CYPE 3D

Ejemplo práctico

cype

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

2 Estructuras

IMPORTANTE: ESTE TEXTO REQUIERE SU ATENCIÓN Y SU LECTURA

La información contenida en este documento es propiedad de CYPE Ingenieros, S.A. y no puede ser reproducida ni transferida total o parcialmente en forma alguna y por ningún medio, ya sea electrónico o mecánico, bajo ningún concepto, sin la previa autorización escrita de CYPE Ingenieros, S.A. La infracción de los derechos de propiedad intelectual puede ser constitutiva de delito (arts. 270 y sgts. del Código Penal).

Este documento y la información en él contenida son parte integrante de la documentación que acompaña a la Licencia de Uso de los programas informáticos de CYPE Ingenieros, S.A. y de la que son inseparables. Por consiguiente está amparada por sus mismas condiciones y deberes.

No olvide que deberá leer, comprender y aceptar el Contrato de Licencia de Uso del software del que es parte esta documentación antes de utilizar cualquier componente del producto. Si NO acepta los términos del Contrato de Licencia de Uso, devuelva inmediatamente el software y todos los elementos que le acompañan al lugar donde lo adquirió para obtener un reembolso total.

Este manual corresponde a la versión del software denominada por CYPE Ingenieros, S.A. como CYPE 3D. La información contenida en este documento describe sustancialmente las características y métodos de manejo del programa o programas a los que acompaña. La información contenida en este documento puede haber sido modificada posteriormente a la edición mecánica de este libro sin previo aviso. El software al que acompaña este documento puede ser sometido a modificaciones sin previo aviso.

CYPE Ingenieros, S.A. dispone de otros servicios entre los que se encuentra el de Actualizaciones, que le permitirá adquirir las últimas versiones del software y la documentación que le acompaña. Si Ud. tiene dudas respecto a este escrito o al Contrato de Licencia de Uso del software o quiere ponerse en contacto con CYPE Ingenieros, S.A., puede dirigirse a su Distribuidor Local Autorizado o al Departamento Posventa de CYPE Ingenieros, S.A. en la dirección:

Avda. Eusebio Sempere, 5 · 03003 Alicante (España) · Tel: +34 965 92 25 50 · Fax: +34 965 12 49 50 · www.cype.com

© CYPE Ingenieros, S.A.

Editado e impreso en Alicante (España)

Windows ® es marca registrada de Microsoft Corporation ®

3. Ejemplo práctico CYPE 3D5
3.1. Descripción
3.2. Generador de pórticos5
3.2.1. Cargas que genera el programa10
3.2.1.1. Cargas permanentes10
3.2.1.2. Sobrecargas10
3.2.1.3. Hipótesis de viento10
3.2.1.4. Hipótesis de nieve10
3.3. CYPE 3D
3.3.1. Introducción de nudos y barras10
3.3.1.1. Gestión de capas de visualización
3.3.1.2. Ocultar/visualizar planos12
3.3.1.3. Introducción de barras y acotación
3.3.2. Descripción de nudos y barras
3.3.3. Disposición de perfiles
3.3.4. Agrupación de barras iguales
3.3.5. Asignación de material23
3.3.6. Coeficientes de empotramiento
3.3.7. Hipótesis de cargas
3.3.7.1. Añadir hipótesis de carga
3.3.7.2. Cargas del forjado. Paños y cargas superficiales24
3.3.7.3. Cargas de viento
3.3.8. Pandeo
3.3.9. Pandeo lateral
3.3.10. Cálculo y dimensionado de la estructura
3.3.10.1. Comprobación de barras
3.3.10.2. Consulta de esfuerzos y tensiones

3.3.11. Uniones
3.3.11.1. Generar uniones de forma automática
3.3.11.2. Definir uniones de forma manual
3.3.11.3. Edición de la unión
3.3.12. Placas de anclaje
3.3.13. Cimentación
3.3.13.1. Introducción de zapatas
3.3.13.2. Introducción de vigas de atado40
3.3.13.3. Definición de datos previos al dimensionamiento41
3.3.13.4. Dimensionamiento y comprobación
de la cimentación
3.3.13.5. Igualación
3.3.14. Salida de resultados
3.3.14.1. Planos
3.3.14.2. Listados
3.3.14.2.1. Listado de la estructura
3.3.14.2.2. Listado de cimentación

4 Estructuras

CYPE 3D

3. Ejemplo práctico CYPE 3D

3.1. Descripción

Con este ejemplo se realizará el cálculo y dimensionamiento de una nave industrial de las siguientes características: 40 m de longitud y 20 m de anchura. Se resolverá mediante 9 pórticos espaciados 5 m entre sí, con unas alturas en cumbrera de 10 m y de 8 m en los laterales. En el interior de la nave se dispondrá de un forjado para oficinas a 4 m de altura, y en su parte frontal. La nave constará de dos huecos de 6×5 en el lateral derecho y uno en el izquierdo de las mismas dimensiones.

El primer paso a seguir es determinar las hipótesis de cargas actuantes sobre la estructura.

Cargas permanentes:

- · Peso propio de las correas IPE.
- Material de cubrición (panel sándwich de 80 mm y 0.24 kN/m²).
- Peso propio del forjado de viguetas de hormigón (25+5): 3.7 kN/m².
- · Solado: 1.2 kN/m².
- Sobrecargas de uso:
 - Según la tabla 3.1 del CTE DB SE-AE la sobrecarga correspondiente a una categoría de uso B (zonas administrativas) es de 2 kN/m².
 - Según CTE DB SE-AE: Sobrecarga de uso en cubiertas, categoría de uso G1 (cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento, no concomitante con el resto de acciones variables), cuyo valor según tabla 3.1, es de 0.4 kN/m².

• Acción del viento:

- Según CTE DB SE-AE: Zona B, zona urbana en general, industrial o forestal IV.
- Sobrecarga de nieve:
 - Según CTE DB SE-AE: Zona climática 5, altitud topográfica 0 m, exposición al viento normal.

3.2. Generador de pórticos

Para el dimensionamiento de las correas de cubierta y la generación de las cargas al **CYPE 3D**, se empleará el programa **Generador de pórticos** de **CYPE Ingenieros**.

En **Generador de pórticos** cree una obra nueva, llámela "Nave_01" e introduzca una descripción.

Nombre de la obra			
C:\CYPE Ingenieros\Proye	ctos\Generador de Pórticos\		Examinar
Nombre del fichero (clave)	NAVE_01	.gp3	
escripción			
Obra de ejmplo			
Aceptar			Cancela

A continuación, complete los campos de la ventana **Datos obra** como muestra la Fig. 3.2 (el número de vanos de que consta la nave, en este caso 8, la separación entre ellos de 5 m, el peso del material de cubrición y su sobrecarga, la normativa para la generación de cargas de viento y de nieve).

Para la generación de las cargas de viento laterales y frontales es imprescindible activar cerramiento lateral, en este caso, el cerramiento lateral será prefabricado (paneles de hormigón aligerados) y descansará sobre las vigas de atado de la cimentación, por tanto, se desprecia su peso propio asignando un valor nulo al peso del cerramiento.

🔄 Datos obra	
Número de vanos	8
Separación entre pórticos	5.00 m
✓ Con cerramiento en cubierta	
Peso del cerramiento	0.24 kN/m²
Sobrecarga del cerramiento	0.40 kN/m ²
✓ Con cerramiento en laterales	
Peso del cerramiento	0.00 kN/m²
Con sobrecarga de viento	CTE DB SE-AE (España)
Con sobrecarga de nieve	💳 CTE DB-SE AE (España)
Combinaciones de cargas para cálculo de correas E stados l ímite	
E.L.U. de rotura. Acero conformado: CTE DB SE-A E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A	
Cota de nieve Attitud inferior o igual a 1000 m 🔹 🚺	
Desplazamientos Acciones características	
Categorías de uso Acero laminado: CTE DB SE-A	
Acero conformado: CTE DB SE-A	
Acero conformado: CTE DB SE-A G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante o	con el resto de acciones variables 🔻

Fig. 3.2

Para la sobrecarga de uso introducida, se debe definir la categoría de uso, en este caso la categoría G1, ya que la sobrecarga introducida es la de cubierta.

Complete los datos de la ventana de viento, pulsando el icono el que corresponda (Fig. 3.2). Seleccione la zona eólica B, el grado de aspereza IV y especifique los huecos que hay en las fachadas.



En cada hueco se ha de especificar sus dimensiones en alzado, y la posición de su centro de gravedad con respecto al origen.

