

Manual del Usuario

Hormigón 318

versión 2.1

Diseño y Verificación de Secciones en Hormigón Armado

**Mayo 1999
Primera edición**

© 108.846

Advertencia

Se ha utilizado una cantidad importante de tiempo y esfuerzo en desarrollar y probar este programa. Sin embargo, al usar este programa el usuario entiende y acepta que no existe una garantía explícita o implícita por parte de los desarrolladores o distribuidores respecto a la exactitud o confiabilidad de los resultados.

El usuario debe explícitamente entender los supuestos del programa y debe verificar en forma independiente sus resultados.

La información contenida en este documento está sujeta a modificaciones sin previo aviso. A menos que se indique lo contrario, los datos utilizados en los ejemplos son ficticios. Ninguna parte de este documento puede ser reproducida o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, ya sea electrónico o mecánico, con ningún propósito, sin la previa autorización por escrito del **Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile**.

Instalación de Hormigón 318

Para instalar **Hormigón 318** se deben dar los siguientes pasos:

- Insertar el CD en la unidad lectora (normalmente unidad d:)
- Pasados unos segundos, la aplicación comenzará a instalarse automáticamente. Si ello no ocurre así, seleccione el botón **Inicio** de la barra de tareas de Windows, luego seleccione la opción **Ejecutar**, escriba d:\Install.exe y presione **Aceptar**.
- Enseguida se abrirá un cuadro de diálogo donde se debe ingresar el Nombre de la Empresa, Nombre del Usuario y la Clave de Acceso, estos datos se encuentran en el certificado de licencia que acompaña a la aplicación. Estos datos deben ingresarse exactamente en la forma en que aparecen en el certificado de licencia. Hecho esto la aplicación continuará la instalación en forma automática
- Para Desinstalar la aplicación se recomienda hacerlo utilizando las herramientas provistas por Windows para este efecto.

Soporte Técnico

Cualquier consulta o comentario respecto al funcionamiento, resultados u operación de **Hormigón 318** puede dirigirla a ichmail@ich.cl o tomar contacto directamente con el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile en Pío X 2455, Providencia, Santiago, o en www.ich.cl

Requisitos del Sistema

Para usar **Hormigón 318** se requiere:

- CD de instalación de **Hormigón 318**
- Licencia y clave de instalación
- Un equipo con las siguientes características mínimas:
 - Procesador 486 o equivalente (se recomienda Pentium)
 - Memoria RAM 8 MB (se recomienda 16 MB o superior)
 - 20 MB libres en Disco Duro
 - Monitor VGA color, 800 x 600 ó superior
 - Lector de CD ROM 2x ó superior
- Windows 95 ó 98

Hormigón 318.

Después del lanzamiento del "Código de Diseño de Hormigón Armado. Basado en el ACI 318-95" se vio la necesidad de contar con una herramienta computacional que fuera capaz de hacer operativas las disposiciones y recomendaciones de dicho Código, permitiendo de esta forma difundir su uso y a la vez uniformar los criterios existentes para su aplicación.

Esta inquietud, compartida tanto por la Comisión de Diseño Estructural en Hormigón Armado y Albañilerías como por el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, sirvió de impulso para el desarrollo de **Hormigón 318**. Como punto de partida, el profesor Patricio Bonelli dirigió, a solicitud de la Comisión, una memoria de título de Ing. Civil en la UTFSM dentro de la cual se desarrollaron gran parte de los algoritmos de diseño junto a un prototipo del programa. En su etapa final, el desarrollo fue realizado en el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile donde se incorporó el diseño biaxial, los diagramas momento curvatura y la interfase definitiva.

El continuo desarrollo del conocimiento en el diseño en hormigón armado y la permanente modificación a que está sometido el código de diseño hacen necesario contar con medios para traspasar estos avances y modificaciones al campo profesional. **Hormigón 318** pretende ser una forma para lograr lo anterior.

Por ello, en esta versión no sólo se han incorporado rutinas para el diseño en flexión, carga axial y corte, tanto de vigas, columnas y muros, de acuerdo al ACI 318-95. También se incluye la capacidad de generar los diagramas momento curvatura, para secciones rectangulares, T, L, Z, C, etc., lo que permite diseñar secciones complejas y al mismo tiempo permite conocer en detalle el comportamiento en deformación de dichas secciones, aspecto imprescindible para evaluar la necesidad de confinamiento y para realizar un diseño por capacidad.

Aún cuando muchas oficinas cuentan con programas propios o comerciales para el diseño en hormigón armado, **hormigón 318** ofrece, por una parte, la posibilidad de contrastar los resultados de dichos programas con las últimas disposiciones del código de diseño y por otra, permite realizar verificaciones y diseños que en general no están disponibles en la mayoría de ellos, por lo que resulta ser un excelente complemento para cualquier programa de análisis o diseño.

Esperamos que **Hormigón 318** sea de utilidad a toda la comunidad profesional ligada al diseño en hormigón armado, de igual forma, esperamos mantenerlo permanentemente actualizado, incorporando constantemente nuevas funciones y capacidades para lo cual dejamos extendida la invitación a formular sugerencias y comentarios que nos permitan ir mejorando las futuras versiones.

Santiago Mayo 1999

Tabla de Contenidos

Capítulo 1 – Aspectos Básicos	1
Introducción	3
Pantalla principal	4
Barra de herramientas	5
Manejo de unidades	6
Ventana de definición del sistemas de unidades	7
Propiedades estándar	8
Propiedades predeterminadas	8
Ecuaciones constitutivas	9
Acero	9
Hormigón	10
Ecuación constitutiva genérica	11
Generación de tarjetas de diseño	11
Selección de operaciones con vigas	11
Selección de operaciones con columnas	12
Selección de operaciones con muros	12
Tarjetero de diseño	13
Selección del editor de texto	14
Ventana de definición del editor predeterminado	14
Informes	14
Manejo de gráficos	15
Manejo de tablas	16
Procesamiento de archivos	17
Errores	18
Ayuda en línea	19
Capítulo 2 – Diseño a Flexión, Carga Axial y Corte	21
Introducción	23
Tarjeta de identificación	24
Tarjeta de datos estándar	25
Resultados	26
Valores predeterminados	26
Diseño de vigas	26
Criterios de diseño	26
flexión	26
Corte	27
Tarjeta solicitaciones	28
Tarjeta sección para vigas rectangulares	28
Tarjeta resultados para vigas rectangulares	29
Tarjeta sección para vigas T	30
Tarjeta resultados para vigas T	31
Diseño de columnas	31
Criterios de diseño	31
Flexo compresión	31
Corte	32
Confinamiento	32

Tarjeta Solicitaciones	33
Tarjeta sección para columnas rectangulares	33
Tarjeta resultados para columnas rectangulares	34
Tarjeta sección para columnas circulares	35
Tarjeta resultados para columnas circulares	36
Diseño de muros	37
Criterios de diseño	37
Flexo compresión	37
Elemento de borde en muros	37
Corte	38
Tarjeta solicitudes	38
Tarjeta sección para muros rectangulares	39
Tarjeta resultados para muros rectangulares	40
Capítulo 3 – Diseño a Flexión Biaxial	43
Introducción	45
Tarjeta identificación	45
Tarjeta solicitudes	46
Tarjeta datos estándar	46
Diseño de columnas rectangulares	47
Criterios de diseño	47
Tarjeta sección para columnas rectangulares	47
Tarjeta resultados para columnas rectangulares	48
Diseño de columnas circulares	49
Criterios de diseño	49
Tarjeta sección para columnas circulares	49
Tarjeta resultados para columnas circulares	50
Capítulo 4 – Diagramas de Interacción	51
Introducción	53
Tarjeta identificación	53
Tarjeta solicitudes	53
Tarjeta datos estándar	54
Tarjeta sección	55
Tarjeta sección para columnas rectangulares	55
Tarjeta sección para columnas circulares	55
Tarjeta sección para muros rectangulares	56
Resultados	57
Capítulo 5 – Diagramas Momento Curvatura	59
Introducción	61
Tarjeta identificación	61
Tarjeta armadura	61
Barras	62
Mallas	62

Tarjeta datos estándar	63
Curvas constitutivas para el hormigón	64
Curva Kent y Park	65
Curva Kent y Park modificada	66
Curva genérica	67
Curvas constitutivas para el acero	68
Curva elastoplástica	69
Curva multilineal	69
Curva genérica	70
Tarjeta sección	70
Tarjeta sección para vigas rectangulares	70
Tarjeta sección para vigas T	71
Tarjeta sección para columnas rectangulares	72
Tarjeta sección para muros multi rectangulares	72
Diagrama Momento Curvatura	73
Informe	74
Capítulo 6 – Procesamiento de Archivos	75
Introducción	77
Archivo de propiedades generales	77
Archivo de esfuerzos	80
Proceso	80
Procesar y guardar resultados como informe detallado	80
Procesar y guardar resultados como informe resumido	81
Seleccionar un elemento y una combinación de carga	81
Editar el archivo de datos	81
Capítulo 7 – Ejemplos	83
Introducción	85
Ejemplo 1 – Diseño Viga Rectangular	85
Ejemplo 2 – Diseño Columnas Circular	87
Ejemplo 3 – Diagrama de Interacción Columna Rectangular	89
Ejemplo 4 – Diseño Biaxial de Columna Rectangular	91

Capítulo 1

Aspectos Básicos

Introducción

Hormigón 318 es un programa de diseño y análisis seccional de elementos de hormigón armado. Permite tanto el diseño como la verificación de secciones de acuerdo a los criterios del "Código de Diseño de Hormigón Armado. Basado en el ACI 318-95".

Ha sido desarrollado pensando en las tareas habituales que enfrenta toda oficina de proyectos, por ello junto con las opciones de diseño y verificación en pantalla, se ha incorporado la posibilidad de procesar grupos de elementos, tomando la información proveniente del análisis estructural directamente de los archivos de salida de dicho análisis.

Hormigón 318 permite:

Diseñar, para solicitaciones de carga axial, flexión y corte, tanto vigas rectangulares, vigas T, columnas rectangulares, columnas circulares y muros rectangulares. El diseño se realiza de acuerdo al ACI 318-95, con la opción de activar o desactivar las disposiciones del capítulo 21 y la opción de considerar o no las fórmulas detalladas para evaluar la contribución del hormigón a la resistencia al corte.

Diseñar columnas para solicitaciones de carga axial y flexión biaxial, generando al mismo tiempo los diagramas de interacción de momento para la carga axial dada.

Generar los diagramas de interacción de columnas y muros. Estos diagramas pueden ser impresos directamente como gráficos o también es posible verlos en el informe que se genera automáticamente, en el cual se tabulan los valores de carga axial y momento que definen el diagrama. (valores nominales y últimos, tanto normalizados como sin normalizar)

Generar en forma simple y rápida los Diagramas Momento Curvatura de vigas rectangulares y vigas T; columnas rectangulares; muros rectangulares, muros con secciones especiales tipo T, L, Z, C, etc. Las curvas tensión deformación para el acero y el hormigón son fácilmente modificables y permiten utilizar modelos ampliamente aceptados o simplemente definir las curvas punto a punto. La opción de ingresar la armadura en forma de mallas simplifica enormemente el ingreso de datos de armadura distribuida.

Utilizar cualquier sistema de unidades, sea consistente o no. A partir de cualquiera de los tres sistemas de unidades predefinidos (Sistema Internacional, Sistema Métrico y Sistema Imperial) es posible generar cualquier otro sistema de unidades. Internamente los valores son convertidos al sistema de unidades propio de **Hormigón 318** lo que asegura la consistencia de los resultados.

Procesar un elevado número de elementos simultáneamente al ingresar los datos directamente a través de archivos de datos. Para ello es posible generar

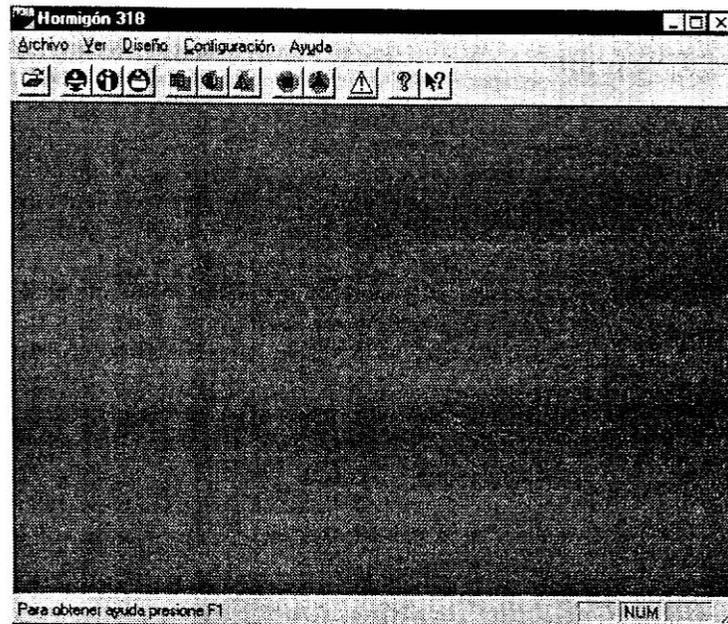
este archivo directamente en el formato propio de **Hormigón 318** o tomar la información de solicitaciones directamente de las salidas de programas de análisis como ADSE, SAP90, ETABS 6.1. Otra opción que permite **Hormigón 318** es la posibilidad de tomar los datos de un elemento desde un archivo y llevarlos directamente a un tarjetero de diseño interactivo en pantalla.

Generar Informes de Pantalla para cada uno de los diseños realizados en forma interactiva, los que pueden ser visualizados en la pantalla o ser impresos directamente. También genera dos tipos de informe para el procesamiento de archivos, un Informe Detallado con todos los datos del elemento, sus secciones y la armadura requerida para cada una de las combinaciones de carga definidas y un Informe Resumido que contiene sólo los datos básicos del elemento y la envolvente de armadura requerida para todas las combinaciones de carga.

En este primer capítulo se revisan las principales opciones de **Hormigón 318**. En especial se analizan las opciones de configuración del programa: definición del sistema de unidades, definición de valores estándar y selección del editor de texto a utilizar.

También se da una mirada rápida a las opciones de diseño disponibles, tanto para la generación en pantalla de las tarjetas de diseño como para el procesamiento de archivos de datos. Además, se indica la forma de obtener ayuda en línea.

Pantalla principal



Una vez que se ha ingresado al programa, se despliega la pantalla principal, en ella es posible identificar el menú de comandos y la barras de herramientas. Por cualquiera de estas dos vías es posible acceder a todas las opciones del programa.

Hormigón 318 usa el punto como separador de decimales, salvo en el caso de las tablas (ingreso de armadura en diagramas momento curvatura e ingreso de pares tensión deformación en curvas constitutivas del acero y del hormigón). Para el ingreso de datos en las tablas se debe seguir la convención propia del sistema (Windows) para la separación de decimales.

Barra de herramientas

En la barra de herramientas de **Hormigón 318** se encuentran los siguientes elementos:



Despliega la ventana de diálogo para la selección del archivos que se desea procesar y posteriormente muestra las opciones de procesamiento.



Despliega la ventana de diálogo para la selección de operaciones con vigas en modo interactivo.



Despliega la ventana de diálogo para la selección de operaciones con columnas en modo interactivo.



Despliega la ventana de diálogo para la selección de operaciones con muros en modo interactivo.



Muestra el informe de un análisis realizado en forma interactiva a través de un tarjetero de diseño. Sólo está activo después de pulsar el botón correspondiente a resultados en el tarjetero de diseño.



Muestra el informe detallado correspondiente al procesamiento de archivos. Sólo está activo después de procesar un archivo con la opción “...generar informe detallado”.



Muestra el informe resumido correspondiente al procesamiento de archivos. Sólo está activo después de procesar un archivo con la opción “...generar informe resumido”.



Despliega y permite editar una tarjeta con los valores asociados a las propiedades estándar que usa el programa.



Despliega y permite editar una tarjeta para seleccionar o definir el sistema de unidades que se usará.



Despliega una lista de los errores con una breve descripción de ellos.



Despliega la versión del programa



Activa ayuda en línea

Manejo de unidades

Hormigón 318 permite manejar cualquier sistema de unidades, incluso sistemas que no sean internamente consistentes, vale decir, es posible por ejemplo, definir la longitud en metros y el área en centímetros cuadrados, lo anterior es posible dado que **Hormigón 318** transforma este sistema de unidades definido por el usuario a su propio sistema interno de unidades, manteniendo de esta forma la consistencia de los cálculos.

Para ello, el programa tiene predefinidos tres sistemas básicos de unidades: el primer sistema corresponde al Sistema Internacional, el segundo al Sistema Métrico y el tercero al Sistema Imperial. Sin embargo, es posible modificar cualquiera de estos sistemas básicos ingresando en la ventana de unidades los símbolos de las nuevas unidades y los correspondientes factores de conversión, en la forma en que se indica más adelante.

La relación entre los diferentes sistemas de unidades predefinidos y el sistema interno manejado por **Hormigón 318** se indica a continuación:

Sistema 1 - Sistema Internacional

	S. Internac.	S. Interno
Longitud 1	mm	1 mm
Longitud 2	m	1 m
Fuerza	N	1 N
Momento	N*mm	1 N*mm
Tensión	N/mm ²	1 N/mm ²
Area	mm ²	1 mm ²

Sistema 2 - Sistema Métrico

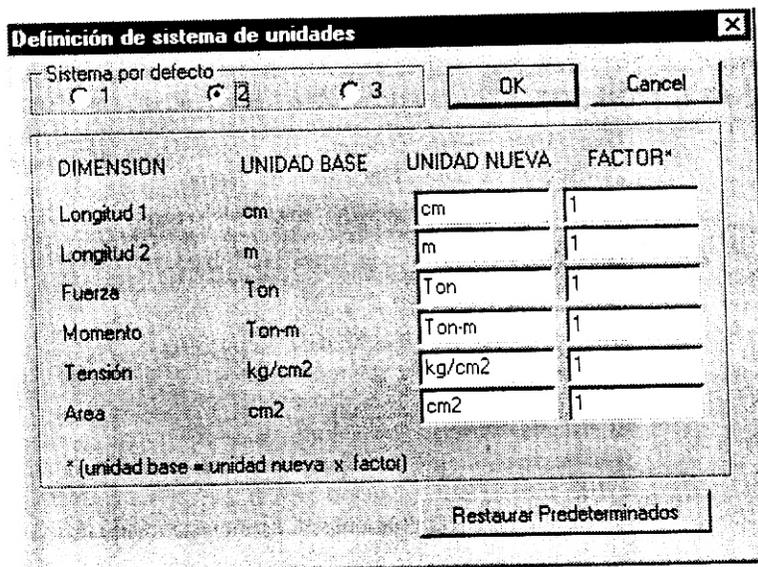
	S. Métrico	S. Interno
Longitud 1	cm	10 mm
Longitud 2	m	1 m
Fuerza	ton	10 000 N
Momento	ton*m	10 000 000 N*mm
Tensión	kg/cm ²	0.1 N/mm ²
Area	cm ²	100 mm ²

Sistema 3 - Sistema Imperial

	S. Imperial	S. Interno
Longitud 1	in	25.4 mm
Longitud 2	ft	0.3048 m
Fuerza	kips	4 448 N
Momento	kips*ft	1 355 750 N*mm
Tensión	ksi	6.895 N/mm ²
Area	in ²	645.16 mm ²

Ventana de definición del sistema de unidades

Esta ventana permite definir el sistema de unidades a utilizar. Para ello, se debe seleccionar el sistema más parecido al deseado, usando el recuadro superior, y hacer posteriormente las modificaciones pertinentes ya sea en las unidades o en los factores de conversión.



Para indicar el símbolo de la “Unidad Nueva” basta escribirlo en el recuadro correspondiente, lo mismo sucede con el factor de conversión. Para determinar el factor de conversión debe considerarse la siguiente regla:

$$\text{Unidad Base} = \text{Unidad Nueva} * \text{Factor}$$

Por ejemplo:

si: Unidad Base : Ton
 Unidad Nueva : Kg

 => Factor : 1000

$$\text{Unidad Base} = \text{Unidad Nueva} * \text{Factor}$$

$$\text{Ton} = \text{Kg} * 1000$$

Aún cuando el símbolo de las nuevas unidades puede tener un número elevado de caracteres de longitud, se recomienda no sobrepasar los seis caracteres.

Para volver al sistema básico, presione el botón “Restaurar Predeterminados”.

Es importante tener presente que debe existir concordancia entre el sistema de unidades definido en **Hormigón 318** y el sistema de unidades utilizado en los archivos de datos. Esta verificación es responsabilidad del usuario.

La unidad básica para indicar longitud es la definida en **Longitud1**, en tanto que **Longitud2** sólo se usa para expresar la curvatura como **rad/Longitud2**.

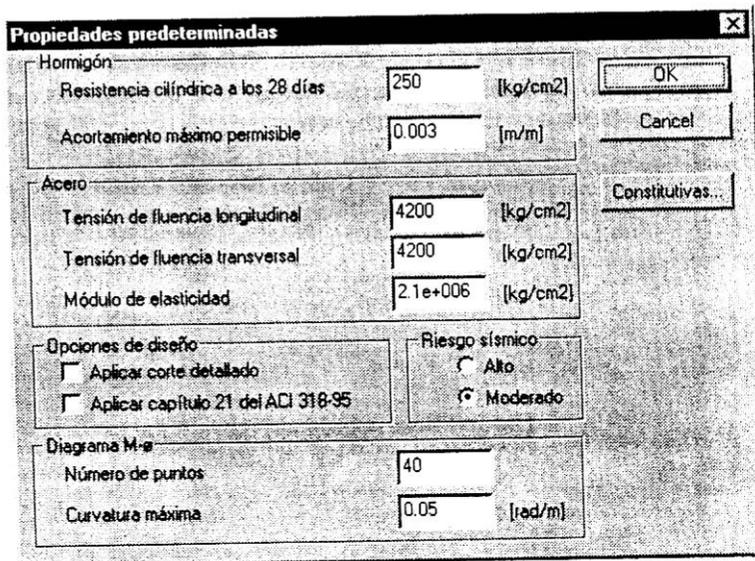
Propiedades estándar

Esta tarjeta permite definir las propiedades que se usarán por omisión para la generación de nuevos tarjeteros de diseño.

