

4.2 Modelado por mallado

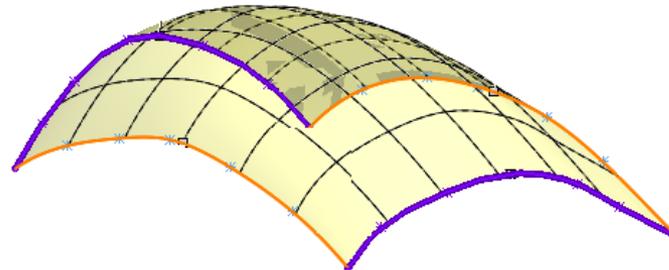
Denominamos **superficies libres** a aquellas cuya forma no está completamente restringida, pero son:

- ✓ Continuas
- ✓ Suaves
- ✓ Con forma modificable local o globalmente

Una técnica habitual para crearlas es que el usuario define algunas curvas de la superficie, y la aplicación interpola en resto

Se usan dos tipos de superficies interpoladas:

- 1 Las generadas por **barrido** Se estudian en la lección 9.1
- 2 Las generadas por **mallado**



Definición

Mallas

Parches

Cosido

Análisis

La formulación matemática más común para las superficies interpoladas es paramétrica

Una superficie paramétrica se define en el espacio euclideo mediante ecuaciones paramétricas con dos parámetros

$$x = x(u, v, \{k\})$$

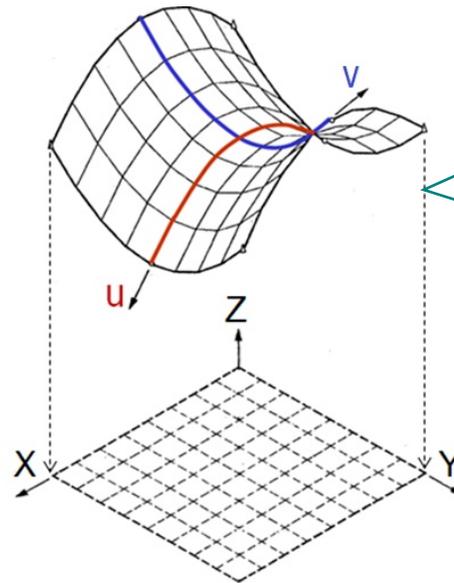
$$y = y(u, v, \{k\})$$

$$z = z(u, v, \{k\})$$

parámetros: $u_1 \leq u \leq u_2$,

$$v_1 \leq v \leq v_2$$

constantes: $\{k\}$



La parametrización es una aplicación $\mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^3$

Se proyecta un espacio curvilíneo bidimensional, sobre un espacio euclideo tridimensional

Pero interactuar con una superficie mediante sus parámetros curvilíneos resulta un procedimiento poco práctico

Definición

Mallas

Parches

Cosido

Análisis

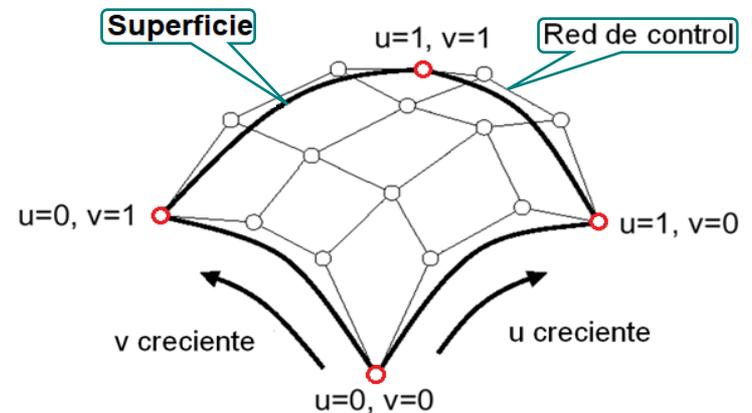
Las superficies paramétricas se reformulan para que dependan de **elementos de control** con un comportamiento más intuitivo para un diseñador

El fundamento de la conversión es como sigue:

- ✓ El barrido de una curva a través de una trayectoria produce un espacio vectorial
- ✓ El producto tensorial de dos espacios vectoriales es un nuevo espacio vectorial
- ✓ Por tanto, las superficies paramétricas son el resultado de productos tensoriales de espacios vectoriales

Simplificando, se puede decir que se obtiene una superficie paramétrica combinando dos barridos generados mediante curvas paramétricas

En consecuencia, una superficie de producto tensorial se puede definir mediante una **malla de puntos de control**, similar al polígono de control de una curva



Definición

Mallas

Parches

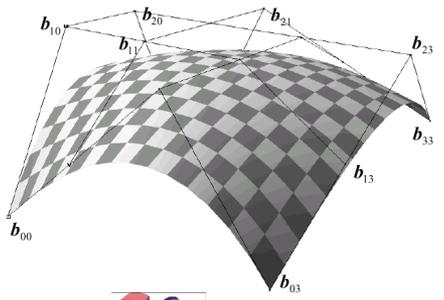
Cosido

Análisis

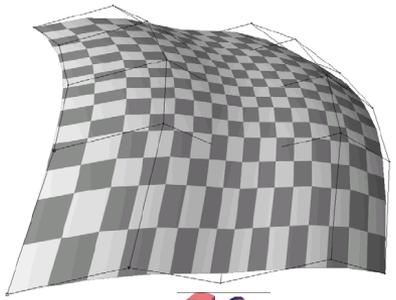
- Definición
- Mallas**
- Parches
- Cosido
- Análisis

Las superficies
malladas se comportan
de acuerdo al tipo de
curvas usadas para
tejer el mallado

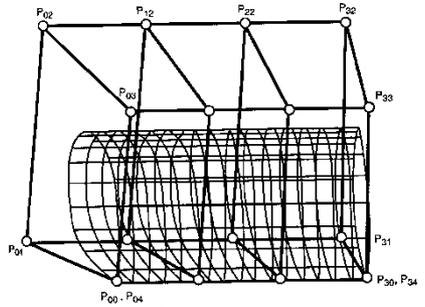
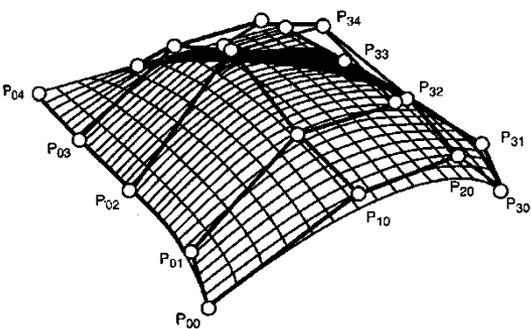
Bicubic Bézier Patch



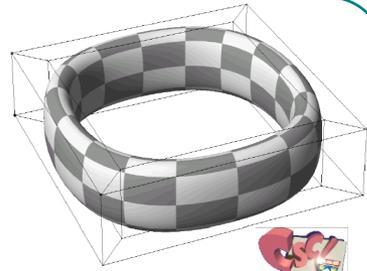
B-Spline Surface



Las superficies serán
abiertas o cerradas
dependiendo del
polígono de control



Con polígonos de
control cerrados se
pueden definir tubos



Las superficies malladas pueden editarse manipulando los puntos del polígono de control

Las curvas generadoras más sofisticadas (NURBS) definen superficies con mayor capacidad de control



Publicidad Audi A4 (2008)

En el ejemplo se muestra que cambiando los pesos de los nodos, se modifica sustancialmente el aspecto de la superficie

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 10 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

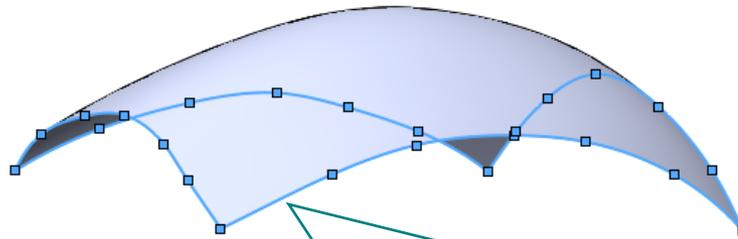
$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 30 & 30 & 30 & 1 \\ 1 & 30 & 1 & 30 & 1 \\ 1 & 30 & 30 & 30 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Definición
Mallas
Parches
Cosido
Análisis

Construir la superficie definiendo directamente la malla de puntos de control no siempre es práctico

Hay que controlar tantos parámetros, que el resultado puede carecer de suavidad, o contener singularidades

La alternativa más extendida es definir la superficie mediante **curvas de contorno**:



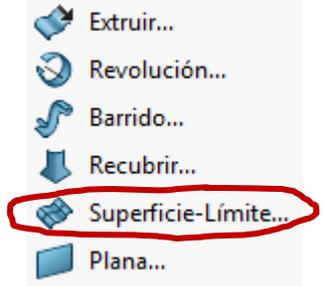
En el ejemplo, son curvas (2D o 3D) conectadas en sus extremos que definen un perímetro

Los contornos más habituales son rectangulares o triangulares

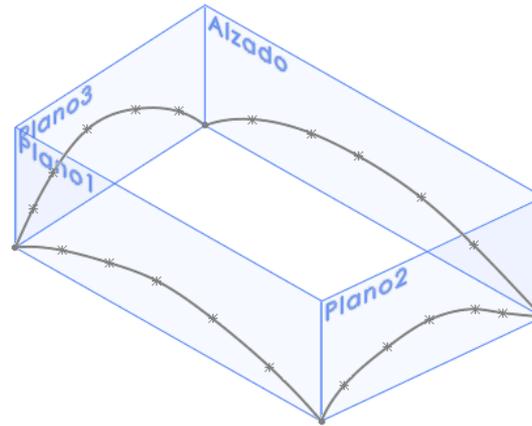
Se puede definir una superficie polinomial bivariante al menos de dos formas:

- ✓ Un producto tensorial en un dominio rectangular
- ✓ Usando coordenadas baricéntricas en un dominio triangular

El comando *Superficie límite* de SolidWorks permite construir superficies bivariantes mediante dos familias de curvas formando una red



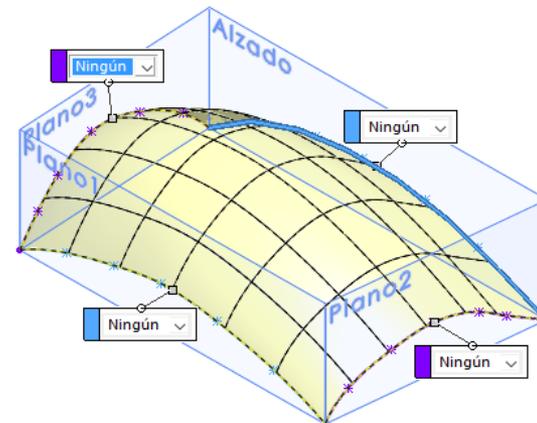
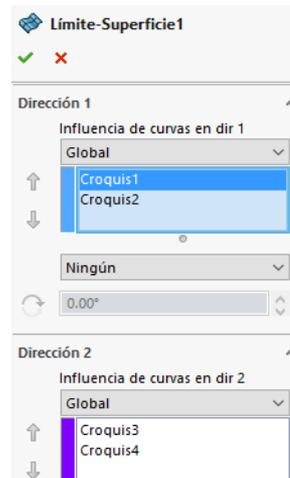
- ✓ Dibuje las curvas mediante croquis (2D o 3D)



¡Las curvas del contorno deben estar conectadas!

