; $M_y=F_{yi}*h_{zi}$ en la base

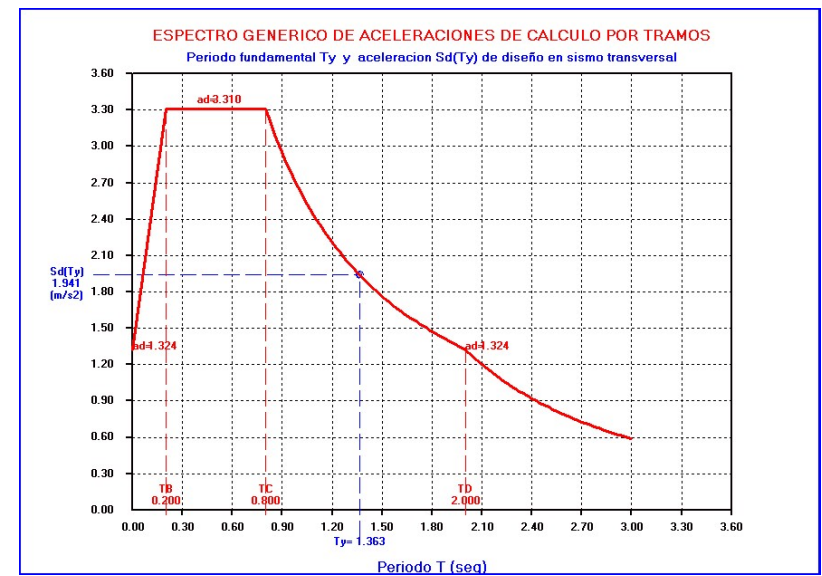
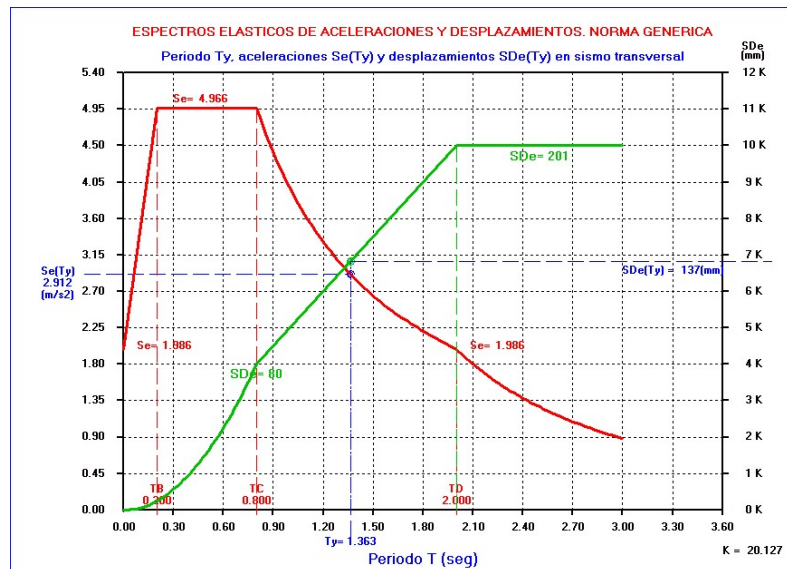
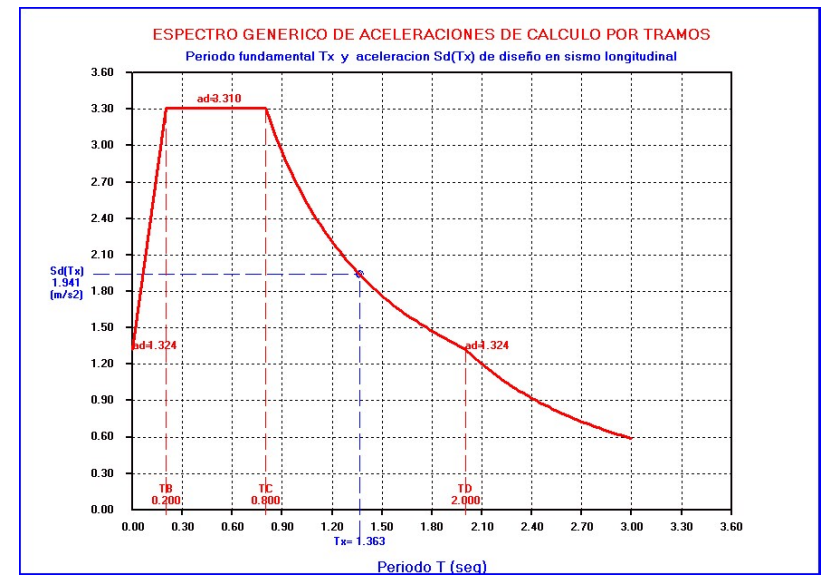
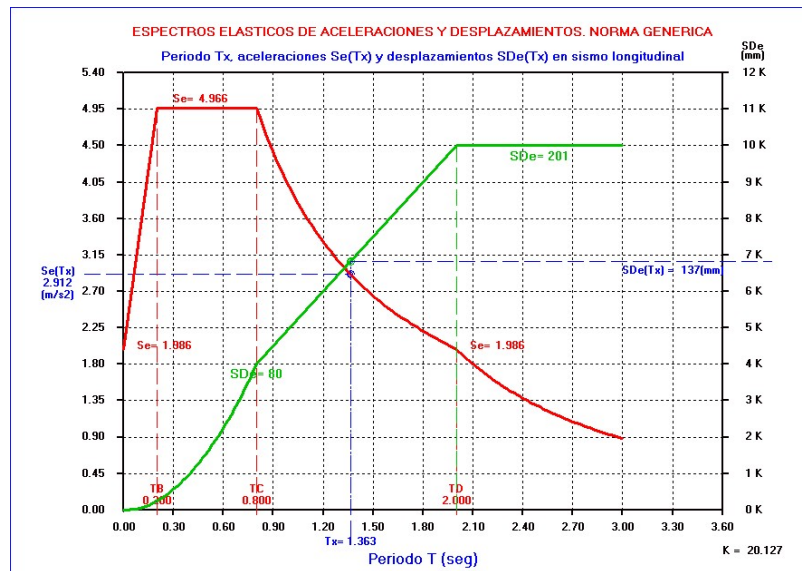
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

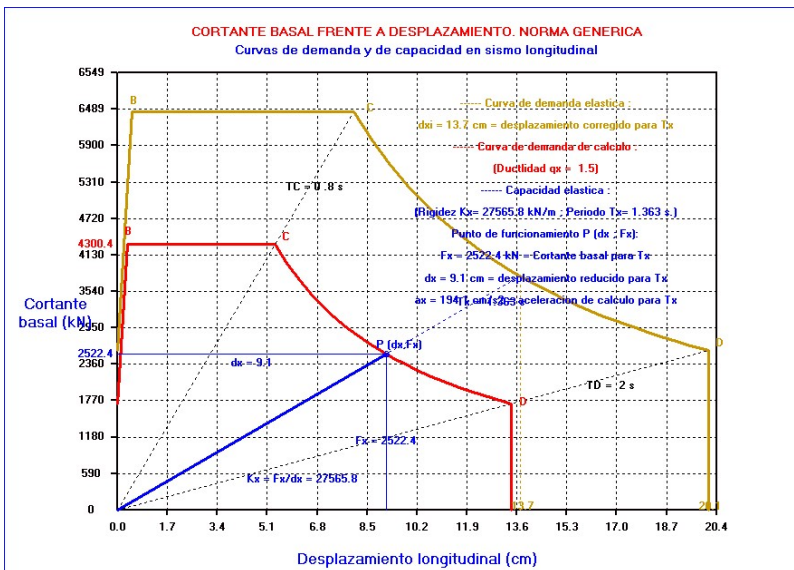
Momentos de vuelco producidos por el axil maximo N_z concomitante :

$DM_x = (1+q_x)/2 * SDe(T_x) * N_z$	.....	$DM_x = 0.0353 * N_z$
$DM_y = (1+q_y)/2 * SDe(T_y) * N_z$	.....	$DM_y = 0.0353 * N_z$

EJEMPLO 8.- Tablero apoyado con neoprenos en 2 pilas circulares.Guia (5.2.5)







```

=====
"                                     "
"                                     "
"      PROGRAMA      P O N S I S 2 5      "
"      =====      "
"                                     "
"      ANALISIS SISMICO DE PUENTES      "
"                                     "
"      Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras      "
"                                     "
"      Version 1                               Fecha : 12/01/2025      "
"                                     "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 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 : 03-28-2025      "
"                                     "
"      =====
  
```

Tablero apoyado con neoprenos en 2 pilas circulares. Guia (5.2.5)

UNIDADES Y MATERIALES

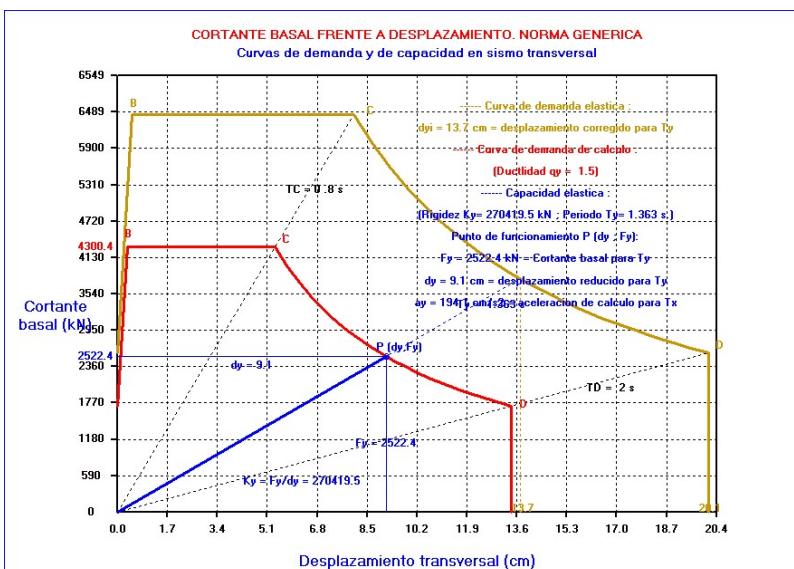
Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s²) g = 9.810
 Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.50 (t/m³) = 24.53 (kN/m³)
 Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3347604 (t/m²) = 32839996 (kN/m²)
 Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 110.09 (t/m²) = 1080.00 (kN/m²)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 3
 Longitud del vano 1 (m) L1 = 20.000
 Longitud del vano 2 (m) L2 = 25.000
 Longitud del vano 3 (m) L3 = 20.000



Longitud total del tablero (>= 65.00 m.) Ltab = 66.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 1
Anchuras : b1= 4.000 b2= 0.570 b3= 3.430 b4= 0.650
Alturas : h1= 0.570 h2= 0.230 h3= 0.200 h4= 0.000
Huecos : Nh= 4 dh= 0.600 sh= 0.900 zc= 0.500

Anchura del tablero (m) Btab = 12.000
Seccion recta del tablero (m2) Stab = 5.845
Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 45.085
Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 0.992
Porcentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000
Volumen del tablero (m3) Vtab = 385.77

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 964.425
Peso de las pilas (t) Ppilas = 39.584
Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.000
PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 964.425

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.080
Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.400
Ancho total de carriles de trafico (<= 12.00 m) Btra = 11.000
Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 0.480
CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 272.448

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 62.040

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 964.42+ 272.45+ 62.04 (t).. G = 1298.91

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81
Masa M = G/g (t/m*s2) M = 132.407

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 4 ejes de carga : 2 pilas y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3 i=4
E1-----P1-----P2-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila	i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	450	500	100	66
P1	2	1	1	1.20	0.00	0.000	7.00	1	800	0	100	66
P2	3	1	1	1.20	0.00	0.000	7.00	1	800	0	100	66
E2	4	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	450	500	100	66

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.
Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

NORMA SISMICA DADA POR SU ESPECTRO DE DISENO

Informacion sismica :

Espectro de Tipo 1. Sismo de campo lejano. (Tabla 3.2 de UNE-EN 1998-1)

Espectro de 4 ramas : T=0-TB , Meseta en TB-TC , Curvas TC-TD Y TD-oo

T = 0.000 TB = 0.200 TC = 0.800 TD = 2.000

Aceleracion sismica de calculo (g) ag/g = 0.150
Aceleracion sismica de calculo (m/s2) ag = 1.472
Meseta C25*S*ag del espectro entre TB y TC C25 = 2.500
Tipo de suelo (A=1,B=2,C=3,D=4,E=5) Tipos = 4
Coeficiente de suelo S = 1.350
Porcentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
Factor corrector por amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 v = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vx = (5/(Q+Qx))^0.4 vx = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vy = (5/(Q+Qy))^0.4 vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.500

Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.500

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 :	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.450
P1 :	2	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
P2 :	3	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
E2 :	4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.450

Ppilas= 39.58

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpx
E1 :	1	0.00000E+00	-	7363.63	7363.63
P1 :	2	3.34270E+06	29236.48	8225.26	6419.28
P2 :	3	3.34270E+06	29236.48	8225.26	6419.28
E2 :	4	0.00000E+00	-	7363.63	7363.63

Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) Kx = 27565.84

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz^3 (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m2)
K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (kN/m) . An = Seccion neoprenos
Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 1.364

Aceleracion espectral elastica para T=Tx (m/s2) Se(Tx) = 2.913
Aceleracion espectral de diseno para T=Tx (m/s2) Sd(Tx) = 1.942
Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M* Sd(Tx) = 2522.49

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :

	i	Kpx/Kx	Fxi	dxi	dpx	dnx	Gnx
E1	: 1	0.267	673.83	0.0915	0.0000	0.0915	0.1386
P1	: 2	0.233	587.41	0.0915	0.0201	0.0714	0.1082
P2	: 3	0.233	587.41	0.0915	0.0201	0.0714	0.1082
E2	: 4	0.267	673.83	0.0915	0.0000	0.0915	0.1386

Fx = 2522.49

Desplazamientos maximos para T = Tx :

Desplazamiento elastico (m) SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.137

Desplazamiento inelastico (m) SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.206

Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)
dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx). dxi = Fxi/Kpx (m)
dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1	: 1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.450
P1	: 2	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
P2	: 3	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
E2	: 4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.450

Ppilas= 39.58

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpy
E1	: 1	0.00000E+00	-	7363.63	7363.63
P1	: 2	3.34270E+06	29236.48	8225.26	6419.28
P2	: 3	3.34270E+06	29236.48	8225.26	6419.28
E2	: 4	0.00000E+00	-	7363.63	7363.63

Rigidez transversal total del puente (kN/m) Ky = 27565.84

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =hz^3/(K *EI * beta) (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m2)
K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (kN/m). An = Seccion neoprenos
Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion transversal (s): Ty = 2*pi*(M/Ky)^0.5 =.. Ty= 1.364

Aceleracion espectral elastica para T=Ty (m/s2) Se(Ty) = 2.913

Aceleracion espectral de diseno para T=Ty (m/s2) Sd(Ty) = 1.942

Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... Fy = M* Sd(Ty) = 2522.48

Momento torsor sismico en puente (kNx) MFy = Fy*L/2 = 8356.85

Movimientos del tablero rigido :

Desplazamiento transversal dyl de estribo izquierdo. Giro de conjunto=m :

K11 = Suma Kpyi = 2.7566E+04 ; K12 = K21 = Suma Kpyi * xpi = 8.9589E+05
K22 = Suma Kpyi * xpi^2 = 4.6678E+07 ; Determinante K = 4.8410E+11

	K11	K12	*	dyl	=	Fy	--- ></th <th>dyl</th>	dyl
	K21	K22		m		MFy	--- ></td <td>m</td>	m

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :

	i	xp(i)	Fyi	dyl	dpy	dney	Gny
E1	: 1	0.00	673.83	0.0915	0.0000	0.0915	0.1386
P1	: 2	20.00	587.41	0.0915	0.0201	0.0714	0.1082

	P2	:	3	45.00	587.41	0.0915	0.0201	0.0714	0.1082
E2	:	4	65.00	673.83	0.0915	0.0000	0.0915	0.1386	

Fy = 2522.48

Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpyi*dyl (kN)
dyl = desplaz. conjunto pila+neopreno (dyl=dpy+dney). dyl = Fyi/Kpy (m)
dpy = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
dney = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dny = Fyi/Kn (m)
Gny = % de distorsion de las caras del neopreno Gny = dny/Hng * 100

Media de dyl: dm = 9.1508E-02 ; Maxima diferencia : dmax = 0.0000E+00

Condicion de modelo de tablero rigido .. : dmax/dm = 0.000 < 0.20 (OK)

Desplazamientos maximos para T = Ty :

Desplazamiento elastico (m) SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.137

Desplazamiento inelastico (m) SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.206

Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1	: 1	673.83	0.00	202.15
Pila 2	P2	: 2	587.41	4111.90	176.22
Pila 3	P3	: 3	587.41	4111.90	176.22
Estribo der.	E2	: 4	673.83	0.00	202.15

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje	Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1	: 1	673.83	0.00	202.15
Pila 2	P2	: 2	587.41	4111.89	176.22
Pila 3	P3	: 3	587.41	4111.89	176.22
Estribo der.	E2	: 4	673.83	0.00	202.15

Cortantes Vx=Fxi ; Vy=Fyi y Momentos Mx=Fxi*hzi ; My=Fyi*hzi en la base

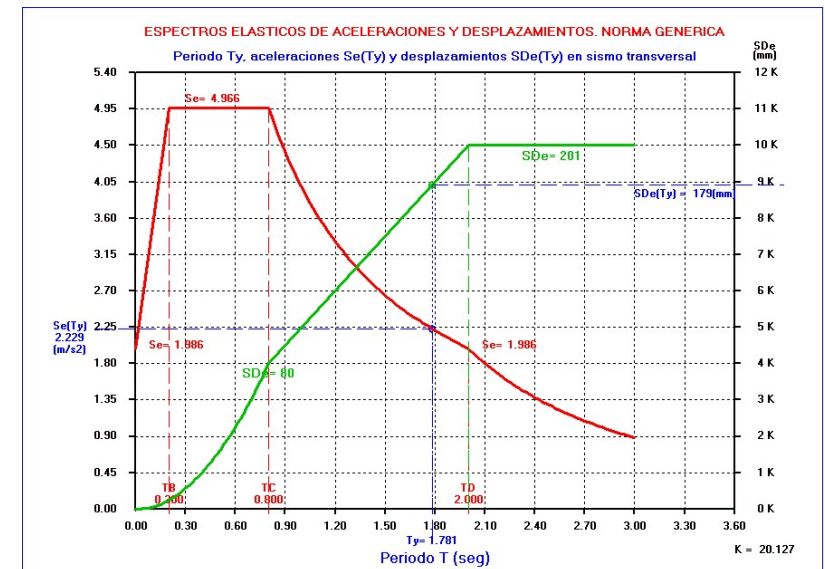
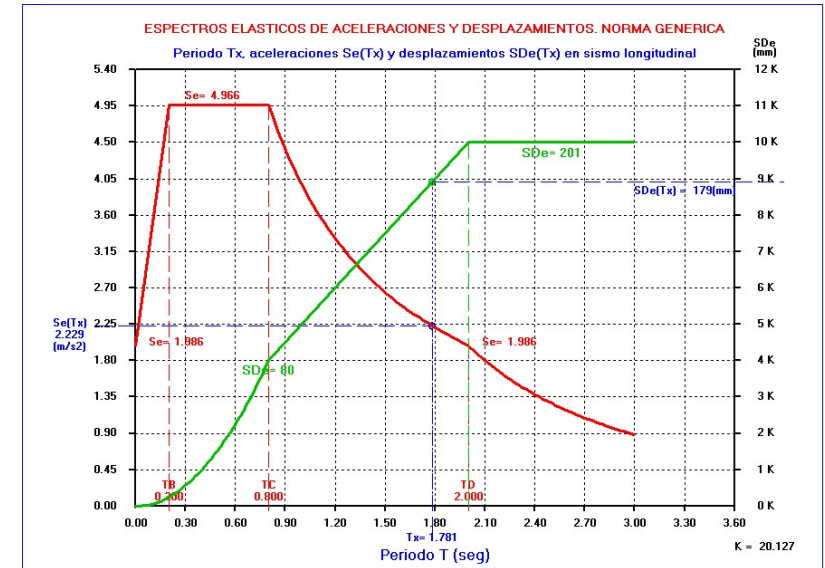
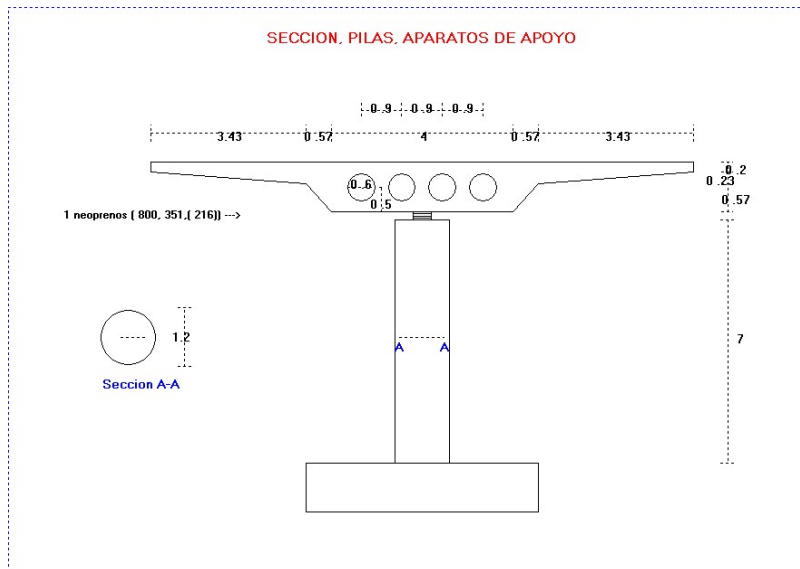
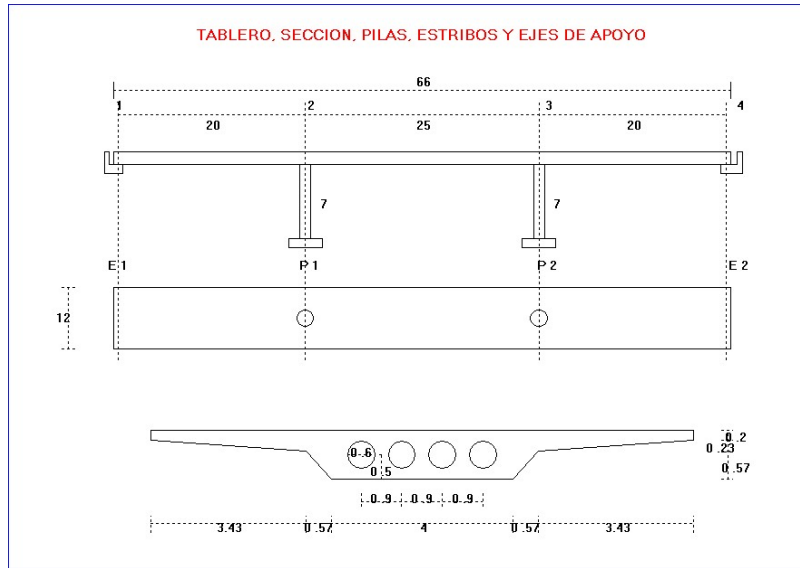
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

Momentos de vuelco producidos por el axil maximo Nz concomitante :

DMx = (1+qx)/2 * SDe(Tx) * Nz DMx = 0.1716 * Nz

DMy = (1+qy)/2 * SDe(Ty) * Nz DMy = 0.1716 * Nz

EJEMPLO 9.- Igual anterior y nuevas dimensiones de neoprenos. Guia (5.2.5.5)




```

*****
"                                     "
"      P R O G R A M A   P O N S I S 2 5      "
"      =====      "
"                                     "
"      ANALISIS SISMICO DE PUENTES      "
"                                     "
"      Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras      "
"                                     "
"      Version 1                      Fecha : 12/01/2025      "
"                                     "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 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 : 03-28-2025      "
"                                     "
*****

```

Igual anterior y nuevas dimensiones de neoprenos. Guia (5.2.5.5)

UNIDADES Y MATERIALES

Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s²) g = 9.810
 Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.50 (t/m³) = 24.53 (kN/m³)
 Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3347604 (t/m²) = 32839996 (kN/m²)
 Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 110.09 (t/m²) = 1080.00 (kN/m²)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 3
 Longitud del vano 1 (m) L1 = 20.000
 Longitud del vano 2 (m) L2 = 25.000
 Longitud del vano 3 (m) L3 = 20.000
 Longitud total del tablero (>= 65.00 m.) Ltab = 66.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 1
 Anchuras : b1= 4.000 b2= 0.570 b3= 3.430 b4= 0.650
 Alturas : h1= 0.570 h2= 0.230 h3= 0.200 h4= 0.000
 Huecos : Nh= 4 dh= 0.600 sh= 0.900 zc= 0.500

Anchura del tablero (m) Btab = 12.000
 Seccion recta del tablero (m²) Stab = 5.845
 Inercia del tablero a flexion transversal (m⁴) Itab = 45.085
 Inercia a torsion de la seccion transversal (m⁴) Itor = 0.992
 Porcentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000
 Volumen del tablero (m³) Vtab = 385.77

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 964.425
 Peso de las pilas (t) Ppilas = 39.584
 Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.000
 PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 964.425

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.080
 Peso especifico de capa bituminosa (t/m³) Gamab = 2.400
 Ancho total de carriles de trafico (<= 12.00 m) Btra = 11.000
 Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 0.480
 CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 272.448

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 62.040

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 964.42+ 272.45+ 62.04 (t) .. G = 1298.91

Aceleracion de la gravedad (m/s²) g = 9.81
 Masa M = G/g (t/m*s²) M = 132.407

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 4 ejes de carga : 2 pilas y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3 i=4
 E1-----P1-----P2-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila	i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	700	800	355	210
P1	2	1	1	1.20	0.00	0.000	7.00	1	800	0	351	216
P2	3	1	1	1.20	0.00	0.000	7.00	1	800	0	351	216
E2	4	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	700	800	355	210

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
 Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
 Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.

Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
 hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
 Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
 Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

NORMA SISMICA DADA POR SU ESPECTRO DE DISEÑO

Informacion sismica :

Espectro de Tipo 1. Sismo de campo lejano. (Tabla 3.2 de UNE-EN 1998-1)

Espectro de 4 ramas : T=0-TB , Meseta en TB-TC , Curvas TC-TD Y TD-oo

T = 0.000 TB = 0.200 TC = 0.800 TD = 2.000

Aceleracion sismica de calculo (g) ag/g = 0.150
 Aceleracion sismica de calculo (m/s2) ag = 1.472
 Meseta C25*S*ag del espectro entre TB y TC C25 = 2.500
 Tipo de suelo (A=1,B=2,C=3,D=4,E=5) Tipos = 4
 Coeficiente de suelo S = 1.350
 Porcentaje de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
 Factor corrector por amortiguamiento $v = (5/Q)^{0.4}$ v = 1.000
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. vx = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento $vx = (5/(Q+Qx))^{0.4}$ vx = 1.000
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento $vy = (5/(Q+Qy))^{0.4}$ vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.500
 Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.500

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 : 1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.120
P1 : 2	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
P2 : 3	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
E2 : 4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.120

Pilas= 39.58

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

i	EI	Kp	Kn	Kpx
E1 : 1	0.00000E+00	-	5760.00	5760.00
P1 : 2	3.34270E+06	29236.48	2513.27	2314.32
P2 : 3	3.34270E+06	29236.48	2513.27	2314.32
E2 : 4	0.00000E+00	-	5760.00	5760.00

Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) Kx = 16148.65

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); $rg=(I/A)^{0.5}$; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo $Kp = (K * EI * beta)/hz^3$ (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m2)
 K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
 Rigidez del neopreno $Kn = (Gn * An)/hgn$ (kN/m) . An = Seccion neoprenos
 Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno $Kpx = 1/(1/Kp+1+Kn)$ (kN/m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): $Tx=2*pi*(M/Kx)^{0.5} = .. Tx = 1.782$

Aceleracion espectral elastica para $T=Tx$ (m/s2) Se(Tx) = 2.230
 Aceleracion espectral de diseno para $T=Tx$ (m/s2) Sd(Tx) = 1.486
 Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M* Sd(Tx) = 1930.69

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :

	i	Kpx/Kx	Fxi	dxi	dpx	dnx	Gnx
E1 :	1	0.357	688.65	0.1196	0.0000	0.1196	0.0569
P1 :	2	0.143	276.69	0.1196	0.0095	0.1101	0.0510
P2 :	3	0.143	276.69	0.1196	0.0095	0.1101	0.0510
E2 :	4	0.357	688.65	0.1196	0.0000	0.1196	0.0569

Fx = 1930.69

Desplazamientos maximos para T = Tx :

Desplazamiento elastico (m) SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.179
 Desplazamiento inelastico (m) SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.269
 Ductilidad desplaz.: $mu=q$ si $T>1.25*TB$ sino $mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4$

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)
 dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx) .. dxi = Fxi/Kpx (m)
 dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
 dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
 Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 : 1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.120
P1 : 2	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
P2 : 3	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
E2 : 4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.120

Pilas= 39.58

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

i	EI	Kp	Kn	Kpy
E1 : 1	0.00000E+00	-	5760.00	5760.00
P1 : 2	3.34270E+06	29236.48	2513.27	2314.32
P2 : 3	3.34270E+06	29236.48	2513.27	2314.32
E2 : 4	0.00000E+00	-	5760.00	5760.00

Rigidez transversal total del puente (kN/m) Ky = 16148.65

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; $rg=(I/A)^{0.5}$; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo $Kp = hz^3/(K * EI * beta)$ (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m2)
 K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero y de la rigidez EI de la pila: $K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI)$ varia entre K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
 Rigidez del neopreno $Kn = hgn / (Gn * An)$ (kN/m) . An = Seccion neoprenos
 Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno $Kpy = 1/(1/Kp+1+Kn)$ (kN/m)

Periodo de vibracion transversal (s): $Ty = 2*pi*(M/Ky)^{0.5} = .. Ty = 1.782$

Aceleracion espectral elastica para $T=Ty$ (m/s2) Se(Ty) = 2.230
 Aceleracion espectral de diseno para $T=Ty$ (m/s2) Sd(Ty) = 1.486
 Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... Fy = M* Sd(Ty) = 1930.68
 Momento torsor sismico en puente (kNxm) MFy = Fy*L/2 = 6396.24

Movimientos del tablero rigido :

Desplazamiento transversal dyl de estribo izquierdo. Giro de conjunto=m :

K11 = Suma Kpyi = 1.6149E+04 ; K12 = K21 = Suma Kpyi * xpi = 5.2483E+05
 K22 = Suma Kpyi * xpi^2 = 2.9948E+07 ; Determinante K = 2.0818E+11

| K11	K12	| * | dyl	| = | Fy	--->	dyl = 1.1956E-01 (m)
| K21	K22	| | m	| MFy	--->	m = 0.0000E+00 -

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :

dyl = dyl + m * xpi desplazamiento transversal pila i. Fyi = Kpyi * dyl
 i xp(i) Fyi dyl dpy dny Gny

E1	:	1	0.00	688.65	0.1196	0.0000	0.1196	0.0569
P1	:	2	20.00	276.69	0.1196	0.0095	0.1101	0.0510
P2	:	3	45.00	276.69	0.1196	0.0095	0.1101	0.0510
E2	:	4	65.00	688.65	0.1196	0.0000	0.1196	0.0569

Fy = 1930.68

Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpyi*dyi (kN)
dyi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dyi=dpy+dny). dyi = Fyi/Kpy (m)
dpy = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
dny = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dny = Fyi/Kn (m)
Gny = % de distorsion de las caras del neopreno Gny = dny/Hng * 100

Media de dyi: dm = 1.1956E-01 ; Maxima diferencia : dmax = 0.0000E+00
Condicion de modelo de tablero rigido .. : dmax/dm = 0.000 < 0.20 (OK)

Desplazamientos maximos para T = Ty :
Desplazamiento elastico (m) SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.179
Desplazamiento inelastico (m) SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.269
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje		Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i		(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1	:	1	688.65	0.00	206.59
Pila 2	P2	:	2	276.69	1936.86	83.01
Pila 3	P3	:	3	276.69	1936.86	83.01
Estribo der.	E2	:	4	688.65	0.00	206.59

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje		Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
	i		(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1	:	1	688.65	0.00	206.59
Pila 2	P2	:	2	276.69	1936.85	83.01
Pila 3	P3	:	3	276.69	1936.85	83.01
Estribo der.	E2	:	4	688.65	0.00	206.59

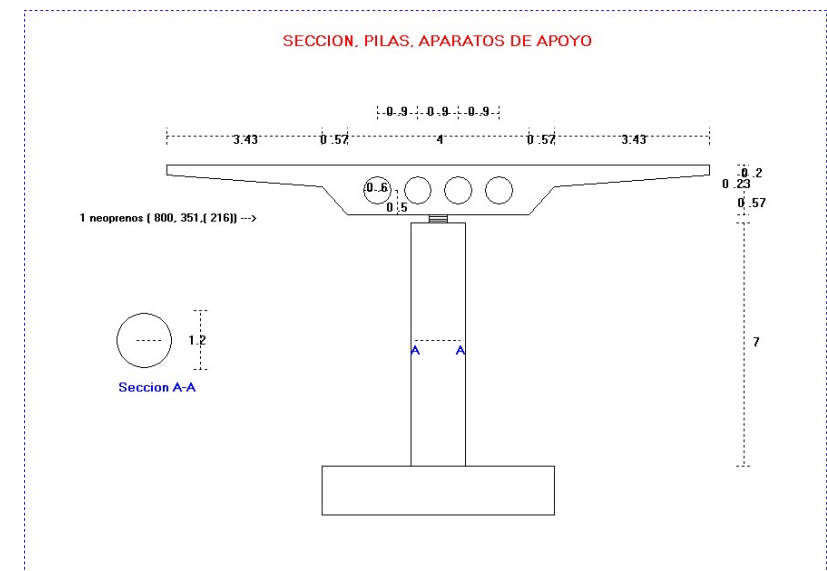
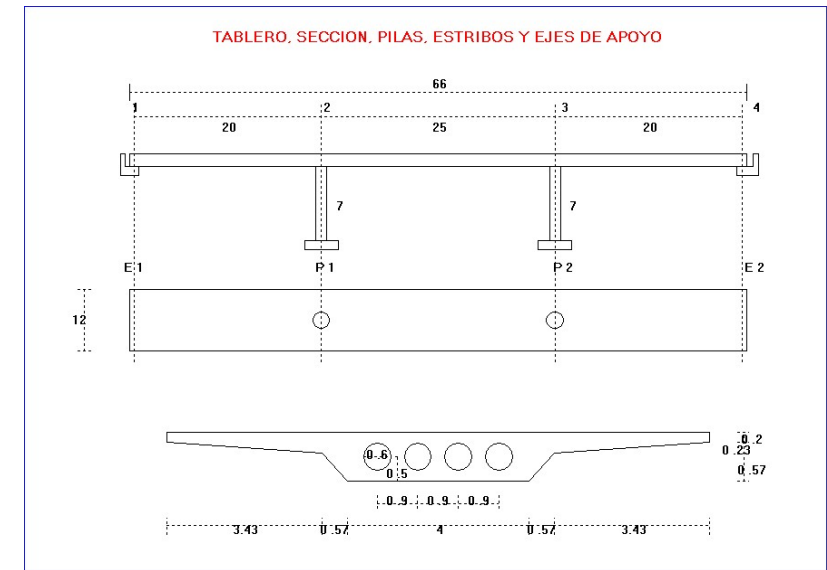
Cortantes Vx=Fxi ; Vy=Fyi y Momentos Mx=Fxi*hzi ; My=Fyi*hzi en la base

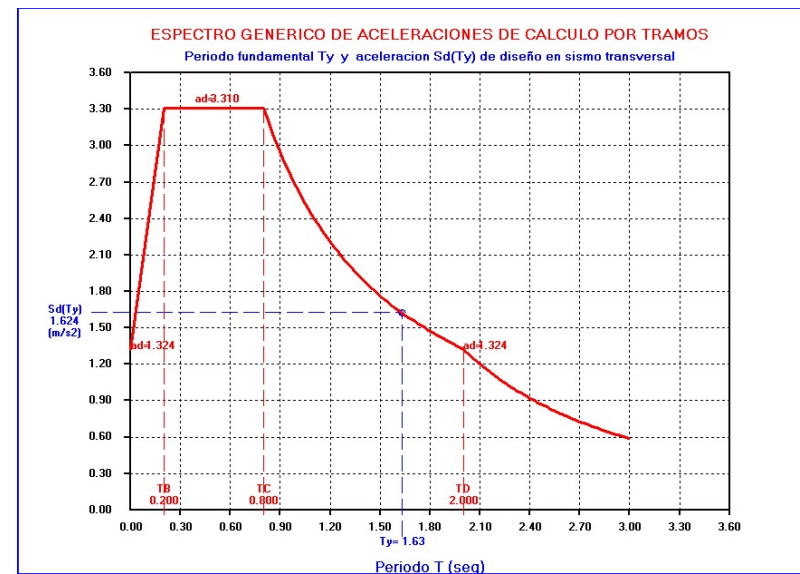
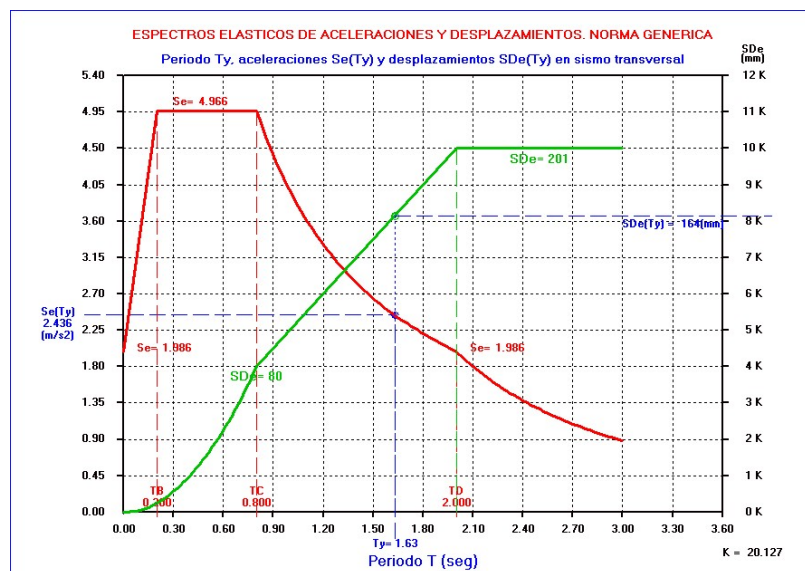
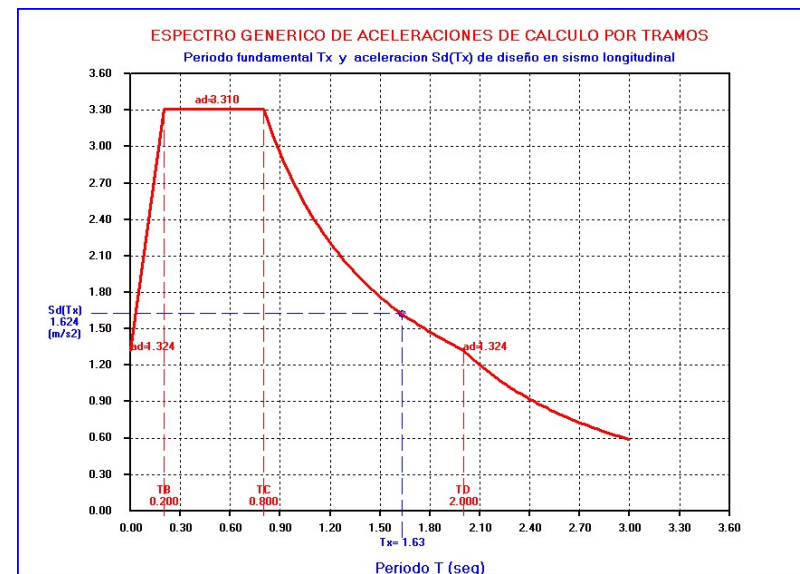
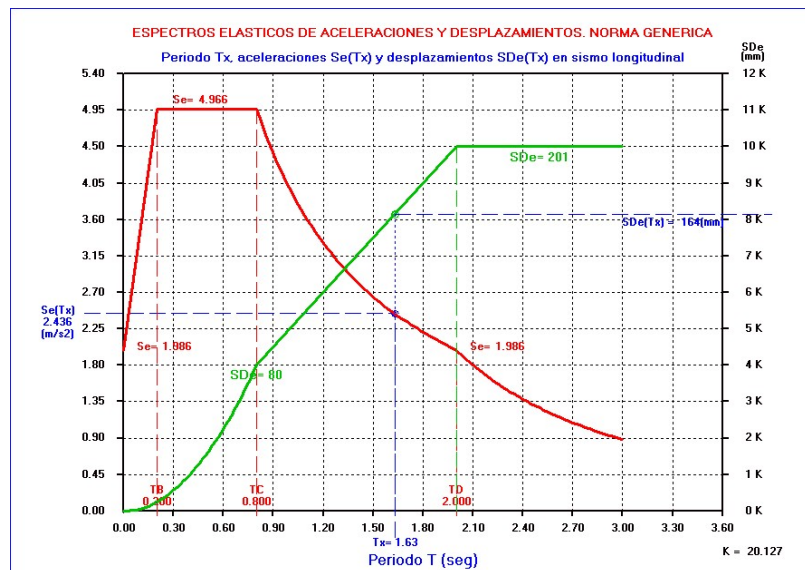
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

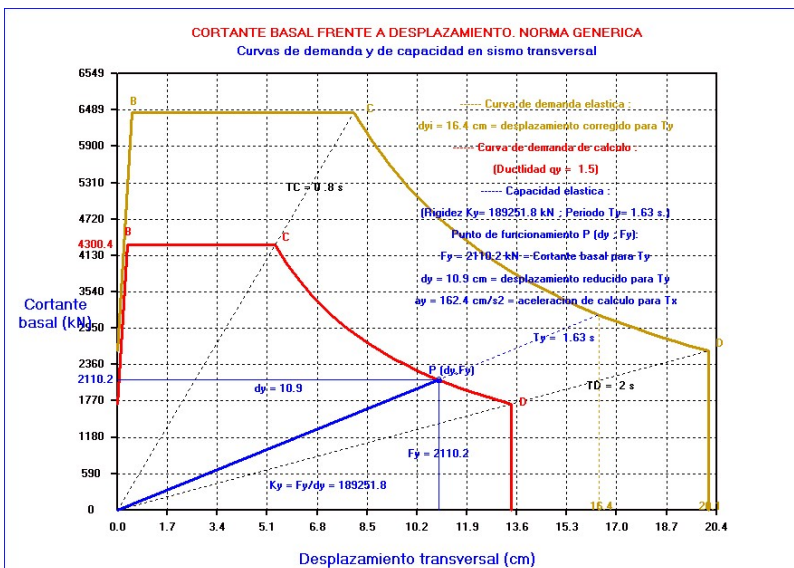
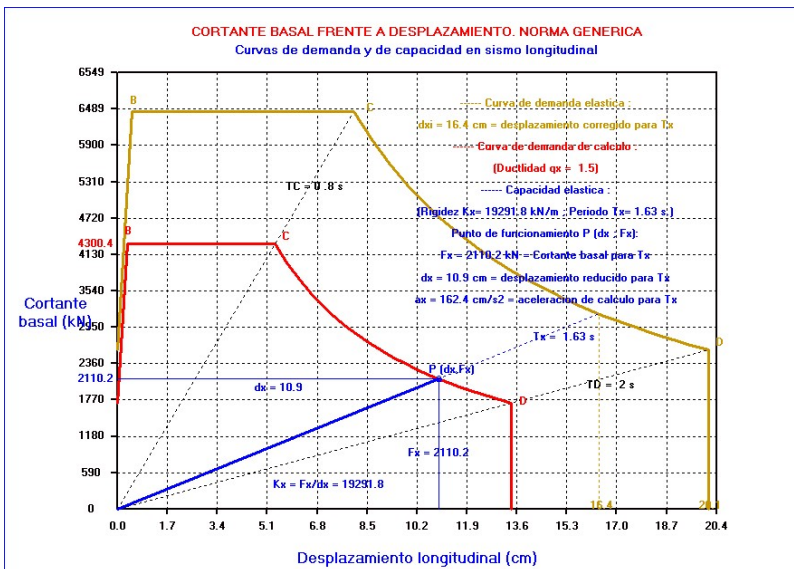
Momentos de vuelco producidos por el axil maximo Nz concomitante :

DMx = (1+qx)/2 * SDe(Tx) * Nz DMx = 0.2242 * Nz
DMy = (1+qy)/2 * SDe(Ty) * Nz DMy = 0.2242 * Nz

EJEMPLO 10.- Anterior+rigidez neoprenos Gn=1.2*Gn (Esf.sism. Guia 5.2.5.6)







```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A   P O N S I S 2 5          "
"          =====          "
"                                     "
"          ANALISIS SISMICO DE PUENTES                "
"                                     "
"          Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras "
"                                     "
"          Version 1                                Fecha : 12/01/2025 "
"                                     "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 2025 "
"                                     "
"          E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander "
"                                     "
"          =====

```

```

=====
"                                     "
"          DATOS DEL PROYECTO DE LA ESTRUCTURA        "
"          =====          "
"                                     "
"          Proyecto : EJEMPLO N°10                    "
"                                     "
"          Referencia : MANUAL                        "
"                                     "
"          Fecha de calculo : 03-28-2025              "
"                                     "
"          =====

```

Anterior+rigidez aumentada neoprenos $G_n=1.2 \cdot G_n$ (Esf.sismicos Guia 5.2.5.6)

UNIDADES Y MATERIALES

Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s²) $g = 9.810$
 Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.50 (t/m³) = 24.53 (kN/m³)
 Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3347604 (t/m²) = 32839996 (kN/m²)
 Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 132.11 (t/m²) = 1296.00 (kN/m²)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 3
 Longitud del vano 1 (m) L1 = 20.000
 Longitud del vano 2 (m) L2 = 25.000
 Longitud del vano 3 (m) L3 = 20.000

Longitud total del tablero (>= 65.00 m.) Ltab = 66.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 1
Anchuras : b1= 4.000 b2= 0.570 b3= 3.430 b4= 0.650
Alturas : h1= 0.570 h2= 0.230 h3= 0.200 h4= 0.000
Huecos : Nh= 4 dh= 0.600 sh= 0.900 zc= 0.500

Anchura del tablero (m) Btab = 12.000
Seccion recta del tablero (m2) Stab = 5.845
Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 45.085
Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 0.992
Porcentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000
Volumen del tablero (m3) Vtab = 385.77

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 964.425
Peso de las pilas (t) Ppilas = 39.584
Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.000
PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 964.425

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.080
Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.400
Ancho total de carriles de trafico (<= 12.00 m) Btra = 11.000
Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 0.480
CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 272.448

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 62.040

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 964.42+ 272.45+ 62.04 (t).. G = 1298.91

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81
Masa M = G/g (t/m*s2) M = 132.407

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 4 ejes de carga : 2 pilas y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3 i=4
E1-----P1-----P2-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila	i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	700	800	355	210
P1	2	1	1	1.20	0.00	0.000	7.00	1	800	0	351	216
P2	3	1	1	1.20	0.00	0.000	7.00	1	800	0	351	216
E2	4	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	2	700	800	355	210

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.
Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

NORMA SISMICA DADA POR SU ESPECTRO DE DISENO

Informacion sismica :

Espectro de Tipo 1. Sismo de campo lejano. (Tabla 3.2 de UNE-EN 1998-1)

Espectro de 4 ramas : T=0-TB , Meseta en TB-TC , Curvas TC-TD Y TD-oo

T = 0.000 TB = 0.200 TC = 0.800 TD = 2.000

Aceleracion sismica de calculo (g) ag/g = 0.150
Aceleracion sismica de calculo (m/s2) ag = 1.472
Meseta C25*S*ag del espectro entre TB y TC C25 = 2.500
Tipo de suelo (A=1,B=2,C=3,D=4,E=5) Tipos = 4
Coeficiente de suelo S = 1.350
Porcentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
Factor corrector por amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 v = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vx = (5/(Q+Qx))^0.4 vx = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vy = (5/(Q+Qy))^0.4 vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.500

Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.500

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 :	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.120
P1 :	2	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
P2 :	3	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
E2 :	4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.120

Ppilas= 39.58

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpx
E1 :	1	0.00000E+00	-	6912.00	6912.00
P1 :	2	3.34270E+06	29236.48	3015.93	2733.91
P2 :	3	3.34270E+06	29236.48	3015.93	2733.91
E2 :	4	0.00000E+00	-	6912.00	6912.00

Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) Kx = 19291.82

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz^3 (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m2)
K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (kN/m) . An = Seccion neoprenos
Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 1.630

Aceleracion espectral elastica para T=Tx (m/s2) Se(Tx) = 2.437
Aceleracion espectral de diseno para T=Tx (m/s2) Sd(Tx) = 1.625
Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M* Sd(Tx) = 2110.23

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :

	i	Kpx/Kx	Fxi	dxi	dpx	dnx	Gnx
E1	: 1	0.358	756.07	0.1094	0.0000	0.1094	0.0521
P1	: 2	0.142	299.05	0.1094	0.0102	0.0992	0.0459
P2	: 3	0.142	299.05	0.1094	0.0102	0.0992	0.0459
E2	: 4	0.358	756.07	0.1094	0.0000	0.1094	0.0521

Fx = 2110.23

Desplazamientos maximos para T = Tx :

Desplazamiento elastico (m) SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.164

Desplazamiento inelastico (m) SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.246

Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)
dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx). dxi = Fxi/Kpx (m)
dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1	: 1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.120
P1	: 2	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
P2	: 3	1.131	19.79	0.102	0.300	8.40	28.00	1.000	0.503
E2	: 4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	1.120

Ppilas= 39.58

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpy
E1	: 1	0.00000E+00	-	6912.00	6912.00
P1	: 2	3.34270E+06	29236.48	3015.93	2733.91
P2	: 3	3.34270E+06	29236.48	3015.93	2733.91
E2	: 4	0.00000E+00	-	6912.00	6912.00

Rigidez transversal total del puente (kN/m) Ky = 19291.82

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =hz^3/(K *EI * beta) (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m2)
K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (kN/m). An = Seccion neoprenos
Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion transversal (s): Ty = 2*pi*(M/Ky)^0.5 =.. Ty= 1.630

Aceleracion espectral elastica para T=Ty (m/s2) Se(Ty) = 2.437

Aceleracion espectral de diseno para T=Ty (m/s2) Sd(Ty) = 1.625

Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... Fy = M* Sd(Ty) = 2110.23

Momento torsor sismico en puente (kNx/m) MFy = Fy*L/2 = 6991.07

Movimientos del tablero rigido :

Desplazamiento transversal dyl de estribo izquierdo. Giro de conjunto=m :

K11 = Suma Kpyi = 1.9292E+04 ; K12 = K21 = Suma Kpyi * xpi = 6.2698E+05
K22 = Suma Kpyi * xpi^2 = 3.5833E+07 ; Determinante K = 2.9817E+11

| K11	K12	| * | dyl	= | Fy	--->	dyl = 1.0938E-01 (m)
| K21	K22	| | m	| MFy	--->	m = 2.7120E-10 -

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :

	i	xp(i)	Fyi	dyl	dpy	dnx	Gny
E1	: 1	0.00	756.07	0.1094	0.0000	0.1094	0.0521
P1	: 2	20.00	299.05	0.1094	0.0102	0.0992	0.0459

P2	: 3	45.00	299.05	0.1094	0.0102	0.0992	0.0459
E2	: 4	65.00	756.07	0.1094	0.0000	0.1094	0.0521

Fy = 2110.23

Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpyi*dyl (kN)
dyl = desplaz. conjunto pila+neopreno (dyl=dpy+dnx). dyl = Fyi/Kpy (m)
dpy = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dny = Fyi/Kn (m)
Gny = % de distorsion de las caras del neopreno Gny = dny/Hng * 100

Media de dyl: dm = 1.0938E-01 ; Maxima diferencia : dmax = 7.4506E-09

Condicion de modelo de tablero rigido .. : dmax/dm = 0.000 < 0.20 (OK)

Desplazamientos maximos para T = Ty :

Desplazamiento elastico (m) SDe(T) = Sd(T) * (T/2*pi)^2 = 0.164

Desplazamiento inelastico (m) SDi(T) = mu * SDe(T) = 0.246

Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1 : 1	756.07	0.00	226.82	0.00
Pila 2	P2 : 2	299.05	2093.34	89.71	628.00
Pila 3	P3 : 3	299.05	2093.34	89.71	628.00
Estribo der.	E2 : 4	756.07	0.00	226.82	0.00

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje	Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1 : 1	756.07	0.00	226.82	0.00
Pila 2	P2 : 2	299.05	2093.33	89.71	628.00
Pila 3	P3 : 3	299.05	2093.33	89.71	628.00
Estribo der.	E2 : 4	756.07	0.00	226.82	0.00

Cortantes Vx=Fxi ; Vy=Fyi y Momentos Mx=Fxi*hzi ; My=Fyi*hzi en la base

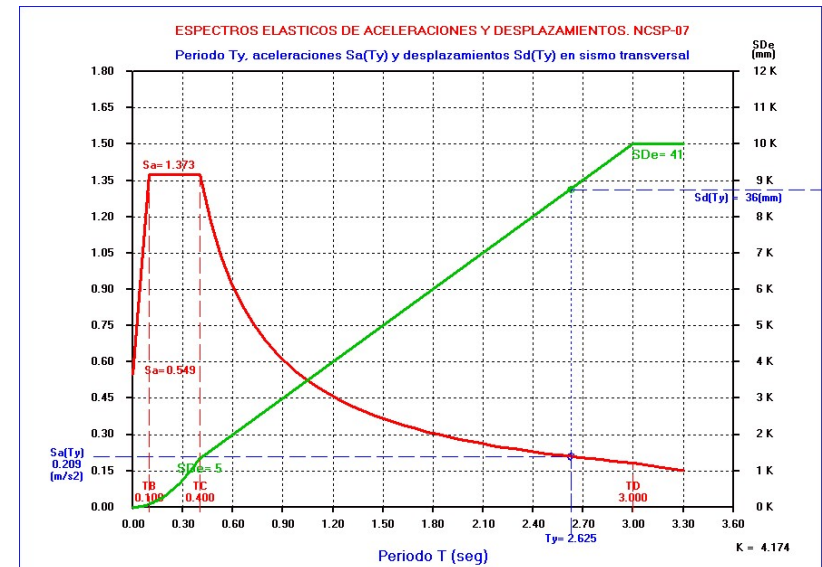
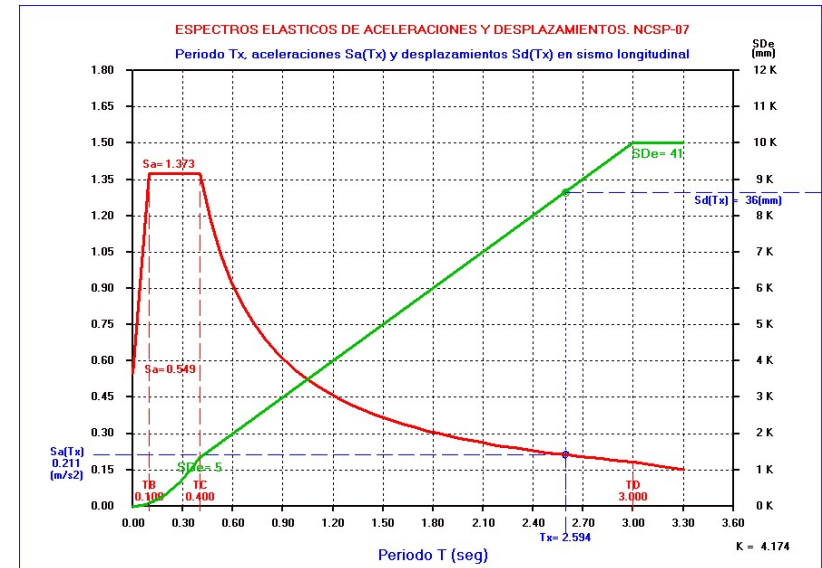
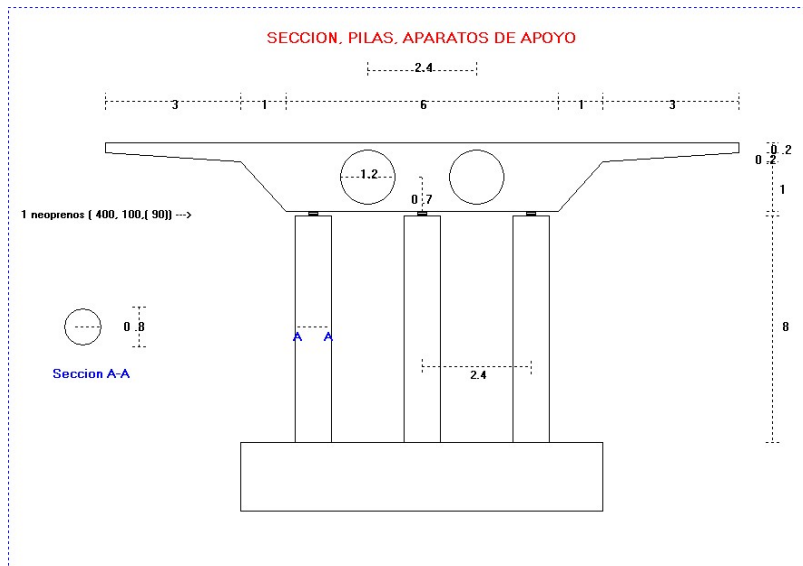
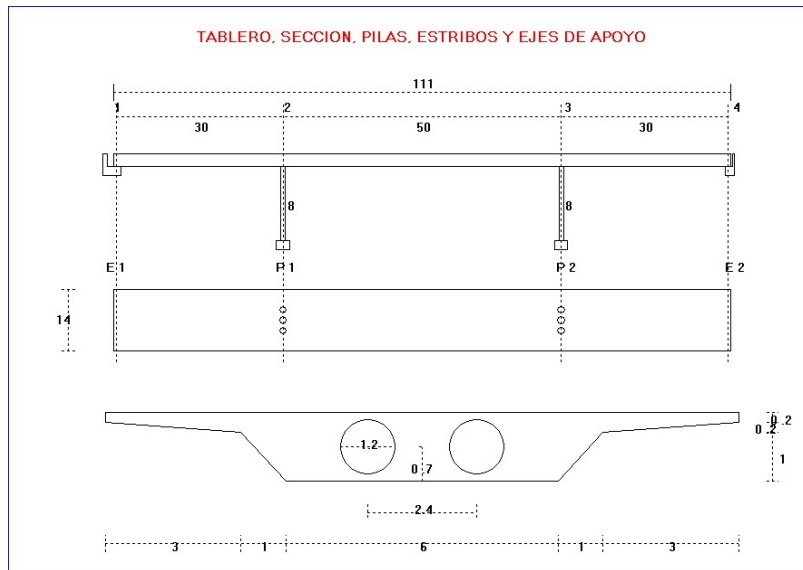
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