Propiedades predeterminadas

Esta ventana permite establecer los valores estándar predeterminados para todo el sistema. Sin embargo debe usarse con cautela, puesto que no es posible recuperar los valores anteriores una vez modificados.

El sistema conserva los valores de la magnitud física involucrada ante cambios del sistema de unidades, por ejemplo si se ingresó un módulo de elasticidad del acero de 2 100 000 kg/cm², cuando se cambie el sistema de unidades a MPa, el sistema inmediatamente cambiará el valor predeterminado a 210 000 MPa.

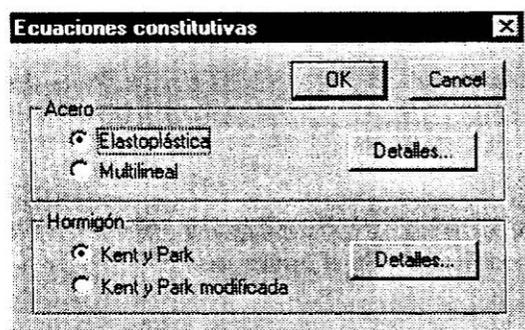


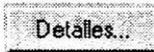
Propiedades predeterminadas		
Hormigón		
Resistencia cilíndrica a los 28 días	250	[kg/cm ²]
Acortamiento máximo permisible	0.003	[m/m]
Acero		
Tensión de fluencia longitudinal	4200	[kg/cm ²]
Tensión de fluencia transversal	4200	[kg/cm ²]
Módulo de elasticidad	2.1e+006	[kg/cm ²]
Opciones de diseño		Riesgo sísmico
<input type="checkbox"/> Aplicar corte detallado		<input checked="" type="radio"/> Alto
<input type="checkbox"/> Aplicar capítulo 21 del ACI 318-95		<input checked="" type="radio"/> Moderado
Diagrama M-e		
Número de puntos	40	
Curvatura máxima	0.05	[rad/m]

En esta ventana se definen las propiedades básicas del hormigón y del acero. las opciones de diseño respecto a corte y aplicación del capítulo 21, se define el nivel de riesgo sísmico y se establece el número de puntos y la curvatura máxima a usar en el cálculo de los diagramas momento curvatura.

Ecuaciones constitutivas

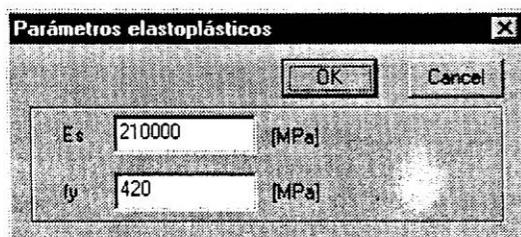
Adicionalmente, a través de esta tarjeta (usando el botón “Constitutivas...”) se predefinen las propiedades de las curvas constitutivas del hormigón y del acero y, además, se seleccionan las curvas que se usarán por omisión tanto para el acero como para el hormigón.



usando el botón  es posible modificar las propiedades predeterminadas de cualquiera de las cuatro curvas predefinidas. Estas curvas se analizan con mayor detalle en el capítulo 5.

Acero

Para la curva elastoplástica del acero, los parámetros básicos son la tensión de fluencia y el módulo de elasticidad. En este caso se considera una deformación máxima del acero de un 8% (tanto en tracción como en compresión)



Para la curva multilineal, que modela el comportamiento del acero mediante 5 rectas, simétricas en tracción y compresión, se ingresan los pares tensión deformación que definen los puntos extremos de estas 5 rectas. No es necesario ingresar el origen y además, los valores deben ser ingresados en orden creciente de deformación.

Para esta curva se considera el último punto como la deformación máxima del acero, siempre y cuando sea menor o igual a un 12 %.

Parámetros para ecuación multilíneal

	Esfuerzo [MPa]	Deformación [m/m]
Punto 1	420	0.002
Punto 2	420	0.008
Punto 3	630	0.012
Punto 4	200	0.016
Punto 5	200	0.12

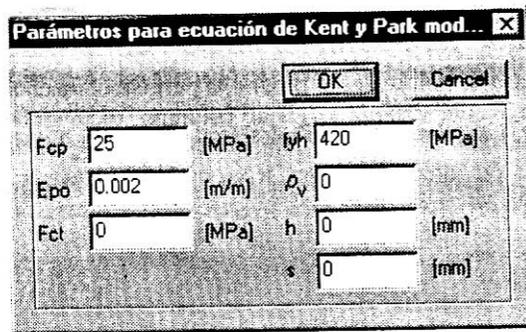
Hormigón

Para el hormigón las curvas que pueden utilizarse son las de “Kent y Park” y “Kent y Park modificada”. En el primer caso corresponde a una curva que no incluye el efecto del confinamiento en la resistencia ni en la capacidad de deformación de la sección. Los parámetros que deben ingresarse son: la resistencia cilíndrica del hormigón, la deformación asociada a la resistencia máxima, la pendiente de la zona de decaimiento lineal de la resistencia y la resistencia a la tracción del hormigón.

Parámetros para ecuación de Kent y Park

Fcp	25	[MPa]
Epo	0.002	[m/m]
Ecd	1000	[MPa]
Fct	0	[MPa]

La curva “Kent y Park modificada” permite incorporar el efecto del confinamiento, para lo cual se requiere ingresar información adicional sobre: la tensión de fluencia de la armadura transversal, la cuantía volumétrica de armadura transversal, el ancho del núcleo confinado de hormigón y el espaciamiento de la armadura de confinamiento. La deformación máxima aceptada para el hormigón en este caso se ha establecido en un 4%



Ecuación constitutiva genérica

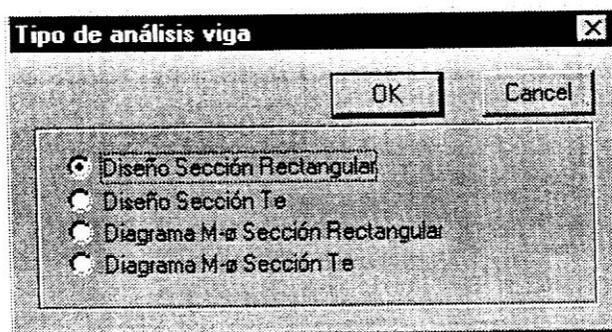
Es posible definir un tipo distinto de curvas, llamadas genéricas, las cuales permiten la definición punto a punto de la relación tensión deformación del acero o del hormigón. Estas curvas deben ser definidas directamente en el tarjetero de diseño de la sección que se esté analizando (ver capítulo 5).

Generación de tarjetas de diseño

Para generar un tarjetero de diseño, se debe seleccionar el tipo de elemento que se desea analizar, con lo cual se despliega una caja de diálogo desde donde se selecciona la operación deseada.

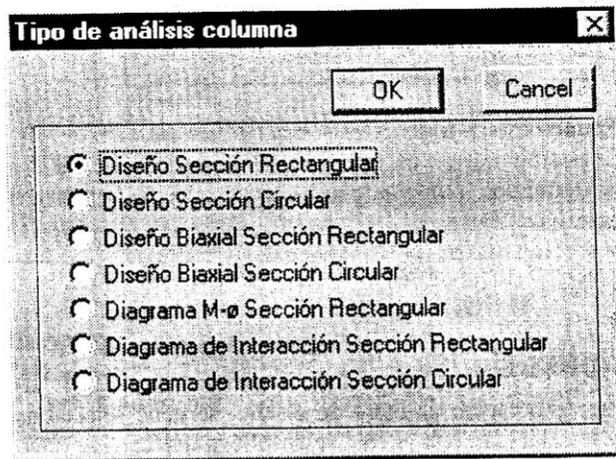
Selección de operaciones con vigas

Para el caso de vigas, el programa permite el diseño (flexión y corte) de secciones rectangulares y secciones T, además, es posible generar los diagramas momento curvatura para ambos tipos de sección. La caja de diálogo desplegada es la que se muestra en la siguiente figura:



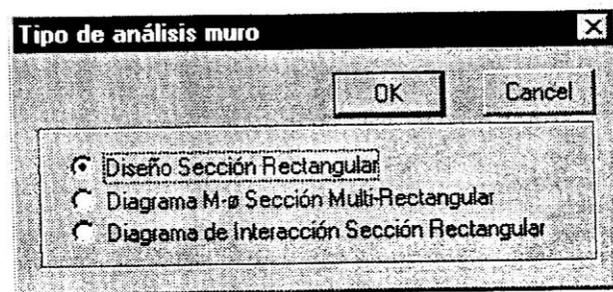
Selección de operaciones con columnas

Para el caso de columnas, el programa permite el diseño (flexión, carga axial y corte; o flexión biaxial y carga axial) de columnas rectangulares y circulares. Además, es posible generar el diagrama momento curvatura para secciones rectangulares y los diagramas de interacción para secciones rectangulares y circulares. La ventana de diálogo que se despliega es la siguiente:



Selección de operaciones con muros

Para el caso de muros, el programa permite el diseño (flexión, carga axial y corte) de muros rectangulares. Además, es posible generar el diagrama momento curvatura de una sección multirectangular (formada por 5 sectores rectangulares) y el diagrama de interacción para una sección rectangular. La tarjeta de diálogo desplegada es la siguiente:



Tarjetero de diseño

Una vez seleccionado el elemento y la operación que se desea realizar se despliega un tarjetero de diseño similar al mostrado en la figura. Dependiendo de la operación puede cambiar la tarjeta **Solicitaciones** por la tarjeta **Armadura**.

Pueden generarse y mantenerse simultáneamente varios tarjeteros abiertos, sin embargo sólo uno de ellos estará activo en un determinado momento. Para identificar cual es el tarjetero activo se debe observar la franja horizontal superior donde se indica el nombre del elemento que se está analizando, para el tarjetero activo esta franja tiene un color azul mientras que en el resto de los tarjeteros su color es gris.

La tarjeta **Identificación** tiene el mismo formato para todas las operaciones y se utiliza para almacenar información general de la sección que se analiza. Esta información es mostrada en el informe de resultados.

La tarjeta **Sección** existe en todas las operaciones, sin embargo, para cada tipo de sección y tipo de operación ella requiere que se ingresen datos que varían de un caso a otro, aún cuando básicamente es información que caracteriza la geometría del elemento.

La tarjeta **Solicitaciones** está presente en todas las opciones de diseño, cálculo de diagramas de interacción y rosetas de interacción. Permite ingresar los

esfuerzos para los cuales se diseñará o verificará la sección. En el caso de diagramas momento curvatura esta tarjeta es reemplazada por la tarjeta "Armadura".

La tarjeta  permite que se ingrese a través de tablas la posición de las barras y mallas de armadura para el cálculo de los diagramas momento curvatura.

La tarjeta  está presente en todos los tarjeteros, sin embargo, dependiendo de el tipo de elemento, tipo de sección y operación que se esté realizando la información que debe ingresarse varía. Por omisión los valores de esta tarjeta se llenan con aquellos predefinidos en la opción "Propiedades Estándar" del menú principal o de la barra de herramientas.

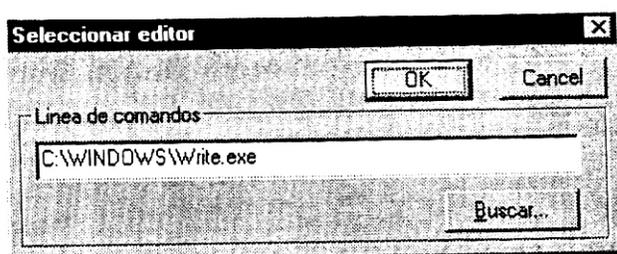
Selección del editor de texto

Esta opción sólo está disponible a través del menú de comandos. Al instalarse **Hormigón 318** utiliza un editor de texto propio tanto para desplegar los informes como para visualizar los archivos de datos. Sin embargo, se recomienda utilizar el editor WordPad incluido en Windows, este se encuentra normalmente en:

C:\WINDOWS\WRITE.EXE

Ventana de definición del editor predeterminado

Esta ventana permite especificar el editor a utilizar para manejar los archivos de resultados entregados por **Hormigón 318**, como asimismo para editar los archivos de datos desde dentro de la aplicación. Presione el botón "Buscar..." para navegar por su equipo y seleccionar el editor que desee utilizar. Aún cuando se recomienda utilizar WordPad como editor, es posible también utilizar otros editores de texto, por ejemplo Word.



Informes

Existen tres tipos de informe, el Informe de Pantalla, el Informe Detallado y el Informe Resumido. El primero se genera con las operaciones realizadas interactivamente en pantalla en tanto que los dos restantes se generan al procesar archivos de datos.

Estos informes se visualizan con el editor de texto seleccionado, es importante cerrar el archivo de informes después de revisarlo o imprimirlo, o de lo contrario **Hormigón 318** no podrá actualizar estos informes para un diseño posterior.

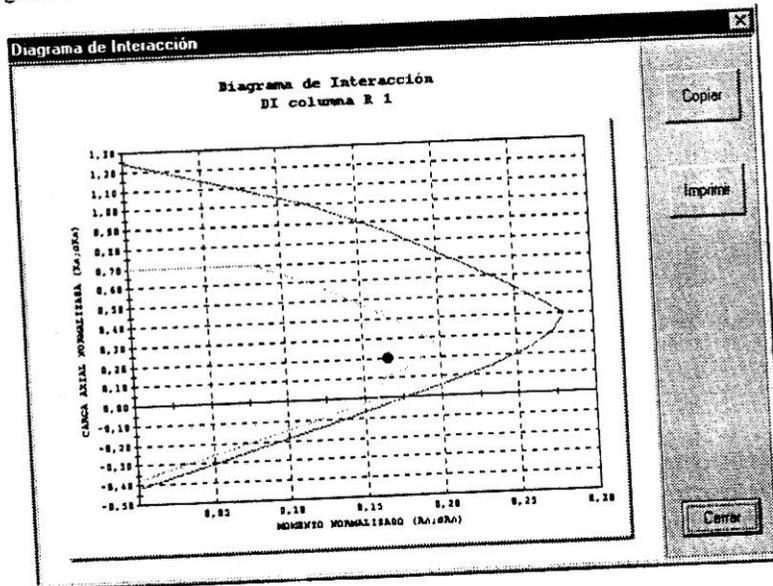
Informe de Pantalla.  En él se muestran los resultados del diseño o verificación para el tarjetero activo. Para que se genere este informe es necesario haber pulsado el botón de resultados en dicho tarjetero.

Informe Detallado.  En él se muestran en detalle las resultados obtenidos después de haber procesado un archivos de datos. Incluye un eco de las datos de entrada y los resultados para cada una de las combinaciones de carga definidas en el archivo de datos. Para generar este informe debe seleccionarse la opción **"Procesar y guardar resultados como informe detallado"**.

Informe Resumido.  En él se muestran sólo algunos datos de entrada relevantes y la envolvente de armadura para las combinaciones de carga definidas. Para generar este informe debe seleccionarse la opción **"Procesar y guardar resultados como informe resumido"**.

Manejo de gráficos

Una vez desplegado el gráfico asociado a la operación realizada es posible editar dicha figura, para ello se debe hacer clic con el botón derecho del Mouse encima del gráfico.



Con esto se despliega una serie de opciones. Por ejemplo, cambiar el aspecto del gráfico, los títulos, escalas, agregar leyendas, etc., las cuales están descritas en un Help específico del visualizador de gráficos.

Todos los ejes de gráficos se despliegan con dos decimales, en algunos casos ello puede no ser suficiente y debe ajustarse este parámetro en la forma indicada en el párrafo anterior.

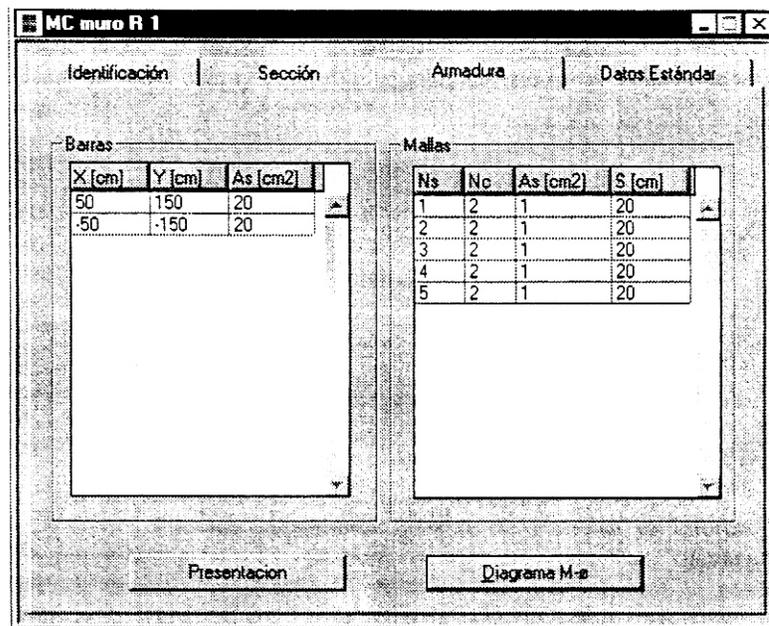
El gráfico se puede imprimir, con las opciones de impresora que tenga seleccionadas, para ello se debe presionar el botón **“Imprimir”**, estos gráficos han sido configurados para ser impresos en hojas tamaño carta en orientación apaisada.

Es posible también copiar un gráfico a otras aplicaciones, para ello se debe presionar el botón **“Copiar”**, seguido del comando **“Pegar”** en la aplicación donde vaya a insertarlo. Para salir de esta ventana, presione el botón **“Cerrar”**.

Es posible ampliar parte del gráfico, para ello se debe mantener presionados los botones **SHIFT** o **CONTROL** y el botón izquierdo del Mouse mientras selecciona el área a ampliar, después se debe soltar el botón del teclado para ver la imagen ampliada. Para volver a la imagen inicial se debe presionar la tecla **R**.

Manejo de tablas

Todas las tablas de ingreso de datos en **Hormigón 318** se manejan de la misma forma; para agregar filas a una tabla se debe usar el tecla **“INS”**, para cambiar de celda se utilizan las flechas, tabulaciones o marcando una nueva celda con el Mouse.



También se pueden copiar datos directamente desde planillas de cálculo (siempre y cuando la tabla de destino tenga un número igual o mayor de filas que la matriz de datos copiada).

Si desea agregar una nueva fila, basta con presionar la tecla "INS", o bien, la flecha hacia abajo estando en la última fila de la tabla.

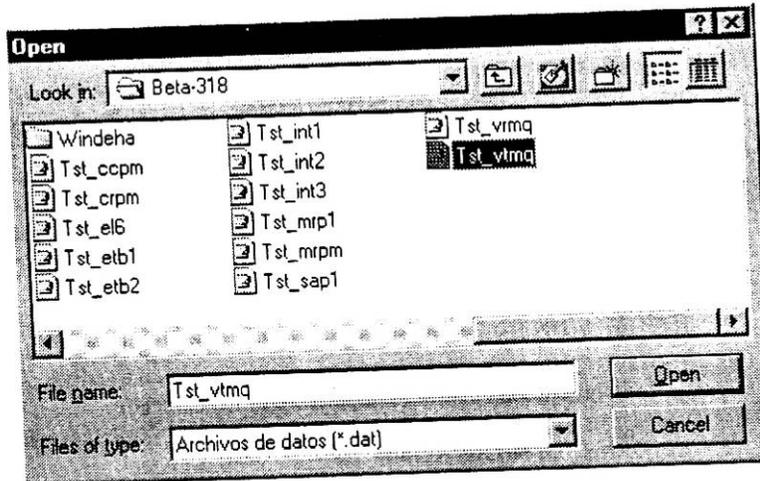
Para eliminar una fila, presione la tecla "Del".

Hormigón 318 siempre utiliza puntos para separar decimales, sin embargo, las tablas siguen la convención predefinida en su sistema (Windows), por lo que puede darse el caso que su sistema esté configurado para separar decimales con comas. Lo anterior no afecta el funcionamiento del programa. Si se da el caso anterior, tiene la opción de reconfigurar su sistema para que reconozca el punto como separador de decimales o puede usar directamente comas para separar los decimales al ingresar datos en las tablas.

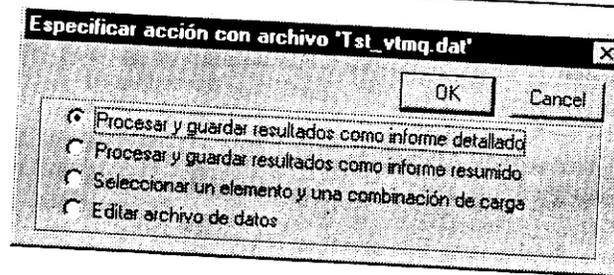
Procesamiento de archivos

Una de las alternativas que permite **Hormigón 318** es la posibilidad de procesar archivos de datos.

Para ello se debe usar el botón de apertura de archivos  o seleccionar el comando **Archivo/Abrir**.



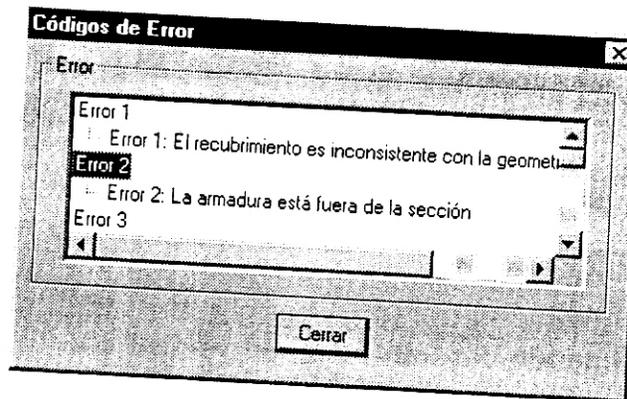
Una vez seleccionado el archivo de datos (archivo de propiedades generales) se despliega una caja de diálogo con las opciones de proceso. Estas incluyen la generación de un informe detallado o uno resumido, la selección de un elemento y combinación de carga para generar un tarjetero de diseño en pantalla y la posibilidad de editar el archivo de datos con el editor predefinido.