- ✓ Añada restricciones que aseguren su interconexión

- ✓ Obtenga la superficie límite asignando las curvas en dos direcciones





Hay diferencias importantes entre el barrido generalizado y el mallado:

- ✓ Las curvas de las dos direcciones del mallado deben intersectarse, pero no es necesario que estén situadas unas en los extremos de las otras
- ✓ En el mallado se pueden imponer condiciones de contorno a las curvas de las dos direcciones

Mientras que a las trayectorias y curvas guía del barrido no se les pueden poner condiciones de contorno

- ✗ Las condiciones de contorno de una dirección pueden crear incompatibilidades en la otra

Definición

Mallas

Parches

Cosido

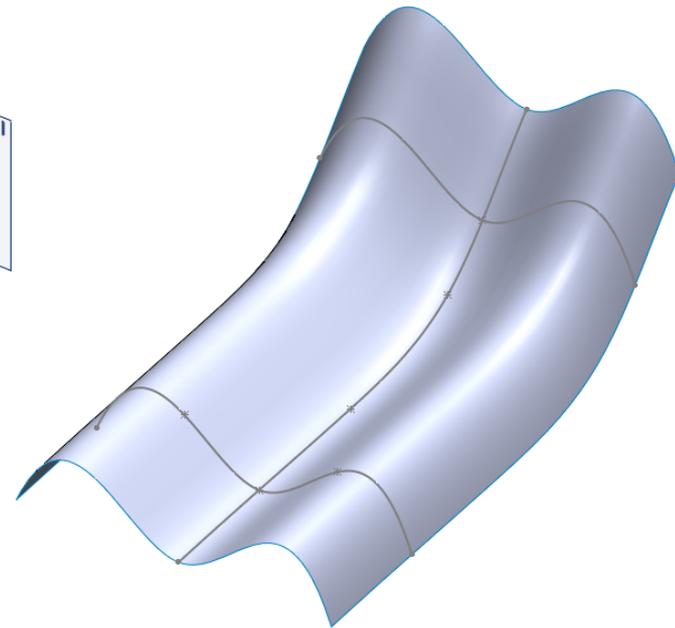
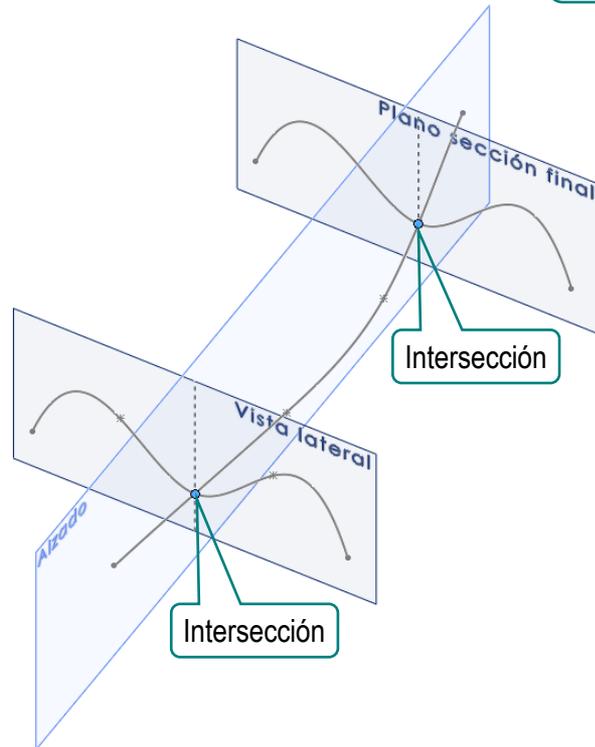
Análisis

La superficie límite de SolidWorks® no precisa un contorno cerrado...

Es decir, que las curvas de contorno no necesitan ser curvas perimetrales

...pero sí requiere que las curvas de las dos direcciones se intersecten

“Entrecruzarse” es la expresión usada por el programa



Definición

Mallas

Parches

Cosido

Análisis

Como caso particular, se pueden definir superficies regladas

Definición

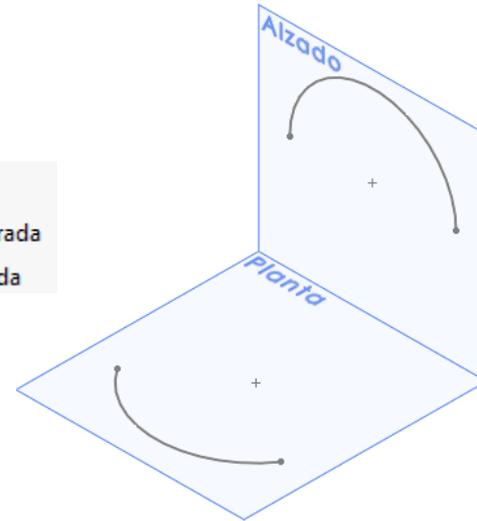
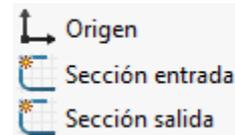
Mallas

Parches

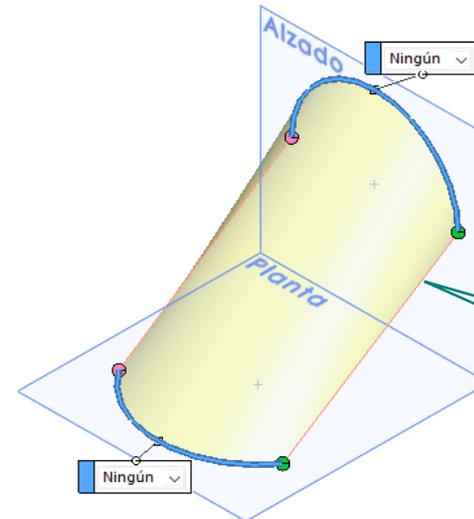
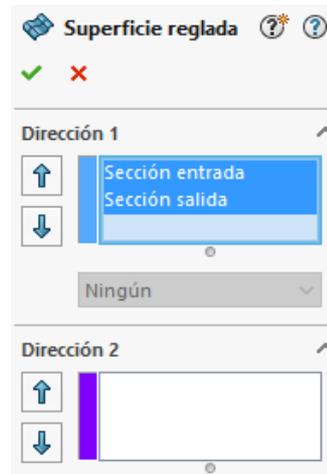
Cosido

Análisis

- ✓ Defina las curvas del contorno de la primera dirección



- ✓ Deje en blanco las curvas de la segunda dirección

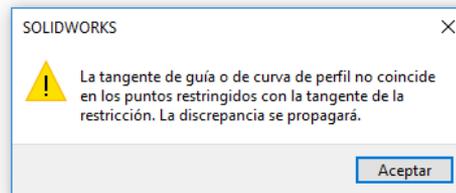


Se asignan rectas que conectan los vértices de las curvas de la otra dirección

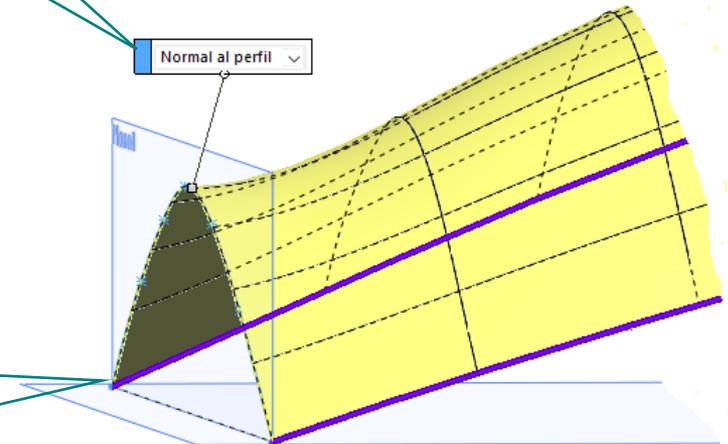
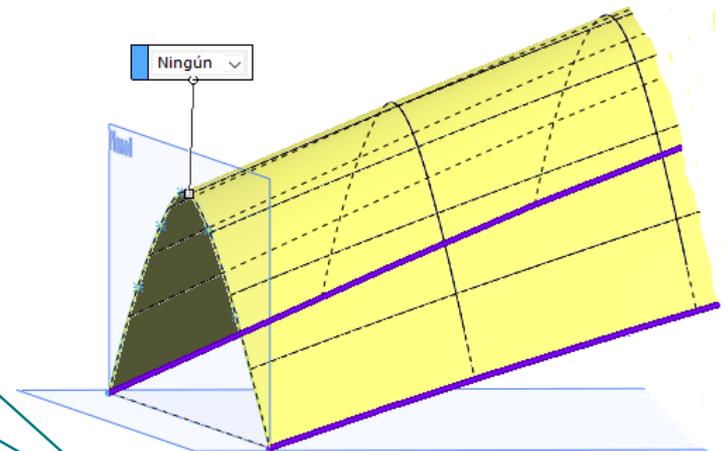
Las condiciones de contorno de la superficie resultan de combinar las restricciones de todas las curvas que las definen:

- ✓ Las condiciones de tangencia de una curva solo se aplican y propagan mientras no resultan incompatibles con otras restricciones

Exigir que la superficie sean normal a la curva azul no producirá una superficie normal en la vecindad de la conexión de esta con las curvas moradas (que no son normales a ella)



La condición de normalidad se amortigua al acercarse a las curvas moradas (controladas por otras restricciones)

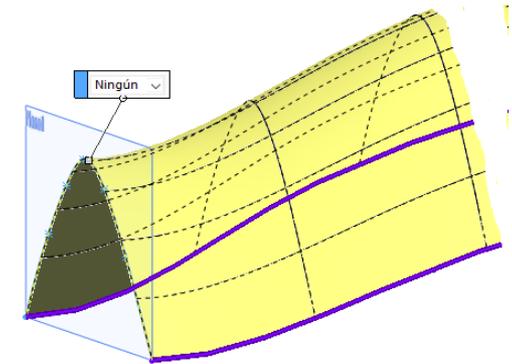
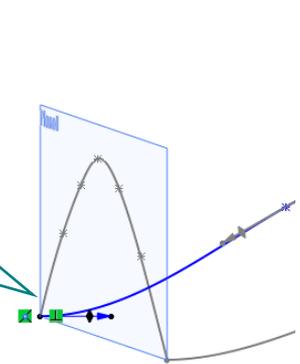
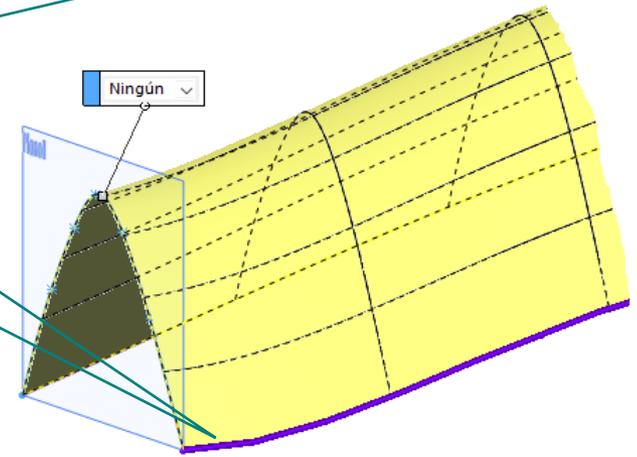
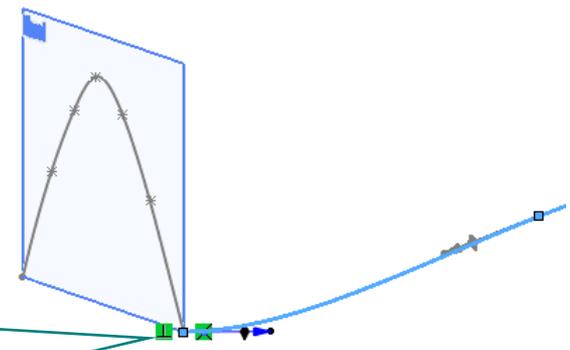


Definición
Mallas
Parches
Cosido
Análisis

√ Puede introducir condiciones de contorno en las intersecciones entre curvas de diferentes direcciones

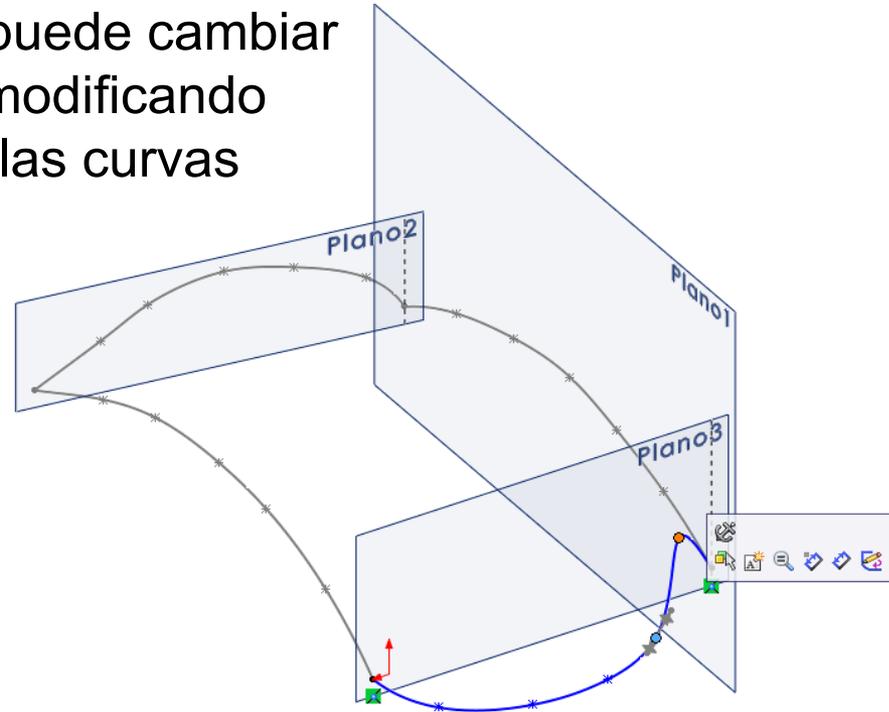
Si la curva morada se hace normal a la curva azul, la superficie será normal a la curva azul, al menos en la vecindad de la curva morada

Haciendo normales los dos curvas moradas, se consigue una superficie normal al perfil azul, sin necesidad de restringirlo



La superficie límite tiene cierta capacidad para crear y editar superficies complejas...

... porque se puede cambiar la superficie, modificando cualquiera de las curvas



 Pero si se intentan cambios bruscos el programa falla al regenerar la operación

Definición

Mallas

Parches

Cosido

Análisis

El comando *Forma libre* activa un editor que incluye más herramientas para retocar superficies

Definición

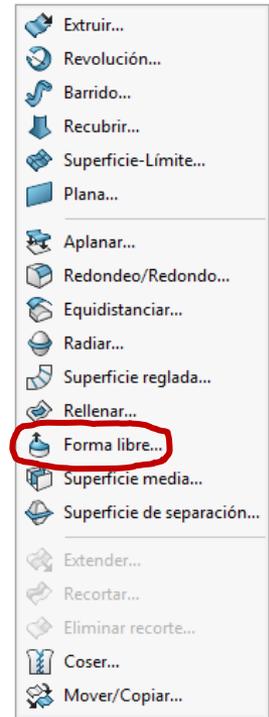
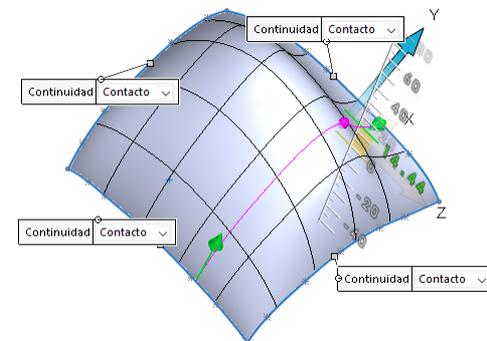
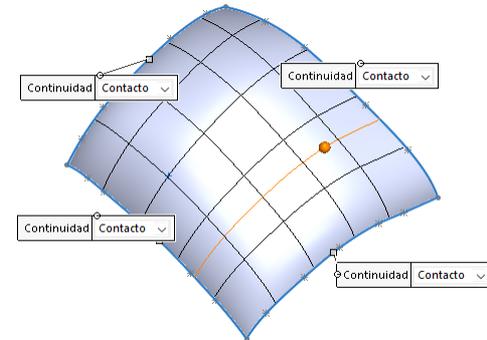
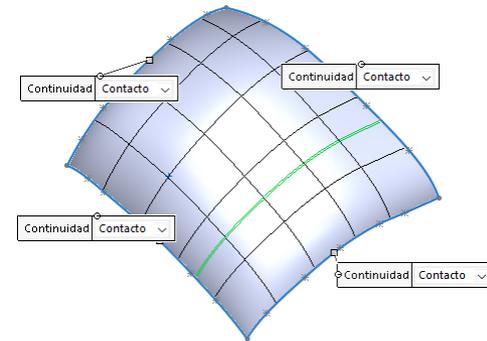
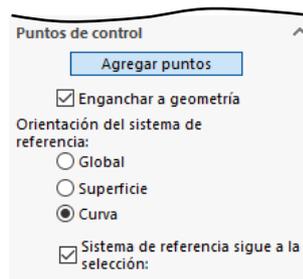
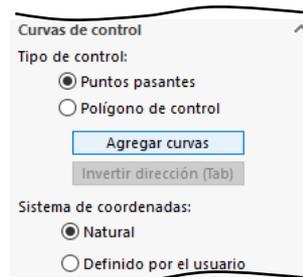
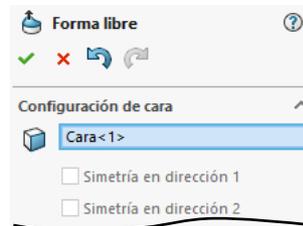
Mallas

Parches

Cosido

Análisis

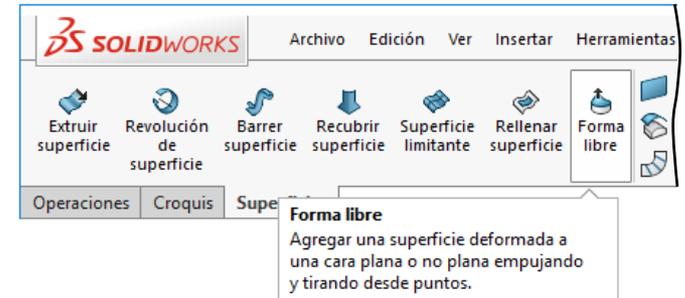
- ✓ Active *Forma Libre*
- ✓ Seleccione la superficie
- ✓ Active *Agregar curvas*
- ✓ Señale la posición de la curva
- ✓ Desactive *Agregar curvas*
- ✓ Active agregar punto
- ✓ Señale la posición del punto
- ✓ Desactive *Agregar punto*
- ✓ Arrastre interactivamente el punto



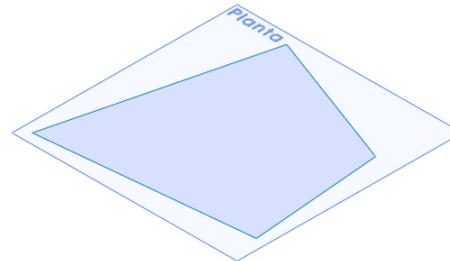


Forma libre es una herramienta orientada a modelar sin restricciones paramétricas...