Fachada		Dh (m)	Dv (m)	Ph (m)	Pv (m)
Izquierda (1)		5.00	6.00	7.50	3.00
zquierda (1)		5.00	6.00	32.50	3.00
D				22.50	0.00
Uerecha (3)		5.00	6.00	32.50	3,00
Z Los huecos e	▼	5.00	6.00	32.50	3.04

Para ello tome la siguiente figura como croquis del sistema de referencia.



También debe especificar si estos huecos permanecerán abiertos permanentemente o no; ya que el programa, en el caso de que sean huecos que se puedan cerrar, generará dos nuevas hipótesis para cada acción de viento: una combinando la presión exterior con la máxima presión interna, en el caso que los huecos de sotavento se cierren; y la otra con la máxima succión en el caso que sean los huecos a barlovento los que permanezcan cerrados. En este ejemplo seleccione huecos permanentemente abiertos.

Complete los datos del diálogo de nieve, pulsando el icono e correspondiente (Fig. 3.2).





Una vez se han definidos los datos generales del proyecto, pase a definir la geometría del pórtico para, posteriormente, realizar la selección y el dimensionamiento de las correas de cubierta. Se creará un pórtico a 2 aguas; complete los datos geométricos del mismo pulsando sobre las cotas podrá modificarlas. En el menú desplegable **Tipo de cubierta** deje el pórtico rígido para este ejemplo.



Una vez aceptado el diálogo, en la pantalla general del programa aparecerá el pórtico descrito anteriormente. Para cualquier rectificación o cambio, pulse dentro del dibujo del pórtico con el botón principal del ratón (Fig. 3.6).

En esta obra de ejemplo el material de cerramiento lateral será para paneles de hormigón aligerados, por lo que debe especificar que hay muro en los laterales, ya que, en el caso contrario, no generará las cargas de viento en los laterales de la nave. Para ello, pulse fuera del pórtico en el lateral en el que desea añadir el muro, seleccione la opción **Muro lateral** del menú e indique **8 m** para la altura del muro. A continuación, active la casilla **Arriostra el pilar a pandeo**, pero no active la casilla **Autoequilibrado**, con lo que se trasmitirán las cargas de presión del viento a los pilares de la fachada de la nave.



Realice este proceso de nuevo, pero sobre el lateral derecho, con lo que quedarán ambos muros reflejados en pantalla.

Jatos de calculo		
Límite flecha:	L / 250 👻	
Número de vanos:	Dos vanos 🔹 👻	
Tipo de fijación:	Fijación rígida	*
Descripción de correas		Dimensionar
Descripción de correas Tipo de perfil: Separación: Tipo de Acam:	IPE 80	Dimensionar Dimensionar
Descripción de correas		

Siga ahora con el dimensionamiento de las correas de la cubierta, para ello seleccione la opción **Selección de correas en cubierta y laterales** del menú **Datos obra**. En la ventana que se muestra especifique el límite de flecha que debe verificar, el número de vanos que cubre la correa y el tipo de fijación. En el apartado tipo de perfil pulse en el botón con el nombre del perfil y seleccione Fig. 3.10

Una vez seleccionado el perfil tipo IPE para las correas de cubierta, dispone de tres opciones para su optimización.



Fig. 3.11

El primero optimiza el perfil para la separación seleccionada, en este caso el programa irá verificando todos los perfiles de la serie para la separación entre correas elegida.

El segundo tipo optimiza las separaciones entre correas para el perfil seleccionado.

Por último, dispone de la optimización de perfil y separación, en la que debe especificar la separación mínima y máxima a comprobar, así como el incremento de separación para cada iteración. Como resultado aparecerá un listado en el que se muestra el perfil, el peso superficial de las correas y la separación, y que indica con un símbolo de prohibido aquellas que no cumplen. Para seleccionar un perfil de la lista debe realizar un doble clic de ratón sobre la fila en la que se encuentra, con lo que quedará marcada en color azul y, al aceptar el diálogo, se incorporará a la obra. A la hora de elegir debe comprobar que la separación seleccionada es válida para el tipo de panel sándwich con el que se va a ejecutar el proyecto; en este ejemplo cambie a 1.40 m el valor de la separación y utilice la primera opción de optimización.

Nombre	Peso (kN/m ²)	Texto de comprobación	*	0
A IPE 80	0.04	Aprovechamiento: 159.66 %		
PE 100	0.06	Aprovechamiento: 73.91 %		
IPE 120	0.07	Aprovechamiento: 42.95 %		
M IPE 140	0.09	Aprovechamiento: 29.27 %		
IPE 160	0.11	Aprovechamiento: 20.65 %		
IPE 180	0.13	Aprovechamiento: 15.21 %		
V IPE 200	0.16	Aprovechamiento: 11.32 %		
IPE 220	0.18	Aprovechamiento: 8.63 %		
IPE 240	0.22	Aprovechamiento: 6.61 %		
IPE 270	0.25	Aprovechamiento: 4.90 %		
	0.00			

Fig. 3.12

Una vez seleccionadas las correas de cubierta puede exportar los datos al CYPE 3D. Para ello, seleccione la opción Exportar al CYPE 3D del menú Datos obra. Debe indicar el número de pórticos y el tipo de apoyo a generar, v si la generación de coeficientes de pandeo es para pórticos traslacionales o intraslacionales (como en este caso se introducirán cruces de arriostramientos posteriormente en el CYPE 3D, seleccione la generación de pandeo para pórticos intraslacionales, y ya en CYPE 3D se modificarán los coeficientes de pandeo en la dirección traslacional). En el caso de que la normativa de viento tenga distintas zonificaciones en la cubierta, como el CTE DB SE-AE, la agrupación de planos en la generación no está habilitada, puesto que las cargas no son simétricas en la nave, y se podrían cometer errores al agrupar planos con cargas diferentes, llegando a quedar del lado de la inseguridad.



Fig. 3.13

3.2.1. Cargas que genera el programa

El programa generará la hipótesis de Cargas permanentes, Sobrecarga en cubierta, las de viento y las de nieve.

3.2.1.1. Cargas permanentes

El programa generará las cargas permanentes debidas al peso propio de las correas y del elemento de cubrición.

En CYPE 3D, se debe crear la carga permanente del forjado, y añadir dicha carga a la hipótesis de carga permanente.

3.2.1.2. Sobrecargas

Dado que se ha definido una sobrecarga en la cubierta de 0,4 kN/m², en categoría de uso G1 (cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento, no concomitante con el resto de acciones variables), el programa generará tal hipótesis y carga.

Posteriormente, en CYPE 3D, se debe definir la hipótesis de sobrecarga de uso correspondiente a una categoría de uso B (zonas administrativas), para el forjado, con su correspondiente carga.

3.2.1.3. Hipótesis de viento

En la nave el viento puede soplar por las cuatro direcciones 0° , 90° , 180° y 270° .



Esto significa que como mínimo existirán cuatro hipótesis de viento. La cubierta del presente ejemplo forma un ángulo con la horizontal de 11.31°. Entrando en la tabla D4 del CTE puede observar que, para esa inclinación, en la cubierta se generan dos situaciones de carga, lo que implica que las hipótesis Viento a 0° o Viento a 180° se duplican para poder contemplar estas situaciones.

Existen huecos, pero se han definido como permanentemente abiertos, esto hace que no se dupliquen las hipótesis de carga en los lados en los que se sitúan los huecos.

3.2.1.4. Hipótesis de nieve

El programa determinará la sobrecarga de nieve en función de la altitud y de la zona climática de invierno, interpolando los valores que se presentan en la tabla E.2 del CTE DB SE-AE.

El programa aplica lo expuesto en el punto 4º del apartado 3.5.3 del CTE DB SE-AE, en el que se indica que hay que hacer distribuciones asimétricas de cargas debido al transporte de la misma por el efecto del viento, debiendo considerar un lado cargado y el otro con la mitad de la carga; por esta razón aparecen tres hipótesis de sobrecarga de nieve al exportar al **CYPE 3D**.

3.3. CYPE 3D

3.3.1. Introducción de nudos y barras

Al aceptar el diálogo, se recorre un asistente para la creación de obre de **CYPE 3D**, cuyas ventanas puede aceptar, ya que posteriormente se pueden modificar desde el menú **Obra**.

Normas	1		10	
Estados límite				
Acero				
Cimentación				
	Hormigón	EHE-08 (España)		CTE
	Aceros conformados	CTE DB SE-A (España)		
	Aceros laminados	CTE DB SE-A (España)	•	
	Madera	CTE DB SE-M (España)	-	
	Aluminio	Eurocódigo 9	•	
	Cimentación	Criterio del CTE DB-SE-C	•	
				D
	Con sismo dinámic	0		
	1220			

Fig. 3.15



Fig. 3.16

Catalas Kata			
		Acero laminado	
Cstados limite		○ S235	1.2
Acero		Acero conformado	
 Cimentación 		S235 S275 S355	
		Comprobar la resistencia al fuego (CTE DB SI)	
	1		1
	1		
			10
			18
	100		18
			1

Fig. 3.17





Después del asistente, se solicitará un nombre para la estructura del **CYPE 3D**. Tras validar esta ventana aparecerá la estructura generada con sus cargas en el programa **CYPE 3D**.