Las funciones específicas de cada una de las opciones mostradas en esta caja de diálogo se describen en detalle en el **Capítulo 6 – Procesamiento de Archivos**.

Errores

Cuando **Hormigón 318** detecta un error envía un mensaje, el cual es desplegado en pantalla si se está en modo interactivo o se envía al informe de resultados si se está procesando archivos. Con este botón es posible desplegar el código y la descripción de los errores que maneja **Hormigón 318**.



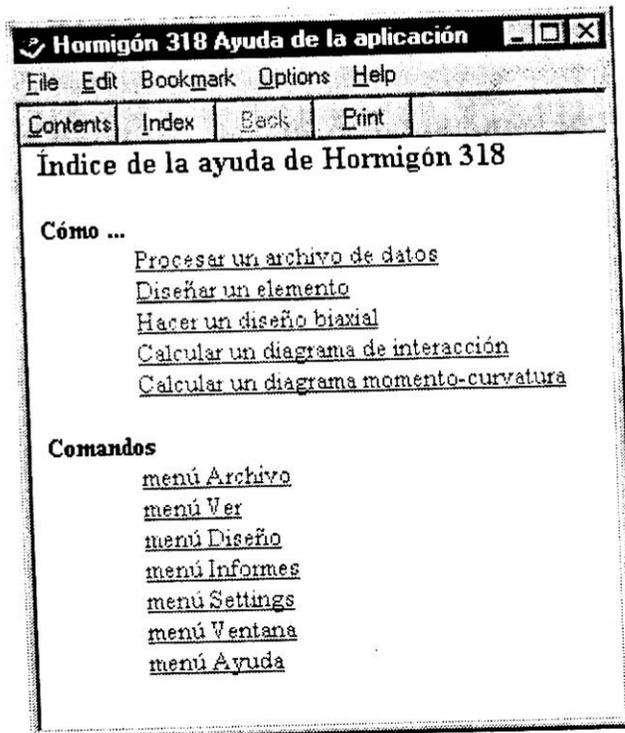
A continuación se detallan los errores que maneja **Hormigón 318**, estos errores son idénticos en el proceso interactivo por pantalla y en el proceso de archivos.

- Error_01: El recubrimiento es inconsistente con la geometría de la sección
- Error_02: La armadura está fuera de la sección
- Error_03: La cuantía es superior a la máxima admisible. ACI 10.9.1
- Error_04: La cuantía es superior a la máxima admisible. ACI 21.4.3.1
- Error_05: La cuantía es inferior a la mínima admisible. ACI 10.9.1
- Error_06: No fue posible normalizar el momento
- Error_07: La sección no resiste el esfuerzo de corte V_u
- Error_08: La longitud de los elementos de borde es superior a la longitud del muro
- Error_09: La sección no resiste el esfuerzo de corte V_u
- Error_10: La carga axial excede los rangos admisibles
- Error_11: Armadura mayor al valor máximo aceptable. ACI 21.3.2.1
- Error_12: La sección dada no resiste M_u

- Error_13: La sección dada no resiste la tracción P_u
Error_14: La sección dada no resiste la compresión P_u
Error_15: La sección de la viga no resiste M_u
Error_16: Se ha detectado una inconsistencia geométrica en la sección
Error_17: La curvatura máxima es negativa o cero
Error_18: Sentido de análisis inválido
Error_19: El número de puntos a graficar es no positivo
Error_20: El área de armadura supera el límite admisible

Ayuda en línea

Para obtener ayuda en línea basta pulsar el botón  y colocar el signo  sobre el elemento respecto al cual se requiere una ayuda específica. Cuando dicho signo de interrogación se coloca sobre el fondo de la aplicación, o cuando no existen ventanas activas, se despliega una pantalla de ayuda similar a la mostrada en la figura siguiente.



Capítulo 2

Diseño a Flexión, Carga Axial y Corte

Introducción

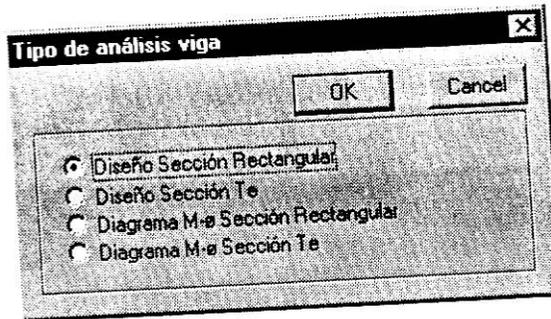
El diseño de secciones sometidas a flexión, carga axial y corte está disponible para todos los tipos de elementos y secciones (vigas rectangulares y vigas T; columnas rectangulares y columnas circulares; y muros rectangulares).

Para realizar esta operación se debe seleccionar en la barra de herramientas o en el menú de comandos el tipo de elemento que se desea diseñar.

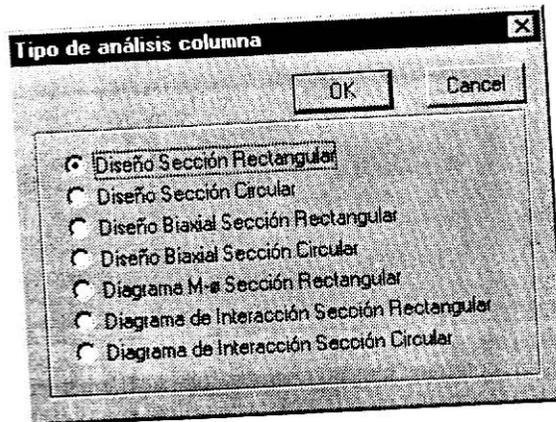


Una vez definido el tipo de elemento, se debe indicar la operación que se desea realizar.

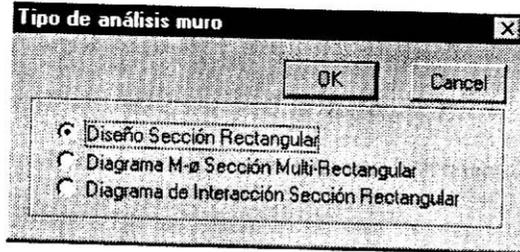
Para vigas las opciones corresponden a las dos primeras indicadas en la caja de diálogo, vale decir, Diseño Sección Rectangular y Diseño Sección T:



Para columnas las opciones corresponden también a las dos primeras operaciones que aparecen en la caja de diálogo y son: Diseño Sección Rectangular y Diseño Sección Circular.



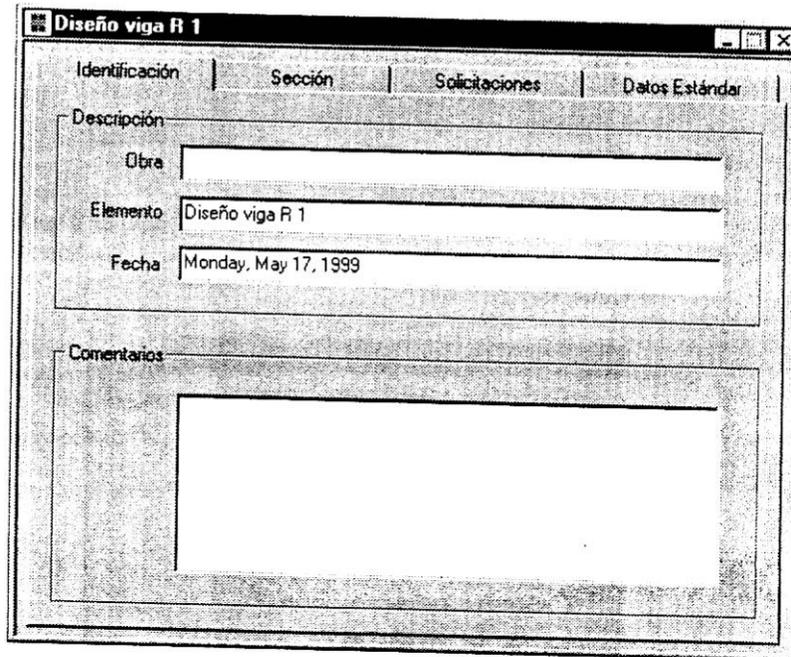
Para muros la única opción de diseño permitida es el diseño de secciones rectangulares, que corresponde a la primera alternativa mostrada en la caja de diálogo.



Una vez seleccionado el tipo de elemento y el tipo de sección se despliega un tarjetero de diseño como el descrito en el capítulo 1. Este tarjetero contiene cuatro tarjetas, ellas son: Identificación, Sección, Solicitaciones y Datos Estándar.

Tarjeta de identificación

La tarjeta Identificación es idéntica para todas las operaciones, tanto de diseño como de verificación, realizadas por **Hormigón 318**.



Esta tarjeta contiene cuatro campos. Obra, Elemento, Fecha y Comentarios. La información ingresada en esta tarjeta se utiliza como encabezado en el informe que se genera a partir del diseño (Informe de Pantalla).

Tarjeta de datos estándar

La tarjeta Datos Estándar es idéntica para todos los diseños descritos en este capítulo, y tiene la siguiente forma:

Identificación	Sección	Solicitaciones	Datos Estándar
Hormigón			
Resistencia cilíndrica a los 28 días		25	[MPa]
Acortamiento máximo		0.003	[m/m]
Acero			
Tensión de fluencia armadura longitudinal		420	[MPa]
Tensión de fluencia armadura transversal		420	[MPa]
Módulo de elasticidad		210000	[MPa]
Opciones de diseño			Riesgo sísmico
<input type="checkbox"/> Aplicar corte detallado			<input type="radio"/> Alto
<input type="checkbox"/> Aplicar capítulo 21 del ACI 318-95			<input checked="" type="radio"/> Moderado

En esta tarjeta se definen las propiedades básicas del **Hormigón**, del **Acero**, ciertas **Opciones de diseño** y el nivel de **Riesgo sísmico**. Los valores iniciales de esta tarjeta son llenados por el programa tomando los valores predeterminados establecidos en la opción **Configuración/Propiedades** del menú principal o en la barra de herramientas. Para modificar esta tarjeta basta sobrecribir los nuevos valores.

En el caso del hormigón se debe especificar la Resistencia Cilíndrica a los 28 días (f_c') y la máxima deformación utilizable en la fibra extrema a compresión del hormigón (E_{p_c}).

Para el acero se debe definir la tensión de fluencia de la armadura longitudinal (f_y) y la tensión de fluencia de la armadura transversal (f_{y_e}), además del módulo de elasticidad de la armadura longitudinal (E_s).

También se definen en esta tarjeta ciertas opciones de diseño. La primera corresponde a la opción de aplicar o no las ecuaciones detalladas para calcular la resistencia nominal al corte del hormigón, descritas en el capítulo 11 del ACI 318-95 (sección 11.3.2) o en capítulo 21 (sección 21.6.5.3) según corresponda. La segunda opción permite activar o desactivar las disposiciones especiales del capítulo 21 del ACI 318-95. Por último, el recuadro riesgo sísmico permite definir el nivel de sismicidad, alto o moderado, que se considerará para el diseño del elemento.

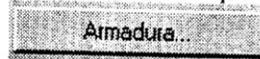
El efecto que estas opciones tienen en cada uno de los diseños se indica al analizar cada uno de los elementos en detalle.

Resultados

Una vez ingresados todos los datos, presionando el botón **"Armadura..."** (ubicado en las tarjetas Sección y Solicitaciones) se calculan y muestran los resultados en una caja de diálogo específica para cada tipo de elemento. Estos resultados, además de un eco de los datos de entrada pueden ser visualizados mediante el Informe por Pantalla

ubicado en **Informes/Pantalla** del menú principal o con el botón  en la barra de herramientas.

Es posible modificar cualquier parámetro del elemento y solicitar inmediatamente un recálculo de la armadura, capacidad que se ha incorporado con el objeto de facilitar el análisis de sensibilidad previo a obtener un reporte definitivo. El informe sólo se actualiza una vez que se ha solicitado el recálculo de los resultados con el botón



Valores predeterminados

Al generar un tarjetero de diseño adicional, teniendo ya abierto un tarjetero correspondiente al mismo tipo de elemento y sección, se conservan para el nuevo tarjetero los valores de sección, esfuerzos y propiedades estándar del tarjetero anterior.

Al generar un tarjetero de diseño de un tipo de elemento para el cual no existe un tarjetero anterior abierto, se usan los valores predeterminados definidos en la opción propiedades del menú principal o en el botón **"Propiedades Predeterminadas"**.

Diseño de vigas

Criterios de diseño

Flexión

Para el diseño a flexión se supone el bloque rectangular de tensiones propuesto en el ACI 318-95 (10.2.7). Por otra parte, se supone un comportamiento del acero perfectamente elastoplástico. En cuanto a la máxima deformación utilizable en la fibra extrema en compresión del hormigón, aunque el ACI 318-95 recomienda un valor de 0.003 (10.2.3) se ha dejado a criterio del usuario el definir este parámetro en la tarjeta de **"Datos Estándar"**.

Para el cálculo de la armadura mínima se consideran los siguientes criterios:

- a) si: $Cap_{21} = No$ y $Ind_{riesgo_sismico} = moderado$
 - se usa como armadura mínima 1.33 A_s calculado

- b) si: Cap₂₁ = No y
ind_riesgo_sismico = alto
- o: Cap₂₁ = Si y
ind_riesgo_sismico = moderado
- se usa como armadura mínima para **As** la recomendada en ACI 318-95 (10.5.1, 10.5.2)
- c) si: Cap₂₁ = Si y
ind_riesgo_sismico = alto
- se usa como armadura mínima la recomendada en ACI 318-95 (10.5.1, 10.5.2), tanto para **As** como para **As'**.

La cantidad máxima aceptable de armadura se ha establecido para todas las condiciones de diseño en: **0.025b_wd** para secciones rectangulares y también para el alma de secciones T, para el ala de secciones T se considera como armadura máxima **0.025bd** (ACI 318-95, 21.3.2.1)

Corte

Para el diseño al corte de vigas se consideran los siguientes criterios:

- a) si: Cap₂₁ = No y
ind_riesgo_sismico = alto
- ϕ corte = 0.6 (9.3.4.1)
- b) si: Cap₂₁ = No y
ind_riesgo_sismico = moderado
- ϕ corte = 0.85 (9.3.2.3)
- c) si: Cap₂₁ = Si y
ind_riesgo_sismico = moderado
- ϕ corte = 0.85 (9.3.2.3, 9.3.4.1)
- Nota:** Se asume en este caso que **Vu** proviene de un diseño por capacidad y, además, en el cálculo de **Vn** se considera el aporte del hormigón ($V_c < > 0$)
- d) si: Cap₂₁ = Si y
ind_riesgo_sismico = alto
- ϕ corte = 0.85 (9.3.2.3, 9.3.4.1)
- Nota:** Se asume que **Vu** proviene de un diseño por capacidad y en el cálculo de **Vn** **no** se considera el aporte del hormigón ($V_c = 0$) (21.3.4.2)

- e) Las fórmulas detalladas para calcular la contribución del hormigón a la resistencia al corte son las indicadas en la sección 11.3.2 del ACI 318-95

No se toman en cuenta en este programa los artículos 21.8.4.2 ni 21.8.4.3 del ACI 318-95 por ser disposiciones de confinamiento referidas al elemento como un todo y no a nivel seccional.

Tampoco los artículos 21.3.3.1, 21.3.3.2, 21.3.3.3, 21.3.3.4, 21.3.3.5 ni 21.3.3.6 del ACI 318-95 por ser también disposiciones de confinamiento referidas al elemento como un todo y no a nivel seccional.

En los dos casos anteriores el usuario debe considerar, cuando sean aplicables, dichas disposiciones al momento de armar el elemento.

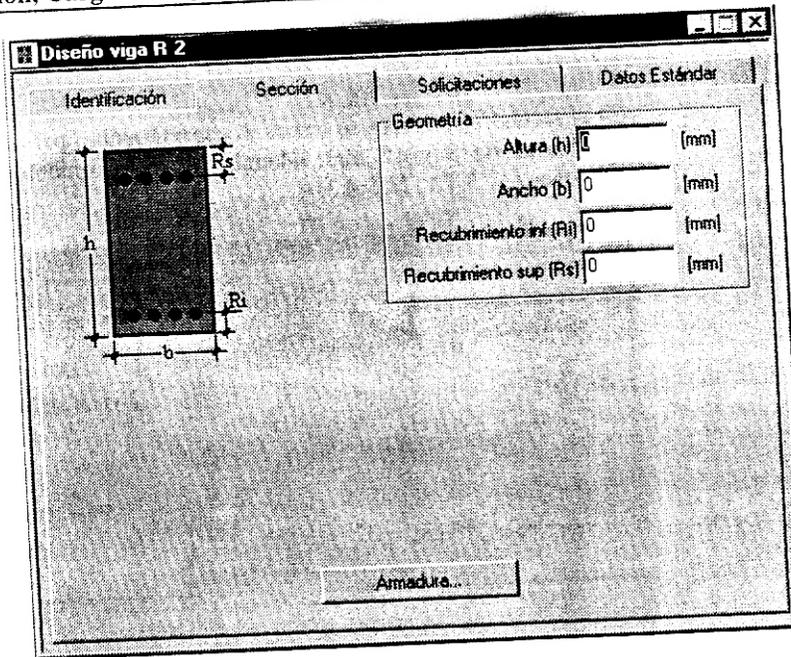
Tarjeta solicitaciones

Esta tarjeta permite ingresar las solicitaciones mayoradas (amplificadas por los factores de carga correspondientes) para las cuales se diseñará el elemento, expresadas en el sistema de unidades que se haya especificado. Para el caso de vigas debe ingresarse el momento último (M_u) y la fuerza de corte última (V_u).

The screenshot shows a software window titled "Diseño viga R 2". It has four tabs: "Identificación", "Sección", "Solicitaciones", and "Datos Estándar". The "Solicitaciones" tab is active. Under the heading "Cargas Mayoradas", there are two input fields: "Momento último (Mu)" with a value of 0 and units "(N-mm)", and "Corte último (Vu)" with a value of 0 and units "(N)". At the bottom of the window, there is a button labeled "Amadura...".

Tarjeta sección para vigas rectangulares

En el caso de una viga rectangular se deben ingresar la altura de la sección (h), su ancho (b) y los recubrimientos, tanto inferior como superior. Ambos recubrimientos corresponden a la distancia desde el borde de la sección al centroide de la armadura inferior o superior respectivamente.



Las dimensiones ingresadas deben satisfacer las siguientes restricciones:

- $b, h > 0$
- $R_s, R_i \geq 0$
- $R_i \leq h/2$
- $R_s \leq h/2$

En caso de existir una incongruencia geométrica, el programa no permite abandonar esta tarjeta hasta que se haya corregido dicha inconsistencia.

Tarjeta resultados para vigas rectangulares

Esta caja de diálogo se despliega al pulsar el botón "Armadura..." y muestra los resultados del diseño solicitado. Esta caja puede mantenerse abierta mientras se modifican datos del tarjetero de diseño, al pulsar nuevamente el botón "Armadura..." se actualizan los valores en la caja de diálogo de resultados.

En el recuadro **Flexión** se muestra tanto la armadura longitudinal efectivamente calculada por el programa (superior e inferior) como la armadura recomendada, esta última incluye consideraciones de armadura mínima y máxima.

En el recuadro **Corte** se indica la tensión de corte en la sección y el área de armadura transversal por unidad de longitud (calculada y mínima). Para transformar estos valores a espaciamiento de una configuración dada de estribos, basta dividir la suma del área de todas las ramas del estribo que contribuyen a la resistencia al corte por A_v/s .

En el cálculo de A_v/s min se ha considerado el área mínima de armadura de corte indicada en la sección 11.5.5.3 del ACI 318-95.

En el recuadro **Estribos** se indica el espaciamiento para estribos simples (dos ramas) con barras de 8 y 10 mm, además del espaciamiento máximo de acuerdo a las secciones (11.5.4.1, 11.5.4.3)

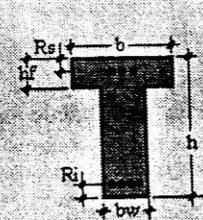
Diseño viga rectangular			
Flexión		Calculada	Recomendada
Armadura Superior	[mm ²]	0.000	0.000
Armadura Inferior	[mm ²]	615.634	615.634
Estribos		Corte	
#8 @	[mm]	Vu/bd [MPa]	2.222
#10 @	[mm]	Av/s [mm]	1.272
S mín	[mm]	Av/s mín [mm]	0.238

Cerrar

Tarjeta sección para vigas T

Para el caso de secciones T, se deben ingresar el ancho del ala (**b**), el ancho del alma (**bw**), la altura total de la sección (**h**), la altura del ala (**hf**) y los recubrimientos tanto superior como inferior. Todos estos parámetros se identifican en la figura incluida en la tarjeta.

Diseño viga T 3

Identificación	Sección	Solicitaciones	Datos Estándar
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Geometría</p> <p>Ancho del ala (b) <input type="text" value="400"/> [mm]</p> <p>Ancho del alma (bw) <input type="text" value="300"/> [mm]</p> <p>Altura total (h) <input type="text" value="500"/> [mm]</p> <p>Altura del ala (hf) <input type="text" value="150"/> [mm]</p> <p>Recubrimiento inf (Ri) <input type="text" value="50"/> [mm]</p> <p>Recubrimiento sup (Rs) <input type="text" value="50"/> [mm]</p> </div> </div>			
<p>Armadura...</p>			

Estas dimensiones deben satisfacer las siguientes restricciones:

- $b, h, hf, bw > 0$
- $b > bw$
- $h > hf$
- $Rs, Ri \geq 0$
- $Ri \leq (h - hf)/2$
- $Rs \leq h/2$

Tarjeta resultados para vigas T

Esta caja de diálogo es casi idéntica a la desplegada en el caso de vigas rectangulares, la única diferencia corresponde al cálculo del esfuerzo de corte, para el cual se considera como área de corte $bw*d$.

