

Manual del usuario

Muros pantalla

Muros pantalla

Manual del usuario



Software *para*
Arquitectura,
Ingeniería y
Construcción

CYPE Ingenieros, S.A.

Avda. Eusebio Sempere, 5
03003 **Alicante**
Tel. (+34) 965 92 25 50
Fax (+34) 965 12 49 50
cype@cype.com

CYPE Madrid

Augusto Figueroa, 32-34, bajo
28004 Madrid
Tel. (+34) 915 22 93 10
Fax (+34) 915 31 97 21
cype.madrid@cype.com

CYPE Catalunya

Almogàvers, 64-66, 2º A
08018 Barcelona
Tel. (+34) 934 85 11 02
Fax (+34) 934 85 56 08
cype.catalunya@cype.com

www.cype.com

Muros pantalla

Está diseñado para el dimensionamiento y comprobación de muros pantalla genéricos de cualquier material y de hormigón armado, con dimensionamiento de las armaduras. Dispone de un asistente que le ayudará a introducir los datos para los casos habituales de varios sótanos de edificación. También dispone de otro sencillo y fácil asistente para edificios de uno o dos sótanos.

Muros pantalla	5	2. Descripción del programa	16
1. Memoria de cálculo	5	2.1. Asistentes	16
1.1. Modelo de cálculo	5	2.1.1. Asistente 1. Pantallas de hormigón armado en edificación	17
1.2. Empujes	5	2.1.2. Asistente 2. Pantallas de hormigón armado para edificios de uno o dos sótanos	19
1.2.1. Cálculo sísmico	7	2.2. Modo de trabajo	20
1.2.2. Comprobaciones de estabilidad	7	2.3. Asistente	20
1.3. Comprobación del armado	10	2.4. Listados	20
1.3.1. Recubrimiento	11	2.5. Planos	21
1.3.2. Separación mínima de armaduras	11		
1.3.3. Separación máxima de armaduras	11		
1.3.4. Cuantía mínima geométrica	11		
1.3.5. Cuantía máxima geométrica	12		
1.3.6. Cuantía mínima mecánica	12		
1.3.7. Comprobación de flexocompresión	12		
1.3.8. Comprobación de cortante	13		
1.3.9. Comprobación de fisuración	13		
1.3.10. Comprobación de longitudes de solape	14		
1.3.11. Comprobación de los rigidizadores horizontales	14		
1.3.12. Comprobación de los rigidizadores verticales	14		
1.4. Dimensionamiento del armado	14		
1.4.1. Dimensionamiento del armado vertical	14		
1.4.2. Dimensionamiento del armado horizontal	14		
1.4.3. Dimensionamiento de los rigidizadores	14		
1.5. Dimensionamiento en pantallas de tablestacas metálicas con perfiles genéricos	15		
1.5.1. Tensión con mayoración por esbeltez	15		
1.5.2. Tensión con excentricidad de carga en coronación	15		
1.5.3. Esbeltez	15		
1.6. Tablestacas de Arcelor-Mittal (catálogo anterior de ARBED)	15		
1.7. Dimensionamiento en pantallas de micropilotes	15		

Muros pantalla

Muy importante

Debe tener en cuenta que el programa calcula los muros pantalla como elementos estructurales sometidos a los empujes de los diferentes terrenos y cargas exteriores aplicados a los mismos.

No se realizan comprobaciones geotécnicas, tales como la determinación de su resistencia por punta, resistencia por fuste, sifonamiento, etc., que deben ser objeto de un estudio complementario a partir del informe geotécnico, así como los elementos como codales o puntales, tipo de anclaje, su tipo, diámetro, longitud de anclaje, etc., que exigen igualmente su estudio estructural complementario.

1. Memoria de cálculo

1.1. Modelo de cálculo

El modelo de cálculo empleado consiste en una barra vertical cuyas características mecánicas se obtienen por metro transversal de pantalla. Sobre dicha pantalla actúan: el terreno, tanto en el trasdós como en el intradós, las cargas sobre el terreno, los elementos de contención lateral como puntales, anclajes activos y anclajes pasivos, los elementos constructivos como son los forjados y las cargas aplicadas en la coronación.

La introducción de elementos de contención como puntales, anclajes activos y anclajes pasivos introducen condiciones de contorno a la pantalla que se materializan a través de muelles de rigidez igual a la rigidez axil del elemento.

Cuando se introduce un estrato de roca, el programa considera que la pantalla se encuentra empotrada si ésta se introduce una longitud mayor o igual a dos veces el espesor de la pantalla. Entre 20 cm y dos veces el espesor se

considera que la pantalla apoya en dicho estrato, es decir, se permite el giro, pero no el desplazamiento en ese punto.

La discretización de la pantalla se realiza cada 25 cm, obteniendo para cada punto el diagrama de comportamiento del terreno. Además, se añaden sobre la misma los puntos en los cuales se sitúan las coacciones laterales.

1.2. Empujes

Los empujes que sobre la pantalla realiza el terreno dependen de los desplazamientos de ésta. Para tener en cuenta esta interacción se utilizan unos diagramas de comportamiento del terreno como el representado en la figura siguiente:

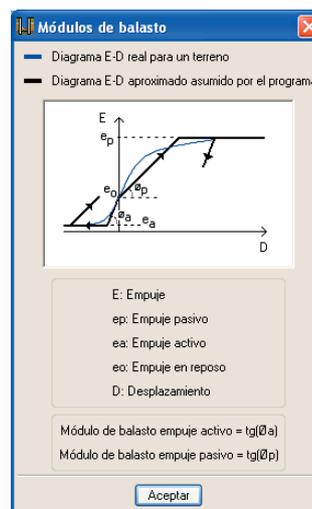


Fig. 1.1

Los puntos significativos de la gráfica, e_a , e_p y e_o , son los conocidos empuje activo, pasivo y reposo, respectivamente. Los desplazamientos límite activo y pasivo se representan por δ_a y δ_p . Estos desplazamientos se obtienen a través de los módulos de balasto activo y pasivo introducidos por el usuario.

El programa calcula los coeficientes de empuje según la siguiente formulación:

- Empuje al reposo: fórmula de Jaky
- Empuje activo: fórmula de Coulomb
- Empuje pasivo: fórmula de Coulomb

Para obtener información sobre el cálculo de estos empujes consulte el **Anejo Cálculo de empujes**.

Los valores del módulo de balasto, como cualquier parámetro geotécnico, son de difícil estimación. En el programa se dan unos valores orientativos de algunos tipos de terrenos, pero se recomienda acudir a literatura especializada y recurrir a ensayos empíricos de placa de carga para mayor precisión. Normalmente, si se ha hecho un estudio geotécnico, éste le debe proporcionar el valor exacto de este módulo para las dimensiones que va a tener la pantalla.

Estos módulos de balasto vienen a representar la rigidez del terreno en un punto, y puede ser diferente según el sentido del desplazamiento.

Además, puesto que la rigidez del terreno suele aumentar con la profundidad, puede considerarse una variación lineal de la misma que el usuario introduce a través del parámetro conocido como gradiente del módulo de balasto, que no es más que el incremento de dicho módulo por metro de profundidad.