3.3.1.1. Gestión de capas de visualización

A partir de la versión 2015 dispone de una gestión de visualización de barras y paños de carga por capas, de esta forma se agiliza el trabajo pudiendo desactivar todas aquellas barras que entorpecen la introducción de nuevos elementos en el programa, a su vez permite asignar un color identificativo de la capa de visualización con la que se dibujarán los elementos si está activada la opción.

Tras este preámbulo, pase a definir las capas de visualización que va a emplear en la obra, bien entrando por la opción del menú "Obra", "Gestión de capas" o pulsando la combinación de teclas "ALT+Q". Se abrirá la ventana en la que puede crear las capas de visualización de la obra.



En el cual podrá añadir capas, especificar cuál es la capa activa y configurar su visibilidad. Añada las siguientes capas, Pilares, Vigas, Tirantes, Vigas de atado, Forjado_vigas y Forjado_pilares.

Activa	Nombre de la capa	Visible	Color
	por defecto		
	Pilares		P
	Vigas		
	Tirantes	2	
	Forjado_vigas	Ø	
	Forjado_pilares		

3.3.1.2. Ocultar/visualizar planos

Para facilitar el trabajo con el programa es recomendable ocultar las líneas de referencia, para ello realice dos operaciones.

Primero, con la opción **Mostrar/Ocultar planos** del menú **Planos**, seleccione **Ocultar** y, tras aceptar el diálogo, seleccione todos lo nudos en los que desea ocultar sus líneas de referencia y, a continuación, pulse con el botón derecho del ratón para validar la selección, si posteriormente necesitara activar las líneas de referencia de los planos, puede usar la misma opción pero activando **Mostrar**.

La segunda operación necesaria será desactivar la opción **Mostrar/Ocultar planos nuevos**, de esta forma, al introducir nudos nuevos en la obra, no se visualizarán los planos asociados al nudo.

3.3.1.3. Introducción de barras y acotación

A continuación se introducirán las barras que sustentan el forjado interior de la nave, así como los pilares de fachada del muro piñón. Realice los siguientes pasos:

1º Active los planos de aquellos nudos que sirvan de apoyo, en este caso, el apoyo inferior izquierdo y el nudo de cumbrera del muro piñón.







2º Con la opción Nuevo del menú Nudo introduzca los tres nudos capturando la línea de referencia del nudo inferior izquierdo. Recuerde que para realizar esta operación debe tener activadas Más cercano e Intersección de la opción Referencias a objetos de la parte superior del menú 😟 🖺 🗠.



Introduzca el primer punto entre las dos líneas de referencia del apoyo y de la cumbrera; el segundo, capturando la intersección de la línea de referencia del nudo de la cumbrera con la del apoyo izquierdo; y, el último, entre las líneas de cumbrera y apoyo derecho.





Para ubicarlos en su coordenada exacta, emplee **Añadir** de la opción **Cotas** del menú **Planos**. Introduzca el valor de la cota a asignar, en este caso, 5 m y vaya marcando las líneas de referencia del nudo del apoyo y el primer nudo nuevo, luego, vuelva a marcar el nudo nuevo que acaba de acotar y siguientes, y así hasta acotarlos todos.



De esta manera, se van acotando los nudos introducidos.



Fig. 3.29

tura Om



Vista nueva Vista 2D de un plano ottogonal al eje X. Y o Z Vista 2D de un plano Vista 3D de toda la estructura Vista 3D de una parte de la estructura Seleccione dos líneas para definir un plano (deben contarse en un punto o ser paralelas): Fig. 3.31

Seleccione la primera opción para la vista nueva (Vista 2D de un plano ortogonal al eje X, Y o Z), y marque, por ejemplo, los dos pilares extremos del muro piñón, llámele "Muro piñón". Si coloca las ventanas en modo mosaico vertical (menú Ventana y seleccione Mosaico vertical), puede obser-

var, al mover el cursor por la ventana de la vista 2D, que se muestra sombreado el plano de trabajo en la ventana 3D.



Fig. 3.32

La otra forma de introducir los nudos es activar la opción **Permite acotar al introducir cada elemento** en la barra de herramientas, de esta forma el programa solicitará el valor de la cota cada vez que introduzca una barra o nudos dentro de barras.

Una vez posicionados los nudos, con la opción **Nueva** del menú **Barra** hay que levantar los pilares desde estos nudos. Para facilitar la operación es conveniente que seleccione una vista 2D del plano que contiene al muro piñón.

Creación de vistas nuevas

Para la creación de ventanas con vistas nuevas de la estructura debe emplear la opción **Abrir nueva** del menú **Ventana**.

Ahora trabajando en la vista 2D comience a levantar las barras desde los nudos introducidos anteriormente hasta el dintel. Para ello, seleccione la opción del menú **Barra Nueva**. Se abrirá una ventana flotante en la que se mostrará la capa de visualización activa a la que pertenecerán las barras a introducir, el tipo de perfil seleccionado para su introducción, la disposición del mismo. También dispone de una lista en la que se muestran los tipos de perfiles que se han introducido en al obra actual, permitiendo así su rápida selección.

-	6	e.	Ŧ	٦
		F	+	+
Angulo	0.000 grados	C	1	5
Perfiles u	itilizados	_		

Como hasta el momento no se ha definido ningún perfil en la obra pulse en el botón para editar y seleccionar el perfil a introducir. Se abrirá la ventana **Describir perfil** en la que tras seleccionar el material debe especificar el tipo de sección que posee el perfil que desea introducir en nuestra obra, en este caso una doble T, pulsando a continuación en el botón **Editar lista de elementos** puede definir un perfil desde cero, definiendo su geometría; o puede importar una serie de perfiles de una biblioteca, para ello pulse en el botón **Importación de series de perfiles predefinidas** S. Se abrirá una ventana en la que se mostrarán todos las bibliotecas de fabricantes que contienen perfiles de la sección que ha seleccionado previamente (doble T). Seleccione ArcelorMittal y marque la serie IPE.



Fig. 3.34



Fig. 3.35

Una vez importada la serie, seleccione el IPE 240 y comience con la introducción de las barras. Para ello, aproxímese al nudo hasta que cambie a color cian (elemento capturado), pulse con el botón izquierdo del ratón y acérquese a la intersección de la línea de referencia del nudo con la barra del dintel hasta que aparezca el símbolo de captura intersección, y complete la introducción pulsando de nuevo con el botón izquierdo del ratón. Para terminar, pulse con el botón derecho para poder seleccionar otro nudo origen de la siguiente barra, en caso contrario siga introduciendo las barras respecto al último nudo marcado.



Fig. 3.36

Repita este proceso en los dos muros piñón hasta introducir todos los pilares de ambos muros.



Fig. 3.37

A continuación cambie de capa pulsando la combinación de teclas Alt+Q y seleccionando como capa activa "Forjado_vigas", se introducirá la viga sobre la que apoya el forjado. Para ello vuelva a trabajar sobre la vista 2D del muro piñón, pulse en el menú **Ventana** y, a continuación, seleccione esta vista. Con la opción **Nueva** del menú **Barra** activada, coloque el cursor sobre el pilar izquierdo del pórtico (Fig. 3.38)

e introduzca como valor 4 m, con lo que el primer nudo quedará introducido. Ahora acérquese con el cursor al pilar derecho del pórtico y, capturando la intersección de la línea de referencia del nudo anterior con el pilar derecho, se introducirá el último nudo. Es importante, cuando se introduce una barra que se intersecta con otras, tener activada la opción **H Generar nudos en puntos de corte** del menú **Barra**, ya que en caso contrario el programa interpreta que la barra introducida no toca los pilares intermedios.



barras independientes, se puede subsanar empleando la opción **Crear Pieza** del menú **Barra**, marcando entonces el punto inicial y final de la pieza que desea crear, pudiendo así dividir una pieza en varias, o unir varias piezas en una. El programa representa las piezas a trazo grueso cuando entre los dos nudos extremos de una pieza hay algún nudo intermedio.

Vuelva de nuevo a trabajar sobre la vista 3D. Para ello, seleccione dicha vista del menú **Ventanas** y cree una nueva vista de segundo pórtico para terminar la definición de la zona del forjado.

Introduzca la viga desde el pilar izquierdo al derecho a 4 m de altura.