Diseño viga te				
Flexión		Calculada	Recomendada	
Armadura Superior	[mm ²]	0.000	0.000	
Armadura Inferior	[mm ²]	608.198	608.198	
Estribos		Corte		
#8 @	[mm]	79.392	V_u/bwd [MPa]	2.222
#10 @	[mm]	112.500	Av/s [mm]	1.272
S máx	[mm]	112.500	Av/s mín [mm]	0.238

Diseño de columnas

Criterios de diseño

Flexo compresión

Para el diseño a flexo compresión de columnas se supone el bloque rectangular de tensiones propuesto en el ACI 318-95 (10.2.7). Por otra parte, se supone un comportamiento del acero perfectamente elastoplástico con una deformación máxima utilizable por tracción de 0,01. En cuanto a la máxima deformación utilizable en la fibra extrema en compresión del hormigón, aunque en ACI 318-95 se recomienda un valor de 0.003 (10.2.3) se ha dejado a criterio del usuario el definir este parámetro en la tarjeta de "Datos Estándar".

Como armadura mínima se considera un 1% del área bruta de la sección en todos los casos, en tanto que, como armadura máxima, se acepta un 8% de la sección bruta cuando no se aplica el capítulo 21 (10.9.1) y un 6% cuando si se aplica (21.4.3.1).

Corte

Para el diseño al corte de columnas se han considerado los siguientes criterios:

- a) si: Cap_21 =No y
ind_riesgo_sismico = alto

→ ϕ corte = 0.6 (9.3.4.1)
- b) si: Cap_21 =No y
ind_riesgo_sismico = moderado

→ ϕ corte = 0.85 (9.3.2.3)
- c) si: Cap_21 =Si y
ind_riesgo_sismico = moderado

o Cap_21 =Si y
ind_riesgo_sismico = alto

→ ϕ corte = 0.85 (9.3.2.3, 9.3.4.1)

Nota: Se asume que V_u proviene de un diseño por capacidad, y en el cálculo de V_n se considera el aporte del hormigón ($V_c > 0$)

- d) Las fórmulas detalladas para calcular la contribución del hormigón a la resistencia al corte se encuentran en la sección 11.3.2 del ACI 318-95.

Confinamiento

El confinamiento de columnas rectangulares se calcula sólo cuando Cap_21=Si y además ind_riesgo_sismico = alto, para ello se aplica la sección 21.4.4.1.

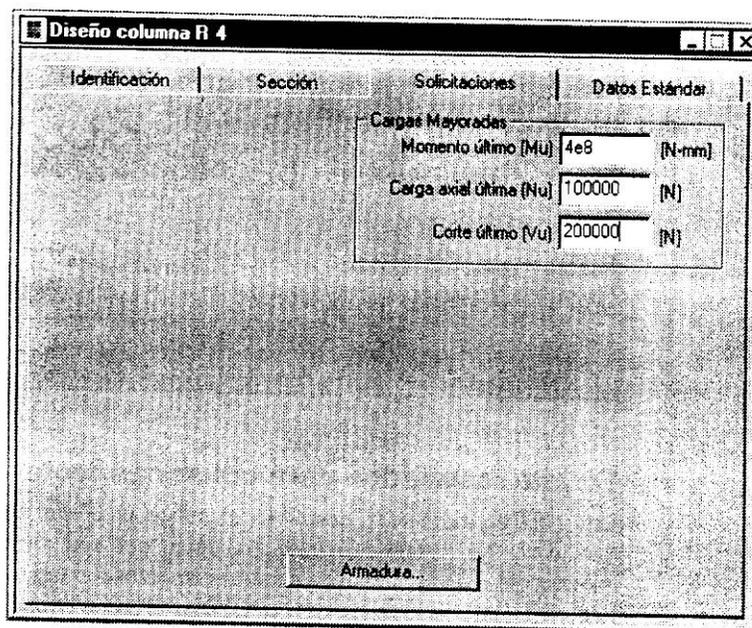
El confinamiento de columnas circulares se calcula aplicando la sección 21.4.4.1 cuando Cap_21=Si y además ind_riesgo_sismico = elevado, para otras condiciones el confinamiento se calcula aplicando la sección 10.9.3

No se toman en cuenta en este programa las disposiciones de los artículos 7.10.4 y 7.10.5, ni los artículos 21.8.5.1, 21.8.5.2 ni 21.8.5.4 del ACI 318-95 por ser disposiciones de confinamiento referidas al elemento como un todo y no a nivel seccional.

En el caso anterior, el usuario debe considerar, cuando sean aplicables, dichas disposiciones al momento de armar la columna.

Tarjeta solicitaciones

Esta tarjeta permite ingresar las cargas mayoradas (amplificadas por los factores de carga correspondientes) para las cuales se diseñará el elemento, expresadas en el sistema de unidades que se haya especificado. Para el caso de columnas debe ingresarse el momento último (M_u), la fuerza axial última (N_u) y la fuerza de corte última (V_u).



Tarjeta sección para columnas rectangulares

En el caso de una columna rectangular se deben ingresar la altura de la sección (h), su ancho (b) y el recubrimiento. Este último corresponde a la distancia desde el extremo de la sección al centroide de las barras de compresión o tracción para barras concentradas en los extremos, y corresponde a la distancia desde el borde de la sección hasta el eje de las barras más próximas a dicho borde para barras distribuidas.

Los valores ingresados deben satisfacer los siguientes requisitos:

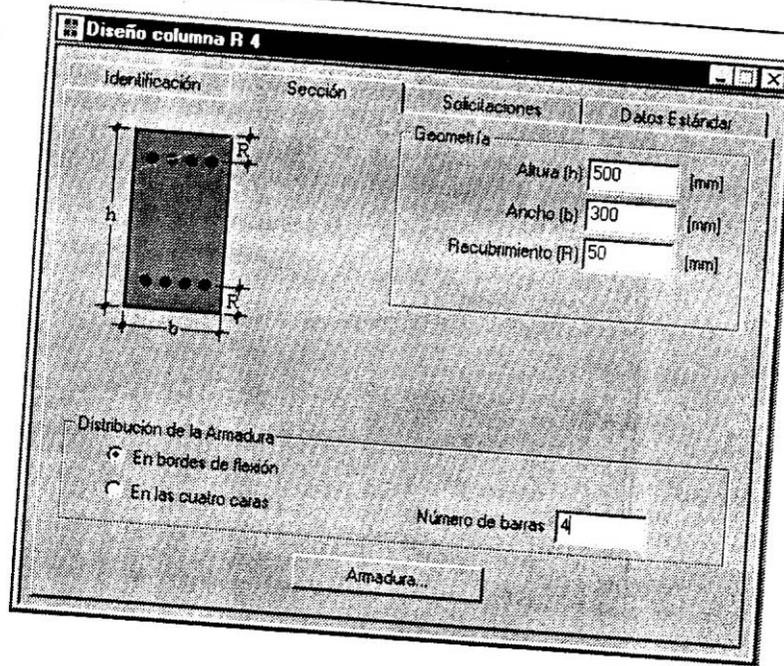
$$b, h > 0$$

$$R_s, R_i \geq 0$$

$$R_s, R_i \leq h/2$$

Además, se debe indicar la distribución de la armadura, la que puede estar distribuida en el perímetro o concentrada en los bordes, y el número de barras a considerar (4, 8, 12, 16), este último parámetro sólo es relevante cuando la armadura está distribuida en todo el perímetro de la sección.

Como en el caso de vigas, el programa no deja abandonar esta tarjeta mientras existan inconsistencias geométricas.



Tarjeta resultados para columnas rectangulares

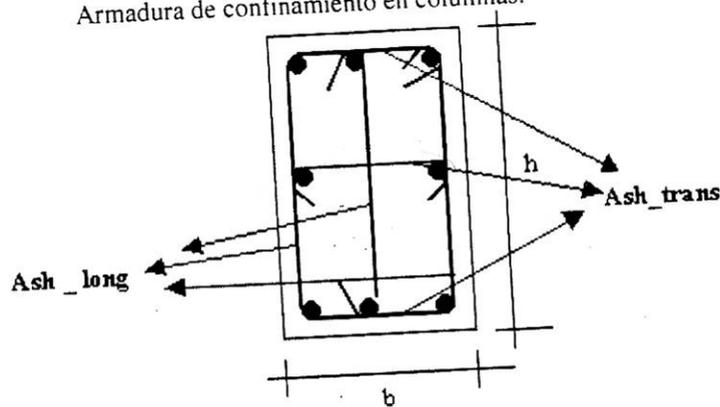
Esta caja de diálogo se despliega al pulsar el botón “Armadura...”, y muestra los resultados del diseño solicitado. Al igual que todas las cajas de resultados, puede mantenerse abierta mientras se modifican datos del tarjetero de diseño.

En el recuadro **Flexo compresión** se muestra tanto la cuantía de armadura longitudinal como el área total de acero calculada.

En el recuadro **Corte** se indica el esfuerzo de corte en la sección, la armadura al corte requerida, como área total de estribos (suma de todas las ramas del estribo en la dirección del esfuerzo de corte) dividida por el espaciamiento, la armadura mínima requerida expresada en la misma forma, el espaciamiento necesario para un estribo simple (de dos ramas) de diámetro 10 mm y el espaciamiento máximo aceptable.

En el recuadro **Confinamiento** se indica: el espaciamiento máximo de la armadura de confinamiento, el área total de armadura de confinamiento por unidad longitud en el sentido longitudinal de la sección de la columna (paralelo a la dirección h), el espaciamiento requerido para una barra de 10 mm en el mismo sentido, el área total de armadura de confinamiento por unidad de longitud en el sentido transversal de la sección de la columna (paralelo a la dirección b) y el espaciamiento requerido para una barra de 10 mm en el mismo sentido. (para obtener el espaciamiento cuando el confinamiento está dado por varias ramas, se debe dividir el área total de armadura de confinamiento en la dirección considerada por el coeficiente Ash/s).

Armadura de confinamiento en columnas:



Diseño columna rectangular			
Flexo-compresión			
Cuántía Total (ρ_g)		0.035	
Armadura Total (mm^2)		5273.436	
Confinamiento		Corte	
S máx [mm]	0.000	V_u/bd [MPa]	1.491
A_{sh}/s_{long} [mm]	0.000	A_v/s [mm]	0.621
$\#10$ long @ [mm]	0.000	A_v/s mín [mm]	0.238
A_{sh}/s_{trans} [mm]	0.000	$\#10$ @ [mm]	225.000
$\#10$ trans @ [mm]	0.000	S máx [mm]	225.000
Cerrar			

Tarjeta sección para columnas circulares

En el caso de una columna circular se deben ingresar el diámetro de la sección (d) y el recubrimiento.

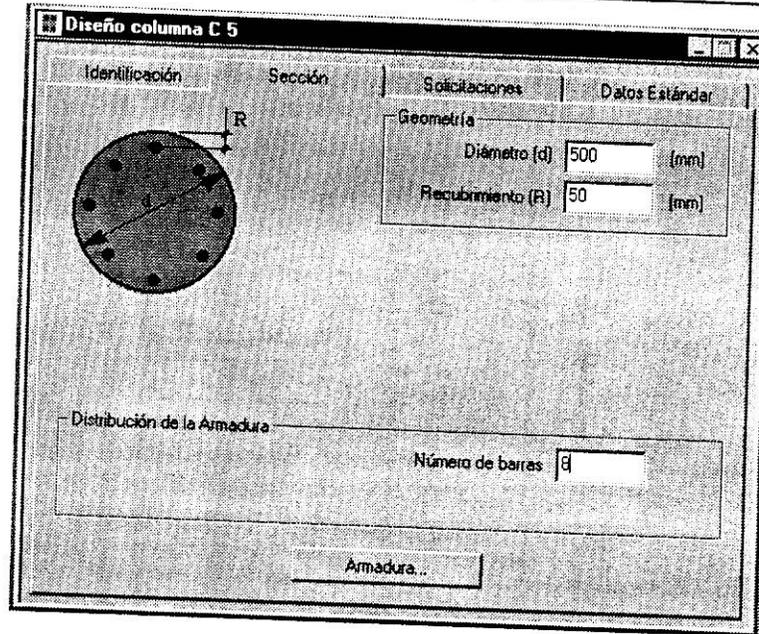
Los valores ingresados deben satisfacer los siguientes requisitos:

$$d > 0$$

$$R \geq 0$$

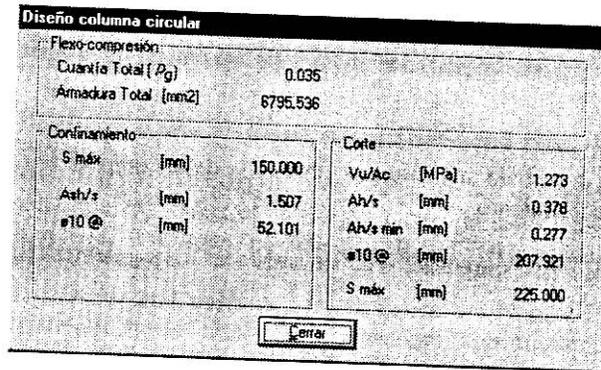
$$R \leq d/2$$

Además se debe indicar el número de barras a considerar (6, 8, 10, 12).



Tarjeta resultados para columnas circulares

Esta caja de diálogo se despliega al pulsar el botón “Armadura...”, y muestra los resultados del diseño solicitado.



En el recuadro **Flexo compresión**, al igual que en columnas rectangulares, se muestra tanto la cuantía de armadura longitudinal como el área total de acero calculada.

En el recuadro **Corte** se indica el esfuerzo de corte en la sección, la armadura al corte requerida dividida por el espaciamiento, la armadura mínima requerida expresada en la misma forma, el espaciamiento necesario para un zuncho de diámetro 10 mm y el espaciamiento máximo aceptable.

En el recuadro **Confinamiento** se indica: el espaciamiento máximo entre zunchos requerido por confinamiento, el área de zunchos por unidad de longitud de la columna y el espaciamiento requerido para zunchos formados con barras de diámetro 10 mm.

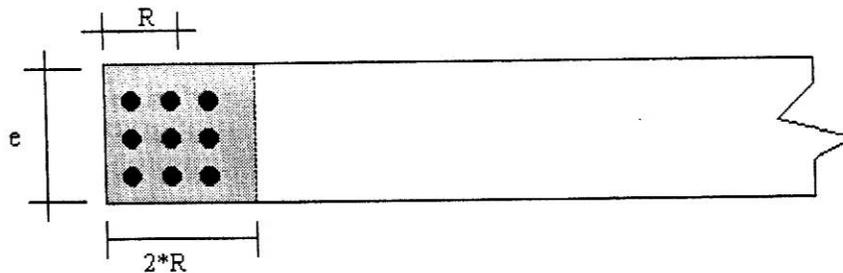
Diseño de muros

Criterios de diseño

Flexo compresión

El diseño a flexo compresión de muros se realiza en general de la misma forma que para columnas, salvo cuando Cap_21=Si y además Riesgo Sísmico = alto, en esta condición el muro se diseña considerando elementos de borde si la tensión en la fibra extrema en compresión supera $0.2 f_c'$ (21.6.6), en caso contrario el muro se diseña de todas formas como un elemento en flexo compresión.

Para el caso de muros no se ha considerado una armadura mínima de borde, por lo cual este punto queda a criterio del usuario. Respecto a la armadura máxima de borde, ella se ha establecido en un 8% (cuando no se aplica el Cap_21) o un 6% (cuando si se aplica el Cap_21) del área formada por un sector de borde limitado por el ancho del muro (e) y dos veces la distancia desde el borde del muro al centroide de la armadura (recubrimiento R). En caso que el programa indique que la sección no es capaz de resistir las solicitaciones puede intentarse un recálculo aumentando el recubrimiento R .



Elemento de borde en muros

Sólo se considera el cálculo de elementos de borde según la sección 21.6.6 del ACI 318-95 si CAP_21 = Si y el Riesgo Sísmico es alto, y además la tensión de compresión en la fibra extrema del muro es superior a $0.2 f_c'$.

El programa selecciona automáticamente las dimensiones del elemento de borde de acuerdo a los siguientes criterios: el largo del elemento de borde es igual a dos veces el ancho del muro, el ancho mínimo del elemento de borde es igual al ancho del muro, el ancho del elemento de borde no debe ser mayor a cuatro veces el ancho del muro, y la cuantía de armadura longitudinal en el elemento de borde no puede ser superior a un 6%.

El confinamiento de estos elementos de borde se realiza al igual que en el caso de columnas de acuerdo a la sección 21.4.4.1.

Corte

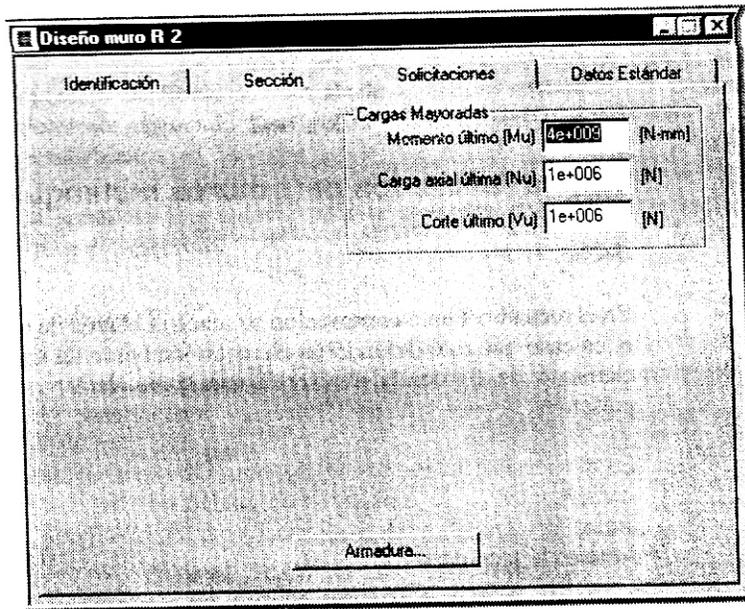
Para el diseño al corte de muros se han considerado los siguientes criterios:

- a) si: ind_riesgo_sismico = alto
 - ϕ corte = 0.6 (ACI 9.3.4.1 y 9.3.2.3)
- b) si: ind_riesgo_sismico = moderado
 - ϕ corte = 0.85 (ACI 9.3.4.1 y 9.3.2.3)
- c) si: Cap_21 = Si y detallado = no
 - La resistencia nominal al corte del hormigón V_n , se calcula de acuerdo a la sección 21.6.5.2
- d) si: Cap_21 = Si y detallado = si
 - La resistencia nominal al corte del hormigón V_n , se calcula de acuerdo a la sección 21.6.5.3
- e) si: Cap_21 = No y detallado = no
 - La resistencia nominal al corte del hormigón V_n , se calcula de acuerdo a la sección 11.10.5
- f) si: Cap_21 = No y detallado = si
 - La resistencia nominal al corte del hormigón V_n , se calcula de acuerdo a la sección 11.10.6.

La armadura mínima al corte se determina de acuerdo a las secciones 11.10.9.2, 11.10.9.4 y 21.6.5.5.

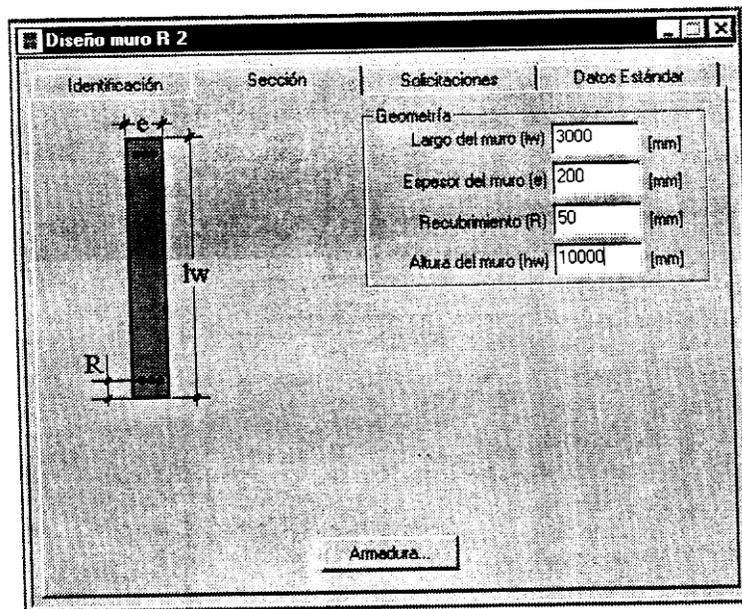
Tarjeta solicitaciones

Esta tarjeta permite ingresar las cargas mayoradas (amplificadas por los factores de carga correspondientes) para las cuales se diseñará el elemento, expresadas en el sistema de unidades que se haya especificado. Para el caso de muros debe ingresarse el momento último (M_u), la fuerza axial última (N_u) y la fuerza de corte última (V_u).



Tarjeta sección para muros rectangulares

En el caso de un muro se deben ingresar la longitud del muro (l_w), su espesor (e), el recubrimiento (R) considerado como la distancia desde el extremo del muro a la posición del centroide de la armadura de borde. Además debe ingresarse la altura total del muro desde la base hasta su coronamiento (h_w).



Los valores ingresados deben satisfacer los siguientes requisitos:

$$lw, e, hw > 0$$

$$R \geq 0$$

$$R \leq lw/2$$

Tarjeta resultados para muros rectangulares

Esta tarjeta se despliega al seleccionar el botón “**Armadura...**” en el tarjetero de diseño.

En el recuadro **Flexo compresión** se muestra el área de acero requerida en cada borde o, en caso que esté definido un elemento de borde, la armadura longitudinal de dicho elemento de borde. Puede verificarse si el elemento de borde ha sido definido pulsando el botón “**Borde...**” en esta misma tarjeta.