En dicho diagrama se considera que el terreno se comporta plásticamente, de manera que entre una fase y la

siguiente se actualiza el diagrama como se muestra en la figura, donde δ_{ant} es el desplazamiento de la fase anterior:

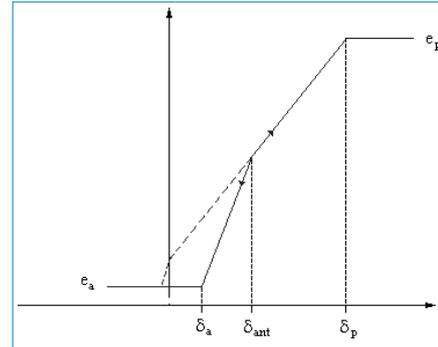


Fig. 1.2

Si la pantalla continúa desplazándose a la derecha se obtiene un punto que se mueve por la rama de carga mientras que si cambia el sentido de su desplazamiento el empuje variará según la rama de descarga que pasa por el punto inicial.

En los puntos de la pantalla donde existe terreno tanto en el trasdós como en el intradós el diagrama de comportamiento empleado se obtiene como suma de los diagramas correspondientes a la profundidad en uno y otro lado de la pantalla.

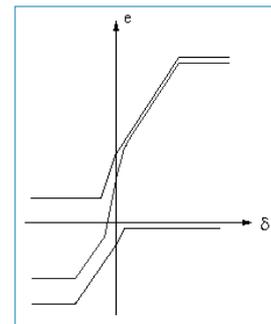


Fig. 1.3

1.2.1. Cálculo sísmico

La acción sísmica hace que el empuje sobre los muros aumente transitoriamente.

El empuje activo en condiciones sísmicas es mayor que el correspondiente a la situación estática.

De forma similar, el empuje pasivo que puede transmitir el muro contra el terreno puede reducirse notablemente durante los sismos. El empuje pasivo en condiciones sísmicas es menor que el correspondiente a la situación estática.

Para la evaluación de los empujes se ha empleado el método pseudoestático, con los coeficientes de empuje dinámicos basados en las ecuaciones de Mononobe-Okabe. Para más información consulte el **Anejo Cálculo de empujes**.

En los resultados de cada fase constructiva se muestran dos gráficas: la primera sin acciones de sismo y la segunda con la acción de sismo.

Igualmente, en los listados de esfuerzos, resultados de elementos de anclaje, etc., aparecen ambos casos.

1.2.2. Comprobaciones de estabilidad

1.2.2.1. Relación entre momento equilibrante del empuje pasivo en intradós y momento desequilibrante de empuje activo en el trasdós

En el menú **Obra > Opciones** es posible definir los coeficientes de seguridad para realizar esta comprobación.

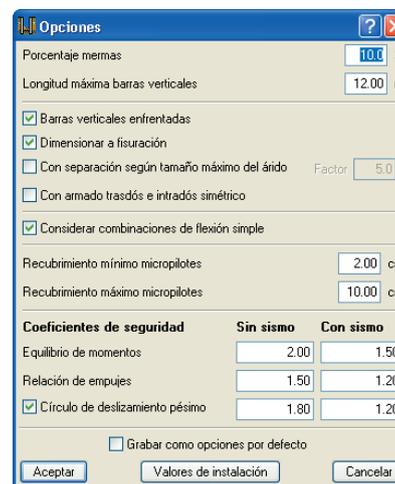


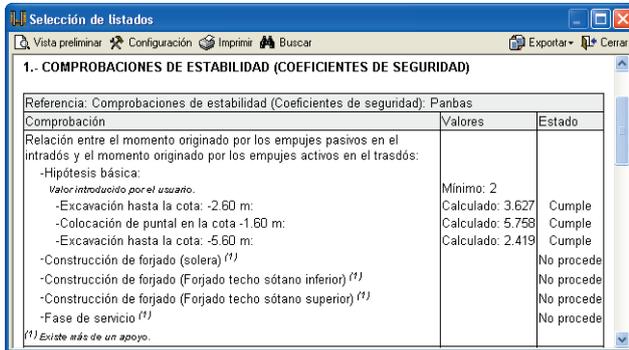
Fig. 1.4

Este coeficiente representa, para cada fase, la relación entre el momento equilibrante producido por el empuje pasivo en el intradós, respecto al momento desequilibrante producido por el empuje activo en el trasdós. Ambos momentos se calculan respecto a la cota de fondo del muro pantalla, cuando esté en voladizo, o respecto a la cota del apoyo, en el caso de que éste sea único. Si existen más de un apoyo, la pantalla está equilibrada y no es necesario calcular este coeficiente.

Puede definir coeficientes diferentes para las comprobaciones **con sismo** y para las de **sin sismo**.

El programa muestra los resultados de cada fase en los listados de **Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad)**. A este listado podrá acceder seleccionando el botón **Listados de la obra** que se encuentra en la parte derecha de la barra de herramientas. También se incluyen estos datos en los listados que el programa permite visualizar e imprimir tras utilizar la opción **Comprobar** del menú **Cálculo**. Recuerde que si existen

más de un apoyo, la pantalla está equilibrada y no es necesario calcular este coeficiente. Por este motivo en las fases donde suceda esto, en sus listados aparecerá el texto **"No procede"**.



1. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): Panbas

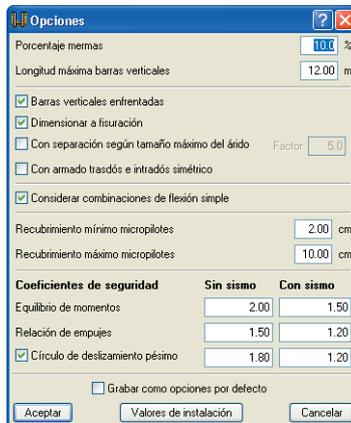
Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós:		
-Hipótesis básica:		
Valor introducido por el usuario.		
-Excavación hasta la cota: -2.60 m:	Mínimo: 2	
-Colocación de puntal en la cota -1.60 m:	Calculado: 3.627	Cumple
-Excavación hasta la cota: -5.60 m:	Calculado: 5.758	Cumple
-Construcción de forjado (solera) ⁽¹⁾	Calculado: 2.419	Cumple
-Construcción de forjado (Forjado techo sótano inferior) ⁽¹⁾		No procede
-Construcción de forjado (Forjado techo sótano superior) ⁽¹⁾		No procede
-Fase de servicio ⁽¹⁾		No procede

⁽¹⁾ Existe más de un apoyo.

Fig. 1.5

1.2.2.2. Reserva de seguridad de empuje pasivo en el intradós

En el menú **Obra > Opciones** es posible definir los coeficientes de seguridad para realizar esta comprobación.



Opciones

Porcentaje mermas: 10%
 Longitud máxima barras verticales: 12.00 m

Barras verticales enfrentadas
 Dimensionar a fisuración
 Con separación según tamaño máximo del árido Factor: 5.0
 Con armado trasdós e intradós simétrico
 Considerar combinaciones de flexión simple

Recubrimiento mínimo micropilotes: 2.00 cm
 Recubrimiento máximo micropilotes: 10.00 cm

Coefficientes de seguridad

	Sin sismo	Con sismo
Equilibrio de momentos	2.00	1.50
Relación de empujes	1.50	1.20
<input checked="" type="checkbox"/> Circulo de deslizamiento péximo	1.80	1.20

Grabar como opciones por defecto

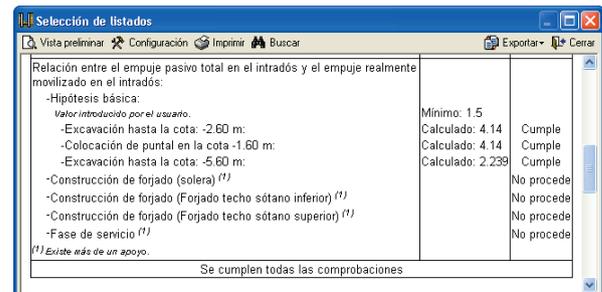
Aceptar Valores de instalación Cancelar

Fig. 1.6

Este coeficiente representa, para cada fase, la relación entre el empuje pasivo total movilizable y el empuje pasivo realmente movilizado en el intradós. Si existen más de un apoyo, la pantalla está equilibrada y no es necesario calcular este coeficiente.