Piezas

También es importante, a la hora de introducir barras, hacerlo sólo de las barras que realmente se van a ejecutar en obra. Es decir, si se va a construir la viga del forjado de una sola pieza de 20 m que se apoya en los pilares intermedios, se introducirá la barra de pilar extremo a pilar extremo; de esta forma, el programa interpreta que toda esta barra es una pieza, con lo que a la hora de describir la barra, los coeficientes de empotramiento dados se aplicarán a la pieza. Si, por el contrario, se van a ejecutar en obra 4 barras de 5 m, debe introducir 4 barras de pilar a pilar.

Si se ha introducido una pieza por error, cuando lo que se debían introducir eran



Introduzca ahora los 3 pilares hasta la viga introducida, cambiando previamente la capa activa por la de Forjado pilares y selccionando como perfil el IPE-220.



Fig. 3.41

Realice el mismo proceso para atar la cubierta de los dos muros piñones con su pórtico interior más cercano.



Está opción es válida siempre y cuando las barras seleccionadas cumplan las siguientes premisas:

- Las barras descritas como tirantes forma parte de una rigidización en forma de cruz de San Andrés, enmarcada en sus cuatro bordes, o en tres si la rigidización llega a dos apoyos exteriores.
- El programa sólo considerará estas barras trabajando a tracción, por lo que no permite asignar coeficientes de pandeo ni de empotramiento.
- No se pueden introducir cargas sobre ellas.



Tirantes

Ahora introduzca diagonales de arriostramiento que aten a los pórticos extremos. Para ello, seleccione como capa activa "Tirantes" y como perfil a introducir el tirante; en este caso, barra de sección maciza circular de ø R16. Debe acordarse de desactivar la opción **Generar nudos en puntos de corte** del menú **Barra •••**, ya que lo que se pretende es que se generen las barras totalmente independientes entre sí.



Fig. 3.43

X

× 0

Cancelar

Por último, seleccione la capa "Vigas" e introduzca las vigas que forman los huecos en los pórticos laterales, a 6m desde el suelo, y la viga que arriostra la cabeza de los pilares, defina estas vigas como IPE-160.

Nuevo Metal 3D - v2015.beta.a - [C:\...\NAVE_01.ed3] - [3D]

Nueva barra

IPE 160 🔁 Angulo

Perfiles utilizados IPE 160 **IPE 220**

IPE 240 R 16

Ľ.

Estructura Cimentación

ra - Nueva, Introduzca un punti

0.000 grados



P Describir perfil

Perfiles utilizados IPE 160

IPE 220

IPE 240

R 16

Vinculación exterior (N65)

370

El siguiente paso es describir el tipo de perfil que se va a asignar a las barras que han sido exportadas por el programa Generador de pórticos, así como el material de las mismas y su capa asociada. Para ello, emplee la opción Describir perfil del menú Barra, primero seleccione los pilares de los pórticos, y una vez seleccionados pulse con el botón derecho para indicar el tipo de perfil.

3.3.2. Descripción de nudos v barras

Una vez introducidas las barras, pase a describir los apoyos (vinculaciones exteriores) de los pilares nuevos, el resto ya vienen descritos por el Generador de pórticos. Para ellos, utilice la opción Vinculación exterior del menú Nudo: seleccione uno a uno (o con ventana de captura) todos los nudos que faltan por describir su tipo de vinculación exterior. Una vez seleccionados todos, pulse con el botón derecho del ratón y se abrirá el diálogo Vinculación exterior donde debe indicar el empotramiento.

Fig. 3.44



Fig. 3.46

Aceptar

Seleccione los perfiles de **Acero Laminado** y pulse en el botón **Perfil** para seleccionar de partida un IPE-300.







Fig. 3.48

Empleando la opción del menú **Asignación de piezas a capa** del menú obra seleccione los pilares exportados por el generador y asígnelos a la capa pilares, del mismo modo seleccione los dinteles y asígnelos a la capa vigas.

3.3.3. Disposición de perfiles

El siguiente paso es la descripción de la disposición de las barras, es decir, se indica el ángulo y el enrase correcto que van a tener en la obra. Comience por los pilares intermedios de los muros piñón.

Activada la opción **Describir disposición** del menú **Barra** seleccione primero los pilares de los muros, tras pulsar con el botón derecho del ratón, seleccione en el apartado **Ángulo de giro** la opción **Giro a 90**º.



3.3.4. Agrupación de barras iguales

Las cargas de viento, debido a que los huecos de la nave no son simétricos, dan como resultado unas cargas de presión no simétricas; por lo que el dimensionamiento de las barras tras el cálculo puede no ser simétrico. Para evitar esto, es necesario emplear la opción **Agrupar** del menú **Barra**.

Seleccione todos los pilares IPE-300 de los pórticos y pulse con el botón derecho para validar la agrupación.





De esta forma, se quedarán agrupados y, cuando se realice alguna acción sobre uno de los pilares de la agrupación, se verá reflejada en todos.

Realice el mismo proceso con las vigas IPE-300 de los pórticos. Agrupe también los pilares IPE-240 del muro piñón así como las vigas IPE-240 y pilares IPE-220 del forjado de oficinas, y todas las vigas de arriostramiento entre pórticos IPE-160. También es posible hacer lo mismo con los tirantes, haciendo grupos de ellos.

3.3.5. Asignación de material

Una vez descritas las barras, se indica el material. Para realizar esta operación, emplee la opción **Describir material** del menú **Barra**.

A continuación, al seleccionar una barra, el programa propone utilizar el material definido en los datos generales (a los que se puede acceder pinchando en **Perfiles de Acero** dentro del menú **Obra**), o bien utilizar un material para esta barra.

Inado	
al seleccionado en	datos generales (S275)
onar material para la ba	па
1	Cancelar
	al seleccionado en

Para este ejemplo, deje para todas las barras la opción "Material seleccionado en datos generales", verificando en **Obra>Perfiles de Acero** que el material seleccionado es S275.

3.3.6. Coeficientes de empotramiento

El siguiente paso a realizar es articular los extremos de las barras de arriostramientos entre pórticos. Para ello emplee la opción **Articular extremos** del menú **Barra**. Pinchando en el centro de cada barra se articularán ambos extremos, en el caso de querer articular sólo uno de ellos se pincha sobre dicho extremo. Las vigas del forjado que se unen al alma de los pilares se articularán también. Las vigas de los extremos del pórtico del muro piñón que contiene al forjado estarán empotradas a los pilares exteriores y articuladas a los interiores, es decir, debemos pinchar sobre el extremo que da al pilar interior del forjado. Articule también las cabezas de los pilares centrales de los muros piñón.

3.3.7. Hipótesis de cargas

Una vez descrita la geometría, continúe completando las hipótesis de cargas que faltan por añadir a las proporcionadas por el **Generador de pórticos**.

3.3.7.1. Añadir hipótesis de carga

Para añadir o modificar hipótesis debe emplear la opción **Acciones** de menú **Obra**. El **Generador de pórticos** ha generado 1 hipótesis de Cargas permanentes, 6 hipótesis de viento y 3 de sobrecarga de Nieve.

La hipótesis de Sobrecarga de uso que se ha generado por medio del Generador de pórticos permanece a la categoría de uso G1 (cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento, no concomitante con el resto de acciones variables), porque así se había definido antes de la exportación. Como en este ejemplo se ha añadido un forjado para oficinas, debe crear una nueva hipótesis de sobrecarga de uso, pero en la categoría de uso B (Zonas administrativas), para ello pinche en **Obra>Acciones**.

Con sismo dinámico		۷
Estados li	mite (combinaciones)	
Hipó	esis adicionales	
Aceptar		Cancelar

Haga clic en **Hipótesis adicionales** y, a continuación, en **Categorías de uso** para activar la categoría de uso B.

Categorías de uso G1. Cubiertas accest mantenimiento. No co acciones variables	o oles únicamente pa oncomitante con el	ara resto c	le 🔁	9
Acciones				
	Automáticas	Adic	ionales	
Carga permanente	1	0		
Sobrecarga de uso		1		
Viento		6	2	
Sismo	14	0		
Nieve		3		
Empujes del terreno		0		
Accidental		0	0	
Aceptar			Cance	lar



Fig. 3.54

Una vez activada la categoría de uso B, la ventana **Hipótesis adicionales** tendrá activas dos categorías de uso, y se crea una nueva hipótesis adicional de sobrecarga de uso, en la categoría de uso B.