En el recuadro **Corte** se indica, tanto para la armadura distribuida horizontal como vertical, el área de armadura por unidad de longitud calculada, el área mínima de armadura expresada de la misma forma, el espaciamiento máximo y el esfuerzo de corte en la sección.

En el recuadro **Espaciamiento doble malla** se indica el espaciamiento de la armadura distribuida, para barras de 8 y 10 mm. Donde **vertical** corresponde al espaciamiento de las barras verticales y **horizontal** corresponde al espaciamiento de las barras horizontales.

Diseño muro rectangular			
Flexo-compresión			
Armadura de borde	[mm ²]	4439.146	
Corte			
		Cuántía Horizontal	Cuántía Vertical
A/s	[mm]	1.257	0.500
A/s mín	[mm]	0.500	0.500
S máx	[mm]	500.000	500.000
Esfuerzo de corte	[MPa]	2.093	
Espaciamiento doble malla			
		#8 @	#10 @
Vertical	[mm]	202.000	314.000
Horizontal	[mm]	80.375	124.939
		<input type="button" value="Cerrar"/>	<input type="button" value="Borde..."/>

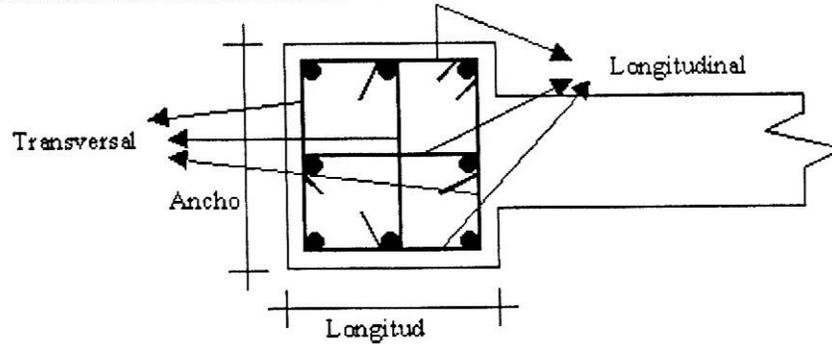
Para el caso en que se calcula el elemento de borde, se activa el botón "Borde...", el cual permite visualizar la siguiente tarjeta, en ella se indica el ancho y largo del elemento de borde además de la armadura requerida por confinamiento para este elemento, siguiendo las mismas convenciones descritas para el caso de columnas rectangulares.

La armadura longitudinal de este elemento de borde es la indicada en el recuadro Flexo compresión.

Elemento de borde			
Dimensión			
Ancho	[mm]	220.000	
Longitud	[mm]	400.000	
Confinamiento			
		Longitudinal	Transversal
Ash/s	[mm]	1.151	2.302
#10 @	[mm]	55.000	34.107
S.máx	[mm]	55.000	

Cerrar

Armadura de confinamiento en elemento de borde de muros:

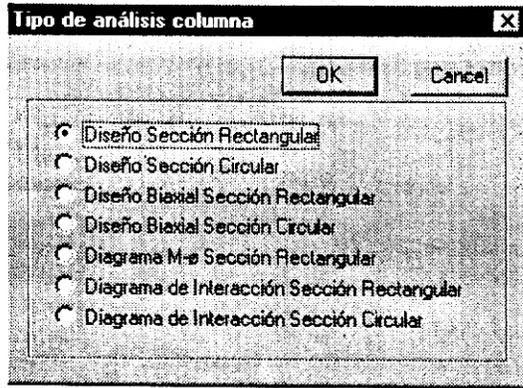


Capítulo 3

Diseño a Flexión Biaxial

Introducción

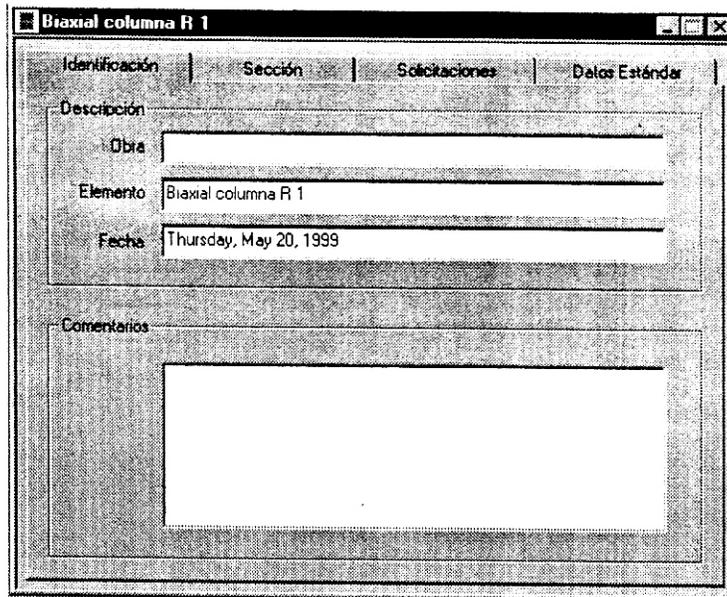
El diseño para flexión biaxial y carga axial está disponible sólo para columnas rectangulares y circulares. Para realizar esta operación debe seleccionar en la caja de diálogo de columnas la alternativa “Diseño Biaxial Sección Rectangular” o “Diseño Biaxial Sección Circular”.



Una vez hecho lo anterior se despliega un tarjetero de diseño, con las tarjetas Identificación, Sección, Solicitaciones y Datos estándar.

Tarjeta identificación

Esta tarjeta es idéntica a la descrita en el capítulo anterior.



Tarjeta solicitaciones

Esta tarjeta es la misma para columnas circulares y columnas rectangulares. En ella se ingresan las solicitaciones de diseño mayoradas. **Mux** corresponde al momento último en torno al eje X; **Muy** corresponde al momento último en torno al eje Y; y **Pu** corresponde a la carga axial última.

Identificación	Sección	Solicitaciones	Datos Estándar
Cargas Mayoradas			
		Momento último X (Mux)	1e+008 [N-mm]
		Momento último Y (Muy)	2e+008 [N-mm]
		Carga axial última (Nu)	1e+006 [N]

Armadura...

Tarjeta datos estándar

Identificación	Sección	Solicitaciones	Datos Estándar
Hormigón			
		Resistencia cilíndrica a los 28 días	25 [MPa]
		Acortamiento máximo	0.003 [m/m]
Aceero			
		Tensión de fluencia armadura longitudinal	420 [MPa]
		Tensión de fluencia armadura transversal	420 [MPa]
		Módulo de elasticidad	210000 [MPa]

Opciones de diseño

Aplicar capítulo 21 del ACI 318-95

Esta tarjeta es la misma tanto para columnas circulares como para columnas rectangulares. Su formato es similar al descrito en el capítulo 2 para el diseño de columnas, la diferencia está en las opciones de diseño que se requiere definir, en este caso sólo se debe indicar si se aplica o no el capítulo 21, lo que influye en el cálculo de la armadura máxima (8% si no se aplica y 6% si se aplica)

Diseño de columnas rectangulares

Criterios de diseño

Para el diseño de secciones rectangulares sometidas a flexión biaxial y carga axial se supone el bloque rectangular de tensiones propuesto en el ACI 318-95 (10.2.7). Por otra parte, se supone un comportamiento del acero perfectamente elastoplástico con una deformación máxima utilizable por tracción de 0.01. En cuanto a la máxima deformación utilizable en la fibra extrema en compresión del hormigón, aunque en ACI 318-95 se recomienda un valor de 0.003 (10.2.3) se ha dejado a criterio del usuario el definir este parámetro en la tarjeta de “**Datos Estándar**”.

En el caso de columnas rectangulares, el cálculo de la armadura se realiza generando primero la roseta de interacción y luego interpolando en ella para los valores de **Mux**, **Muy** definidos por el usuario.

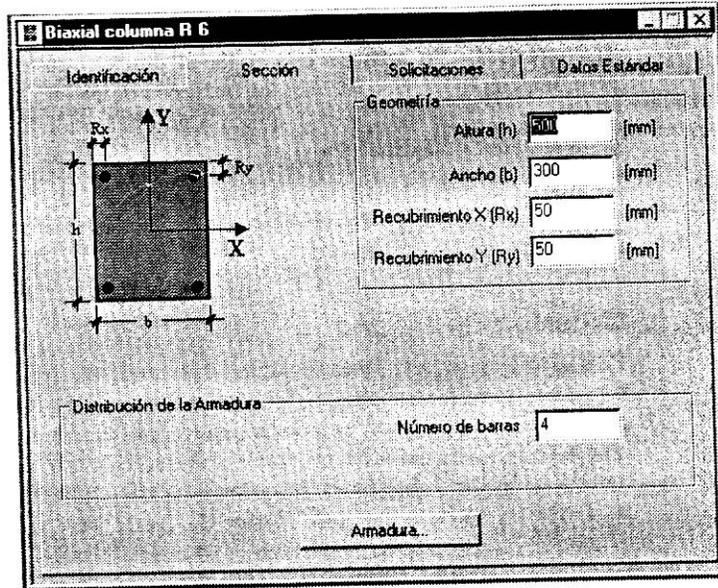
La roseta de interacción se calcula para cuantías de armadura distribuida comprendidas entre un 1% y un 8% (o 6% si se aplica el capítulo 21), determinado 7 puntos para cada cuantía de armadura, correspondientes cada uno de ellos a ángulos entre el eje X y la línea neutra que varían entre 0 y 90°.

Tarjeta sección para columnas rectangulares

La geometría de la sección queda definida por la altura de la sección (**h**), el ancho de la sección (**b**) y los recubrimientos en las direcciones X (**Rx**) e Y (**Ry**). Los valores ingresados deben verificar las siguientes restricciones:

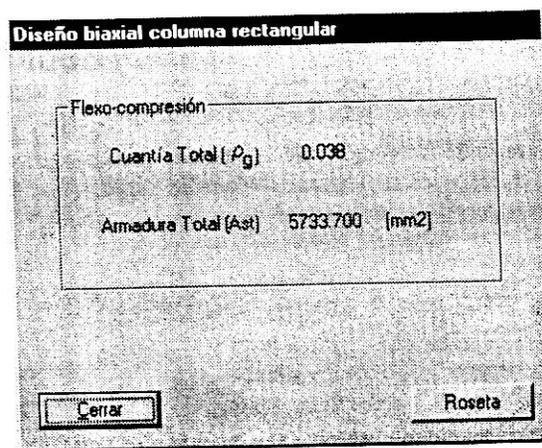
$$\begin{aligned}b, h &> 0 \\Rx, Ry &\geq 0 \\Rx &\leq b/2 \\Ry &\leq h/2\end{aligned}$$

En esta tarjeta se debe indicar además el número de barras en la sección (4, 8, 12, 16).



Tarjeta resultados para columnas rectangulares

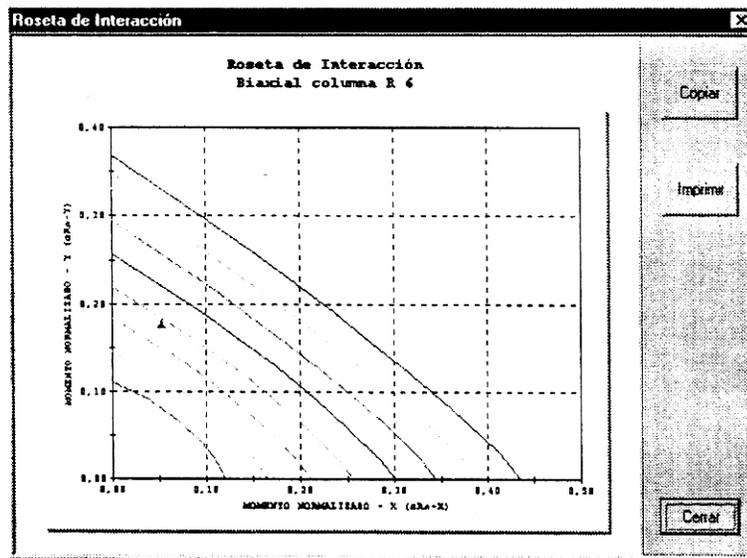
Tras ingresar los datos solicitados, presionando el botón “Armadura...” en las tarjetas sección o solicitaciones se obtienen los resultados del diseño. En la tarjeta correspondiente se despliega la cuantía y cantidad total de armadura longitudinal.



Seleccionado en dicha tarjeta el botón “Roseta” se despliega un gráfico en el cual se muestra la roseta de interacción, en ella los momentos en los ejes han sido normalizados de acuerdo a los siguientes criterios:

$$\begin{aligned} \text{Mux_normalizado} &= \text{Mux} / (\text{Ag} * \text{h} * \text{fc}') \\ \text{Muy_normalizado} &= \text{Muy} / (\text{Ag} * \text{b} * \text{fc}') \end{aligned}$$

En el Informe de Pantalla se tabulan los valores para cada una de las curvas.



El formato gráfico es idéntico al descrito en el capítulo 1, existiendo las opciones de exportar la figura a otros programas con el botón “Copiar”. Imprimir el gráfico o modificar su apariencia (ver detalles del manejo gráfico en el capítulo 1).

Diseño de columnas circulares

Criterios de diseño

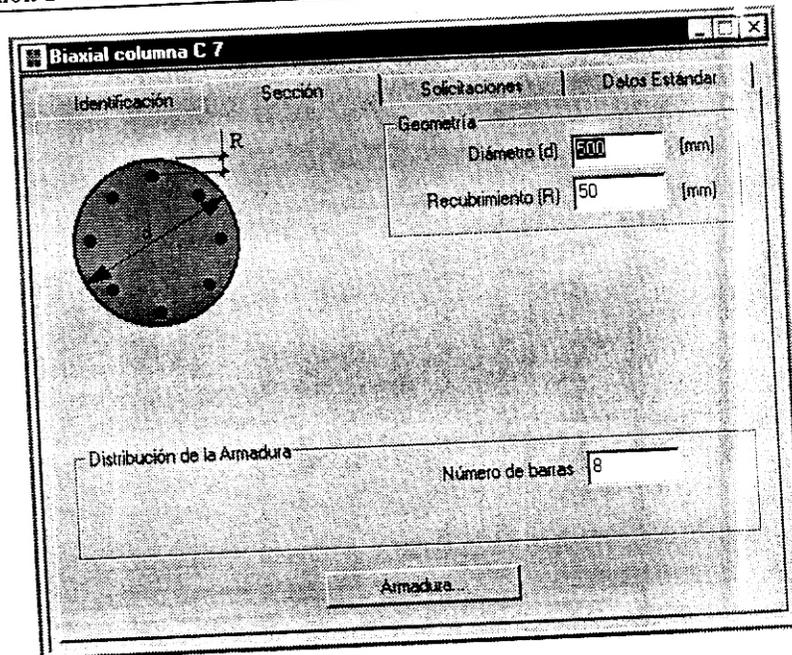
El diseño de columnas circulares a flexión biaxial y carga axial se ha resuelto mediante la combinación vectorial de los momentos en torno a los ejes X e Y, y el posterior diseño como columna sometida a un momento uniaxial.

Tarjeta sección para columnas circulares

La geometría de la sección queda definida por el diámetro de la sección (d) y el recubrimiento (R). Además es necesario indicar el número de barras en la sección (6, 8, 10, 12).

Los valores ingresados deben verificar las siguientes restricciones:

$$\begin{aligned} d &> 0 \\ R &\geq 0 \\ R &\leq d/2 \end{aligned}$$



Tarjeta resultados para columnas circulares

Esta tarjeta de resultados y el gráfico con la roseta de interacción son similares a las descritas para el caso de una columna rectangular.

Seleccionando en dicha tarjeta el botón “Roseta” se despliega un gráfico en el cual se muestra la roseta de interacción, en él los momentos en los ejes han sido normalizados de acuerdo al siguiente criterio:

$$M_{ux_normalizado} = M_{ux} / (A_g * d * f_c')$$

$$M_{uy_normalizado} = M_{uy} / (A_g * d * f_c')$$

Capítulo 4

Diagramas de Interacción

Introducción

La generación de los diagramas de interacción está disponible para columnas, tanto circulares como rectangulares, y para muros rectangulares. Para realizar esta operación se debe seleccionar primero el tipo de elemento deseado (por ejemplo en la barra de herramientas).

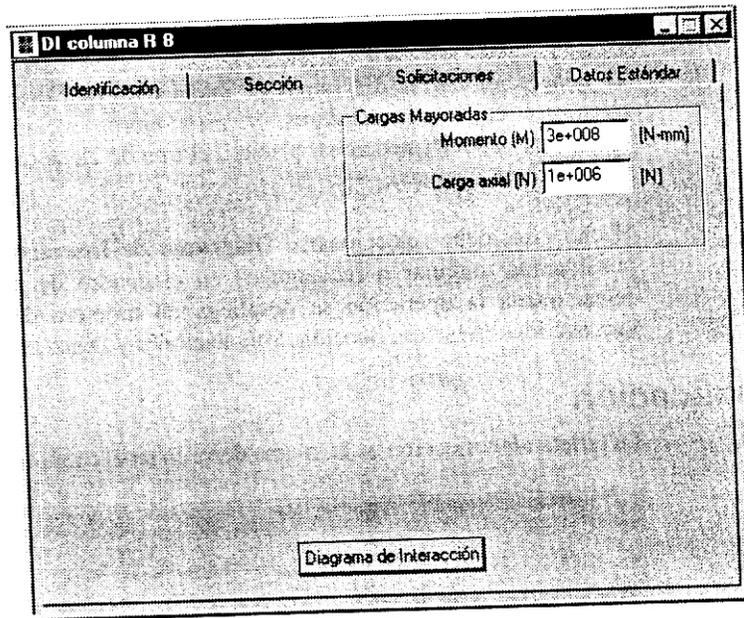
Hecho esto, debe seleccionarse **Diagrama de Interacción** para el tipo de sección considerada (circular o rectangular) en el cuadro de diálogo pertinente. Una vez seleccionada la operación se despliega un tarjetero de diseño con las siguientes tarjetas: Identificación, Sección, Solicitaciones y Datos Estándar.

Tarjeta identificación

La tarjeta identificación es la misma descrita en el capítulo anterior de este manual.

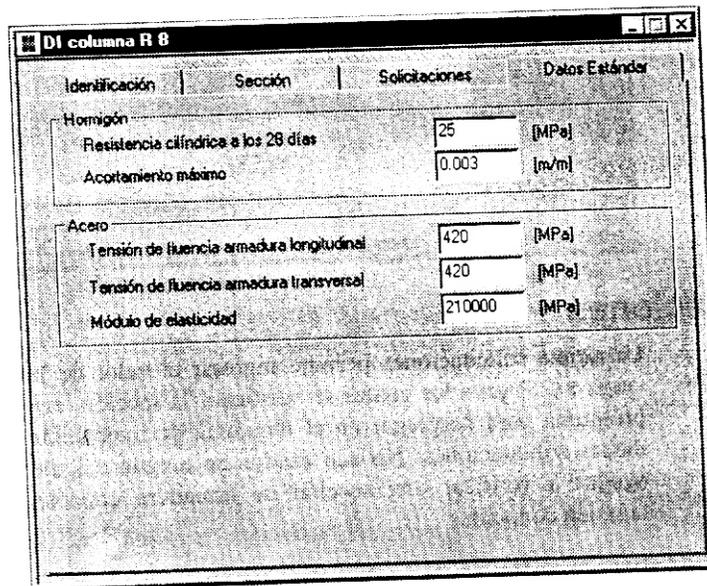
Tarjeta solicitudes

La tarjeta solicitudes permite ingresar el valor de las solicitudes (momento y carga axial) para las cuales se verificará la sección, estos valores son usados por el programa para desplegar en el diagrama de interacción el punto correspondiente a dichas solicitudes. No son usados en ningún cálculo y sólo tienen por finalidad ayudar a verificar una sección de armadura conocida sometida a solicitudes también conocidas.



Tarjeta datos estándar

Esta tarjeta tiene la misma forma que las descritas en los capítulos 2 y 3, con la diferencia que para el caso de los diagramas de interacción sólo se requiere ingresar los datos correspondientes a las características del hormigón y del acero.



Tarjeta sección

Tarjeta sección para columnas rectangulares

Esta tarjeta es similar a la correspondiente al diseño de columnas rectangulares. En ella se deben ingresar la altura de la sección (**h**), su ancho (**b**) y el recubrimiento (**R**). Además es necesario indicar la distribución de la armadura, el número de barras (4, 8, 12, 16) y el área total de acero en la sección.

Estos valores deben cumplir las siguientes restricciones:

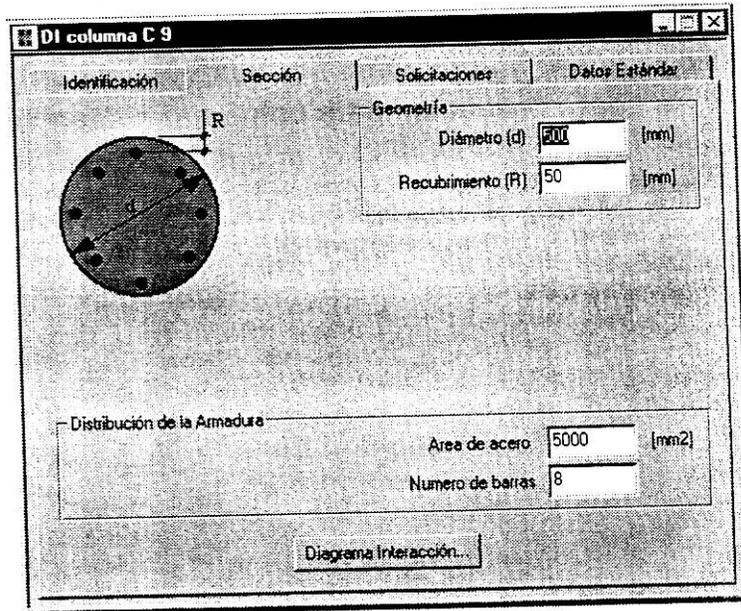
$$b, h > 0$$

$$R \geq 0$$

$$\text{Área acero} \leq 0.2 A_g$$

Tarjeta sección para columnas circulares

Esta tarjeta es similar a la correspondiente al diseño de columnas circulares. En ella se deben ingresar el diámetro de la sección (**d**) y el recubrimiento (**R**). Además, es necesario indicar el número de barras (6, 8, 10, 12) y el área total de acero en la sección.