Momentos de vuelco producidos por el axil maximo Nz concomitante :

DMx = (1+qx)/2 * SDe(Tx) * Nz DMx = 0.2051 * Nz

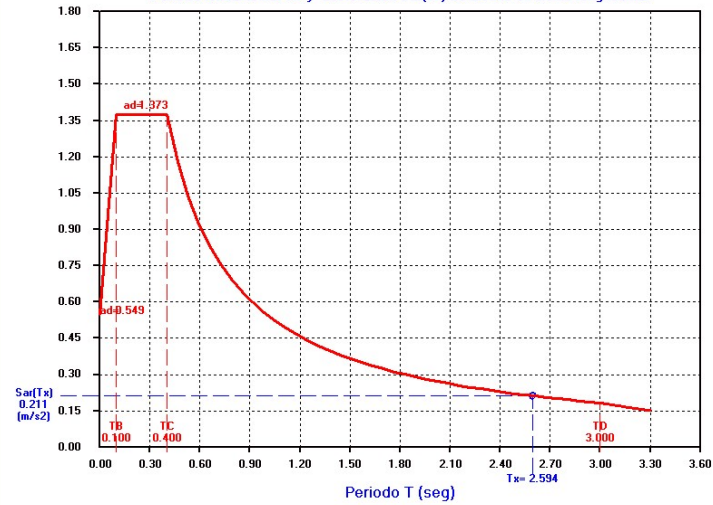
DMy = (1+qy)/2 * SDe(Ty) * Nz DMy = 0.2051 * Nz

**EJEMPLO 11.- Puente de 3 vanos con pilas multifuste y peso distribuido
NG=8**



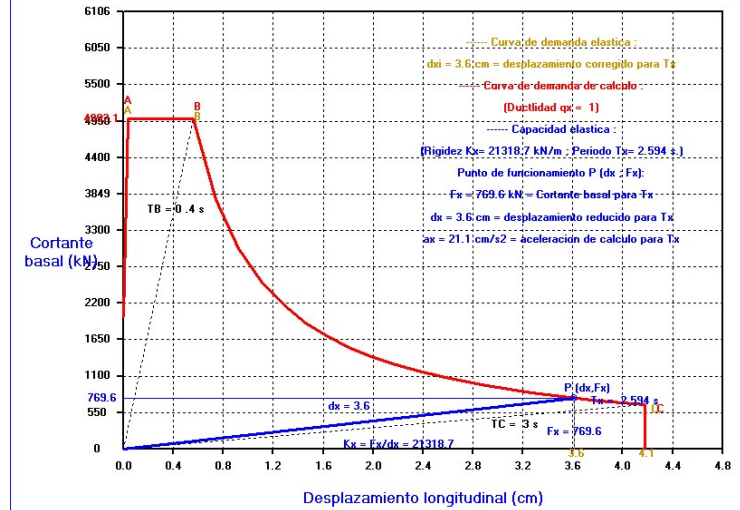
ESPECTRO DE ACELERACIONES DE DISEÑO NORMA NCSP-07

Periodo fundamental T_x y aceleración $Sar(T_x)$ de diseño en sismo longitudinal



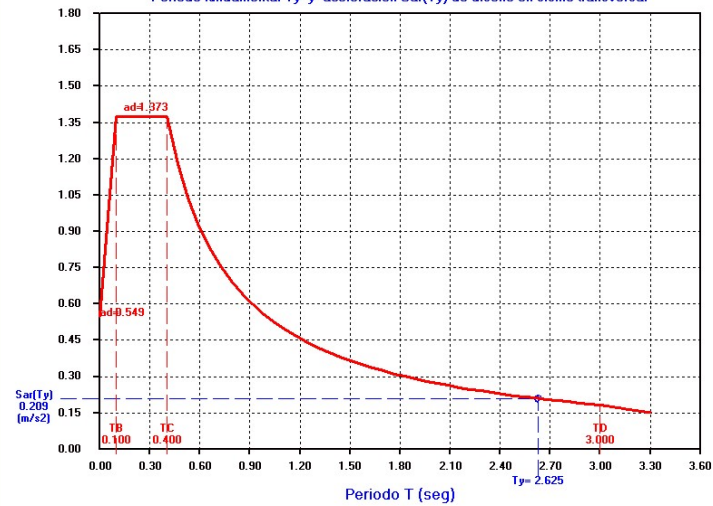
CORTANTE BASAL FRENTE A DESPLAZAMIENTO. NCSP-07

Curvas de demanda y de capacidad en sismo longitudinal



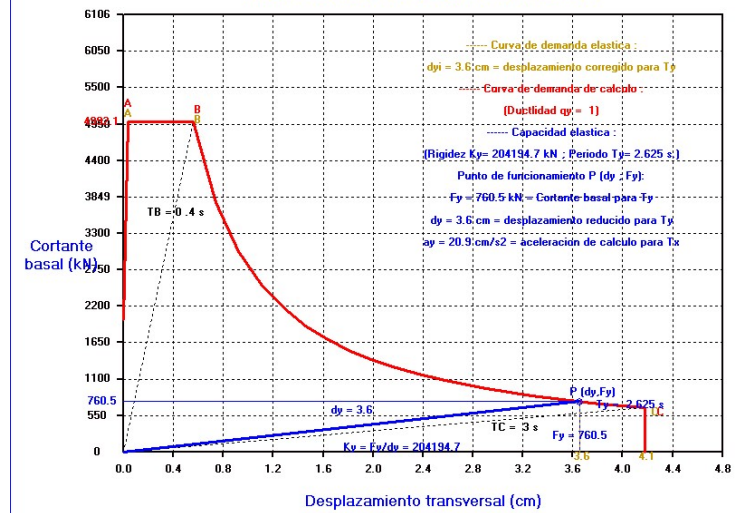
ESPECTRO DE ACELERACIONES DE DISEÑO NORMA NCSP-07

Periodo fundamental T_y y aceleración $Sar(T_y)$ de diseño en sismo transversal

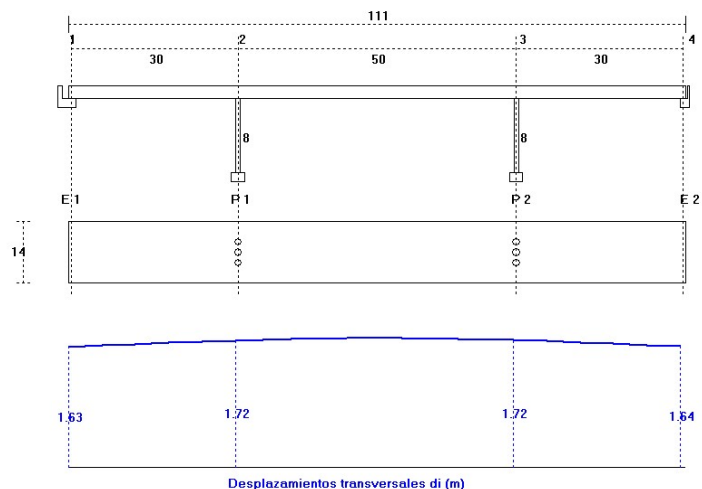


CORTANTE BASAL FRENTE A DESPLAZAMIENTO. NCSP-07

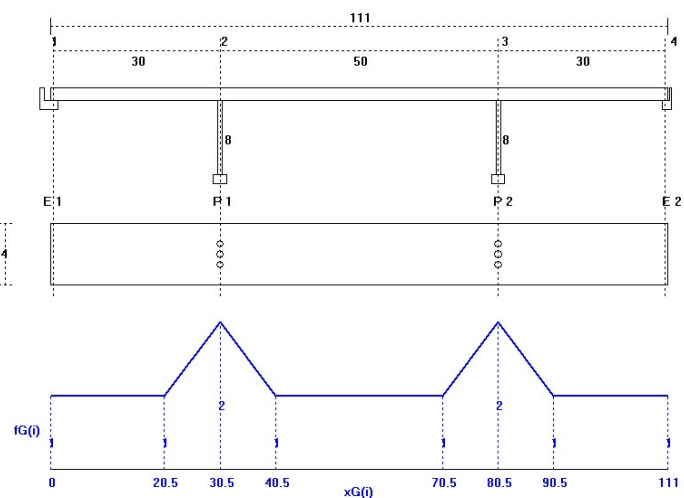
Curvas de demanda y de capacidad en sismo transversal



MODELO FLEXIBLE : FLEXION TRANSVERSAL DEL TABLERO



DISTRIBUCION DEL PESO DEL TABLERO SEGUN POLIGONAL DE NG PUNTOS



```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A   P O N S I S 2 5          "
"          =====          "
"          ANALISIS SISMICO DE PUENTES          "
"          "          "          "
"          Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras          "
"          "          "          "
"          Version 1          Fecha : 12/01/2025          "
"          "          "          "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 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 : 03-28-2025          "
"          "          "          "
"          =====
    
```

Puente losa de 3 vanos con pilas multifuste y peso distribuido NG=8

UNIDADES Y MATERIALES

Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s²) g = 9.810
 Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.50 (t/m³) = 24.53 (kN/m³)
 Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3000000 (t/m²) = 29430002 (kN/m²)
 Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 108.00 (t/m²) = 1059.48 (kN/m²)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 3
 Longitud del vano l (m) L1 = 30.000

Longitud del vano 2 (m) L2 = 50.000
 Longitud del vano 3 (m) L3 = 30.000
 Longitud total del tablero (>=110.00 m.) Ltab=111.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 1
 Anchuras : b1= 6.000 b2= 1.000 b3= 3.000 b4= 1.800
 Alturas : h1= 1.000 h2= 0.200 h3= 0.200 h4= 0.000
 Huecos : Nh= 2 dh= 1.200 sh= 2.400 zc= 0.700

Anchura del tablero (m) Btab = 14.000
 Seccion recta del tablero (m2) Stab = 9.738
 Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 92.015
 Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 1.787
 Porcentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000
 Volumen del tablero (m3) Vtab = 1080.92

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 2702.295
 Peso de las pilas (t) Ppilas = 60.319
 Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.500
 PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 2732.454

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.100
 Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.400
 Ancho total de carriles de trafico (<= 14.00 m) Btra = 14.000
 Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 1.000
 CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 781.440

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 120.990

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 2732.45+ 781.44+ 120.99 (t).. G = 3634.88

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81
 Masa M = G/g (t/m*s2) M = 370.528

Peso variable distribuido segun poligonal de NG puntos NG = 8
 Coordenadas xg(), fg() van desde xG(1)=0 hasta xG(8) = Ltab =111.00
 El peso G se distribuira segun la forma de la poligonal de NG puntos.

Funcion de distribucion del peso a lo largo del tablero :

Punto	xG	fg
1	0.00	1.00
2	20.50	1.00
3	30.50	2.00
4	40.50	1.00
5	70.50	1.00
6	80.50	2.00
7	90.50	1.00
8	111.00	1.00

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 1
 Numero de elementos en que se divide cada vano del modelo NEV = 5

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 4 ejes de carga : 2 pilas y 2 estribos :

i=1	i=2	i=3	i=4
E1-----	P1-----	P2-----	E2-----

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila	i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	1	0.00	0.00	0.000	0.00	3	500	0	120	100
P1	2	3	1	0.80	0.00	0.000	8.00	3	400	0	100	90
P2	3	3	1	0.80	0.00	0.000	8.00	3	400	0	100	90
E2	4	0	1	0.00	0.00	0.000	0.00	3	500	0	120	100

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
 Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
 Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.
 Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
 hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
 Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
 Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

Separacion transversal entre ejes de fustes multiples (m).. sepf = 2.400

ANALISIS SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE DE PUENTES NCSP-07)

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (g) ab = 0.070
 Aceleracion sismica basica (m/s2) ab = 0.070 g = 0.687
 Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810
 Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) K = 1.000
 Factor de importancia Gamal = 1.000
 Factor modificador por Pr : Gama2 = (Pr/500)^0.4 = Gama2 = 1.000
 Periodo de retorno Pr = 500 * Gama2^2.5 anos = Pr = 500.00
 Coeficiente de riesgo ro = Gamal * Gama2 = ro = 1.000
 Coeficiente del terreno C = 1.000

Factor S de amplificacion del terreno para ro*ab = 0.070g :
 ro*ab <= 0.1g --> S = C / 1.25 S = 0.800
 0.1g <ro*ab< 0.4g --> S=C/1.25+3.33*(ro*ab/g-0.1) (1-C/1.25)
 0.4g >=ro*ab --> S = 1

Aceleracion sismica de calculo (g) = ac = S * ro * ab = 0.056
 Aceleracion sismica de calculo (m/s2) = ac = 0.056 g = 0.549

Porcentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
 Factor corrector por amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 v = 1.000
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento vx = (5/(Q+Qx))^0.4 vx = 1.000
 Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
 Factor corrector por amortiguamiento vy = (5/(Q+Qy))^0.4 vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.000
 Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.000

ESPECTROS DE RESPUESTA

Espectro de respuesta de aceleracion elastica Sa(T) definido por 4 ramas:

Sa(T) = (1 + T/TA * (2.5 * v - 1)) * ac para 0<=T<=TA
 Sa(T) = 2.5 * v * ac para TA<=T<=TB
 Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB / T para TB<=T<=TC
 Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB * TC / T^2 para TC<=T

con TA=K*C/10= 0.100 s. TB=K*C/2.5= 0.400 s. TC=K*(2+C)= 3.000 s.

Espectro de aceleracion reducida o de calculo Sar(T) = Sa(T)/q

Espectro respuesta elastica desplazamientos.. Sde(T) = Sa(T) * (T/2*pi)^2

Espectro de respuesta de desplazamientos inelasticos.. Sdi(T) = mu*Sde(T)

mu = ductilidad de desplazamientos. Para T >= 1.25*TB mu = q
 para T < 1.25*TB mu = (q-1) * 1.25 * TB/T + 1 <= 5*q-4
 El factor de comportamiento sera q=qx o qy segun la direccion del sismo.
 El factor corrector por amortiguamiento sera vx o vy segun direccion x, y

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 : 1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.589
P1 : 2	1.508	30.16	5.851	1.970	9.60	4.87	1.000	0.377
P2 : 3	1.508	30.16	5.851	1.970	9.60	4.87	1.000	0.377
E2 : 4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.589

Ppilas= 60.32

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

i	EI	Kp	Kn	Kpx
E1 : 1	0.00000E+00	-	6240.85	6240.85
P1 : 2	1.72192E+08	1008937.69	4437.94	4418.50
P2 : 3	1.72192E+08	1008937.69	4437.94	4418.50
E2 : 4	0.00000E+00	-	6240.85	6240.85

Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) Kx = 21318.71

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz^3 (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m2)
 K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
 Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (kN/m) . An = Seccion neoprenos
 Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 2.594

Aceleracion espectral elastica para T=Tx (m/s2) Sa(Tx) = 0.212
 Aceleracion espectral de diseno para T=Tx (m/s2) Sar(Tx) = 0.212
 Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M*Sar(Tx) = 769.67

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :

i	Kpx/Kx	Fxi	dxi	dpix	dnx	Gnx
E1 : 1	0.293	225.31	0.0361	0.0000	0.0361	0.0361
P1 : 2	0.207	159.52	0.0361	0.0002	0.0359	0.0399
P2 : 3	0.207	159.52	0.0361	0.0002	0.0359	0.0399
E2 : 4	0.293	225.31	0.0361	0.0000	0.0361	0.0361

Fx = 769.67

Desplazamientos maximos para T = Tx :

Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)^2 = 0.036
 Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.036
 Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)

dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpix+dnx). dxi = Fxi/Kpx (m)
 dpix = desplazamiento en el extremo de la pila dpix = Fxi/Kp (m)
 dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
 Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 : 1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.589
P1 : 2	1.508	30.16	5.851	1.970	9.60	4.87	1.000	0.377
P2 : 3	1.508	30.16	5.851	1.970	9.60	4.87	1.000	0.377
E2 : 4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.589

Ppilas= 60.32

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

i	EI	Kp	Kn	Kpy
E1 : 1	0.00000E+00	-	6240.85	6240.85
P1 : 2	1.72192E+08	1008937.69	4437.94	4418.50
P2 : 3	1.72192E+08	1008937.69	4437.94	4418.50
E2 : 4	0.00000E+00	-	6240.85	6240.85

Rigidez transversal total del puente (kN/m) Ky = 21318.71

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg
 beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
 Pila o estribo Kp =hz^3/(K *EI * beta) (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m2)
 K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero
 y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre
 K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
 Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (kN/m). An = Seccion neoprenos
 Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Modelo transversal del tablero flexible

Viga de seccion (Eh*Itab) sobre apoyos elasticos de rigidez Kpy
 Nudos,pesos Gi de resultante G, desplazamientos di, reacciones Ry

Pila	Nudo	X	Gi	di	Gi*di	Gi*di^2	Ry
E1 :	1	0.00	822.57	1.631	1341.52	2187.86	10178.12
	2	6.00	1645.14	1.652	2717.32	4488.29	-0.00
	3	12.00	1645.14	1.672	2750.42	4598.29	-0.00
	4	18.00	1665.70	1.691	2816.08	4760.96	-0.00
	5	24.00	2220.94	1.708	3792.44	6475.92	-0.00
P1 :	6	30.00	3879.78	1.722	6682.45	11509.70	7610.33
	7	40.00	3187.45	1.741	5550.78	9666.39	-0.00
	8	50.00	2741.90	1.752	4803.66	8415.76	-0.00
	9	60.00	2741.90	1.753	4806.13	8424.41	-0.00
	10	70.00	3050.36	1.744	5320.30	9279.42	-0.00
P2 :	11	80.00	3852.36	1.727	6652.67	11488.54	7630.34
	12	86.00	2385.45	1.713	4086.76	7001.45	-0.00
	13	92.00	1706.83	1.697	2897.04	4917.20	-0.00
	14	98.00	1645.14	1.680	2763.17	4641.03	-0.00
	15	104.00	1645.14	1.661	2731.80	4536.24	-0.00
E2 :	16	110.00	822.57	1.641	1349.62	2214.36	10239.57
	Sumas		35658.36	-	61062.16	104605.82	35658.36

dymax = 1.753 dymin = 1.631 dymax-dymin= 0.122 dymedio= 1.699
 Condicion Modelo Tablero flexible:(dymax-dymin)/dymedio= 0.072 < 0.2 (NO)

Periodo Fundamental Transversal Ty dado por la formula de Rayleigh :

Ty = 2*pi*(suma Gi*di^2 / g * suma Gi*di) ^0.5 seg. = Ty = 2.626

Aceleracion espectral elastica para T=Ty (m/s2) Sa(Ty) = 0.209

Aceleracion espectral de diseno para T=Ty (m/s2) Sar(Ty) = 0.209

Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... Fy = M*Sar(Ty) = 760.52

Fuerzas y desplazamientos transversales en pilas y neoprenos :

	i	xp(i)	Fyi	d _{yi}	d _{py}	d _{ny}	Gny
E1 :	1	0.00	217.08	0.0348	0.0000	0.0348	0.0348
P1 :	2	30.00	162.31	0.0367	0.0002	0.0366	0.0406
P2 :	3	80.00	162.74	0.0368	0.0002	0.0367	0.0407
E2 :	4	110.00	218.39	0.0350	0.0000	0.0350	0.0350

$$F_y = 760.52$$

Escalado de los desplazamientos di esc = Sar(Ty)/g = 0.021
 dyi = desplazamiento conjunto pila+neopreno dyi = esc * di (m)
 Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpy*dyi (kN)
 dyi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dyi=dpy+dny). dyi = Fyi/Kpy (m)
 dpy = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
 dny = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dny = Fyi/Kn (m)
 Gny = % de distorsion de las caras del neopreno Gny = dny/Hng * 100
 Fy = Fuerza sismica transversal total Fy = Suma Fyi (kN)

Desplazamientos maximos para T = Ty :
 Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)^2 = 0.037
 Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.037
 Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1 :	1	225.31	0.00	65.12
Pila 2	P2 :	2	159.52	1276.17	48.69
Pila 3	P3 :	3	159.52	1276.17	48.82
Estribo der.	E2 :	4	225.31	0.00	65.52

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje	Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1 :	1	217.08	0.00	67.59
Pila 2	P2 :	2	162.31	1298.50	47.86
Pila 3	P3 :	3	162.74	1301.92	47.86
Estribo der.	E2 :	4	218.39	0.00	67.59

Cortantes Vx=Fxi ; Vy=Fyi y Momentos Mx=Fxi*hzi ; My=Fyi*hzi en la base

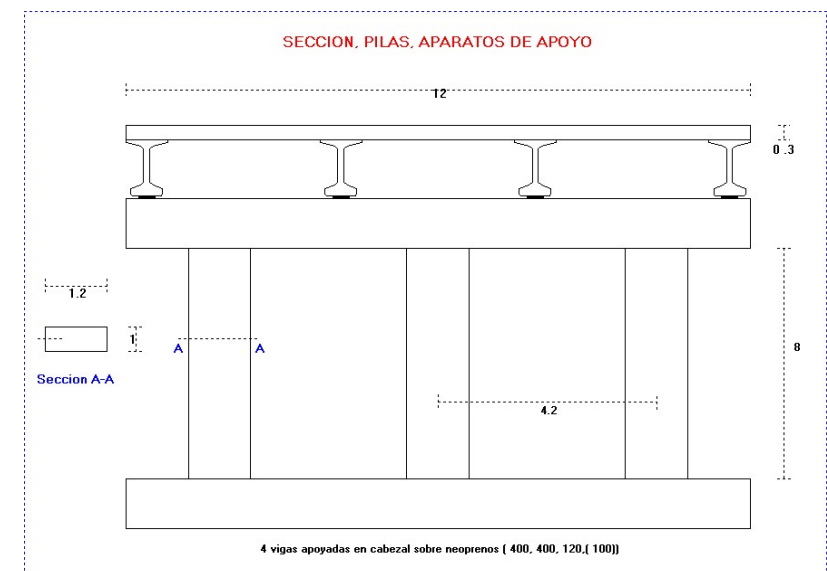
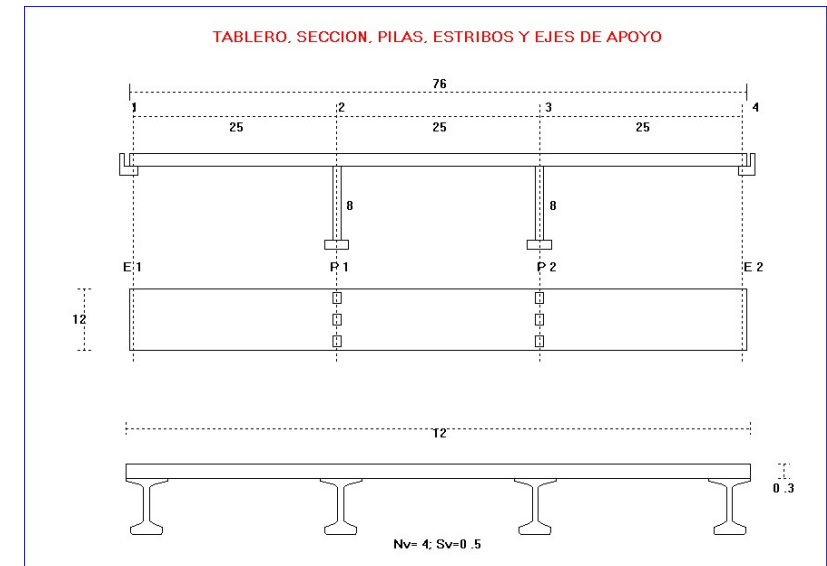
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

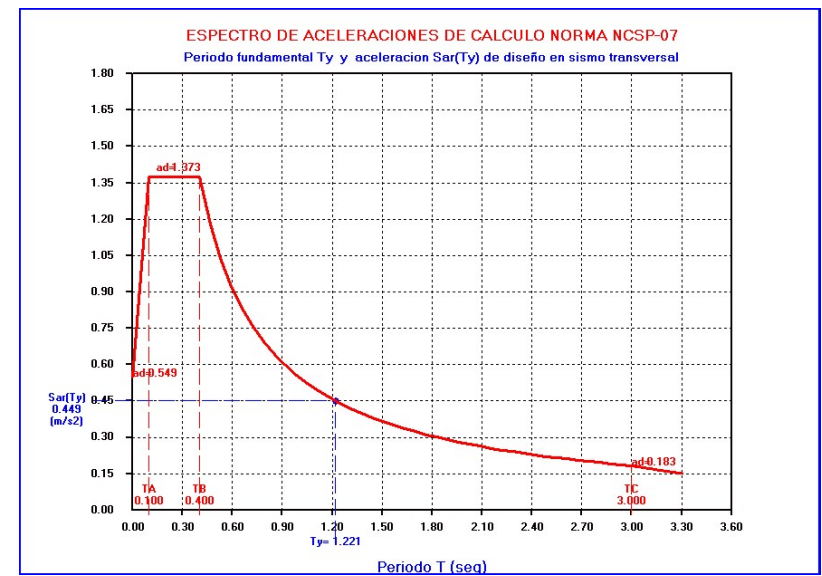
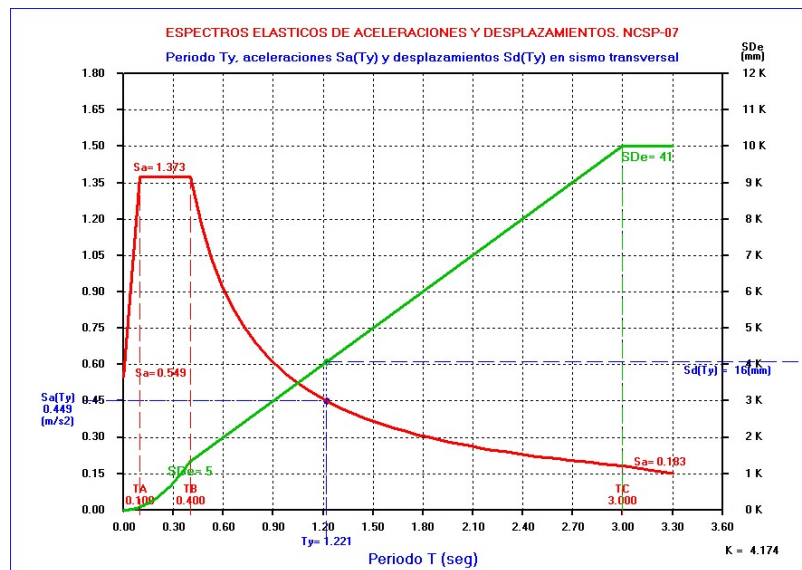
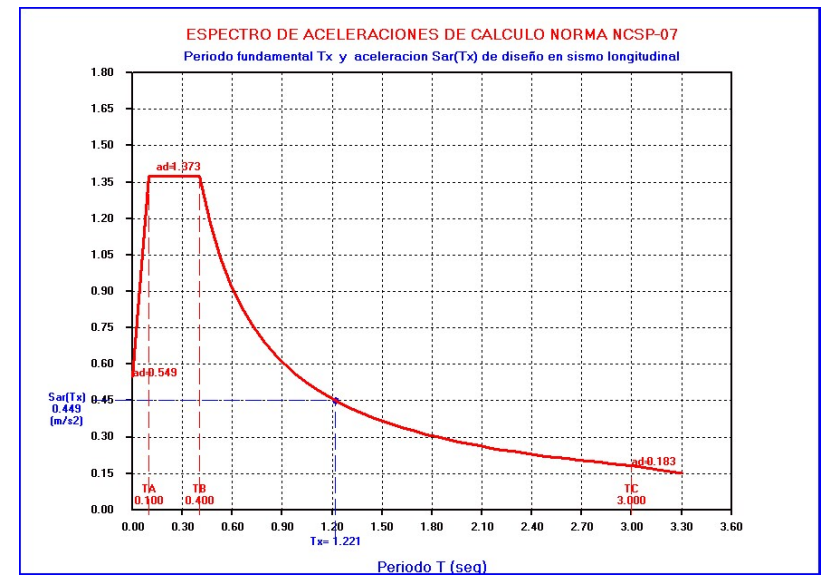
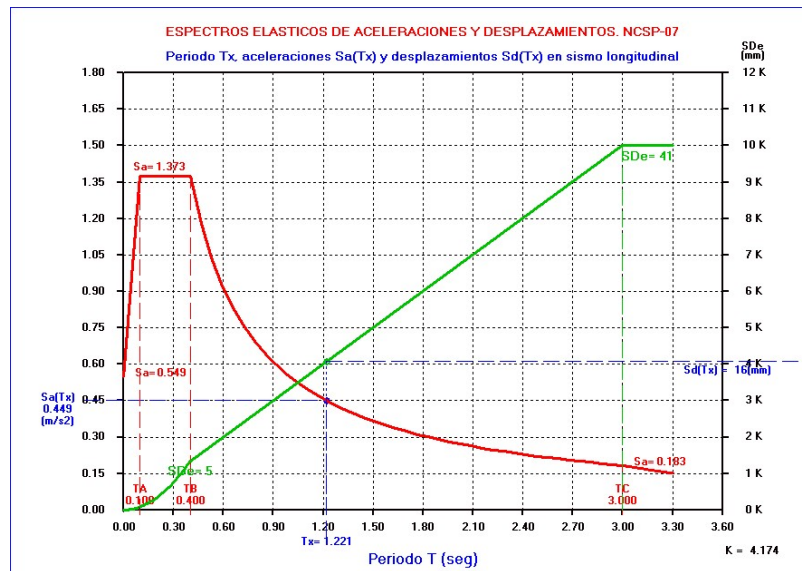
Momentos de vuelco producidos por el axil maximo Nz concomitante :

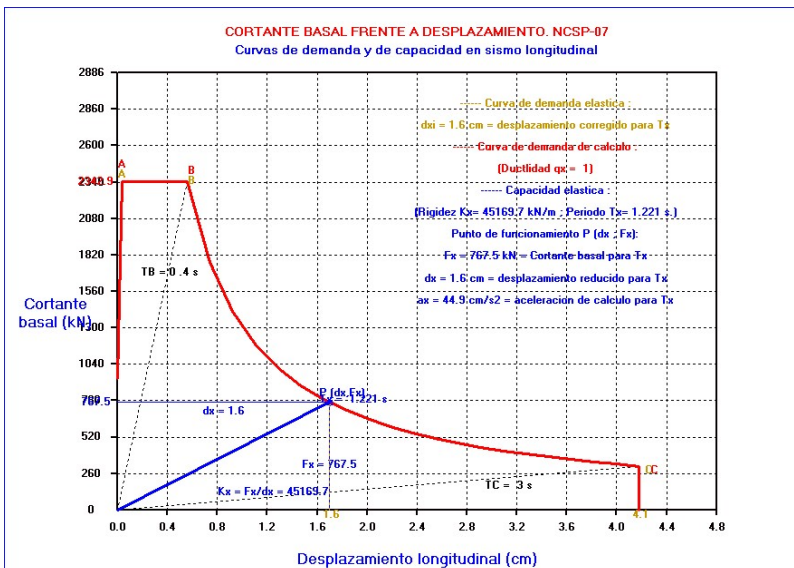
$$DMx = (1+qx)/2 * Sde(Tx) * Nz \quad \dots \quad DMx = 0.0361 * Nz$$

$$DMy = (1+qy)/2 * Sde(Ty) * Nz \quad \dots \quad DMy = 0.0365 * Nz$$

EJEMPLO 12.- Tablero de vigas continuo sobre cabezales y 3 fustes







```

=====
"                                     "
"                                     "
"          PROGRAMA    PONSIS 2 5    "
"          =====          "
"                                     "
"          ANALISIS SISMICO DE PUENTES "
"                                     "
"          Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras "
"                                     "
"          Version 1                      Fecha : 12/01/2025 "
"                                     "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 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 : 03-28-2025 "
"                                     "
"          =====

```

Tablero de vigas continuo sobre cabezales y 3 fustes

UNIDADES Y MATERIALES

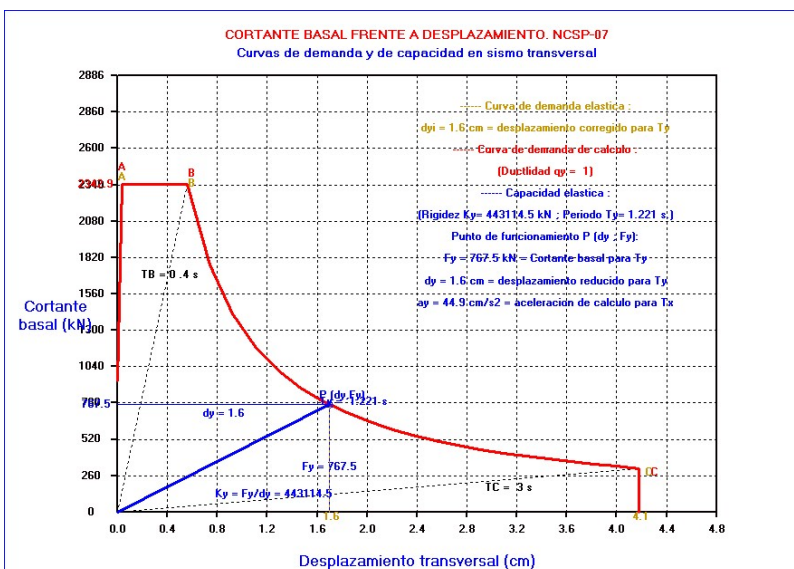
Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s²) g = 9.810
 Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.50 (t/m³) = 24.53 (kN/m³)
 Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3000000 (t/m²) = 29430002 (kN/m²)
 Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 180.00 (t/m²) = 1765.80 (kN/m²)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 3
 Longitud del vano 1 (m) L1 = 25.000
 Longitud del vano 2 (m) L2 = 25.000
 Longitud del vano 3 (m) L3 = 25.000



Longitud total del tablero (>= 75.00 m.) Ltab = 76.000

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 4
Numero de vigas Nv = 4 Seccion de cada viga Sv = 0.500
Losa superior : Ancho (m) b1 = 12.00 m Canto (m) h1 = 0.300

Anchura del tablero (m) Btab = 12.000
Seccion recta del tablero (m2) Stab = 5.600
Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 115.200
Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 0.097
Porcentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000
Volumen del tablero (m3) Vtab = 501.60

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 1254.000
Peso propio modificado Ptab = 1254.000
Peso de las pilas (t) Ppilas = 144.000
Peso de los cabezales (t) 2 x Cab = 60.000
Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.600
PP = Ptab + fpil * (Ppilas + Cabezal) PP = 1376.400

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.100
Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.400
Ancho total de carriles de trafico (<= 12.00 m) Btra = 12.000
Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 1.000
CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 480.320
Valor modificado de CM (t) CM = 480.320

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 75.240
Valor modificado de SCper (t) SCper = 75.240

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 1376.40+ 480.32+ 75.24 (t).. G = 1931.96

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81
Masa M = G/g (t/m*s2) M = 196.938

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 4 ejes de carga : 2 pilas y 2 estribos :

i=1 i=2 i=3 i=4

E1-----P1-----P2-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	4	400	400	120

P1	2	3	0	1.00	1.20	0.000	8.00	4	400	400	120	100
P2	3	3	0	1.00	1.20	0.000	8.00	4	400	400	120	100
E2	4	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	4	400	400	120	100

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.
Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx
Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.
Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx
hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

Separacion transversal entre ejes de fustes multiples (m).. sepf = 4.200

ANALISIS SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE DE PUENTES NCSF-07)

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (g) ab = 0.070
Aceleracion sismica basica (m/s2) ab = 0.070 g = 0.687
Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810
Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) K = 1.000
Factor de importancia Gamal = 1.000
Factor modificador por Pr : Gama2 = (Pr/500)^0.4 = Gama2 = 1.000
Periodo de retorno Pr = 500 * Gama2^2.5 anos = Pr = 500.00
Coeficiente de riesgo ro = Gamal * Gama2 = ro = 1.000
Coeficiente del terreno C = 1.000

Factor S de amplificacion del terreno para ro*ab = 0.070g :
ro*ab <= 0.1g --> S = C / 1.25 S = 0.800
0.1g <ro*ab< 0.4g --> S=C/1.25+3.33*(ro*ab/g-0.1) (1-C/1.25)
0.4g >=ro*ab --> S = 1

Aceleracion sismica de calculo (g) = ac = S * ro * ab = 0.056
Aceleracion sismica de calculo (m/s2) = ac = 0.056 g = 0.549

Porcentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
Factor corrector por amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 v = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vx = (5/(Q+Qx))^0.4 vx = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vy = (5/(Q+Qy))^0.4 vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X gx = 1.000
Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.000

ESPECTROS DE RESPUESTA

Espectro de respuesta de aceleracion elastica Sa(T) definido por 4 ramas:

Sa(T) = (1 + T/TA * (2.5 * v - 1)) * ac para 0<=T<=TA
Sa(T) = 2.5 * v * ac para TA<=T<=TB
Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB / T para TB<=T<=TC
Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB * TC / T^2 para TC<=T

con TA=K*C/10= 0.100 s. TB=K*C/2.5= 0.400 s. TC=K*(2+C)= 3.000 s.

Espectro de aceleracion reducida o de calculo Sar(T) = Sa(T)/q

Espectro respuesta elastica desplazamientos.. Sde(T) = Sa(T) * (T/2*pi)^2

Espectro de respuesta de desplazamientos inelasticos.. Sdi(T) = mu*Sde(T)

mu = ductilidad de desplazamientos. Para T >= 1.25*TB mu = q
para T < 1.25*TB mu = (q-1) * 1.25 * TB/T + 1 <= 5*q-4

El factor de comportamiento sera q=qx o qy segun la direccion del sismo.
El factor corrector por amortiguamiento sera vx o vy segun direccion x, y

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 :	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.640
P1 :	2	3.600	72.00	42.636	3.441	9.60	2.79	1.000	0.640
P2 :	3	3.600	72.00	42.636	3.441	9.60	2.79	1.000	0.640
E2 :	4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.640

Ppilas= 144.00

Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpx
E1 :	1	0.00000E+00	-	11301.12	11301.12
P1 :	2	1.25478E+09	7352211.50	11301.12	11283.78
P2 :	3	1.25478E+09	7352211.50	11301.12	11283.78
E2 :	4	0.00000E+00	-	11301.12	11301.12

Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) Kx = 45169.79

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz^3 (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m2)
K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (kN/m) . An = Seccion neoprenos
Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 1.221

Aceleracion espectral elastica para T=Tx (m/s2) Sa(Tx) = 0.450
Aceleracion espectral de diseno para T=Tx (m/s2) Sar(Tx) = 0.450
Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M*Sar(Tx) = 767.51

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :

	i	Kpx/Kx	Fxi	dx1	dpx	dnx	Gnx
E1 :	1	0.250	192.03	0.0170	0.0000	0.0170	0.0170
P1 :	2	0.250	191.73	0.0170	0.0000	0.0170	0.0170
P2 :	3	0.250	191.73	0.0170	0.0000	0.0170	0.0170
E2 :	4	0.250	192.03	0.0170	0.0000	0.0170	0.0170

Fx = 767.51

Desplazamientos maximos para T = Tx :

Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)^2 = 0.017
Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.017
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)
dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx). dxi = Fxi/Kpx (m)
dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:

	i	A	Ppila	I	rg	Lp	esbel.	beta	An
E1 :	1	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.640
P1 :	2	3.600	72.00	42.768	3.447	9.60	2.79	1.000	0.640
P2 :	3	3.600	72.00	42.768	3.447	9.60	2.79	1.000	0.640
E2 :	4	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.00	1.000	0.640

Ppilas= 144.00

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :

	i	EI	Kp	Kn	Kpy
E1 :	1	0.00000E+00	-	11301.12	11301.12
P1 :	2	1.25866E+09	7374973.00	11301.12	11283.83

P2 :	3	1.25866E+09	7374973.00	11301.12	11283.83
E2 :	4	0.00000E+00	-	11301.12	11301.12

Rigidez transversal total del puente (kN/m) Ky = 45169.90

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =hz^3/(K *EI * beta) (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m2)
K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (kN/m). An = Seccion neoprenos
Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion transversal (s): Ty = 2*pi*(M/Ky)^0.5 =.. Ty= 1.221

Aceleracion espectral elastica para T=Ty (m/s2) Sa(Ty) = 0.450
Aceleracion espectral de diseno para T=Ty (m/s2) Sar(Ty) = 0.450
Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... Fy = M*Sar(Ty) = 767.51
Momento torsor sismico en puente (kNxm) MFy = Fy*L/2 = 2933.91

Movimientos del tablero rigido :

Desplazamiento transversal dyl de estribo izquierdo. Giro de conjunto=m :

K11 = Suma Kpyi = 4.5170E+04 ; K12 = K21 = Suma Kpyi * xpi = 1.6939E+06
K22 = Suma Kpyi * xpi^2 = 9.8831E+07 ; Determinante K = 1.5950E+12

| K11	K12	| *	dyl	| =	Fy	--->	dyl = 1.6992E-02 (m)
| K21	K22	|	m	|	MFy	--->	m = 0.0000E+00 -

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :

	i	xp(i)	Fyi	dyl	dpy	dny	Gny
E1 :	1	0.00	192.02	0.0170	0.0000	0.0170	0.0170
P1 :	2	25.00	191.73	0.0170	0.0000	0.0170	0.0170
P2 :	3	50.00	191.73	0.0170	0.0000	0.0170	0.0170
E2 :	4	75.00	192.02	0.0170	0.0000	0.0170	0.0170

Fy = 767.51

Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpyi*dyl (kN)
dyl = desplaz. conjunto pila+neopreno (dyl=dpy+dny). dyl = Fyi/Kpy (m)
dpy = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
dny = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dny = Fyi/Kn (m)
Gny = % de distorsion de las caras del neopreno Gny = dny/Hng * 100

Media de dyl: dm = 1.6992E-02 ; Maxima diferencia : dmax = 0.0000E+00
Condicion de modelo de tablero rigido .. : dmax/dm = 0.000 < 0.20 (OK)

Desplazamientos maximos para T = Ty :

Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)^2 = 0.017
Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.017
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1 :	1	192.03	0.00	57.61
Pila 2	P2 :	2	191.73	1533.85	57.52
Pila 3	P3 :	3	191.73	1533.85	57.52
Estribo der.	E2 :	4	192.03	0.00	57.61

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje		Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
		i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq.	E1	1	192.02	0.00	57.61	0.00
Pila 2	P2	2	191.73	1533.85	57.52	460.15
Pila 3	P3	3	191.73	1533.85	57.52	460.15
Estribo der.	E2	4	192.02	0.00	57.61	0.00

Cortantes $V_x=F_{xi}$; $V_y=F_{yi}$ y Momentos $M_x=F_{xi}*h_{zi}$; $M_y=F_{yi}*h_{zi}$ en la base

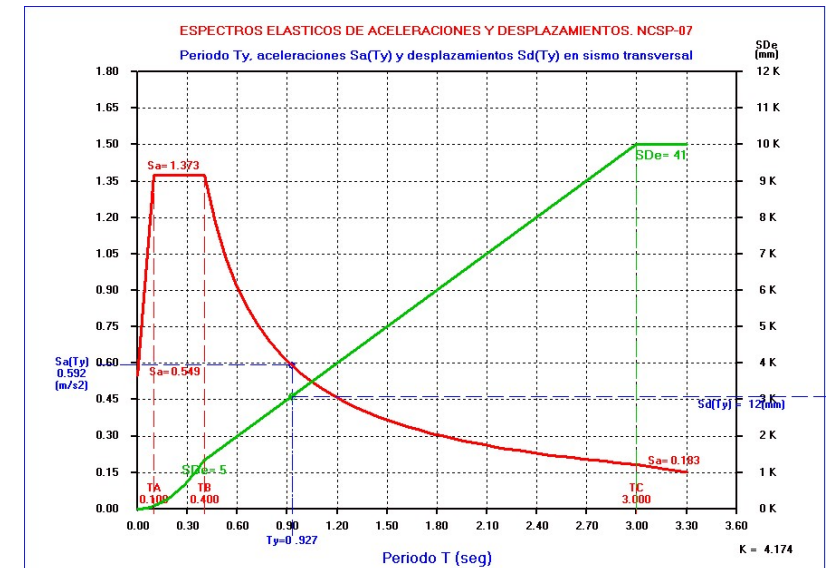
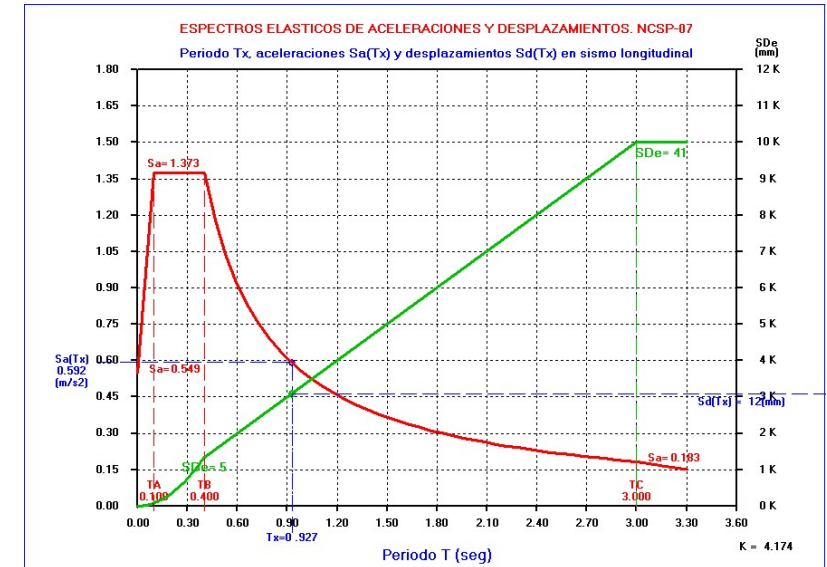
EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

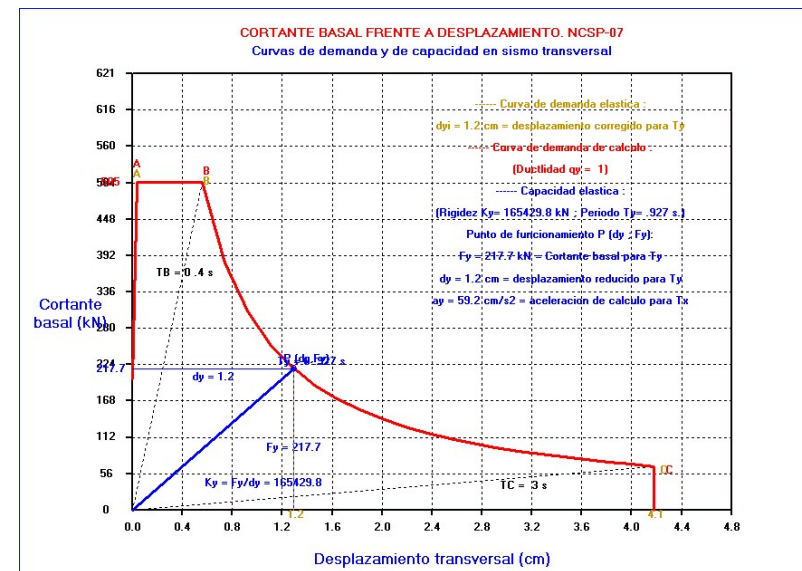
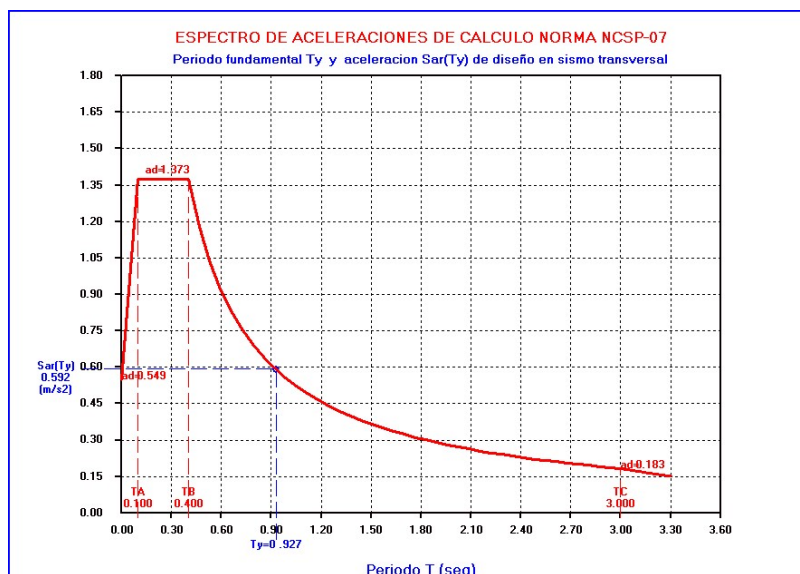
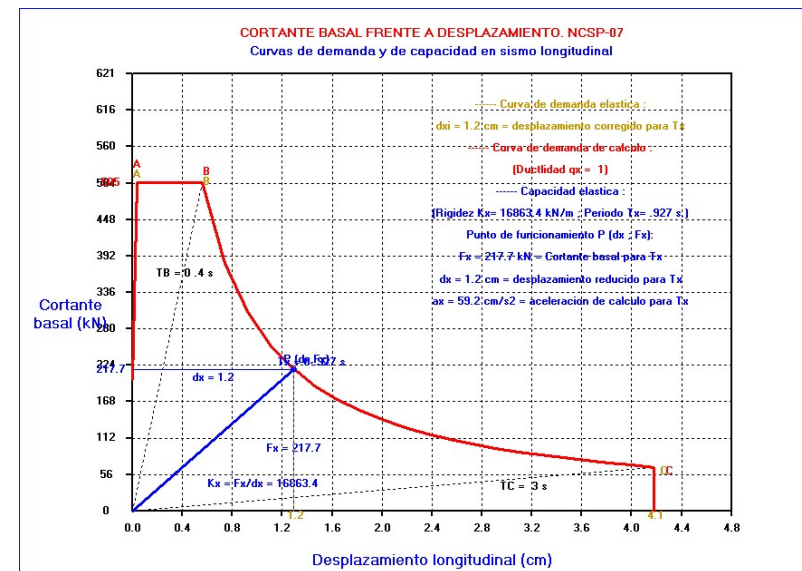
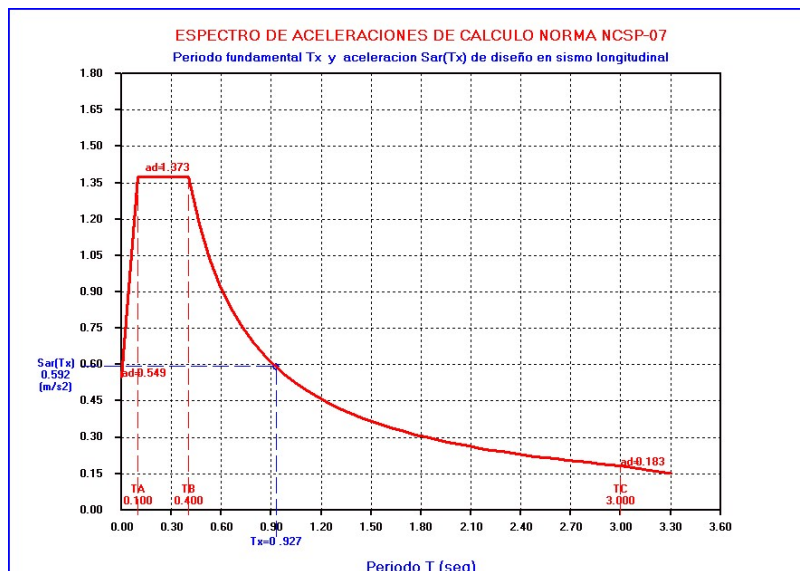
Momentos de vuelco producidos por el axil maximo N_z concomitante :

$$DM_x = (1+q_x)/2 * S_{de}(T_x) * N_z \quad \dots \quad DM_x = 0.0170 * N_z$$

$$DM_y = (1+q_y)/2 * S_{de}(T_y) * N_z \quad \dots \quad DM_y = 0.0170 * N_z$$

EJEMPLO 13.- Puente recto de vigas definido por teclado.(ISEC=0) Guia 297





```

*****
"                                "
"      P R O G R A M A      P O N S I S 2 5      "
"      =====      "
"                                "
"      ANALISIS SISMICO DE PUENTES      "
"                                "
"      Normas sismicas NCSP-07 ; Eurocodigo 8 y otras      "
"                                "
"      Version 1                      Fecha : 12/01/2025      "
"                                "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172 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 : 03-28-2025      "
"                                "
*****

```

Puente recto de vigas definido por teclado. Guia 297

UNIDADES Y MATERIALES

Unidades de fuerza (=0 kiloNewtons kN) (=1 toneladas t.) Uni = 0

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810

Peso especifico del hormigon .. Gamah = 2.50 (t/m3) = 24.53 (kN/m3)

Modulo elastico del hormigon ... Eh = 3000000 (t/m2) = 29430002 (kN/m2)

Modulo de cizalla del Neopreno.. Gn = 130.00 (t/m2) = 1275.30 (kN/m2)

SUPERESTRUCTURA . DIMENSIONES Y PESOS

Definicion longitudinal del puente :

Numero de vanos NV = 1

Longitud del vano 1 (m) L1 = 22.000

Longitud total del tablero (>= 22.00 m.) Ltab = 22.900

Definicion de la seccion transversal del tablero : Teclado (=0),

Losa aligerada (=1), Maciza (=2), Cajon (=3), Vigas (=4) Isec = 0

Anchura del tablero (m) Btab = 10.500

Seccion recta del tablero (m2) Stab = 4.720

Inercia del tablero a flexion transversal (m4) Itab = 27.754

Inercia a torsion de la seccion transversal (m4) Itor = 1.081

Porcentage (%) considerado de la inercia a torsion Ptor = 0.000

Volumen del tablero (m3) Vtab = 108.09

PP = Peso propio tablero + % peso de pilas :

Peso propio del tablero (t) Ptab = Vtab*Gamah = 270.220

Peso propio modificado Ptab = 270.220

Peso de las pilas (t) Ppilas = 0.000

Fraccion del Peso de las pilas fpil = 0.000

PP = Ptab + fpil * Ppilas PP = 270.220

CM = Carga muerta = Peso pavimento + barreras :

Espesor medio de la capa bituminosa (m) hb = 0.070

Peso especifico de capa bituminosa (t/m3) Gamab = 2.400

Ancho total de carriles de trafico (<= 10.50 m) Btra = 9.500

Peso de la barrera por metro lineal (t/m) Barr = 0.500

CM = 1.5*(Ltab*Btra*hb*Gamab) + 2*Barr*Ltab (t) = CM = 77.723

Valor modificado de CM (t) CM = 77.723

SCper = Sobrecarga casipermanente (20%) :

SCper = 0.2*(0.9*3+(Btra-3)*0.25)*Ltab = SCper = 19.809

Valor modificado de SCper (t) SCper = 19.809

Peso G y Masa M sismicos :

Peso G = PP + CM + SCper = 270.22+ 77.72+ 19.81 (t) .. G = 367.75

Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.81

Masa M = G/g (t/m*s2) M = 37.487

Peso distribuido uniformemente a lo largo del tablero NG = 0

Modelo transversal de tablero (Rigido=0, Flexible=1) Mod = 0

SUBESTRUCTURA . PILAS Y ESTRIBOS

Orden i de los 2 estribos E1 y E2 :

i=1 i=2

E1-----E2

Datos de Pilas, estribos y neoprenos :

Pila i	Nf	Cir	bx	by	Esp	hz	Neo	bnx	bny	hn	hng
-	-	-	(m)	(m)	(m)	(m)	-	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
E1	1	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	4	400	500	175
E2	2	0	0	0.00	0.00	0.000	0.00	4	400	500	175

Nf = Numero de fustes por pila. Neo = Numero de neoprenos por pila.