Puede definir coeficientes diferentes para las comprobaciones **con sismo** y para las de **sin sismo**.

El programa muestra los resultados de cada fase en los listados de **Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad)**. A este listado podrá acceder seleccionando el botón **Listados de la obra** que se encuentra en la parte derecha de la barra de herramientas. También se incluyen estos datos en los listados que el programa permite visualizar e imprimir tras utilizar la opción **Comprobar** del menú **Cálculo**. Recuerde que si existen más de un apoyo, la pantalla está equilibrada y no es necesario calcular este coeficiente. Por este motivo en las fases donde suceda esto, en los listados aparecerá el texto **"No procede"**.



Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós:

Comprobación	Valores	Estado
-Hipótesis básica:		
Valor introducido por el usuario.		
-Excavación hasta la cota: -2.60 m:	Mínimo: 1.5	
-Colocación de puntal en la cota -1.60 m:	Calculado: 4.14	Cumple
-Excavación hasta la cota: -5.60 m:	Calculado: 4.14	Cumple
-Construcción de forjado (solera) ⁽¹⁾	Calculado: 2.239	Cumple
-Construcción de forjado (Forjado techo sótano inferior) ⁽¹⁾		No procede
-Construcción de forjado (Forjado techo sótano superior) ⁽¹⁾		No procede
-Fase de servicio ⁽¹⁾		No procede

⁽¹⁾ Existe más de un apoyo.

Se cumplen todas las comprobaciones

Fig. 1.7

1.2.2.3. Comprobación de la estabilidad global

El programa puede analizar la estabilidad global, mediante la obtención del círculo de deslizamiento pésimo. Se puede consultar en pantalla (en la fase que se está visualizando) mediante la opción **Círculo de deslizamiento pésimo** del menú **Fase** (Fig. 1.8).

La comprobación del círculo de deslizamiento pésimo se realiza en las fases en las que todavía no existe ningún forjado construido, pues en las fases en las que éstos entran en funcionamiento se supone que la construcción hasta el momento realizada impide el desarrollo del círculo de deslizamiento. El resultado puede aparecer en el listado de **Comprobaciones de estabilidad (Círculo de deslizamiento pésimo)**. A este listado podrá acceder seleccionando el botón **Listados de la obra** que se encuentra a la derecha de la barra de herramientas.

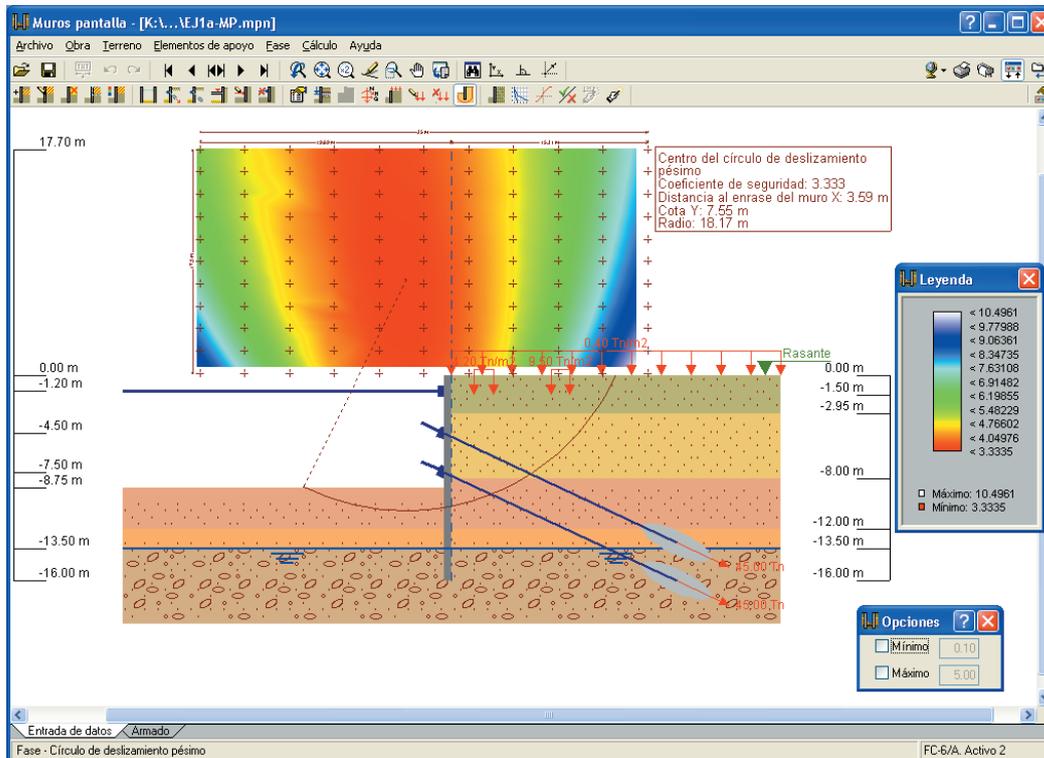


Fig 1.8

Se incluyen también estos datos en los listados que el programa permite visualizar e imprimir tras utilizar la opción **Comprobar** del menú **Cálculo**.

Si desea más información sobre la **comprobación de la estabilidad global** consulte el **Anejo Cálculo círculo de deslizamiento**.

Comprobación	Valores	Estado
Círculo de deslizamiento péximo:	Mínimo: 1.8	
-Combinaciones sin sismo:	Calculado: 9.119	Cumple
-FC-1Maciadao 1: Coordenadas del centro del círculo (-2.03 m, 4.43 m) - Radio: 10.43 m:	Calculado: 9.119	Cumple
-FC-2Puntal: Coordenadas del centro del círculo (-2.03 m, 4.43 m) - Radio: 10.43 m:	Calculado: 4.674	Cumple
-FC-3Vaciado 2: Coordenadas del centro del círculo (-2.69 m, 3.28 m) - Radio: 11.28 m:	Calculado: 4.674	Cumple
-FC-4A: Activo 1: Coordenadas del centro del círculo (-2.69 m, 3.28 m) - Radio: 11.28 m:	Calculado: 3.333	Cumple
-FC-5Vaciado 3: Coordenadas del centro del círculo (-3.59 m, 7.55 m) - Radio: 10.17 m:	Calculado: 3.333	Cumple
-FC-6A: Activo 2: Coordenadas del centro del círculo (-3.59 m, 7.55 m) - Radio: 10.17 m:		No procede
-FC-7Boquera 3º Sd(1)		No procede
-FC-8Forjado 3º Sd(1)		No procede
-FC-9Retiro de A. Activo 2 (1)		No procede
-FC-10Forjado 2º Sd(1)		No procede
-FC-11Retiro de A. Activo 1 (1)		No procede
-FC-12Retiro Puntal (1)		No procede
-FC-13Forjado 1º Sd(1)		No procede
-FS-1-Servicio-Carga Máxima (1)		No procede

Información adicional:

-FC-1Maciadao 1: Combinaciones sin sismo - Debido a que el círculo de deslizamiento péximo pasa por el elemento de contención, éste deberá resistir un cortante de, al menos, 111.349 Tm en la intersección con dicho círculo. Esto es necesario para garantizar la validez del coeficiente de seguridad calculado.