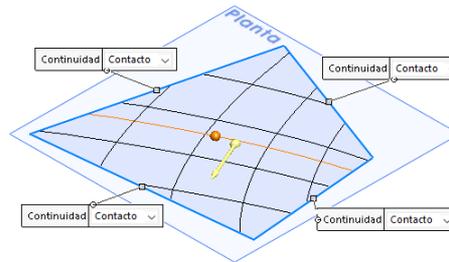
...favoreciendo la generación rápida de formas “orgánicas”



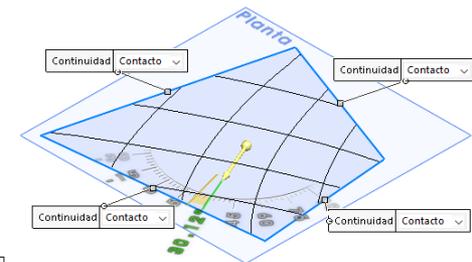
✓ Puede partir de una superficie o una cara plana



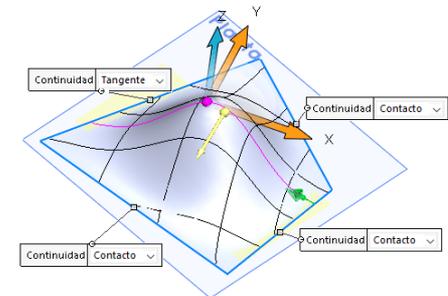
✓ Puede modificar la malla



✓ Puede crear nodos y puntos de control



✓ Puede modificar nodos y puntos de control



Definición

Mallas

Parches

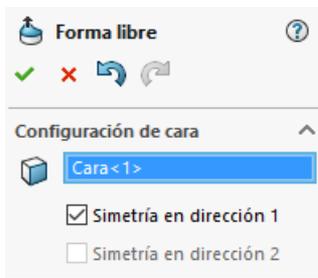
Cosido

Análisis

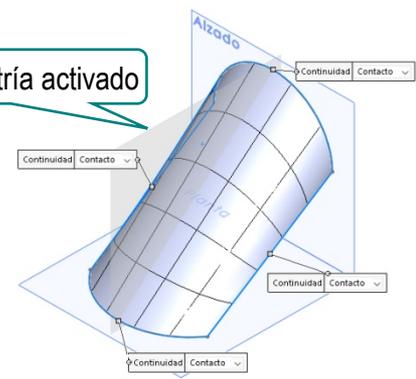


Si la superficie inicial es simétrica, se puede exigir que se mantenga la simetría durante las modificaciones

√ Active la opción de simetría



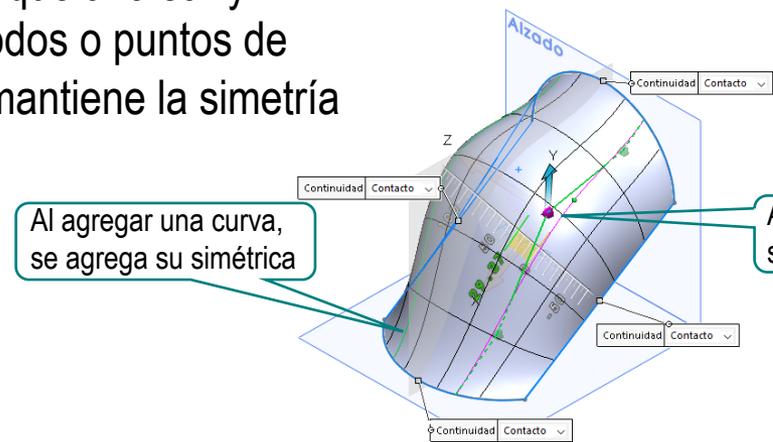
Plano de simetría activado



√ Compruebe que al crear y modificar nodos o puntos de control, se mantiene la simetría

Al agregar una curva, se agrega su simétrica

Al editar un punto, se edita su simétrico



No es posible añadir otro tipo de restricciones durante la manipulación de la superficie

Las superficies libres se pueden usar de dos formas:

1 Globalmente, definiendo una forma geométrica completa



Pero las curvas y las mallas de control:

✗ se vuelven rápidamente complejas

✗ se tienen que manipular en 3D

Por tanto, **no** es una forma fácil de manipular superficies

2 Por **parches**, definiendo cada parche una parte de una forma geométrica

Los parches son porciones de superficies que se obtienen delimitando y recortando un **perímetro**

Definición

Mallas

Parches

Cosido

Análisis

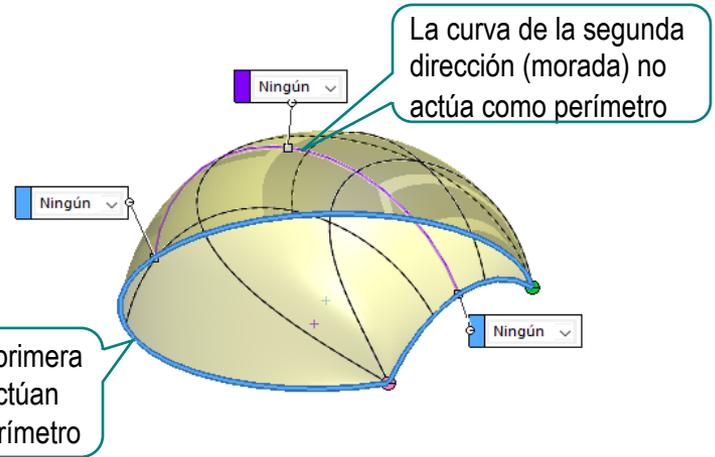
Hay dos estrategias para modelar parches:

1 La propia superficie actúa de parche

- ✓ Todas o algunas de las curvas de contorno determinan también el perímetro

Las curvas de la primera dirección (azul) actúan también como perímetro

La curva de la segunda dirección (morada) no actúa como perímetro



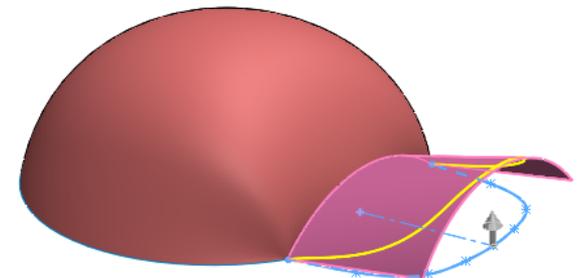
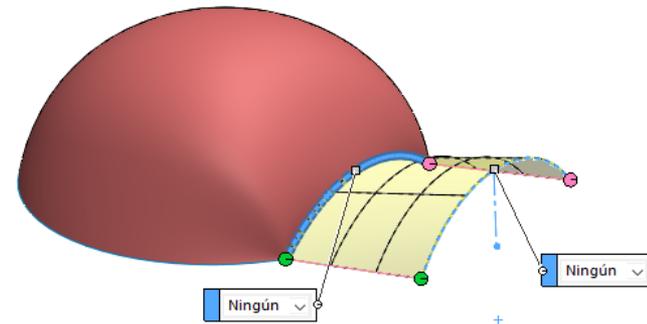
2 Se recorta un perímetro para definir el parche

- ✓ Las curvas de contorno controlan la forma de la superficie (pero no delimitan su perímetro final)
- ✓ El perímetro se obtiene mediante otras curvas

Puede dibujar las curvas de perímetro sobre la propia superficie

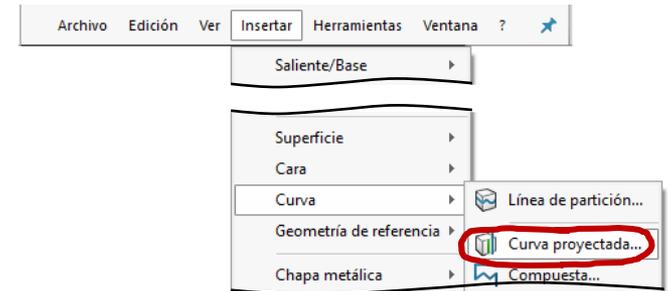
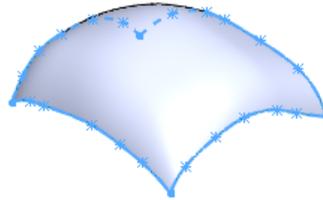


Puede dibujar las curvas de perímetro fuera, para luego proyectarlas sobre la superficie



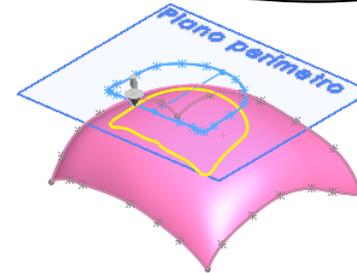
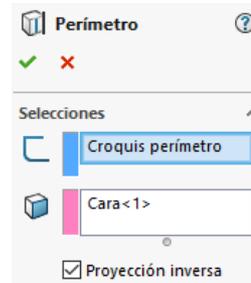
Los parches recortados se obtienen en tres pasos:

- 1 Use las curvas de contorno para construir la superficie (o "super-parche")



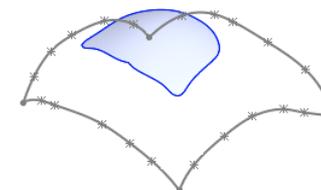
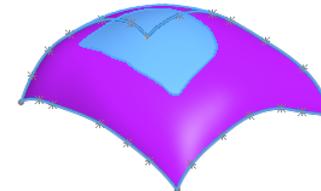
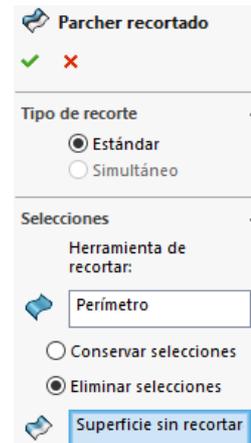
- 2 Defina el **perímetro**

- ✓ Dibuje el perímetro en un plano de croquis
- ✓ Proyecte el perímetro sobre la superficie



- 3 **Recorte**

- ✓ Seleccione la curva de recorte
- ✓ Seleccione el lado a recortar



La alternativa contraria es definir el parche mediante su perímetro...