Cir=0 Fustes rectangulares bx x by. Cir=1 Fustes circulares diametro bx

Esp>0 Pilas huecas de espesor esp. Esp=0 Pilas macizas rectang y circu.

Cir=0 Neoprenos rectang. bnx x bny. Cir=1 Neopreno circular diametro bnx

hz = altura de la pila. hn = espesor neopreno. hng= espesor goma neopreno
Pila empotrada en tablero cuando Neo = 0 o bnx = 0 o hn = hng = 0
Si Nf=0 no hay fustes ---> Apoyo directo en cabezal caso de estribos

ANALISIS SEGUN NORMA SISMORRESISTENTE DE PUENTES NCSP-07)

INFORMACION SISMICA

Aceleracion sismica basica (g) ab = 0.070
Aceleracion sismica basica (m/s2) ab = 0.070 g = 0.687
Aceleracion de la gravedad (m/s2) g = 9.810
Coeficiente de contribucion (Mapa sismico) K = 1.000
Factor de importancia Gamal = 1.000
Factor modificador por Pr : Gama2 = (Pr/500)^0.4 = Gama2 = 1.000
Periodo de retorno Pr = 500 * Gama2^2.5 anos = Pr = 500.00
Coeficiente de riesgo ro = Gamal * Gama2 = ro = 1.000
Coeficiente del terreno C = 1.000

Factor S de amplificacion del terreno para ro*ab = 0.070g :
ro*ab <= 0.1g --> S = C / 1.25 S = 0.800
0.1g <ro*ab< 0.4g --> S=C/1.25+3.33*(ro*ab/g-0.1) (1-C/1.25)
0.4g >=ro*ab --> S = 1

Aceleracion sismica de calculo (g) = ac = S * ro * ab = 0.056
Aceleracion sismica de calculo (m/s2) = ac = 0.056 g = 0.549

Percentage de amortiguamiento de la estructura Q = 5.000
Factor corrector por amortiguamiento v = (5/Q)^0.4 v = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion X .. Qx = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vx = (5/(Q+Qx))^0.4 vx = 1.000
Amortiguamiento adicional por amortiguadores en direccion Y .. Qy = 0.000
Factor corrector por amortiguamiento vy = (5/(Q+Qy))^0.4 vy = 1.000

Factor de comportamiento en direccion longitudinal X qx = 1.000
Factor de comportamiento en direccion transversal Y qy = 1.000

ESPECTROS DE RESPUESTA

Espectro de respuesta de aceleracion elastica Sa(T) definido por 4 ramas:

Sa(T) = (1 + T/TA * (2.5 * v - 1)) * ac para 0<=T<=TA
Sa(T) = 2.5 * v * ac para TA<=T<=TB
Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB / T para TB<=T<=TC
Sa(T) = 2.5 * v * ac * TB * TC / T^2 para TC<=T

con TA=K*C/10= 0.100 s. TB=K*C/2.5= 0.400 s. TC=K*(2+C)= 3.000 s.

Espectro de aceleracion reducida o de calculo Sar(T) = Sa(T)/q

Espectro respuesta elastica desplazamientos.. Sde(T) = Sa(T) * (T/2*pi)^2

Espectro de respuesta de desplazamientos inelasticos.. Sdi(T) = mu*Sde(T)

mu = ductilidad de desplazamientos. Para T >= 1.25*TB mu = q
para T < 1.25*TB mu = (q-1) * 1.25 * TB/T + 1 <= 5*q-4
El factor de comportamiento sera q=qx o qy segun la direccion del sismo.
El factor corrector por amortiguamiento sera vx o vy segun direccion x, y

SISMO HORIZONTAL LONGITUDINAL x :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:
i A Ppila I rg Lp esbel. beta An
E1 : 1 0.000 0.00 0.000 0.000 0.00 0.00 1.000 0.800
E2 : 2 0.000 0.00 0.000 0.000 0.00 0.00 1.000 0.800

Ppilas= 0.00
Rigideces longitudinales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :
i EI Kp Kn Kpx
E1 : 1 0.00000E+00 - 8431.74 8431.74
E2 : 2 0.00000E+00 - 8431.74 8431.74

Rigidez longitudinal total del puente (kN/m) Kx = 16863.47

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila (t); rg=(I/A)^0.5; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =(K * EI * beta)/hz^3 (kN/m); EI= Rigidez bruta (kN/m2)
K=3 tablero apoyado en neopreno de pila ; K=12 pila empotrada en tablero
Rigidez del neopreno Kn = (Gn * An)/hgn (kN/m) . An = Seccion neoprenos
Rigidez longitudinal del conjunto pila+neopreno Kpx= 1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion longitudinal (s): Tx=2*pi*(M/Kx)^0.5 = .. Tx = 0.928

Aceleracion espectral elastica para T=Tx (m/s2) Sa(Tx) = 0.592
Aceleracion espectral de diseno para T=Tx (m/s2) Sar(Tx) = 0.592
Fuerza equivalente sismica longitudinal (kN) .. Fx = M*Sar(Tx) = 217.73

Reparto de fuerzas y desplazamientos longitudinales en pilas :
i Kpx/Kx Fxi dxi dpx dnx Gnx
E1 : 1 0.500 108.87 0.0129 0.0000 0.0129 0.0107
E2 : 2 0.500 108.87 0.0129 0.0000 0.0129 0.0107

Fx = 217.73

Desplazamientos maximos para T = Tx :
Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)^2 = 0.013
Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.013
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>=1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

Fxi = Fuerza longitudinal en pila i Fxi =Kpx/Kx*Fx (kN)
dxi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dxi=dpx+dnx) .. dxi = Fxi/Kpx (m)
dpx = desplazamiento en el extremo de la pila dpx = Fxi/Kp (m)
dnx = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dnx = Fxi/Kn (m)
Gnx = % de distorsion de las caras del neopreno Gnx = dnx/Hng * 100

SISMO HORIZONTAL TRANSVERSAL y :

Caracteristicas geometricas de pilas, estribos y neoprenos:
i A Ppila I rg Lp esbel. beta An
E1 : 1 0.000 0.00 0.000 0.000 0.00 0.00 1.000 0.800
E2 : 2 0.000 0.00 0.000 0.000 0.00 0.00 1.000 0.800
Ppilas= 0.00

Rigideces transversales de estribos y pilas Kp y neoprenos Kn :
i EI Kp Kn Kpy
E1 : 1 0.00000E+00 - 8431.74 8431.74
E2 : 2 0.00000E+00 - 8431.74 8431.74

Rigidez transversal total del puente (kN/m) Ky = 16863.47

A = Seccion pila (m2); Ppila=Peso pila ; rg=(I/A)^0.5 ; esbeltez =Lp/rg
beta = Factor de fisuracion depende de la esbeltez y varia entre 0.4 y 1.
Pila o estribo Kp =hz^3/(K *EI * beta) (kN/m) ; EI =Rigidez bruta (kN/m2)
K=Factor de empotramiento=funcion de la rigidez a torsion GJ del tablero
y de la rigidez EI de la pila:K=12*(1+hz*GJ/EI)/(4+hz*GJ/EI) varia entre
K=3 (tablero sobre neopreno de pila) y K=12 (pila empotrada en tablero).
Rigidez del neopreno Kn = hgn /(Gn * An) (kN/m). An = Seccion neoprenos
Rigidez transversal del conjunto pila+neopreno Kpy =1/(1/Kp+1+Kn) (kN/m)

Periodo de vibracion transversal (s): Ty = 2*pi*(M/Ky)^0.5 =.. Ty= 0.928

Aceleracion espectral elastica para T=Ty (m/s2) Sa(Ty) = 0.592
Aceleracion espectral de diseno para T=Ty (m/s2) Sar(Ty) = 0.592
Fuerza equivalente sismica en puente (kN) ... Fy = M*Sar(Ty) = 217.73
Momento torsor sismico en puente (kNxm) MFy = Fy*L/2 = 244.15

Movimientos del tablero rigido :
Desplazamiento transversal dyl de estribo izquierdo. Giro de conjunto=m :

K11 = Suma Kpyi = 1.6863E+04 ; K12 = K21 = Suma Kpyi * xpi = 1.8550E+05
K22 = Suma Kpyi * xpi^2 = 4.0810E+06 ; Determinante K = 3.4410E+10

| K11	K12	| * | dyl	| = | Fy	| --->	dyl = 1.2912E-02 (m)
| K21	K22	| | m	| | MFy	| --->	m = 0.0000E+00 -

Reparto de fuerzas y desplazamientos transversales en pilas :

dyl = dyl + m * xpi	desplazamiento transversal pila i.	Fyi = Kpyi * dyi
i	xp(i)	Fyi
E1	: 1	0.00
E2	: 2	22.00

Fy = 217.73

Fyi = Fuerza transversal en pila i Fyi = Kpyi*dyi (kN)
dyi = desplaz. conjunto pila+neopreno (dyi=dpy+dny). dyi = Fyi/Kpy (m)
dpy = desplazamiento en el extremo de la pila dpy = Fyi/Kp (m)
dny = desplaz. relativo entre caras del neopreno ... dny = Fyi/Kn (m)
Gny = % de distorsion de las caras del neopreno Gny = dny/Hng * 100

Media de dyi: dm = 1.2912E-02 ; Maxima diferencia : dmax = 0.0000E+00
Condicion de modelo de tablero rigido .. : dmax/dm = 0.000 < 0.20 (OK)

Desplazamientos maximos para T = Ty :
Desplazamiento elastico (m) Sde(T) = Sar(T) * (T/2*pi)^2 = 0.013
Desplazamiento inelastico (m) Sdi(T) = mu * Sde(T) = 0.013
Ductilidad desplaz.: mu=q si T>1.25*TB sino mu=(q-1)*1.25*TB/T+1 <=5*q-4

ACCIONES CONJUNTAS EN DISTINTAS DIRECCIONES

Combinacion 1 : Sismo Longitudinal + 0.3 * Sismo Transversal :

	Eje	Vx	Mx	0.3 Vy	0.3 My
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq. E1	: 1	108.87	0.00	32.66	0.00
Estribo der. E2	: 2	108.87	0.00	32.66	0.00

Combinacion 2 : Sismo Transversal + 0.3 * Sismo Longitudinal :

	Eje	Vy	My	0.3 Vx	0.3 Mx
	i	(kN)	(m.kN)	(kN)	(m.kN)
Estribo izq. E1	: 1	108.87	0.00	32.66	0.00
Estribo der. E2	: 2	108.87	0.00	32.66	0.00

Cortantes Vx=Fxi ; Vy=Fyi y Momentos Mx=Fxi*hzi ; My=Fyi*hzi en la base

EFFECTOS DE SEGUNDO ORDEN

Momentos de vuelco producidos por el axil maximo Nz concommitante :

DMx = (1+qx)/2 * Sde(Tx) * Nz DMx = 0.0129 * Nz
DMy = (1+qy)/2 * Sde(Ty) * Nz DMy = 0.0129 * Nz

EJEMPLOS (14 a 19) de Cálculo dinámico no lineal (MOD=0):

EJEMPLO 14.- "Puente aislado sobre neoprenos (Guia fig.44 y 45)"

EJEMPLO 15.- "Puente sobre neoprenos + amortiguador FVD (Guia figs. 46 a 49)"

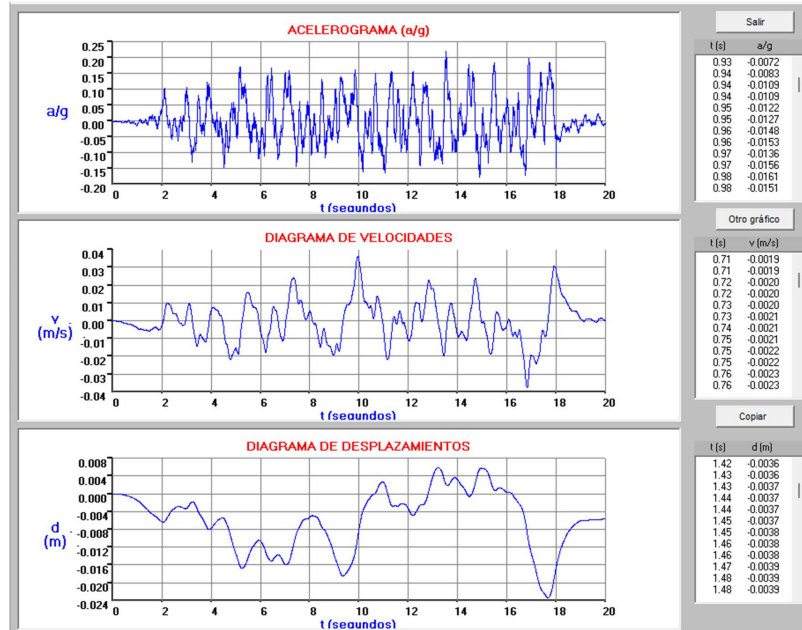
EJEMPLO 16.- Motor sobre aislador de vibraciones con holgura de tope de 0.3 in.

EJEMPLO 17.- Sistema dinamico con friccion y mesa vibratoria a 5g y 5Hz (Ref.pag.57)

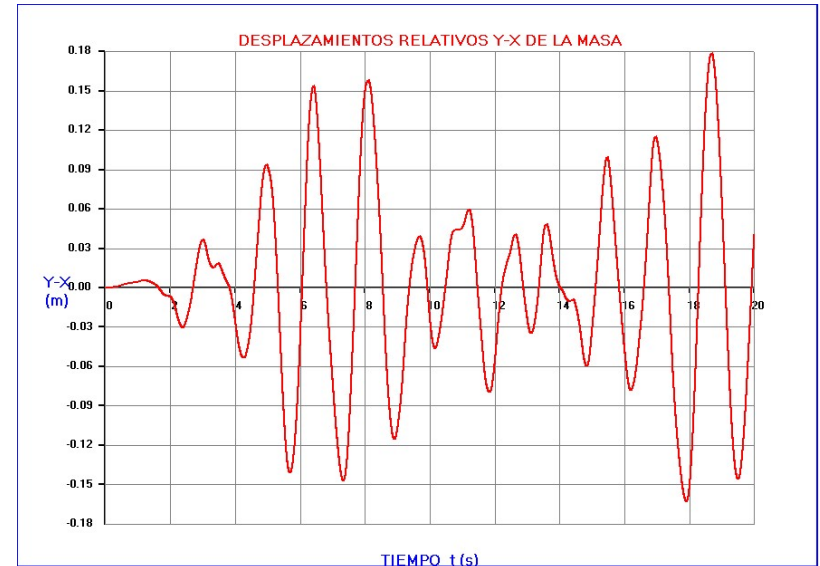
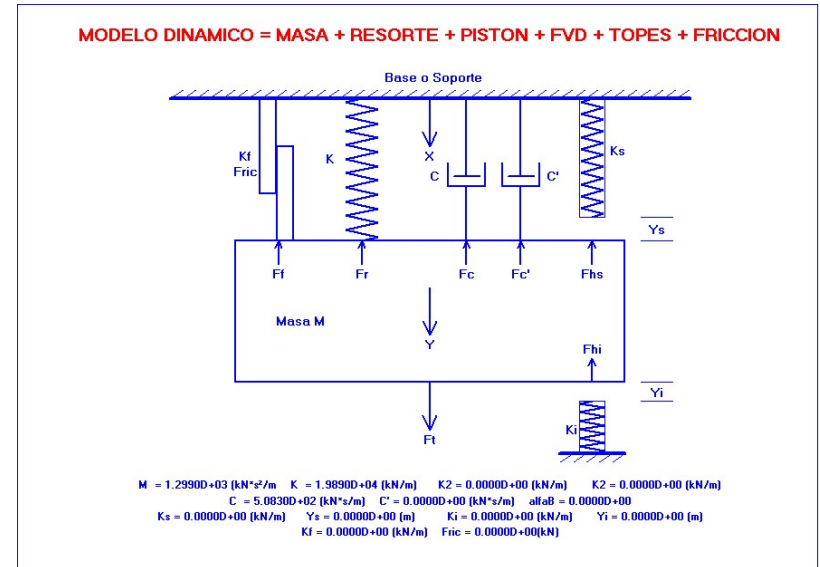
EJEMPLO 18.- Time History Excitacion de la base (Ref.pag.77)

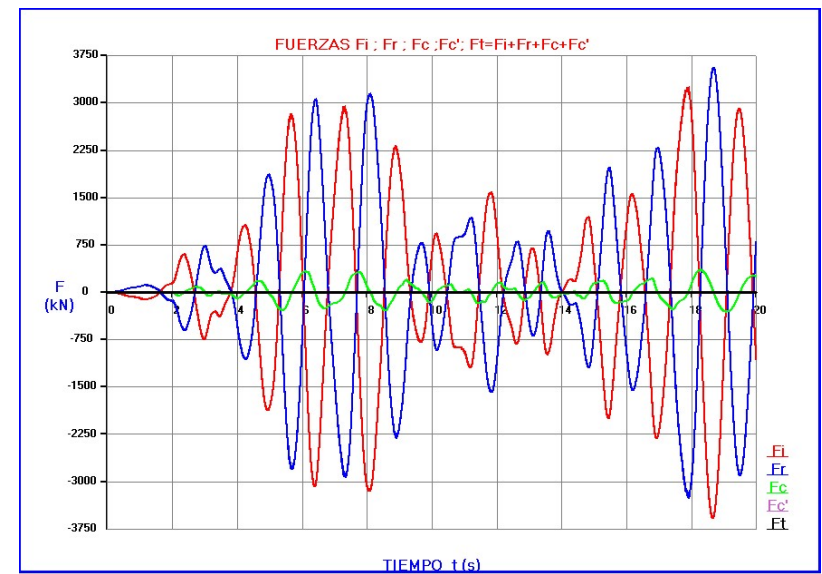
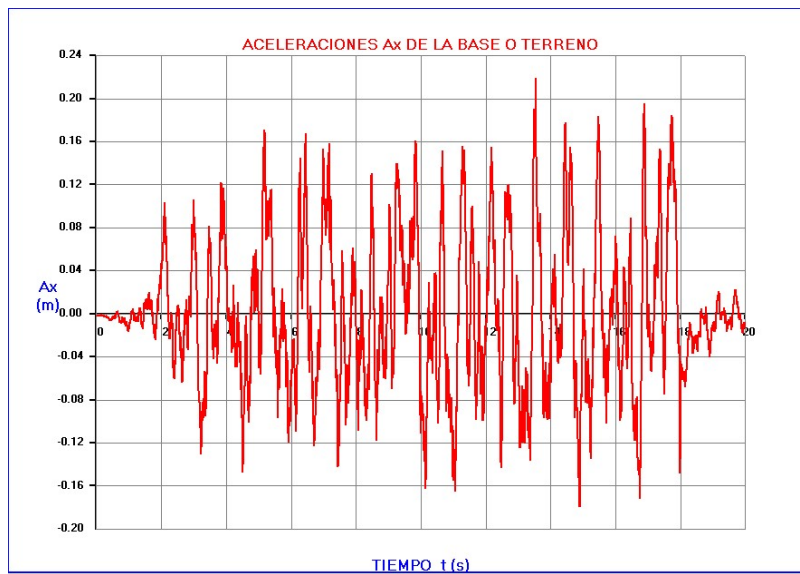
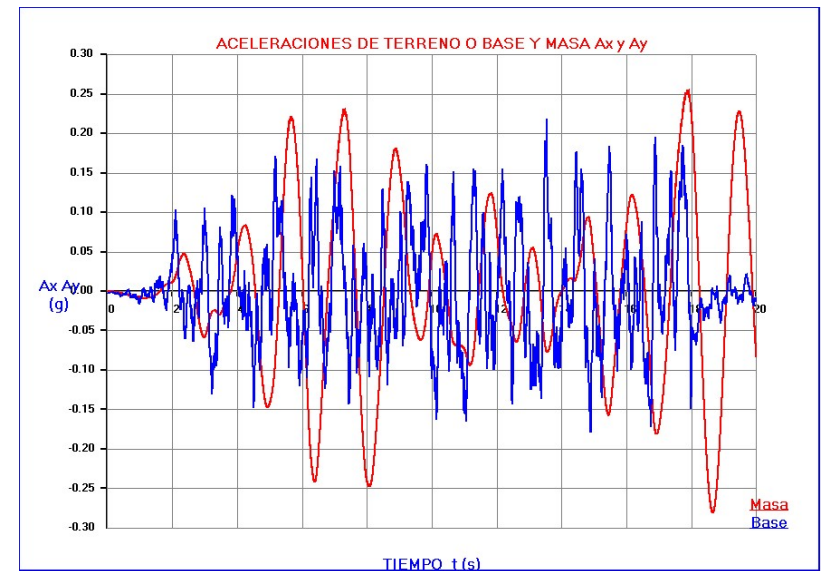
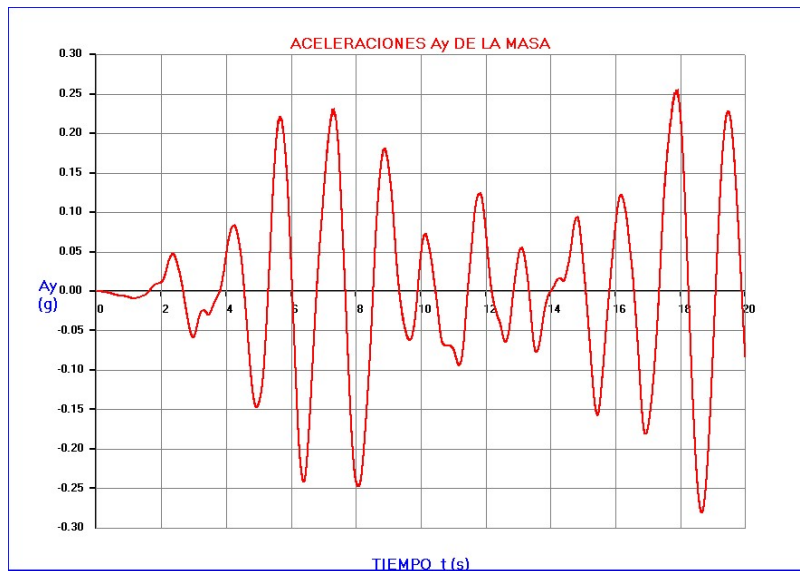
EJEMPLO 19.- Sismo con aceleracion y frecuencia variable por tramos (Ref.pag.77)

EJEMPLO 14.- “Puente aislado sobre neoprenos (Guia fig.44 y 45)”



Acelerograma sintético generado por el programa SISMICO
(Almacenado en fichero CURVACEL)
(Espectro objetivo TB=0.2 ; TC=0.8 ; TD=2s; Acel. meseta = 0.5 g)





```

*****
"
"          P R O G R A M A      P O N S I S 2 5
"          =====
"
"      Sistemas dinamicos de lgdl con resortes elas -
"      toplasticos , amortiguadores y dispositivos de
"      disipacion y frenado frente a cualquier accion
"
"      Version 1                      Fecha : 12/01/2025
"
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172-2025
"
"      E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander.
"
*****

```

```

*****
"
"          D A T O S   D E L   P R O Y E C T O
"          =====
"
"      Proyecto : EJEMPLO NO LINEAL (MOD=0) : 14
"
"      Referencia : MANUAL
"
"      Fecha de calculo : 29-07-2025
"
*****

```

OSCILADOR LINEAL O NO LINEAL. RESPUESTA A EXCITACION FORZADA

Puente aislado sobre neoprenos (Guia fig 44 y 45)

Unidades = (kN,m,s) = (kilonewton , metro, segundo) Iuni = 1

Componentes :

```

-----
Masa :
Peso del oscilador (kN) ..... W = 12743.190
Aceleracion de la gravedad (m/s²) ..... g = 9.810
Masa del oscilador (kN*s²/m) ..... M = 1299.000
Periodo de vibracion natural (s) ..... T = 1.606

Piston :
Coeficiente de amortiguamiento del piston (kN*s/m) ..... C = 508.302
Coeficiente de amortiguamiento critico (kN*s/m) ..... Ccri = 10166.043
Porcentaje de amortiguamiento del piston ..... % = 5.000
Frecuencia natural del sistema no amortiguado ..... w = 3.913
Frecuencia natural del sistema amortiguado ..... wd = 3.908

```

```

Amortiguador FVD (F = C' * v ^ alfaB) :
Coeficiente de fuerza (kN) ..... C' = 0.000
Exponente de velocidad ..... alfaB = 0.000

```

```

Muelle lineal (Im=0) :
Rigidez lineal del muelle (kN/m) ..... K = 19890.000

```

```

Resistencia friccional :
Fuerza maxima de friccion sin deslizar (kN) ..... Fric = 0.000
Rigidez friccional (kN/m) ..... Kf = 0.000

```

```

Topes elasticos con holgura :
Rigidez muelles con tope y holgura superior (kN/m) ..... Ks = 0.000
Holgura del tope superior (m) ..... Ys = 0.000
Rigidez muelles con tope y holgura inferior (kN/m) ..... Ki = 0.000
Holgura del tope inferior (m) ..... Yi = 0.000

```

Excitacion exterior :

```

-----
Excitacion = Fuerza sobre la masa y/o Aceleracion de base o terreno
'Senoidal' de amplitud y frecuencia variable ..... Tipo = 0
'General' dando el Time History de excitaciones ..... Tipo = 1
'Sismica' lee el acelerograma del fichero CURVACEL ..... Tipo = 2

```

El fichero CURVACEL se puede generar con el programa SISMICO o desde otra aplicacion exterior, teniendo en cuenta su organizacion :
Primera linea : Npun = 4001 ; ITa = 1 ; DTa = 0.005
Si ITa = 0 siguen Npun parejas t(i);a(i) (tiempo ; aceleracion)
Si ITa = 1 siguen Npun aceleraciones a(i) igual espaciadas DTa seg.

Condiciones iniciales :

```

-----
Desplazamiento inicial de la masa (m) ..... Yo = 0.00000
Velocidad inicial de la masa (m/s) ..... Vyo = 0.000
Desplazamiento inicial de la base o soporte (m) ..... Xo = 0.00000
Velocidad inicial de la base o soporte (m/s) ..... Vxo = 0.000

```

Tiempos de calculo e impresion :

```

-----
Instante inicial de calculo (s) ..... to = 0.000
Instante final del calculo (s) ..... tf = 20.000
Incremento de tiempo de calculo (s) ..... dt = 0.00100
Numero de instantes o Salto de impresion ..... = 100

```

R E S U L T A D O S

Desplazamientos, Velocidades, Aceleraciones

t (s)	Ax (g)	Y-X (m)	Vy-Vx (m/s)	Ay (g)	Ft (kN)
0.000	-0.002	0.000	0.000	-0.000	0.000
0.100	-0.002	0.000	0.002	-0.000	0.000
0.200	-0.002	0.000	0.003	-0.001	0.000
0.300	-0.002	0.001	0.004	-0.001	0.000
0.400	-0.005	0.001	0.006	-0.002	0.000
0.500	-0.002	0.002	0.009	-0.003	0.000
0.600	-0.002	0.003	0.008	-0.005	0.000
0.700	-0.004	0.003	0.003	-0.005	0.000
0.800	-0.004	0.004	0.004	-0.006	0.000
0.900	-0.010	0.004	0.003	-0.007	0.000
1.000	-0.014	0.005	0.009	-0.008	0.000

1.100	-0.001	0.005	0.006	-0.009	0.000
1.200	-0.005	0.006	-0.002	-0.009	0.000
1.300	-0.003	0.005	-0.006	-0.008	0.000
1.400	-0.012	0.004	-0.012	-0.006	0.000
1.500	0.005	0.003	-0.014	-0.004	0.000
1.600	0.011	0.001	-0.025	-0.000	0.000
1.700	0.012	-0.002	-0.033	0.004	0.000
1.800	-0.016	-0.005	-0.023	0.009	0.000
1.900	0.003	-0.006	-0.005	0.010	0.000
2.000	0.032	-0.007	-0.017	0.011	0.000
2.100	0.100	-0.011	-0.062	0.019	0.000
2.200	0.023	-0.020	-0.101	0.034	0.000
2.300	-0.013	-0.028	-0.054	0.046	0.000
2.400	-0.060	-0.030	0.018	0.046	0.000
2.500	0.004	-0.024	0.083	0.034	0.000
2.600	-0.025	-0.014	0.118	0.017	0.000
2.700	-0.018	-0.000	0.164	-0.006	0.000
2.800	-0.018	0.016	0.152	-0.031	0.000
2.900	0.013	0.030	0.116	-0.051	0.000
3.000	0.099	0.037	0.009	-0.058	0.000

18.002	-0.054	-0.152	0.258	0.225	0.000
18.102	-0.056	-0.113	0.501	0.155	0.000
18.202	-0.044	-0.054	0.665	0.058	0.000
18.302	-0.009	0.015	0.692	-0.052	0.000
18.402	-0.034	0.081	0.614	-0.151	0.000
18.501	-0.028	0.135	0.451	-0.229	0.000
18.601	-0.018	0.169	0.226	-0.273	0.000
18.701	-0.003	0.179	-0.043	-0.276	0.000
18.801	0.002	0.161	-0.296	-0.240	0.000
18.901	-0.036	0.122	-0.480	-0.171	0.000
19.001	-0.014	0.068	-0.582	-0.083	0.000
19.101	-0.004	0.008	-0.606	0.012	0.000
19.201	0.013	-0.051	-0.561	0.102	0.000
19.301	0.002	-0.101	-0.425	0.175	0.000
19.401	-0.004	-0.134	-0.230	0.219	0.000
19.501	-0.007	-0.146	0.000	0.226	0.000
19.601	-0.007	-0.134	0.221	0.199	0.000
19.701	0.022	-0.103	0.381	0.144	0.000
19.801	-0.000	-0.060	0.479	0.074	0.000
19.901	-0.012	-0.010	0.518	-0.005	0.000

Fuerzas en componentes

t (seg)	Fk (kN)	+ Fh (kN)	+ Ff (kN)	--> Fr (kN)	+ Fi (kN)	+ Fc (kN)	+ Fc' (kN)	= Ft (kN)
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
0.10	1.8	0.0	0.0	1.8	-2.7	0.9	0.0	0.0
0.20	6.3	0.0	0.0	6.3	-7.8	1.5	0.0	0.0
0.30	13.5	0.0	0.0	13.5	-15.6	2.2	0.0	0.0
0.40	23.6	0.0	0.0	23.6	-26.8	3.2	0.0	0.0
0.50	39.2	0.0	0.0	39.2	-43.6	4.4	0.0	0.0
0.60	55.7	0.0	0.0	55.6	-59.6	4.0	0.0	0.0
0.70	66.3	0.0	0.0	66.5	-68.1	1.6	0.0	0.0
0.80	73.5	0.0	0.0	73.7	-75.6	1.9	0.0	0.0
0.90	80.4	0.0	0.0	81.1	-82.9	1.8	0.0	0.0
1.00	91.5	0.0	0.0	92.4	-96.8	4.3	0.0	0.0
1.10	108.4	0.0	0.0	109.6	-112.5	2.9	0.0	0.0
1.20	110.2	0.0	0.0	110.0	-108.9	-1.2	0.0	0.0
1.30	102.7	0.0	0.0	102.0	-99.2	-2.8	0.0	0.0
1.40	82.9	0.0	0.0	81.3	-75.0	-6.3	0.0	0.0
1.50	60.0	0.0	0.0	60.5	-53.2	-7.3	0.0	0.0
1.60	19.7	0.0	0.0	17.7	-4.8	-12.8	0.0	0.0
1.70	-39.8	0.0	0.0	-36.4	53.2	-16.8	0.0	0.0

1.80	-100.6	0.0	0.0	-99.9	111.3	-11.4	0.0	0.0
1.90	-122.3	0.0	0.0	-123.4	125.8	-2.4	0.0	0.0
2.00	-139.4	0.0	0.0	-136.7	145.2	-8.4	0.0	0.0
2.10	-209.8	0.0	0.0	-210.4	242.0	-31.5	0.0	0.0
2.20	-388.1	0.0	0.0	-384.1	435.5	-51.4	0.0	0.0
2.30	-549.8	0.0	0.0	-553.1	580.7	-27.6	0.0	0.0
2.40	-597.0	0.0	0.0	-599.7	590.4	9.4	0.0	0.0
2.50	-481.5	0.0	0.0	-477.9	435.5	42.3	0.0	0.0
2.60	-286.3	0.0	0.0	-282.5	222.6	59.9	0.0	0.0
2.70	-3.1	0.0	0.0	-3.3	-79.8	83.1	0.0	0.0
2.80	315.4	0.0	0.0	316.1	-393.2	77.1	0.0	0.0
2.90	593.0	0.0	0.0	592.9	-652.1	59.2	0.0	0.0

18.80	3209.6	0.0	0.0	3209.0	-3058.3	-150.7	0.0	0.0
18.90	2420.7	0.0	0.0	2416.6	-2172.8	-243.8	0.0	0.0
19.00	1355.6	0.0	0.0	1355.8	-1059.8	-296.0	0.0	0.0
19.10	158.8	0.0	0.0	157.8	150.0	-307.8	0.0	0.0
19.20	-1012.9	0.0	0.0	-1011.6	1296.9	-285.3	0.0	0.0
19.30	-2006.6	0.0	0.0	-2010.0	2226.0	-216.0	0.0	0.0
19.40	-2665.6	0.0	0.0	-2670.6	2787.4	-116.7	0.0	0.0
19.50	-2894.9	0.0	0.0	-2884.3	2884.1	0.2	0.0	0.0
19.60	-2671.4	0.0	0.0	-2648.0	2535.7	112.3	0.0	0.0
19.70	-2058.6	0.0	0.0	-2032.7	1838.9	193.9	0.0	0.0
19.80	-1194.3	0.0	0.0	-1182.4	938.8	243.6	0.0	0.0
19.90	-191.0	0.0	0.0	-195.7	-67.7	263.5	0.0	0.0

Valores maximos y minimos e instantes t en que se producen :

Axmax	=	0.219	t =	13.54	;	Axmin	=	-0.179	t =	14.90
YXmax	=	0.179	t =	18.69	;	YXmin	=	-0.163	t =	17.91
Vyxmax	=	0.699	t =	18.27	;	Vyxmin	=	-0.608	t =	19.08
Aymax	=	0.255	t =	17.86	;	Aymin	=	-0.281	t =	18.66
Fimax	=	3251.910	t =	17.86	;	Fimin	=	-3580.972	t =	18.66
Fcmax	=	355.293	t =	18.27	;	Fcmin	=	-309.216	t =	19.08
Fcmax'	=	0.000	t =	0.00	;	Fcmin'	=	0.000	t =	0.00
Frmx	=	3567.107	t =	18.68	;	Frmn	=	-3268.104	t =	17.92
Ftmax	=	0.000	t =	0.00	;	Ftmin	=	0.000	t =	0.00

Movimiento :

Terreno : X = Desplaz; Vx = Veloc. ; Ax = Acelerograma (CURVACEL)
Masa : Y = Desplazamiento ; Vy = Velocidad ; Ay = Aceleracion
Relativo : YX = Y-X = Desplazamiento ; VYX = Vy-Vx = Velocidad

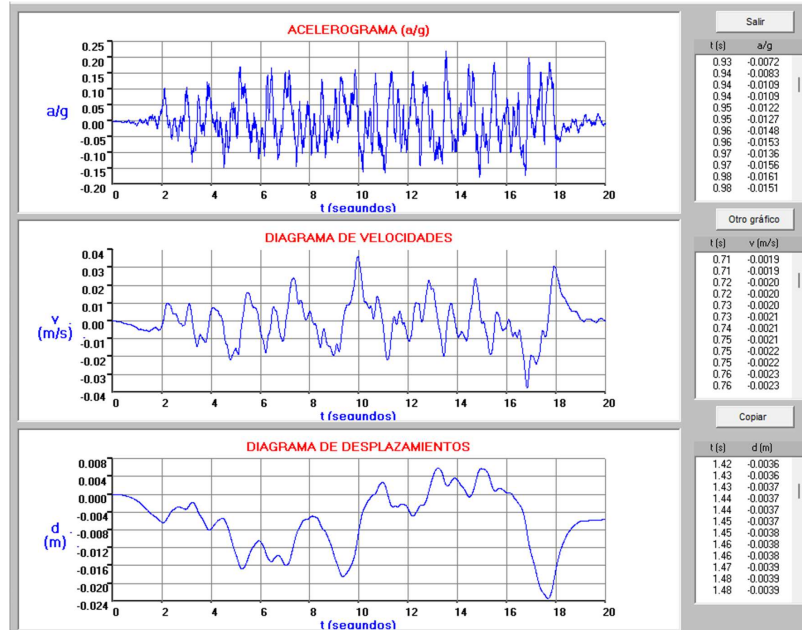
Fuerzas :

Fuerza en el resorte lineal : Fk = K * (Y-X)
Fuerza muelles tope con holgura superior Ys : Fh = Ks * (Y-X-Ys) > 0
Fuerza muelles tope con holgura inferior Yi : Fh = Ki * (Y-X+Yi) < 0
Fuerza friccional : Ff = Kf * (Y-X-des) si |Ff| <= Fric
(deslizamiento= des=Y-X-Ff/Kf) Ff = Fric * Ff/|Ff| si |Ff| >= Fric

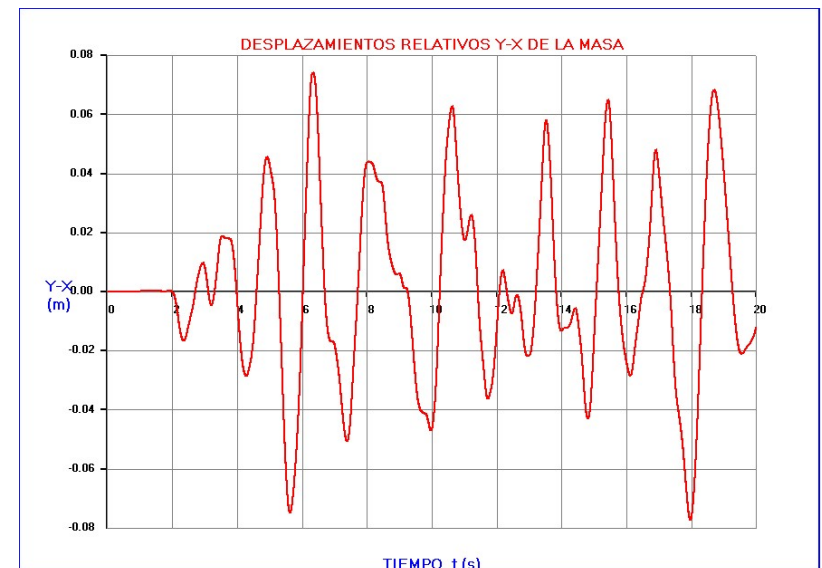
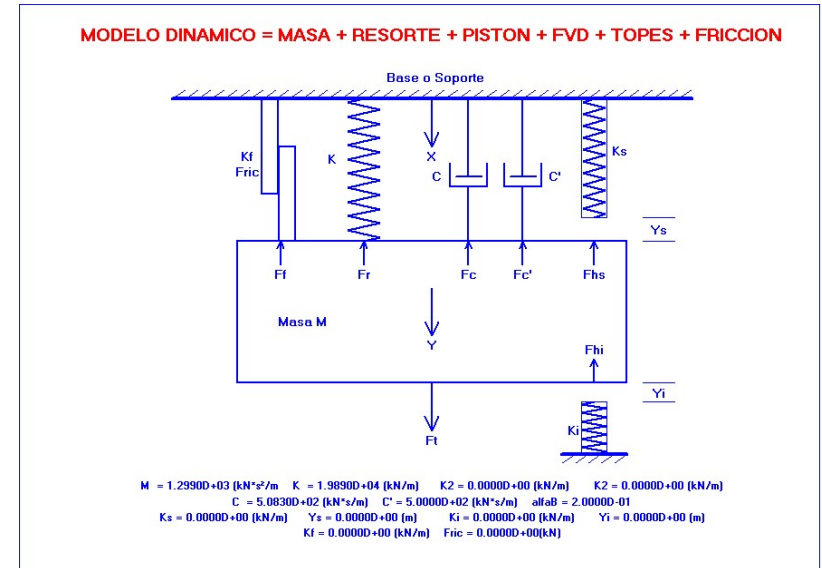
Equilibrio de fuerzas :

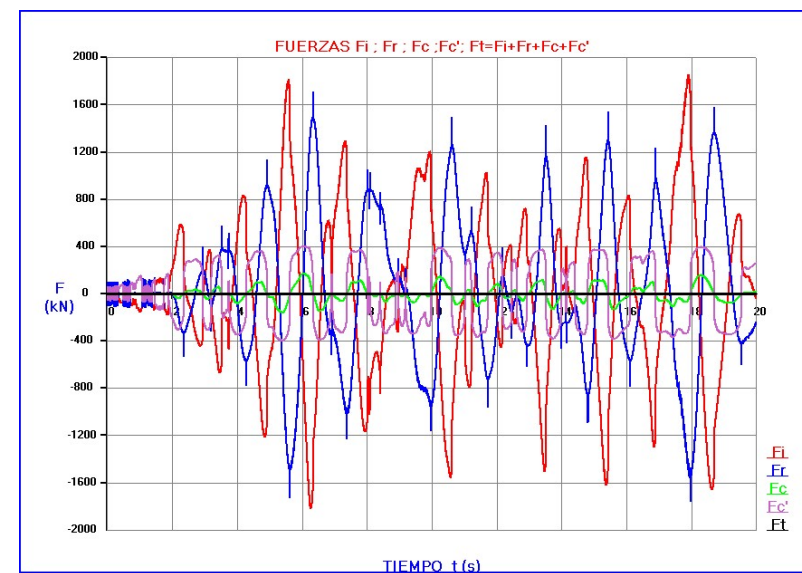
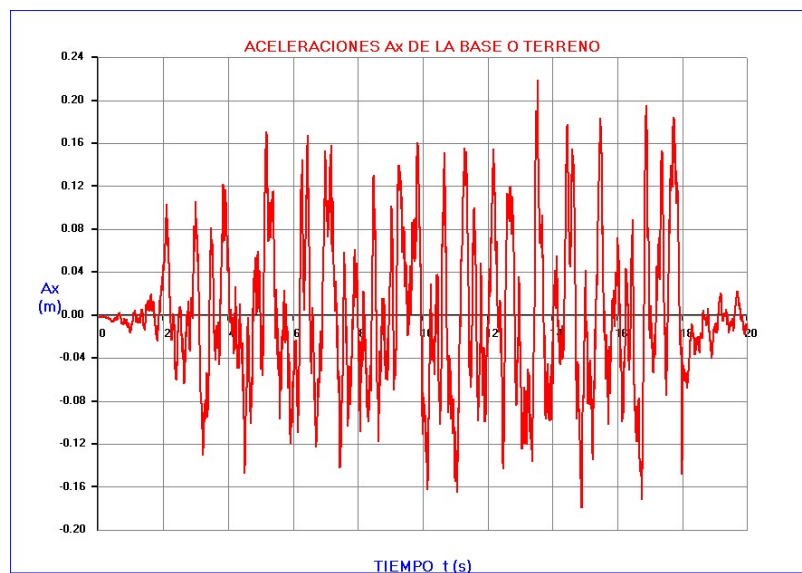
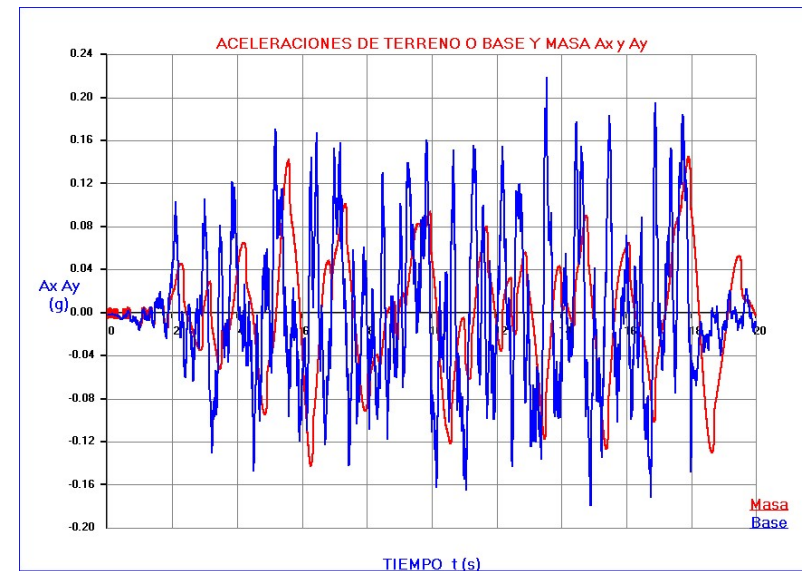
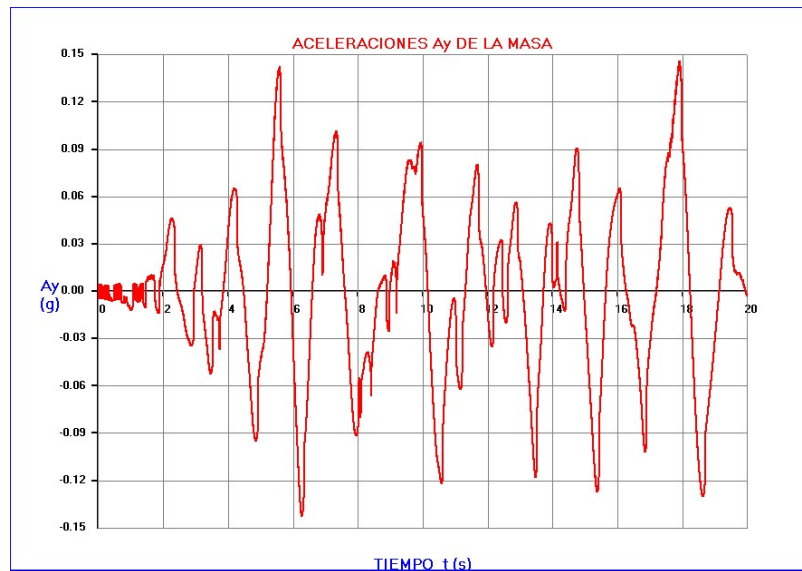
Fuerza en muelles o resortes : Fr = Fk + Fh + Ff
Fuerza de amortiguamiento piston : Fc = C * (Vy-Vx)
Fuerza de amortiguador FVD : Fc' = C' * (Vy-Vx) ^ alfaB
Fuerza de inercia de la masa : Fi = M * Ay
Fuerza total = Excitacion exterior : Ft = Fr + Fc + Fc' + Fi

EJEMPLO 15.- “Puente sobre neoprenos + amortiguador FVD (Guia figs. 46 a 49)”



Acelerograma sintético generado por el programa SISMICO
(Almacenado en fichero CURVACEL)
(Espectro objetivo TB=0.2 ; TC=0.8 ; TD=2s; Acel. meseta = 0.5 g)





[illegible]

unidades = (kN,m,s) = (kilonewton , metro, segundo) Iuni = 1

```

Masa :
Peso del oscilador (kN) ..... W = 12743.190
Aceleracion de la gravedad (m/s²) ..... g = 9.810
Masa del oscilador (kN*s²/m)..... M = 1299.000
Periodo de vibracion natural (s) ..... T = 1.606

Piston :
Coeficiente de amortiguamiento del piston (kN*s/m) ..... C = 508.302
Coeficiente de amortiguamiento critico (kN*s/m) ..... Ccrt = 10166.043
Porcentaje de amortiguamiento del piston ..... % = 5.000
Frecuencia natural del sistema no amortiguado ..... w = 3.913
Frecuencia natural del sistema amortiguado ..... wd = 3.908

```

```

Instante inicial de calculo (s) ..... to =      0.000
Instante final del calculo (s) ..... tf =    20.000
Incremento de tiempo de calculo (s) ..... dt =   0.00100
Numero de instantes o Salto de impresion ..... =   100

```

t (s)	A _x (g)	Y-X (m)	V _y -V _x (m/s)	A _y (g)	F _t (kN)
0.000	-0.002	0.000	0.000	-0.000	0.000
0.100	-0.002	0.000	0.000	0.005	0.000
0.200	-0.002	0.000	0.000	-0.005	0.000
0.300	-0.002	0.000	0.000	0.004	0.000
0.400	-0.005	0.000	0.000	-0.005	0.000
0.500	-0.002	0.000	0.000	0.004	0.000
0.600	-0.002	0.000	0.000	-0.004	0.000
0.700	-0.004	0.000	0.000	-0.005	0.000
0.800	-0.004	0.000	0.000	-0.004	0.000
0.900	-0.010	0.000	0.000	-0.008	0.000

1.000	-0.014	0.000	0.002	-0.012	0.000
1.100	-0.001	0.000	0.000	0.004	0.000
1.200	-0.005	0.000	0.000	-0.005	0.000
1.300	-0.003	0.000	-0.000	-0.004	0.000
1.400	-0.012	0.000	0.000	-0.008	0.000
1.500	0.005	0.000	-0.000	0.006	0.000
1.600	0.011	0.000	-0.000	0.008	0.000
1.700	0.012	0.000	-0.001	0.009	0.000
1.800	-0.016	0.000	0.002	-0.011	0.000
1.900	0.003	0.000	-0.000	0.006	0.000
2.000	0.032	-0.000	-0.011	0.016	0.000
2.100	0.100	-0.003	-0.050	0.027	0.000
2.200	0.023	-0.010	-0.080	0.043	0.000
2.300	-0.013	-0.016	-0.029	0.045	0.000
2.400	-0.060	-0.016	0.026	0.005	0.000
2.500	0.004	-0.012	0.050	-0.005	0.000
2.600	-0.025	-0.007	0.049	-0.013	0.000
2.700	-0.018	-0.001	0.071	-0.025	0.000
2.800	-0.018	0.005	0.049	-0.032	0.000
2.900	0.013	0.009	0.022	-0.034	0.000
3.000	0.099	0.009	-0.042	0.009	0.000
3.100	0.012	0.001	-0.090	0.026	0.000

15.703	-0.074	0.011	-0.222	0.020	0.000
15.803	-0.025	-0.006	-0.133	0.041	0.000
15.903	-0.000	-0.017	-0.088	0.054	0.000
16.003	0.042	-0.024	-0.055	0.061	0.000
16.103	-0.040	-0.028	-0.015	0.062	0.000
16.203	-0.053	-0.025	0.083	0.011	0.000
16.303	0.014	-0.015	0.084	-0.003	0.000
16.403	-0.015	-0.007	0.096	-0.018	0.000
16.503	-0.017	-0.000	0.036	-0.022	0.000
16.603	-0.117	0.006	0.091	-0.037	0.000
16.702	-0.144	0.018	0.146	-0.060	0.000
16.802	-0.050	0.036	0.201	-0.092	0.000
16.902	0.188	0.048	0.001	-0.088	0.000
17.002	-0.014	0.041	-0.113	-0.033	0.000
17.102	-0.040	0.029	-0.117	-0.015	0.000
17.202	0.041	0.018	-0.103	0.002	0.000
17.302	0.051	0.006	-0.134	0.021	0.000
17.402	0.126	-0.010	-0.211	0.053	0.000
17.502	-0.051	-0.030	-0.155	0.079	0.000
17.602	0.084	-0.040	-0.072	0.088	0.000
17.702	0.143	-0.048	-0.095	0.103	0.000
17.802	0.121	-0.061	-0.138	0.128	0.000
17.902	0.025	-0.073	-0.104	0.143	0.000
18.002	-0.054	-0.076	0.057	0.094	0.000
18.102	-0.056	-0.064	0.188	0.062	0.000
18.202	-0.044	-0.040	0.287	0.020	0.000
18.302	-0.009	-0.009	0.307	-0.029	0.000
18.402	-0.034	0.020	0.279	-0.074	0.000
18.501	-0.028	0.045	0.214	-0.108	0.000
18.601	-0.018	0.062	0.121	-0.128	0.000
18.701	-0.003	0.068	-0.000	-0.116	0.000
18.801	0.002	0.064	-0.079	-0.074	0.000
18.901	-0.036	0.054	-0.121	-0.054	0.000
19.001	-0.014	0.041	-0.141	-0.032	0.000
19.101	-0.004	0.026	-0.148	-0.008	0.000
19.201	0.013	0.011	-0.157	0.016	0.000
19.301	0.002	-0.004	-0.131	0.037	0.000
19.401	-0.004	-0.015	-0.087	0.050	0.000
19.501	-0.007	-0.020	-0.027	0.052	0.000
19.601	-0.007	-0.021	0.014	0.014	0.000
19.701	0.022	-0.019	0.015	0.011	0.000
19.801	-0.000	-0.018	0.015	0.010	0.000
19.901	-0.012	-0.015	0.027	0.005	0.000