Categorias de uso				Û
B. Zonas administrativa	35			
G1. Cubiertas accesible mantenimiento. No con acciones variables	es únicamente pa ncomitante con el	ra resto c	e 🖻	
Acciones				
	Automáticas	Adic	ionales	
Carga permanente	1	0		
Sobrecarga (Uso B)	9	0	2	
Sobrecarga (Uso G1)		1		
Viento	÷	6	D	
Sismo	-	0		
Nieve	2	3	2	
Empujes del terreno	-	0		
Accidental	*	0	0	
and the second se			Const	122

Fig. 3.55

Referencia	Q 1	
Descripción	Sobrecarga Forjado	
Con distin	as disposiciones de cargas	

Fig. 3.56

3.3.7.2. Cargas del forjado. Paños y cargas superficiales

Una vez creada la hipótesis de Sobrecarga de uso, se introducen las cargas de dicha hipótesis, para ello emplee la opción **Introducir paño** del menú **Carga**.

Tras su selección, aparecerán dibujados los paños envolventes a la estructura que ha creado el Generador de pórticos. Para introducir el paño del forjado seleccione todos los puntos que conforman la poligonal del forjado (Fig. 3.57), cuando finalice pulse el botón derecho del ratón y seleccione la dirección de reparto de las cargas aplicadas sobre el paño, en este ejemplo seleccione la dirección paralela a la longitudinal de la nave.





Tras seleccionar la dirección de reparto de las cargas, si pulsa con el botón derecho del ratón se abrirá una ventana para la introducción de las cargas asociadas a ese paño. Añada las siguientes cargas asociando cada una a su hipótesis correspondiente. Primero, añada una carga asociada a la hipótesis de Cargas Permanentes correspondiente al peso propio del forjado, cuyo valor será 3.7 kN/m²; añada también otra carga asociada a la hipótesis de carga permanente de valor 1.2 kN/m² del solado del mismo. Por último, introduzca una nueva carga en la lista correspondiente a la hipótesis de Sobrecarga de uso (Q₁), seleccione dicha hipótesis y de valor indique 2 kN/m².



Fig. 3.58

Pulse **Aceptar** en la ventana **Cargas en paño** y podrá consultar el reparto de cargas que ha efectuado el programa. Para lo cual seleccione la hipótesis Q₁ (sobrecarga de uso) en la opción **Hipótesis Vista** del menú **Cargas**, y automáticamente se mostrarán las cargas generadas sobre las barras en esa hipótesis.



Los dinteles de los huecos tendrán que soportar el cerramiento superior, por tanto, mediante la opción **Introducir cargas sobre barras** del menú Carga, introduzca una carga uniforme de 7.5 kN/m perteneciente a la hipótesis de carga permanente, en cada uno de los tres dinteles.

3.3.7.3. Cargas de viento

Puede consultar las cargas superficiales que ha generado el programa para cada una de las hipótesis de viento, para ello seleccione en la opción **Hipótesis vista** del menú **Carga** la hipótesis correspondiente. Para este ejemplo active la hipótesis "0 grados. Presión exterior tipo 1", y automáticamente se mostrarán visibles las cargas generadas sobre las barras. Si, además, desea consultar las cargas superficiales producidas por el **Generador de pórticos**, debe activar la opción **Editar carga superficial** del menú **Cargas** (Fig. 3.60). El programa para cada paño introducido generará las cargas superficiales correspondientes a la presión exterior así como las de presión interior como cargas separadas.



Fig. 3.60

3.3.8. Pandeo

Una vez completados los estados de cargas de la nave, pase a definir los coeficientes de pandeo de las barras que ha introducido en el programa y a modificar los coeficientes de pandeo de los pórticos principales en los planos de los mismos, ya que el Generador de pórticos ha proporcionado coeficientes de pandeo para pórticos instraslacionales, como se explicó en la figura 3.13, lo que es cierto para la dirección longitudinal de la nave gracias a los arriostramientos, pero no lo es (al menos mientras no se compruebe), para la otra dirección.

Para la asignación de los coeficientes de pandeo, seleccione la opción **Pandeo** del menú **Barra**, y, en una primera selección, marque las vigas IPE-160 que arriostran los pórticos. Como la estructura tiene las correas IPE-100 espaciadas cada 1400 mm unidas al panel de cobertura con fijación rígida, y a su vez en la nave se empleará como cerramiento placas de hormigón de 150 mm de espesor, puede considerarse que estas barras no pandearán, ya que debería entrar en carga toda la estructura para que se pudiera producir dicho fenómeno. Por tanto, en estas vigas se asignará como coeficiente β de pandeo el valor 0 en el plano XY y se mantendrá el valor 1 en el otro plano.



Para las vigas IPE-200 que unen los dos pórticos que soportan el forjado de oficinas, se hará exactamente igual que en el caso anterior, ya que se dispone del forjado que impide el pandeo del perfil en el plano XY del perfil.

En los pilares IPE-220 que soportan al pórtico interior del forjado se considerará un β =0.7 empotrado en su base y articulado en la cabeza en ambos planos.

En los pilares IPE-240 de ambos muros piñón van a tener impedido el pandeo en el plano XY debido al cerramiento lateral que queda embebido en ellos. Para el plano XZ se puede considerar un $\beta = 0.7$ (empotrado en su base y articulado en su cabeza). No se debe olvidar que, al existir nudos intermedios, se tiene que modificar el valor, como es el caso del muro piñón de la zona del forjado; en estos tres pilares se deberá asignar un $\beta = 0.7$ para toda la longitud, o lo que es lo mismo, asignar la longitud equivalente de pandeo (Fig. 3.62), que es $10 \times 0.7 = 7$ m para el central y $9 \times 0.7 = 6.3$ m para los otros dos pilares.



Para los dinteles de los tres huecos, coloque un coeficiente de pandeo β igual a la unidad (pieza biapoyada) en los dos planos.

Como ya se comentó, la consideración de intraslacionalidad es correcta para la dirección longitudinal de la nave pero no para la transversal mientras no se compruebe. Por tanto, modifique los coeficientes de pandeo en los pórticos centrales en dicho plano. Si realiza otra exportación del Generador pórticos, pero definiendo la estructura como traslacional, se observa que los coeficientes de pandeo que se exportan en el plano de los pórticos son de $\beta = 1.20$ para los pilares y de $\beta = 1.135$ para los dinteles; para este ejemplo tome estos valores en los pórticos centrales. Realice las modificaciones pertinentes en las barras en las que hay nudos intermedios, o bien asigne a todos los pórticos centrales las correspondientes **Longitudes de pandeo** en el plano XZ, es decir:

- Para los pilares $l_k = 1.20 \times 8 = 9.6 \text{ m}$
- Para los dinteles $I_k = 1.135 \times 10.198 = 11.575 \text{ m}$

3.3.9. Pandeo lateral

En los dinteles de los pórticos centrales de la nave, debido a las hipótesis de succión de viento en la cubierta, puede llegar a producirse el pandeo lateral del ala inferior. Esto se evita disponiendo en el proyecto de tornapuntas que arriostren el ala inferior frente a este fenómeno; para realizarlo en el programa, utilice la opción **Pandeo lateral** del menú **Barra** y seleccione las vigas IPE-300 que forman la cubierta, a continuación, pulse con el botón derecho del ratón para editar los coeficientes de pandeo lateral de las barras seleccionadas. En el ala inferior de éstas coloque un tornapuntas cada 4 correas con una longitud libre de pandeo de L_b=4.2 m.



Fig. 3.63

Para los pilares IPE-300 de los pórticos centrales coloque arriostrado el pandeo lateral en ambos planos.

Para los dinteles de los tres huecos, coloque un coeficiente de pandeo β_V igual a la unidad (pieza biapoyada) para el ala superior, que es la que se comprime.

3.3.10. Cálculo y dimensionado de la estructura

Una vez realizados todos los pasos anteriores puede calcular la estructura y comenzar la fase de dimensionamiento de la misma. Para calcular la estructura seleccione la opción **Calcular** del menú **Cálculo**, aparecerá una ventana en la que se permite seleccionar entre **No dimensionar perfiles**, **Dimensionamiento rápido de perfiles** o **Dimensionamiento óptimo de perfiles**. Para seguir con el ejemplo de este manual seleccione la primera opción **No dimensionar perfiles**.



Fig. 3.64

3.3.10.1. Comprobación de barras

Tras el proceso de cálculo seleccione la opción **Comprobación de barras** del menú **Cálculo**, para verificar si el predimensionamiento inicial es válido, o por el contrario ha de modificarse alguna barra y volver a calcular.