-FC-2Puntal: Combinaciones sin sismo - Debido a que el círculo de deslizamiento péximo pasa por el elemento de contención, éste deberá resistir un cortante de, al menos, 111.349 Tm en la intersección con dicho círculo. Esto es necesario para garantizar la validez del coeficiente de seguridad calculado.

-FC-3Vaciado 2: Combinaciones sin sismo - Debido a que el círculo de deslizamiento péximo pasa por el elemento de contención, éste deberá resistir un cortante de, al menos, 112.379 Tm en la intersección con dicho círculo. Esto es necesario para garantizar la validez del coeficiente de seguridad calculado.

-FC-4A: Activo 1: Combinaciones sin sismo - Debido a que el círculo de deslizamiento péximo pasa por el elemento de contención, éste deberá resistir un cortante de, al menos, 112.379 Tm en la intersección con dicho círculo. Esto es necesario para garantizar la validez del coeficiente de seguridad calculado.

-FC-5Vaciado 3: Combinaciones sin sismo - Debido a que el círculo de deslizamiento péximo pasa por el elemento de contención, éste deberá resistir un cortante de, al menos, 111.657 Tm en la intersección con dicho círculo. Esto es necesario para garantizar la validez del coeficiente de seguridad calculado.

-FC-6A: Activo 2: Combinaciones sin sismo - Debido a que el círculo de deslizamiento péximo pasa por el elemento de contención, éste deberá resistir un cortante de, al menos, 111.657 Tm en la intersección con dicho círculo. Esto es necesario para garantizar la validez del coeficiente de seguridad calculado.

Fig. 1.9

En el menú **Obra > Opciones** es posible definir los coeficientes de seguridad para la comprobación del círculo de deslizamiento. Puede definir coeficientes diferentes para las comprobaciones **con sismo** y para **sin sismo**.

Coeficientes de seguridad	Sin sismo	Con sismo
Equilibrio de momentos	2.00	1.50
Relación de empujes	1.50	1.20
<input checked="" type="checkbox"/> Círculo de deslizamiento péximo	1.80	1.20

Fig. 1.10

1.3. Comprobación del armado

A continuación, se detallan todas las comprobaciones que se realizan para el armado de una pantalla de hormigón. En primer lugar, se realiza la comprobación del armado horizontal y vertical, verificando que se satisfacen tanto los criterios geométricos como resistentes. Posteriormente se comprueban los rigidizadores.

Para las comprobaciones resistentes se establecen secciones de comprobación cada 0.25 m. En cada una de las secciones se obtienen los esfuerzos de cálculo a partir los resultados de cada una de las fases, según las siguientes hipótesis:

- **H1:** Axil, cortante y flector de cada fase multiplicados por el coeficiente de mayoración.
- **H2:** Axil nulo, cortante y flector multiplicados por el coeficiente de mayoración (si la opción está activada, sólo se realiza a flexión simple)

Para las comprobaciones de estados límite últimos se emplea el coeficiente de mayoración introducido por el usuario, en función de si se trata de una fase constructiva o de servicio. Para las comprobaciones de estados límite de servicio (fisuración) los coeficiente de mayoración se toman iguales a la unidad.

Los esfuerzos se calculan siempre por panel y la verificación se realiza tomando como área resistente del mismo la indicada en la siguiente figura.

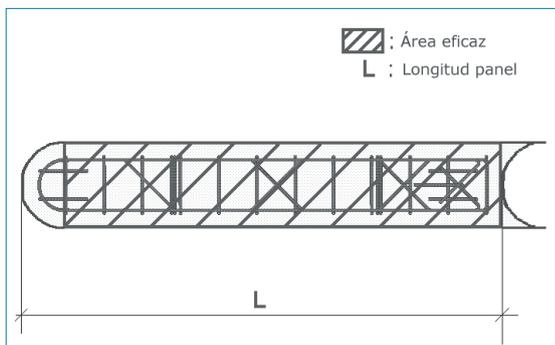


Fig. 1.11

1.3.1. Recubrimiento

Por tratarse de un elemento hormigonado contra el terreno, el recubrimiento geométrico de la armadura debe ser mayor que 7 cm, según criterio de J. Calavera, *Manual de Detalles Constructivos en Obras de Hormigón Armado*.

1.3.2. Separación mínima de armaduras

Para permitir un correcto hormigonado se exige una separación libre mínima entre armaduras según norma. Los valores mínimos para las separaciones han sido los siguientes:

1.3.2.1. Norma EH-91 (art. 13.2.1) y EHE-08(art. 69.4.1.1)

La separación libre horizontal entre dos armaduras aisladas consecutivas será igual o mayor a los tres valores siguientes:

- Dos centímetros
- El diámetro de la mayor
- $1.25 \times$ tamaño máximo de árido

La separación libre vertical cumplirá los apartados a) y b) anteriores.

1.3.2.2. Norma EHE (art. 66.4.1)

La separación libre vertical y horizontal entre dos armaduras aisladas consecutivas cumplirá lo indicado en los apartados a) b) y c) citados anteriormente.

1.3.2.3. Norma EC-2 (art. 5.2.1.1) y resto de normas

La separación libre vertical y horizontal entre dos armaduras aisladas consecutivas cumplirá lo indicado en los apartados a) y b) citados anteriormente.

1.3.3. Separación máxima de armaduras

Se establece esta limitación con el fin de que no queden zonas sin armado. Se puede considerar que es una condición mínima para poder hablar de hormigón armado frente a hormigón en masa. El valor máximo permitido es: separación ≤ 30 cm.

1.3.4. Cuantía mínima geométrica

Con el fin de controlar la fisuración debida a deformaciones originadas por los efectos de temperatura y retracción se imponen unos mínimos de cuantía que varían según norma.

1.3.4.1. Norma EH-91 (art.38.3)

En el caso de muros, la antigua norma española **EH-91** exige unas cuantías mínimas que vienen indicadas en la siguiente tabla en valores de tanto por mil con respecto a la sección total de hormigón.

	Acero AEH-400	Acero AEH-500
Armadura horizontal	2.0	1.6
Armadura vertical	1.2	0.9

Tabla 1.1

Las cuantías mínimas indicadas se deben repartir entre las dos caras con la condición de que ninguna de ellas contenga una cuantía inferior a un tercio de la indicada.

Armadura vertical

El reparto de la cuantía se ha realizado tomando 2/3 de la cuantía para la armadura traccionada, y 1/3 en la comprimida.

Armadura horizontal

En la tabla se indica la cuantía total, que se reparte entre ambas caras.

1.3.4.2. Norma EHE y resto de normas

En el caso de muros la actual norma española exige unas cuantías mínimas que vienen indicadas en la siguiente tabla con valores de tanto por mil con respecto a la sección total de hormigón.

	Acero B 400 S	Acero B 500 S
Armadura horizontal	4.0	3.2
Armadura vertical	1.2	0.9

Tabla 1.2

Armadura vertical

La cuantía que indica la tabla es el mínimo para la armadura traccionada. Para la armadura comprimida, se comprueba que la cuantía mínima sea al menos el 30% de la anterior.

Armadura horizontal

Al igual que para la **EH-91**, la cuantía indicada en la tabla es la total. La norma permite reducir los mínimos geométricos a la mitad si la separación entre juntas es inferior a

7.5 m. Para el cálculo se toma como separación entre juntas la longitud de los paneles.

1.3.5. Cuantía máxima geométrica

Se imponen un máximo para la cuantía de armadura vertical total del 4%, basado en el artículo 5.4.7.2 del **EC-2**.

1.3.6. Cuantía mínima mecánica

Para la armadura vertical se exigen unas cuantías mínimas mecánicas para que no se produzcan roturas frágiles al fisurarse la sección debido a los esfuerzos de flexocompresión.