Fuerzas en componentes

t (seg)	Fk (kN)	+	Fh (kN)	+	Ff (kN)	-->	Fr (kN)	+	Fi (kN)	+	Fc (kN)	+	Fc' (kN)	=	Ft (kN)
0.00	0.0		0.0		0.0		0.0		-0.0		0.0		0.0		0.0
0.10	0.0		0.0		0.0		-95.4		57.5		0.0		37.9		0.0
0.20	0.0		0.0		0.0		28.9		-60.0		0.0		31.1		0.0
0.30	0.0		0.0		0.0		-100.7		47.6		0.0		53.1		0.0
0.40	0.1		0.0		0.0		-0.3		-65.0		0.0		65.3		0.0
0.50	0.2		0.0		0.0		-102.3		49.3		0.0		53.0		0.0
0.60	0.2		0.0		0.0		-0.3		-52.0		0.0		52.3		0.0
0.70	0.2		0.0		0.0		5.3		-69.6		0.0		64.3		0.0
0.80	0.5		0.0		0.0		0.1		-46.0		0.0		45.9		0.0
0.90	0.7		0.0		0.0		0.8		-102.8		0.2		101.9		0.0
1.00	2.9		0.0		0.0		3.1		-153.6		1.2		149.3		0.0
1.10	5.2		0.0		0.0		-105.0		48.4		0.0		56.6		0.0
1.20	5.2		0.0		0.0		4.8		-67.7		0.0		63.0		0.0
1.30	5.2		0.0		0.0		93.7		-50.8		-0.0		-42.9		0.0
1.40	5.3		0.0		0.0		3.6		-106.5		0.2		102.7		0.0
1.50	5.8		0.0		0.0		10.1		82.3		-0.1		-92.3		0.0
1.60	4.6		0.0		0.0		10.7		96.8		-0.2		-107.3		0.0
1.70	2.6		0.0		0.0		3.3		121.0		-0.5		-123.8		0.0
1.80	2.9		0.0		0.0		6.5		-145.2		0.8		137.9		0.0
1.90	8.0		0.0		0.0		10.3		72.6		-0.1		-82.8		0.0
2.00	-0.8		0.0		0.0		5.2		203.2		-5.6		-202.8		0.0
2.10	-54.0		0.0		0.0		-48.8		348.4		-25.3		-274.3		0.0
2.20	-198.7		0.0		0.0		-199.7		542.0		-40.6		-301.7		0.0
2.30	-312.6		0.0		0.0		-315.5		575.9		-14.6		-245.7		0.0
2.40	-318.4		0.0		0.0		-316.6		62.9		13.1		240.6		0.0
2.50	-229.1		0.0		0.0		-231.7		-67.7		25.2		274.2		0.0
2.60	-136.9		0.0		0.0		-139.5		-159.7		25.2		274.1		0.0
2.70	-15.8		0.0		0.0		-13.4		-317.0		36.0		294.4		0.0
2.80	105.7		0.0		0.0		107.8		-406.5		25.0		273.7		0.0
2.90	184.1		0.0		0.0		187.4		-430.7		11.0		232.3		0.0
17.40	-205.3		0.0		0.0		-203.9		677.5		-107.3		-366.3		0.0
17.50	-600.4		0.0		0.0		-583.4		1006.5		-78.8		-344.4		0.0
17.60	-801.7		0.0		0.0		-790.7		1122.7		-36.6		-295.4		0.0
17.70	-962.5		0.0		0.0		-955.2		1316.2		-48.5		-312.5		0.0
17.80	-1204.5		0.0		0.0		-1219.0		1626.0		-70.3		-336.6		0.0
17.90	-1461.1		0.0		0.0		-1448.4		1819.5		-53.0		-318.1		0.0
18.00	-1519.6		0.0		0.0		-1511.6		1200.1		29.2		282.3		0.0
18.10	-1271.6		0.0		0.0		-1247.4		793.6		95.7		358.0		0.0
18.20	-790.7		0.0		0.0		-787.3		251.6		146.1		389.6		0.0
18.30	-185.0		0.0		0.0		-183.4		-367.8		156.2		394.9		0.0
18.40	401.5		0.0		0.0		409.5		-938.8		141.9		387.4		0.0
18.50	899.7		0.0		0.0		902.7		-1379.2		109.0		367.5		0.0
18.60	1239.2		0.0		0.0		1240.3		-1629.6		61.5		327.7		0.0
18.70	1360.6		0.0		0.0		1577.8		-1482.7		-0.1		-94.9		0.0
18.80	1279.9		0.0		0.0		1280.6		-939.7		-40.1		-300.8		0.0
18.90	1071.8		0.0		0.0		1072.5		-682.9		-61.6		-327.9		0.0
19.00	813.2		0.0		0.0		815.7		-406.5		-71.5		-337.7		0.0
19.10	522.1		0.0		0.0		518.3		-101.6		-75.4		-341.3		0.0
19.20	218.2		0.0		0.0		221.5		203.2		-79.6		-345.1		0.0
19.30	-72.3		0.0		0.0		-74.8		474.2		-66.5		-332.9		0.0
19.40	-292.1		0.0		0.0		-287.7		638.8		-44.2		-306.9		0.0
19.50	-405.4		0.0		0.0		-402.0		658.1		-13.6		-242.5		0.0
19.60	-410.5		0.0		0.0		-405.0		183.9		7.3		213.9		0.0
19.70	-375.6		0.0		0.0		-370.0		145.2		7.8		217.0		0.0
19.80	-348.5		0.0		0.0		-349.0		125.8		7.6		215.6		0.0
19.90	-307.6		0.0		0.0		-314.8		58.1		13.8		243.0		0.0

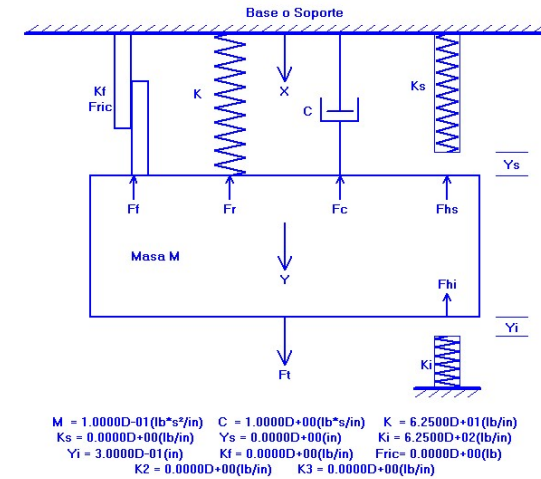
Axmax	=	0.215	t =	13.54	;	Axmin	=	-0.179	t =	14.90
YXmax	=	0.074	t =	6.34	;	YXmin	=	-0.077	t =	17.97
Vyxmax	=	0.337	t =	6.03	;	Vyxmin	=	-0.312	t =	5.40
Aymax	=	0.146	t =	17.89	;	Aymin	=	-0.143	t =	6.27
Fimax	=	1858.234	t =	17.89	;	Fimin	=	-1819.521	t =	6.27
Fcmax	=	171.372	t =	6.03	;	Fcmin	=	-158.765	t =	5.40
Fcmax'	=	402.285	t =	6.03	;	Fcmin'	=	-396.184	t =	5.40
Frmx	=	1707.668	t =	6.34	;	Frrmin	=	-1754.234	t =	17.97
Ftmax	=	0.000	t =	0.00	;	Ftmin	=	0.000	t =	0.00

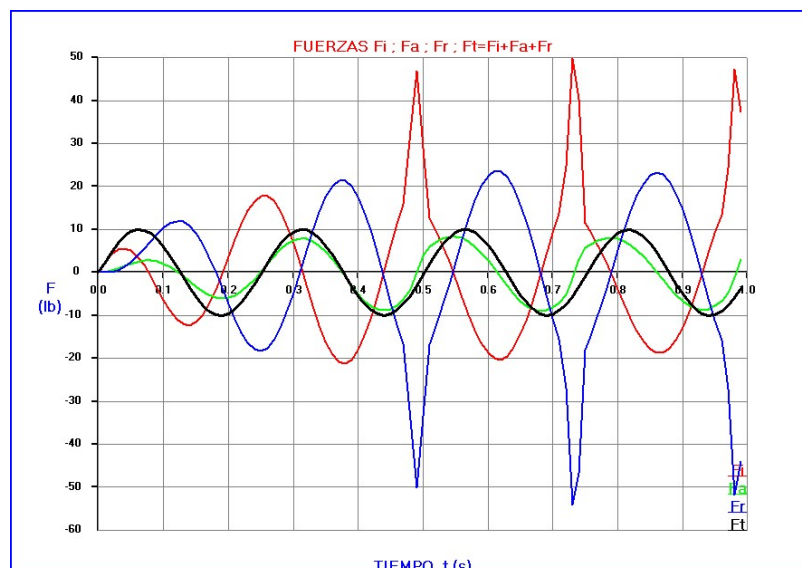
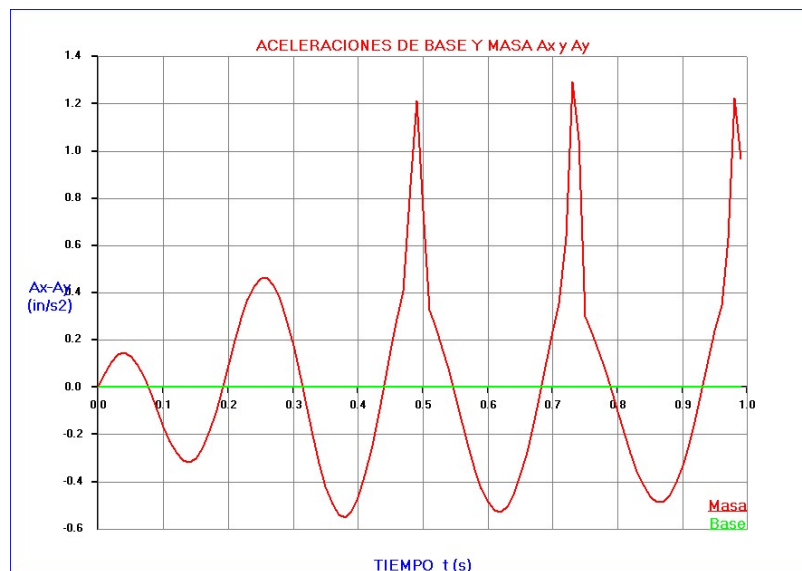
Terreno : X = Desplaz; Vx = Veloc. ; Ax = Acelerograma (CURVACEL)
Masa : Y = Desplazamiento ; Vy = Velocidad ; Ay = Aceleracion
Relativo : YX = Y-X = Desplazamiento ; VYX = Vy-Vx = Velocidad

Fuerza en el resorte lineal	:	$F_k = K * (Y-X)$	
Fuerza muelles tope con holgura superior Ys	:	$F_h = K_s * (Y-X-Ys) > 0$	
Fuerza muelles tope con holgura inferior Yi	:	$F_h = K_i * (Y+Yi-X) < 0$	
Fuerza friccional	:	$F_f = K_f * (Y-X-des)$	si $|F_f| <= Fric$
(deslizamiento= des=Y-X-Ff/Kf)		$F_f = Fric * Ff/|Ff|$	si $|F_f| >= Fric$

Fuerza en muelles o resortes	:	$F_r = F_k + F_h + F_f$
Fuerza de amortiguamiento piston	:	$F_c = C * (V_y - V_x)$
Fuerza de amortiguador FVD	:	$F_c' = C' * (V_y - V_x) ^ \alpha$
Fuerza de inercia de la masa	:	$F_i = M * A_y$
Fuerza total = Excitacion exterior	:	$F_t = F_r + F_c + F_c' + F_i$

MODELO DINAMICO = MASA + RESORTE + PISTON + TOPES + FRICCION





```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A   P O N S I S 2 5          "
"          =====          "
"          Sistemas dinamicos de lgdl con resortes elas - "
"          toplasticos , amortiguadores y dispositivos de "
"          disipacion y frenado frente a cualquier accion "
"          "
"          Version 1                      Fecha : 12/01/2025 "
"          "
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172-2025 "
"          "
"          E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander. "
"          "
"          =====

```

```

=====
"                                     "
"          D A T O S   D E L   P R O Y E C T O          "
"          =====          "
"          Proyecto : EJEMPLO NO LINEAL (MOD=0) : 16 "
"          "
"          Referencia : MANUAL "
"          "
"          Fecha de calculo : 29-07-2025 "
"          "
"          =====

```

```

=====
OSCILADOR LINEAL O NO LINEAL. RESPUESTA A EXCITACION FORZADA
=====

```

Motor sobre aislador de vibraciones con holgura de tope de 0.3 in
 Unidades = (lb,in,s) = (libra , pulgada, segundo) Iuni = 4

Componentes :

```

Masa :
Peso del oscilador (lb) ..... W = 38.600
Aceleracion de la gravedad (in/s²) ..... g = 386.000
Masa del oscilador (lb*s²/in)..... M = 0.100
Periodo de vibracion natural (s) ..... T = 0.251

Piston :
Coeficiente de amortiguamiento del piston(lb*s/in) ..... C = 1.000
Coeficiente de amortiguamiento critico(lb*s/in) ..... Ccri = 5.000
Porcentaje de amortiguamiento del piston ..... % = 20.000
Frecuencia natural del sistema no amortiguado ..... w = 25.000
Frecuencia natural del sistema amortiguado ..... wd = 24.495

```

Amortiguador FVD ($F = C' * v^{\alpha}$) :
 Coeficiente de fuerza (lb) $C' =$ 0.000
 Exponente de velocidad $\alpha =$ 0.000

Muelle lineal ($I_m=0$) :
 Rigidez lineal del muelle (lb/in)..... $K =$ 62.500

Resistencia friccional :
 Fuerza maxima de friccion sin deslizar (lb) $F_{ric} =$ 0.000
 Rigidez friccional (lb/in) $K_f =$ 0.000

Topes elasticos con holgura :
 Rigidez muelles con tope y holgura superior (lb/in) $K_s =$ 0.000
 Holgura del tope superior (in) $Y_s =$ 0.000
 Rigidez muelles con tope y holgura inferior (lb/in) $K_i =$ 625.000
 Holgura del tope inferior (in) $Y_i =$ 0.300

Excitacion exterior :

Excitacion = Fuerza sobre la masa y/o Aceleracion de base o terreno
 'Senoidal' de amplitud y frecuencia variable Tipo = 0
 'General' dando el Time History de excitaciones Tipo = 1
 'Sismica' lee el acelerograma del fichero CURVACEL Tipo = 2
 Tipo = 0
 Numero de puntos que definen la excitacion (>1) $N_{pun} =$ 2

Instante t (s)	Fuerza en masa F (lb)	Aceleracion base Ax (in/s ²)	Frecuencia f (Hz)
0.000	10.000	0.000	3.980
2.500	10.000	0.000	3.980

Condiciones iniciales :

Desplazamiento inicial de la masa (in) $Y_o =$ 0.00000
 Velocidad inicial de la masa (in/s) $V_{y_o} =$ 0.000
 Desplazamiento inicial de la base o soporte (in) $X_o =$ 0.00000
 Velocidad inicial de la base o soporte (in/s) $V_{x_o} =$ 0.000

Tiempos de calculo e impresion :

Instante inicial de calculo (s) $t_o =$ 0.000
 Instante final del calculo (s) $t_f =$ 2.500
 Incremento de tiempo de calculo (s)..... $dt =$ 0.01000
 Numero de instantes o Salto de impresion = 10

R E S U L T A D O S

Desplazamientos, Velocidades, Aceleraciones

t (seg)	X (in)	Vx (in/s)	Ax (in/s ²)	Y (in)	Vy (in/s)	Ay (in/s ²)	Ft (lb)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.100	0.00	0.00	0.00	0.17	2.03	-0.17	5.98
0.200	0.00	0.00	-0.00	-0.12	-5.88	0.09	-9.59
0.300	0.00	0.00	0.00	-0.08	7.40	0.18	9.39
0.400	0.00	0.00	-0.00	0.28	-5.00	-0.47	-5.46
0.500	0.00	0.00	-0.00	-0.32	3.86	0.75	-0.63
0.600	0.00	0.00	0.00	0.36	2.81	-0.49	6.47
0.700	0.00	0.00	-0.00	-0.17	-8.23	0.24	-9.75
0.800	0.00	0.00	0.00	0.08	7.85	-0.10	9.15

0.900	0.00	0.00	-0.00	0.23	-6.63	-0.33	-4.93
1.000	0.00	0.00	-0.00	-0.29	5.44	0.29	-1.25
1.100	0.00	0.00	0.00	0.35	2.16	-0.45	6.94
1.200	0.00	0.00	-0.00	-0.17	-7.86	0.22	-9.87
1.300	0.00	0.00	0.00	0.06	7.80	-0.07	8.88
1.400	0.00	0.00	-0.00	0.25	-6.18	-0.36	-4.37
1.500	0.00	0.00	-0.00	-0.31	4.91	0.40	-1.87
1.600	0.00	0.00	0.00	0.35	2.66	-0.44	7.37
1.700	0.00	0.00	-0.00	-0.15	-8.10	0.19	-9.95
1.800	0.00	0.00	0.00	0.04	7.86	-0.05	8.58
1.900	0.00	0.00	-0.00	0.26	-5.88	-0.37	-3.80
2.000	0.00	0.00	-0.00	-0.32	4.33	0.58	-2.49
2.100	0.00	0.00	0.00	0.34	3.02	-0.43	7.78
2.200	0.00	0.00	-0.00	-0.13	-8.23	0.16	-9.99
2.300	0.00	0.00	0.00	0.02	7.87	-0.03	8.24
2.400	0.00	0.00	-0.00	0.28	-5.50	-0.39	-3.21
2.500	0.00	0.00	-0.00	-0.33	3.60	0.78	-3.09

Fuerzas en componentes

t (seg)	Fk (lb)	+	Fh (lb)	+	Ff (lb)	-->	Fr (lb)	+	Fi (lb)	+	Fc (lb)	+	Fc' (lb)	=	Ft (lp)
0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
0.10	10.37		0.00		0.00		10.37		-6.42		2.03		0.00		5.98
0.20	-7.32		0.00		0.00		-7.32		3.62		-5.88		0.00		-9.59
0.30	-4.88		0.00		0.00		-4.88		6.87		7.40		0.00		9.39
0.40	17.60		0.00		0.00		17.60		-18.06		-5.00		0.00		-5.46
0.50	-20.08		-13.34		0.00		-33.42		28.93		3.86		0.00		-0.63
0.60	22.42		0.00		0.00		22.42		-18.76		2.81		0.00		6.47
0.70	-10.63		0.00		0.00		-10.63		9.12		-8.23		0.00		-9.75
0.80	5.18		0.00		0.00		5.18		-3.87		7.85		0.00		9.15
0.90	14.57		0.00		0.00		14.57		-12.87		-6.63		0.00		-4.93
1.00	-18.00		0.00		0.00		-18.00		11.32		5.44		0.00		-1.25
1.10	22.07		0.00		0.00		22.07		-17.30		2.16		0.00		6.94
1.20	-10.46		0.00		0.00		-10.46		8.45		-7.86		0.00		-9.87
1.30	3.65		0.00		0.00		3.65		-2.56		7.80		0.00		8.88
1.40	15.57		0.00		0.00		15.57		-13.76		-6.18		0.00		-4.37
1.50	-19.08		-3.31		0.00		-22.39		15.61		4.91		0.00		-1.87
1.60	21.73		0.00		0.00		21.73		-17.01		2.66		0.00		7.37
1.70	-9.14		0.00		0.00		-9.14		7.29		-8.10		0.00		-9.95
1.80	2.71		0.00		0.00		2.71		-2.00		7.86		0.00		8.58
1.90	16.41		0.00		0.00		16.41		-14.32		-5.88		0.00		-3.80
2.00	-19.70		-9.46		0.00		-29.16		22.34		4.33		0.00		-2.49
2.10	21.27		0.00		0.00		21.27		-16.51		3.02		0.00		7.78
2.20	-7.90		0.00		0.00		-7.90		6.14		-8.23		0.00		-9.99
2.30	1.47		0.00		0.00		1.47		-1.11		7.87		0.00		8.24
2.40	17.28		0.00		0.00		17.28		-14.99		-5.50		0.00		-3.21
2.50	-20.40		-16.52		0.00		-36.93		30.23		3.60		0.00		-3.09

Valores maximos y minimos e instantes t en que se producen :

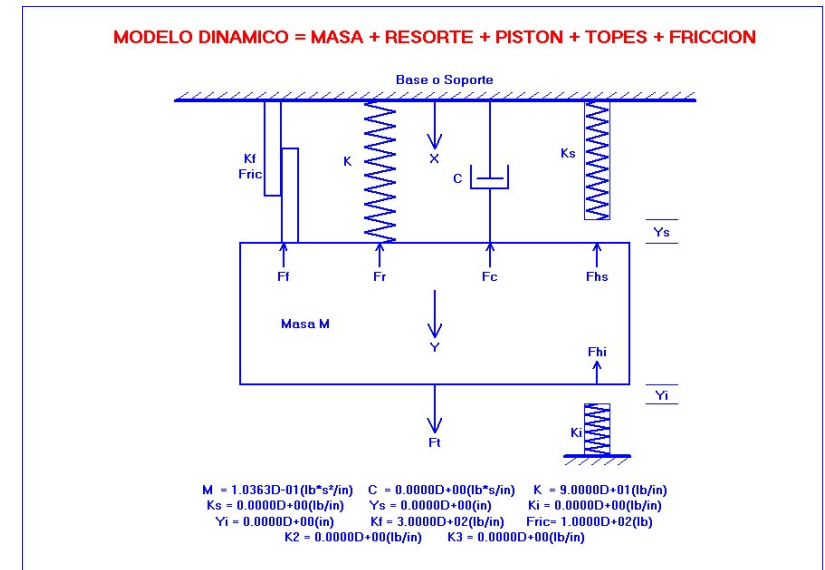
Xmax =	0.000	t =	0.00	;	Xmin =	0.000	t =	0.00
Vxmax =	0.000	t =	0.00	;	Vxmin =	0.000	t =	0.00
Axmax =	0.000	t =	0.00	;	Axmin =	0.000	t =	0.00
Ymax =	0.377	t =	0.61	;	Ymin =	-0.351	t =	0.73
Vymax =	8.374	t =	0.55	;	Vymin =	-9.042	t =	0.68
Aymax =	1.292	t =	0.73	;	Aymin =	-0.550	t =	0.38
YXmax =	0.377	t =	0.61	;	YXmin =	-0.351	t =	0.73
Vyxmax =	8.374	t =	0.55	;	Vyxmin =	-9.042	t =	0.68
Aymax =	1.292	t =	0.73	;	Aymin =	-0.550	t =	0.38
Fimax =	49.877	t =	0.73	;	Fimin =	-21.225	t =	0.38
Fcmax =	8.374	t =	0.55	;	Fcmin =	-9.042	t =	0.68
Fcmax' =	0.000	t =	0.00	;	Fcmin' =	0.000	t =	0.00
Frmx =	23.587	t =	0.61	;	Fmin =	-54.029	t =	0.73
Ftmax =	10.000	t =	0.00	;	Ftmin =	-10.000	t =	2.45

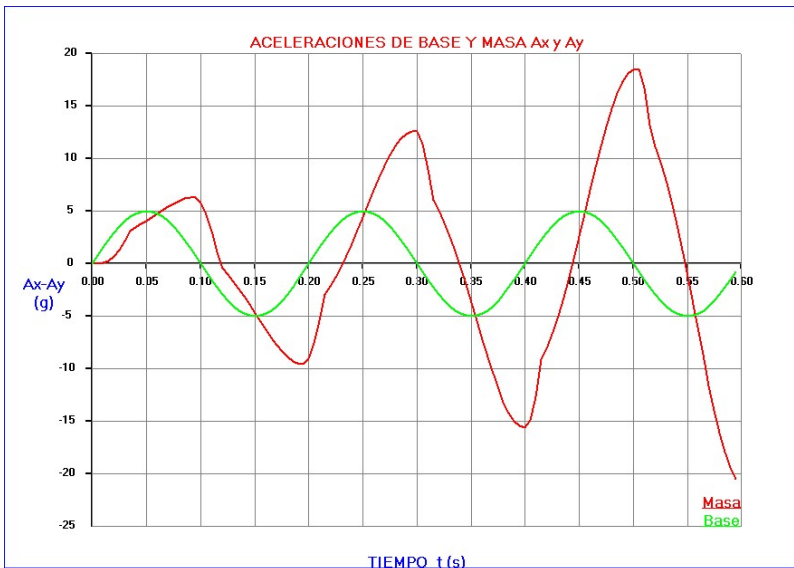
Movimiento :
Base : X = Desplazamiento ; V_x = Velocidad ; A_x = Aceleracion
Masa : Y = Desplazamiento ; V_y = Velocidad ; A_y = Aceleracion
Relativo : $Y-X$ = Desplazamiento ; V_y-V_x = Velocidad

Fuerzas :
Fuerza en el resorte lineal : $F_k = K * (Y-X)$
Fuerza muelles tope con holgura superior Y_s : $F_h = K_s * (Y-X-Y_s) > 0$
Fuerza muelles tope con holgura inferior Y_i : $F_h = K_i * (Y-X+Y_i) < 0$
Fuerza friccional : $F_f = K_f * (Y-X-des)$ si $|F_f| \leq Fric$
(deslizamiento= $des=Y-X-F_f/K_f$) $F_f = Fric * F_f/|F_f|$ si $|F_f| > Fric$

Equilibrio de fuerzas :
Fuerza en muelles o resortes : $F_r = F_k + F_h + F_f$
Fuerza de amortiguamiento piston : $F_c = C * (V_y-V_x)$
Fuerza de amortiguador FVD : $F_c' = C' * (V_y-V_x) ^ \alpha$
Fuerza de inercia de la masa : $F_i = M * A_y$
Fuerza total = Excitacion exterior : $F_t = F_r + F_c + F_c' + F_i$

EJEMPLO 17.- Sistema dinamico con friccion y mesa vibratoria a 5g y 5Hz (Ref.pag.57)





```

=====
"                                     "
"          P R O G R A M A      P O N S I S 2 5          "
"          =====          "
"                                     "
"      Sistemas dinamicos de lgdl con resortes elas -    "
"      toplasticos , amortiguadores y dispositivos de    "
"      disipacion y frenado frente a cualquier accion    "
"                                     "
"      Version 1                      Fecha : 12/01/2025   "
"                                     "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172-2025        "
"                                     "
"      E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander.     "
"                                     "
"=====

```

```

=====
"                                     "
"          D A T O S      D E L      P R O Y E C T O      "
"          =====          "
"                                     "
"      Proyecto : EJEMPLO NO LINEAL (MOD=0) : 17         "
"                                     "
"      Referencia : MANUAL                               "
"                                     "
"      Fecha de calculo : 29-07-2025                    "
"                                     "
"=====

```

OSCILADOR LINEAL O NO LINEAL. RESPUESTA A EXCITACION FORZADA

Sistema dinamico con friccion y mesa vibratoria a 5g y 5Hz (Ref.1.57)

Unidades = (lb,in,s) = (libra , pulgada, segundo) Iuni = 4

Componentes :

```

Masa :
Peso del oscilador (lb) ..... W = 40.000
Aceleracion de la gravedad (in/s²) ..... g = 386.000
Masa del oscilador (lb*s²/in)..... M = 0.104
Periodo de vibracion natural (s) ..... T = 0.213

Piston :
Coeficiente de amortiguamiento del piston(lb*s/in) ..... C = 0.000
Coeficiente de amortiguamiento critico(lb*s/in) ..... Ccri = 6.108
Porcentaje de amortiguamiento del piston ..... % = 0.000
Frecuencia natural del sistema no amortiguado ..... w = 29.470
Frecuencia natural del sistema amortiguado ..... wd = 29.470

```

Amortiguador FVD ($F = C' * v^{\alpha_B}$) :
 Coeficiente de fuerza (lb) $C' =$ 0.000
 Exponente de velocidad $\alpha_B =$ 0.000

Muelle lineal ($I_m=0$) :
 Rigidez lineal del muelle (lb/in)..... $K =$ 90.000

Resistencia friccional :
 Fuerza maxima de friccion sin deslizar (lb) $Fric =$ 100.000
 Rigidez friccional (lb/in) $K_f =$ 300.000

Topes elasticos con holgura :
 Rigidez muelles con tope y holgura superior (lb/in) $K_s =$ 0.000
 Holgura del tope superior (in) $Y_s =$ 0.000
 Rigidez muelles con tope y holgura inferior (lb/in) $K_i =$ 0.000
 Holgura del tope inferior (in) $Y_i =$ 0.000

Excitacion exterior :

Excitacion = Fuerza sobre la masa y/o Aceleracion de base o terreno
 'Senoidal' de amplitud y frecuencia variable Tipo = 0
 'General' dando el Time History de excitaciones Tipo = 1
 'Sismica' lee el acelerograma del fichero CURVACEL Tipo = 2

Numero de puntos que definen la excitacion (>1) $N_{pun} =$ 2

Instante t (s)	Fuerza en masa F (lb)	Aceleracion base Ax (g)	Frecuencia f (Hz)
0.000	0.000	5.000	5.000
0.600	0.000	5.000	5.000

Condiciones iniciales :

Desplazamiento inicial de la masa (in) $Y_o =$ 0.00000
 Velocidad inicial de la masa (in/s) $V_{yo} =$ 0.000
 Desplazamiento inicial de la base o soporte (in) $X_o =$ 0.00000
 Velocidad inicial de la base o soporte (in/s) $V_{xo} =$ 0.000

Tiempos de calculo e impresion :

Instante inicial de calculo (s) $t_o =$ 0.000
 Instante final del calculo (s) $t_f =$ 0.600
 Incremento de tiempo de calculo (s)..... $dt =$ 0.00500
 Numero de instantes o Salto de impresion $=$ 4

RESULTADOS

Desplazamientos, Velocidades, Aceleraciones

t (seg)	X (in)	Vx (in/s)	Ax (g)	Y (in)	Vy (in/s)	Ay (g)	Ft (lb)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.020	0.07	11.71	2.94	0.00	1.35	0.68	0.00
0.040	0.59	42.36	4.76	0.15	17.98	3.48	0.00
0.060	1.81	80.25	4.76	0.81	49.61	4.76	0.00
0.080	3.75	110.91	2.94	2.20	91.39	5.99	0.00
0.100	6.13	122.61	-0.00	4.51	138.86	5.75	-0.00
0.120	8.51	110.91	-2.94	7.60	161.13	-0.46	-0.00
0.140	10.45	80.25	-4.76	10.73	147.76	-3.13	-0.00
0.160	11.67	42.36	-4.76	13.37	111.36	-6.31	-0.00

0.180	12.19	11.71	-2.94	15.04	51.84	-8.91	-0.00
0.200	12.26	-0.00	0.00	15.35	-20.31	-9.02	0.00
0.220	12.34	11.71	2.94	14.42	-61.98	-2.19	0.00
0.240	12.85	42.36	4.76	13.10	-63.89	1.93	0.00
0.260	14.08	80.25	4.76	12.09	-29.67	6.96	0.00
0.280	16.01	110.91	2.94	12.15	41.50	11.19	0.00
0.300	18.39	122.62	-0.00	13.90	135.59	12.57	-0.00
0.320	20.77	110.91	-2.94	17.42	203.42	5.05	-0.00
0.340	22.71	80.25	-4.76	21.76	222.90	-0.36	-0.00
0.360	23.93	42.36	-4.76	26.02	193.96	-7.20	-0.00
0.380	24.45	11.71	-2.94	29.19	113.97	-13.17	-0.00
0.400	24.52	-0.00	0.00	30.37	-0.07	-15.65	0.00
0.420	24.60	11.71	2.94	29.30	-93.88	-8.08	0.00
0.440	25.11	42.36	4.76	26.93	-133.16	-1.60	0.00
0.460	26.34	80.25	4.76	24.35	-112.90	6.98	0.00
0.480	28.28	110.91	2.94	22.83	-27.54	14.75	0.00
0.500	30.65	122.61	-0.00	23.54	104.10	18.50	-0.00
0.520	33.03	110.90	-2.94	26.97	226.24	11.15	-0.00
0.540	34.97	80.25	-4.76	32.20	286.16	3.73	-0.00
0.560	36.20	42.36	-4.76	37.97	276.28	-6.50	-0.00
0.580	36.71	11.71	-2.94	42.75	187.52	-16.09	-0.00
0.600	36.78	0.00	0.00	45.10	39.85	-21.20	0.00

Fuerzas en componentes

t (seg)	Fk (lb)	+	Fh (lb)	+	Ff (lb)	-->	Fr (lb)	+	Fi (lb)	+	Fc (lb)	+	Fc' (lb)	=	Ft (lp)
0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
0.02	-6.32		0.00		-21.06		-27.38		27.38		0.00		0.00		0.00
0.04	-39.22		0.00		-100.00		-139.22		139.22		0.00		0.00		0.00
0.06	-90.42		0.00		-100.00		-190.42		190.42		0.00		0.00		0.00
0.08	-139.55		0.00		-100.00		-239.55		239.55		0.00		0.00		0.00
0.10	-146.21		0.00		-83.81		-230.02		230.02		0.00		0.00		0.00
0.12	-81.72		0.00		100.00		18.28		-18.28		0.00		0.00		0.00
0.14	25.36		0.00		100.00		125.36		-125.36		0.00		0.00		0.00
0.16	152.36		0.00		100.00		252.36		-252.36		0.00		0.00		0.00
0.18	256.36		0.00		100.00		356.36		-356.36		0.00		0.00		0.00
0.20	278.40		0.00		82.60		360.99		-360.99		0.00		0.00		0.00
0.22	187.67		0.00		-100.00		87.67		-87.67		0.00		0.00		0.00
0.24	22.72		0.00		-100.00		-77.28		77.28		0.00		0.00		0.00
0.26	-178.41		0.00		-100.00		-278.41		278.41		0.00		0.00		0.00
0.28	-347.73		0.00		-100.00		-447.73		447.73		0.00		0.00		0.00
0.30	-404.20		0.00		-98.75		-502.95		502.95		0.00		0.00		0.00
0.32	-301.93		0.00		100.00		-201.93		201.93		0.00		0.00		0.00
0.34	-85.59		0.00		100.00		14.40		-14.40		0.00		0.00		0.00
0.36	188.18		0.00		100.00		288.18		-288.18		0.00		0.00		0.00
0.38	426.83		0.00		100.00		526.83		-526.83		0.00		0.00		0.00
0.40	525.90		0.00		100.00		625.90		-625.90		0.00		0.00		0.00
0.42	423.06		0.00		-100.00		323.06		-323.06		0.00		0.00		0.00
0.44	163.97		0.00		-100.00		63.97		-63.97		0.00		0.00		0.00
0.46	-179.05		0.00		-100.00		-279.05		279.05		0.00		0.00		0.00
0.48	-490.04		0.00		-100.00		-590.04		590.04		0.00		0.00		0.00
0.50	-640.07		0.00		-100.00		-740.08		740.08		0.00		0.00		0.00
0.52	-545.80		0.00		100.00		-445.80		445.80		0.00		0.00		0.00
0.54	-249.37		0.00		100.00		-149.38		149.38		0.00		0.00		0.00
0.56	159.85		0.00		100.00		259.86		-259.86		0.00		0.00		0.00
0.58	543.54		0.00		100.00		643.54		-643.54		0.00		0.00		0.00
0.60	748.18		0.00		100.00		848.18		-848.18		0.00		0.00		0.00

Valores maximos y minimos e instantes t en que se producen :

Xmax =	36.784	t =	0.59	;	Xmin =	0.000	t =	0.00
Vxmax =	122.615	t =	0.30	;	Vxmin =	-0.002	t =	0.20
Axmax =	5.000	t =	0.05	;	Axmin =	-5.000	t =	0.15
Ymax =	45.097	t =	0.60	;	Ymin =	0.000	t =	0.00

```

Vymax = 291.148    t = 0.55    ;    Vymin = -134.273    t = 0.44
Aymax = 18.509     t = 0.50    ;    Aymin = -21.205     t = 0.60
YXmax = 8.313      t = 0.60    ;    YXmin = -7.115      t = 0.50
Vyxmax = 234.547   t = 0.55    ;    Vyxmin = -195.142   t = 0.45
Aymax = 18.509     t = 0.50    ;    Aymin = -21.205     t = 0.60
Fimax = 740.367    t = 0.50    ;    Fimin = -848.183    t = 0.60
Fcmax = 0.000      t = 0.00    ;    Fcmin = 0.000      t = 0.00
Fcmax' = 0.000     t = 0.00    ;    Fcmin' = 0.000     t = 0.00
Frmax = 848.183    t = 0.60    ;    Frmin = -740.367    t = 0.50
Ftmax = 0.000      t = 0.00    ;    Ftmin = 0.000      t = 0.00

```

Movimiento :

Base : X = Desplazamiento ; Vx = Velocidad ; Ax = Aceleracion
Masa : Y = Desplazamiento ; Vy = Velocidad ; Ay = Aceleracion
Relativo : Y-X = Desplazamiento ; Vy-Vx = Velocidad

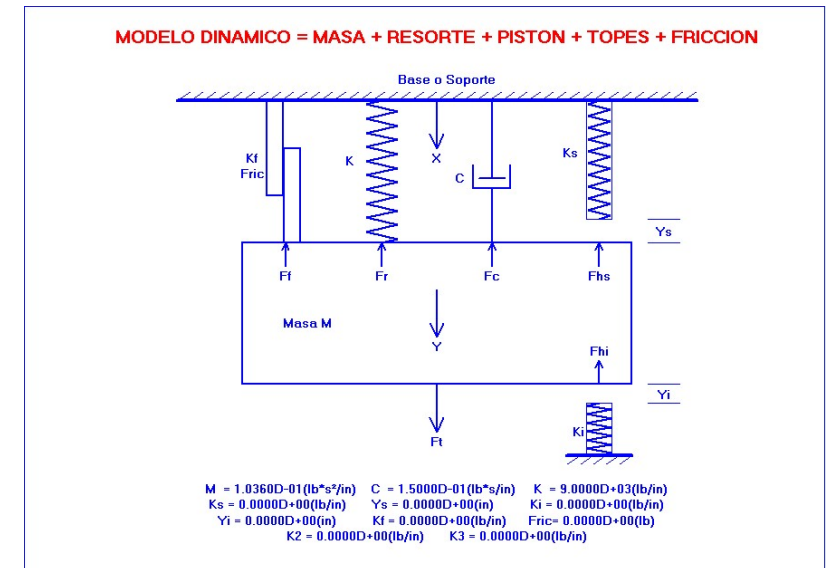
Fuerzas :

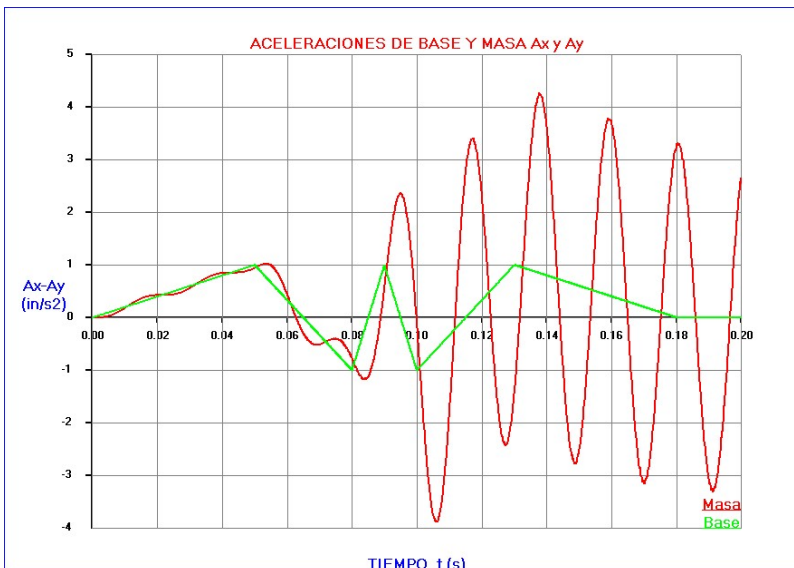
Fuerza en el resorte lineal : $F_k = K * (Y-X)$
Fuerza muelles tope con holgura superior Ys : $F_h = K_s * (Y-X-Y_s) > 0$
Fuerza muelles tope con holgura inferior Yi : $F_h = K_i * (Y-X+Y_i) < 0$
Fuerza friccional : $F_f = K_f * (Y-X-des)$ si $|F_f| \leq Fric$
(deslizamiento= des=Y-X-Ff/Kf) $F_f = Fric * F_f/|F_f|$ si $|F_f| > Fric$

Equilibrio de fuerzas :

Fuerza en muelles o resortes : $F_r = F_k + F_h + F_f$
Fuerza de amortiguamiento piston : $F_c = C * (V_y-V_x)$
Fuerza de amortiguador FVD : $F_c' = C' * (V_y-V_x) ^ \alpha$
Fuerza de inercia de la masa : $F_i = M * A_y$
Fuerza total = Excitacion exterior : $F_t = F_r + F_c + F_c' + F_i$

EJEMPLO 18.- Time History Excitacion de la base (Ref.pag.77)





```

=====
"                                     "
"          PROGRAMA      PONSIS 2 5  "
"          =====          "
"                                     "
"      Sistemas dinamicos de lgdl con resortes elas - "
"      toplasticos , amortiguadores y dispositivos de "
"      disipacion y frenado frente a cualquier accion "
"                                     "
"      Version 1                      Fecha : 12/01/2025 "
"                                     "
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172-2025 "
"                                     "
"      E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander. "
"                                     "
"=====

```

```

=====
"                                     "
"          DATOS DEL PROYECTO "
"          =====          "
"                                     "
"      Proyecto : EJEMPLO NO LINEAL (MOD=0) : 18 "
"                                     "
"      Referencia : MANUAL "
"                                     "
"      Fecha de calculo : 29-07-2025 "
"                                     "
"=====

```

OSCILADOR LINEAL O NO LINEAL. RESPUESTA A EXCITACION FORZADA

Time History Excitacion de la base (Ref.1.77)

Unidades = (lb,in,s) = (libra , pulgada, segundo) Iuni = 4

Componentes :

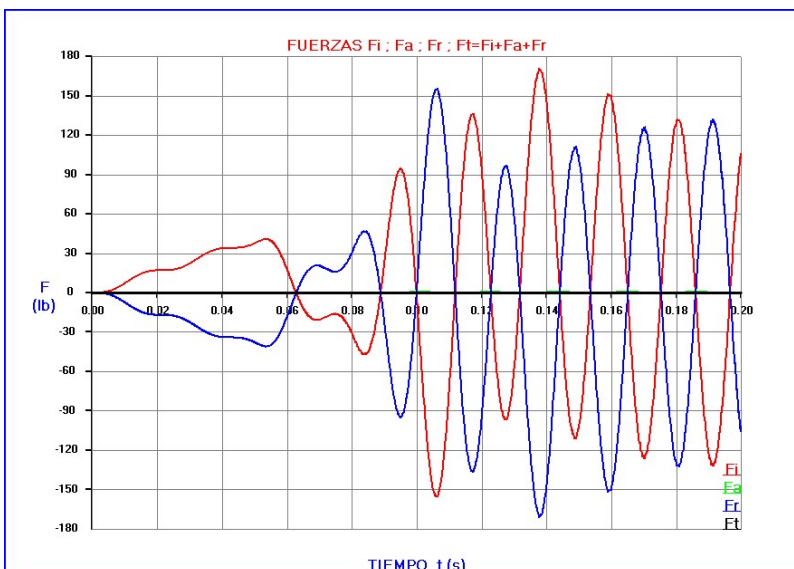
Masa :

Peso del oscilador (lb)	W =	39.990
Aceleracion de la gravedad (in/s²)	g =	386.000
Masa del oscilador (lb*s²/in).....	M =	0.104
Periodo de vibracion natural (s)	T =	0.021

Piston :

Coefficiente de amortiguamiento del piston(lb*s/in)	C =	0.150
Coefficiente de amortiguamiento critico(lb*s/in)	Ccri =	61.070
Porcentaje de amortiguamiento del piston	% =	0.246
Frecuencia natural del sistema no amortiguado	w =	294.742
Frecuencia natural del sistema amortiguado	wd =	294.741

Amortiguador FVD ($F = C' * v^{\alpha_B}$) :



Coeficiente de fuerza (lb) C' = 0.000
 Exponente de velocidad alfaB = 0.000

 Muelle lineal (Im=0) :
 Rigidez lineal del muelle (lb/in)..... K = 9000.000

 Resistencia friccional :
 Fuerza maxima de friccion sin deslizar (lb) Fric = 0.000
 Rigidez friccional (lb/in) Kf = 0.000

 Topes elasticos con holgura :
 Rigidez muelles con tope y holgura superior (lb/in) Ks = 0.000
 Holgura del tope superior (in) Ys = 0.000
 Rigidez muelles con tope y holgura inferior (lb/in) Ki = 0.000
 Holgura del tope inferior (in) Yi = 0.000

 Excitacion exterior :

 Excitacion = Fuerza sobre la masa y/o Aceleracion de base o terreno
 'Senoidal' de amplitud y frecuencia variable Tipo = 0
 'General' dando el Time History de excitaciones Tipo = 1
 'Sismica' lee el acelerograma del fichero CURVACEL Tipo = 2
 Tipo = 1
 Numero de puntos que definen la excitacion (>1) Npun = 8

Instante t (s)	Fuerza en masa F (lb)	Aceleracion base Ax (in/s ²)	Frecuencia -
0.000	0.000	0.000	-
0.050	0.000	1.000	-
0.080	0.000	-1.000	-
0.090	0.000	1.000	-
0.100	0.000	-1.000	-
0.130	0.000	1.000	-
0.180	0.000	0.000	-
0.200	0.000	0.000	-

 Condiciones iniciales :

 Desplazamiento inicial de la masa (in) Yo = 0.00000
 Velocidad inicial de la masa (in/s) Vyo = 0.000
 Desplazamiento inicial de la base o soporte (in) Xo = 0.00000
 Velocidad inicial de la base o soporte (in/s) Vxo = 0.000

 Tiempos de calculo e impresion :

 Instante inicial de calculo (s) to = 0.000
 Instante final del calculo (s) tf = 0.200
 Incremento de tiempo de calculo (s)..... dt = 0.00010
 Numero de instantes o Salto de impresion = 20

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

Desplazamientos, Velocidades, Aceleraciones

t (seg)	X (in)	Vx (in/s)	Ax (in/s ²)	Y (in)	Vy (in/s)	Ay (in/s ²)	Ft (lb)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.002	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
0.004	0.00	0.06	0.08	0.00	0.01	0.02	0.00
0.006	0.00	0.14	0.12	0.00	0.03	0.05	0.00
0.008	0.00	0.25	0.16	0.00	0.10	0.11	0.00

0.010	0.00	0.39	0.20	0.00	0.21	0.19	0.00
0.012	0.00	0.56	0.24	0.00	0.39	0.27	0.00
0.014	0.00	0.76	0.28	0.00	0.62	0.34	0.00
0.016	0.01	0.99	0.32	0.00	0.90	0.39	0.00
0.018	0.01	1.25	0.36	0.01	1.21	0.42	0.00
0.020	0.01	1.54	0.40	0.01	1.54	0.43	0.00
0.022	0.01	1.87	0.44	0.01	1.87	0.43	0.00
0.024	0.02	2.22	0.48	0.02	2.20	0.43	0.00
0.026	0.02	2.61	0.52	0.02	2.54	0.45	0.00
0.028	0.03	3.03	0.56	0.03	2.90	0.50	0.00
0.030	0.03	3.47	0.60	0.03	3.31	0.56	0.00
0.032	0.04	3.95	0.64	0.04	3.78	0.64	0.00
0.034	0.05	4.46	0.68	0.05	4.30	0.72	0.00
0.036	0.06	5.00	0.72	0.06	4.88	0.78	0.00
0.038	0.07	5.57	0.76	0.07	5.50	0.83	0.00
0.040	0.08	6.18	0.80	0.08	6.15	0.85	0.00
0.042	0.10	6.81	0.84	0.09	6.81	0.85	0.00
0.044	0.11	7.47	0.88	0.11	7.46	0.85	0.00
0.046	0.13	8.17	0.92	0.12	8.13	0.86	0.00
0.048	0.14	8.89	0.96	0.14	8.80	0.89	0.00
0.050	0.16	9.65	1.00	0.16	9.51	0.95	0.00
0.052	0.18	10.37	0.87	0.18	10.27	1.00	0.00
0.054	0.20	10.99	0.73	0.20	11.05	1.02	0.00
0.056	0.22	11.50	0.60	0.22	11.81	0.93	0.00
0.058	0.25	11.91	0.47	0.24	12.47	0.74	0.00
0.060	0.27	12.22	0.33	0.27	12.93	0.44	0.00
0.062	0.30	12.43	0.20	0.30	13.15	0.12	0.00
0.064	0.32	12.53	0.07	0.32	13.13	-0.18	0.00
0.066	0.35	12.53	-0.07	0.35	12.90	-0.39	0.00
0.164	1.43	18.31	0.32	1.43	22.70	0.99	0.00
0.166	1.47	18.54	0.28	1.47	22.68	-1.02	0.00
0.168	1.51	18.74	0.24	1.52	21.27	-2.53	0.00
0.170	1.55	18.92	0.20	1.56	19.01	-3.15	0.00
0.172	1.58	19.05	0.16	1.59	16.72	-2.59	0.00
0.174	1.62	19.16	0.12	1.63	15.23	-1.14	0.00
0.176	1.66	19.24	0.08	1.66	15.07	0.74	0.00
0.178	1.70	19.29	0.04	1.69	16.31	2.38	0.00
0.180	1.74	19.30	-0.00	1.72	18.54	3.24	0.00
0.182	1.78	19.30	0.00	1.76	21.03	3.00	0.00
0.184	1.81	19.30	0.00	1.81	22.94	1.76	0.00
0.186	1.85	19.30	0.00	1.85	23.60	-0.09	0.00
0.188	1.89	19.30	0.00	1.90	22.82	-1.88	0.00
0.190	1.93	19.30	0.00	1.94	20.85	-3.06	0.00
0.192	1.97	19.30	0.00	1.98	18.37	-3.21	0.00
0.194	2.01	19.30	0.00	2.02	16.21	-2.29	0.00
0.196	2.05	19.30	0.00	2.05	15.09	-0.49	0.00
0.198	2.08	19.30	0.00	2.08	15.40	1.36	0.00
0.200	2.12	19.30	0.00	2.11	17.02	2.78	0.00

Fuerzas en componentes

t (seg)	Fk (lb)	+	Fh (lb)	+	Ff (lb)	-->	Fr (lb)	+	Fi (lb)	+	Fc (lb)	+	Fc' (lb)	=	Ft (lp)
0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
0.00	-0.09		0.00		0.00		-0.09		0.09		-0.00		0.00		0.00
0.00	-0.69		0.00		0.00		-0.69		0.70		-0.01		0.00		0.00
0.01	-2.13		0.00		0.00		-2.13		2.15		-0.02		0.00		0.00
0.01	-4.47		0.00		0.00		-4.47		4.49		-0.02		0.00		0.00
0.01	-7.45		0.00		0.00		-7.45		7.48		-0.03		0.00		0.00
0.01	-10.61		0.00		0.00		-10.61		10.63		-0.03		0.00		0.00
0.01	-13.41		0.00		0.00		-13.41		13.44		-0.02		0.00		0.00
0.02	-15.47		0.00		0.00		-15.47		15.48		-0.01		0.00		0.00
0.02	-16.61		0.00		0.00		-16.61		16.62		-0.01		0.00		0.00

0.02	-17.00	0.00	0.00	-17.00	17.00	-0.00	0.00	0.00
0.02	-17.06	0.00	0.00	-17.06	17.06	-0.00	0.00	0.00
0.02	-17.29	0.00	0.00	-17.29	17.29	-0.00	0.00	0.00
0.15	101.92	0.00	0.00	102.74	-102.51	-0.24	0.00	0.00
0.15	53.87	0.00	0.00	53.64	-53.11	-0.54	0.00	0.00
0.15	-19.58	0.00	0.00	-20.35	21.00	-0.65	0.00	0.00
0.16	-93.02	0.00	0.00	-92.09	92.63	-0.54	0.00	0.00
0.16	-141.24	0.00	0.00	-141.78	142.03	-0.24	0.00	0.00
0.16	-147.49	0.00	0.00	-148.34	148.20	0.14	0.00	0.00
0.16	-109.22	0.00	0.00	-109.16	108.68	0.48	0.00	0.00
0.16	-39.00	0.00	0.00	-40.18	39.52	0.66	0.00	0.00
0.17	39.98	0.00	0.00	40.13	-40.76	0.62	0.00	0.00
0.17	101.68	0.00	0.00	100.89	-101.27	0.38	0.00	0.00
0.17	125.89	0.00	0.00	125.96	-125.97	0.01	0.00	0.00
0.17	105.09	0.00	0.00	104.09	-103.74	-0.35	0.00	0.00
0.17	46.97	0.00	0.00	46.29	-45.70	-0.59	0.00	0.00
0.18	-28.20	0.00	0.00	-29.01	29.64	-0.63	0.00	0.00
0.18	-94.48	0.00	0.00	-94.65	95.10	-0.45	0.00	0.00
0.18	-129.18	0.00	0.00	-129.56	129.68	-0.11	0.00	0.00
0.18	-120.11	0.00	0.00	-120.06	119.80	0.26	0.00	0.00
0.18	-70.34	0.00	0.00	-70.94	70.40	0.55	0.00	0.00
0.19	3.25	0.00	0.00	3.06	-3.71	0.65	0.00	0.00
0.19	75.76	0.00	0.00	74.81	-75.34	0.53	0.00	0.00
0.19	122.78	0.00	0.00	122.03	-122.27	0.23	0.00	0.00
0.19	128.51	0.00	0.00	128.58	-128.44	-0.14	0.00	0.00
0.19	91.17	0.00	0.00	91.85	-91.39	-0.46	0.00	0.00
0.20	23.45	0.00	0.00	20.39	-19.76	-0.63	0.00	0.00
0.20	-51.74	0.00	0.00	-53.76	54.34	-0.58	0.00	0.00
0.20	-109.01	0.00	0.00	-110.81	111.15	-0.34	0.00	0.00

Valores maximos y minimos e instantes t en que se producen :

Xmax =	2.123	t =	0.20	;	Xmin =	0.000	t =	0.00
Vxmax =	19.302	t =	0.19	;	Vxmin =	0.000	t =	0.00
Axmax =	1.000	t =	0.09	;	Axmin =	-1.000	t =	0.10
Ymax =	2.111	t =	0.20	;	Ymin =	0.000	t =	0.00
Vymax =	23.604	t =	0.19	;	Vymin =	0.000	t =	0.00
Aymax =	4.277	t =	0.14	;	Aymin =	-3.876	t =	0.11
YXmax =	0.017	t =	0.11	;	YXmin =	-0.019	t =	0.14
Vyxmax =	4.542	t =	0.14	;	Vyxmin =	-4.589	t =	0.11
Aymax =	4.277	t =	0.14	;	Aymin =	-3.876	t =	0.11
Fimax =	171.049	t =	0.14	;	Fimin =	-154.994	t =	0.11
Fcmax =	0.681	t =	0.14	;	Fcmin =	-0.688	t =	0.11
Fcmax' =	0.000	t =	0.00	;	Fcmin' =	0.000	t =	0.00
Frmax =	155.063	t =	0.11	;	Frmin =	-170.999	t =	0.14
Ftmax =	0.000	t =	0.00	;	Ftmin =	0.000	t =	0.00

Movimiento :

Base : X = Desplazamiento ; Vx = Velocidad ; Ax = Aceleracion
Masa : Y = Desplazamiento ; Vy = Velocidad ; Ay = Aceleracion
Relativo : Y-X = Desplazamiento ; Vy-Vx = Velocidad

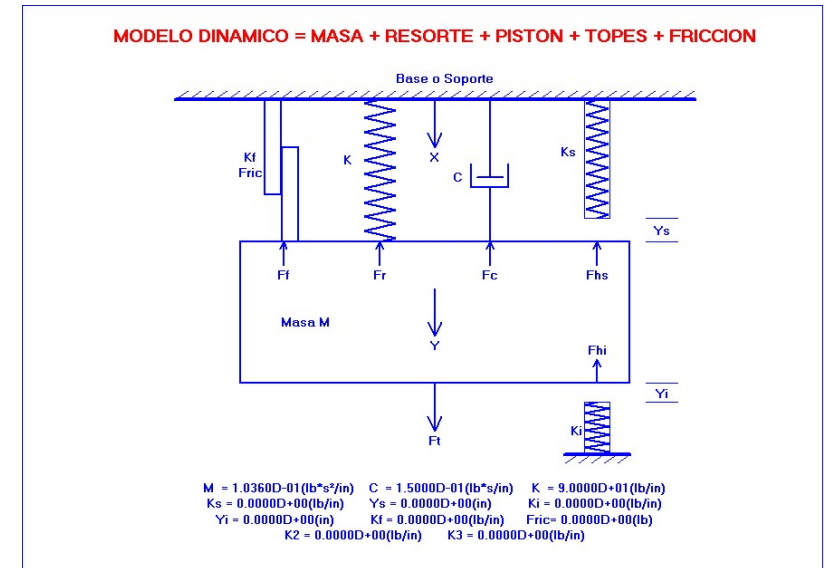
Fuerzas :