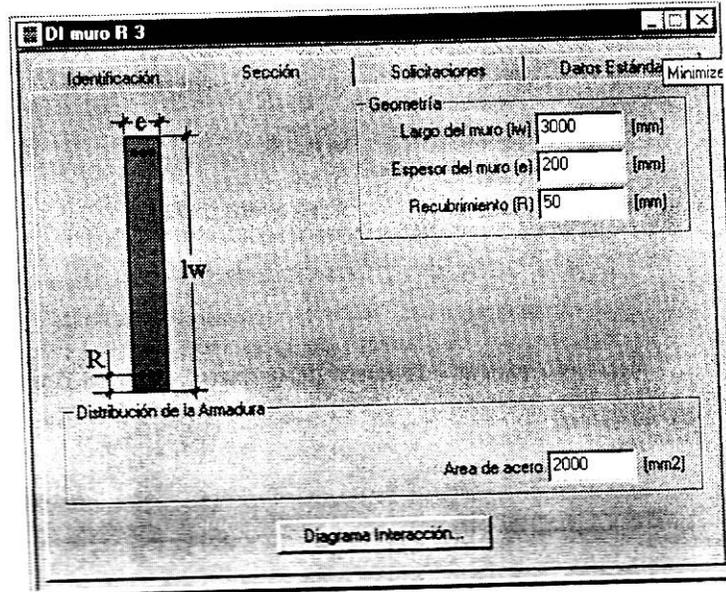


Estos valores deben cumplir las siguientes restricciones:

$$d > 0; \quad R \geq 0$$

$$R \leq d/2; \quad \text{Area acero} \leq 0.2 A_g$$

Tarjeta sección para muros rectangulares



Esta tarjeta es similar a la correspondiente al diseño de muros rectangulares. En ella se deben ingresar el largo del muro (lw), su espesor (e) y el recubrimiento (R). Además del área total de acero, considerada como la suma de la armadura en ambos bordes del muro.

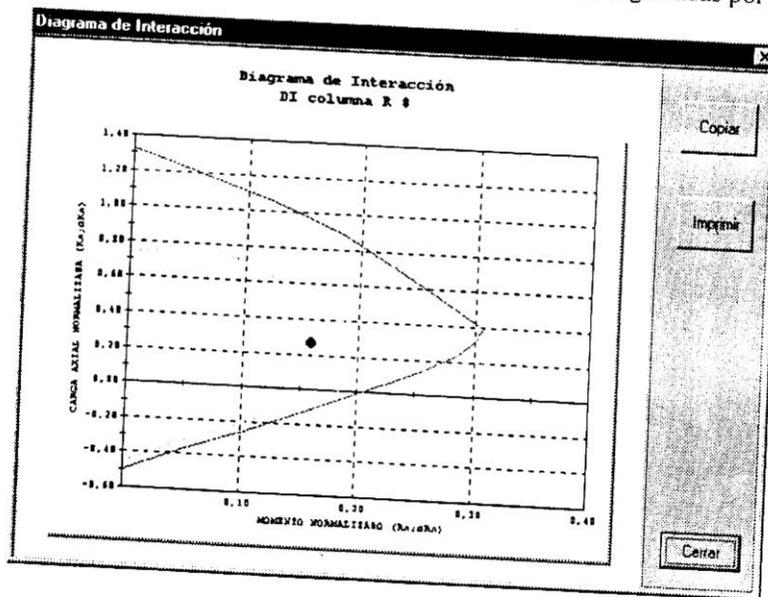
Estos valores deben cumplir las siguientes restricciones:

$$lw, e > 0; \quad R \geq 0$$

$$R \leq lw/2; \quad \text{Area acero} \leq 0.2 Ag$$

Resultados

Tras ingresar todos los datos solicitados, presione el botón “**Diagrama de Interacción**” en las tarjetas sección o solicitaciones. En el diagrama de interacción aparecen graficados los valores de carga axial normalizada (tanto nominal como resistente) y los valores de momento normalizado (nominal y resistente también), además del punto correspondiente a las solicitaciones ingresadas por el usuario.



Los valores normalizados de carga axial y momento se calculan como:

Columnas rectangulares

$$P_{\text{normalizado}} = P / (Ag * fc')$$

$$M_{\text{normalizado}} = M / (Ag * h * fc')$$

Columnas circulares

$$P_{\text{normalizado}} = P / (Ag * fc')$$

$$M_{\text{normalizado}} = M / (Ag * D * fc')$$

Muros

$$P_{\text{normalizado}} = P / (Ag * fc')$$

$$M_{\text{normalizado}} = M / (Ag * lw * fc')$$

Capítulo 5

Diagramas Momento Curvatura

Introducción

La generación de los diagramas momento curvatura está disponible para vigas, tanto rectangulares como T, columnas rectangulares y muros multi rectangulares.

Una vez seleccionado el elemento que se va a analizar en la barra de herramientas o en el menú de opciones, se debe seleccionar la alternativa “Diagrama $M - \phi$ ” en la caja de diálogo correspondiente.

Con ello se despliega un tarjetero de diseño similar a los descritos para el resto de las operaciones del programa. En este caso las cuatro tarjetas existentes son: Identificación, Sección, Armadura y Datos Estándar.

Tarjeta identificación

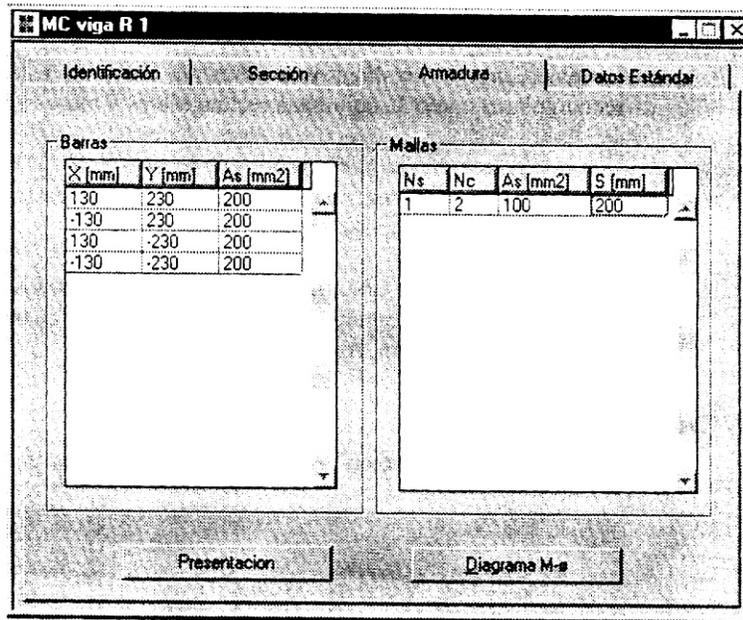
La tarjeta “Identificación” es idéntica a la descrita en el capítulo 1.

MC muro R 1

Identificación	Sección	Armadura	Datos Estándar
Descripción			
Dbre			
Elemento	MC muro R 1		
Fecha	Monday, May 24, 1999		
Comentarios			
[Empty text area]			

Tarjeta armadura

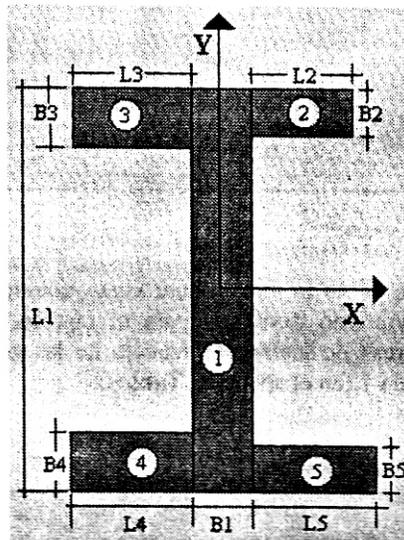
La tarjeta “Armadura” es la misma para vigas, columnas y muros. Consta de dos sectores, el lado izquierdo destinado para el ingreso de barras individuales y el derecho para el ingreso de mallas. El manejo de las grillas de entrada de datos se describe en el capítulo 1 (en el apéndice **Tablas**).



Barras

Para definir barras individuales se deben ingresar las coordenadas y el área de cada barra. El sistema de coordenadas usado en el mostrado en la tarjeta Sección para cada tipo de elemento en particular (El origen de este sistema de coordenadas se ubica en el centro geométrico del sector rectangular 1).

Mallas



Para el ingreso de las mallas es necesario conocer primero la forma en que **Hormigón 318** considera las secciones. El programa trabaja con una sección genérica como la mostrada en la figura anterior.

Por ello, cuando se analizan secciones rectangulares el programa sólo utiliza el sector rectangular 1, para ello considera las siguientes equivalencias:

Altura de la sección rectangular (h) = **L1**

Ancho de la sección rectangular (b) = **B1**

Para el caso de secciones T, las equivalencias son las siguientes:

Altura total de la sección (h) = **L1**

Altura del ala (hf) = **B2 = B3**

Ancho del alma (bw) = **B1**

Ancho del ala (b) = **L2 + B1 + L3** (con **L2 = L3**)

En el caso de muros se consideran los 5 sectores rectangulares y se ingresan directamente los valores **Li** y **Bi**.

Los datos que se deben ingresar para definir una malla son los siguientes:

Ns: corresponde al número de identificación del sector rectangular en el cual se ubica la malla (las vigas y columnas rectangulares usan sólo el sector 1; las vigas T usan los sectores 1, 2 y 3; los muros pueden usar los 5 sectores)

Nc: corresponde al número capas en las que está colocada la malla.

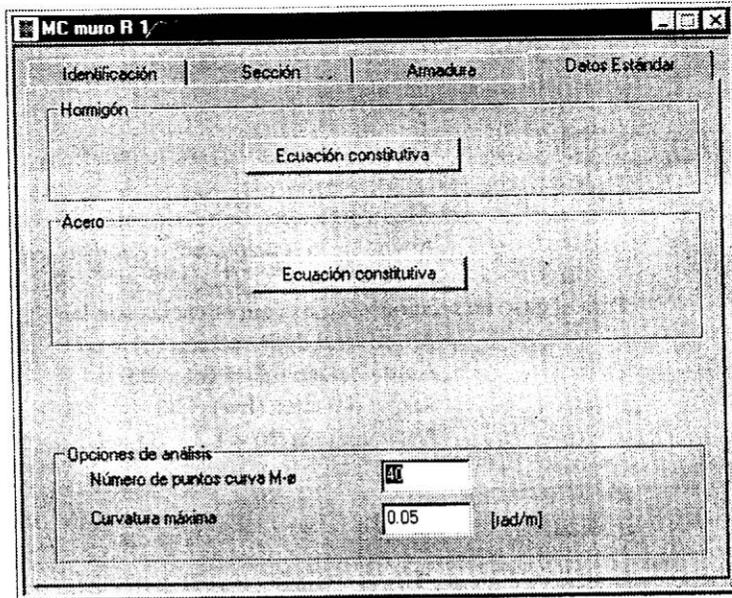
As: corresponde al área individual de las barras que componen la malla.

S: corresponde al espaciamiento entre ejes de barras sucesivas dentro de la malla.

Una vez ingresados los datos de la armadura, es posible visualizar la forma de la sección y la ubicación de las barras usando el botón "**Presentación**".

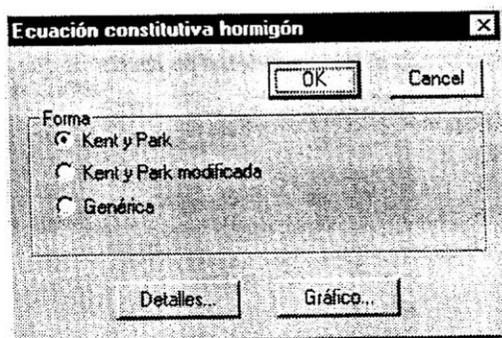
Tarjeta datos estándar

En esta tarjeta se definen las curvas constitutivas que se usarán tanto para el hormigón como para el acero. Además, se debe indicar el número de puntos del diagrama Momento Curvatura y la curvatura máxima hasta la cual se calculará dicho diagrama. El programa selecciona internamente los puntos intermedios, partiendo desde una curvatura nula hasta la curvatura máxima definida, considerando una mayor densidad de puntos en la zona de curvaturas iniciales.



Curvas constitutivas para el hormigón

Esta opción permite seleccionar entre tres alternativas para definir la curva constitutiva para el hormigón, ellas son: Kent y Park; Kent y Park modificada y curva Genérica.



Al presionar el botón “Detalles...” se despliegan los parámetros de la curva seleccionada. Con el botón “Gráfico...” es posible ver la curva esfuerzo-deformación correspondiente. Estas curvas han sido normalizadas en el eje de la tensión, para ello los valores de tensión se han dividido por los factores indicados más adelante:

Curva	Factor de normalización
Kent y Park	f_c'
Kent y Park modificada	f_c'
Genérica Hormigón	tensión máxima

Curva Kent y Park

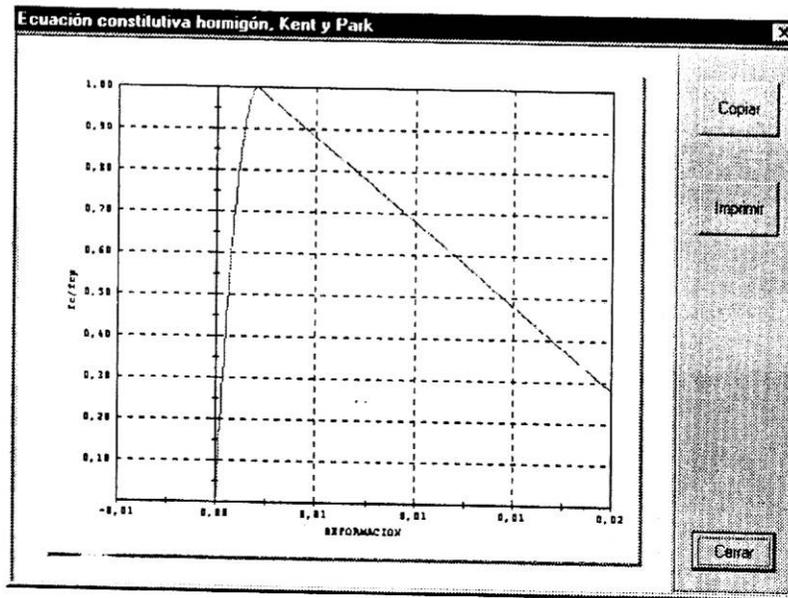
Esta curva tiene tres tramos, un primer tramo recto de tracciones, una curva parabólica de segundo grado desde tensión cero hasta la tensión máxima (f_c') y una zona recta de decaimiento hasta que la tensión se hace nuevamente cero.

Parámetros para ecuación de Kent y Park

Fcp	25	[MPa]
Epo	0.002	[m/m]
Ecd	1000	[MPa]
Fct	0	[MPa]

Los parámetros que definen esta curva son:

- Fcp:** Resistencia cilíndrica del hormigón
- Epo:** Deformación para la tensión máxima (normalmente 0.002)
- Ecd:** Pendiente de la zona de decaimiento (positiva)
- Fct:** Resistencia a la tracción del hormigón (cero o negativa)



Las expresiones que describen a esta curva son las siguientes:

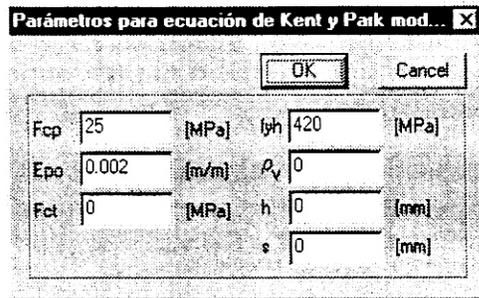
σ	$= \epsilon E_c$	para $E_{p_ct} \leq \epsilon < 0$
σ	$= \epsilon (F_{cp} / E_{po})(2 - \epsilon / E_{po})$	para $0 \leq \epsilon < E_{po}$
σ	$= F_{cp} - E_{cd}(\epsilon - E_{po})$	para $E_{po} \leq \epsilon < E_{po} + F_{ct}/E_{cd}$
σ	$= 0$	en otro caso

Donde:

- σ : tensión
- ϵ : deformación unitaria
- $E_c = 2F_{cp} / E_{po}$
- $E_{p_ct} = F_{ct} / E_c$

Curva Kent y Park modificada

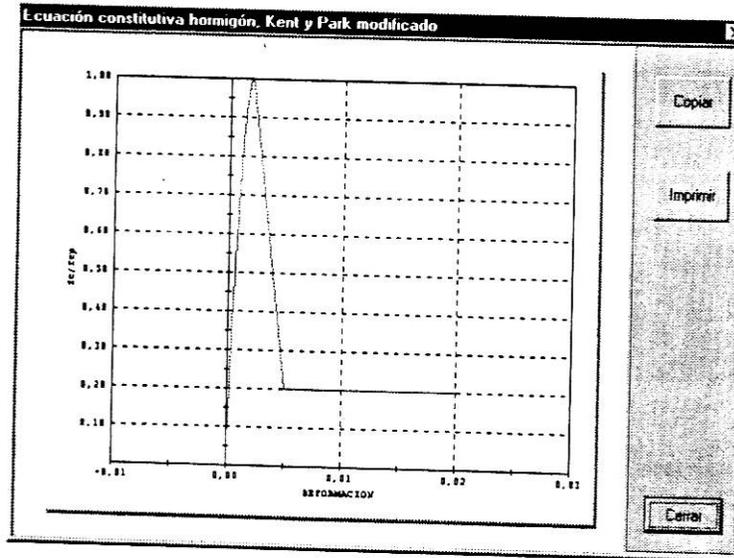
Esta curva es semejante a la anterior pero, además, permite incorporar el efecto del confinamiento del hormigón. Tiene cuatro tramos, un primer tramo recto de tracciones, una curva parabólica de segundo grado desde cero hasta la tensión máxima ($k \cdot f_c'$), una zona de decaimiento recta hasta la tensión mínima y una zona de mantenimiento de la tensión. La máxima deformación por compresión admisible en el hormigón se ha establecido en un 4%.



Los parámetros que definen esta curva son:

- Fcp:** Resistencia cilíndrica del hormigón
- Epo:** Deformación asociada a la tensión máxima sin confinamiento (normalmente 0.002)
- Fct:** Resistencia a tracción del hormigón (cero o negativa)
- fyh:** Tensión de fluencia de la armadura de confinamiento
- rho_v:** Razón entre el volumen de armadura de confinamiento y el volumen del núcleo de hormigón confinado, medido este último entre los bordes externos de la armadura de confinamiento.
- h:** Ancho del núcleo de hormigón confinado, medido entre los bordes externos de la armadura de confinamiento.
- s:** Espaciamiento de la armadura de confinamiento

Una vez definidos los parámetros es posible visualizar la curva usando el botón "Gráfico...".



Las expresiones que describen a esta curva son las siguientes:

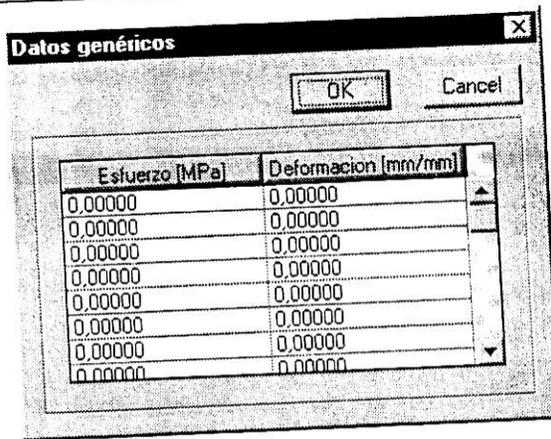
$$\begin{aligned}
 \sigma &= 0 && \text{para } \epsilon_{p_ct} > \epsilon \\
 \sigma &= \epsilon E_c && \text{para } \epsilon_{p_ct} \leq \epsilon < 0 \\
 \sigma &= \epsilon (F_{cp}/E_{po})(2 - \epsilon / (kE_{po})) && \text{para } 0 \leq \epsilon < kE_{po} \\
 \sigma &= kfc'(1 - Z_m(\epsilon - kE_{po})) && \text{para } \sigma > 0.2kfc' \\
 \sigma &= 0.2kfc' && \text{en otro caso}
 \end{aligned}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 \sigma &: \text{tensión} \\
 \epsilon &: \text{deformación unitaria} \\
 k &= 1 + (\rho_v f_{yh}) / (fc') \\
 E_{50u} &= (0.020685 + fc'E_{po}) / (fc' - 6.895) && : \text{con } fc' \text{ en Mpa} \\
 E_{50h} &= 0.75\rho_v (h / s)**0.5 \\
 Z_m &= 0.5 / (E_{50u} + E_{50h} - kE_{po}) \\
 E_c &= 2F_{cp} / E_{po} \\
 \epsilon_{p_ct} &= F_{ct} / E_c
 \end{aligned}$$

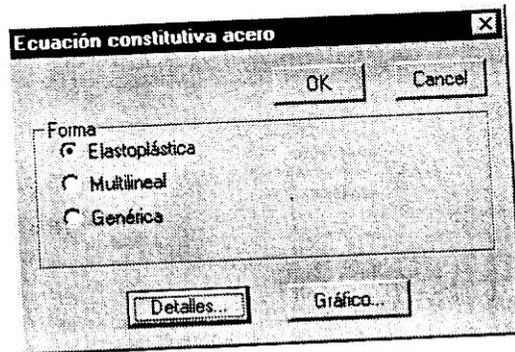
Curva genérica

Esta opción permite definir la curva constitutiva en forma de pares esfuerzo deformación. Es posible copiar estas series de datos desde otros programas, por ejemplo, planillas de cálculo. Sin embargo, para ello, antes de pegar los datos en la grilla es necesario generar tantas líneas en blanco en la grilla de entrada como datos se van a pegar.



