

## **2.- MODELADO DE SOLIDOS.**

En este capítulo comenzaremos exponiendo conceptos genéricos de sistemas de Cad, así como nociones de modelado de sólidos. Finalizaremos con dos ejemplos que ilustran el procedimiento de creación de un modelo sólido.

- Ciclo de desarrollo de un producto. Sistemas CAD-CAM-CAE-PDM
- Modelado de sólidos. Sistemas paramétricos
- Ejemplo I. Calibre
- Ejemplo II. Mordaza.

## 2.1.- Ciclo de desarrollo de un producto. Sistemas CAD-CAM-CAE-PDM

En el ciclo de desarrollo de un producto, cada vez tienen más importancia las herramientas de CAD-CAM-CAE-PDM.

Aunque este manual es específico de una aplicación de CAD, vamos a comenzar enmarcándolo dentro del ciclo de diseño. Definiremos antes una serie de términos, por muchos conocidos:

**CAD:** Computer Aided Design.

**CAE:** Computer Aided Engineering.

**CAM:** Computer Aided Manufacturing.

**PDM:** Product Data Management.

Las herramientas de **CAD** se utilizan en las primeras fases del diseño del producto. Desde la pieza más sencilla, hasta el conjunto más complicado, la información que se genera con las herramientas de CAD es solamente de tipo **geométrico**.

Nuestros modelos se reducirán a ficheros, donde podremos encontrar información de las entidades que componen dicho modelo (puntos, curvas, líneas, superficies...), o bien de las funciones que hemos utilizado para construirlos (protusiones, cuts, rounds...). Aunque existen formatos normalizados de ficheros de geometría (llamados formatos 'neutros', ej: IGES, STEP, ACIS, DXF...), cada fabricante utiliza su propio formato para almacenar dicha información.

Las aplicaciones de **CAE** nos permiten validar el diseño realizado, mediante diversos tipos de análisis. Los más habituales son de tipo estructural, térmico, fatiga, electromagnético, cinemático, dinámico, fluidos, llenado de moldes, etc. En esta fase comprobaremos si la geometría proveniente del sistema de CAD es válida.

Por ejemplo, podemos estudiar el comportamiento estructural de una pieza ante unas especificaciones de carga determinadas. Una vez finalizado el análisis, obtendremos resultados del reparto de tensiones y deformaciones en la pieza, producidos por dichas cargas aplicadas. En caso de que dichos resultados no sean adecuados, se habrá de modificar la geometría del modelo, lo cual implica volver al sistema de CAD, y variar el modelo original (aumentar secciones, rigidizar mediante nervios, etc...)

Muchos de los sistemas de CAE incorporan análisis de optimización. De este modo, si el resultado obtenido no es adecuado, se puede modificar automáticamente la geometría original (CAD), y lanzar de nuevo el cálculo (proceso iterativo). Un ejemplo muy habitual es la optimización del peso de la pieza. Se puede lanzar un estudio de optimización en el cual el objetivo sea minimizar el peso de la pieza. En función de los resultados obtenidos en cada iteración, se modificará automáticamente la geometría de la pieza (siguiendo un criterio marcado por el usuario), hasta conseguir llegar a dicho objetivo.

Las herramientas de **CAM**, nos permiten generar automáticamente a partir de la geometría proveniente del sistema de CAD, programas de CNC que pueden ser interpretados por los controles numéricos de las máquinas que fabricarán dicha pieza. Habrá que elegir anteriormente el tipo de máquina donde deseamos fabricar la pieza, y definir una serie de operaciones y secuencias de trabajo. Dependiendo del tipo de máquina (torno, centro de mecanizado 3 o 5 ejes...) se configurarán los distintos parámetros de las secuencias definidas (tipo de herramienta, velocidad de corte, avance...).