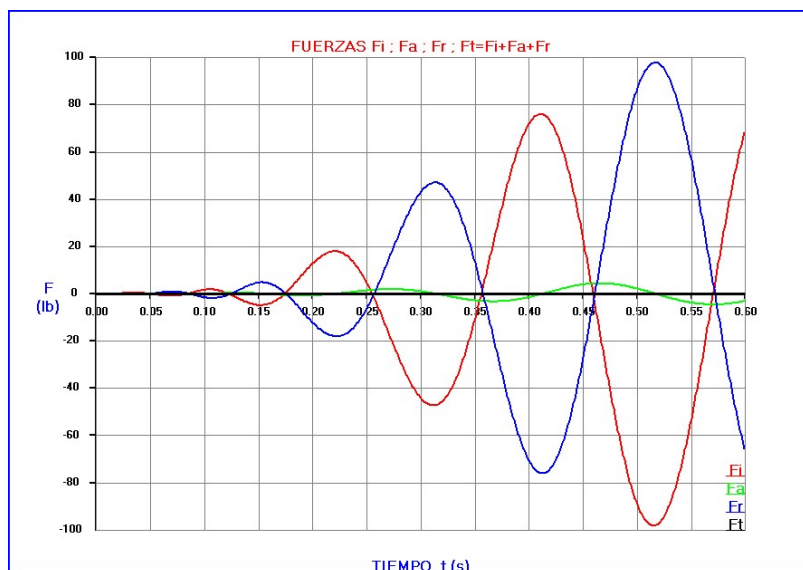
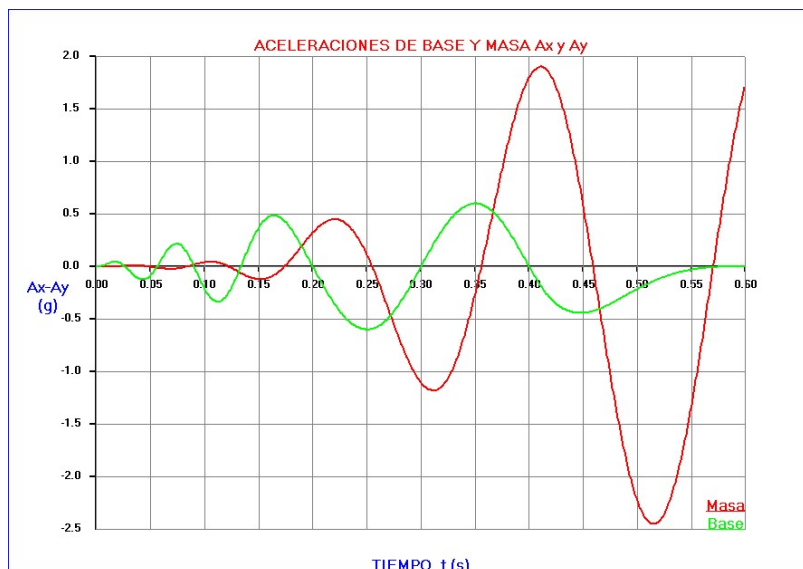
Fuerza en el resorte lineal : $F_k = K * (Y-X)$
Fuerza muelles tope con holgura superior Ys : $F_h = K_s * (Y-X-Y_s) > 0$
Fuerza muelles tope con holgura inferior Yi : $F_h = K_i * (Y-X+Y_i) < 0$
Fuerza friccional : $F_f = K_f * (Y-X-des)$ si $|F_f| \leq Fric$
(deslizamiento= des=Y-X-Ff/Kf) $F_f = Fric * F_f/|F_f|$ si $|F_f| > Fric$

Equilibrio de fuerzas :

Fuerza en muelles o resortes : $F_r = F_k + F_h + F_f$
Fuerza de amortiguamiento piston : $F_c = C * (V_y-V_x)$
Fuerza de amortiguador FVD : $F_c' = C' * (V_y-V_x) ^ \alpha$
Fuerza de inercia de la masa : $F_i = M * A_y$
Fuerza total = Excitacion exterior : $F_t = F_r + F_c + F_c' + F_i$

EJEMPLO 19.- Sismo con aceleracion y frecuencia variable por tramos (Ref.pag.77)





```

"
"
"          PROGRAMA      P O N S I S 2 5
"          =====
"
"      Sistemas dinamicos de lgdl con resortes elas -
"      toplasticos , amortiguadores y dispositivos de
"      disipacion y frenado frente a cualquier accion
"
"      Version 1                      Fecha : 12/01/2025
"
"      Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172-2025
"
"      E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander.
"
"
"

```

```

"
"
"          D A T O S   D E L   P R O Y E C T O
"          =====
"
"      Proyecto : EJEMPLO NO LINEAL (MOD=0) : 19
"
"      Referencia : MANUAL
"
"      Fecha de calculo : 29-07-2025
"
"
"

```

OSCILADOR LINEAL O NO LINEAL. RESPUESTA A EXCITACION FORZADA

Sismo con aceleracion y frecuencia variable de la base (Ref.1.77)

Unidades = (lb,in,s) = (libra , pulgada, segundo) Iuni = 4

Componentes :

Masa :

Peso del oscilador (lb)	W =	39.990
Aceleracion de la gravedad (in/s²)	g =	386.000
Masa del oscilador (lb*s²/in)	M =	0.104
Periodo de vibracion natural (s)	T =	0.213

Piston :

Coefficiente de amortiguamiento del piston(lb*s/in)	C =	0.150
Coefficiente de amortiguamiento critico(lb*s/in)	Ccri =	6.107
Porcentaje de amortiguamiento del piston	% =	2.456
Frecuencia natural del sistema no amortiguado	w =	29.474
Frecuencia natural del sistema amortiguado	wd =	29.465

Amortiguador FVD ($F = C' \cdot v^{\alpha}$) :
 Coeficiente de fuerza (lb) $C' =$ 0.000
 Exponente de velocidad $\alpha =$ 0.000

Muelle lineal ($I_m=0$) :
 Rigidez lineal del muelle (lb/in) $K =$ 90.000

Resistencia friccional :
 Fuerza maxima de friccion sin deslizar (lb) $F_{ric} =$ 0.000
 Rigidez friccional (lb/in) $K_f =$ 0.000

Topes elasticos con holgura :
 Rigidez muelles con tope y holgura superior (lb/in) $K_s =$ 0.000
 Holgura del tope superior (in) $Y_s =$ 0.000
 Rigidez muelles con tope y holgura inferior (lb/in) $K_i =$ 0.000
 Holgura del tope inferior (in) $Y_i =$ 0.000

Excitacion exterior :

Excitacion = Fuerza sobre la masa y/o Aceleracion de base o terreno
 'Senoidal' de amplitud y frecuencia variable Tipo = 0
 'General' dando el Time History de excitaciones Tipo = 1
 'Sismica' lee el acelerograma del fichero CURVACEL Tipo = 2
 Tipo = 0

Numero de puntos que definen la excitacion (>1) $N_{pun} =$ 4

Instante t (s)	Fuerza en masa F (lb)	Aceleracion base Ax (g)	Frecuencia f (Hz)
0.000	0.000	0.000	20.000
0.200	0.000	0.600	5.000
0.400	0.000	0.600	5.000
0.600	0.000	0.000	0.000

Condiciones iniciales :

Desplazamiento inicial de la masa (in) $Y_o =$ 0.00000
 Velocidad inicial de la masa (in/s) $V_{yo} =$ 0.000
 Desplazamiento inicial de la base o soporte (in) $X_o =$ 0.00000
 Velocidad inicial de la base o soporte (in/s) $V_{xo} =$ 0.000

Tiempos de calculo e impresion :

Instante inicial de calculo (s) $t_o =$ 0.000
 Instante final del calculo (s) $t_f =$ 0.600
 Incremento de tiempo de calculo (s) $dt =$ 0.00100
 Numero de instantes o Salto de impresion $=$ 20

RES U L T A D O S

Desplazamientos, Velocidades, Aceleraciones

t (seg)	X (in)	Vx (in/s)	Ax (g)	Y (in)	Vy (in/s)	Ay (g)	Ft (lb)
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.020	0.00	0.20	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00
0.040	0.00	-0.10	-0.12	0.00	0.06	0.01	-0.00
0.060	-0.00	-0.58	0.07	0.00	0.04	-0.02	0.00
0.080	-0.00	0.80	0.18	0.00	-0.11	-0.01	0.00
0.100	0.02	0.80	-0.21	-0.00	0.03	0.04	-0.00

0.120	0.01	-1.53	-0.28	0.00	0.31	0.01	-0.00
0.140	-0.03	-2.09	0.17	0.01	-0.03	-0.10	0.00
0.160	-0.05	0.66	0.48	-0.00	-0.91	-0.10	0.00
0.180	-0.00	4.14	0.36	-0.02	-1.12	0.07	0.00
0.200	0.10	5.57	-0.00	-0.03	0.44	0.33	-0.00
0.220	0.20	4.16	-0.35	0.00	3.58	0.45	-0.00
0.240	0.25	0.48	-0.57	0.11	6.68	0.30	-0.00
0.260	0.22	-4.08	-0.57	0.26	7.48	-0.13	-0.00
0.280	0.10	-7.77	-0.35	0.38	4.32	-0.69	-0.00
0.300	-0.08	-9.17	0.00	0.40	-2.78	-1.11	0.00
0.320	-0.25	-7.76	0.35	0.26	-11.73	-1.13	0.00
0.340	-0.37	-4.08	0.57	-0.06	-18.96	-0.66	0.00
0.360	-0.41	0.48	0.57	-0.47	-20.89	0.21	0.00
0.380	-0.36	4.16	0.35	-0.84	-15.55	1.16	0.00
0.400	-0.26	5.57	-0.00	-1.04	-3.80	1.80	-0.00
0.420	-0.16	4.30	-0.30	-0.98	10.65	1.82	-0.00
0.440	-0.10	1.34	-0.43	-0.64	22.47	1.13	-0.00
0.460	-0.11	-2.03	-0.42	-0.13	26.81	-0.06	-0.00
0.480	-0.18	-4.94	-0.33	0.37	21.36	-1.33	-0.00
0.500	-0.30	-7.01	-0.21	0.67	7.26	-2.23	-0.00
0.520	-0.45	-8.26	-0.12	0.63	-11.21	-2.43	-0.00
0.540	-0.62	-8.88	-0.05	0.23	-28.18	-1.85	-0.00
0.560	-0.80	-9.11	-0.02	-0.45	-38.24	-0.69	-0.00
0.580	-0.99	-9.17	-0.00	-1.23	-38.33	0.66	-0.00
0.600	-1.17	-9.17	0.00	-1.92	-28.71	1.75	0.00

Fuerzas en componentes

t (seg)	Fk (lb)	+ Fh (lb)	+ Ff (lb)	--> Fr (lb)	+ Fi (lb)	+ Fc (lb)	+ Fc' (lb)	= Ft (lp)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	-0.11	0.00	0.00	-0.11	0.14	-0.03	0.00	0.00
0.04	-0.35	0.00	0.00	-0.35	0.33	0.02	0.00	0.00
0.06	0.62	0.00	0.00	0.62	-0.71	0.09	0.00	0.00
0.08	0.49	0.00	0.00	0.49	-0.35	-0.14	0.00	0.00
0.10	-1.57	0.00	0.00	-1.57	1.69	-0.12	0.00	0.00
0.12	-0.65	0.00	0.00	-0.65	0.38	0.27	0.00	0.00
0.14	3.51	0.00	0.00	3.51	-3.82	0.31	0.00	0.00
0.16	4.33	0.00	0.00	4.33	-4.09	-0.24	0.00	0.00
0.18	-2.17	0.00	0.00	-2.17	2.96	-0.79	0.00	0.00
0.20	-12.24	0.00	0.00	-12.24	13.01	-0.77	0.00	0.00
0.22	-17.95	0.00	0.00	-17.95	18.04	-0.09	0.00	0.00
0.24	-12.98	0.00	0.00	-12.98	12.05	0.93	0.00	0.00
0.26	3.52	0.00	0.00	3.52	-5.25	1.73	0.00	0.00
0.28	25.71	0.00	0.00	25.71	-27.52	1.81	0.00	0.00
0.30	43.24	0.00	0.00	43.24	-44.20	0.96	0.00	0.00
0.32	45.87	0.00	0.00	45.88	-45.28	-0.59	0.00	0.00
0.34	28.62	0.00	0.00	28.62	-26.39	-2.23	0.00	0.00
0.36	-5.01	0.00	0.00	-5.01	8.22	-3.20	0.00	0.00
0.38	-43.35	0.00	0.00	-43.36	46.31	-2.96	0.00	0.00
0.40	-70.70	0.00	0.00	-70.71	72.11	-1.41	0.00	0.00
0.42	-73.79	0.00	0.00	-73.79	72.84	0.95	0.00	0.00
0.44	-48.40	0.00	0.00	-48.40	45.23	3.17	0.00	0.00
0.46	-2.01	0.00	0.00	-2.01	-2.32	4.33	0.00	0.00
0.48	49.22	0.00	0.00	49.22	-53.17	3.94	0.00	0.00
0.50	86.92	0.00	0.00	86.92	-89.06	2.14	0.00	0.00
0.52	97.46	0.00	0.00	97.46	-97.02	-0.44	0.00	0.00
0.54	76.85	0.00	0.00	76.85	-73.95	-2.89	0.00	0.00
0.56	31.95	0.00	0.00	31.95	-27.58	-4.37	0.00	0.00
0.58	-22.07	0.00	0.00	-22.08	26.45	-4.37	0.00	0.00
0.60	-67.17	0.00	0.00	-67.17	70.10	-2.93	0.00	0.00

Valores maximos y minimos e instantes t en que se producen :

Xmax = 0.253 t = 0.24 ; Xmin = -1.170 t = 0.60

Vxmax =	5.570	t =	0.40	;	Vxmin =	-9.173	t =	0.30
Axmax =	0.600	t =	0.35	;	Axmin =	-0.600	t =	0.25
Ymax =	0.698	t =	0.51	;	Ymin =	-1.917	t =	0.60
Vymax =	26.823	t =	0.46	;	Vymin =	-39.597	t =	0.57
Aymax =	1.903	t =	0.41	;	Aymin =	-2.451	t =	0.51
YXmax =	1.088	t =	0.52	;	YXmin =	-0.844	t =	0.41
Vyxmax =	29.210	t =	0.46	;	Vyxmin =	-30.442	t =	0.57
Aymax =	1.903	t =	0.41	;	Aymin =	-2.451	t =	0.51
Fimax =	76.101	t =	0.41	;	Fimin =	-98.010	t =	0.51
Fcmax =	4.381	t =	0.46	;	Fcmin =	-4.566	t =	0.57
Fcmax' =	0.000	t =	0.00	;	Fcmin' =	0.000	t =	0.00
Frmax =	97.889	t =	0.52	;	Frmin =	-75.996	t =	0.41
Ftmax =	0.000	t =	0.00	;	Ftmin =	0.000	t =	0.00

Movimiento :

Base : X = Desplazamiento ; Vx = Velocidad ; Ax = Aceleracion
Masa : Y = Desplazamiento ; Vy = Velocidad ; Ay = Aceleracion
Relativo : Y-X = Desplazamiento ; Vy-Vx = Velocidad

Fuerzas :

Fuerza en el resorte lineal : $F_k = K * (Y-X)$
Fuerza muelles tope con holgura superior Ys : $F_h = K_s * (Y-X-Y_s) > 0$
Fuerza muelles tope con holgura inferior Yi : $F_h = K_i * (Y-X+Y_i) < 0$
Fuerza friccional : $F_f = K_f * (Y-X-des)$ si $|F_f| \leq Fric$
(deslizamiento= des=Y-X-Ff/Kf) $F_f = Fric * F_f/|F_f|$ si $|F_f| > Fric$

Equilibrio de fuerzas :

Fuerza en muelles o resortes : $F_r = F_k + F_h + F_f$
Fuerza de amortiguamiento piston : $F_c = C * (V_y-V_x)$
Fuerza de amortiguador FVD : $F_c' = C' * (V_y-V_x) ^ \alpha$
Fuerza de inercia de la masa : $F_i = M * A_y$
Fuerza total = Excitacion exterior : $F_t = F_r + F_c + F_c' + F_i$

EJEMPLOS (20 a 23) del método de cálculo estático no lineal o del empuje incremental o Pushover (MOD=1) :

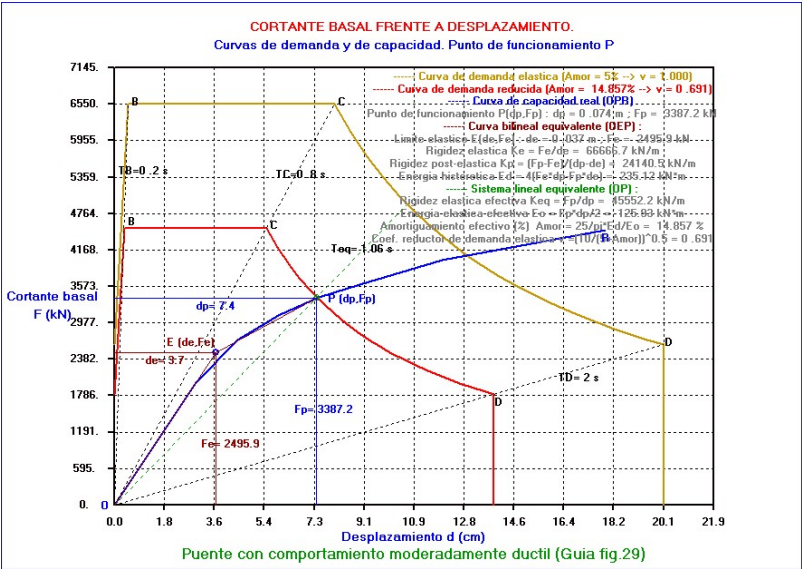
EJEMPLO 20.-Puente con comportamiento moderadamente dúctil.
(Guía fig 29.)

EJEMPLO 21.- Puente sobre elastómeros con núcleo de plomo LRB
(Guía fig.35)

EJEMPLO 22.- Puente sobre dispositivos planos de fricción.
(Guía fig.37)

EJEMPLO 23.- Puente sobre dispositivos esfericos de fricción.
(Guía fig.38)

EJEMPLO 20.-Puente con comportamiento moderadamente dúctil.
(Guía fig 29.)



```

=====
"
"          P R O G R A M A      P O N S I S 2 5
"          =====
"
"          Metodo del empuje incremental o Pushover
"          Calculo estatico No lineal.
"
"          Version 1                      Fecha : 12/01/2025
"
"          Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172-2025
"
"          E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander.
"
"          =====
"
"
"          D A T O S   D E L   P R O Y E C T O
"          =====
"
"          Proyecto : EJEMPLO NOLINEAL (MOD=1) : 20
"
"          Referencia : MANUAL
"
"          Fecha de calculo : 29-07-2025
"
"          =====

```

Titulo = Puente con comportamiento moderadamente dúctil (Guía fig.29)

Datos para espectro elastico de aceleraciones-desplazamientos :
Aceleracion de calculo (m/s²) ag = 0.15 g = ag = 1.47
Coeficiente del suelo S = 1.35
Periodos del espectro (s) : TB= 0.200 TC= 0.800 TD= 2.000
Masa del sistema (t) M = 1319.00

Coordenadas de los puntos A-B-C-D-E del espectro :
Punto A : TA = 0.00 dA = 0.000 aA = 1.987 FA = 2620.23
Punto B : TB = 0.20 dB = 0.005 aB = 4.966 FB = 6550.57
Punto C : TC = 0.80 dC = 0.081 aC = 4.966 FC = 6550.57
Punto D : TD = 2.00 dD = 0.201 aD = 1.987 FD = 2620.23
Punto E : TE = 9999 dE = 0.201 aE = 0.000 FE = 0.00

Curva de demanda elastica (No reducida Amor=5%) (ND= 24) :

d	F	d	F	d	F	d	F
0.000	2620.2	0.005	6550.6	0.081	6550.6	0.087	6093.5
0.093	5696.1	0.099	5347.4	0.105	5038.9	0.111	4764.0
0.117	4517.6	0.123	4295.5	0.129	4094.1	0.135	3910.8
0.141	3743.2	0.147	3589.4	0.153	3447.7	0.159	3316.7
0.165	3195.4	0.171	3082.6	0.177	2977.5	0.183	2879.4
0.189	2787.5	0.195	2701.3	0.201	2620.2	0.201	0.0

Curva de Capacidad (desplazamiento-Fuerza) (NC= 8) :

d	F	d	F	d	F	d	F
0.000	0.0	0.030	2000.0	0.045	2700.0	0.060	3100.0
0.075	3400.0	0.090	3600.0	0.120	4000.0	0.180	4500.0

d = desplazamiento (m); a = aceleracion (m/s2); F = Cortante basal (kN)

Proceso iterativo de búsqueda del punto de funcionamiento P (dp,Fp)

de	Fe	dp	Fp	Ke	Kp	Eo	Ed
Iter= 1 --> Amor= 5.000 % --> v= 1.000							
0.043	2875.5	0.129	4077.9	66666.7	13946.6	263.7	784.2
Iter= 2 --> Amor= 23.662 % --> v= 0.591							
0.035	2330.5	0.060	3089.5	66666.7	30793.5	92.1	123.6
Iter= 3 --> Amor= 10.686 % --> v= 0.798							
0.040	2684.6	0.093	3634.0	66666.7	18159.6	168.2	408.5
Iter= 4 --> Amor= 19.330 % --> v= 0.641							
0.037	2434.2	0.067	3238.7	66666.7	26444.5	108.4	178.7
Iter= 5 --> Amor= 13.121 % --> v= 0.743							
0.039	2605.6	0.083	3507.0	66666.7	20515.1	145.6	317.0
Iter= 6 --> Amor= 17.329 % --> v= 0.669							
0.037	2472.8	0.071	3322.6	66666.7	24966.3	118.2	210.6
Iter= 7 --> Amor= 14.182 % --> v= 0.722							
0.038	2565.1	0.079	3459.9	66666.7	21816.3	137.5	283.1
Iter= 8 --> Amor= 16.383 % --> v= 0.684							
0.037	2489.0	0.073	3366.4	66666.7	24382.4	123.4	227.2
Iter= 9 --> Amor= 14.653 % --> v= 0.713							
0.038	2546.0	0.078	3440.5	66666.7	22446.9	134.3	269.2
Iter=10 --> Amor= 15.956 % --> v= 0.691							
0.037	2495.9	0.074	3387.2	66666.7	24140.5	125.9	235.1

Punto de funcionamiento P(dp,Fp) :

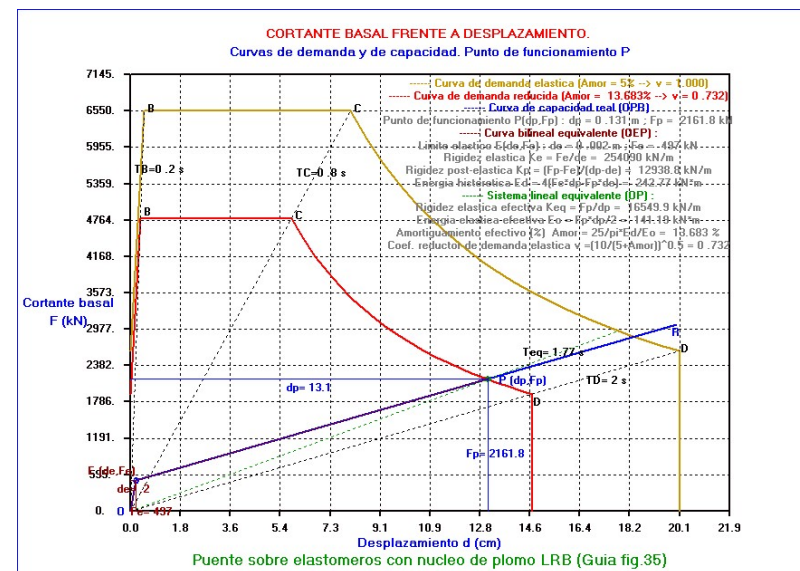
Desplazamiento (m) del punto de funcionamiento P dp = 0.074
Cortante basal (kN) del punto de funcionamiento P Fp = 3387.2
Aceleracion (m/s2) del punto de funcionamiento P ap = 2.568
Punto de limite elastico E(de,Fe) :
Desplazamiento (m) en el limite elastico E de = 0.037
Cortante basal (kN) en el limite elastico E Fe = 2495.9
Aceleracion (m/s2) en el limite elastico E ae = 1.892

Aproximacion bilineal OEP a la curva de capacidad real OP :

Rigidez del tramo elastico OE (kN/m) Ke = Fe/de = 66666.7
Rigidez tramo postelastico EP (kN/m) ... Kp = (Fp-Fe)/(dp-de) = 24140.5
Area (m2) bajo la curva real OP A1 = 155.32
Area (m2) bajo la curva bilineal OEP A2 = 155.32
Ductilidad de la aproximacion bilineal mu = dp/de = 1.99
Energia histeretica (kN*m) Ed = 4*(Fe*dp-Fp*de) = 235.12
Sistema lineal equivalente (recta OP) :
Rigidez sistema lineal equivalente (kN/m) Keq = Fp/dp = 45552.2
Periodo elastico equivalente (seg.) .. Teq = 2*pi*(dp/ap)^0.5 = 1.07
Energia sistema lineal equivalente (kN*m) ... Eo = 1/2*Fp*dp = 125.93

Percentage de amortiguamiento efectivo (%) Amor =25/pi*Ed/Eo = 14.857
Coef.reductor curva de demanda elastica v =(10/(5+Amor))^0.5 = 0.691

EJEMPLO 21.- Puente sobre elastómeros con núcleo de plomo LRB (Guía fig.35)




```

**      DATOS DEL PROYECTO
**      =====
**
** Proyecto : EJEMPLO NOLINEAL (MOD=1) : 21
**
** Referencia : MANUAL
**
** Fecha de calculo : 29-07-2025
**

```

Datos para espectro elastico de aceleraciones-desplazamientos :			
Aceleracion de calculo	(m/s2)	ag = 0.15 g =	ag = 1.47
Coefficiente del suelo			S = 1.35
Periodos del espectro (s)		TB= 0.200 TC= 0.800	TD= 2.000
Masa del sistema (t)			M = 1319.00

Curva de demanda elastica (No reducida Amor=5%) (ND= 24) :

Curva de Capacidad (desplazamiento-Fuerza) (NC= 3) :

d	F	d	F	d	F	d	F
0.000	0.0	0.002	497.0	0.200	3059.5		

d = desplazamiento (m); a = aceleracion (m/s²); F = Cortante basal (kN)

Proceso iterativo de búsqueda del punto de funcionamiento P (d_p, F_p)

de	Fe	dp	Fp	Ke	Kp	EO	Ed
0.002	497.0	0.185	2859.0	254090.0	12938.8	263.7	344.4
0.002	497.0	0.146	2354.8	254090.0	12938.8	171.4	270.9
0.002	497.0	0.135	2220.3	254090.0	12938.8	150.0	251.3
0.002	497.0	0.132	2179.9	254090.0	12938.8	143.9	245.4
0.002	497.0	0.131	2167.4	254090.0	12938.8	142.0	243.6
0.002	497.0	0.131	2163.4	254090.0	12938.8	141.4	243.0
0.002	497.0	0.131	2162.2	254090.0	12938.8	141.2	242.8
0.002	497.0	0.131	2161.8	254090.0	12938.8	141.2	242.8

Punto de funcionamiento P(dp,Fp) :	
Desplazamiento (m) del punto de funcionamiento P	dp = 0.131
Cortante basal (kN) del punto de funcionamiento P	Fp = 2161.8
Aceleracion (m/s ²) del punto de funcionamiento P	ap = 1.639
Punto de limite elastico E(de,Fe) :	
Desplazamiento (m) en el limite elastico E	de = 0.002
Cortante basal (kN) en el limite elastico E	Fe = 497.0
Aceleracion (m/s ²) en el limite elastico E	ae = 0.377

Aproximacion bilineal OEP a la curva de capacidad real OP :

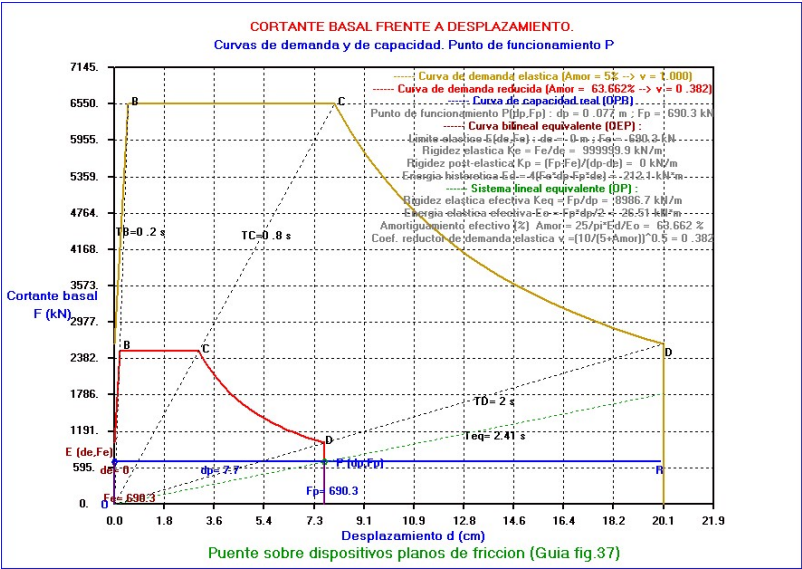
Rigidez del tramo elastico OE (kN/m)	.....	$K_e = F_e/d_e =$	254090.0
Rigidez tramo postelastico EP (kN/m)	....	$K_p = (F_p - F_e)/(d_p - d_e) =$	12938.8
Area (m2) bajo la curva real OP	.....	$A_1 =$	171.54
Area (m2) bajo la curva bilineal OEP	.....	$A_2 =$	171.54
Ductilidad de la aproximacion bilineal	.....	$\mu = d_p/d_e =$	66.78
Energia histeretica (kN*m)	.....	$E_d = 4*(F_e*d_p - F_p*d_e) =$	242.77

Sistema lineal equivalente (recta OP) :

Rigidez sistema lineal equivalente (kN*m)	.....	$K_{eq} = F_p/d_p =$	16549.9
Periodo elastico equivalente (seg.)	..	$T_{eq} = 2*\pi*\sqrt{(d_p/A_p)*0.5} =$	1.77
Energia sistema lineal equivalente (kN*m)	....	$E_o = 1/2*F_p*d_p =$	141.19

Percentage de amortiguamiento efectivo (%) $\text{Amor} = 25/\pi * E_d/E_o =$ 13.683
 Coef.reductor curva de demanda elastica $v = (10/(5+\text{Amor}))^{0.5} =$ 0.732

EJEMPLO 22.- Puente sobre dispositivos planos de fricción.
(Guía fig.37)



```

PROGRAMA PONSIS 2 5
=====
Metodo del empuje incremental o Pushover
Calculo estatico No lineal.

Version 1 Fecha : 12/01/2025

Copyright : J.Diaz del Valle . SA-172-2025

E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Santander.
=====
```

```

DATOS DEL PROYECTO
=====
Proyecto : EJEMPLO NOLINEAL (MOD=1) : 22

Referencia : MANUAL

Fecha de calculo : 29-07-2025
=====
```

Titulo = Puente sobre dispositivos planos de friccion (Guia fig.37)

Datos para espectro elastico de aceleraciones-desplazamientos :
Aceleracion de calculo (m/s2) ag = 0.15 g = ag = 1.47
Coeficiente del suelo S = 1.35
Periodos del espectro (s) : TB= 0.200 TC= 0.800 TD= 2.000
Masa del sistema (t) M = 1319.00

Coordenadas de los puntos A-B-C-D-E del espectro :
Punto A : TA = 0.00 dA = 0.000 aA = 1.987 FA = 2620.23
Punto B : TB = 0.20 dB = 0.005 aB = 4.966 FB = 6550.57
Punto C : TC = 0.80 dC = 0.081 aC = 4.966 FC = 6550.57
Punto D : TD = 2.00 dD = 0.201 aD = 1.987 FD = 2620.23
Punto E : TE = 9.99 dE = 0.201 aE = 0.000 FE = 0.00

Curva de demanda elastica (No reducida Amor=5%) (ND= 24) :

d	F	d	F	d	F	d	F
0.000	2620.2	0.005	6550.6	0.081	6550.6	0.087	6093.5
0.093	5696.1	0.099	5347.4	0.105	5038.9	0.111	4764.0
0.117	4517.6	0.123	4295.5	0.129	4094.1	0.135	3910.8
0.141	3743.2	0.147	3589.4	0.153	3447.7	0.159	3316.7
0.165	3195.4	0.171	3082.6	0.177	2977.5	0.183	2879.4
0.189	2787.5	0.195	2701.3	0.201	2620.2	0.201	0.0

Curva de Capacidad (desplazamiento-Fuerza) (NC= 3) :

d	F	d	F	d	F	d	F
0.000	0.0	0.000	690.3	0.200	690.3		

d = desplazamiento (m); a = aceleracion (m/s²); F = Cortante basal (kN)

Proceso iterativo de busqueda del punto de fucionamiento P (dp,Fp)

de	Fe	dp	Fp	Ke	Kp	Eo	Ed
Iter= 1 --> Amor= 5.000 % --> v= 1.000							
0.000	690.3	0.200	690.3	1E+20	0.0	69.0	552.2
Iter= 2 --> Amor= 63.662 % --> v= 0.382							
0.000	690.3	0.077	690.3	1E+20	0.0	26.5	212.1
Iter= 3 --> Amor= 63.662 % --> v= 0.382							
0.000	690.3	0.077	690.3	1E+20	0.0	26.5	212.1

Punto de funcionamiento P(dp,Fp) :

Desplazamiento (m) del punto de funcionamiento P dp = 0.077

Cortante basal (kN) del punto de funcionamiento P Fp = 690.3

Aceleracion (m/s²) del punto de funcionamiento P ap = 0.523

Punto de limite elastico E(de,Fe) :

Desplazamiento (m) en el limite elastico E de = 0.000

Cortante basal (kN) en el limite elastico E Fe = 690.3

Aceleracion (m/s²) en el limite elastico E ae = 0.523

Aproximacion bilineal OEP a la curva de capacidad real OP :

Rigidez del tramo elastico OE (kN/m) Ke = Fe/de = 1E+20

Rigidez tramo postelastico EP (kN/m) ... Kp = (Fp-Fe)/(dp-de) = 0.0

Area (m²) bajo la curva real OP A1 = 53.02

Area (m²) bajo la curva bilineal OEP A2 = 53.02

Energia hysteretica (kN*m) Ed = 4*(Fe*dp-Fp*de) = 212.10

Sistema lineal equivalente (recta OP) :

Rigidez sistema lineal equivalente (kN/m) Keq = Fp/dp = 8986.7

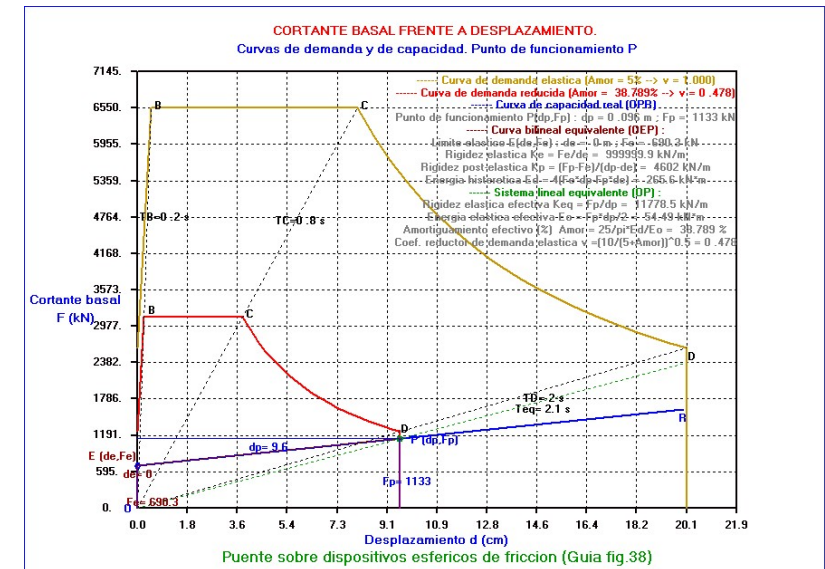
Periodo elastico equivalente (seg.) .. Teq = 2*pi*(dp/ap)^{0.5} = 2.41

Energia sistema lineal equivalente (kN*m) ... Eo = 1/2*Fp*dp = 26.51

Percentage de amortiguamiento efectivo (%) Amor =25/pi*Ed/Eo = 63.662

Coef.reductor curva de demanda elastica v =(10/(5+Amor))^{0.5} = 0.382

EJEMPLO 23.- Puente sobre dispositivos esfericos de fricción (Guía fig.38)



```

**
**          D A T O S   D E L   P R O Y E C T O
**          =====
**
** Proyecto : EJEMPLO NOLINEAL (MOD=1) : 23
**
** Referencia : MANUAL
**
** Fecha de calculo : 29-07-2025
**
**

```

Datos para espectro elastico de aceleraciones-desplazamientos :			
Acceleracion de calculo	(m/s ²)	ag = 0.15 g =	ag = 1.47
Coefficiente del suelo			S = 1.35
Periodos del espectro (s)		TB= 0.200 TC= 0.800	TD= 2.000
Masa del sistema (t)			M = 1319.00

Curva de demanda elastica (No reducida Amor=5%) (ND= 24) :

Curva de Capacidad (desplazamiento-Fuerza) (NC= 3) :

d	F	d	F	d	F	d	F
0.000	0.0	0.000	690.3	0.200	1610.7		

d = desplazamiento (m); a = aceleracion (m/s²); F = Cortante basal (kN)

Proceso iterativo de búsqueda del punto de funcionamiento P (d_p, F_p)

de	Fe	dp	Fp	Ke	Kp	EO	Ed
0.000	690.3	0.200	1610.7	1E+20	4602.0	161.1	552.2
0.000	690.3	0.112	1205.8	1E+20	4602.0	67.5	309.3
0.000	690.3	0.099	1145.3	1E+20	4602.0	56.6	273.0
0.000	690.3	0.097	1135.1	1E+20	4602.0	54.9	266.9
0.000	690.3	0.096	1133.3	1E+20	4602.0	54.5	265.8
0.000	690.3	0.096	1133.0	1E+20	4602.0	54.5	265.6
0.000	690.3	0.096	1133.0	1E+20	4602.0	54.5	265.6

```

Punto de funcionamiento P(dp,Fp) :
Desplazamiento (m) del punto de funcionamiento P ..... dp = 0.096
Cortante basal (kN) del punto de funcionamiento P ..... Fp = 1133.0
Aceleracion (m/s2) del punto de funcionamiento P ..... ap = 0.859
Punto de limite elastico E(de,Fe) :
Desplazamiento (m) en el limite elastico E ..... de = 0.000
Cortante basal (kN) en el limite elastico E ..... Fe = 690.3
Aceleracion (m/s2) en el limite elastico E ..... ae = 0.523

```

Aproximacion bilineal OEP a la curva de capacidad real OP :			
Rigidez del tramo elastico OE (kN/m)	.....	Ke = Fp/de =	1E+20
Rigidez tramo postelastico EP (kN/m) ...	Kp = (Fp-Fe) / (dp-de) =		4602.0
Area (m2) bajo la curva real OP	A1 =		87.69
Area (m2) bajo la curva bilineal OEP	A2 =		87.69
Energia histeretica (kN*m)	Ed = 4*(Fe*dp-Fp*de) =		265.60
Sistema lineal equivalente (recta OP) :			
Rigidez sistema lineal equivalente (kN*m)	Keq = Fp/dp =		11778.5
Periodo elastico equivalente (seg.) ..	Teq = 2*pi*(dp/ap)^0.5 =		2.10
Energia sistema lineal equivalente (kN*m)	Eo = 1/2*Fp*dp =		54.49

Porcentaje de amortiguamiento efectivo (%) $\text{Amor} = 25/\pi * E_d/E_o =$ 38.789
 Coef.reductor curva de demanda elastica $v = (10/(5+\text{Amor}))^{0.5} =$ 0.478

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

Julían 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 Nº
ES59-0234-0001-0224-0027-2680
Titular Julián Díaz del Valle

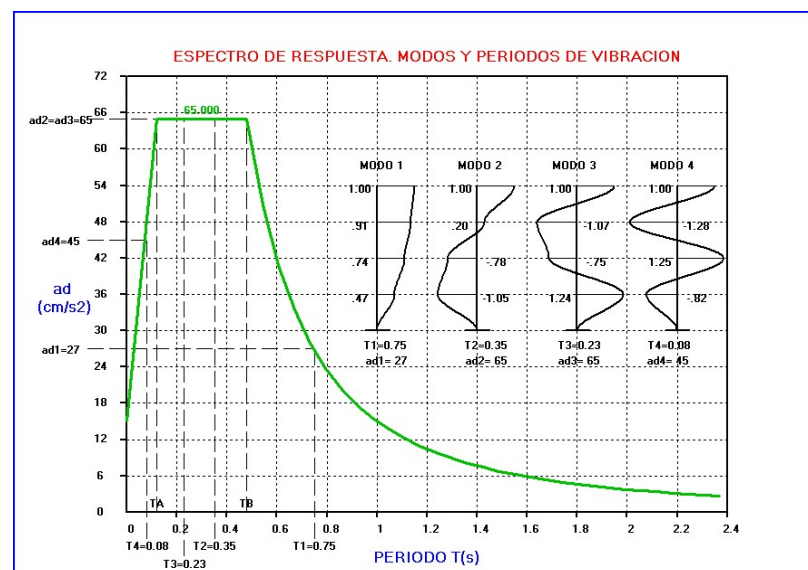
2.- Envío de copia de transferencia al correo electrónico
informacion@diaval.es

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



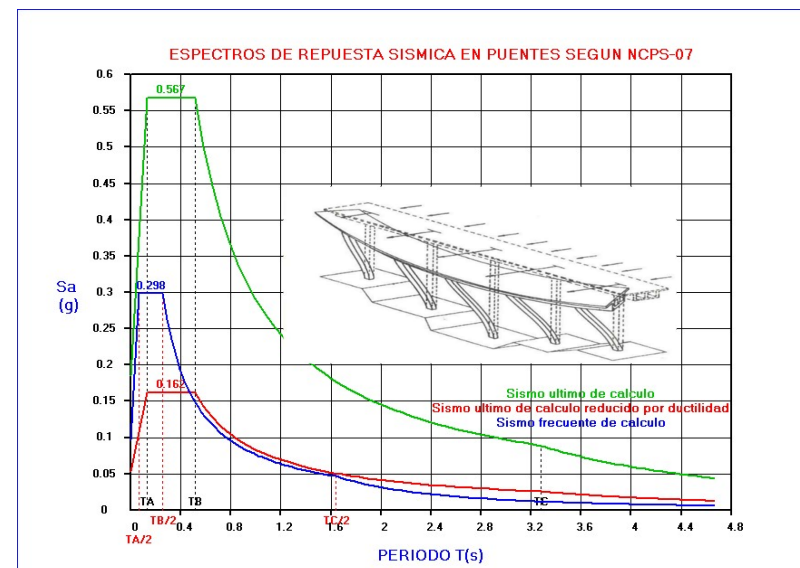
Campo de aplicación: Cálculo sísmico de estructuras de edificación con pilares y/o muros de cortante con cualquier número de plantas y vanos. Adaptado a las normas sismorresistentes actuales NCSE02, NCSR 2023, y Eurocódigo 8. También se puede utilizar con otras normativas, definiendo su espectro de respuesta 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

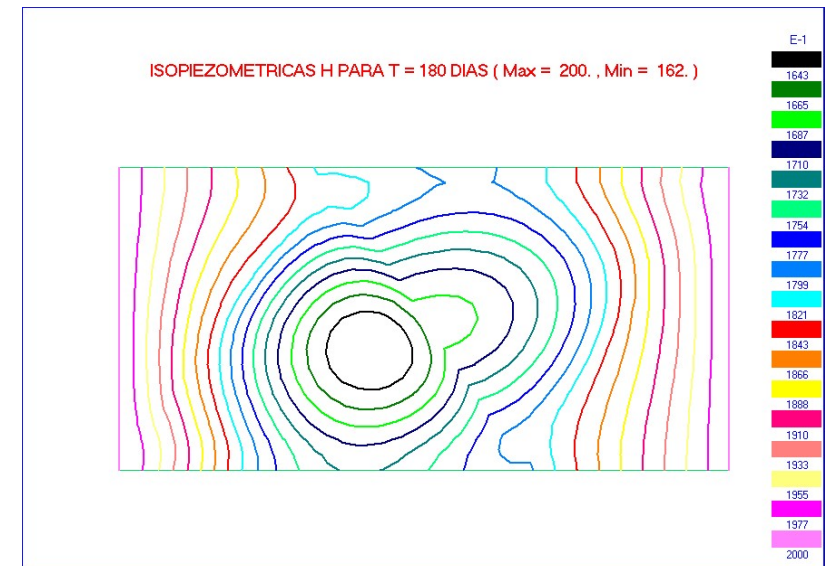
Campo de aplicación: Obtiene las acciones en puentes debidas al viento, a las variaciones de temperatura, al sismo, las fuerzas de frenado y centrífuga y las sobrecarga de nieve.

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, ríos, recarga artificial, bombes, 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.

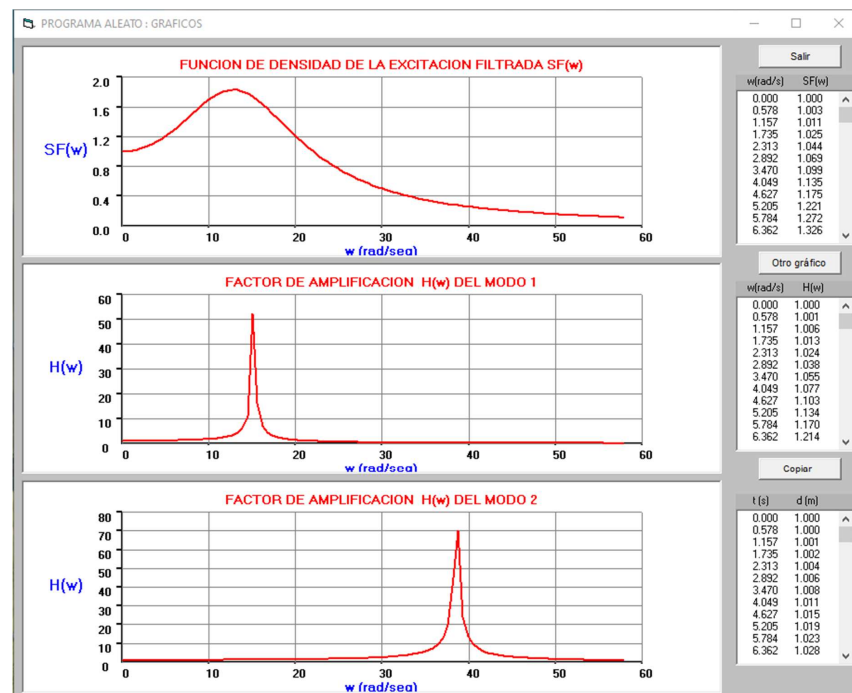
ALEATO

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.

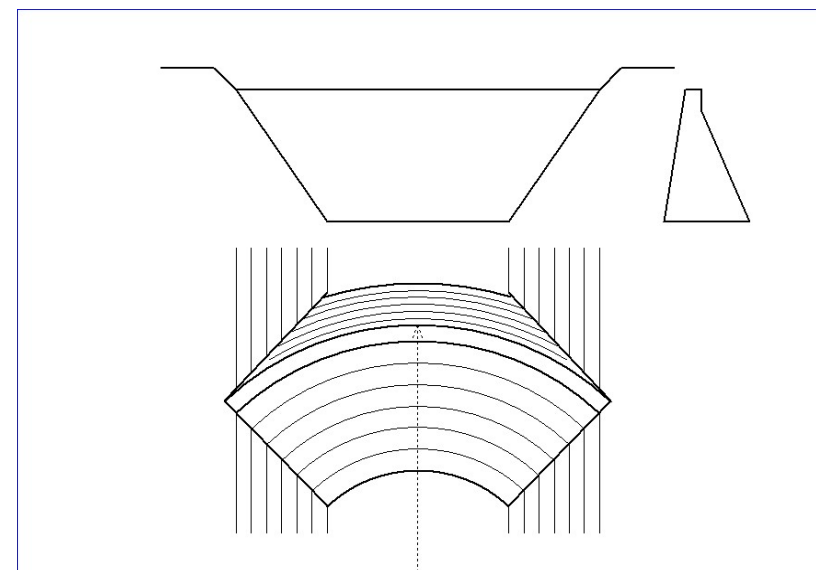
Otras aplicaciones : Genera espectros estocásticos, terremotos sintéticos compatibles, funciones de densidad espectral de potencia, funciones de autocorrelación etc. y dispone de numerosas rutinas de ayuda al cálculo dinámico y probabilístico.

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.

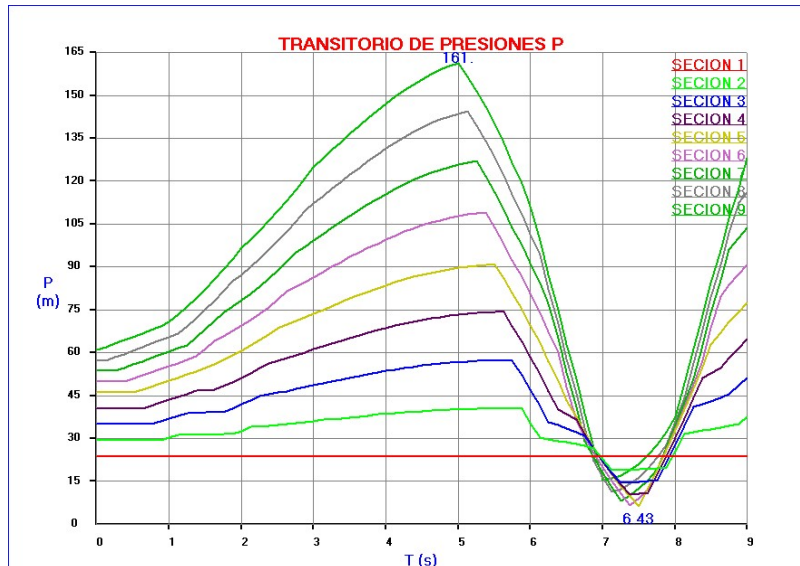
ARIETE

Campo de aplicación: Análisis del golpe de ariete en sistemas hidráulicos

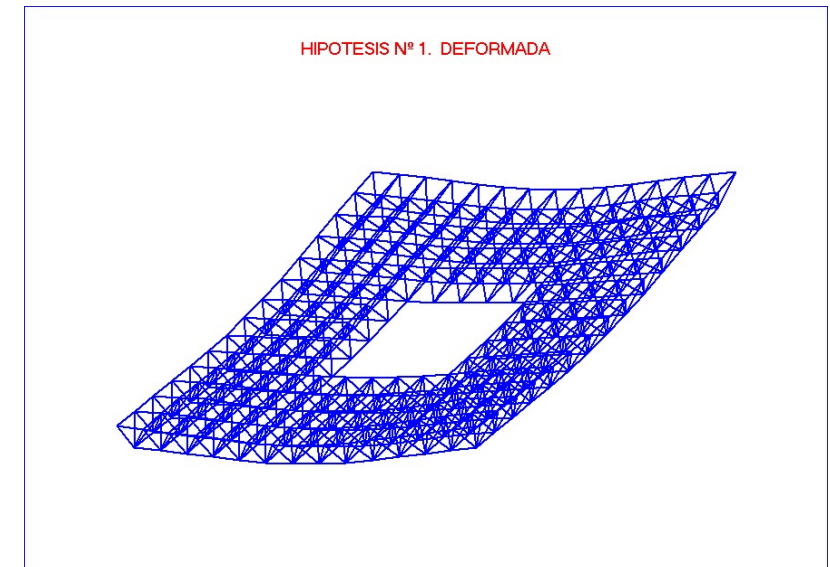
Cálculo: Se utiliza el método de las características para obtener las oscilaciones producidas por el cierre y apertura de válvulas en conductos por gravedad y por la parada y arranque de plantas de bombeo.

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.

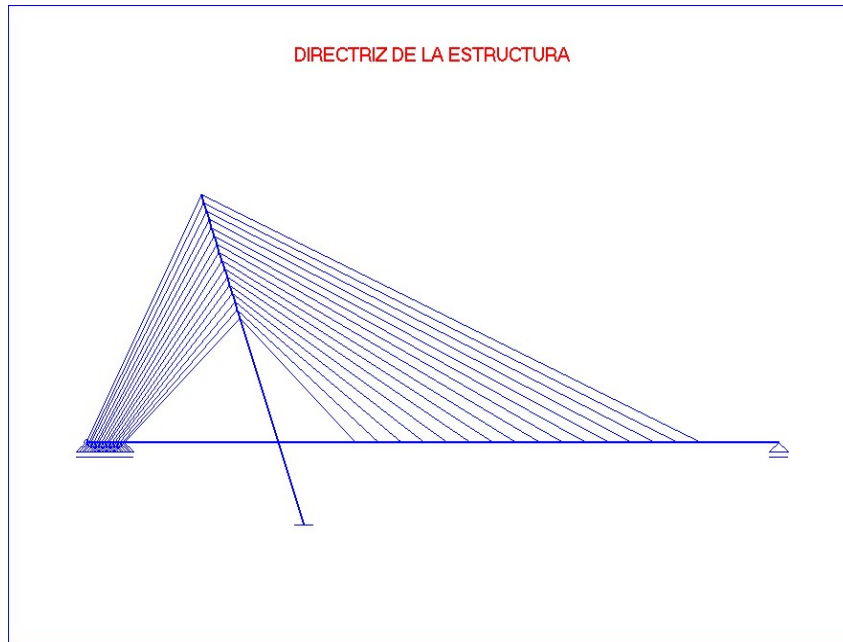
ATIRANTA

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.



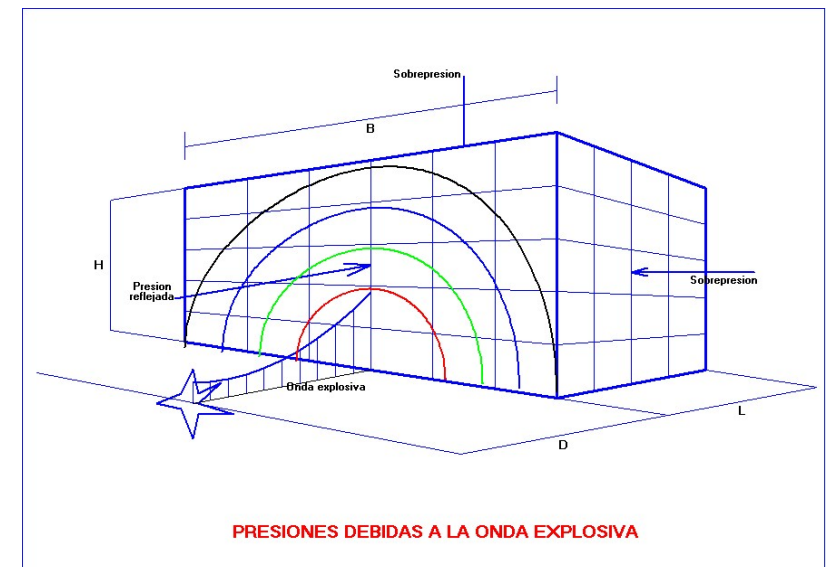
BLAST

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.

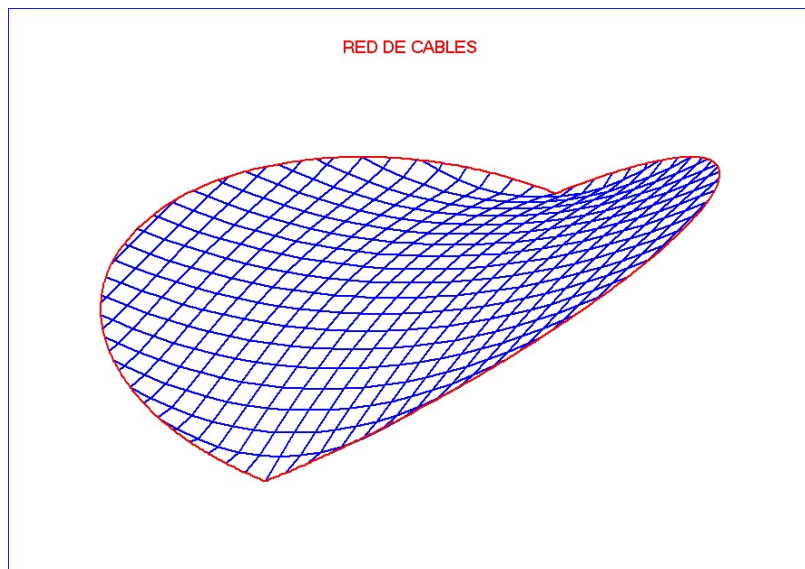
Calcula , las cargas dinámicas sobre estructuras rectangulares cerradas o con aberturas, obteniendo las sobrepresiones en la cara frontal, reflejadas desde cualquier ángulo, así como en el techo y las paredes laterales. También considera estructuras tipo marco y superficies cilíndricas.