Si la armadura de tracción dada por el cálculo es $A_s < 0.04 f_{cd} / f_{yd} \times A_c$ se comprueba que se dispone como armadura de tracción al menos αA_s , donde:

$$\alpha = 1.5 - 12.5 \times A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}).$$

Además, se comprueba en los casos de solicitaciones de flexión compuesta ($N_d > 0$) que la cuantía de armadura de compresión (A'_s / A_c) sea superior a:

$$(A'_s / A_c) \geq 0.05 N_d / (f_{yd} \times A_c).$$

Para la armadura horizontal, se comprueba que se ha dispuesto al menos un 20% de la vertical.

1.3.7. Comprobación de flexocompresión

La comprobación resistente de la sección se realiza utilizando como ley constitutiva del hormigón el diagrama tensión-deformación simplificado parábola-rectángulo apto para delimitar la zona de esfuerzos de rotura a flexocompresión de la de no rotura de una sección de hormigón armado.

La comprobación a flexocompresión está implementada para todas las normas que permite utilizar el programa con

sus correspondientes peculiaridades en cuanto a la integración de tensiones en la sección y los pivotes que delimitan las máximas deformaciones permitidas a los materiales que constituyen la sección (acero y hormigón).

Al realizar la comprobación de flexocompresión se tiene la precaución de que las armaduras se encuentren ancladas con el fin de poder considerarlas efectivas en el cálculo a flexocompresión.

Además, como los esfuerzos de flexocompresión actúan conjuntamente con el esfuerzo cortante se produce una interacción entre ambos esfuerzos. Este fenómeno se tiene en cuenta decalando la ley de momentos flectores una determinada distancia en el sentido que resulte más desfavorable. Considera un decalaje de la ley de momentos de un canto útil d .

1.3.8. Comprobación de cortante

La comprobación de este estado límite último se realiza, al igual que en el caso de flexocompresión, en distintas alturas de la pantalla. Al no tener armadura transversal en la sección, sólo se considera la contribución del hormigón en la resistencia a corte, y de la armadura longitudinal.

El valor de la contribución del hormigón al esfuerzo cortante se evalúa a partir de un término V_{cu} que se obtiene de manera experimental. Este término se incluye habitualmente dentro de la comprobación del cortante de agotamiento por tracción en el alma de la sección. En la aplicación se han considerado las distintas expresiones que evalúan esta componente V_{cu} según la norma elegida.

En el caso de la norma **EHE-98**, el criterio propio de la misma en general resulta demasiado restrictivo para espesores grandes, por lo que se muestran adicionalmente los criterios de la **EH-91** y **EC-2**.

1.3.9. Comprobación de fisuración

El Estado Límite de Fisuración es un estado límite de servicio que se comprueba con la finalidad de controlar la aparición de fisuras en las estructuras de hormigón, en nuestro caso, un muro pantalla. En el caso de muros el control de la fisuración es muy importante puesto que ésta se produce primordialmente en la cara del trasdós. Ésta es una zona que no se puede observar habitualmente, donde es posible que proliferen la corrosión de las armaduras. Se puede producir el deterioro de la estructura sin que se aprecien fácilmente los efectos negativos que se estén produciendo sobre el muro.

Se trata de controlar las fisuras que originan las acciones que directamente actúan sobre el muro, (terreno, nivel freático, sobrecargas...) y no las fisuras debidas a retracción y temperatura, que ya son tenidas en cuenta al considerar los mínimos geométricos.

Para el cálculo de la abertura límite de fisura se ha seguido un proceso simplificado en flexión simple, con el cual se obtienen resultados del lado de la seguridad con respecto a los que se pueden obtener de aplicar los métodos en flexocompresión.

Para las distintas normas empleadas en el programa se sigue el método general de cálculo de la abertura de fisura y se comparan los resultados obtenidos con los límites que impone cada norma según el tipo de exposición o ambiente en el cual se encuentre inmersa nuestra estructura.

Las formulaciones empleadas para las distintas normas han sido las siguientes:

1.3.9.1. Normas EH-91, REBAP, CIRSOC, ACI, ACI-CHILE, NTC-RC, EHE, BAEL 91

Se ha empleado el método general del cálculo de la anchura característica de fisura de la **EH-91** (art. 44.3) y de la **EHE** (art. 49.2.5). La anchura característica de fisura se calcula como:

$$W_k = 1.7 s_m \times e_{sm}$$

siendo,

s_m : separación media de fisuras en la zona de recubrimiento

e_{sm} : alargamiento medio de las armaduras en la zona de recubrimiento teniendo en cuenta la colaboración del hormigón entre fisuras.

Las expresiones para estos dos valores se pueden encontrar en los artículos citados de las normas españolas.

1.3.9.2. Normas NBR 6118:2003

Se evalúan las aberturas características de fisura de acuerdo con lo indicado en el articulado correspondiente a esta norma, art. 17.3.3.

1.3.10. Comprobación de longitudes de solape

El cálculo de las longitudes de solape se ha realizado de la siguiente forma según las distintas normativas implementadas:

La longitud de solape para cada una de las armaduras se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$l_s = \alpha \times l_{b \text{ neta}}$$

siendo,

l_s : longitud de solape

$l_{b \text{ neta}}$: longitud neta de anclaje de la barra solapada

α : coeficiente según el porcentaje de barras solapadas y la distancia entre los empalmes de barras más próximos.

1.3.11. Comprobación de los rigidizadores horizontales

Se comprueba que el diámetro de los rigidizadores es, como mínimo, igual al del armado base y que éstos se distribuyen uniformemente a lo largo de toda la longitud de la pantalla, de forma que la separación entre los mismos sea menor o igual a 2.5 m.

Estos criterios son comunes a todas las normas y se han extraído de la NTE, Acondicionamiento del Terreno, Cimentaciones.

1.3.12. Comprobación de los rigidizadores verticales

Las comprobaciones realizadas son análogas a las de los rigidizadores horizontales, pero se comprueba en este caso que la separación entre los mismos sea menor o igual a 1.5 m.

1.4. Dimensionamiento del armado

1.4.1. Dimensionamiento del armado vertical

Del total de entradas de la tabla de armado, se selecciona la más económica de todas las que cumplan los criterios de separación, cuantía y resistencia. El armado base, además de cumplir los criterios de separación y cuantía mínima, debe cubrir al menos un 50% del momento máximo. En las zonas en las que dicho armado base no cumpla las comprobaciones de flexocompresión y fisuración, se disponen refuerzos.

En caso de que las longitudes de las barras sean superiores a la máxima introducida por el usuario, se generan los solapes necesarios.

1.4.2. Dimensionamiento del armado horizontal

De todas las entradas de la tabla de armado, se selecciona la más económica de las que cumplan los criterios de separación y cuantía descritos anteriormente para la armadura horizontal.

1.4.3. Dimensionamiento de los rigidizadores

El diámetro del rigidizador, tanto vertical como horizontal, será igual al mayor diámetro de entre el armado del trasdós y el del intradós. Se dispone un número tal que la

separación de los rigidizadores horizontales sea como máximo de 2.5 m y la de los verticales de 1.5 m.

1.5. Dimensionamiento en pantallas de tablestacas metálicas con perfiles genéricos

Una vez elegida una serie y un perfil dentro de la serie, se procede al dimensionado. En el caso de que no cumpla el perfil elegido, el programa coloca el siguiente en la serie y vuelve a calcular la pantalla, ya que al variar el perfil varían también los esfuerzos. A continuación, se vuelve a comprobar y, si tampoco cumple, se repite el proceso.

Las comprobaciones que se hacen en este tipo de pantallas son la siguientes.