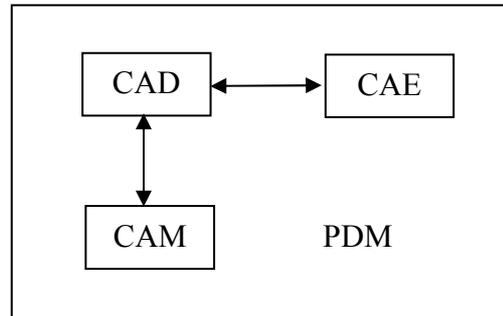
Con estas herramientas, no solamente generaremos el programa CNC, sino que también es posible simular el proceso de fabricación, lo cual nos permite localizar errores antes de lanzar la pieza a fabricar. De igual modo que ocurría en la fase de análisis, puede ser necesario volver al modelo geométrico (CAD) con objeto de variar las dimensiones de la pieza, y satisfacer así las necesidades de fabricación (tipo de herramientas, problemas de accesibilidad, curvaturas, radios, etc.)

Finalmente, las aplicaciones de **PDM**, nos permiten integrar toda la información generada en un proyecto. Como su nombre indica (Data Management) el núcleo de este tipo de aplicaciones es una base de datos que permite organizar toda la información que se genera en cada una de las fases del proyecto de modo adecuado. Entre otras ventajas, radica la seguridad del sistema, ya que cada usuario tiene asignados

unos determinados permisos, que le permitirán acceder solamente a determinada parte de la información (oficina técnica, fabricación, marketing, comerciales....).

Por lo tanto, se observa que en el ciclo de desarrollo del producto, la fase de diseño (definición de geometría, CAD) juega un papel importante, ya que tanto las herramientas de análisis como las de fabricación se apoyan en dicha geometría. Ha de existir **asociatividad** entre estas tres fases (a nivel de estructura de archivos y de gestión de la información), de tal modo que si se modifica la geometría, los análisis que dependan de esta varíen consecuentemente.

Además de esto, la aplicación de CAD ha de ser lo suficientemente **flexible**, para que una modificación en el modelo (algo muy habitual) no tenga consecuencias traumáticas, es decir, que ello no suponga rehacer de nuevo el modelo.



## 2.2.- Modelado de sólidos. Sistemas paramétricos.

Ya que la fase de CAD desempeña un papel tan importante, es necesario que la aplicación que utilizemos sea lo suficientemente **flexible**, para cumplir lo mejor posible con todo lo dicho anteriormente. Teniendo esto en cuenta, se requerirá una aplicación que nos permita modelar piezas o conjuntos en 3D. El uso de aplicaciones de modelado de sólidos está siendo cada vez más extendido, y cada vez son más los fabricantes que están implementando técnicas de modelado de sólidos en los sistemas de CAD.

La tendencia de la mayoría de las empresas es de implementar este tipo de aplicaciones, frente a las clásicas herramientas 2D. A pesar de todo, aun se seguirán utilizando herramientas 2D, ya que el costo de una aplicación de modelado de sólidos no está al alcance de todas las empresas.

Una gran ventaja de las aplicaciones de modelado de sólidos es que estas son **paramétricas**. Es decir, la geometría está totalmente basada en parámetros (o dimensiones). Al variar el valor de uno de estos parámetros podremos variar fácilmente la geometría del modelo asociado a ese parámetro. Esto requiere que el modelo esté correctamente parametrizado. Esto es muy importante, ya que como hemos comentado anteriormente, una modificación en el modelo puede llegar a ser en ocasiones algo traumático, si este no estuviese convenientemente parametrizado. Por tanto la parametrización confiere **flexibilidad** al modelo. Dependerá de nosotros el que esto sea así.

Hay que tener presente que las herramientas de CAD son meras herramientas de dibujo (no podemos pretender convertirnos en buenos escritores por el hecho de disponer de la mejor aplicación de tratamiento de textos). Por lo cual, antes de proceder con el diseño es necesario tener claro que es lo que queremos conseguir, saber cuáles son las especificaciones de partida, conocer cuántas piezas tendrá nuestro conjunto y como se conectan entre ellas, métodos de fabricación, etc... Es necesario conocer con qué recursos contamos, es decir, conocer las funcionalidades de nuestra aplicación de CAD.