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 pueden 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.

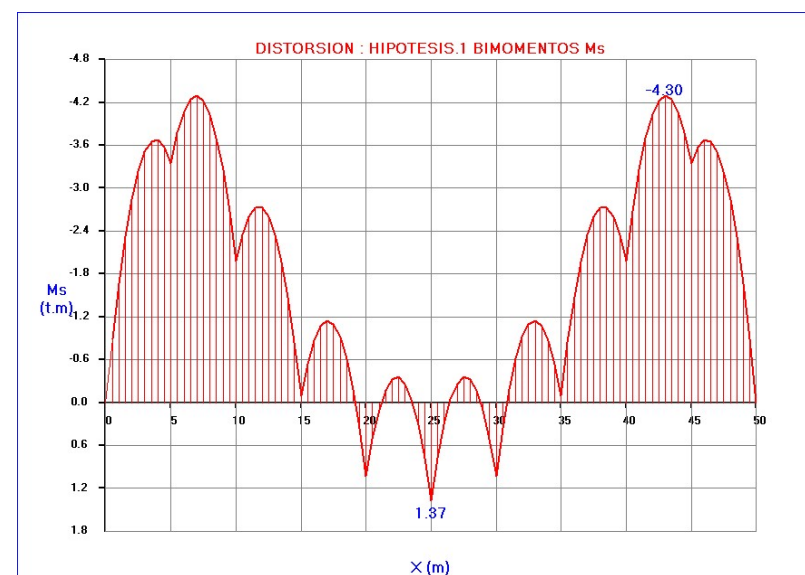
Resultados: Obtiene numérica y gráficamente deformadas, flechas, reacciones, esfuerzos, tensiones, desplazamientos y longitudes en las distintas fases.

CAJON

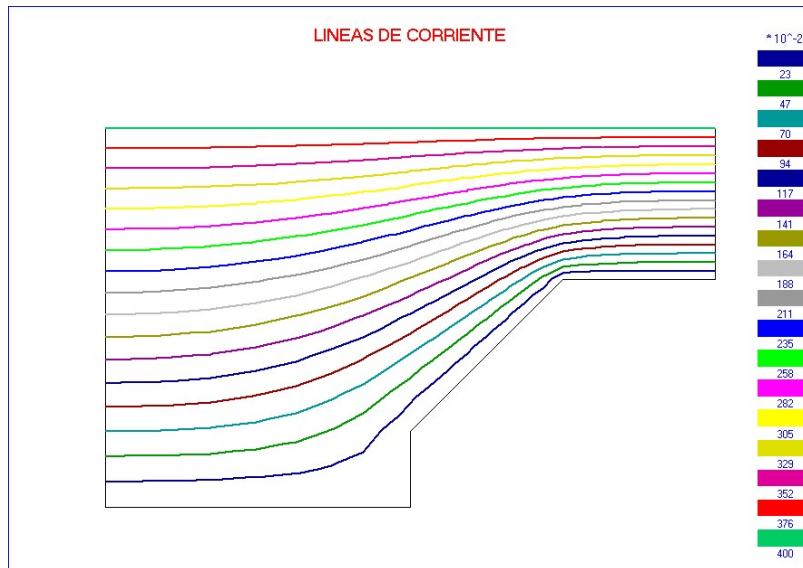
Campo de aplicación: Puentes de sección cajón rectangular o trapezoidal de hormigón, metálicos y/o mixtos.

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.

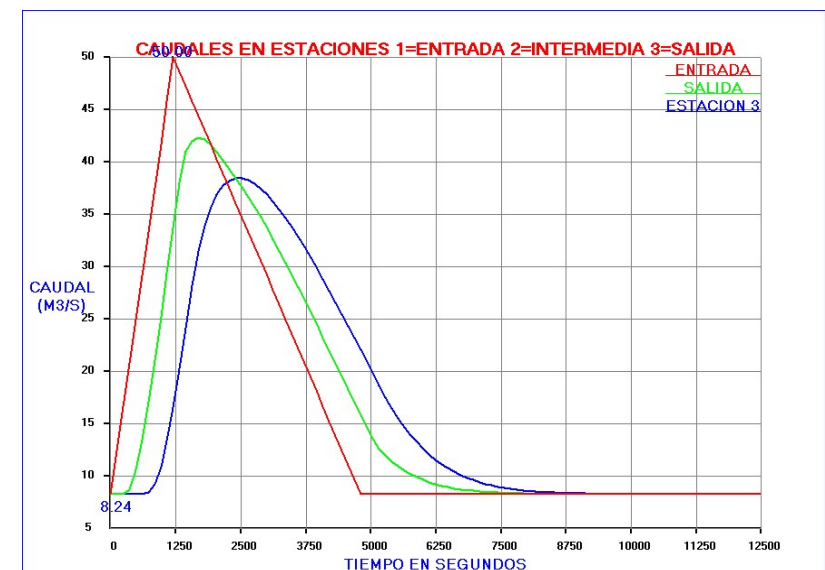
CAUCE

Campo de aplicación: Canales y cauces naturales.

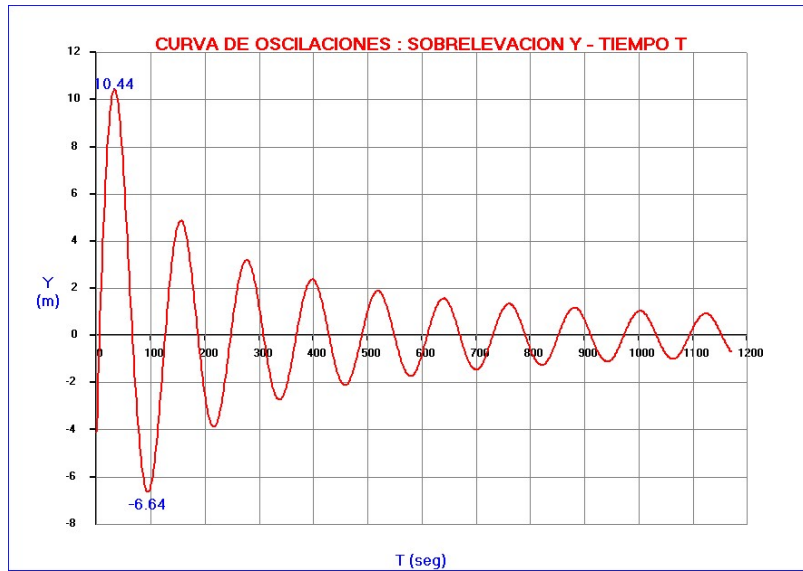
Opciones: Obtiene tablas de capacidad y curvas características de secciones de cualquier forma. Dichas tablas contienen los calados normal y crítico, área y perímetro mojado, radio hidráulico, energía y momentum específico etc.

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 cámaras 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.

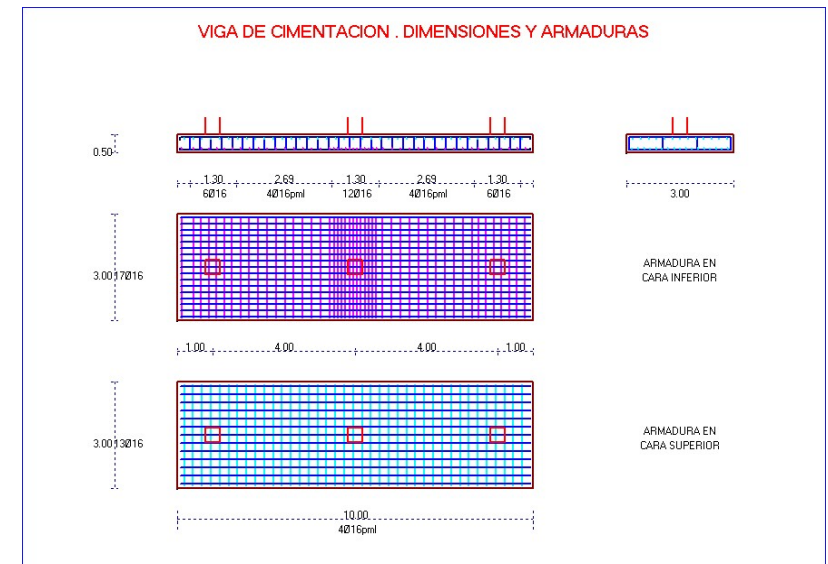
Obtiene gráficamente la espiral de maniobra y la curva de oscilaciones.

CIMENTA

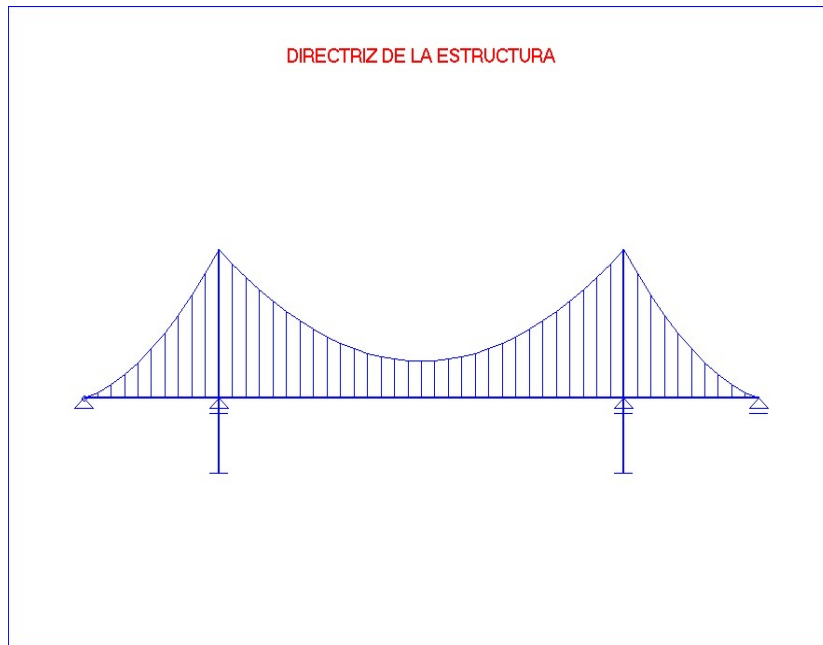
Campo de aplicación: Cálculo y diseño de todo tipo de cimentaciones: a) Zapatas aisladas, de medianería, de esquina, continuas bajo muro, b) Vigas flotantes, c) Losas y emparillados de cimentación, d) Pilotes y Encepados.

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.

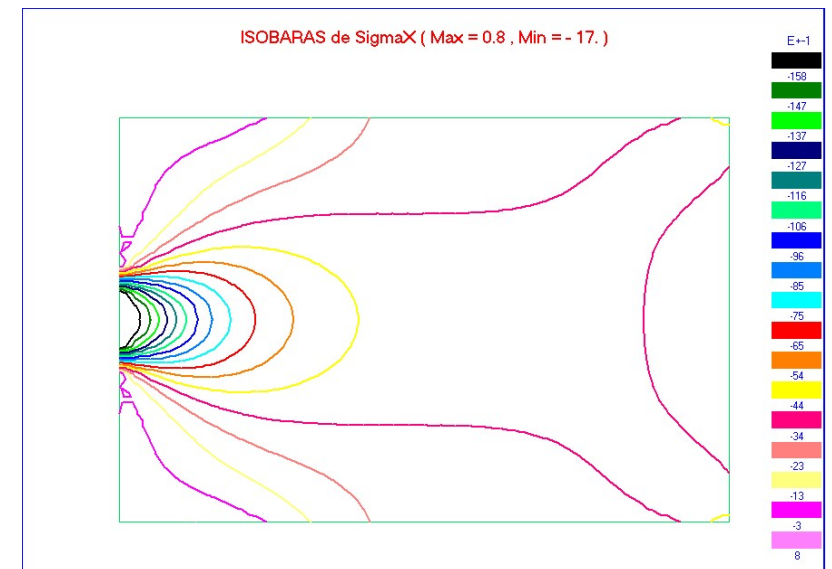
CONCEN

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.

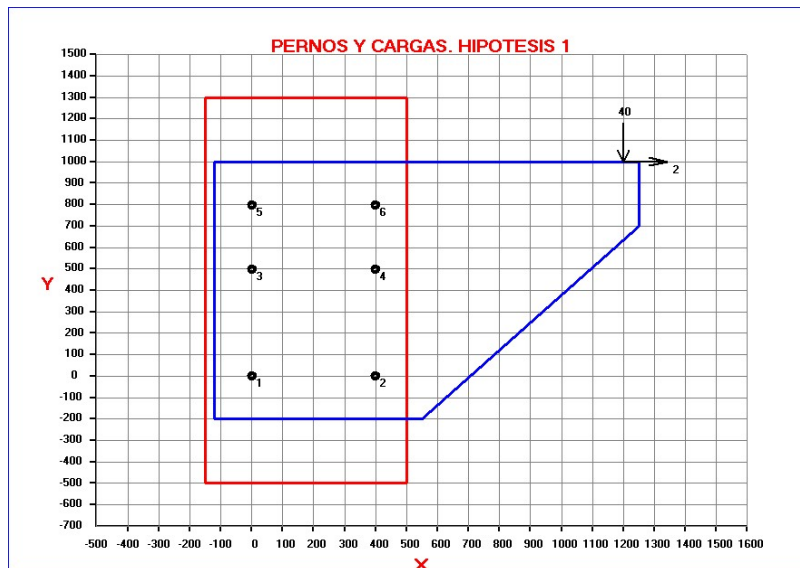
Cálculo: elástico mediante el Método de los Elementos Finitos (MEF) de las tensiones y desplazamientos en la zona de regularización.

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.

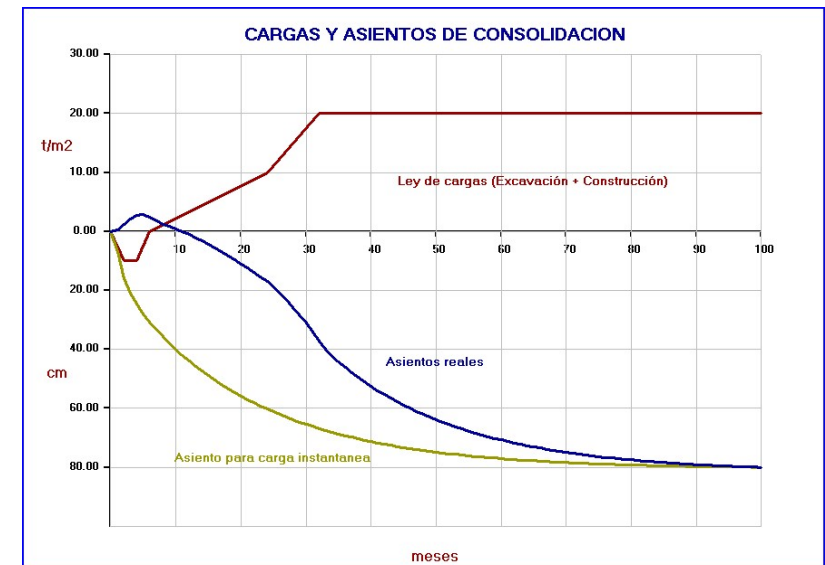
Puede considerar varias piezas a unir mediante cualquier número de pernos o tornillos de igual o distinto diámetro, o mediante cualquier número de cordones de soldadura con distintas orientaciones y espesores.

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



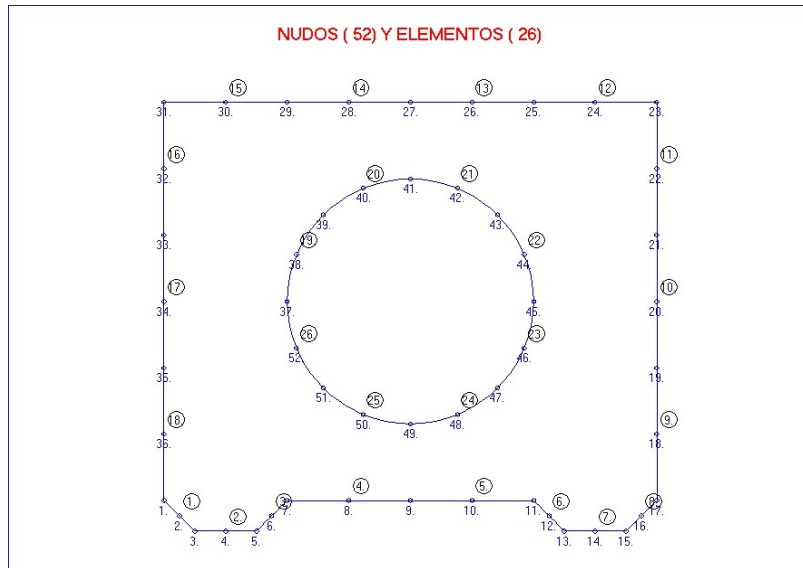
Campo de aplicación: Consolidación y expansión de terrenos debidas a variadas condiciones de carga, precarga, descarga, bombeos y rebajamiento de niveles freáticos. Considera cualquier número de estratos diferentes y tipos de drenaje.

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.

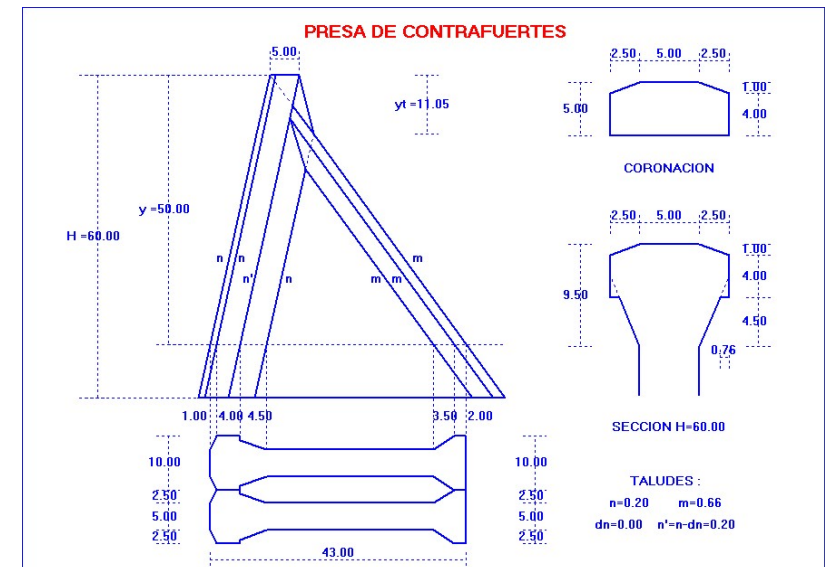
CONTRAFU y CONTRAFI

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).

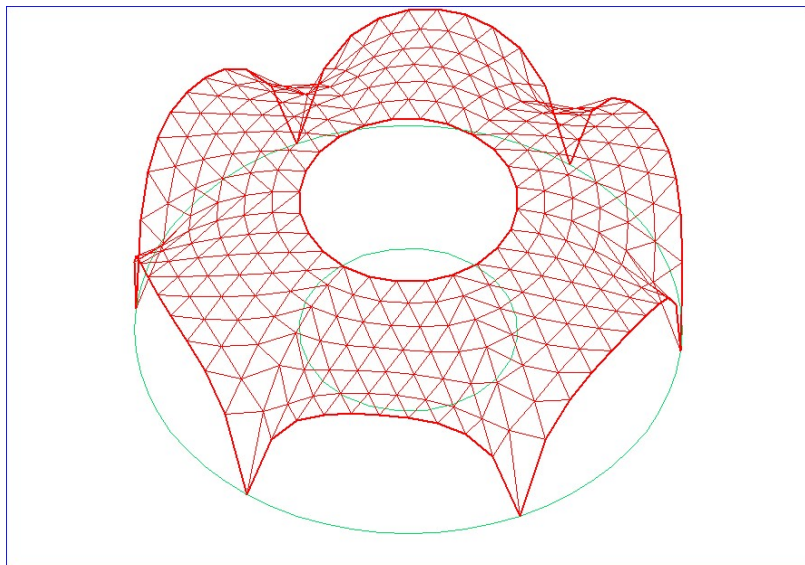
Cálculo : Se utilizan sencillos métodos de la Resistencia de Materiales (Hiladas Horizontales) o más modernos como el de los Elementos Finitos, para comprobar la estabilidad de conjunto y el estado tensional, para todas las hipótesis de las Guías.

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, Lineas de máximo deslizamiento, isobaras, 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.

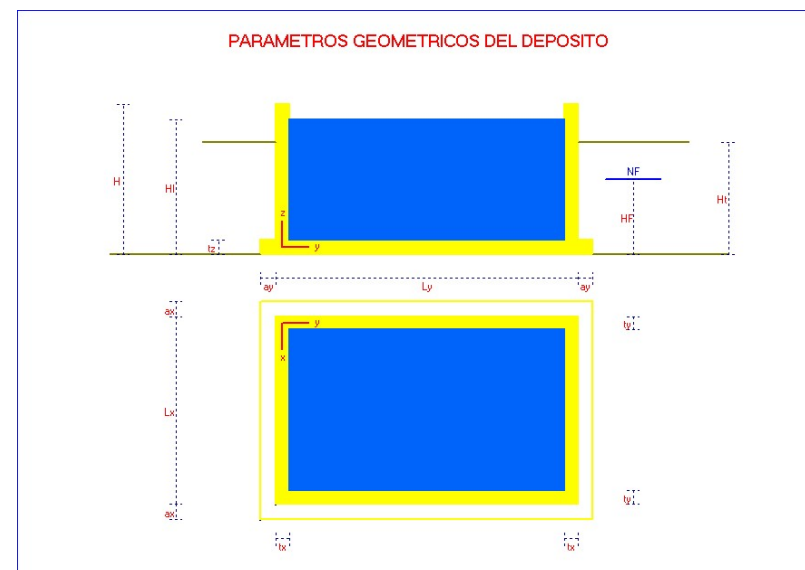
Resultados: Obtiene los resultados de forma numérica y gráfica con opciones múltiples para su representación.

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

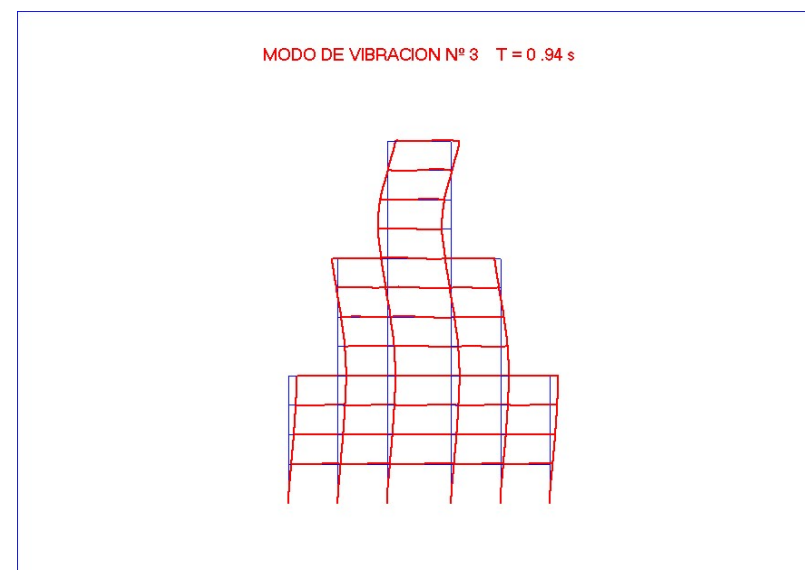
Campo de aplicación: Cálculo dinámico y sísmico de todo tipo de estructuras.

Utiliza técnicas de condensación dinámica que permiten analizar grandes estructuras.

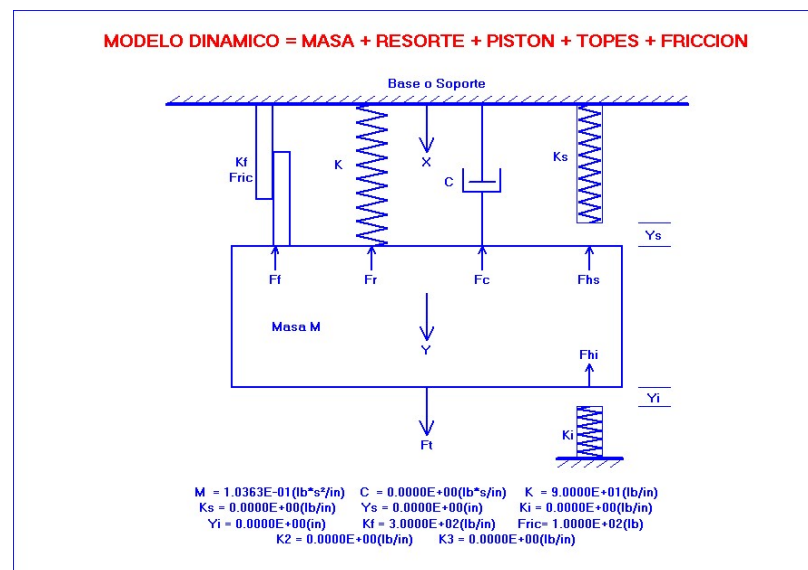
Opciones: Obtención de frecuencias y modos de vibración. Análisis de vibraciones libres y forzadas. Excitación del cimiento por un acelerograma.

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.

Cálculo : 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.

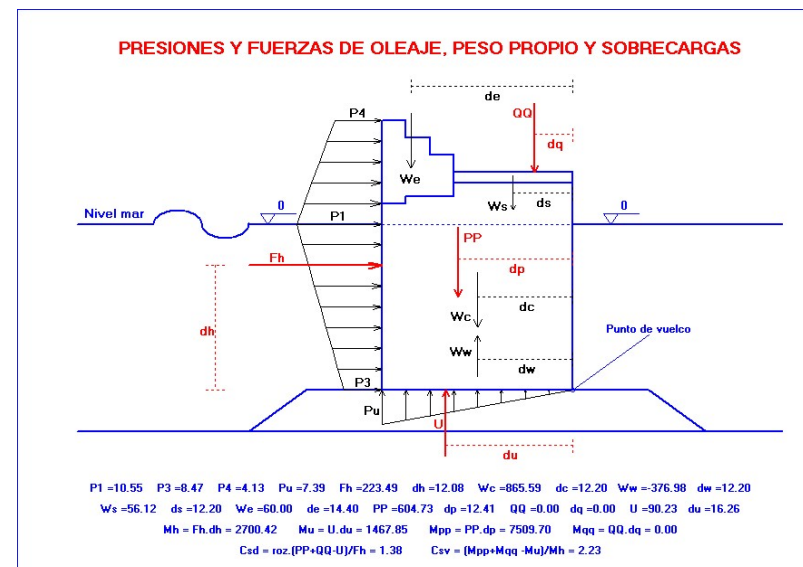
Resultados : Listados y gráficos de todas las magnitudes anteriores.

DIQUE

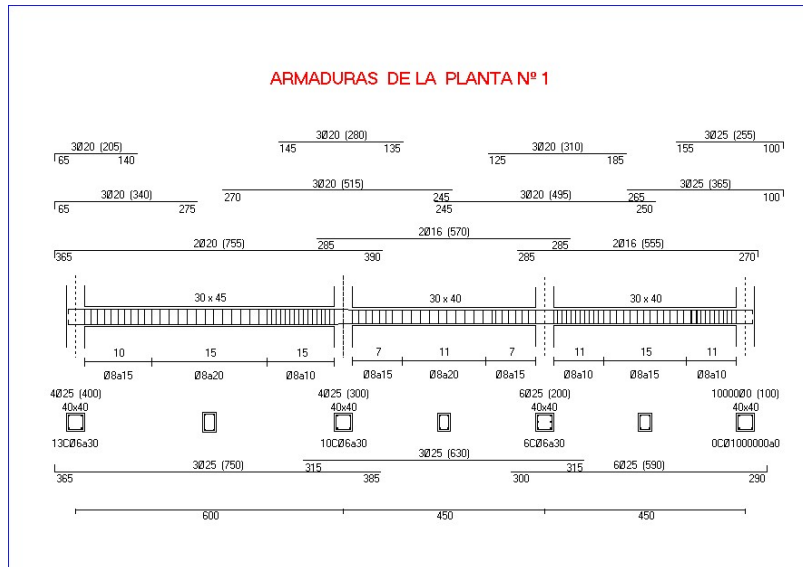
Campo de aplicación Obras Marítimas : Cálculo y dimensionamiento de diques verticales. Considera diques verticales con y sin espaldón; diques compuestos; con espaldón danés; sección trapezoidal y espaldón retranqueado. Admite también diques con paramentos perforados y tanto diques como muelles.

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.

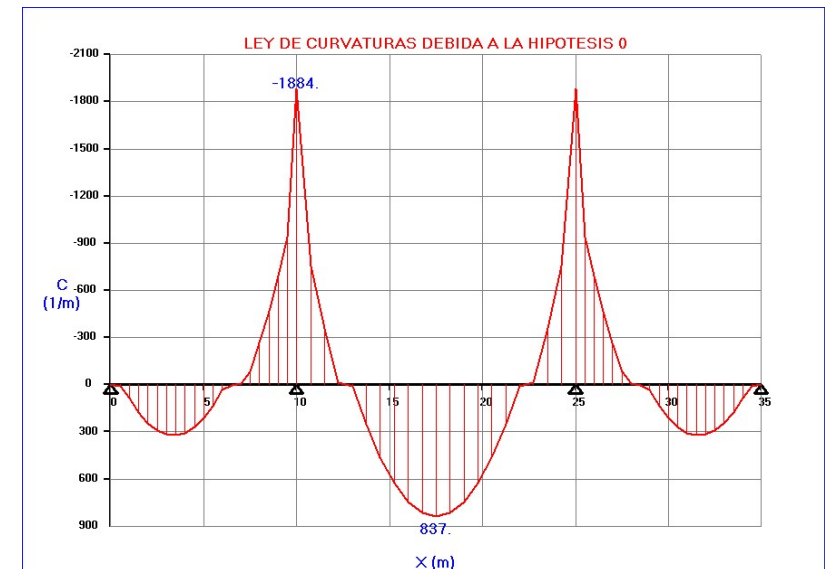
ELASPLAS

Campo de aplicación: Análisis elastoplástico de vigas continuas de hormigón, metálicas o mixtas, definidas mecánicamente por los diagramas momento-curvatura de sus secciones.

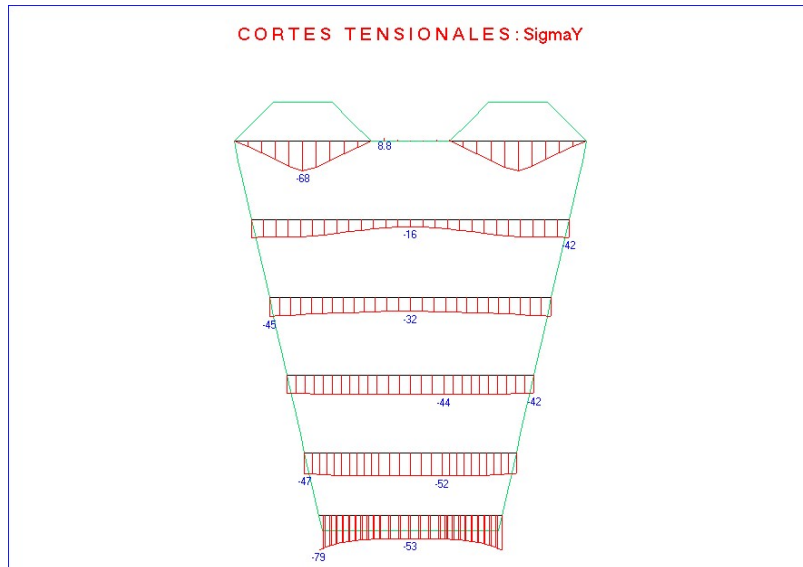
Opciones de cálculo:

- 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

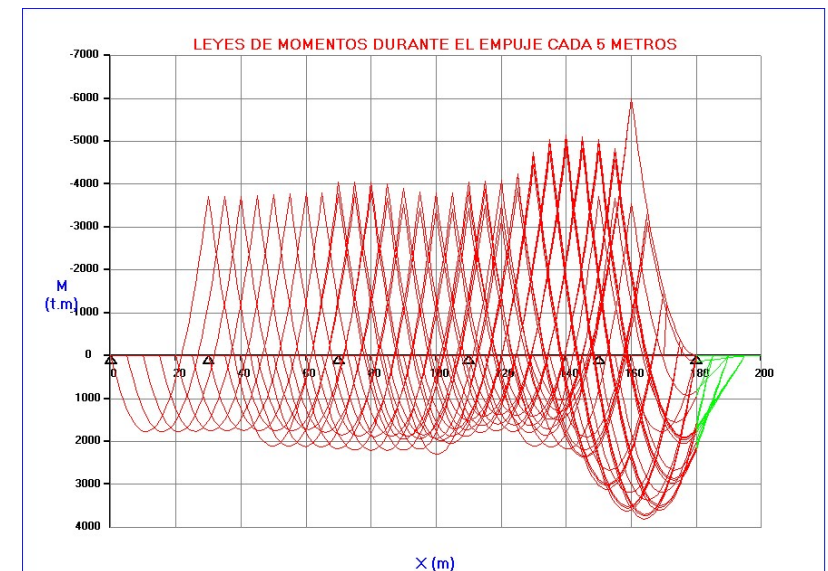
Campo de aplicación: Análisis de puentes empujados, con nariz o pico de avance. y/o atirantamiento provisional.

Opciones:

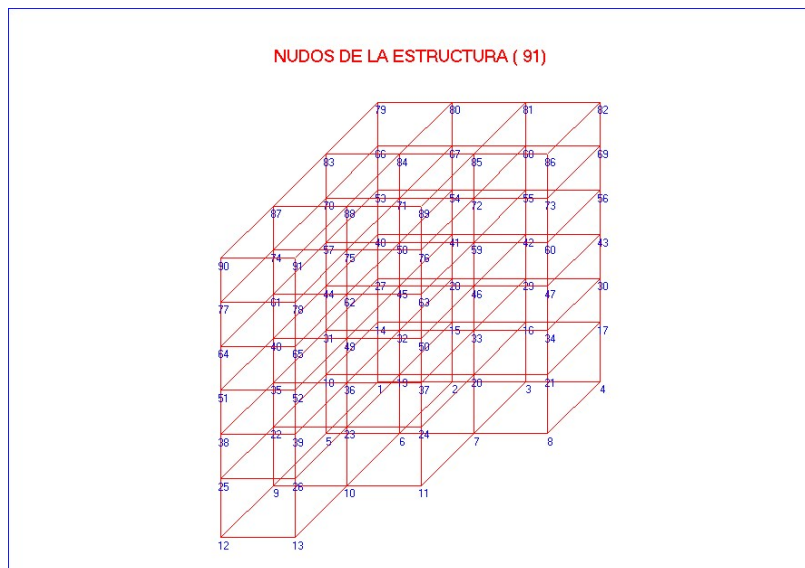
a) obtiene envolvente de movimientos verticales y esfuerzos durante el empuje del puente hasta su porción definitiva.

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 rigidamente 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.

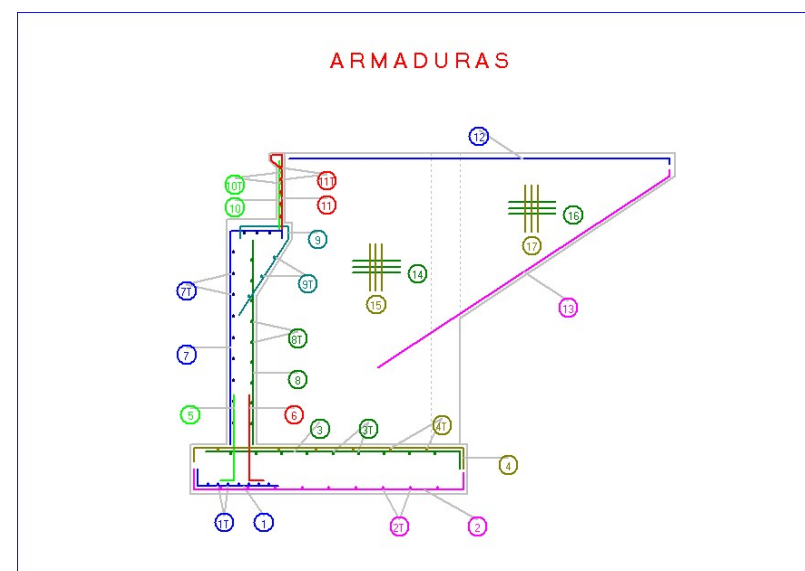
ESTRIBOS

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.

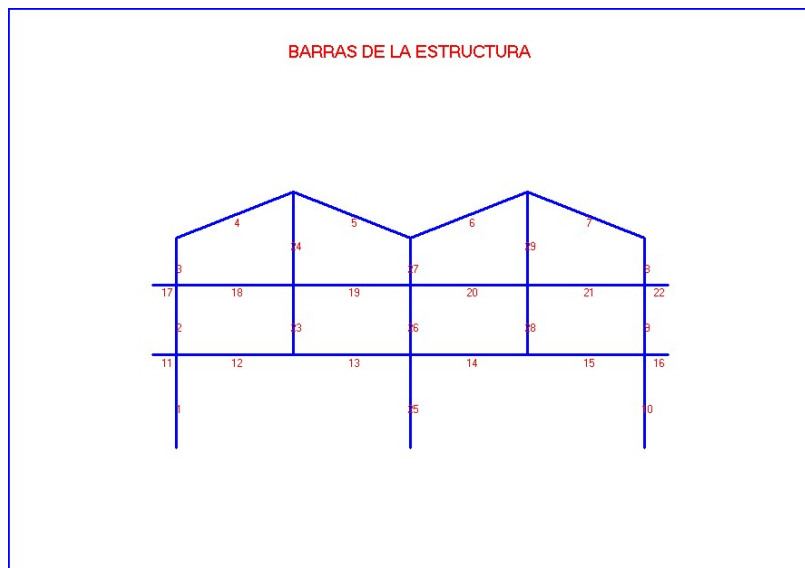
Entrada de datos: Por dibujo directo sobre la pantalla de la geometría del estribo, la cual se ajusta automáticamente a los parámetros introducidos.

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.

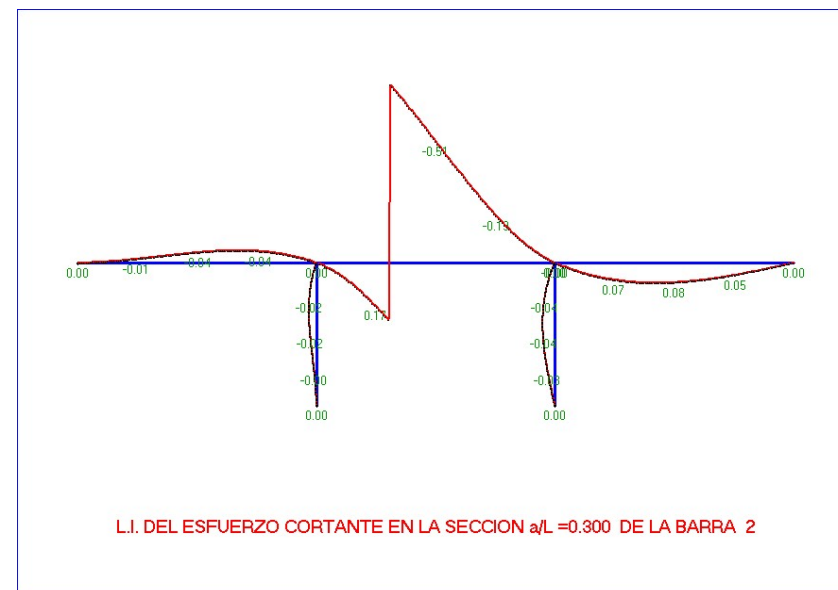
Cálculo Matricial, sin limitación en el número de nudos y barras. Para cada hipótesis de carga obtiene giros y desplazamientos de los nudos, reacciones y leyes de esfuerzos de la estructura. Calcula además la flecha máxima en cada una de las barras.

Analiza hasta 40 hipótesis de carga simultáneas, combinándolas según desee el usuario para obtener los esfuerzos pésimos y sus acompañantes.

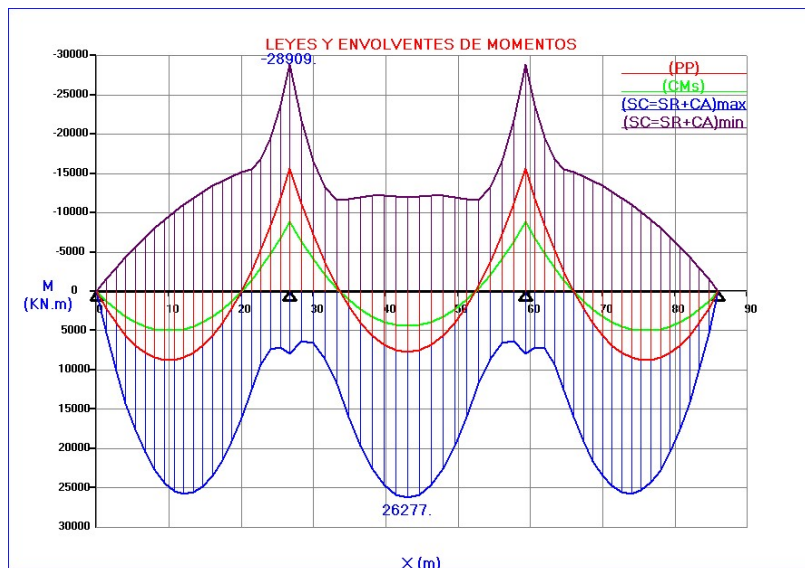
Obtiene líneas de influencia de esfuerzos, flechas o reacciones, facilitando la distribución de cargas desfavorables y el estudio de cargas móviles.

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.

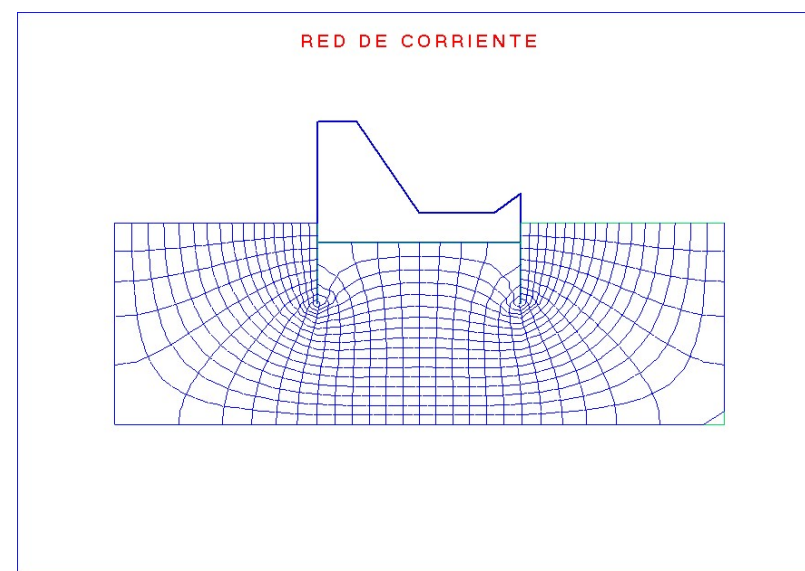
FILTRA

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.

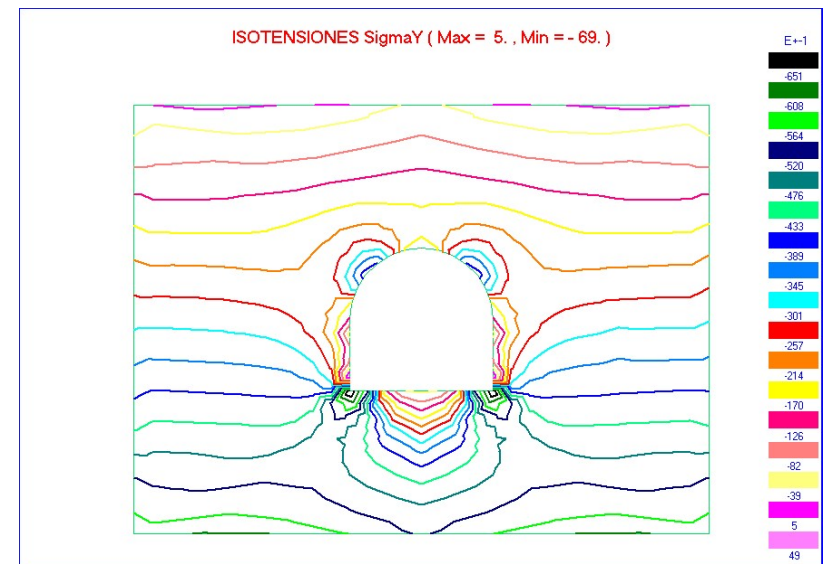
GALEMEF

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.

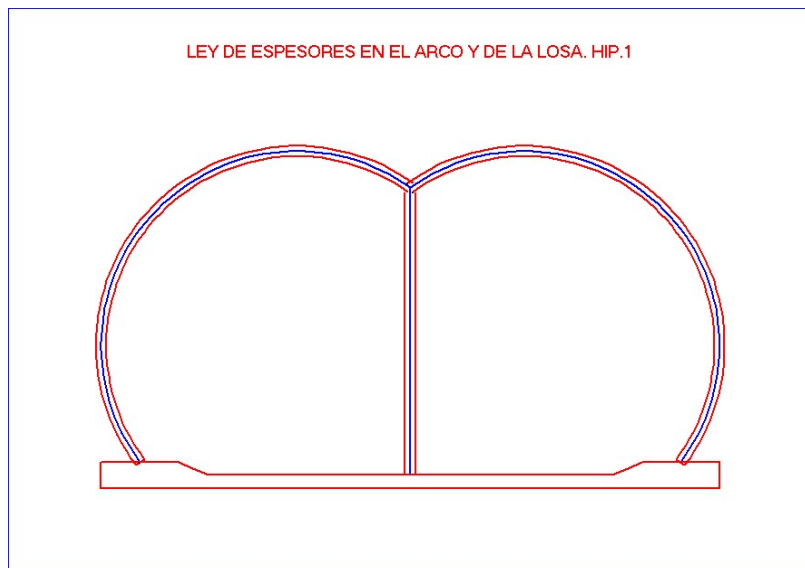
Cálculo: Se consideran perfectamente acoplados el terreno y la galería. El terreno es considerado como un espacio elástico o elastoplástico, adoptando el criterio de fluencia de Mhor-Colomb. Se utiliza la técnica de los elementos finitos: considerándose elementos de deformación plana para discretizar 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 auñinicular que salva un gálbo prefijado. Genera ficheros HPGL y DXF importables desde cualquier editor gráfico.

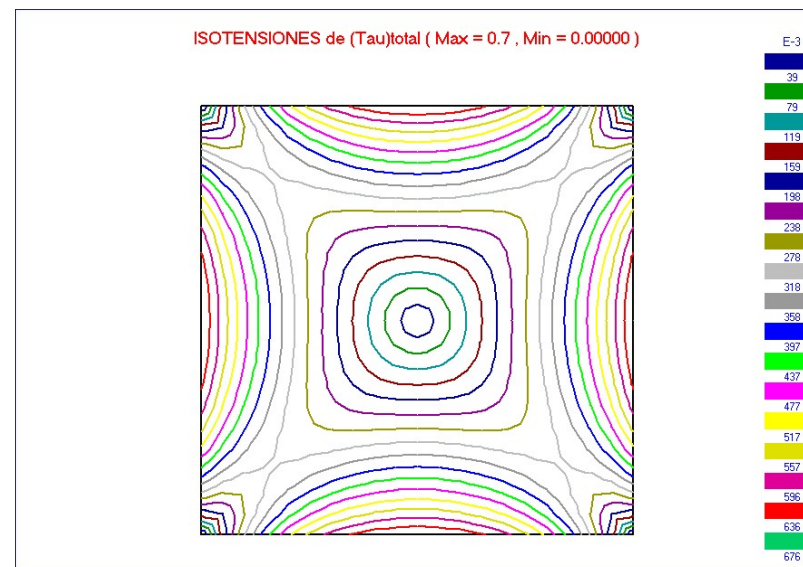
GALERKIN

Campo de aplicación: Métodos numéricos de la ecuación Poisson: Torsion de barras de sección rectangular.

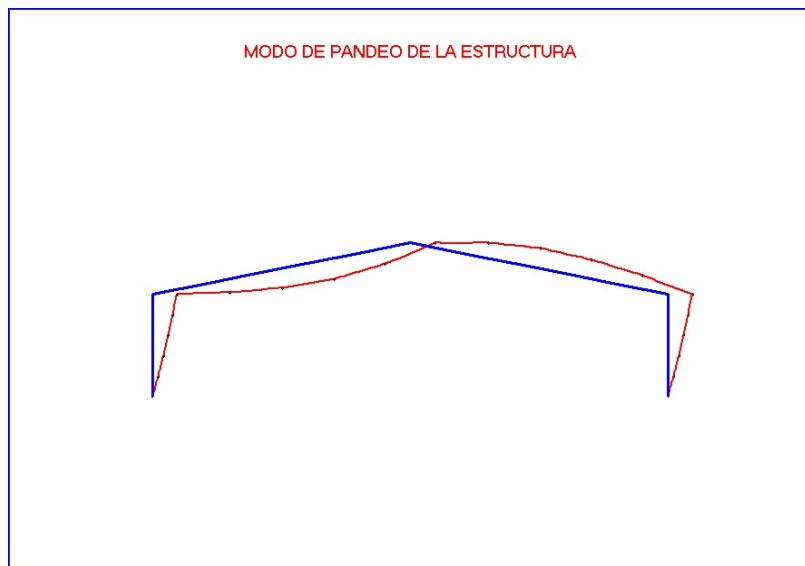
Entrada de datos: Generación automática del mallado a partir de los lados.

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:

- a) Obtiene las cargas críticas de pandeo global de la estructura y el modo de pandeo correspondiente.
- b) 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

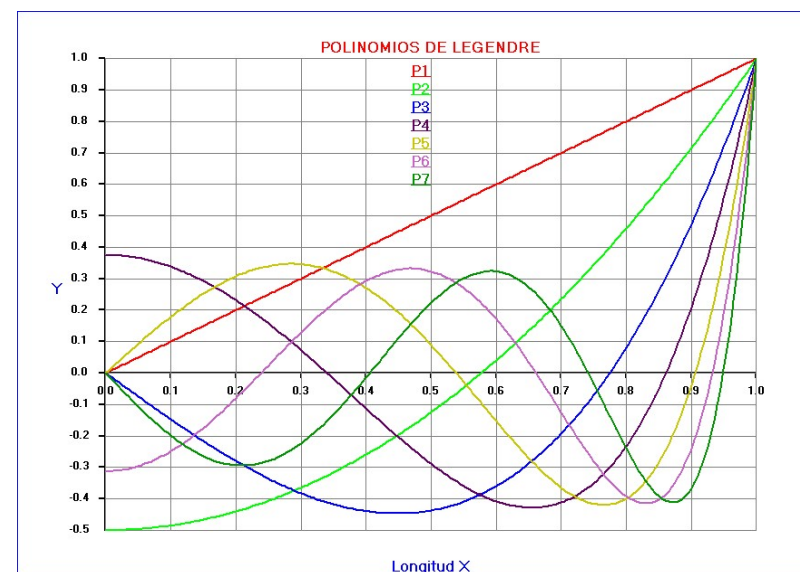
Campo de aplicación: Dibujo de cualquier número de curvas y superficies.

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.



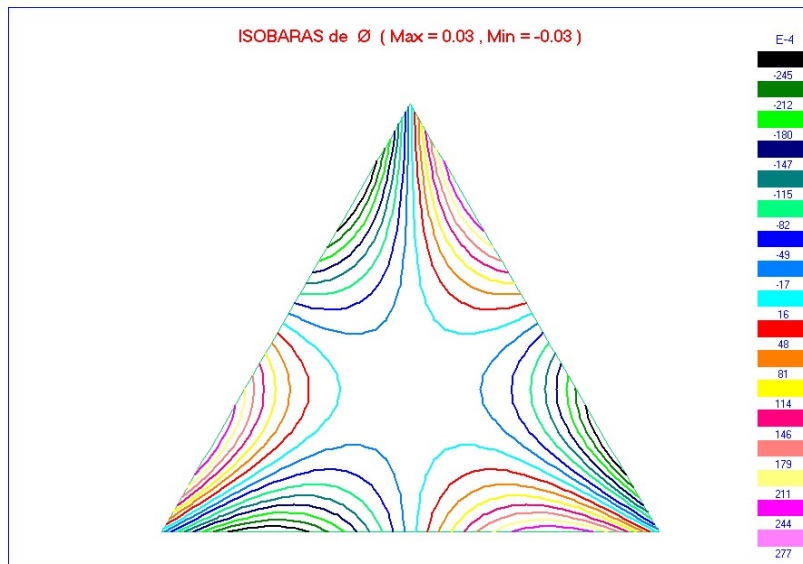
HCAMPOS

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, isothermas, cortes de la función de campo, equipotenciales, líneas de corriente etc.



HELASTIC



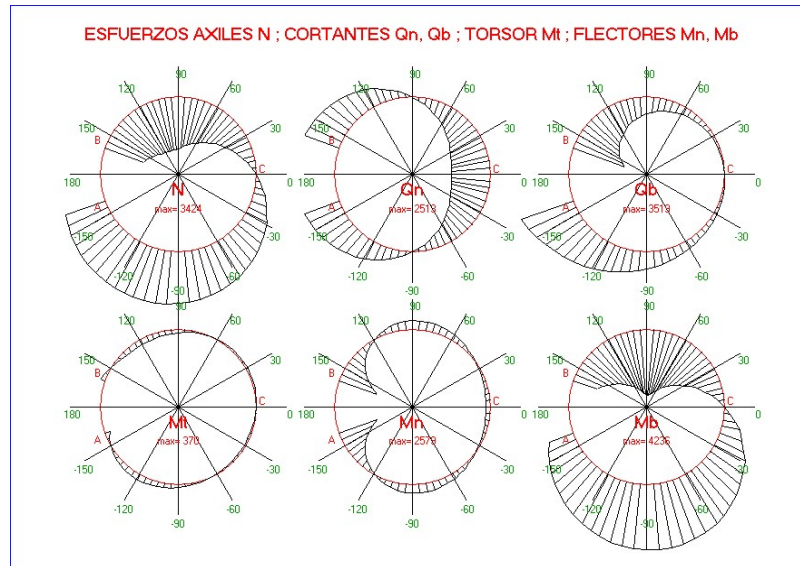
Campo de aplicación: Programa de elementos finitos de alto grado de aplicación a los Medios Continuos elásticos. El alto grado de los elementos permite resolver con gran precisión situaciones con singularidades y fuertes gradientes tensionales.

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.

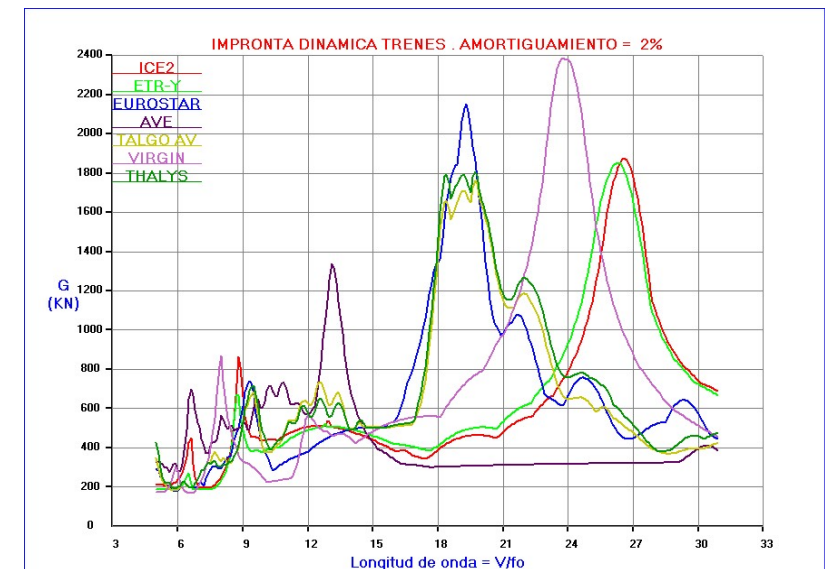
Obtiene esfuerzos, tensiones y deformaciones de resortes helicoidales frente a esfuerzos axiales y torsionales.