Al seleccionar esta opción, se dibujan en rojo todas aquellas barras que no verifican para el estado de hipótesis de cargas actuales. Pinchando sobre una de las vigas IPE-300 de los pórticos centrales aparece un diálogo en el que se indica que perfiles cumplen de la serie IPE para la viga seleccionada, e indica en sombreado azul el que está colocado en la obra. Si deseara modificar el perfil, simplemente tiene que hacer doble clic sobre la fila del perfil que quiere colocar (el sombreado azul señala dicha fila). En este caso, no modifique el perfil inicial, ya que el siguiente que se verifica es el IPE-360, y en este caso es mejor revisar el estado tensional de la barra, para poder elegir entre aumentar dos perfiles de la serie, o aumentar menos, acartelando la viga en su unión al pilar.

i enn	Peso	Resistencia	Errores	*
K IPE 80	6.00		Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la barra	
K IPE 100	8.09		Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la barra	
K IPE 120	10.36		Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la barra	
K IPE 140	12.87		Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la barra	
K IPE 160	15.78		Se ha producido un error, ya que la esbeltez de la barra	
K IPE 180	18.76	938.88 %		
K IPE 200	22.37	622.67 %		
K IPE 220	26.22	435.23 %		E
K IPE 240	30.69	305.20 %		
💢 IPE 270	36.03	212.43 %		
K IPE 300	42.23	150.86 %		
K IPE 330	49.14	123.32 %		
/ IPE 360	57.07	92.37 %		
/ IPE 400	66.33	69.34 %		
/ IPE 450	77.56	51.89 %		
/ IPE 500	91.06	39.12 %		-
/ IDE 550	105.19	30.70 %		1

Fig. 3.65

3.3.10.2. Consulta de esfuerzos y tensiones

etal 3D - v2012.c - [C-L.\NA

Active la opción **Envolventes** del menú **Cálculo**, y seleccione el apartado **Tensión/Aprov.(Ten)**, con **Sólo las barras seleccionadas** marcado. A continuación, pulse sobre la viga que había seleccionado anteriormente con la opción **Comprobar barras**, y se dibujará sobre el plano XZ de cada barra, en color verde la zona que verifique la tensión y en rojo la que no.





Fig. 3.66

Como puede observar en la zona del empotramiento con el pilar, se presenta un coeficiente de aprovechamiento mayor a la unidad. Si desea saber su valor, active la casilla **Dibujar valores máximos y mínimos**, y observe el valor del coeficiente de aprovechamiento de la barra, comprobando el porcentaje excedido de la resistencia del perfil. Fig. 3.67

Es posible visualizar también para cualquier barra el listado de **Comprobaciones E.L.U.**, para así ver con qué esfuerzos y en qué combinación de acciones falla una determinada barra. Para ello seleccione **Comprobaciones E.L.U.** en el menú Cálculo, y teniendo activada la opción "**En el punto más desfavorable**" pinche en el dintel; podrá ver un listado con todas las comprobaciones realizadas sobre la barra, y así tomar decisiones para las posibles soluciones.



Fig. 3.68

El siguiente paso sería proceder a la optimización de perfiles, cómo se proceda en estos casos depende de las soluciones prácticas que cada técnico tenga por costumbre realizar. En este ejemplo los cambios realizados para la optimización son los siguientes.

- Los dos pilares de esquina, en la zona en la que no existe forjado se incrementan a IPE-400.
- Los dinteles de los pórticos centrales se incrementan a IPE-330, con cartela inicial inferior de 1 m.
- Los pilares centrales de los muros piñón se incrementan a IPE-270.
- Los dinteles de los huecos se incrementan a IPE-270
- Los arriostramientos de cubierta, pasan a ser redondos de φ20.
- Los dinteles del pórtico interior del forjado se reducen a IPE-220.

3.3.11. Uniones

El **CYPE 3D**, a partir de la versión 2008, se incorpora el cálculo y dimensionamiento de uniones, para varias normativas, entre ellas el CTE DB SE-A, Eurocódigos, y recientemente la EAE.

En las siguientes direcciones puede consultar los tipos de uniones que se van incorporando en las actualizaciones:

http://uniones.cype.es/uniones soldadas.htm

http://uniones.cype.es/uniones atornilladas.htm

http://uniones.cype.es/uniones_soldadas_edificacion.htm

http://uniones.cype.es/uniones_atornilladas_edificacion.htm

http://uniones.cype.es/uniones celosias planas perfiles tubulares.htm

3.3.11.1. Generar uniones de forma automática

El programa permite la definición personalizada de cada unión, pero también dispone de la opción **Generar** con la que se analizan para todo el proyecto las uniones que se pueden dimensionar en cada uno de los nudos del proyecto, teniendo en cuenta todas las barras que acometen a ellos.





Tras el proceso de generación aparecerán todos los nudos en los que se ha detectado una unión marcados con un color Azul. Si no desea realizar ninguna modificación, emplee la opción **Dimensionar** para realizar el dimensionado de todas las uniones generadas en el paso anterior.



Fig. 3.70

Se mostrará una ventana para la selección de la tipología de unión a dimensionar, soldadas, atornilladas o para resolver los nudos manteniendo el tipo de unión que se ha definido previamente. Esta última opción es para el caso de que haya efectuado cambios en las tipologías de uniones propuestas por el programa.



Fig. 3.71

Seleccionando la opción de uniones atornilladas, tras el proceso de dimensionamiento se mostrarán las uniones que han podido resolverse en color verde y las que tienen alguna incidencia en color rojo.



Fig. 3.72

Con la opción Editar edite las uniones para ver cuál es el motivo por el que no cumplen, en este caso edite la unión pilar-viga en los muros piñón. Se abrirá la ventana de la unión seleccionada.



Para ver cuál es el problema de la misma pulse en el botón Comprobación 🗾.

emento	Mostrar só	ilo las comprobac	iones que no se cumplen				8	Ver el l	istado com	plet
a IPE 270	Estado	Zona	Comprobación							
ar IPE 300	V Cumple		Cordones de soldadura							
	✓ Cumple	Chapa frontal	Resistencia conjunta del alma del pil	ary la chapa	rontal (Cri	iterio de C	YPE Inger	nieros)		
	V Cumple	Chapa frontal	Resistencia a desgarro (Criterio de C	YPE Ingenier	s, basado	o en CTE	DB SE-A.	8.5.2 (c))		
	✓ Cumple	Chapa frontal	Tensión de Von Mises en el alma de	pilar (CTE DI	8 SE-A, 6	1)				
	✓ Cumple	Ala	Casquillo en T equivalente (CTE DB	SE-A, 8.8.3)						
	Comment	comprobación qu	e no se cumple.							
	Committee		A securit sec							
		n'n -							Deserver D	ial.
			Dispos	ición	1				<u>t</u>	1
	7		Dispos	ición	1]
	Torri		Dispos	ición	e ₁	e ₂	p ₁	p ₂	m]
	Torrillo	E	Dispos	ición d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)	
	Tornilo 1	EN 14399	Dispos Denominación D-3-M12x40-10.9-HR	ición d ₀ (mm) 13.0	e ₁ (mm) 20	e ₂ (mm) 98	p ₁ (mm) 60	p ₂ (mm) 55	m (mm) 20.2	
	Tornillo 1 2	EN 14399 EN 14399	Dispos	ición d ₀ (mm) 13.0 13.0	e ₁ (mm) 20 20	e ₂ (mm) 98	P ₁ (mm) 60	P ₂ (mm) 55 55	m (mm) 20.2 20.2	
	Tornillo 1 2 3	EN 14399 EN 14399 EN 14399 EN 14399	Dispos Denominación 9-3-M12x40-10.9-HR 9-3-M12x40-10.9-HR 9-3-M12x40-10.9-HR	ición d ₀ (mm) 13.0 13.0 13.0	e ₁ (mm) 20 20 20	e ₂ (mm) 98 98 98	p ₁ (mm) 60 60 60	p ₂ (mm) 55 55 55	m (mm) 20.2 20.2 20.2	
	Torrnilo 1 2 3 4	EN 14399 EN 14399 EN 14399 EN 14399	Dispos Denominación 	ición d ₀ (mm) 13.0 13.0 13.0 13.0	e ₁ (mm) 20 20 20 20	e ₂ (mm) 98 98 98 98	P ₁ (mm) 60 60 60 60	p ₂ (mm) 55 55 55 55	m (mm) 20.2 20.2 20.2 20.2	
	Tomile 1 2 3 4	EN 14399 EN 14399 EN 14399 EN 14399	Dispos Denominación 9-3-M12x40-10.9-HR 9-3-M12x40-10.9-HR 9-3-M12x40-10.9-HR 9-3-M12x40-10.9-HR	ición d ₀ (mm) 13.0 13.0 13.0 13.0	e ₁ (mm) 20 20 20 20	e2 (mm) 98 98 98 98	P ₁ (mm) 60 60 60 60	p ₂ (mm) 55 55 55 55	m (mm) 20.2 20.2 20.2 20.2	
	1 2 3 4	EN 14399 EN 14399 EN 14399 EN 14399	Dispos Denominación 9-3-M12x40-10.9-HR 9-3-M12x40-10.9-HR 9-3-M12x40-10.9-HR 9-3-M12x40-10.9-HR	ición d ₀ (mm) 13.0 13.0 13.0 13.0	e ₁ (mm) 20 20 20 20	e ₂ (mm) 98 98 98 98	P ₁ (mm) 60 60 60 60	P2 (mm) 55 55 55 55	m (mm) 20.2 20.2 20.2 20.2	

Fig. 3.74

Observe que lo que no está cumpliendo es la separación del tornillo respecto al borde de la chapa en sentido perpendicular al esfuerzo predominante. Para corregirlo reduzca el tamaño de la chapa frontal para que la distancia al borde sea menor de lo que establece la norma, cambie la dimensión de 250mm a 180mm, y el vuelo superior de la chapa a -60mm.