1.5.1. Tensión con mayoración por esbeltez

Tensión de Von Misses calculada a partir de la tensión normal (función del axil, coeficiente de pandeo debido a la esbeltez, momento flector y módulo resistente) y la tensión tangencial (función del cortante y el área resistente a cortante).

1.5.2. Tensión con excentricidad de carga en coronación

En este caso, en lugar de multiplicarse el axil por el coeficiente de pandeo como en el caso anterior, se tiene en cuenta un momento adicional calculado como el axil de coronación por la excentricidad máxima producida por la deformación de la pantalla.

1.5.3. Esbeltez

Al ser un elemento comprimido se comprueba que la esbeltez de la tablestaca no supere el valor recomendado por norma, adoptando el valor habitual de 200.

1.6. Tablestacas de Arcelor-Mittal (catálogo anterior de ARBED)

Se aplica el Eurocódigo 3 específico para este tipo de perfiles: prEN-1993-5:2004.

1.7. Dimensionamiento en pantallas de micropilotes

Las pantallas de micropilotes son elementos cilíndricos, perforados in situ, armados con tubería de acero e inyectado con lechada o mortero de cemento, y cuyos diámetros no superan normalmente los 30 cm. Se define el diámetro exterior o diámetro de la excavación, y el programa dimensiona el tubo cilíndrico de acero definible en biblioteca. El dimensionado del micropilote se realiza en flexo-compresión. Para la comprobación de la sección de hormigón armado en estados límite últimos se emplea el método de la parábola-rectángulo, con los diagramas tensión-deformación del hormigón y del acero. A partir de la serie del perfil seleccionado para la obra, se comprueban de forma secuencial creciente todos los perfiles de la serie. Se establece la compatibilidad de esfuerzos y deformaciones y se comprueba que no se superan las tensiones del hormigón y del acero ni sus límites de deformación. Se considera la excentricidad mínima o accidental, así como la excentricidad adicional de pandeo según la norma, limitando el valor de la esbeltez mecánica, de acuerdo a lo indicado en la norma.

La longitud de pandeo considerada es la libre en cada fase, teniendo en cuenta que la parte enterrada totalmente se considera que no puede pandear, o bien la distancia entre puntos de momento nulo (cuando existen forjados, puntales, etc., que produzcan inflexiones en la ley de momentos flectores).

El diámetro máximo del tubo circular estará limitado por el diámetro del micropilote.

2. Descripción del programa

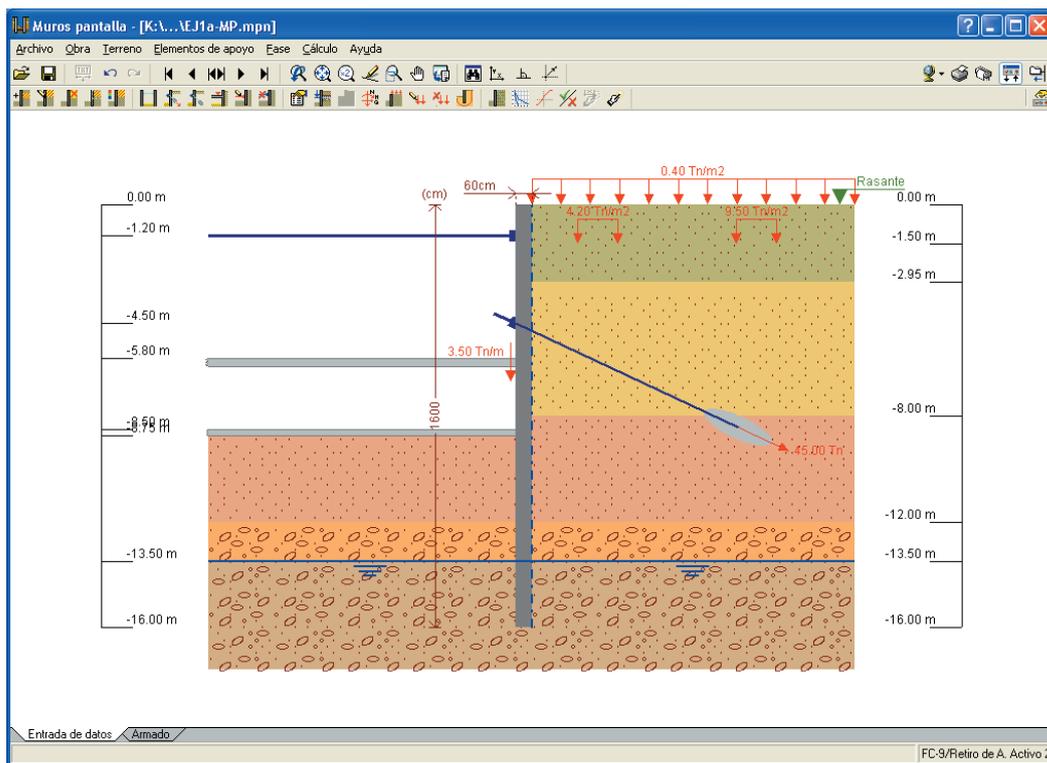


Fig. 2.1

2.1. Asistentes

Al crear una obra nueva se desplegará el diálogo **Selección de asistente**.

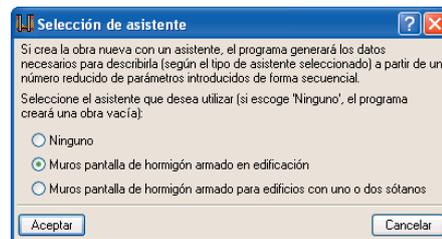


Fig. 2.2

Si crea la obra nueva con un asistente, el programa generará los datos necesarios para describirla, según el tipo de asistente seleccionado, a partir de un número reducido de parámetros introducidos de forma secuencial. Incluye la generación del proceso constructivo y predimensionamiento de la geometría de una pantalla de hormigón armado excavada por fases con apuntalamientos sucesivos (temporales o permanentes), que soporta varios forjados a distintas alturas y contemplando la posibilidad de construcciones medianeras. Genera, además, una última etapa de servicio en la cual el edificio puede cargar a la pantalla en su coronación. Cualquier dato generado puede revisarlo y/o modificarlo una vez generada la obra.

El predimensionado del espesor de la pantalla es $H/20$ (siendo H la profundidad de la excavación), con un mínimo de 45 cm y un máximo de 100 cm. Los redondeos se producen a valores de 45, 60, 80 y 100.

La altura total de la pantalla varía entre $2H$ y $1.4H$, dependiendo de si la excavación tiene apuntalamientos o no. Según el número de fases a excavar, se tomará un valor intermedio del rango anterior. Si existe roca a una profundidad menor se llevará la pantalla hasta ella profundizando 20 cm, que es el mínimo para considerar que la pantalla se articula en ese punto.

Para conocer las aproximaciones efectuadas lea las ayudas en cada diálogo del asistente.

Existen dos tipos de asistentes:

2.1.1. Asistente 1. Pantallas de hormigón armado en edificación

Asistente para generar pantallas de varios niveles. Aparecen sucesivas ventanas de entrada de datos cuyas opciones disponen de ayuda en pantalla. Antes de continuar es necesario destacar que cuando se habla de cota tiene que indicar el signo negativo, ya que se toma como cota 0 de la rasante superior del terreno.

2.1.1.1. Datos generales

Debe indicar la profundidad total de la excavación.