IMPRONTA

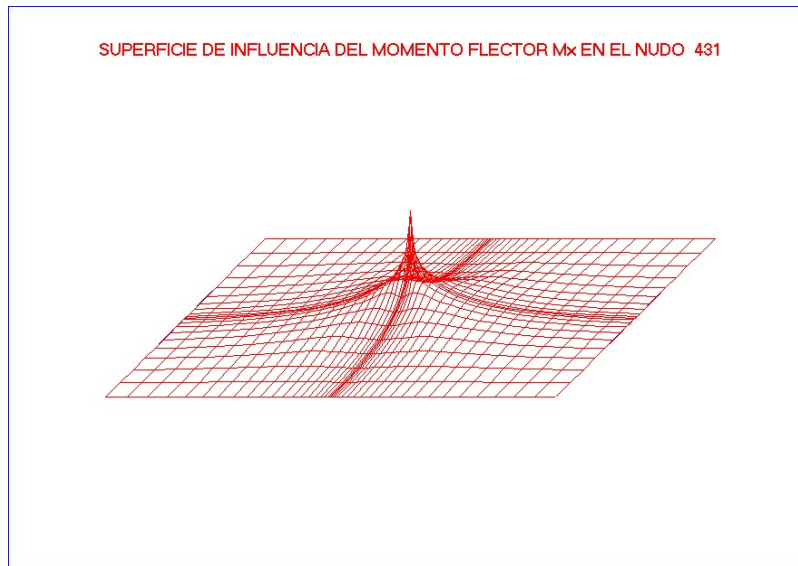
Campo de aplicación: Análisis dinámico simplificado de puentes isostáticos de ferrocarril recorridos por cualquier tren de cargas.

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



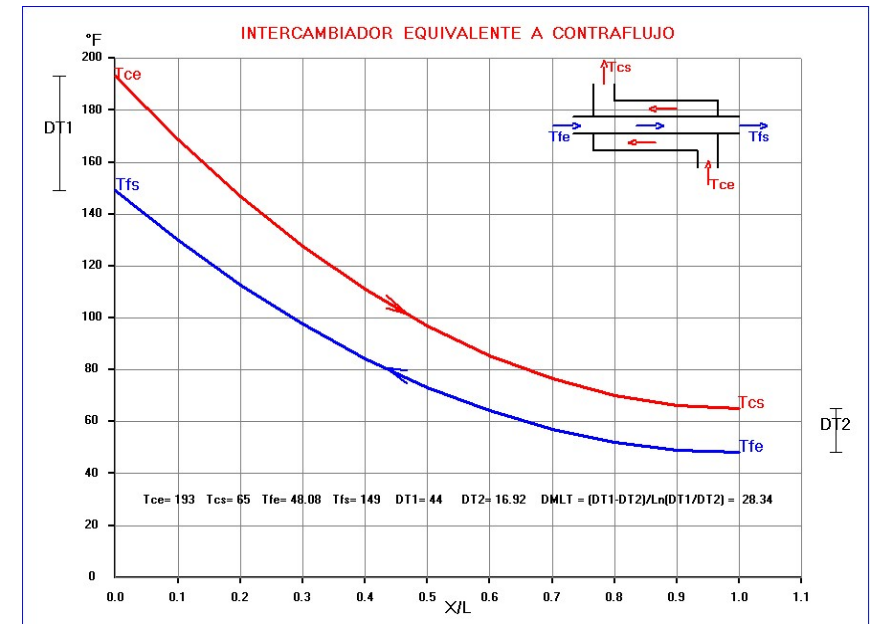
Campo de aplicación : Líneas de Influencia (L I) en estructuras planas de cualquier forma y de nudos rígidos y/o articulados y Superficies de Influencia (SI) de placas a flexión de planta rectangular, esviada o circular, de espesor constante o variable .

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)

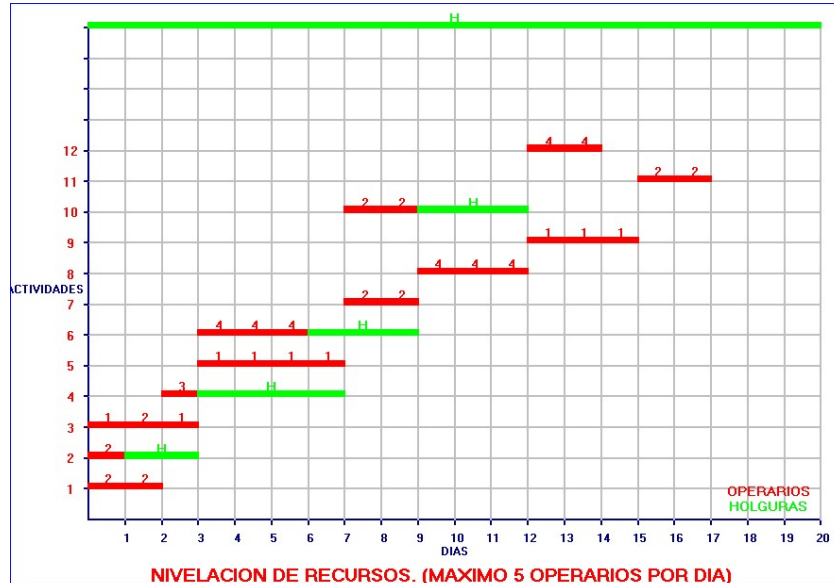
Análisis de redes (Recorridos de coste mínimo, ruta mas corta, flujo máximo, capacidad de redes, arboles genealógicos)
Administración de proyectos (PERT) y camino crítico (CPM).
Teoría de juegos y decisiones. Control de almacenes e inventarios.

Colas y simulaciones . Estadísticas y probabilidades.

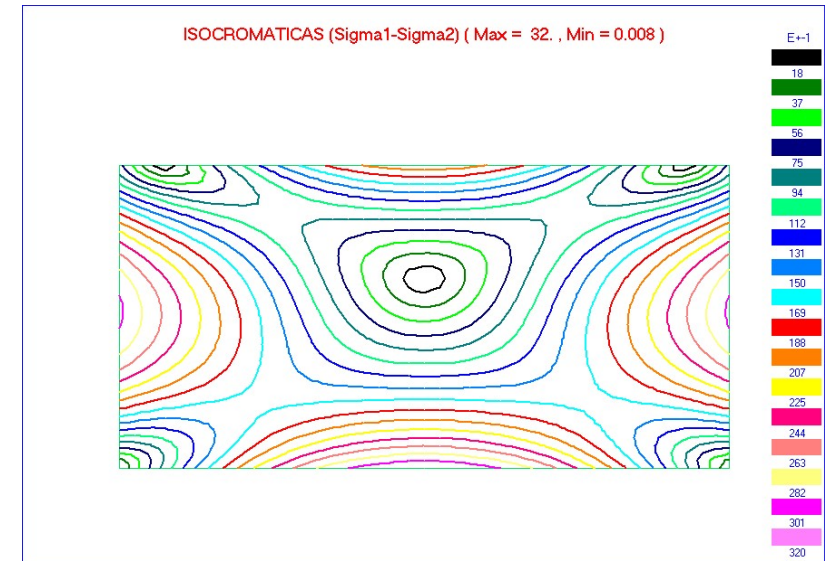
Muestreo, intervalos de confianza, pruebas de hipótesis

Regresión simple y múltiple; Interpolaciones. Series temporales.

Valoración de inversiones, rentas y préstamos.



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, líneas 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.

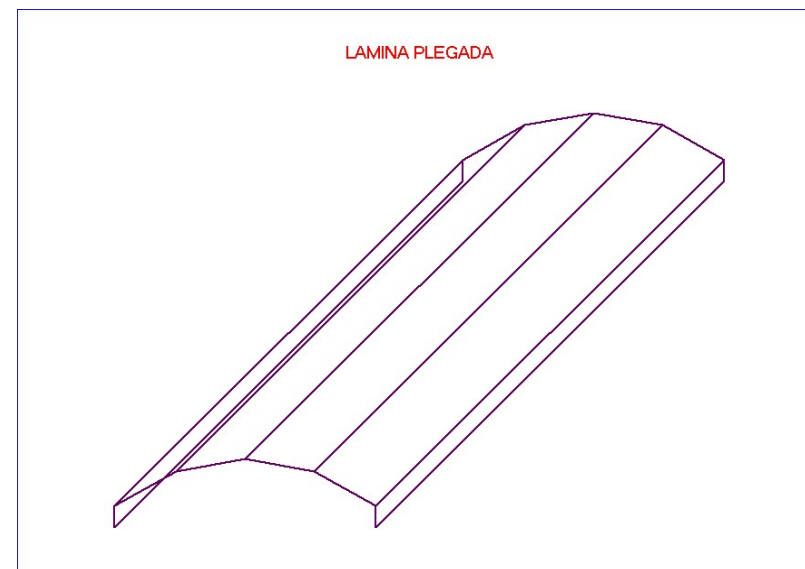
Paraboloides circulares, elípticos e hiperbólicos, de planta rectangular, triangular o circular con diversos tipos de apoyo. Conoides

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.



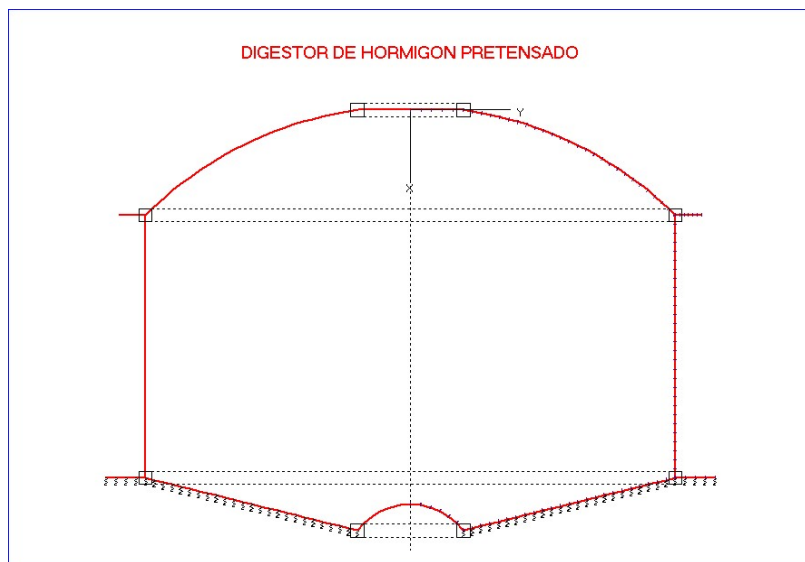
LAMREV

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.

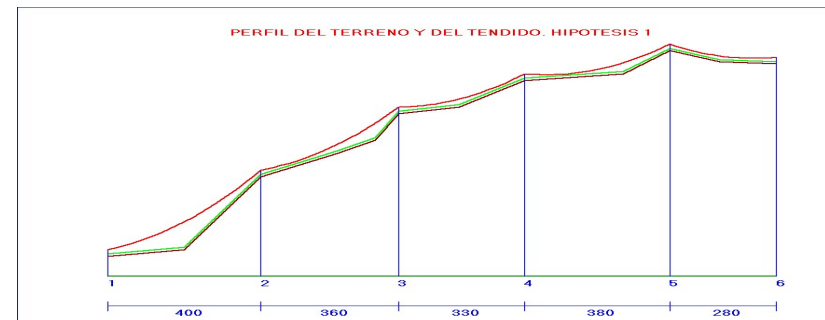
Entrada de datos : Muy simplificada para cada tipología. Dispone de generador de geometrías, mallas y cargas.

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.

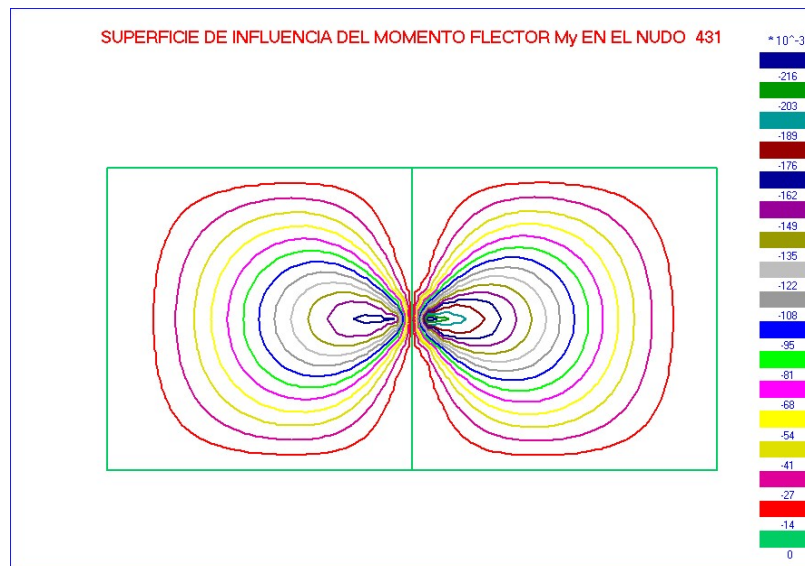
LOSA

Campo de aplicación : Losas a flexión de planta rectangular, esviada o circular con secciones transversales de canto constante o variable con o sin aligeramientos.

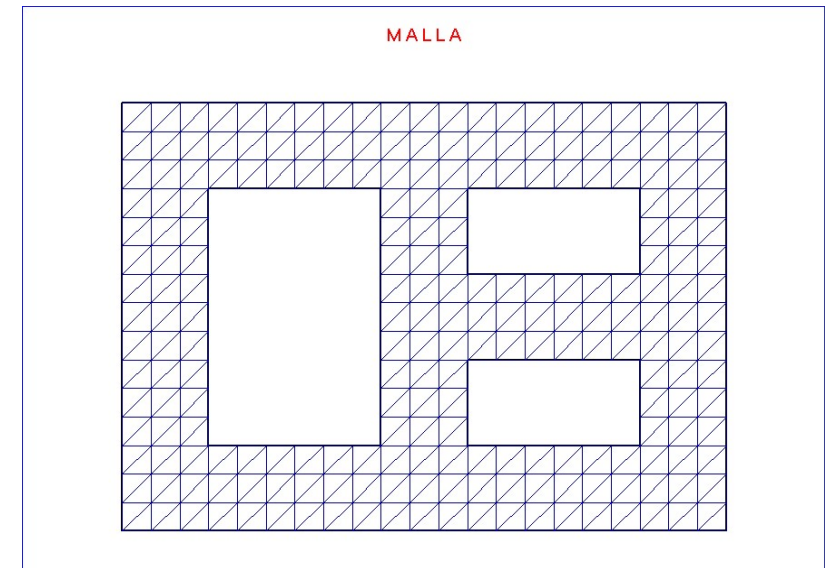
Entrada de datos: Generación automática del mallado, condiciones de apoyo y acciones.

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



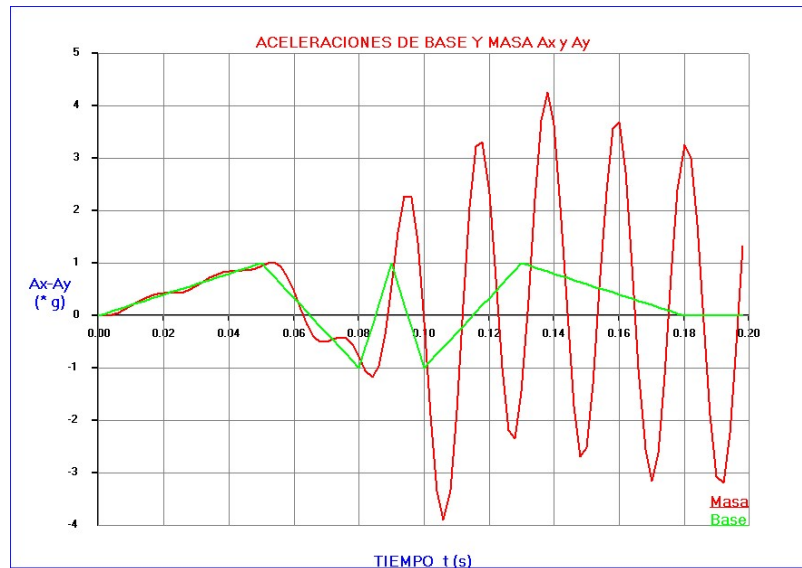
Campo de aplicación : Se extiende a todos los problemas de elasticidad bidimensional tanto de tensión plana como de deformación plana.

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

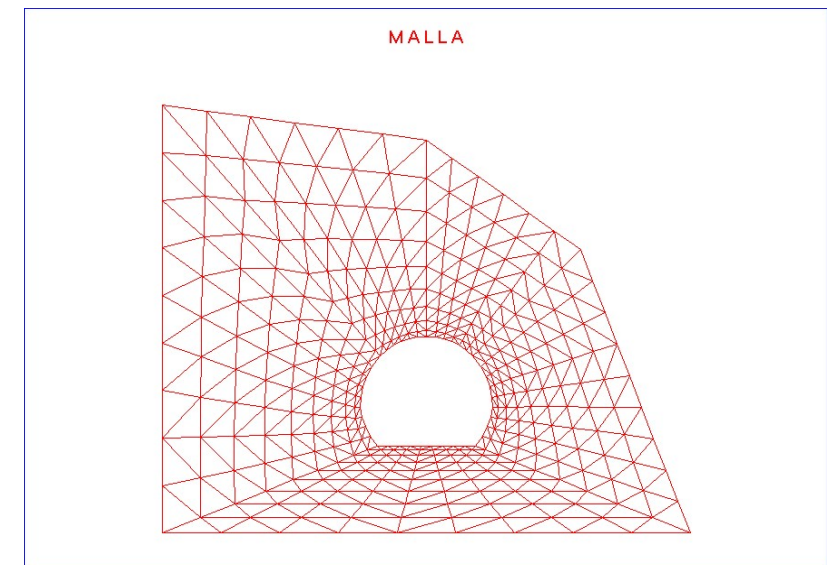
Mallador de elementos finitos.

Ofrece distintas técnicas de generación de nudos y elementos según la geometría del problema: Subdivisión en regiones cuadriláteras, generación de mallas reticulares y generación de mallas triangulares.

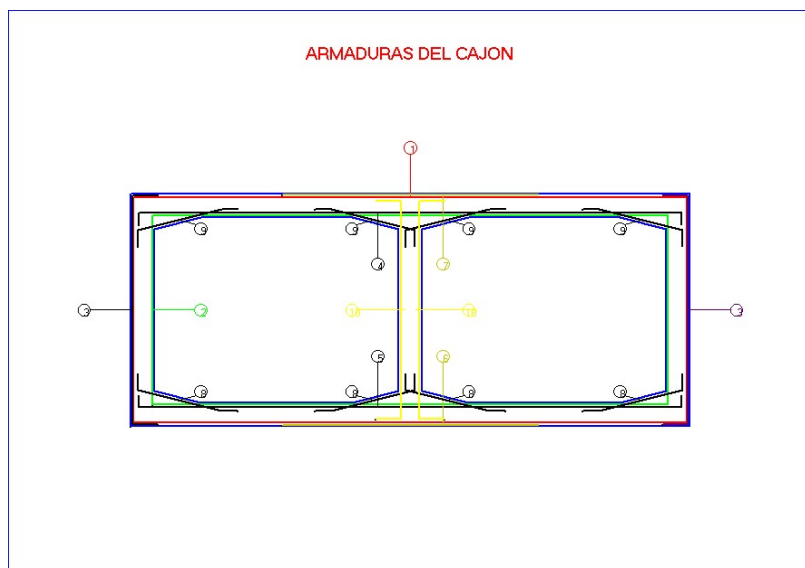
La entrada de datos, se reduce a dibujar el contorno en la pantalla.

Dispone de opciones de regularización de la malla y de numeración óptima (ancho de banda o frente mínimos).

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, distintas 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.

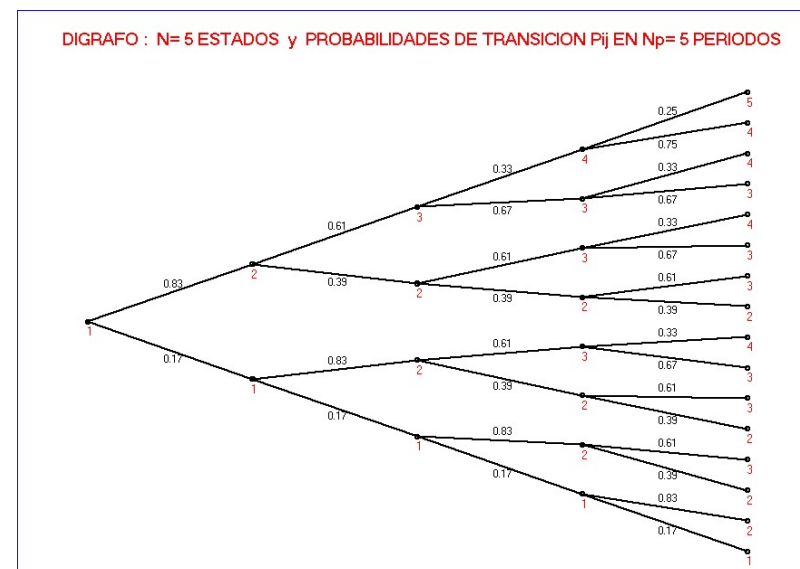
MARKOV

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.



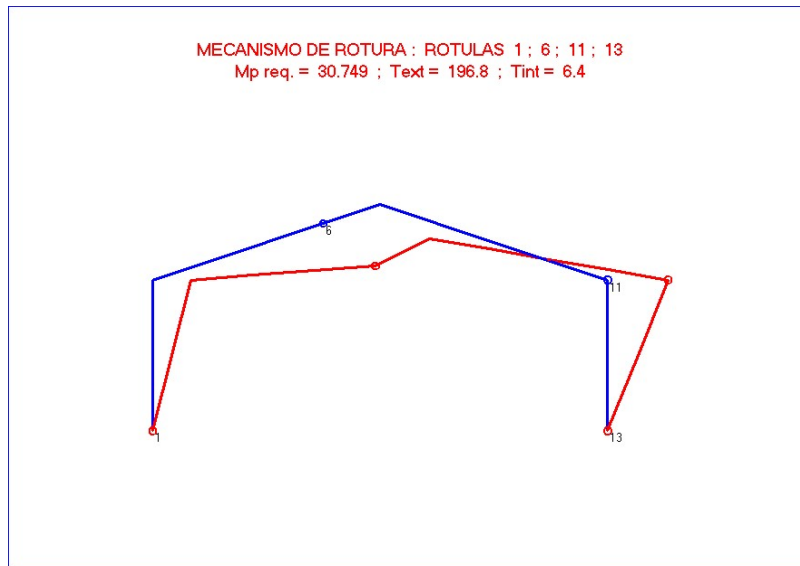
MECANO

Campo de aplicación: Análisis límite o en rotura de vigas, vigas continuas, pórticos y arcos de cualquier forma.

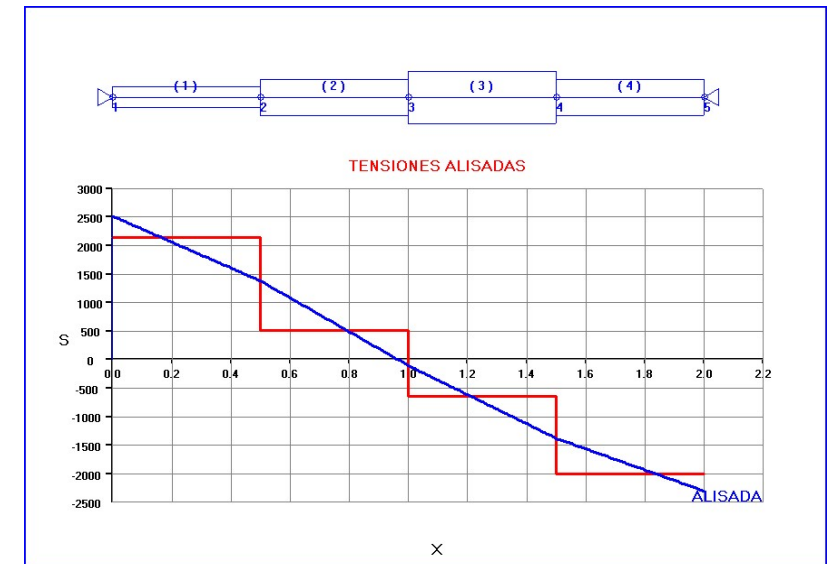
Cálculo: Analiza todos los posibles mecanismos de la estructura, escogiendo el de rotura según los teoremas de máximo y mínimo del cálculo plástico.

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.

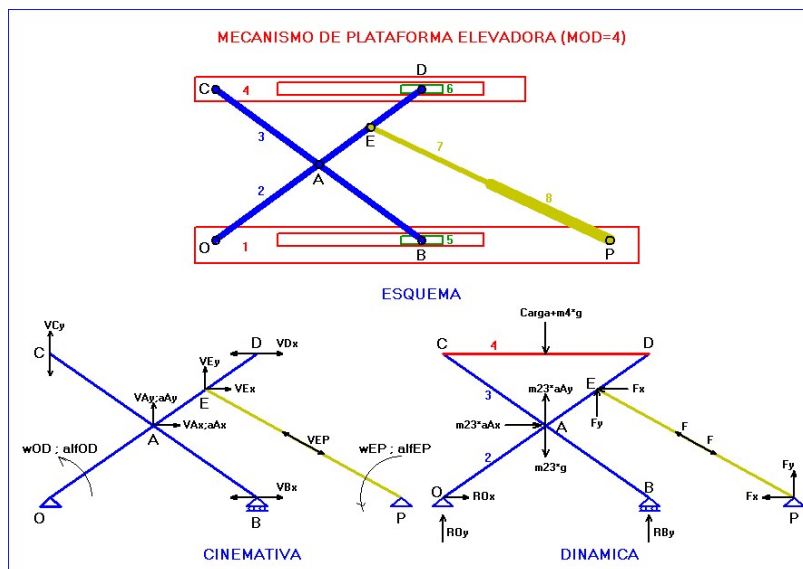
Resultados: Salida numérica exhaustiva con las matrices de rigidez y vectores elementales y globales de cargas, desplazamientos y reacciones; así como las deformaciones, tensiones y esfuerzos axiales de cada elemento. Salida gráfica de todos los resultados anteriores.

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.

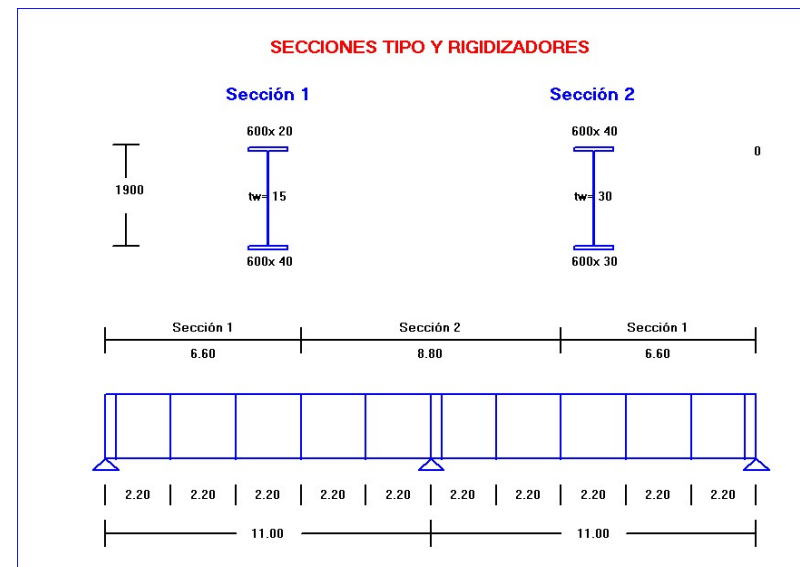


METALICA

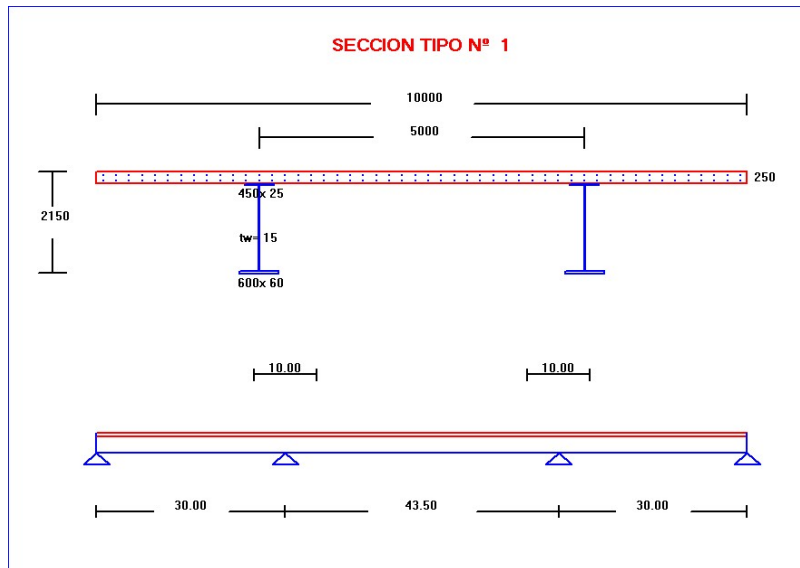
Campo de aplicación : Diseño y comprobación de vigas metálicas continuas según el Código Técnico y el Eurocódigo 3. Las secciones son perfiles laminados o vigas armadas en doble T, secciones bixénicas o en cajón, pudiendo ser de espesor y/o canto variable.

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 bijnacena 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.

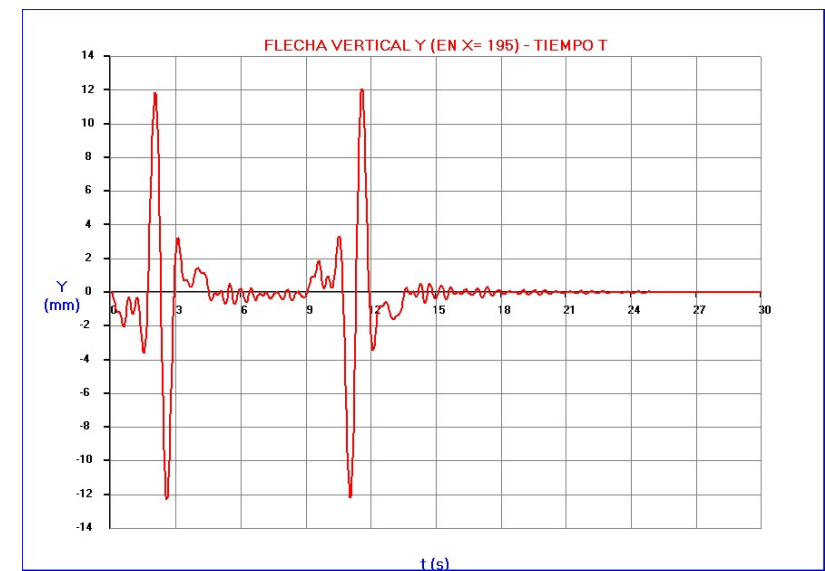
Los vehículos se definen por la posición y carga de cada uno de sus ejes (Dispone de catalogo de vehículos y trenes de carga).

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.



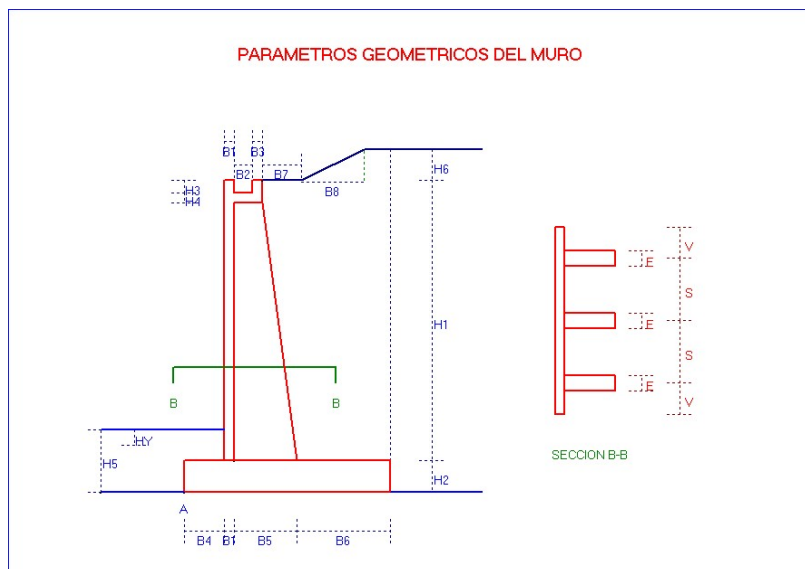
MUROS

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.

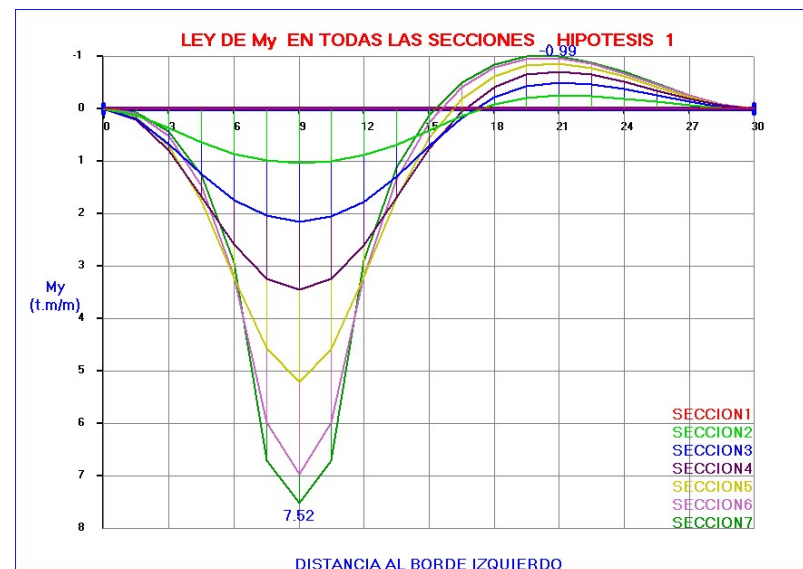
Dependiendo de la tipología, considera parámetros inclinados o quebrados en alzados y zapatas, incluyendo tacones, tirantes, puntales y otros elementos estabilizantes. Considera terrenos granulares y cohesivos definidos por estratos múltiples con nivel freático intermedio. La superficie del terreno puede 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.

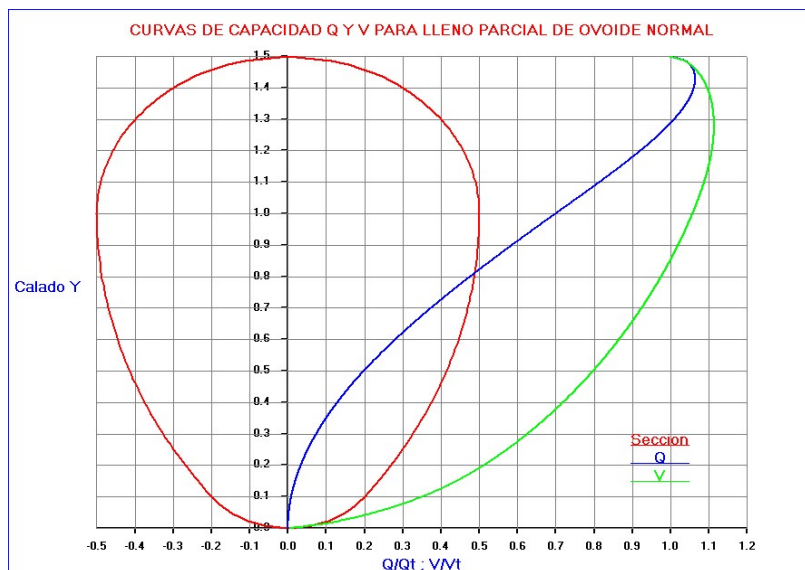
OVOIDE

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)



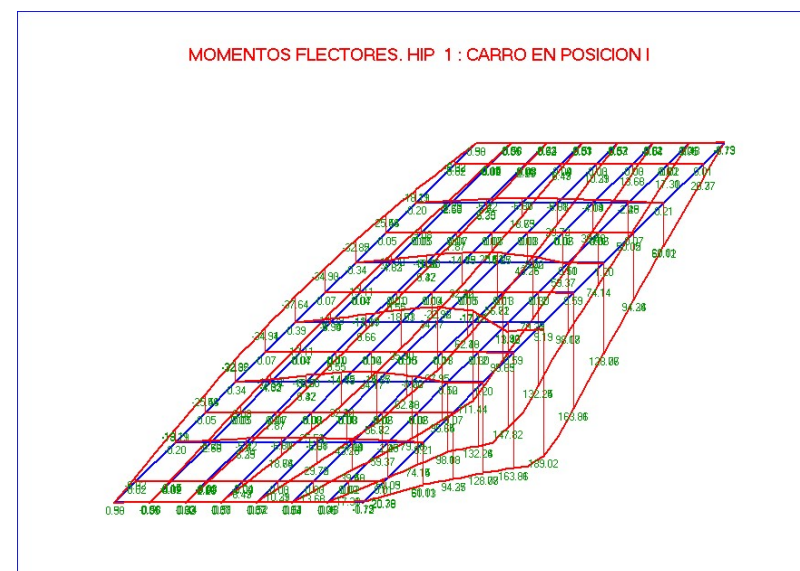
PARRILLA

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.

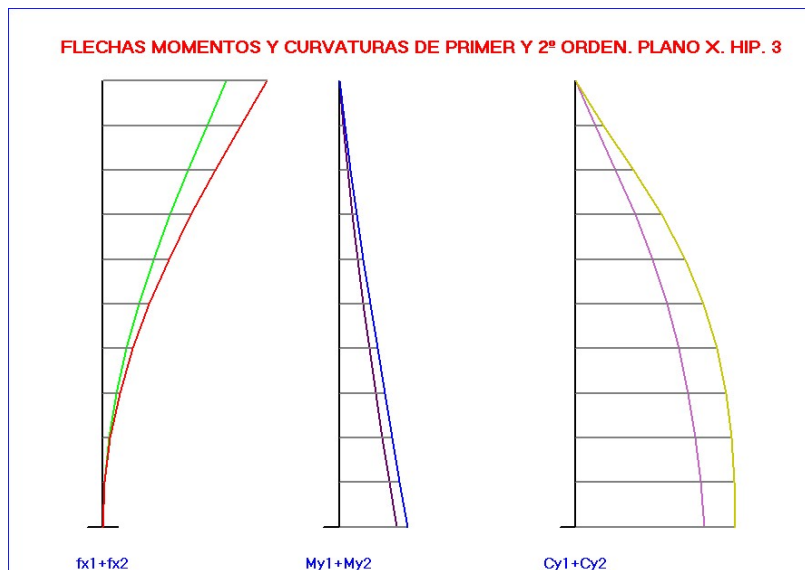
Cálculo: Puede resolver matricialmente hasta 15000 grados de libertad, admitiendo hasta 40 hipótesis de carga simultáneas. Admite todo tipo de cargas y condiciones de apoyo.

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.

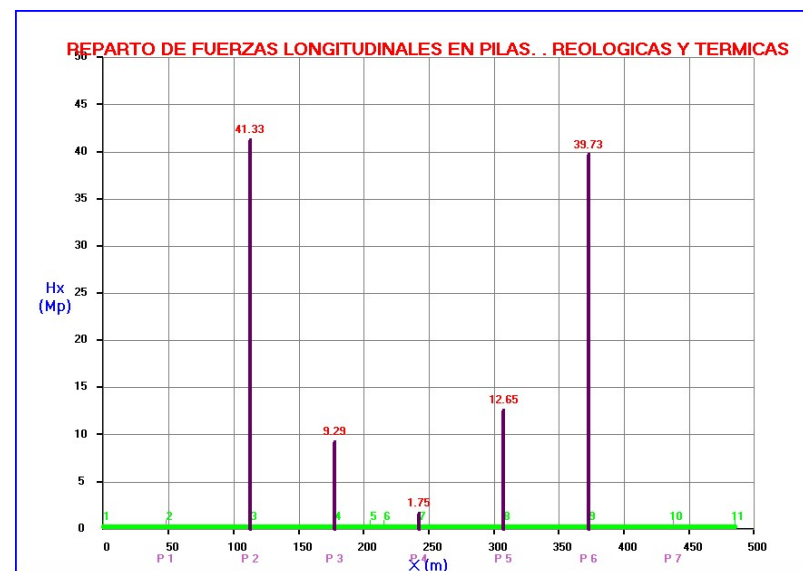
PILATAB

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.

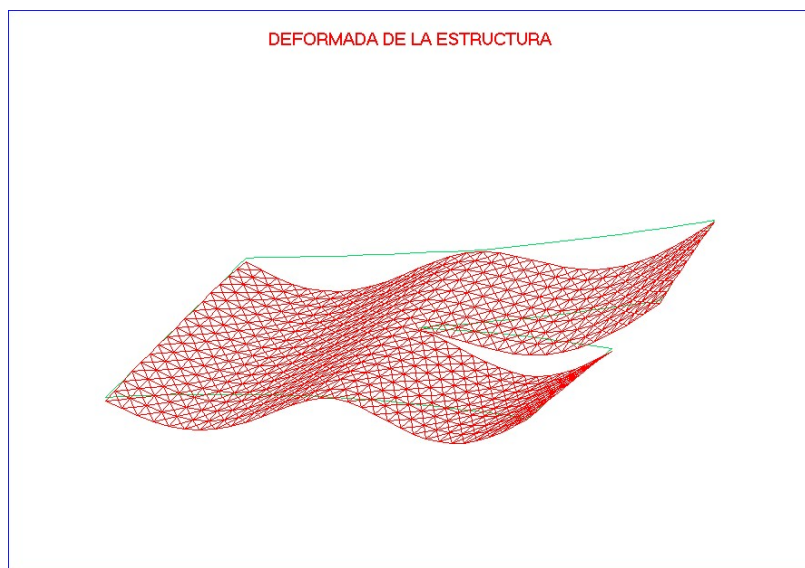
Obtiene también los esfuerzos y deformadas en el tablero debidas a las acciones horizontales, así como el punto fijo en la deformación impuesta.

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.

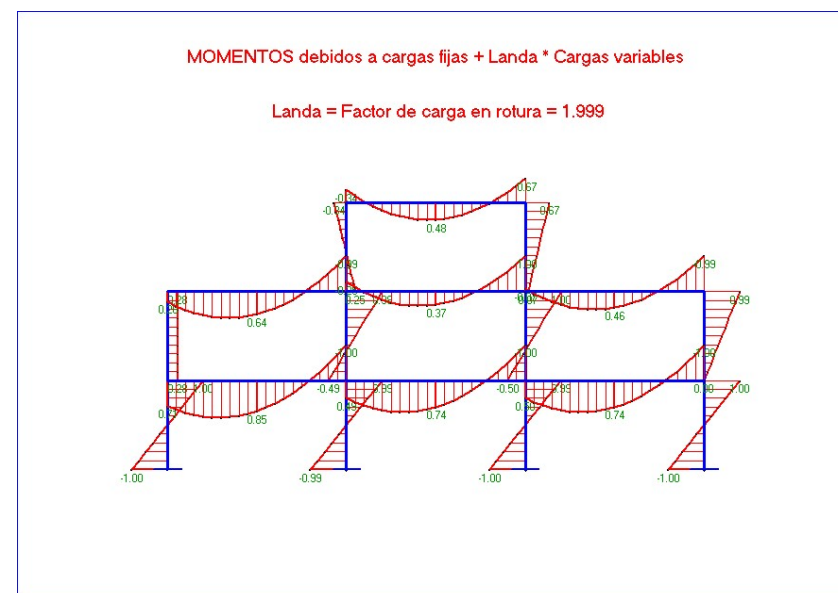
PLASPUSH

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.



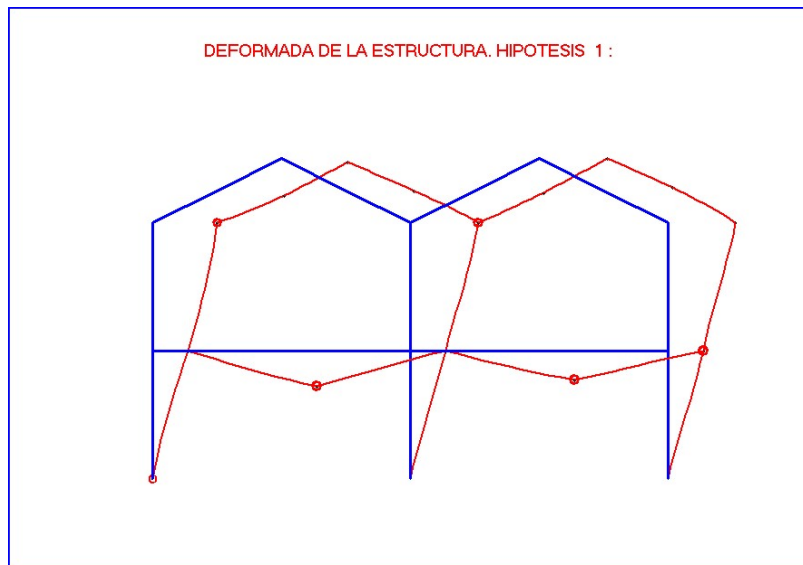
PLASTICO

Campo de aplicación: Realiza el análisis elastoplástico evolutivo hasta la ruina total o parcial de todo tipo de estructuras de barras 2D.

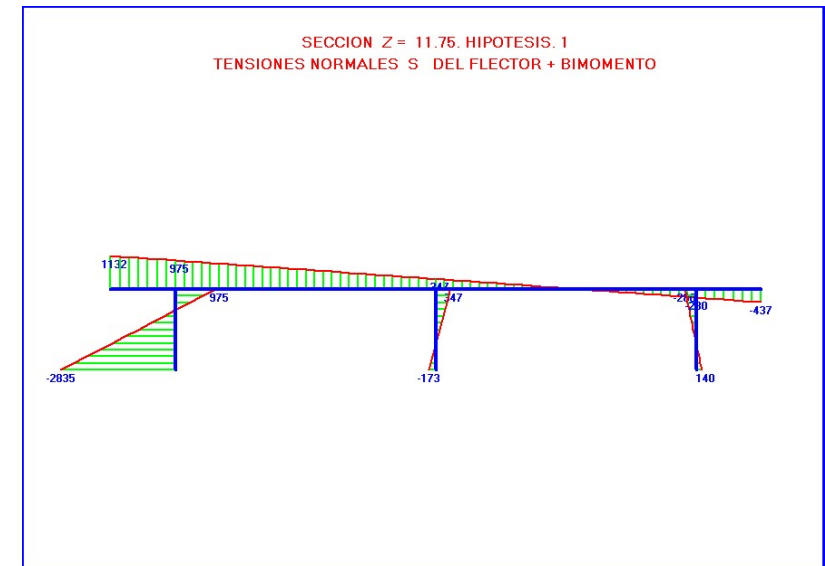
Cálculo: Iterativo de formación de las sucesivas rótulas plásticas, mermando la rigidez global de la estructura, hasta que se alcanza la ruina al convertirse en un mecanismo sin rigidez

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 torsores 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.

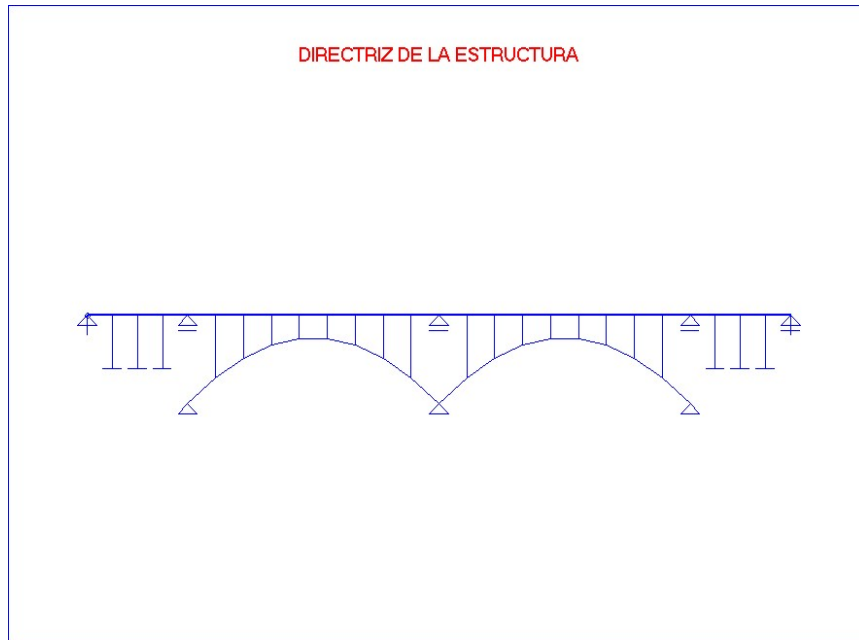
PONTARCO

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 .

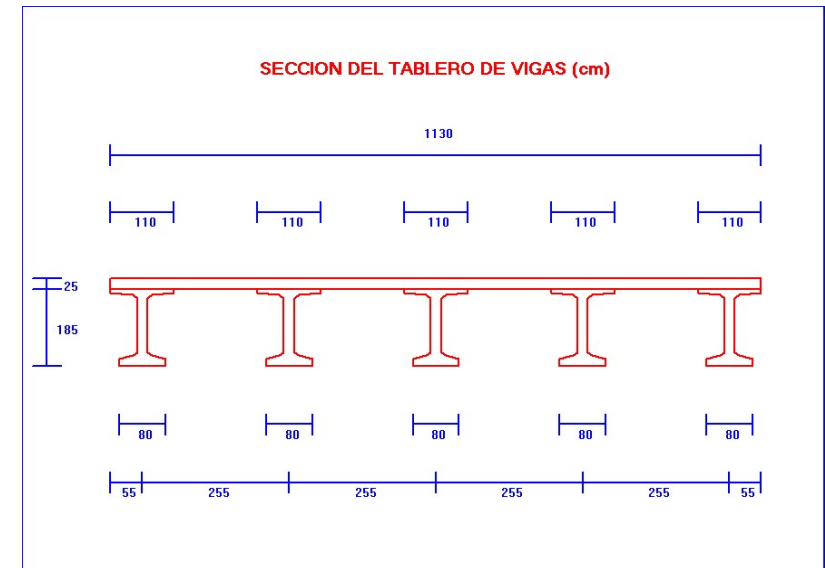
Entrada de datos : Muy sencilla, introduciendo unos pocos parámetros se generan barras, nudos, apoyos y cargas. Permite realizar análisis de rigideces, condiciones de apoyo y otras opciones de manera inmediata, que le hacen muy adecuado para el anteproyecto y el aprendizaje de esta tipología estructural.

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

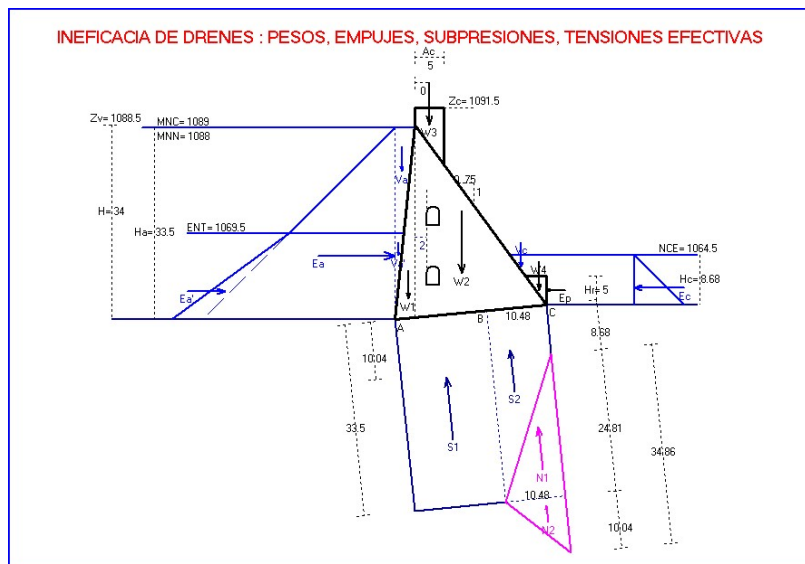
campo de aplicación: Comprobación mecánica de presas de gravedad, analizando su estabilidad y estado tensional. Además de la situación normal, considera situaciones accidentales debidas a la ineficacia de drenes, acción sísmica y avenidas, según hipótesis de la actual Guía de Presas (PRESA) o de la antigua 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.

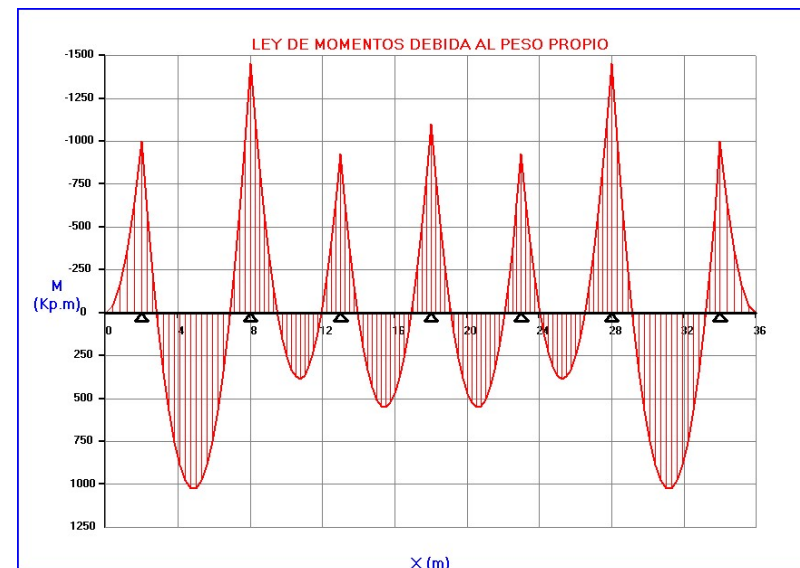
Resultados : Memoria detallada de la comprobación de estabilidad, como si se tratara de un cálculo manual.

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.

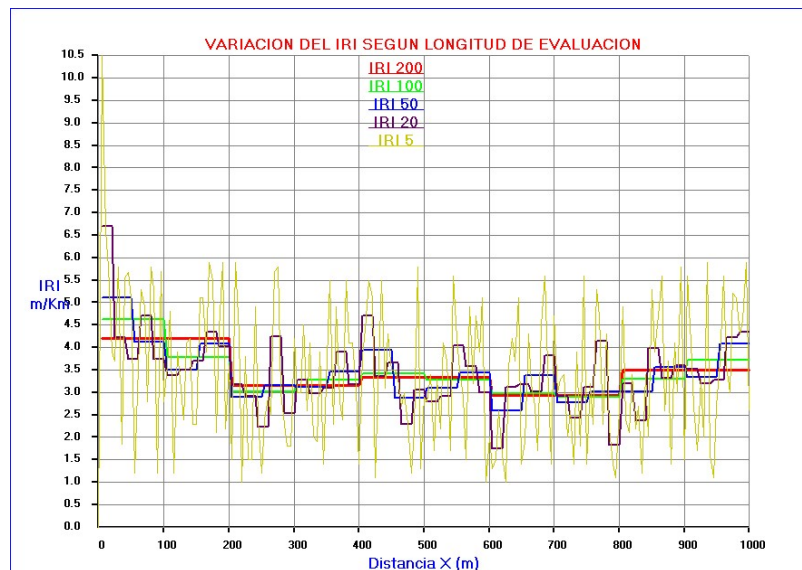
Cálculo: Se realiza conforme al Código Estructural y Eurocódigo EC2.