Fig. 3.75



Tras aceptar, debe corregir la longitud del cordón de sol-

Fig. 3.76

Vuelva a comprobar la unión para ver que todo cumple. Edite el resto de las uniones para tratar de corregir los errores de las mismas.

3.3.11.2. Definir uniones de forma manual

Ya ha visto en el punto anterior la forma de trabajar con las uniones de forma automática, ahora se explicará la forma de operar de forma manual, definiendo una a una las uniones que desea que sean analizadas en la obra. Para ello, con la opción Nueva del menú Uniones, seleccione las barras que llegan al nudo que quiera que formen parte de la unión, validando con el botón derecho la misma. Se abrirá la ventana de edición de la unión.

3.3.11.3. Edición de la unión

Al crear una nueva unión se muestra la ventana para editar la misma. A la izquierda de la ventana está la lista de componentes que intervienen en la unión y, en cada uno de estos, la opción para su edición, a la derecha de la lista de componentes tiene el área gráfica en la que se muestra una vista 3D con todas las modificaciones efectuadas en el nudo. En la parte inferior del área gráfica puede observar una lista de incidencias que hay en el nudo; en la parte superior están los botones Dimensionar, Comprobación, Listado completo del nudo y Despiece.

A continuación, edite la unión Pilar-viga de uno de los pórticos centrales. Para ello seleccione las cuatro barras que llegan al nudo, y con el botón derecho valide la unión y se presentará la ventana para su edición.

Emplee ahora la opción **Recorte** en extremo indicando que desea un recorte según el IPE400 el pilar se gueda recortado por un plano paralelo al ala de la viga.



Fi	g	3	.7	8
	~			

A continuación hay que crear los rigidizadores del pilar. Para ello emplee la opción **Generar elementos de refuerzo** y se crearán automáticamente los rigidizadores en el pilar, como ha aplicado un recorte en el pilar, uno de los rigidizadores debe ajustarlo a la nueva geometría.



Fig. 3.79

A continuación se detallan las opciones que hay disponibles en la parte superior de la ventana para la edición:

- Description de vista, con esta opción puede visualizar y modificar los elementos que se encuentran en la cara opuesta a la viga.
- Generar elementos de refuerzo, en el caso de que no existan el programa los genera automáticamente.
- Recorte en el extremo, abrirá la ventana que se vió anteriormente para actuar sobre la terminación del pilar.
- Introducir rigidizador. Se puede trabajar de dos formas, la primera consiste en seleccionar el punto azul que está en el encuentro de la viga con el lado interior del ala del pilar y moviendo el cursor hasta el ala opuesta, y el programa introducirá el rigidizador; y la segunda es seleccionar el punto amarillo rodeado de un círculo rojo situado en la intersección del ala de la viga con el ala del pilar, al acercar el cursor se mostrarán las posibilidades de introducción y tras pinchar sobre él tendrá que seleccionar el punto amarillo deseado del ala opuesta.
- Editar rigidizadores. Permite una edición de varios rigidizadores de una vez, permitiendo modificar tanto las dimensiones como los cordones de soldadura del mismo.
- 🗖 Borrar rigidizadores.
- Mover rigidizadores.

Empotramiento del alma

Aceptar

- **Introducir refuerzo para empotramiento en el alma.** Introduce un refuerzo vertical entre los rigidizadores horizontales para facilitar el empotramiento de las vigas en el alma del pilar.
- Editar refuerzo para empotramiento en el alma. Seleccionando la chapa de conexión de la viga al rigidizador se abrirá una nueva ventana en la que puede editar tanto las dimensiones de la chapa de conexión, posición y sus soldaduras, y lo mismo para el refuerzo.
- **Introducir chapa de refuerzo en el alma.** Para introducir un refuerzo debe seleccionar dos rigidizadores entre los que se va a reforzar el alma del pilar.
- Editar chapa de refuerzo en el alma. Tras seleccionarla permite modificar el espesor, material y soldaduras.
- Borrar chapa de refuerzo en el alma.





Borrar refuerzo para empotramiento en el alma.

Tras la información, continuamos con el ejemplo. Emplee la opción **Borrar rigidizadores** a para borrar el rigidizador y vuélvalo a introducir el seleccionando el punto amarillo con el círculo rojo.



Fig. 3.81

Cancelar



Tras aceptar, pase a definir el tipo de unión de las vigas IPE160. En este caso, defínalas como unión articulada mediante chapa lateral.

Componentes Pilar IPE 400 [Recote en extremo [Viga (a) IPE 300 [Viga (b) IPE 160 [Viga (c) IPE 160 [Unión soldada	
Componentes Piter IPE 400 [Recote en externo [Viga (a) IPE 300 [Viga (b) IPE 160 [Viga (c) IPE 160 [
Pitar IPE 400 [Recote en extremo [Viga (a) IPE 300 [Viga (b) IPE 160 [Viga (c) IPE 160 [8 8 8 8 8 8	
Recorte en extremo [Viga (a) IPE 300 [Viga (b) IPE 160 [Viga (c) IPE 160 [8 8 8 8	
Viga (a) IPE 300 [Viga (b) IPE 160 [Viga (c) IPE 160 [8 3 3	
Viga (b) IPE 160 [Viga (c) IPE 160 [3	
Viga (c) IPE 160	1	
		a
	Unión atomillada	
	Mediante chapa frontal	Umensiones: 53.5x130.4x5 (52/5) Tomilios: 3x (50.4017-M12x30-4.6
		Mediante chapa lateral 💿 💷 🕰
	Recorte en extremo	
		0
		a m
		×
Incidencias	Aceptar	
Descripción		
🔇 Viga (c) IPE 160: No se ha	lefinido la unión.	24
Viga (b) IPE 160: No se ha	iefinido la unión.	→ ×
		Aceptar Cancelar

Tras aceptar, pulse **Comprobar** para ver si hay algún elemento de la unión que no verifica, modificándolos si fuese el caso y volviendo a comprobar.

Fig. 3.84

Este proceso de definición de la unión debe repetirlo en el resto de los nudos. En el caso de haber generado uniones, podrá asignar una unión al resto de nudos que el programa detecta que están compuestas por el mismo número de piezas. Para ello, seleccione la opción **Asig-nar**, seleccione la unión a asignar a otras, se abrirá la ventana **Edición de la unión** y, tras aceptar ésta, se iluminarán en color amarillo todos los nudos en los que puede asignarla. Pulsando sobre ellos con el botón principal del ratón, la unión quedará asignada.

Tras aceptar, el cambio queda grabado. Edite, a continuación, el tipo de unión de la viga IPE300.

Unión soldada				
Pieza Cartela				
Soldadura del alma Espesor de garganta	E mm	Ejecución de las soldaduras	En taller 💌	
Soldadura de las al Superior Espesor de garganta	as 6 mm	Ejecución de las soldaduras	En taller 💌	
Inferior Espesor de garganta	6 mm	Ejecución de las soldaduras	En taller 💌	
Unión atomillada				
Recorte en extremo				

Fig. 3.83



El programa dispone de la opción **Bloquear** que permite seleccionar aquellas uniones que desea que no se modifiquen en el caso de volver a emplear la opción **Dimensionar**. En el caso de editar una unión bloqueada se mostrará un candado cerrado en la esquina superior derecha de la ventana de edición de la unión (Fig. 3.86). Si desea desbloquearla, puede pulsar sobre el candado para que se desbloquee.

Fig. 3.85

Las uniones generadas son agrupadas por el programa de forma automática, pero, en el caso de que una de las uniones esté soportando esfuerzos mucho mayores que el resto, puede interesar **Desagrupar** dicha unión para que no se sobredimensionen todas las uniones de la agrupación.