Curvas constitutivas para el acero

Esta opción permite seleccionar entre tres alternativas para definir la curva constitutiva del acero: Elastoplástica, Multilineal y Curva Genérica.



Al presionar el botón "Detalles..." se despliegan los parámetros de la curva seleccionada. Con el botón "Gráfico..." es posible ver la curva esfuerzo-deformación correspondiente. Estas curvas han sido normalizadas en el eje de la tensión, para ello los valores de tensión se han dividido por los factores indicados más adelante:

Curva
 Elastoplástica
 Multilineal
 Genérica Acero

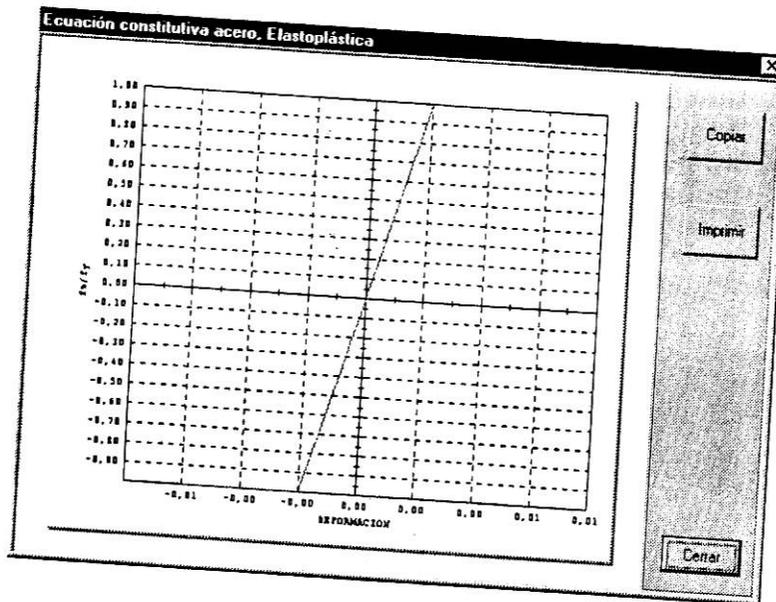
Factor de normalización
 fy
 tensión máxima
 tensión máxima

Curva elastoplástica

Esta curva es simétrica en tracción y compresión, consta de dos tramos, uno recto con pendiente E_s hasta la tensión de fluencia y posteriormente una meseta de fluencia. La máxima deformación del acero, tanto en tracción como en compresión se ha establecido en un 8%.

Los parámetros que definen esta curva son:
Es: Módulo de elasticidad del acero
fy: Tensión de fluencia del acero

Una vez definidos los parámetros es posible visualizar la curva usando el botón "Gráfico..."



Curva multilínea

La curva multilínea se define con 5 pares esfuerzo deformación. Esta curva es simétrica para tracción y compresión, por lo que se ingresa sólo la rama positiva. No es necesario ingresar el punto origen (tensión y deformación nula). La última deformación ingresada se considera como límite de deformación para el acero, siempre y cuando sea igual o inferior a un 12%.

Parámetros para ecuación multilínea [X]

OK Cancel

	Esfuerzo [MPa]	Deformación [m/m]
Punto 1	420	0.002
Punto 2	420	0.008
Punto 3	630	0.012
Punto 4	200	0.016
Punto 5	200	0.12

Curva genérica

Opera en la misma forma definida para el caso del hormigón. A diferencia de la curva multilínea para el acero, en la definición de la curva genérica debe ingresarse tanto la rama de deformaciones negativas (tracciones) como la positiva (compresiones) partiendo desde la menor deformación en orden siempre creciente.

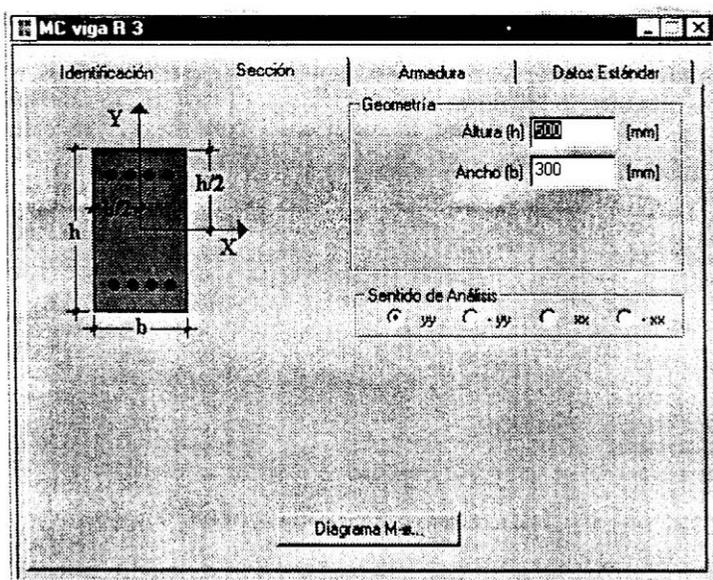
Se considera a las deformaciones inicial y final que se ingresan como los límites de deformación para el acero, siempre y cuando dichos valores sean iguales o inferiores a un 12 % de alargamiento o acortamiento respectivamente.

Tarjeta sección

Tarjeta sección para vigas rectangulares

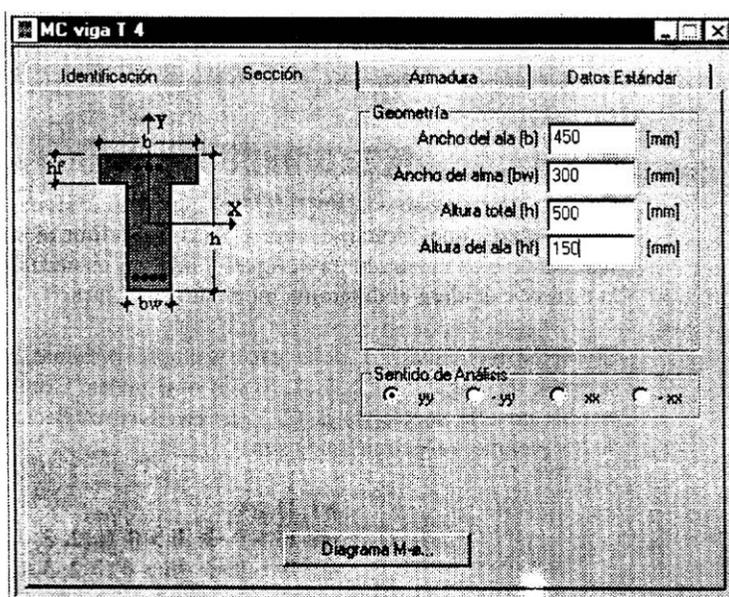
En esta tarjeta se deben ingresar las dimensiones de la sección (h y b) y además se debe definir el **Sentido de Análisis** respecto al sistema de ejes mostrado en la figura.

Para cambiar el sentido de análisis basta seleccionar el nuevo sentido en el recuadro correspondiente y recalcular el diagrama.



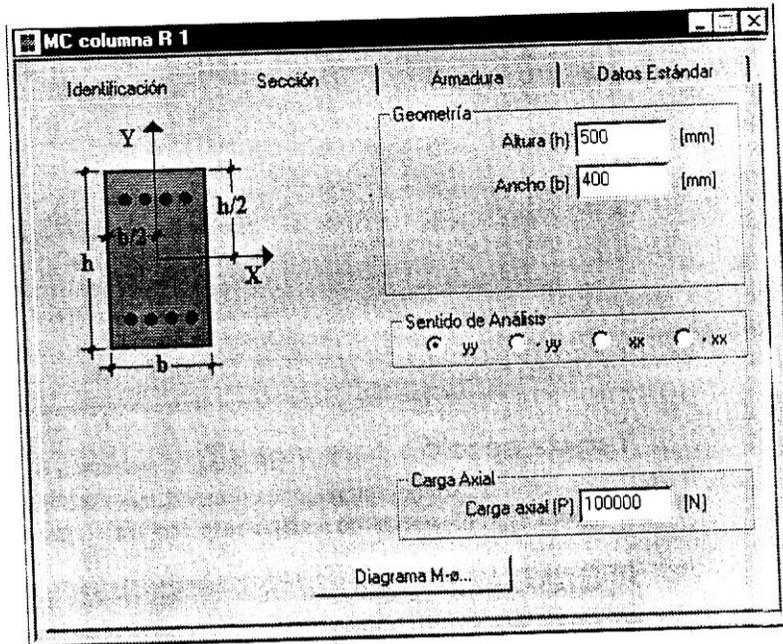
Tarjeta sección para vigas T

En esta tarjeta se deben ingresar las dimensiones de la sección (**b**, **bw**, **h**, **hf**) y además se debe definir el sentido de análisis respecto al sistema de ejes mostrado en la figura.



Tarjeta sección para columnas rectangulares

En esta tarjeta se deben ingresar las dimensiones de la sección (h y b), se debe definir el sentido de análisis respecto al sistema de ejes mostrado en la figura y, además, es necesario definir la carga axial para la cual se calculará el diagrama momento curvatura.



Tarjeta sección para muros multi rectangulares

En esta tarjeta se deben ingresar las dimensiones de los distintos sectores rectangulares que forman el muro. Se debe definir el sentido de análisis respecto al sistema de ejes mostrado en la figura y además es necesario definir la carga axial para la cual se calculará el diagrama momento curvatura.

El sector rectangular 1 debe estar siempre presente en tanto que el resto de los sectores rectangulares (2, 3, 4, 5) son opcionales. Combinándolos adecuadamente es posible generar secciones Z, C, T, L, etc. Las restricciones que se aplican al ingreso de los parámetros geométricos son:

- $b_1, l_1 \geq 0$
- si: $b_i > 0 \rightarrow l_i > 0$ ($i=2, 3, 4, 5$)
- si: $l_i > 0 \rightarrow b_i > 0$ ($i=2, 3, 4, 5$)

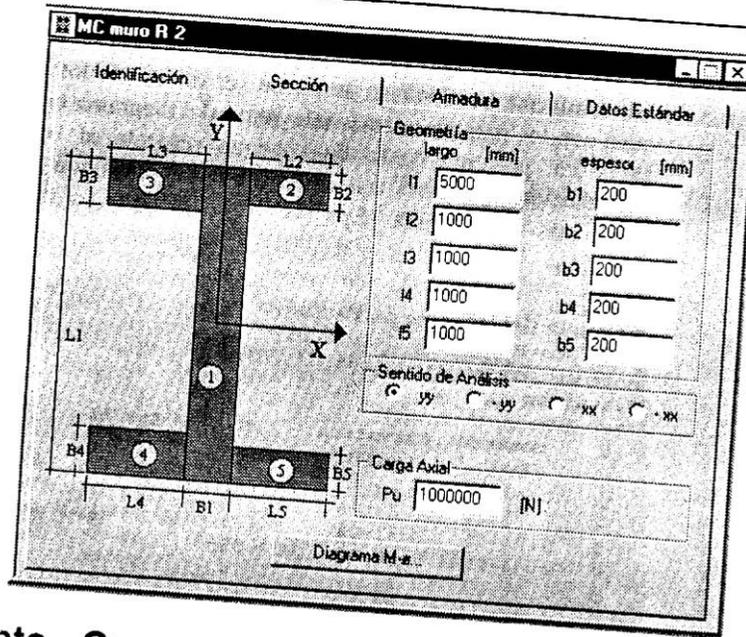
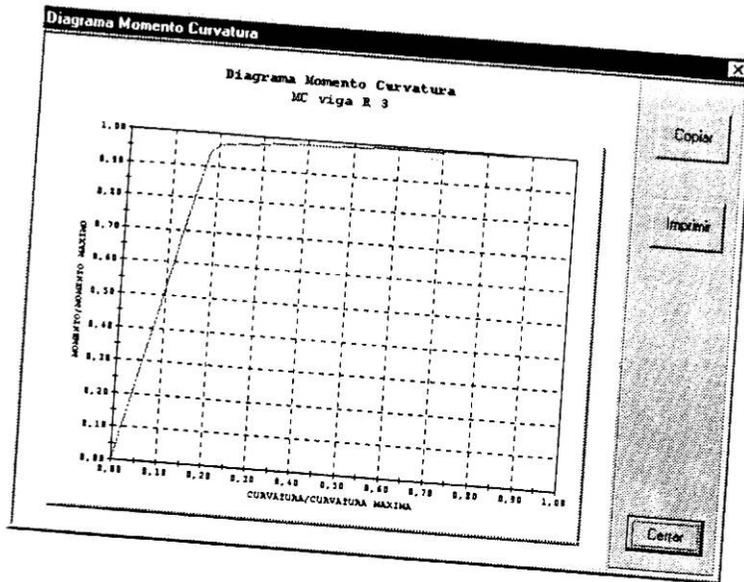


Diagrama Momento - Curvatura

Tras ingresar los datos solicitados, presione el botón "Diagrama MC..." en las tarjetas Sección o Armadura para obtener el diagrama momento curvatura. En este se ha graficado el momento normalizado por el momento máximo del diagrama y la curvatura normalizada por la curvatura máxima definida en la tarjeta "Datos Estándar".



Informe

En el Informe por Pantalla se puede ver un eco de los datos de entrada junto a una tabla con los parámetros más relevantes del diagrama momento curvatura: momento, curvatura, posición de la línea neutra respecto al borde en compresión (L.N.), deformación de la fibra más comprimida del hormigón (Eps_ho), deformación de la barra más comprimida (Eps_As') y deformación de la barra más traccionada (Eps_As).

Extracto del Informe de Pantalla:

Diagrama Momento - Curvatura
 Momento máximo : 1.96+08 [Nmm]
 Curvatura máxima: 0.050 [rad/m]

i	Momento [Nmm]	Curvatura [rad/m]	L.N. [mm]	Eps_ho	Eps_As'	Eps_As
1	4.36+05	3.13-05	35.526	1.11-06	4.85-07	-4.51-06
2	1.71+06	1.25-04	34.891	4.36-06	1.86-06	-1.81-05
3	3.91+06	2.81-04	35.491	9.98-06	4.36-06	-4.06-05
4	6.84+06	5.00-04	34.855	1.74-05	7.43-06	-7.26-05
5	1.06+07	7.81-04	34.740	2.71-05	1.15-05	-1.13-04
6	1.53+07	1.13-03	34.696	3.90-05	1.65-05	-1.63-04
7	2.08+07	1.53-03	34.685	5.31-05	2.25-05	-2.23-04
8	2.71+07	2.00-03	34.694	6.94-05	2.94-05	-2.91-04
9	3.43+07	2.53-03	34.718	8.79-05	3.73-05	-3.63-04
10	4.23+07	3.13-03	34.753	1.09-04	4.61-05	-4.54-04
11	5.11+07	3.78-03	34.797	1.32-04	5.60-05	-5.48-04
12	6.08+07	4.50-03	34.849	1.57-04	6.68-05	-6.5-04
13	7.13+07	5.28-03	34.909	1.84-04	7.87-05	-7.68-04
14	8.28+07	6.13-03	35.025	2.15-04	9.20-05	-8.88-04
15	9.49+07	7.03-03	35.099	2.47-04	1.06-04	-1.02-03
16	1.08+08	8.00-03	35.180	2.81-04	1.21-04	-1.16-03
17	1.22+08	9.03-03	35.267	3.19-04	1.38-04	-1.31-03
18	1.36+08	0.010	35.362	3.58-04	1.56-04	-1.46-03
19	1.52+08	0.011	35.465	4.00-04	1.74-04	-1.63-03
20	1.68+08	0.013	35.576	4.45-04	1.95-04	-1.81-03
21	1.85+08	0.014	35.685	4.92-04	2.16-04	-1.99-03
22	1.87+08	0.015	34.333	5.19-04	2.17-04	-2.10-03
23	1.88+08	0.017	33.011	5.46-04	2.15-04	-2.43-03
24	1.88+08	0.018	31.814	5.73-04	2.13-04	-2.67-03
25	1.89+08	0.020	30.724	6.00-04	2.09-04	-2.92-03
26	1.90+08	0.021	29.729	6.28-04	2.06-04	-3.17-03
27	1.91+08	0.023	28.817	6.56-04	2.01-04	-3.44-03
28	1.92+08	0.025	27.981	6.86-04	1.96-04	-3.72-03
29	1.93+08	0.026	27.213	7.15-04	1.90-04	-4.02-03

Capítulo 6

Procesamiento de Archivos

Introducción

Hormigón 318 permite realizar el diseño de los elementos a partir archivos provenientes de otras aplicaciones, desde donde el programa toma las solicitudes a que cada elemento está sometido. En esta versión, se soportan los formatos de los programas ADSE, SAP90 y ETABS 6.1, además del formato propio de **Hormigón 318**.

Para procesar un conjunto de elementos se requiere definir un archivo con las propiedades generales de los elementos a diseñar y otro archivo desde el cual se extraerán los datos de solicitudes y combinaciones de carga. Si se usa el formato estándar de **Hormigón 318** toda esta información se incorpora en un solo archivo.

Archivo de propiedades generales

Este archivo contiene la información básica para caracterizar cada uno de los elementos. El archivo de entrada de **Hormigón 318** debe tener el formato siguiente:

'línea de título (debe comenzar siempre con el símbolo *)

ESTANDAR

FPC= fpc FY= fy FYE= fyé ES= es EPSU= epsu
ACI21= aci21 IRS= irs DTLL= dtll HW=hw

SECCIONES

NS= ns
1 SEC= sec
. SEC=O D=1600. R= 50.
. SEC=R B= 200. H=500. RI= 40. RS= 40.
. SEC=T BW=250. H=500. HF=150. B=750. RI= 40. RS=100.
ns

ELEMENTOS

elem_i elem_j tipo_elem tipo_sec {ESTANDAR}
elem_k elem_final tipo_elem tipo_sec {ESTANDAR}

FUERZAS

TIPO= tipo
ARCHIVO= 'nombre_archivo_de_datos' : sólo si Tipo < > 1

Donde:

- FPC: Resistencia cilíndrica del hormigón a los 28 días
- FY: Tensión de fluencia de la armadura longitudinal
- FYE: Tensión de fluencia de la armadura transversal
- ES: Módulo de elasticidad de la armadura longitudinal
- EPSU: Acortamiento máximo del hormigón (normalmente 0.003)
- ACI21: Aplicación del Capítulo 21 del ACI 318-95
0 si no se aplica; 1 si se aplica
- IRS: Índice de riesgo sísmico
0 si es moderado; 1 si es alto

DTLL: Aplicación de ecuaciones detalladas para el corte
 0 si no se aplica; 1 si se aplica
HW: Altura total del muro
NS: Número de tipos de sección diferentes
SEC: Tipo de sección: **O** circular; **R** rectangular; **T**

Para secciones circulares:

D: Diámetro de la sección
R: Recubrimiento de la sección

Para secciones rectangulares:

B: Ancho de la sección
H: Altura de la sección
RI: Recubrimiento inferior
RS: Recubrimiento superior

Para secciones T:

B: Ancho del ala
Bw: Ancho del alma
H: Altura total de la sección
HF: Altura del ala
RI: Recubrimiento inferior
RS: Recubrimiento superior

elem_i: Elemento inicial del bloque
elem_j: Elemento final del bloque
tipo_elem: tipo de elemento: **1** viga; **2** columna; **3** muro
tipo_sec: Índice del tipo de sección. debe estar entre **1** y **ns**
{ESTANDAR}: Para cualquier elemento se puede redefinir en forma especial los valores del bloque **ESTANDAR**, indicando los nuevos valores después de **tipo_sec**

nota: Los bloques de elementos deben ingresarse en orden creciente pero no necesariamente deben incluirse todos los elementos presentes en el archivo de solicitudes.

TIPO: Índice de formato de entrada de solicitudes:
 1 se ingresan en el mismo archivo de propiedades generales
 2 archivo ADSE (SAL-M4.DAT)
 3 archivo SAP90 - Plano 1-2 (*.F3F)
 4 archivo SAP90 - Plano 1-3 (*.F3F)
 5 archivo ETABS (*.FRM)

nota: En caso de no existir compatibilidad entre el tipo de archivo definido y la estructura de datos del archivo de entrada puede producirse un error de memoria el cual es reportado directamente por el sistema.

si TIPO = 2, 3, 4, 5 se debe agregar después de TIPO:

ARCHIVO= 'nombre_archivo_de datos'

El archivo de solicitudes debe ubicarse en el mismo directorio en que se encuentra el archivo de propiedades generales. Para identificar al archivo de solicitudes no se deben usar comillas.

si TIPO = 1 deben ingresarse las solicitudes después de TIPO, separadas por elementos, para cada elemento se deben ingresar en forma independiente cada una de las combinaciones de carga y para cada combinación de carga deben indicarse las solicitudes para las secciones en las cuales se ha discretizado el elemento (normalmente las vigas se discretizan en 3 o 5 secciones, en tanto que para columnas y muros se usan 2 secciones por elemento). El número de secciones debe ser el mismo para todas las combinaciones de carga de un mismo elemento.