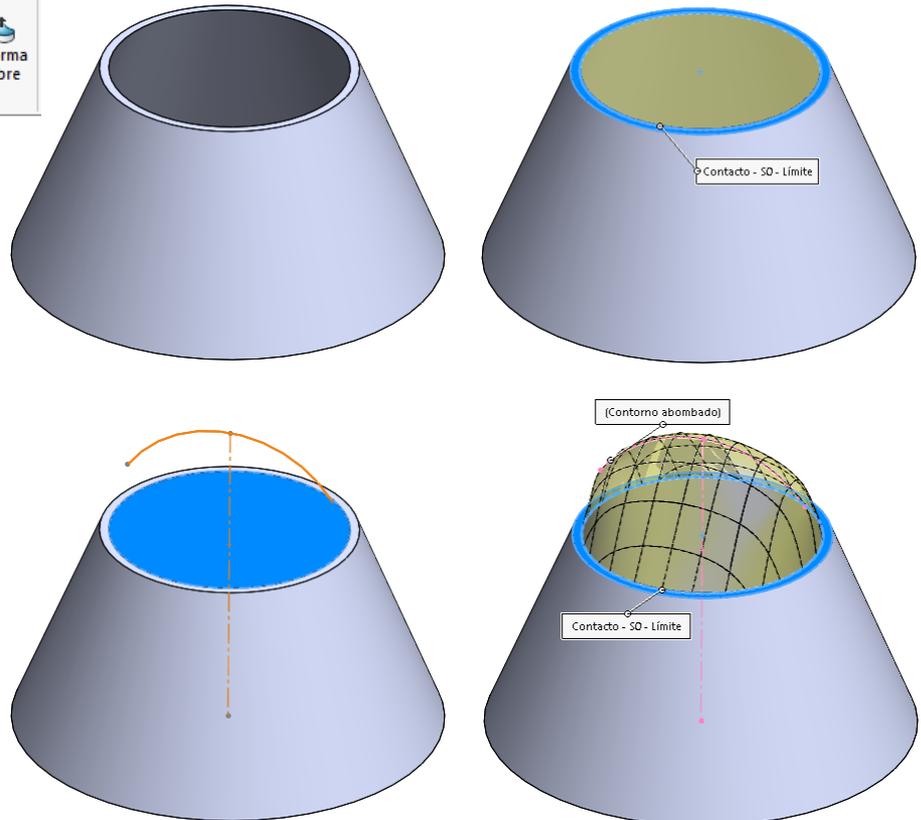
...para luego añadir las curvas de contorno

✓ Use *Rellenar superficie*

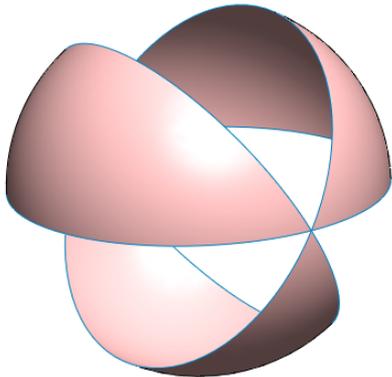


✓ Seleccione los bordes de superficies colindantes como **perímetro**

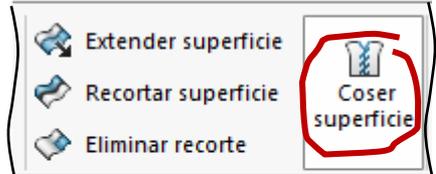
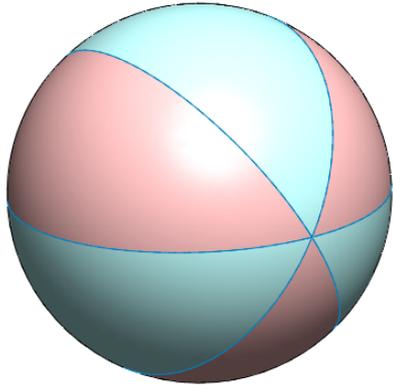
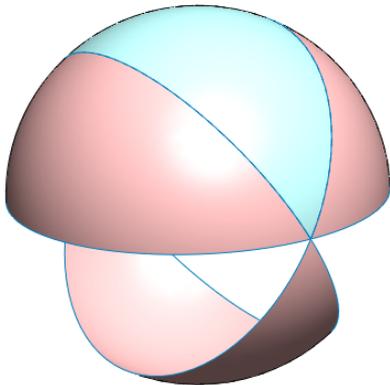
✓ Opcionalmente, añada curvas de **contorno** para controlar la curvatura del parche



Los parches permiten generar superficies simples...



...que luego se pueden **coser** a otras superficies, hasta generar la superficie global



Coser superficie
Combina dos o más superficies adyacentes no intersectantes.

El *cosido* debe asegurar la continuidad de las superficies globales resultantes

- Definición
- Mallas
- Parches
- Cosido**
- Análisis

El procedimiento para coser superficies es sencillo

Definición

Mallas

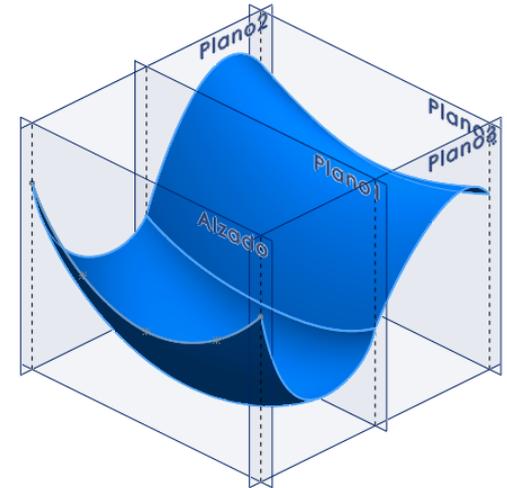
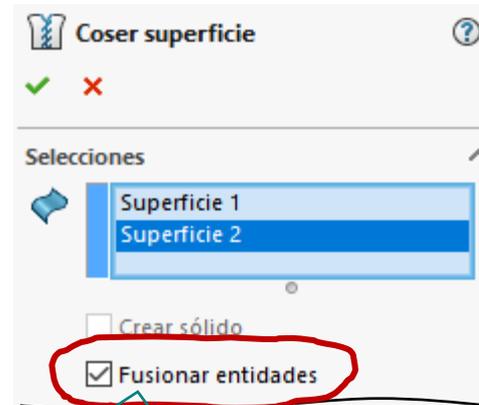
Parches

Cosido

Análisis

✓ Active el comando coser superficie

✓ Seleccione las superficies a coser



Pero el procedimiento puede no tener solución, si la aplicación detecta discontinuidades mayores que una cierta tolerancia

El *cosido* requiere un mínimo de continuidad de las superficies

Definición

Mallas

Parches

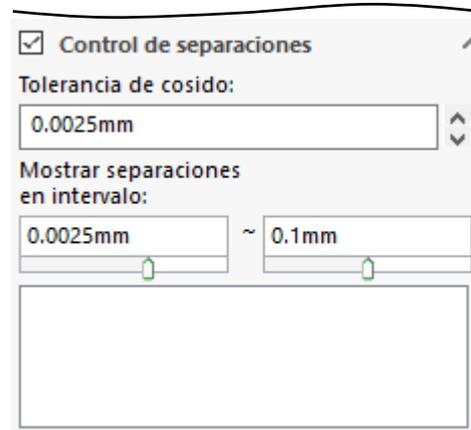
Cosido

Análisis

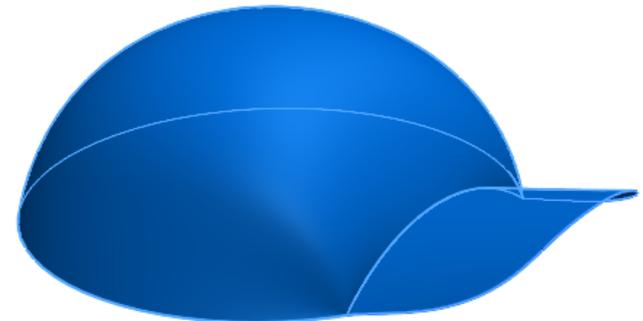
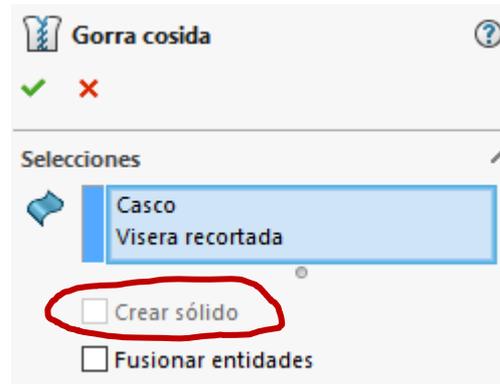
- ✓ Si hay **rasgaduras** grandes el cosido no podrá ejecutarse

SolidWorks® permite rellenar automáticamente las pequeñas rasgaduras...