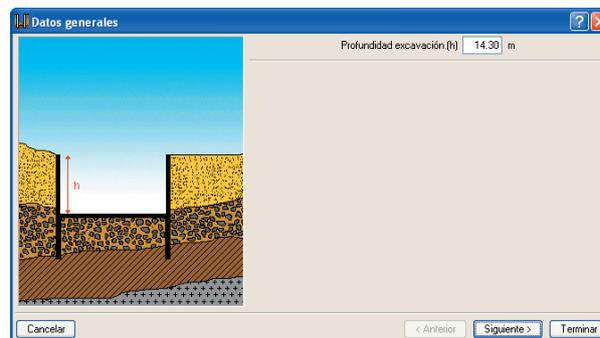


Fig. 2.3

2.1.1.2. Terreno

Posible existencia de nivel freático, roca, y sobrecarga sobre el terreno en el trasdós. Además, deberá configurar los diferentes estratos del terreno a contener.



Fig. 2.4

2.1.1.3. Etapas intermedias de excavación

Debe definir el número de etapas de excavación en las que se colocan anclajes, y en cada una de ellas debe indicar su cota y tipo de anclaje (puntal, anclaje activo perma-

nente o provisional, anclaje pasivo permanente o provisional). El anclaje tiene su propia cota. Para cada etapa de excavación, el asistente generará 2 fases. La primera es la excavación del terreno y la segunda, la colocación del anclaje. Las cotas de las etapas de excavación no podrán ser mayores en valor absoluto que la profundidad de excavación indicada en la primera ventana del asistente, **Datos generales**. Si, por ejemplo, la profundidad total de excavación es de 9 m y sus etapas de excavación son de 3 m, tan solo debe definir aquí dos etapas. La primera, a cota -3 m y la segunda, a -6 m. El programa generará automáticamente la última etapa de excavación sin la fase de anclaje.



Fig. 2.5

2.1.1.4. Forjados (fases de construcción)

Lista de forjados y cimentación (si ésta ejerce un efecto de arriostamiento) indicando su cota superior, canto y cortante (en T/m) en fase de construcción. Se define como forjado; por tanto, también la cimentación por losa. La cota superior de la losa menos el canto debe coincidir con la cota del fondo de la excavación; en este caso:

$$-13.50 - 0.80 = -14.30.$$

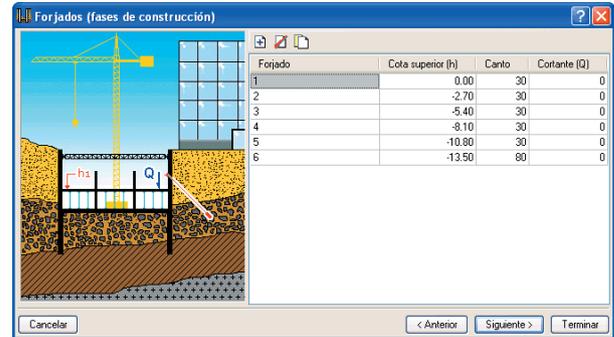


Fig. 2.6

2.1.1.5. Fase de servicio (obra terminada)

Cargas en coronación de la pantalla y los cortantes en fase de servicio que transmiten a la pantalla los forjados de sótano.



Fig. 2.7

2.1.2. Asistente 2. Pantallas de hormigón armado para edificios de uno o dos sótanos

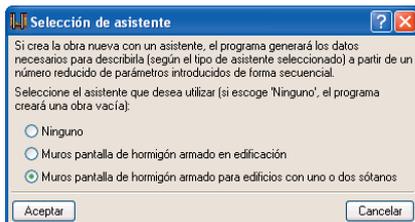


Fig. 2.8

De la misma forma que en el asistente anterior, aparecen sucesivas pantallas de entrada de datos.

2.1.2.1. Edificación

Por defecto, con un sótano; si activa la casilla correspondiente puede establecer dos sótanos. Debe indicar alturas libres entre forjados, luces transversales (luz libre de los forjados entre el muro pantalla y el siguiente apoyo; con este dato el programa genera de forma aproximada los cantos de los forjados y las cargas que transmiten los mismos al muro pantalla), si el edificio se apoya en la viga de coronación de la pantalla, indicando el número de plantas que hay sobre la rasante y, por último, el tipo de cimentación. Con este último dato se informa al asistente de la tipología de cimentación del edificio.

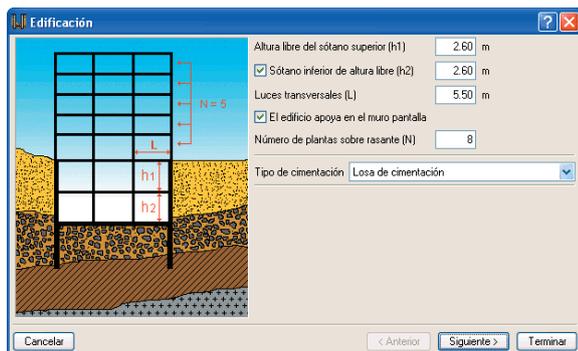


Fig. 2.9

2.1.2.2. Medianerías

Tipo de medianería (sin medianería, calzada con tráfico ligero, calzada con tráfico pesado o edificio medianero en el que debe definir el número de plantas y la profundidad media de su cimentación). En función de la selección se aplicará una carga superficial sobre el terreno del trasdós.

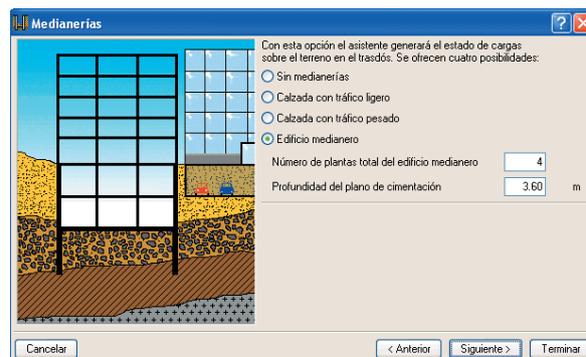


Fig. 2.10

2.1.2.3. Terreno

Se admiten como máximo dos estratos. También puede definir si existe roca y nivel freático, indicando sus profundidades correspondientes.

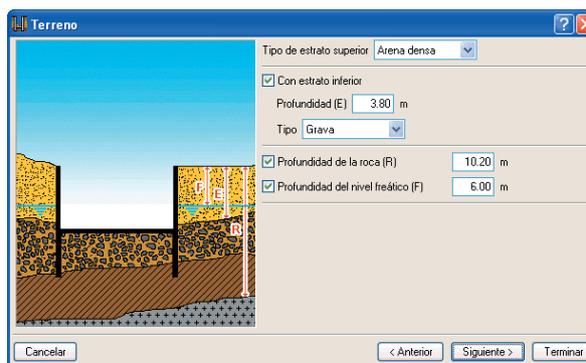


Fig. 2.11

2.1.2.4. Información

Antes de generar la obra se muestra un listado con los datos que se desean generar del cual puede retroceder para realizar modificaciones. Este listado puede imprimirse o puede exportarse a HTML, PDF, TXT y RTF.