El **modelado de sólidos** consiste en ir construyendo el sólido, a base de ir combinando de modo secuencial distintas funciones. Cada una de estas funciones queda registrada en el 'árbol del modelo', de modo que si deseamos modificar algo una vez finalizado el modelo, bastará con dirigirse a la función que deseamos modificar y cambiar el valor del parámetro (o dimensión) que nos interesa.

Por lo tanto es importante conocer las funciones disponibles, para poder combinarlas adecuadamente. Podríamos decir que es posible llegar a la misma solución (el mismo modelo geométrico), con distintos 'árboles'. Podemos combinar funciones diferentes, en distinto orden, con parámetros distintos y obtener exactamente la misma geometría. Pero aunque externamente todo parezca

similar, la ‘topología’ de ambos modelos puede ser muy diferente. Se entiende por ‘topología’ la disposición de las funciones dentro del árbol del modelo.

Por lo tanto, es muy importante seleccionar adecuadamente el orden y el tipo de funciones que utilizaremos en nuestro modelo. Es necesario destacar el concepto de ‘**dependencia**’. Al crear una función, esta ha de apoyarse en algún objeto (cualquier entidad geométrica o referencia, plano, curva, punto, arista, superficie...) o función previamente definido. Al hacer esto estamos creando una dependencia de esta nueva función con las anteriores. Esto quiere decir que si modifico o elimino alguna de estas funciones de apoyo, la nueva función puede verse afectada, o incluso ser eliminada. Denominaremos ‘**Parent**’ a esta nueva función creada, y diremos que todas aquellos objetos o funciones en las cuales me he apoyado son ‘**Children**’ de esta. Esta dependencia se denomina con el término ingles: **ParentChild Relationship**

A continuación enumeraremos las funciones más habituales en el modelado de sólidos. Estas funciones se describirán más detalladamente en el capítulo 4.

- **Protusion:** Añade material a la pieza. Los 4 modos de añadir material a una pieza: **Extrude, Revolve, Blend, Sweep**
- **Cut:** Elimina material del modelo. Hay 4 modos eliminar material de una pieza: **Extrude, Revolve, Blend, Sweep**
- **Chamfer:** Permite añadir un chaflán a una pieza.
- **Round:** Utilizaremos esta función para redondear aristas u otras partes del modelo.
- **Hole:** Esta función permite crear un agujero en la pieza.
- **Pattern:** también denominado ‘patron’. Permite copiar una función un número determinado de veces.
- **Rib:** Se utiliza para añadir nervios fácilmente.
- **Shell:** Vacía automáticamente aquellas zonas del modelo que nos interesen.

Por lo tanto, la creación de un modelo sólido consiste en la correcta combinación de las funciones citadas, en el orden adecuado.

A diferencia de lo que ocurre en las tradiciones sistemas de Cad en 2D, en los sistemas de modelado de sólidos el modo de trabajo habitual no se basa en referenciar los objetos o entidades respecto a un origen (0,0,0). La posición de una función depende de la posición de las funciones o referencias en las que se apoya (**Dependencias**).

Otro concepto muy importante es el de las **REFERENCIAS (DATUMS)**. Podemos definir una serie de entidades (ej: planos, ejes, puntos, curvas...), y utilizarlas como base para posicionar otras funciones. Estas entidades están definidas con el modelo sólido, pero son solo referencias, es decir, no son entidades sólidas.

Para finalizar, se enumeran los tipos de fichero que pueden formar parte de nuestro proyecto o modelo:

- **Piezas (Parts):** Pueden contener referencias (datums) y funciones.
- **Conjuntos (Assemblies):** Pueden estar formado por componentes (parts) u otros conjuntos (subassemblies)
- **Dibujos (Drawings):** Son modelos 2D, con un formato determinado y las vistas de la pieza o conjunto.
- **Formatos (Formats):** En estos se definen propiedades, como el tamaño del papel, cajetín, tablas...
- **Otros:** ficheros de información del modelo, de proceso de fabricación ...