Fig. 3.86

3.3.12. Placas de anclaje

Una vez ha encajado los perfiles de la nave, a partir de la versión 2015 está disponible la edición de las placas de anclaje dentro del menú Uniones. Para ello tras generar las uniones, las placas de anclaje son definidas también en el proyecto y se puede operar de la misma forma que se ha visto en el apartado anterior de Uniones.





3.3.13. Cimentación

3.3.13.1. Introducción de zapatas

Ya dimensionadas las placas, puede pasar a la carpeta **Cimentación** para la definición de la misma. Al entrar en la pestaña se dibujarán en una proyección en planta todos los perfiles de las barras cuyos nudos han sido definidos como vinculación exterior. Las placas de anclaje se dibujarán en el caso de haber sido definidas previamente.



Para introducir las zapatas y las correas de atado entre ellas emplee la opción **Nuevo** del menú **Elementos de cimentación**.



Seleccione la opción **Zapata de hormigón armado**, en la ventana que aparece pinche sobre **Zapata rectangular excéntrica** (tercera opción comenzando desde la izquierda).



Al aceptar esta ventana el cursor se convierte en una zapata. Dependiendo de la zona del pilar donde se posicione, el cursor se convertirá en una zapata de esquina, medianera, o centrada en el caso de colocarnos encima de ella. De esta manera vaya pinchando con el botón izquierdo del ratón sobre cada uno de los arranques de la obra hasta tener todas las zapatas introducidas.



Fig. 3.91

3.3.13.2. Introducción de vigas de atado

Proceda ahora a introducir las vigas de atado. Para ello emplee la opción **Viga automática**, y pinchando de un arranque de la zapata a otro se irán introduciendo las vigas.



3.3.13.3. Definición de datos previos al dimensionamiento

Una vez definida la geometría de la cimentación de la nave, debe introducir la tensión admisible del terreno y los tipos de hormigón y de acero de la cimentación, con la opción **Datos generales** del menú **Obra**.

Terreno de cimentación	
🔲 Venficar deslizamiento de zap	atas
Adherencia (a')	0.000 MPa
Ángulo de rozamiento terreno	zapata (d') 25.00 grad
Situaciones persistentes	0.200 MPa
Situaciones accidentales	0.300 MPa
Considerar combinaciones con v	iento
Considerar combinaciones con s	smo
Hormigón	
Tipo:	IA-25, Yc=1.5
	20
Tamaño máximo de árido	30 m
Tamaño máximo de árido Acero	JU
Tamaño máximo de árido Acero Zapatas	B 400 S, Ys=1.15
Tamaño máximo de árido Acero Zapatas Encepados	B 400 S, Ys=1.15 B 400 S, Ys=1.15
Tamaño máximo de árido Acero Zapatas Encepados Vigas centradoras y de atado	B 400 S, Ys=1.15 B 400 S, Ys=1.15 B 400 S, Ys=1.15

Fig. 3.93

Previamente al cálculo, es necesario definir en el apartado **Opciones de vigas de atado** del menú **Obra** la sobrecarga de compactación, debido al cerramiento que apoya en ellas.

En este ejemplo, el peso de la placa de hormigón es de 2.7 kN/m², por lo que debe introducir una sobrecarga de compactación mayorada de:

 $q_{sc} = 2.7 \times 8 \times 1.6 \rightarrow q_{sc} = 34.6 \text{ kN/m}$

Sobiecarga por comp	pactacion del terreno (mayorada)	34,6	kN/m	۲
Porcentaje mínimo de	el axil	0	%	
Disponer estribos	dentro de la cimentación			
Ē	Grabar como opciones por defecto	D		

Fig. 3.94

Por último, cuando se dimensiona una cimentación para una nave industrial, el principal problema estriba, no ya en las tensiones transmitidas al terreno, sino en el peso del elemento en sí; ya que, debido la succión a la que se ven sometidas las naves durante la acción del viento y puesto que las cargas que descienden por los pilares son pequeñas, puede producirse el despegue de la zapata, lo que da como resultado del dimensionamiento unas zapatas muy grandes.

Debido a esto es preferible, en este tipo de cimentaciones, partir con unas dimensiones iniciales del canto grandes. Para ello, en la opción **Zapatas aisladas** coloque 50 cm para el canto mínimo. Es conveniente también, para evitar este fenómeno, volver a la estructura e introducir la carga que transmite las vigas de atado de las zapatas a estas mismas, es decir, se introducirá en el arranque de cada pilar de fachada una carga puntual en la hipótesis de carga permanente, con sentido contrario al eje Z y de valor igual al peso de cerramiento que soportan las vigas que atan a las zapatas, y volver a calcular la obra.



Fig. 3.95

3.3.13.4. Dimensionamiento y comprobación de la cimentación

Una vez realizados los pasos anteriores, puede dimensionar la cimentación. Para ello, pulse en la opción **Dimensionar** del menú **Cálculo**. Tras el proceso de cálculo, se dibujarán en rojo aquellos elementos que tienen errores del dimensionamiento. Moviendo el cursor sobre una zapata o viga de la obra se muestra un bocadillo informativo en el que se indica los datos de cálculo de la zapata (dimensiones, armado, tensión y esfuerzos) o de la viga.





El programa permite la edición, comprobación y dimensionamiento de cada elemento, para ello se emplea la opción **Editar** del menú **Elementos de cimentación**.

3.3.13.5. Igualación

En las zapatas, al igual que se procedió con las placas de anclaje, debe igualar la cimentación para obtener un resultado más homogéneo de las zapatas. Para ello, emplee la opción **Igualar** del menú **Elementos de cimentación**. Una vez activada la opción seleccione la zapata tipo (arranque N18), se dibujarán en color marrón la zapata seleccionada y todas las que sean iguales, y en color amarillo las que son distintas. Debe ir pulsando sobre las zapatas a igualar (N6, N8, N11, N13, N16, N21, N23, N26, N28, N31y N33); una vez finalizada la igualación, pulse con el botón derecho para validarla.



3.3.14. Salida de resultados

3.3.14.1. Planos

Una vez dimensionada la estructura y su cimentación, podrá obtener los planos del proyecto. Para dibujar los planos pulse en el botón (), que puede encontrar tanto en la pestaña **Cimentación** como en la pestaña **Estructura**. Tras pulsar este botón, aparece la ventana de **Selección de planos**.

Tipo de plano Estructura 30)] ,]			
9 🛛 🖉					
Vista 3D		Vista 2D			
3D	V	2D: Muro piñ	piñon		
		2D: Portico d	le fogado		
2D: Piñon trasero					
		2D: Portico o	entral		
V Tipo de perfil Longitudes de las barras Placas de anclaje	Theferencia de las union	es aplicadas	Recha límte máxima absoluta Recha límte máxima relativa Recha límte activa absoluta	80	
[Envolventes		Recha limite activa relativa	nn.	
PI	lumas y textos]	Empotramiento en extremos	88	
Detailes					

En esta ventana vaya añadiendo los planos del proyecto que desea dibujar, para ello pulse en el botón y seleccione el tipo de plano del diálogo **Edición de plano**. En este caso elija un plano de la **Estructura 3D**, y seleccione para visualizar el eje de perfil, las cotas, el tipo de perfil y la referencia de las uniones.

Vuelva a añadir tres nuevos planos. En uno seleccione las **Uniones**; en otro, el plano de **Cimentación**, y, por último, el plano de **Replanteo de la cimentación**.



Fig. 3.99

Especifique el periférico al que desea lanzar los planos y pulse **Imprimir**.

3.3.14.2. Listados

3.3.14.2.1. Listado de la estructura

En el programa dispone de dos opciones para realizar el listado de la estructura: una, con la que puede efectuar el listado de toda la estructura, y, otra, para efectuar el listado de sólo los elementos previamente seleccionados.

Listado de toda la estructura

La opción para el listado de toda la estructura se encuentra a la izquierda de la de planos. Al pulsar sobre este botón se abre una ventana en la que aparece un esquema de árbol con una casilla en cada una de las ramas, que activadas indican qué elementos aparecerán en el listado.

Numeración de capítulos	
Combinaciones	
Barna M Barna M Efluerzos M PhoReass Combinaciones D Envolventes	
Comprobations E.U.U. (Complete) Comprobationes E.L.U. (Resumido) Samo	E
B- ☐ Uniones ₽- ☑ Cimentación	

Listados sobre una selección de elementos

Esta opción está disponible dentro del menú **Obra**, tras activarla debe seleccionar aquellas barras o nudos sobre los que desea efectuar el listado. Seguidamente, pulse con el botón derecho para validar la selección, y aparecerá la ventana en la que debe indicar los capítulos y apartados que se van a listar.

3.3.14.2.2. Listado de cimentación

Para efectuar el listado de cimentación debe encontrarse dentro de la pestaña **Cimentación** y pulsar el botón 😭.

44 Estructuras