...siendo el usuario el que configura la “tolerancia” o tamaño máximo de rasgadura que se rellena

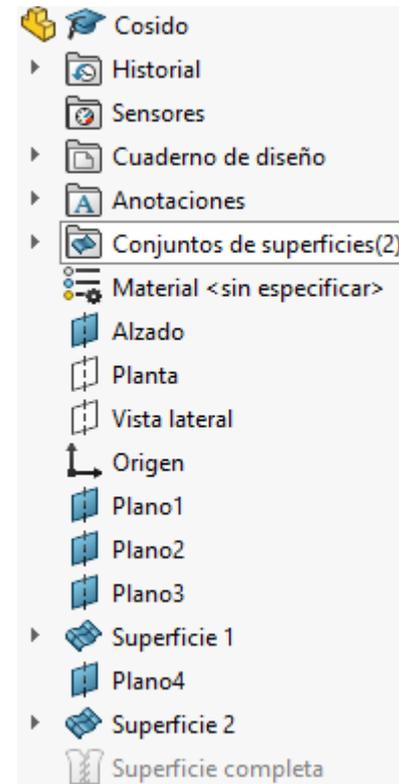
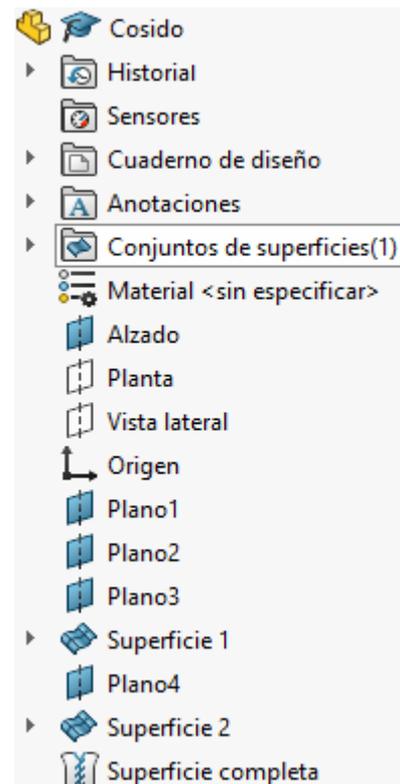


- ✓ Si la superficie cosida no es **estanca** el cosido no podrá solidificarse



En el árbol del modelo se comprueba si las superficies se han cosido, dando lugar a una única superficie...

...o se mantienen separadas



Definición

Mallas

Parches

Cosido

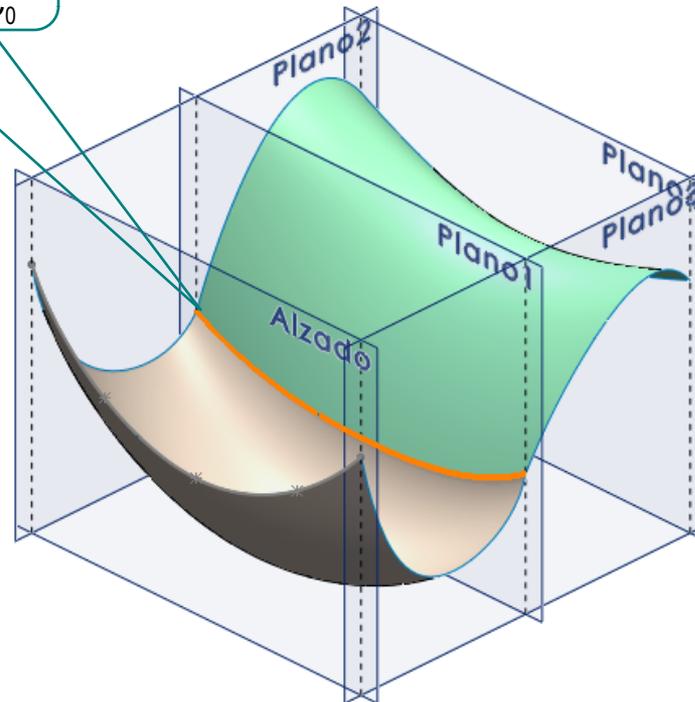
Análisis



Las “buenas prácticas” de modelado facilitan la obtención de la continuidad necesaria

Utilizar la misma curva para dos parches contiguos asegura la continuidad C_0

Continuidad C_0 significa contacto sin fisuras entre los contornos de ambas superficies



Definición

Mallas

Parches

Cosido

Análisis



Para obtener un mayor grado de continuidad, debe modificar las condiciones de contorno

Definición

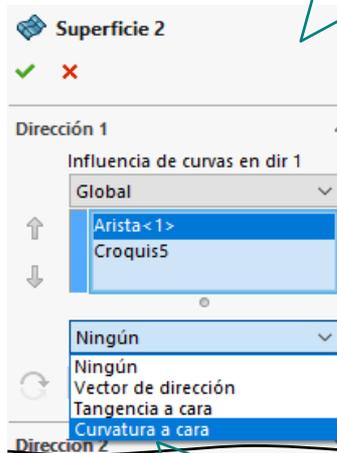
Mallas

Parches

Cosido

Análisis

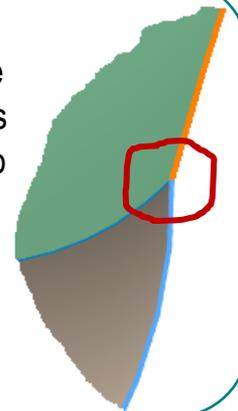
En el diálogo (o en la etiquetas desplegables), puede elegir condiciones de contorno apropiadas



“Tangencia” significa continuidad C_1 (misma dirección de las tangentes)

“Curvatura” significa continuidad C_2 (misma dirección y módulo de las tangentes)

Recuerde que la continuidad no se propaga hasta los bordes, si ésta no se impone también entre las curvas de contorno lateral

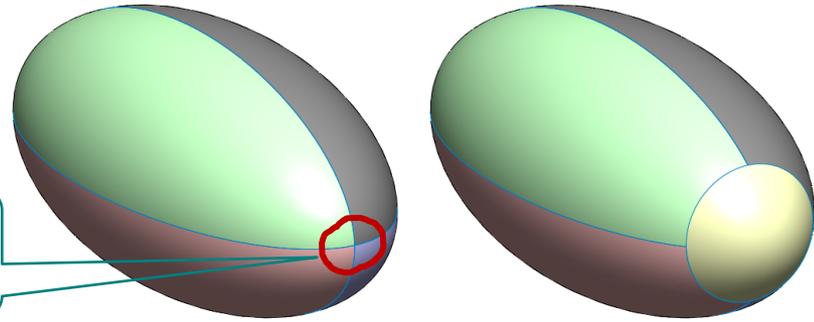




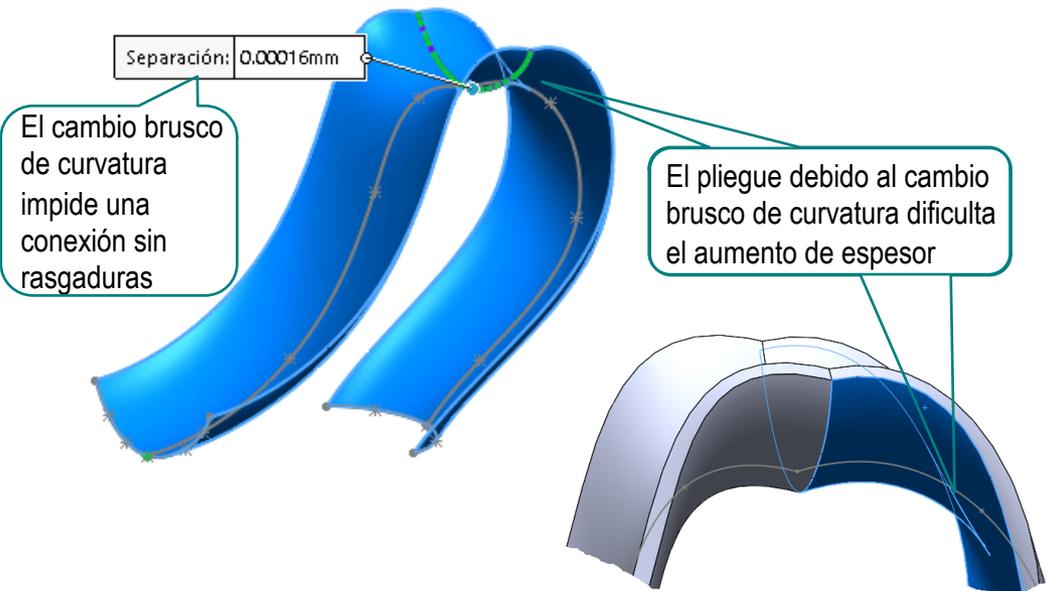
Debe obtener transiciones suaves en los perímetros, para que las superficies cosidas se puedan convertir en sólidos aumentando espesor:

- ✓ Evite unir parches con picos estrechos

Evite picos, añadiendo nuevos parches de transición y refuerzo



- ✓ Evite pliegues y cambios bruscos de curvatura en general, y, en particular, en las cercanías de los perímetros cosidos



Definición

Mallas

Parches

Cosido

Análisis

Las superficies resultantes deben analizarse para detectar:

x Discontinuidades

x Picos

x Grietas

x Cambios bruscos

x Formas retorcidas que provoquen posibles problemas de fabricación

Muchas aplicaciones CAD utilizan herramientas que activan ayudas visuales para detectar los problemas

Las ayudas visuales más comunes muestran:

- √ Curvaturas de curvas mediante **peines**
- √ Curvaturas de superficies mediante **mapas de curvatura**
- √ Irregularidades de superficies mediante **franjas de cebra**

Definición

Mallas

Parches

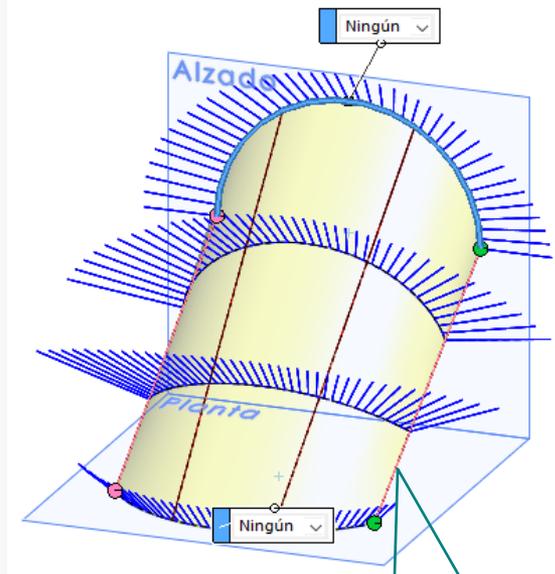
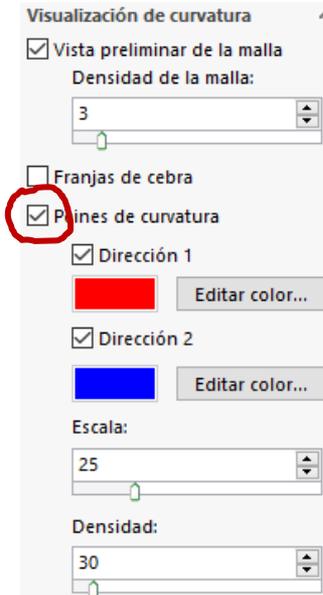
Cosido