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



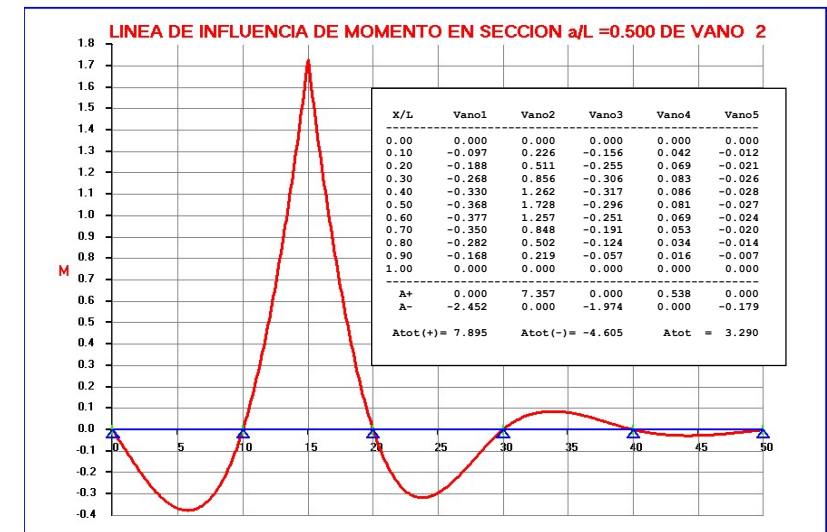
Campo de aplicación: Visualiza y analiza la rugosidad de los perfiles de pavimentos de carreteras y autopistas, obteniendo índices para su valoración.

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 diinámicas 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.

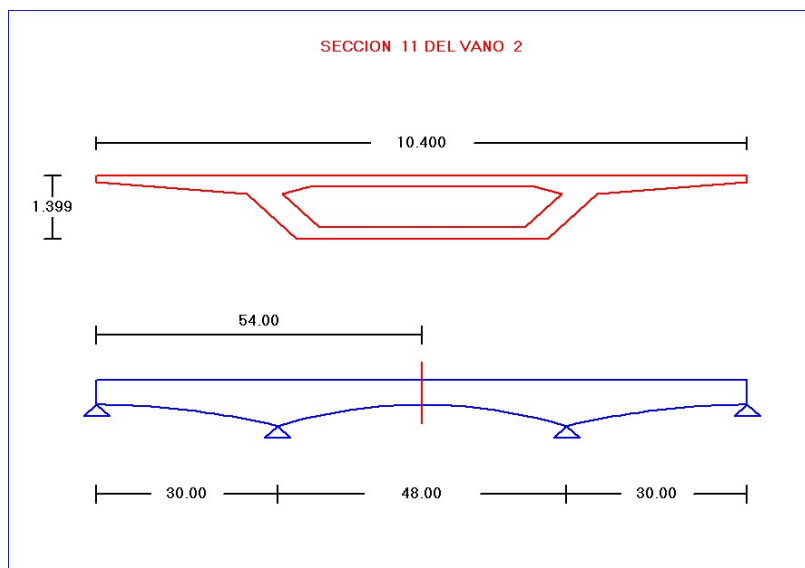
PUENTE

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.

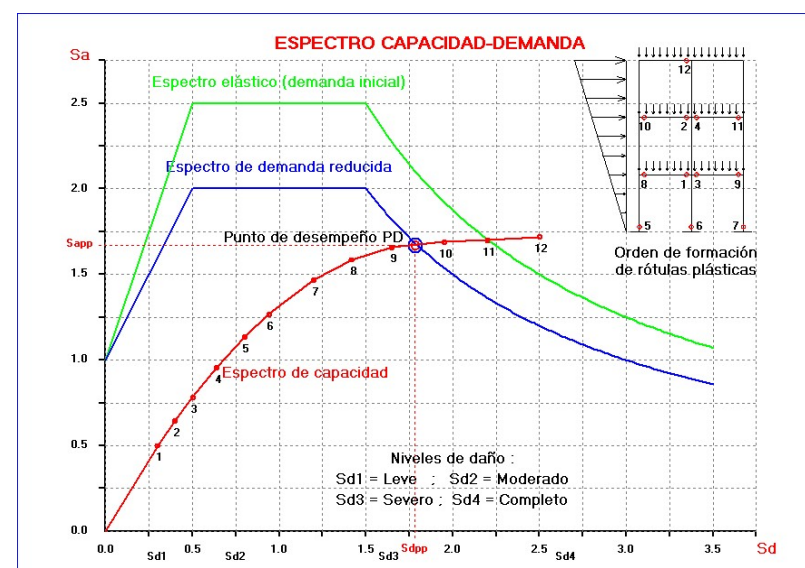
Cálculo : En primer lugar obtiene la Curva de Capacidad (V-D) de la estructura frente a acciones laterales. Se obtiene de un análisis estático no lineal, partiendo de las cargas gravitatorias y sucesivos incrementos de acciones laterales que van produciendo sucesivas rótulas plásticas hasta alcanzar 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.

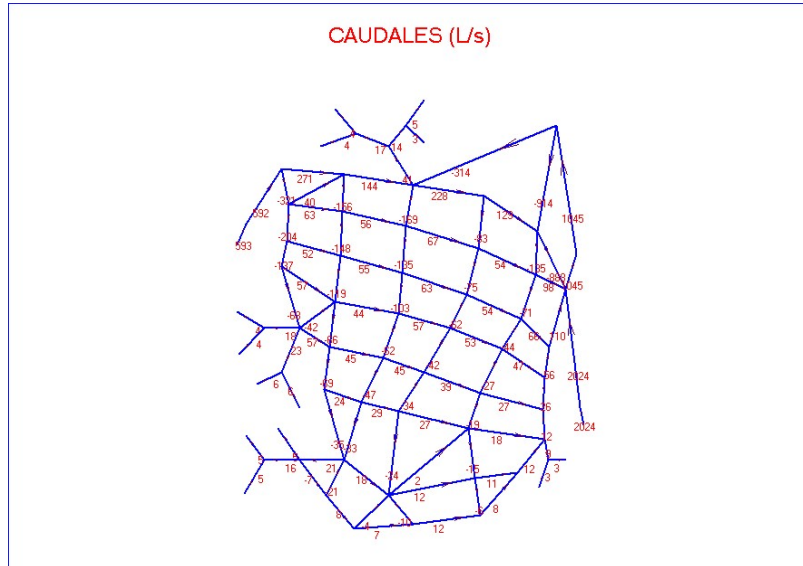
A continuación obtiene el Espectro de Demanda del sismo, por reducción inelástica del espectro de respuesta (Normas NCS2 y NCSP07).

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

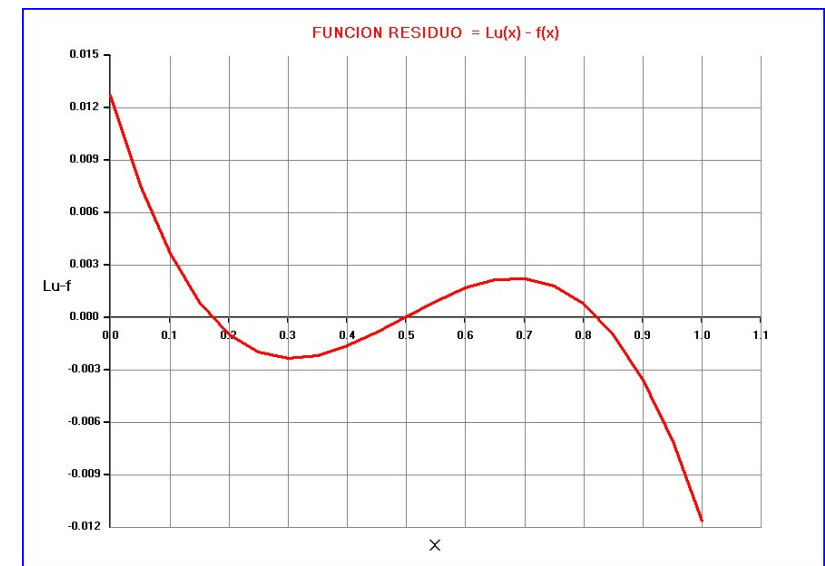
Campo de aplicación académico : Métodos numéricos de integración de ecuaciones diferenciales en la Mecánica de los Medios Continuos

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.

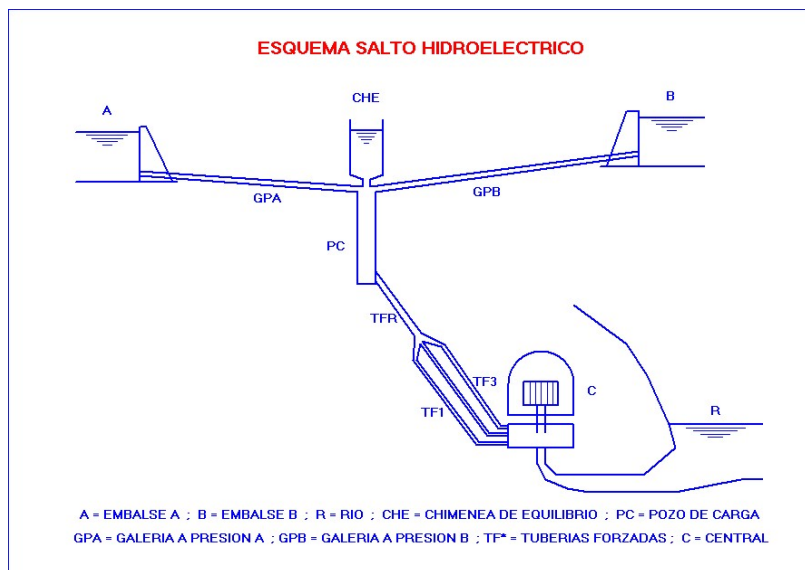
Dependiendo de las condiciones de contorno naturales y esenciales, se puede obtener la solución generalizada o la solución débil del problema.

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-pretenso y mixtas.

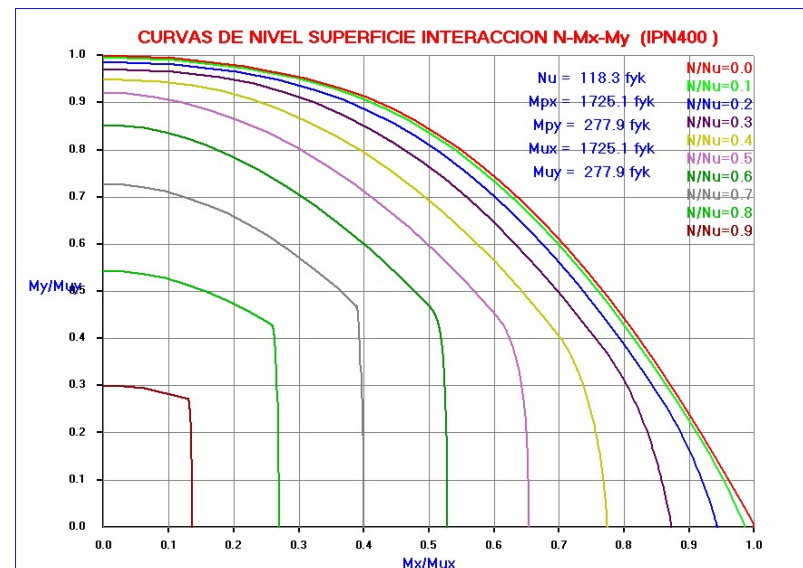
Considera secciones macizas de cualquier forma con o sin aligeramientos, secciones de paredes delgadas, abiertas o cerradas (uni o multicelulares).

Entrada de datos: Paramétrica o dibujando directamente la sección en la pantalla.

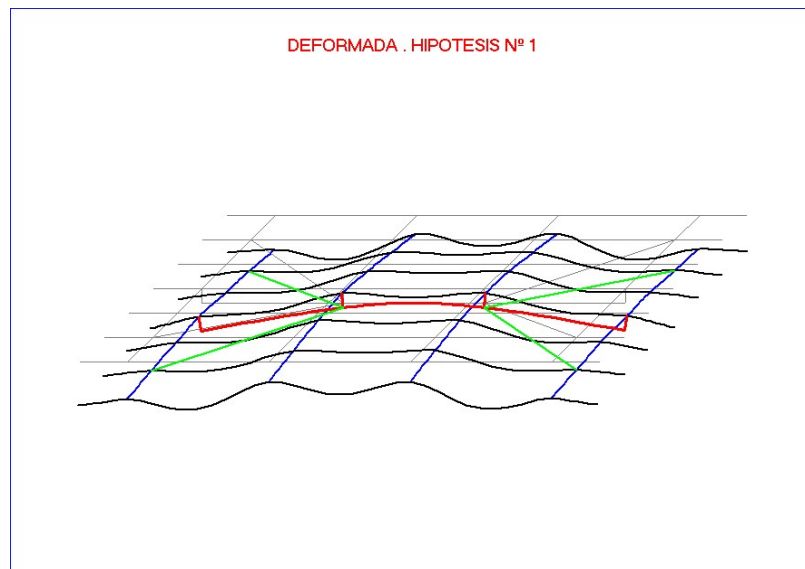
Cálculo: Obtiene las características geométricas y mecánicas de la sección: área, c.d.g, momentos estáticos y de inercia, ejes y momentos principales de inercia, áreas reducidas de cortante, núcleo central, momentos resistentes, módulo plástico, módulo de torsión y de alabeo y centro de esfuerzos cortantes.

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, flexores 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 emparillados 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.

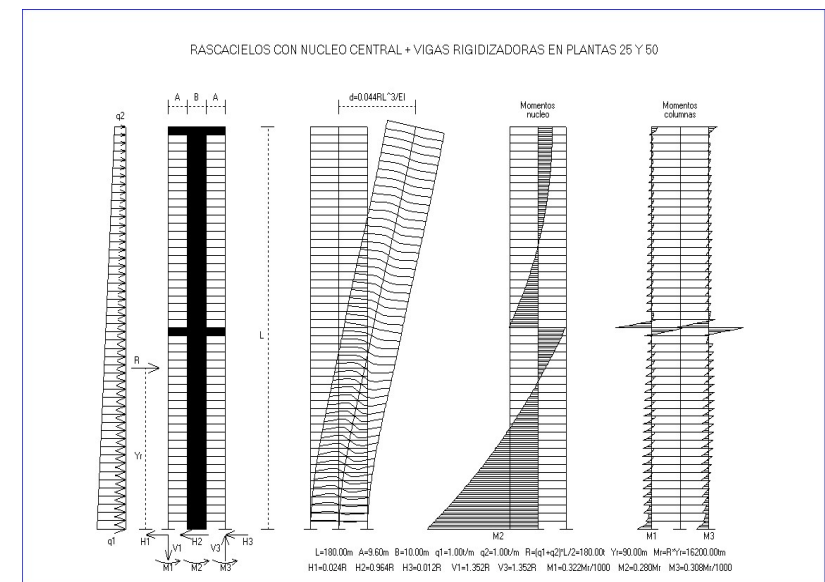
SHEARWALL

Campo de aplicación : Edificios a base de muros + marcos y rascacielos a base de núcleos + vigas rigidizantes. También útil en tableros de puentes.

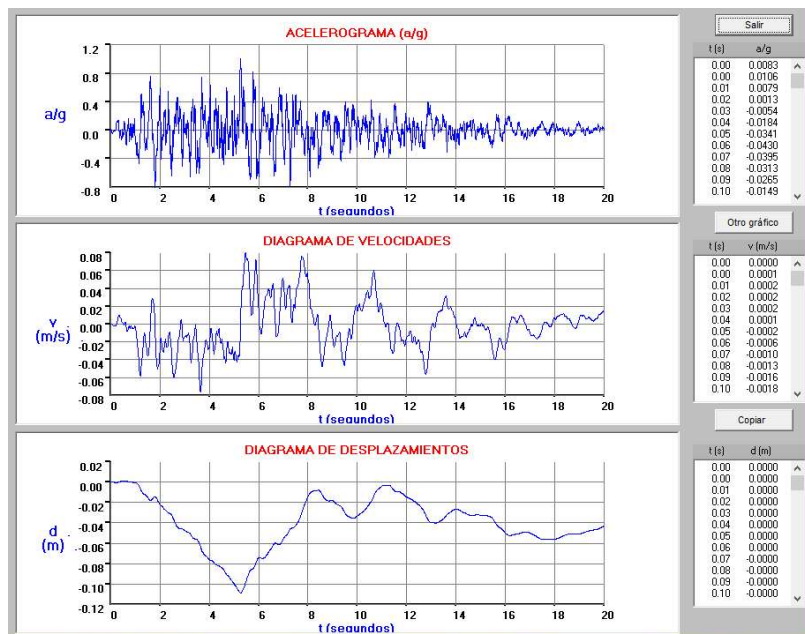
Cálculo : Se pueden elegir los siguientes modelos de cálculo :

- 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 núcleo 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.

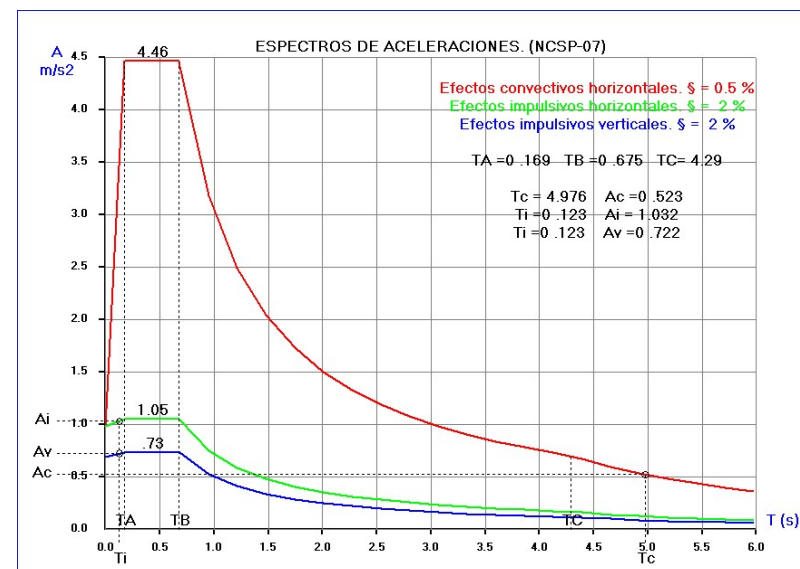
Resultados: Obtiene todos los resultados calculados en forma de tablas. Dada la abultada salida numérica, dispone de potentes rutinas gráficas que visualizan los resultados anteriores.

SISMODEP

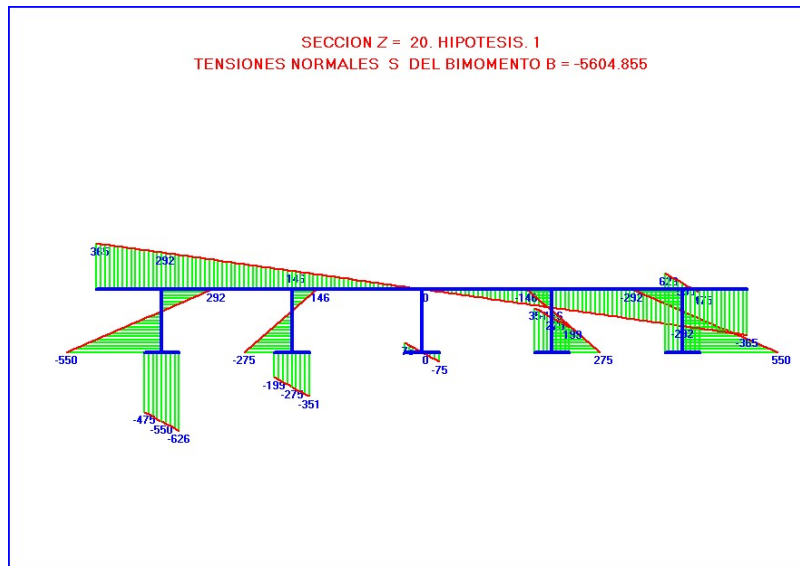
Campo de aplicación : Análisis sísmico de depósitos circulares, rectangulares y de cualquier forma, elevados o apoyados en el terreno, según normas sismorresistentes NCSE-02, NCSP-07, Eurocode-8, ACI-350 y otras.

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 características 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.

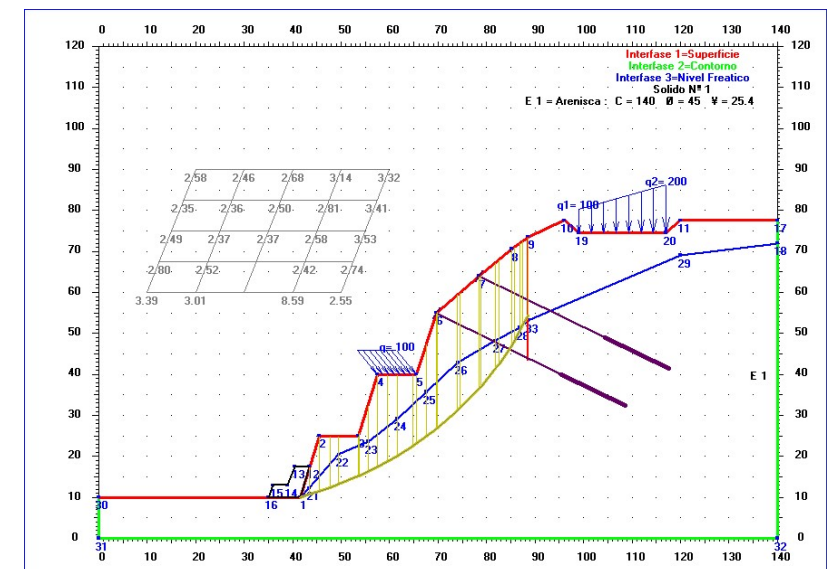
Se obtienen también los esfuerzos que absorben cada una de las vigas.

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.



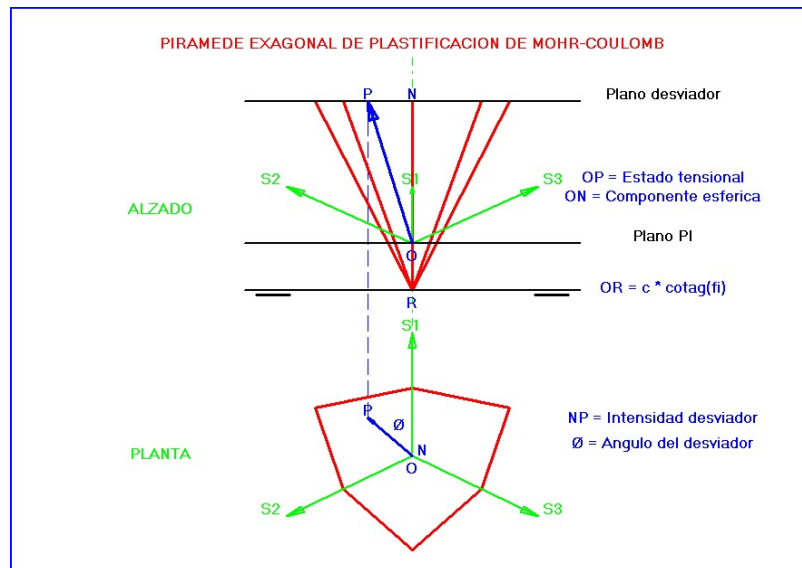
TENSION

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.



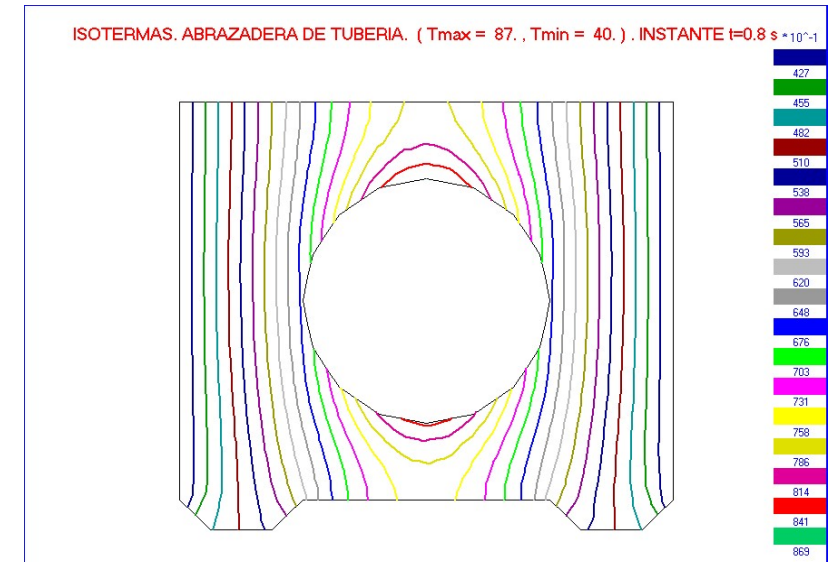
TERMICO

Campo de aplicación: Transmisión del calor por conducción y convección en dominios de 1, 2 y 3 dimensiones, tanto para estados estacionarios como transitorios.

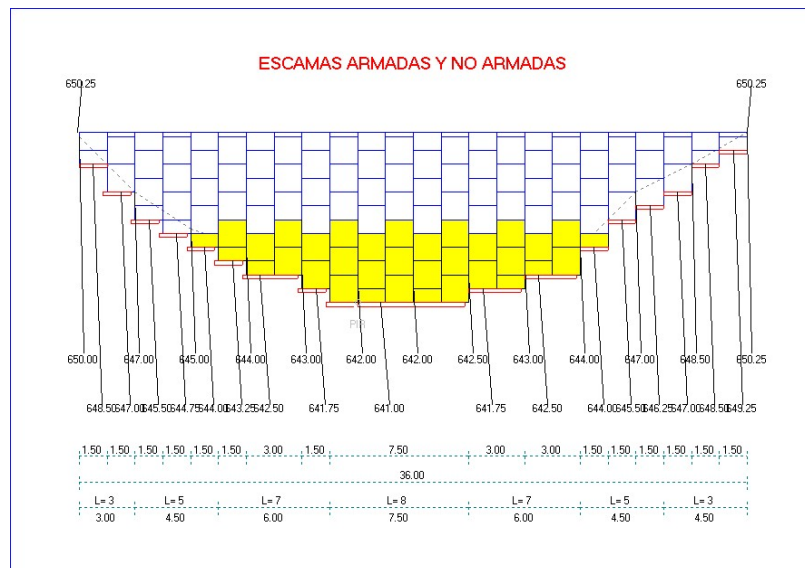
Cálculo: Considera variadas herramientas de cálculo : Integración exacta de la ecuación diferencial del problema, Método de los elementos finitos, Diferencias finitas, Técnicas de bloques, etc.

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.

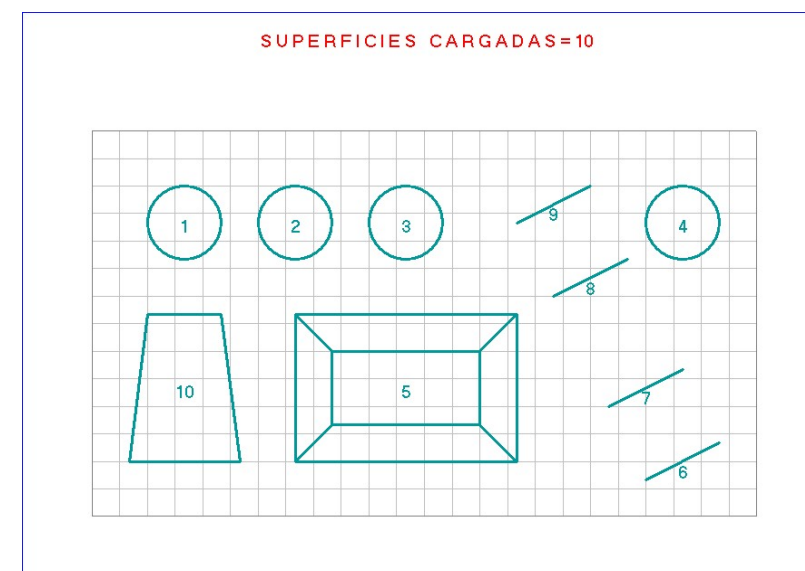
TERRENO

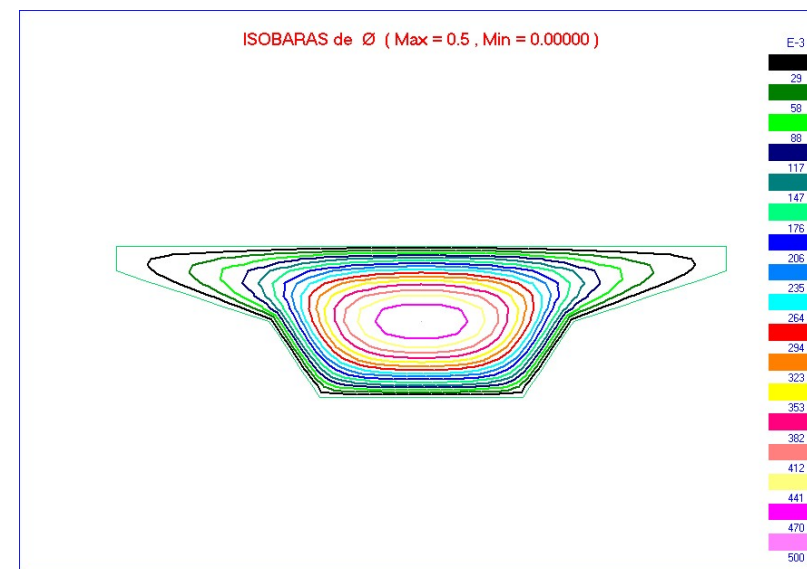
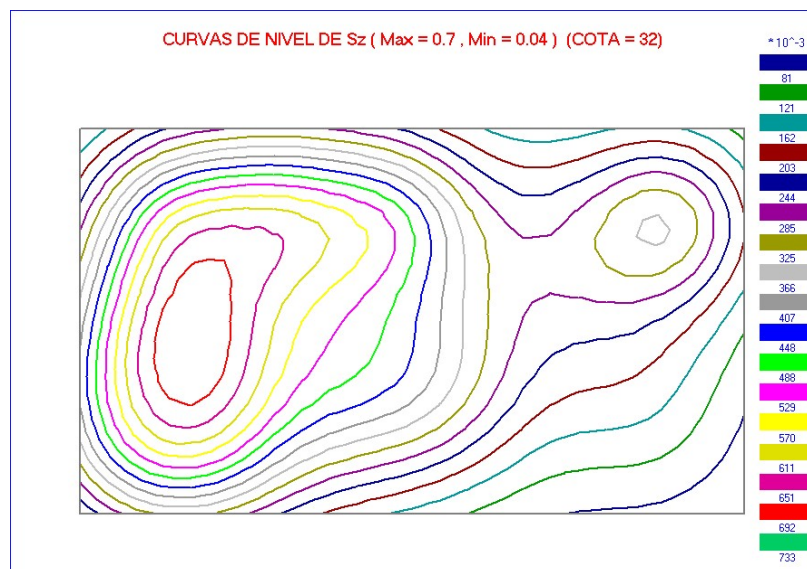
Campo de aplicación: Obtención de tensiones y desplazamientos en terrenos debidos a cualquier distribución de cargas superficiales.

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 gráfica 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.

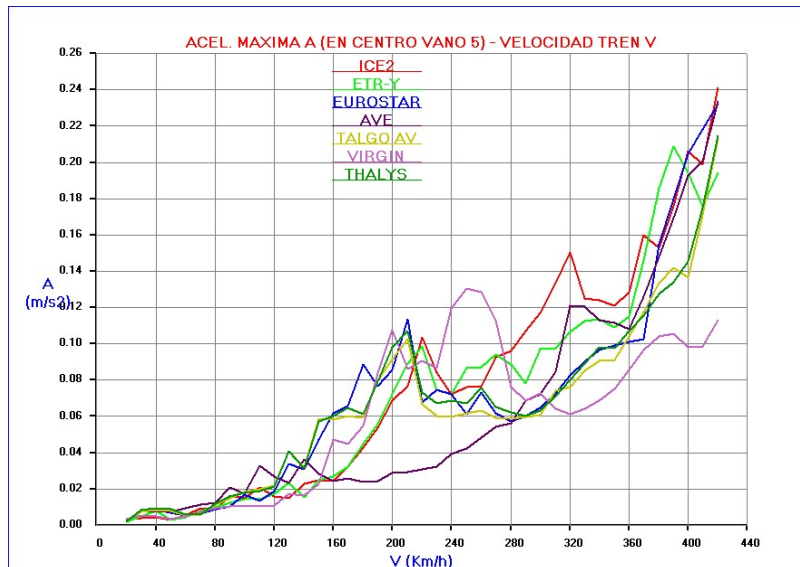
Los trenes se generan a partir de la IAPF-07, o bien se definen por la carga y posición de cada uno de sus ejes.

Opciones : a) Envolvente a lo largo del puente de desplazamientos, aceleraciones y esfuerzos al paso de cualquier tren.

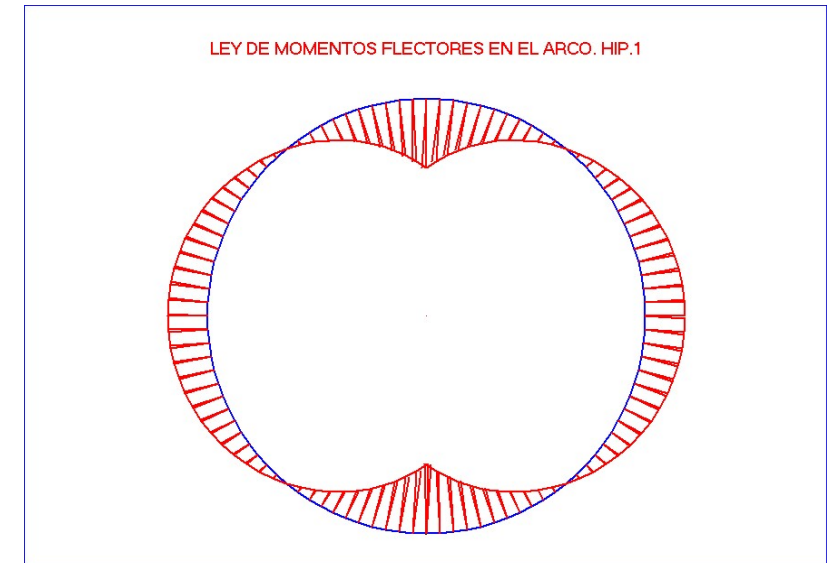
b) Historia de desplazamientos, velocidades y aceleraciones en las secciones elegidas por el usuario.

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.

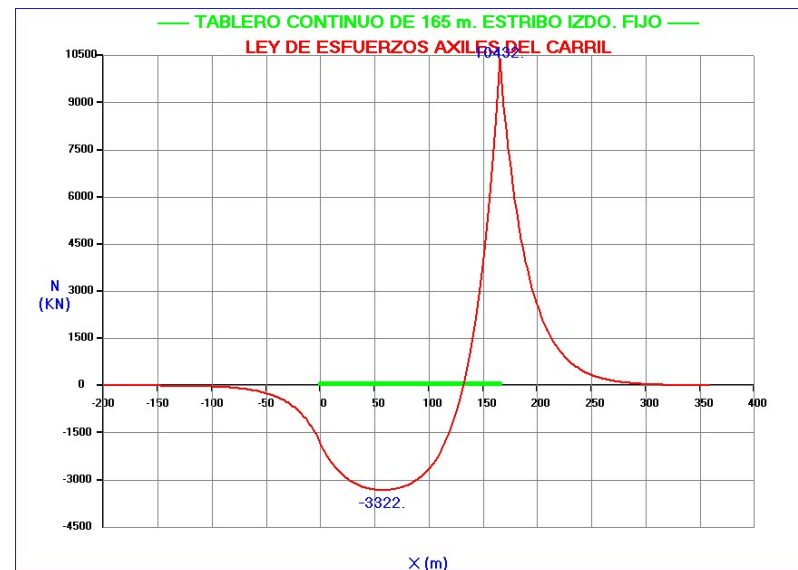
Modelo de cálculo: Basado en la instrucción IAPF-07 y contrastado con los ejemplos de la ficha UIC-774, está formado por un conjunto de barras para simular cada una de las vías del tablero y por un conjunto de muelles de comportamiento no lineal para simular la interacción entre la vía y el tablero o 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.

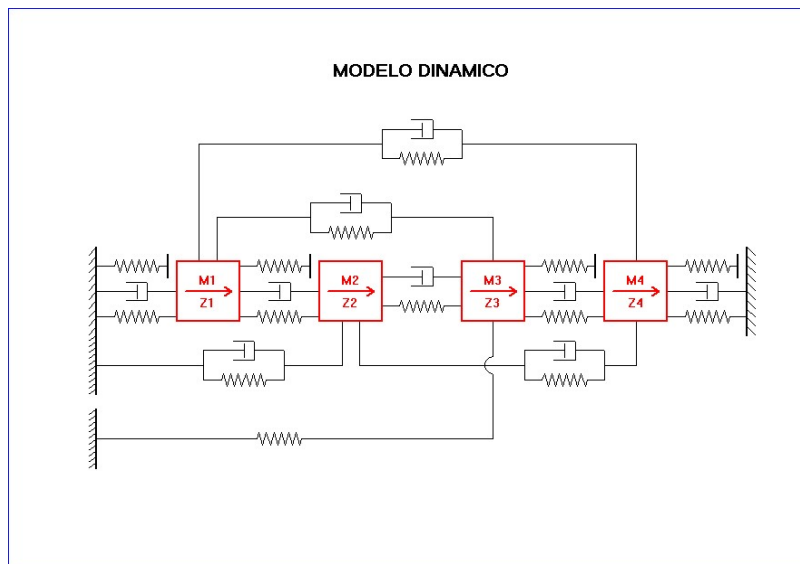
VIBRA

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.

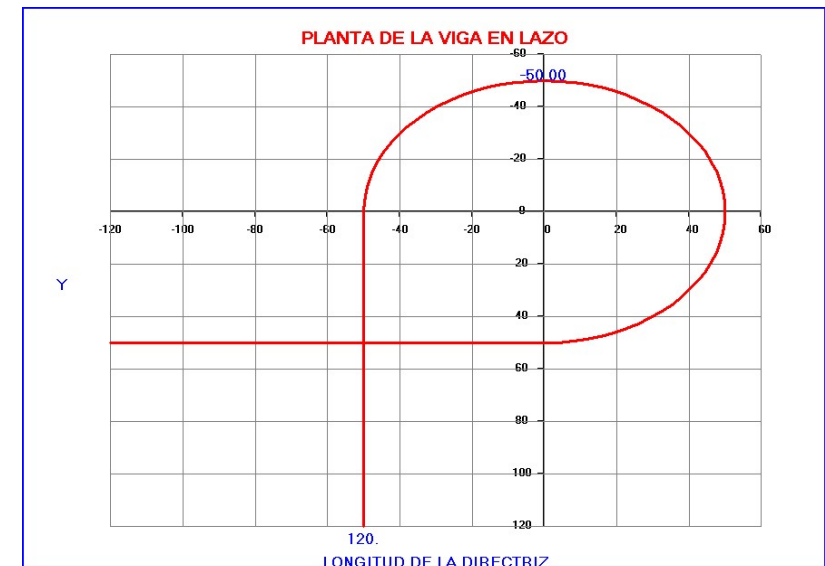
Método de cálculo: Cálcula los modos y frecuencias naturales de vibración del sistema y utiliza métodos de superposición modal para los sistemas lineales y de integración directa para los no lineales.

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

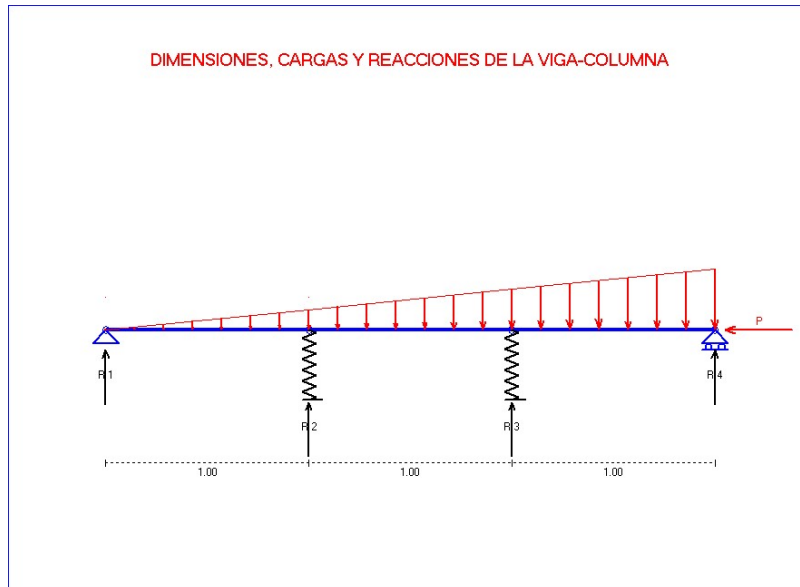
Campo de aplicación : Vigas-Columna frente a la acción acoplada de fuerzas axiales compresoras y/o fuerzas transversales concentradas y/o repartidas. Considera tanto vigas simples como continuas con distintos tipos de apoyos. Sección constante o variable. Material elástico o elástoplástico. Obtiene los 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 :

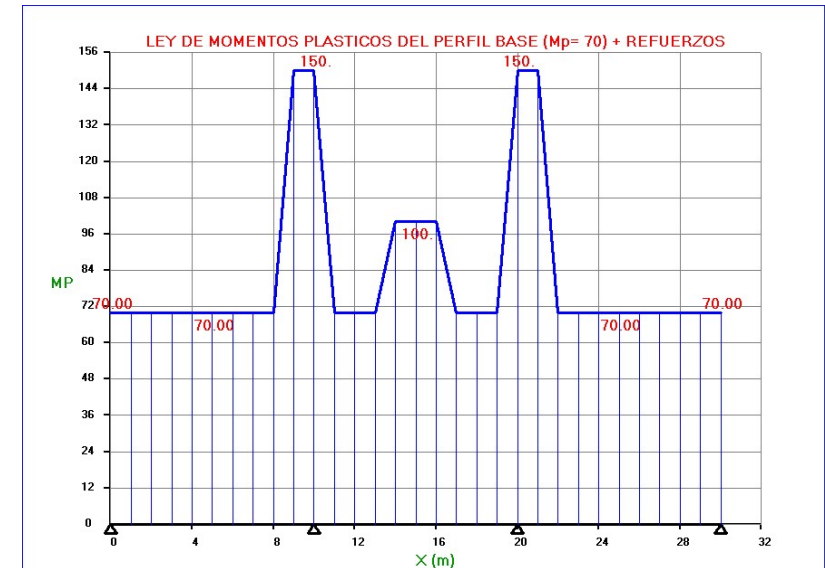
Utiliza distintos modelos de cálculo, que van desde la resolución exacta de las ecuaciones diferenciales, hasta modelos iterativos tipo MEF, utilizando conceptos como "funciones de estabilidad", "matriz geométrica", "seudocargas equivalentes al efecto P-delta", etc.

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 M_p 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

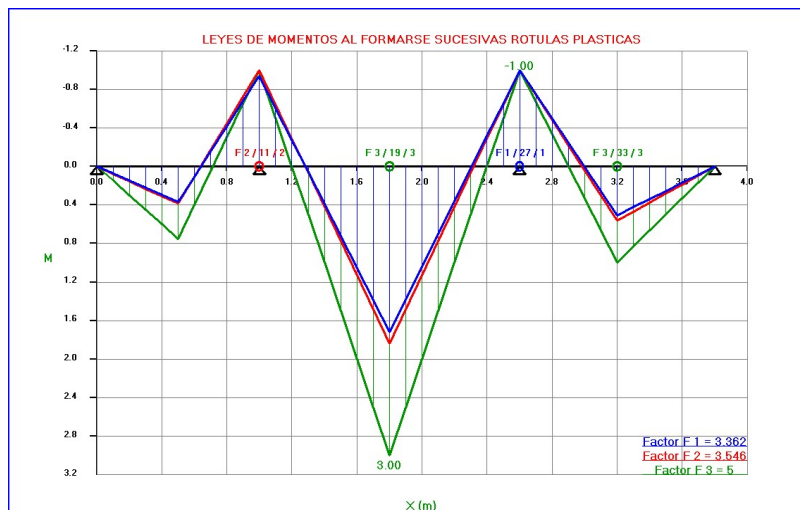
Campo de aplicación : Cálculo elastoplástico y en rotura de vigas continuas de sección variable.

Cálculo : Realiza dos tipos de cálculo:

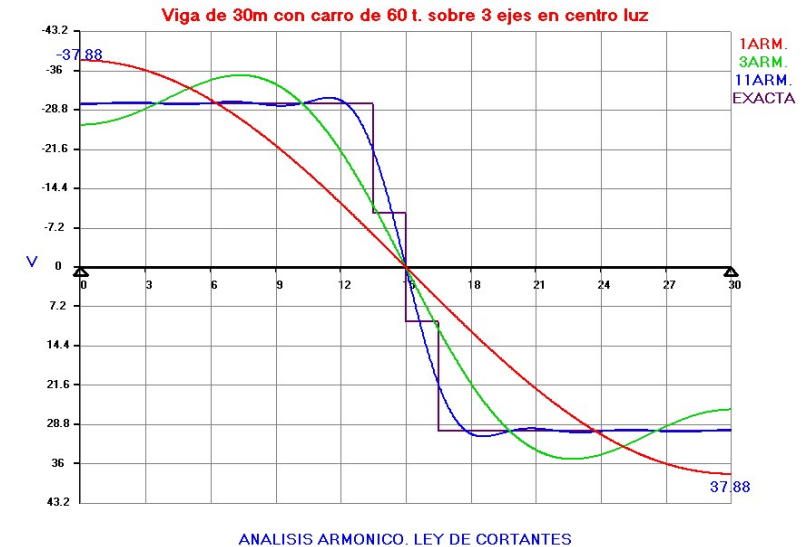
-Análisis límite, obteniendo el mecanismo y la carga de rotura.

-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



ANÁLISIS ARMÓNICO. LEY DE CORTANTES

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.

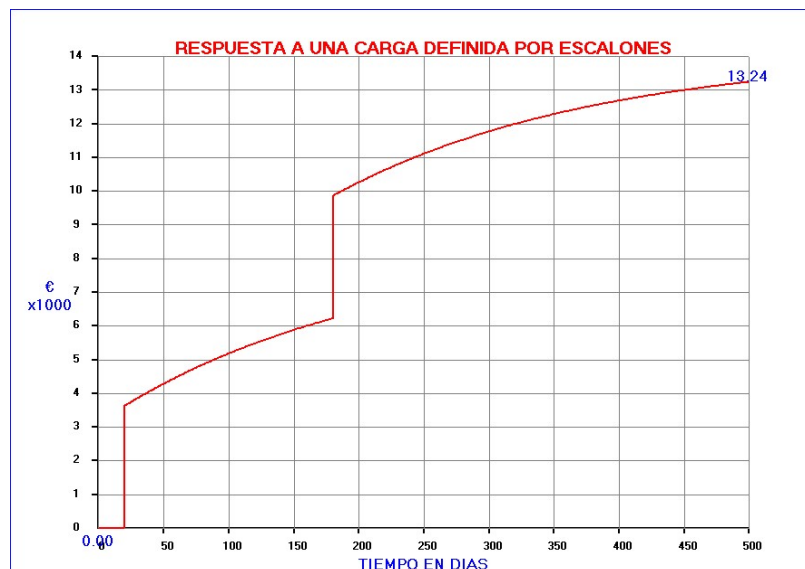
Resultados: Obtiene de forma numérica y gráfica la deformada, las leyes de esfuerzos y de cargas para todas las aproximaciones referenciadas a la solución exacta.

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. (IAPF.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

Porcentaje 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 Sale 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).

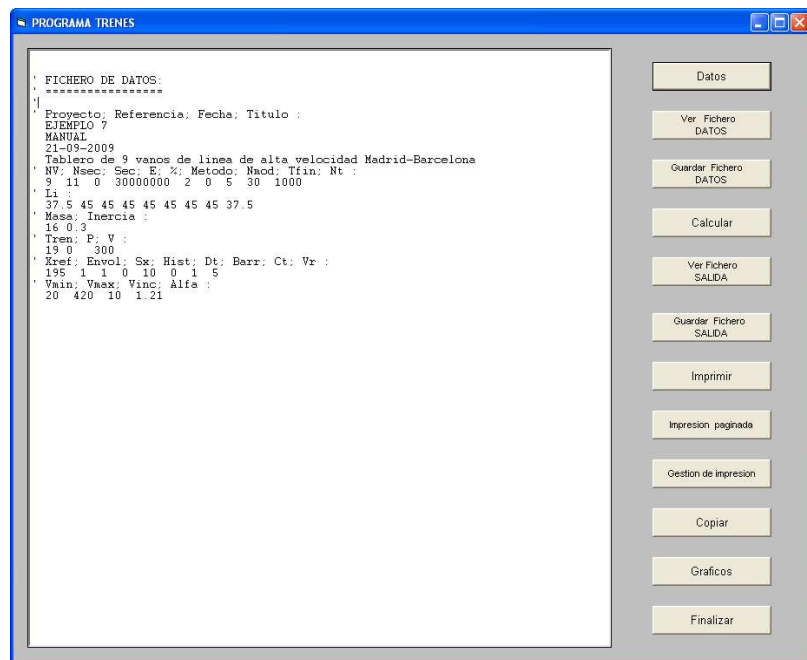


Figura 2

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.

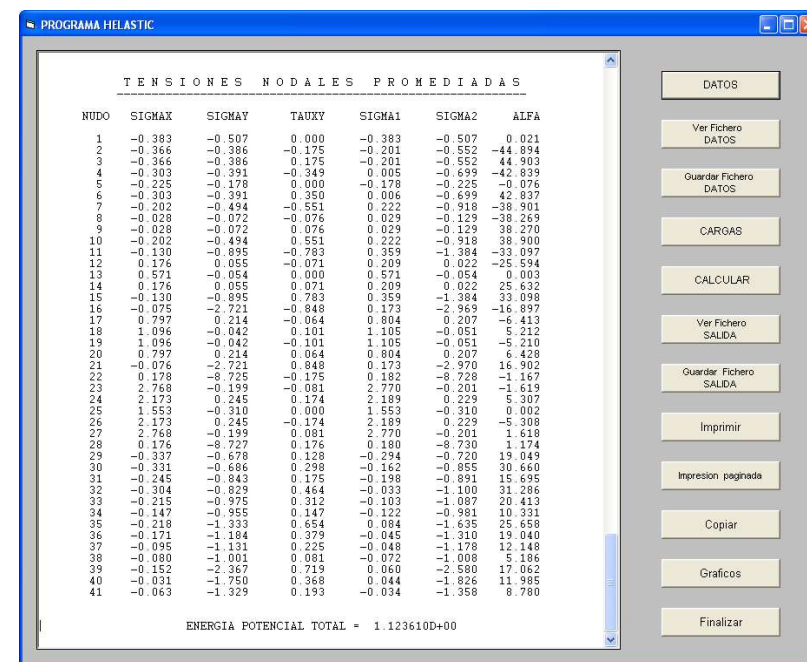


Figura 3

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.

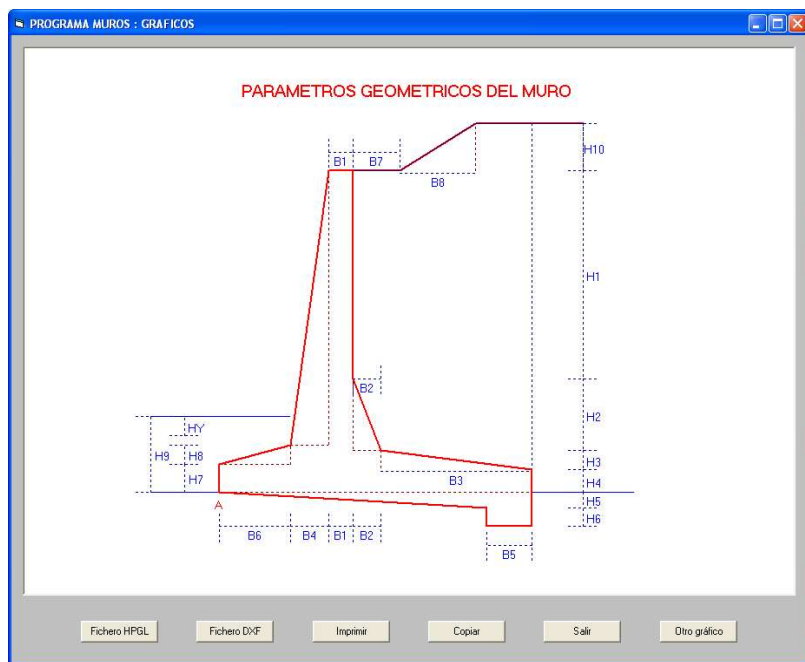


Figura 4

VENTA

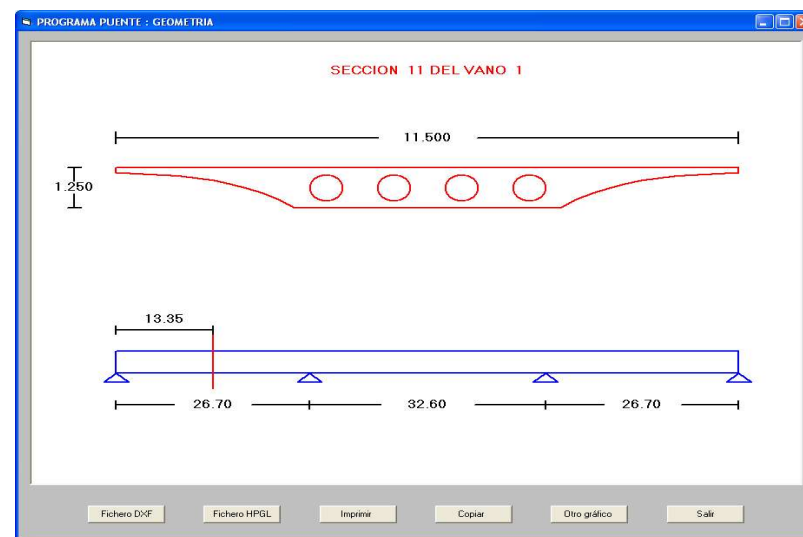


Figura 5

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

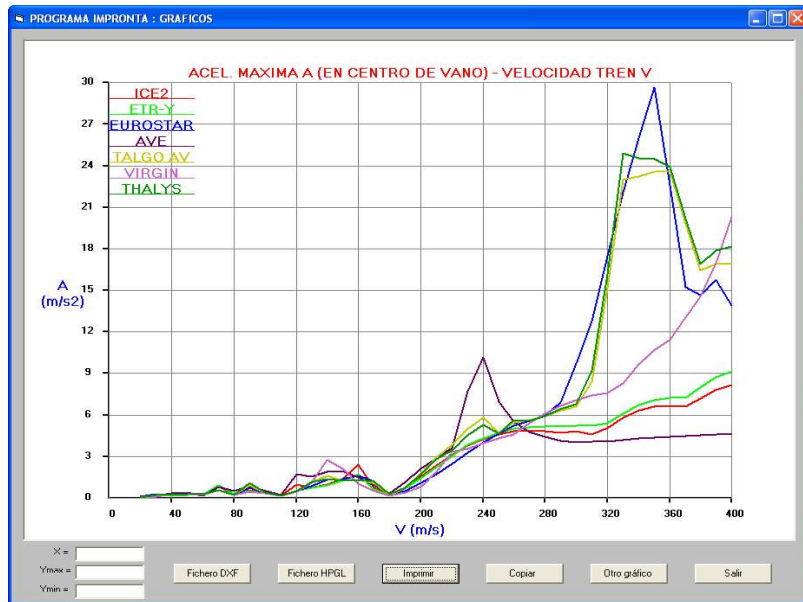


Figura 6

PEDIDOS

OFERTAS :

OFERTA nº1 .- Colección Completa Caminos :
Programas 150€ + Gastos de envío 12€ + IVA 34€ = 196 €

OFERTA nº2 .- Dos programas lanzados en 2025 :
(EDIS25+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.