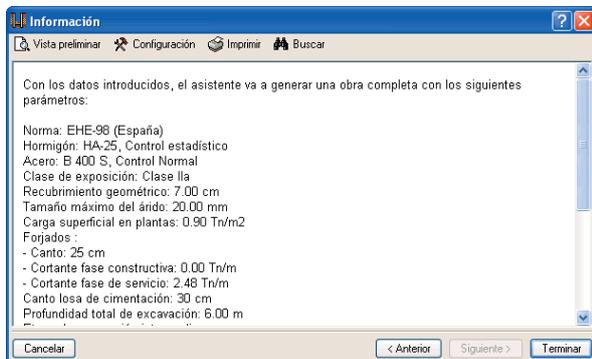


Fig. 2.12

2.2. Modo de trabajo

Se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Crear un fichero **Nuevo** con el nombre de la obra.
2. Seleccionar el tipo de asistente o bien **Ninguno**. En este último caso debe crear manualmente las fases o etapas constructivas con el botón **Selección** e indicar todos los datos necesarios de cada fase, anclajes, etc.
3. Revise los datos introducidos, pasando por la selección de todas las fases.
4. Cálculo y revisión de esfuerzos de cada fase pulsando el botón **Esfuerzos**.
5. Si el muro pantalla es de hormigón armado, para obtener las armaduras pulsar el botón **Dimensionar**.
6. Revisar los listados de comprobación con el botón **Comprobar**.
7. Editar las armaduras, con el botón **Edición armado**, y para revisarlas utilizar el botón **Comprobar**.

8. Obtención de listados y planos utilizando los botones **Listados de la obra** y **Planos de la obra**.

2.3. Asistente

Al crear una obra nueva dispone de la posibilidad de utilizar un asistente, el cual generará los datos necesarios para describir el muro a partir de un número reducido de parámetros introducidos de forma secuencial. Incluye el predimensionado de la geometría y la generación de cargas. Cualquier dato generado puede revisarlo y/o modificarlo una vez generada la obra.

2.4. Listados

La forma de obtener los listados se realiza mediante la opción **Archivo > Imprimir > Listados de la obra**.

Los listados pueden dirigirse a impresora (con vista preliminar opcional, ajuste de página, etc.) o bien pueden generarse ficheros HTML, PDF, TXT y RTF (Fig. 2.13).

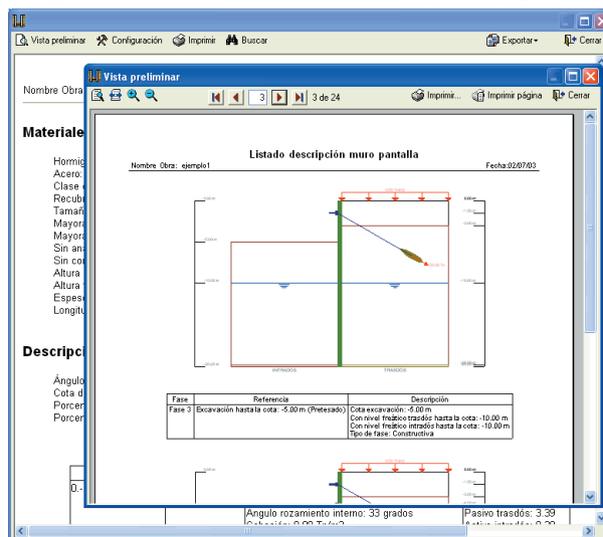


Fig. 2.13

2.5. Planos

La forma de obtener los planos se realiza mediante la opción **Archivo > Imprimir > Planos de la obra**.

Pueden realizarse las siguientes operaciones para el dibujo de planos:

- La ventana **Selección de planos** (Fig. 2.14) permite añadir uno o varios planos para imprimir simultáneamente y especificar el periférico de salida: impresora, plotter, DXF o DWG; seleccionar un cajetín (de CYPE o cualquier otro definido por el usuario) y configurar las capas.

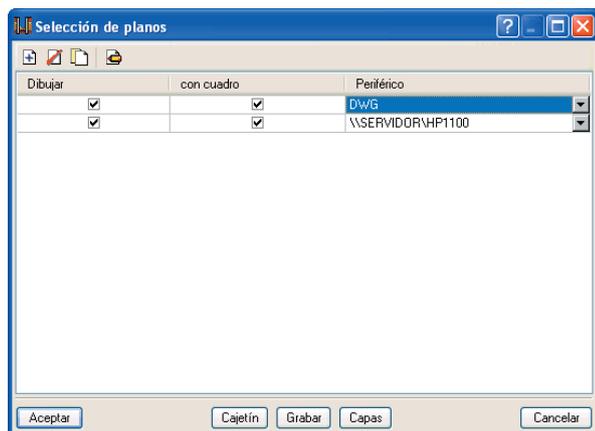


Fig. 2.14

- En cada plano configurar los elementos a imprimir, con posibilidad de incluir detalles de usuario previamente importados.



Fig. 2.15

- Modificar la posición de textos.

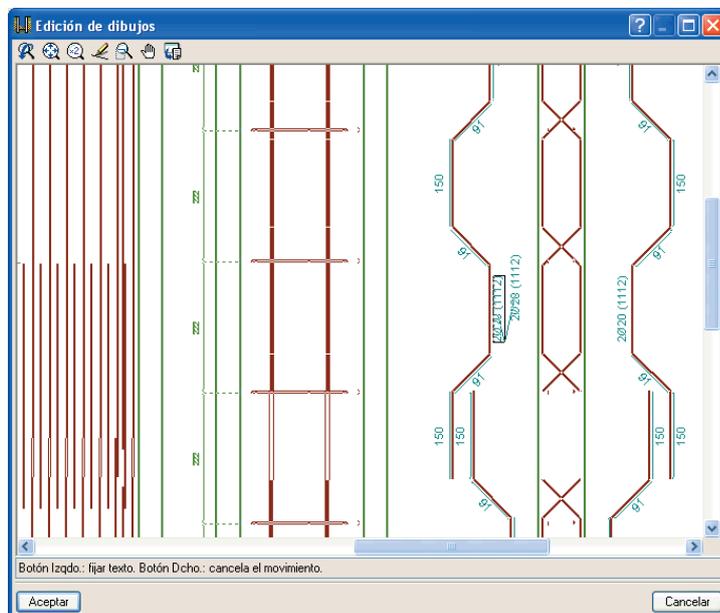


Fig. 2.16

- Volver a colocar los objetos dentro del mismo plano o moverlos a otro.

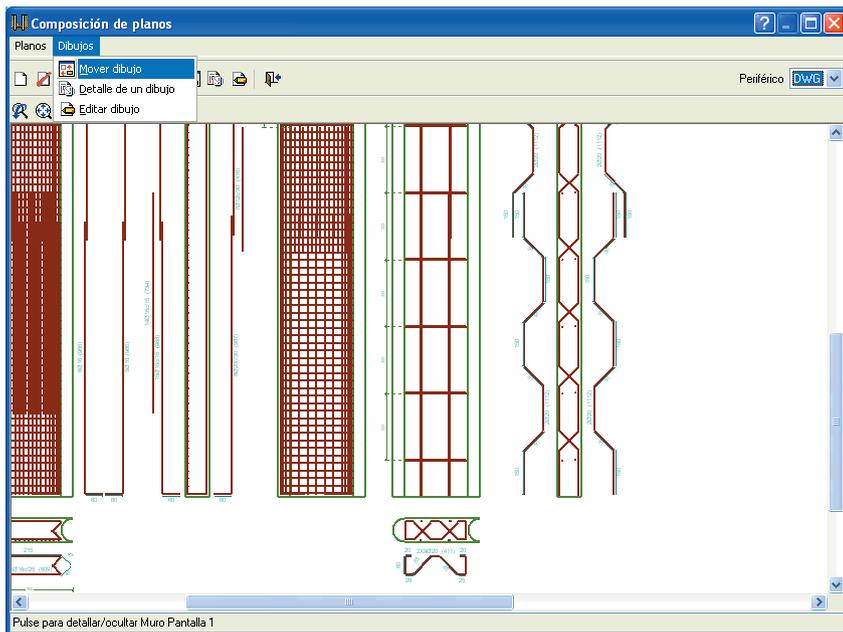


Fig. 2.17