Análisis

Los **peines de curvatura** muestran líneas normales a la curva con una longitud proporcional al radio de curvatura en dicho punto

- ✓ Las variaciones bruscas de las “púas” contiguas indican cambios bruscos de curvatura
- ✓ Son apropiados para curvas planas o casi planas
- ✓ No son apropiados para curvas albeadas o superficies

Porque ellos mismos son una representación 3D, que se vuelve difícil de interpretar cuando se vincula a curvas albeadas



No se muestran peines en la dirección 1 (roja), porque la superficie es reglada

- ✓ SolidWorks® activa los peines desde el propio diálogo de creación y edición de la superficie

Los mapas de curvatura muestran los puntos de una superficie coloreados en función del radio local de curvatura

Definición

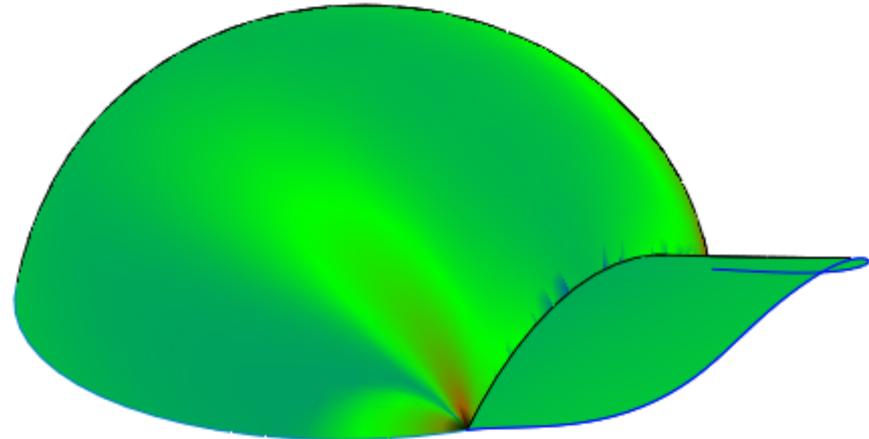
Mallas

Parches

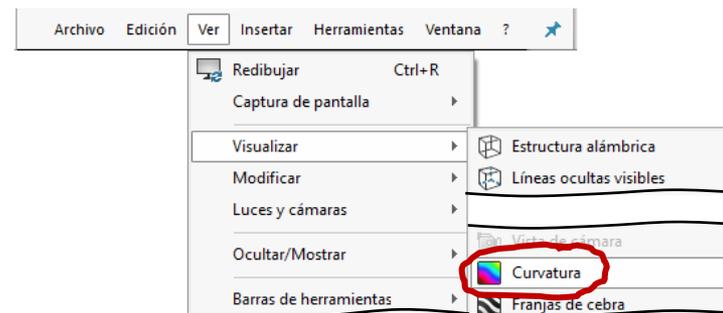
Cosido

Análisis

- ✓ Los cambios de color permiten detectar pliegues
- ✓ Son simples de interpretar, porque sólo añaden una textura, sin producir nuevas representaciones 3D



- ✓ SolidWorks® activa los mapas de curvatura desde el menú de visualización



Puede cambiar la escala de colores de curvatura

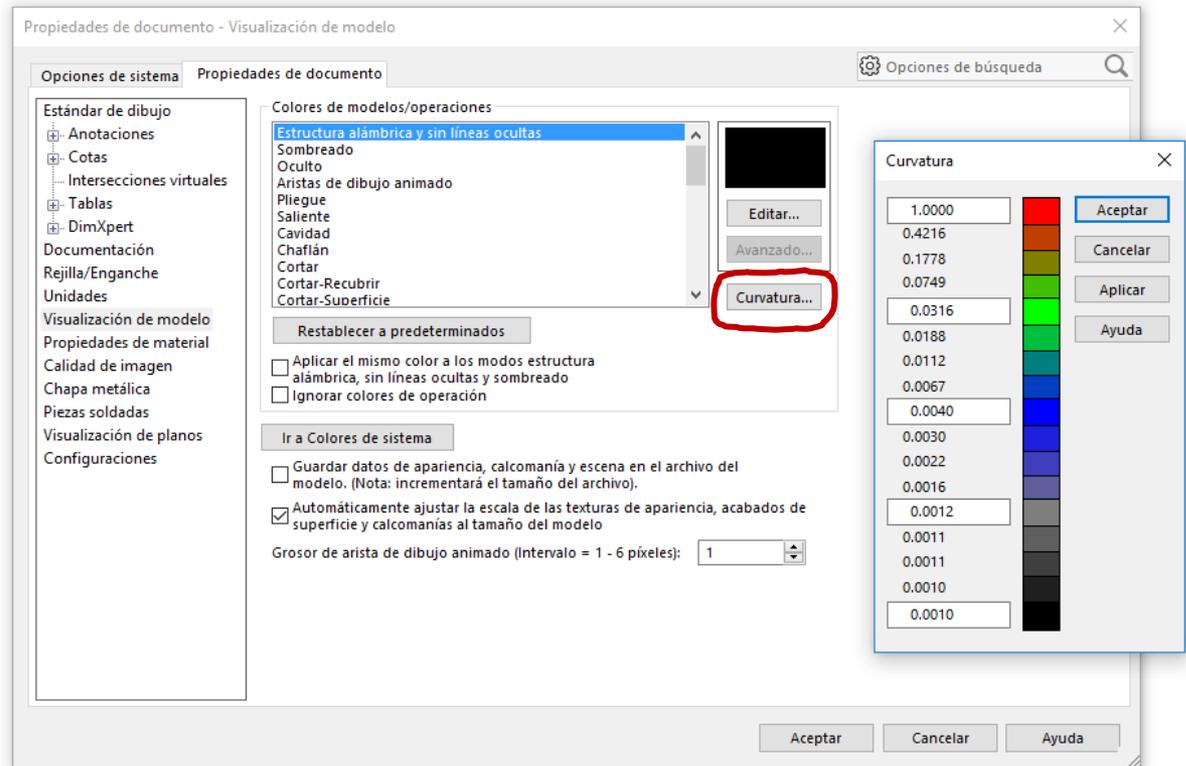
Definición
Mallas
Parches
Cosido
Análisis

✓ Seleccione propiedades de documento

✓ Seleccione Visualización de modelo

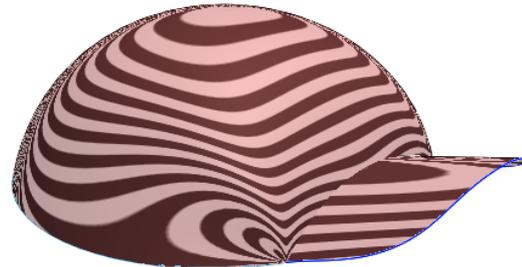
✓ Seleccione Curvatura

✓ Modifique la escala de colores y salve



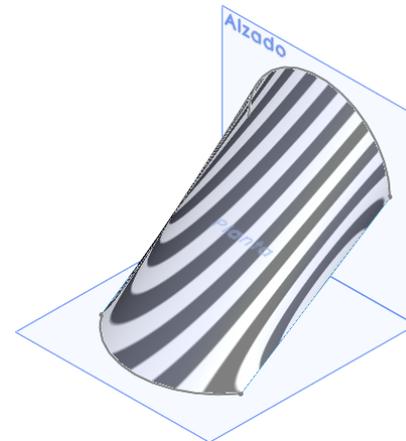
Las denominadas “**franjas de cebra**” muestran cómo se reflejan en la superficie los tubos de luz de una hipotética habitación de inspección como las usadas para inspeccionar carrocerías

- ✓ Los cambios bruscos de las líneas cebra de las superficies permiten detectar hondonadas, abolladuras o pliegues



- ✓ Pueden ser confusas para quien confunda su significado con una representación mediante isocurvas de mapas de curvatura

Principalmente cuando se cambia el punto de vista con la visualización de franjas de cebra activa



- ✓ SolidWorks® activa las franjas desde el propio diálogo de creación y edición de la superficie