El programa acepta hasta 20 secciones por elemento y no limita el número de combinaciones de carga ni de elementos. El formato para el ingreso de las solicitudes dentro del archivo de propiedades generales es el siguiente:

```

ELEMENTO i
  descripción de la combinación a
  N N_sec_1 N_sec_2 N_sec_k .....
  V V_sec_1 V_sec_2 V_sec_k .....
  M M_sec_1 M_sec_2 M_sec_k .....

  descripción de la combinación b
  N N_sec_1 N_sec_2 N_sec_k .....
  V V_sec_1 V_sec_2 V_sec_k .....
  M M_sec_1 M_sec_2 M_sec_k .....

  descripción de la combinación z
  .....
  .....

ELEMENTO ii
  .
  .
  .
    
```

donde:

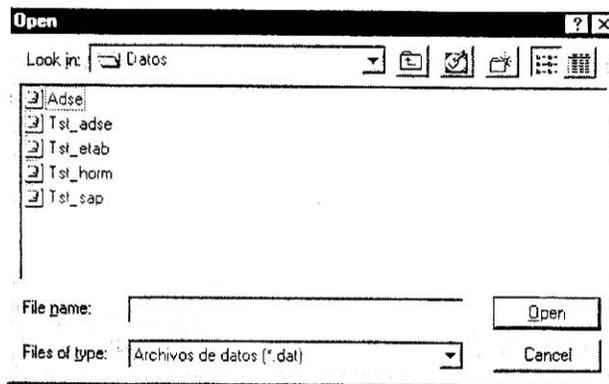
- i: Número del elemento (no necesariamente correlativo)
- N_sec_i: Carga axial última en la sección i
- V_sec_i: Fuerza de corte última en la sección i
- M_sec_i: Momento último en la sección i

Archivo de esfuerzos

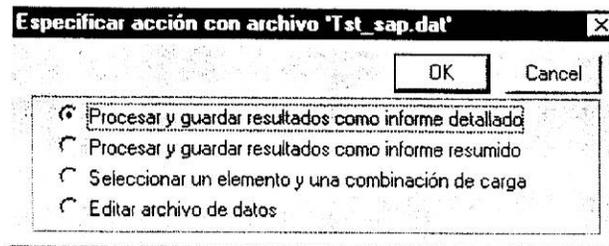
Al momento de instalar **Hormigón 318** se genera un subdirectorio **datos** en el se encuentra una serie de archivos de ejemplo para ser revisados y ejecutados. Estos archivos pueden ser usados como plantillas para la generación de los nuevos archivos de datos mientras el usuario se familiariza con el formato.

Proceso

El primer paso para procesar un archivo de datos es seleccionar el archivo de propiedades generales. para ello se puede utilizar la opción abrir del menú principal o el botón  de la barra de herramientas.



Una vez seleccionado el archivo de propiedades generales se despliega una caja de diálogo con las siguientes alternativas:



Procesar y guardar resultados como informe detallado

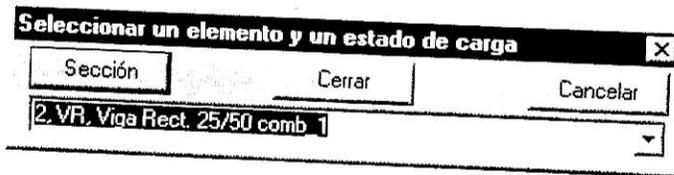
Permite diseñar los elementos para cada una de las combinaciones de carga definidas y mostrar los resultados de cada combinación en un informe que, además, contiene un eco completo de los datos de entrada.

Procesar y guardar resultados como informe resumido

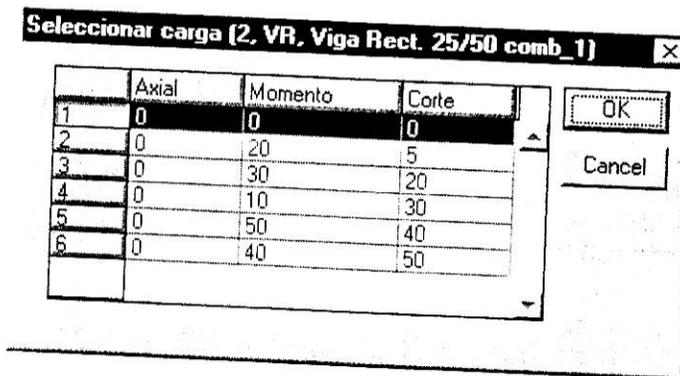
Permite obtener la envolvente de armadura sobre todas las combinaciones de carga definidas para cada elemento. los resultados se muestran en un formato resumido con la información mínima indispensable.

Seleccionar un elemento y una combinación de carga

Permite recuperar y llevar a diseño por pantalla los datos de un elemento, sección y combinación de carga. Pueden generarse tarjeteros de diseño por pantalla para varios elementos simultáneamente.



Una vez seleccionado el elemento y la combinación de carga, se debe seleccionar la sección que se desea analizar en pantalla, para ello se debe presionar el botón "Sección".



Una vez realizado lo anterior se genera el tarjetero de diseño. La caja de diálogo en la cual se selecciona el elemento se mantiene en primer plano aún después de generar las tarjetas de diseño, por lo cual se recomienda confinarla a una esquina de la pantalla si se desea seleccionar múltiples elementos.

Editar el archivo de datos

Esta opción permite editar el archivo de propiedades generales usando el editor predefinido por el usuario.

cat
roc
em

Capítulo 7

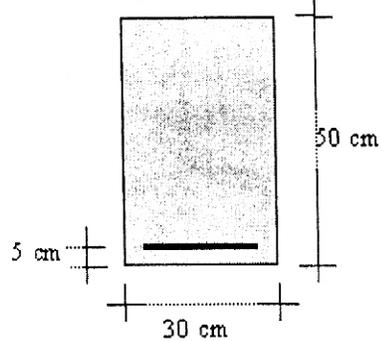
Ejemplos

Introducción

A continuación se muestra una serie de ejemplos, con sus datos de entrada y los resultados entregados por **Hormigón 318**. En algunos de ellos se han incluido los informes generados.

Ejemplo 1 – Diseño Viga Rectangular

Diseñar la viga de la figura:



Datos

$f_c' = 250 \text{ Kg/cm}^2$	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
$E_{ps_u} = 0.003$	$f_{ye} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
	$E_s = 2\,100\,000 \text{ Kg/cm}^2$
Aplicar corte detallado	No
Aplicar Capítulo 21 ACI 318	Si
Riesgo Sísmico	Moderado
$M_u = 35 \text{ ton-m}$	
$V_u = 20 \text{ ton}$	

Tarjeta de resultados

Diseño viga rectangular			
Flexión		Calculada	Recomendada
Armadura Superior	[cm ²]	0.000	0.000
Armadura Inferior	[cm ²]	25.239	25.239
Estribos		Corte	
#8 @	[cm]	V_u/bd	[kg/cm ²]
#10 @	[cm]	A_v/s	[cm]
S máx	[cm]	$A_v/s \text{ min}$	[cm]
<input type="button" value="Cerrar"/>			

Informe por pantalla

Hormigón 318 Versión 2.1

 Informe pantalla : diseño de viga rectangular
 Fecha : Thursday, May 13, 1999
 Obra :
 Elemento : Diseño viga R 5
 Comentarios :

Datos estándar del hormigón

Resistencia cilíndrica a los 28 días : 250.000 [kg/cm²]
 Acortamiento máximo : 3.00-03 [m/m]

Datos estándar del acero

Tensión de fluencia armadura longitudinal : 4200.000 [kg/cm²]
 Tensión de fluencia armadura transversal : 4200.000 [kg/cm²]
 Módulo de elasticidad : 2.10+06 [kg/cm²]

Opciones de diseño

Aplicar capítulo 21 del ACI 318-95: SI
 Aplicar corte detallado : NO
 Riesgo sísmico : MODERADO

Sección

Altura (h) : 50.000 [cm]
 Ancho (b) : 30.000 [cm]
 Recubrimiento Inferior (Ri): 5.000 [cm]
 Recubrimiento Superior (Rs): 5.000 [cm]

Solicitaciones

Momento último (Mu) : 35.000 [Ton-m]
 Corte último (Vu) : 20.000 [Ton]

Armadura longitudinal

Armadura superior calculada : 0.000 [cm²]
 Armadura superior recomendada : 0.000 [cm²]
 Armadura inferior calculada : 25.239 [cm²]
 Armadura inferior recomendada : 25.239 [cm²]

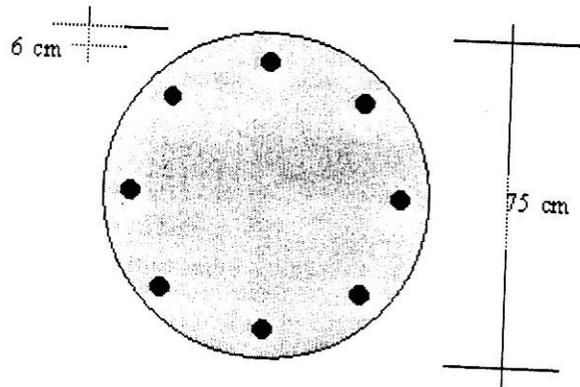
corte

Vu/bd : 14.815 [kg/cm²]
 Av/s : 0.065 [cm]
 Av/s min : 0.024 [cm]

Estribos ø8 @ : 15.546 [cm]
 Estribos ø10 @ : 22.500 [cm]
 S max : 22.500 [cm]

Ejemplo 2 – Diseño Columna Circular

Diseñar la columna de la figura:



Datos

$f_c' = 350 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_{ps_u} = 0.003$

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_{ye} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_s = 2\,100\,000 \text{ Kg/cm}^2$

Aplicar corte detallado
 Aplicar Capítulo 21 ACI 318
 Riesgo Sísmico

No
 Si
 Moderado

$M_u = 95 \text{ ton-m}$
 $N_u = 200 \text{ ton}$
 $V_u = 50 \text{ ton}$

Tarjeta de resultados

Diseño columna circular			
Flexo-compresión			
Cantidad Total (ρ_g)		0.015	
Armadura Total [cm ²]		64.887	
Confinamiento		Corte	
S máx [cm]	15.000	Vu/Ac [kg/cm ²]	14.147
Ah/s [cm]	0.246	Ah/s [cm]	0.041
#10 @ [cm]	3.186	Ah/s min [cm]	0.041
		#10 @ [cm]	13.310
		S máx [cm]	34.500
Cerrar			

Informe por pantalla

Hormigón 318 Versión 2.1

Informe pantalla : diseño de columna circular
Fecha : Thursday, May 13, 1999
Obra :
Elemento : Diseño columna C 2
Comentarios :

Datos estándar del hormigón

Resistencia cilíndrica a los 28 días : 350.000 [kg/cm²]
Acortamiento máximo : 3.00-03 [m/m]

Datos estándar del acero

Tensión de fluencia armadura longitudinal : 4200.000 [kg/cm²]
Tensión de fluencia armadura transversal : 4200.000 [kg/cm²]
Módulo de elasticidad : 2.10+06 [kg/cm²]

Opciones de diseño

Distribución de la armadura : DISTRIBUIDA
Número de barras : 8
Aplicar capítulo 21 del ACI 318-95: SI
Aplicar corte detallado : NO
Riesgo sísmico : MODERADO

Sección

Diámetro (d) : 75.000 [cm]
Recubrimiento (R): 6.000 [cm]

Solicitaciones

Momento último (Mu) : 95.000 [Ton-m]
Carga axial última (Nu) : 200.000 [Ton]
Corte último (Vu) : 50.000 [Ton]

Armadura longitudinal

Cuantía Rho_g : 0.015
Armadura Total : 64.887 [cm²]

Corte

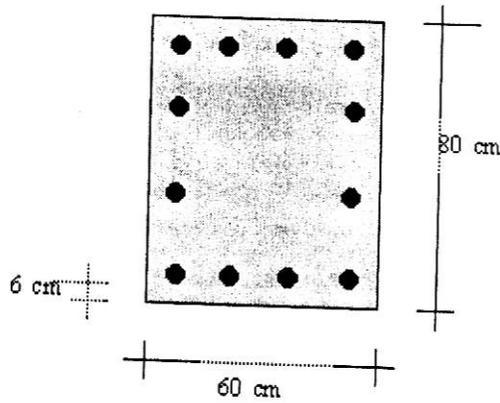
Vu/Ac : 14.147 [kg/cm²]
Av/s : 0.041 [cm]
Av/s min : 0.041 [cm]
Cercos ø10 @ : 19.310 [cm]
S max : 34.500 [cm]

Confinamiento

Ash/s : 0.246 [cm]
ø10 @ : 3.186 [cm]
S max : 15.000 [cm]

Ejemplo 3 – Diagrama de Interacción Columna Rectangular

Generar el diagrama de interacción para la columna rectangular de la figura y verificar dicha sección para los esfuerzos indicados.



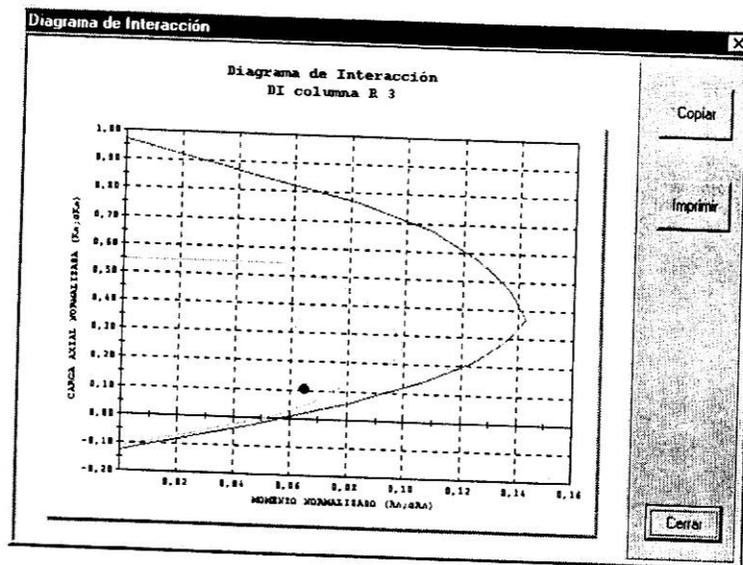
Datos

$f_c' = 400 \text{ Kg/cm}^2$
 $Eps_u = 0.003$

$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_{ye} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
 $E_s = 2\,100\,000 \text{ Kg/cm}^2$

$M_u = 100 \text{ ton-m}$
 $N_u = 200 \text{ ton}$

Diagrama de interacción



Informe por pantalla

Hormigón 318 Versión 2.1

 Informe pantalla : Diagrama de interacción de columnas rectangulares
 Fecha : Thursday, May 13, 1999
 Obra :
 Elemento : DI columna R 3
 Comentarios :

Datos estándar del hormigón

Resistencia cilíndrica a los 28 días : 400.000 [kg/cm²]
 Acortamiento máximo : 3.00-03 [m/m]

Datos estándar del acero

Tensión de fluencia armadura longitudinal : 4200.000 [kg/cm²]
 Tensión de fluencia armadura transversal : 4200.000 [kg/cm²]
 Módulo de elasticidad : 2.10+06 [kg/cm²]

Sección

Altura (h) : 80.000 [cm]
 Ancho (b) : 60.000 [cm]
 Recubrimiento (R) : 6.000 [cm]

Armadura

Número de barras : 12.000
 Area de acero : 58.900 [cm²]

Distribución de la armadura : DISTRIBUIDA

Solicitaciones

Momento último (Mu) : 100.000 [Ton-m]
 Carga axial última (Nu) : 200.000 [Ton]

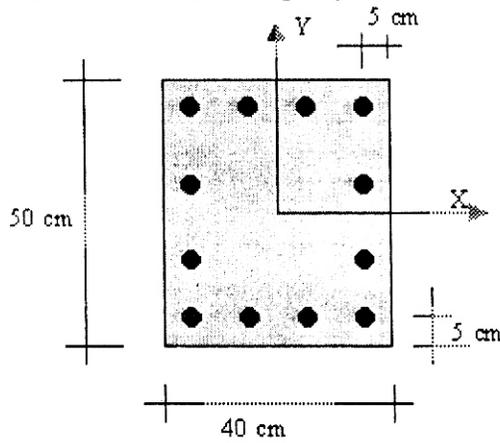
$R_n = M_n / (A_g \cdot f_c' \cdot h)$

$K_n = P_n / (A_g \cdot f_c')$

Nº	Pn [Ton]	Mn [Ton-m]	ø	øPn [Ton]	øMn [Ton-m]	Kn	Rn
0	1859.354	0.000	0.700	1041.238	0.000	0.968	0.000
1	1487.483	122.940	0.700	1041.238	86.058	0.775	0.080
2	1293.036	167.070	0.700	905.125	116.949	0.673	0.109
3	1098.588	193.017	0.700	769.012	135.112	0.572	0.126
4	904.140	210.037	0.700	632.898	147.026	0.471	0.137
5	709.693	219.383	0.700	496.785	153.568	0.370	0.143
6	564.557	209.307	0.700	395.190	146.515	0.294	0.136
7	419.421	192.791	0.700	293.595	134.954	0.218	0.126
8	274.286	164.934	0.700	192.000	115.454	0.143	0.107
9	120.000	125.884	0.800	96.000	100.707	0.063	0.082
10	0.000	87.656	0.900	0.000	78.891	0.000	0.057
11	-61.845	66.491	0.900	-55.661	59.842	-0.032	0.043
12	-123.690	44.812	0.900	-111.321	40.331	-0.064	0.029
13	-185.535	21.627	0.900	-166.982	19.464	-0.097	0.014
14	-247.380	3.20-06	0.900	-222.642	2.88-06	-0.129	2.0 -09

Ejemplo 4 – Diseño Biaxial Columna Rectangular

Diseñar la columna de la figura para las solicitaciones biaxiales indicadas:



Datos

$f_c' = 300 \text{ Kg/cm}^2$	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
$E_{ps_u} = 0.003$	$f_{ye} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
	$E_s = 2\,100\,000 \text{ Kg/cm}^2$

Aplicar Capítulo 21 ACI 318 Si

$M_{u_x} = 25 \text{ ton-m}$
 $M_{u_y} = 15 \text{ ton-m}$
 $N_u = 150 \text{ ton}$

Tarjeta de Resultados

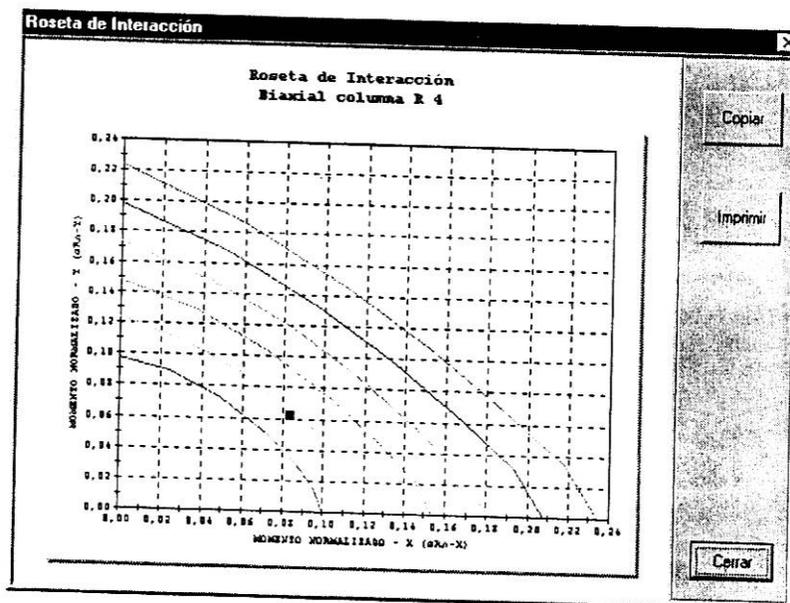
Diseño biaxial columna rectangular

Flexo-compresión

Cuantía Total (ρ_g)	0.019
Armadura Total (Ast)	37.013 [cm ²]

Cerrar
Roseta

Roseta de interacción



Informe por pantalla

Hormigón 318 Versión 2.1

Informe pantalla : Diseño biaxial de columna rectangular
 Fecha : Thursday, May 13, 1999
 Obra :
 Elemento : Biaxial columna R 4
 Comentarios :

Datos estándar del hormigón

Resistencia cilíndrica a los 28 días : 300.000 [kg/cm²]
 Acortamiento máximo : 3.00-03 [m/m]

Datos estándar del acero

Tensión de fluencia armadura longitudinal : 4200.000 [kg/cm²]
 Tensión de fluencia armadura transversal : 4200.000 [kg/cm²]
 Módulo de elasticidad : 2.10+06 [kg/cm²]

Opciones de diseño

Aplicar capítulo 21 del ACI 318-95: SI

Sección

Altura (h) : 50.000 [cm]
 Ancho (b) : 40.000 [cm]
 Recubrimiento X(Rx): 5.000 [cm]
 Recubrimiento Y(Ry): 5.000 [cm]

Armadura

Número de barras : 12.000

Solicitaciones
 Momento último X (Mux) : 25.000 [Ton-m]
 Momento último Y (Muy) : 15.000 [Ton-m]
 Carga axial última (Nu) : 150.000 [Ton]

Resultados
 Ast : 37.013 [cm²]
 Rho_g : 0.019 []

Curvas
 $\phi RnX = \phi MnX / (fc' * Ag * h)$
 $\phi RnY = \phi MnY / (fc' * Ag * b)$

Rho=1%		Rho=2%		Rho = 3%	
ϕRnX	ϕRnY	ϕRnX	ϕRnY	ϕRnX	ϕRnY
0.000	0.098	0.000	0.123	0.000	0.148
0.024	0.089	0.031	0.109	0.038	0.129
0.048	0.074	0.060	0.088	0.072	0.103
0.072	0.051	0.088	0.062	0.104	0.073
0.087	0.031	0.107	0.038	0.127	0.046
0.096	0.015	0.120	0.019	0.145	0.023
0.100	0.000	0.127	0.000	0.154	0.000

Rho=4%		Rho=5%		Rho=6%	
ϕRnX	ϕRnY	ϕRnX	ϕRnY	ϕRnX	ϕRnY
0.000	0.174	0.000	0.199	0.000	0.224
0.045	0.148	0.052	0.168	0.059	0.188
0.085	0.118	0.097	0.133	0.109	0.147
0.120	0.085	0.136	0.096	0.152	0.107
0.147	0.054	0.168	0.061	0.188	0.069
0.169	0.027	0.194	0.031	0.218	0.034
0.181	0.000	0.208	0.000	0.235	0.000