Definición

Mallas

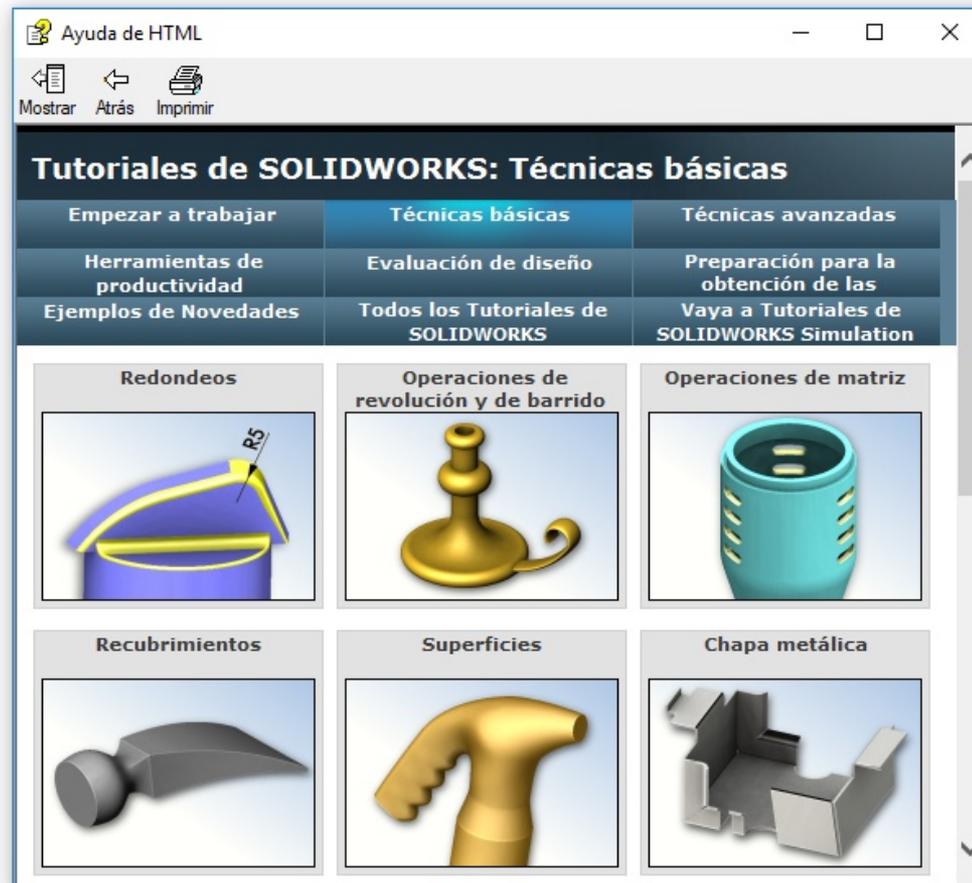
Parches

Cosido

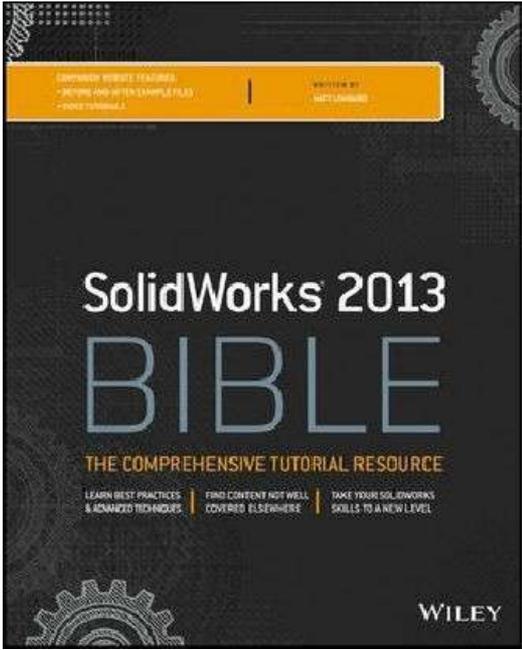
Análisis

¡Cada aplicación CAD tiene sus propias peculiaridades para gestionar las superficies!

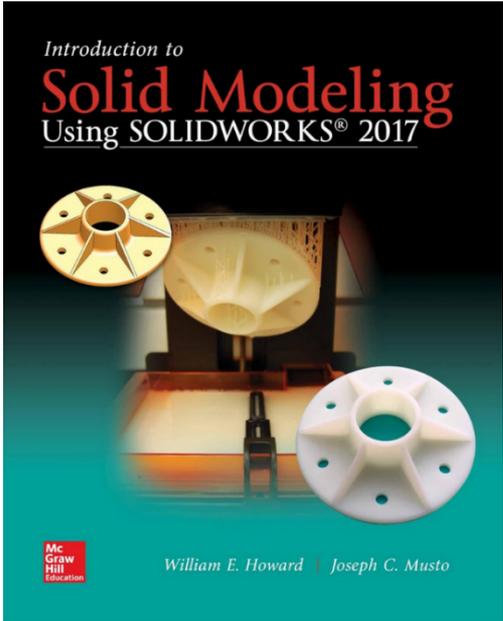
¡Hay que estudiar el manual de la aplicación que se quiere utilizar!



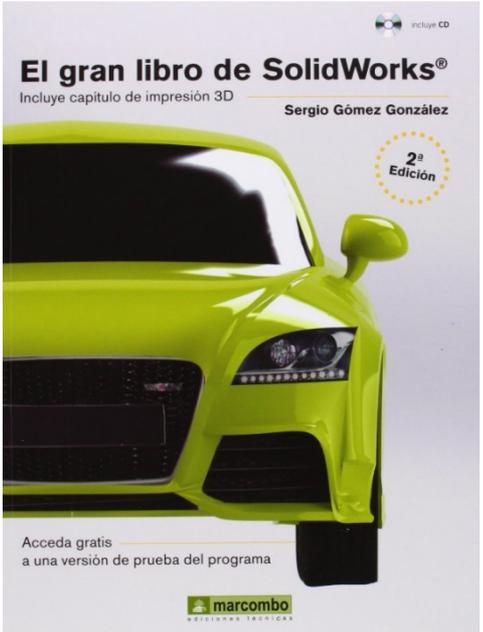
Para repasar



Chapter 32. Working with Surfaces

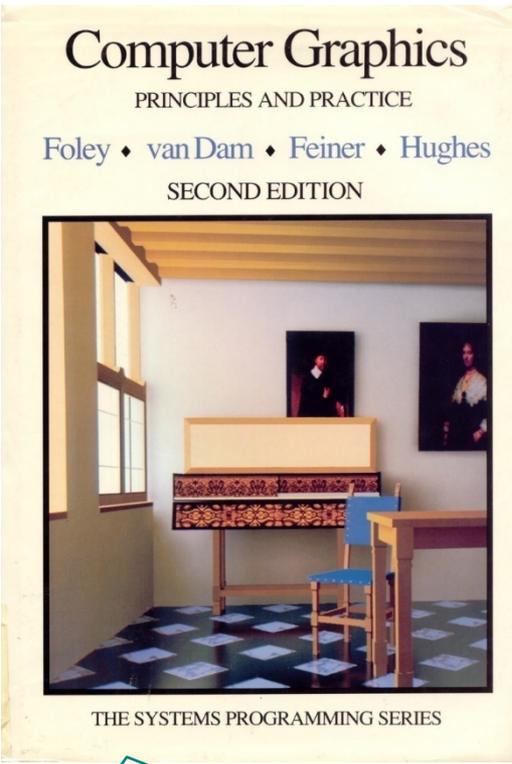


Chapter 4 Advanced Part Modeling

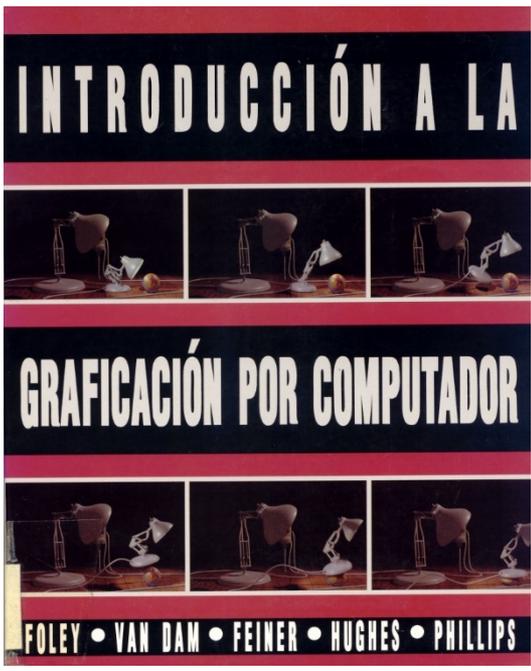


Capítulo 7. Superficies

Para repasar

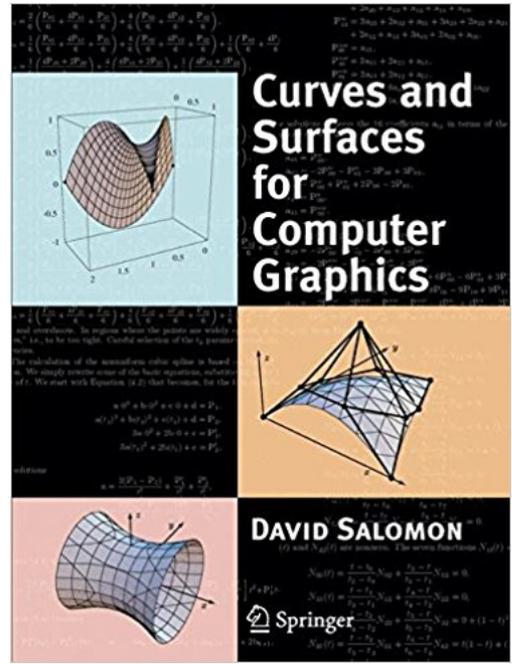
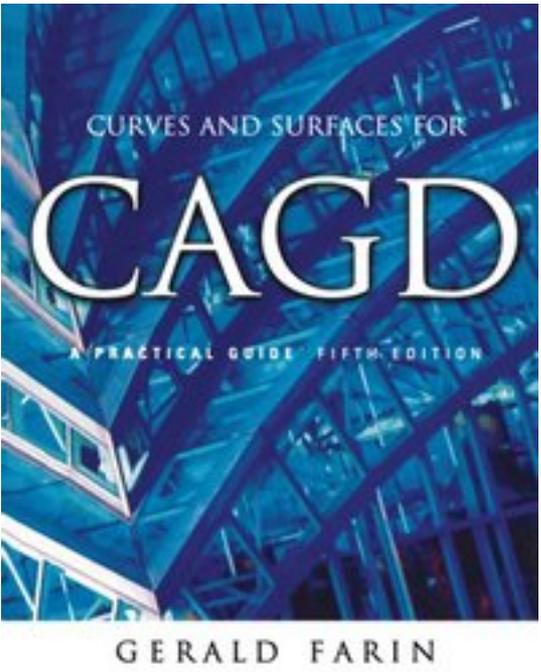


Chapter 11: Representing curves and surfaces

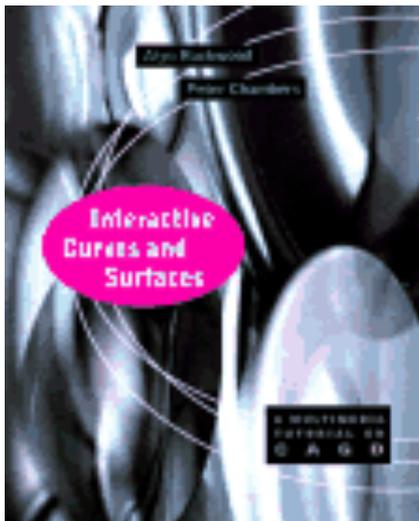


Capítulo 9: Representación de curvas y superficies

Para repasar



Para repasar



Interactive

Curves and Surfaces

A Multimedia Tutorial on CAGD

Alyn Rockwood Peter Chambers

Se recomienda especialmente el [“tutorial” interactivo](#)