En una aplicación de modelado de sólidos ha de existir **asociatividad** entre todos los elementos que componen un proyecto (parts, assemblies, drawings...). Esto quiere decir que si se modifica alguno de los componentes, esta modificación queda reflejada en todos los conjuntos y planos asociados a dicho componente. Esta propiedad es **bidireccional**, es decir, si se altera algo en el drawing, dicha modificación

es transmitida al modelo sólido (Part) y al conjunto (Assembly). Esta asociatividad se podría extender también a los módulos de análisis (CAE) y fabricación (CAM).

A continuación se exponen dos ejemplos de piezas creadas con una aplicación de modelado de sólidos, con los cuales ilustraremos el modo habitual de trabajo con modelos sólidos.

### 2.3.- Ejemplo I. Calibre

A través de este ejemplo podremos mostrar generalidades sobre el modelado de sólidos. En la Figura 2- 1 podemos ver una perspectiva de un conjunto (calibre) y diferentes vistas de un componente de dicho calibre, en el que nos centraremos en el ejemplo. En la parte izquierda se observa una lista, denominada 'árbol del modelo', donde aparecen todas las referencias (DATUMS) y funciones (FEATURES) utilizadas para definir la pieza.

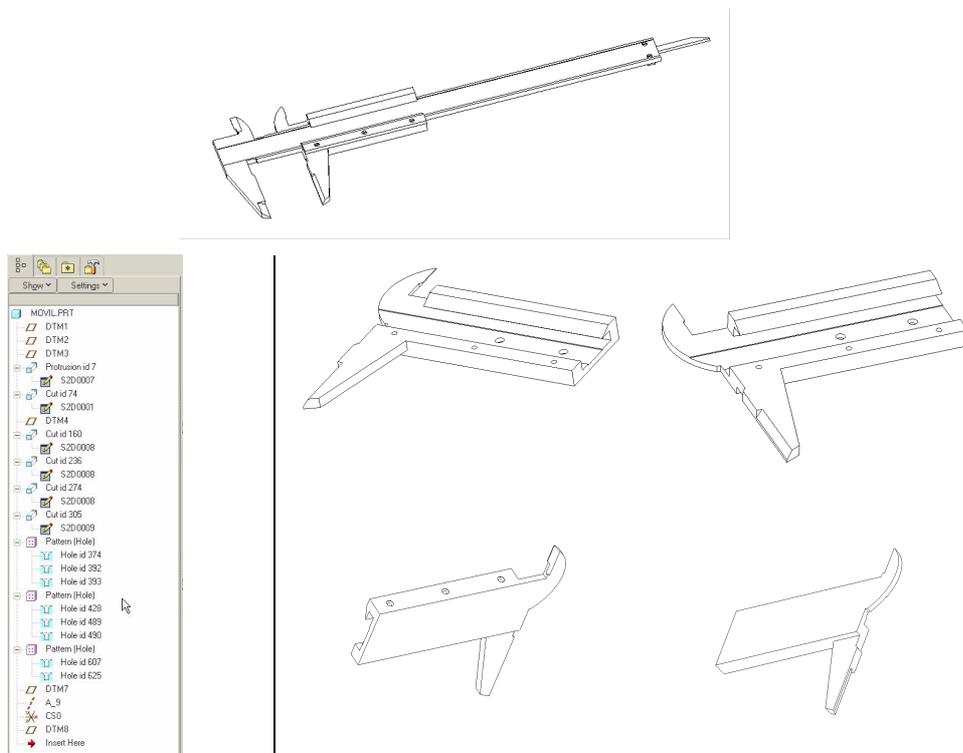


Figura 2- 1. Modelado de pieza de calibre

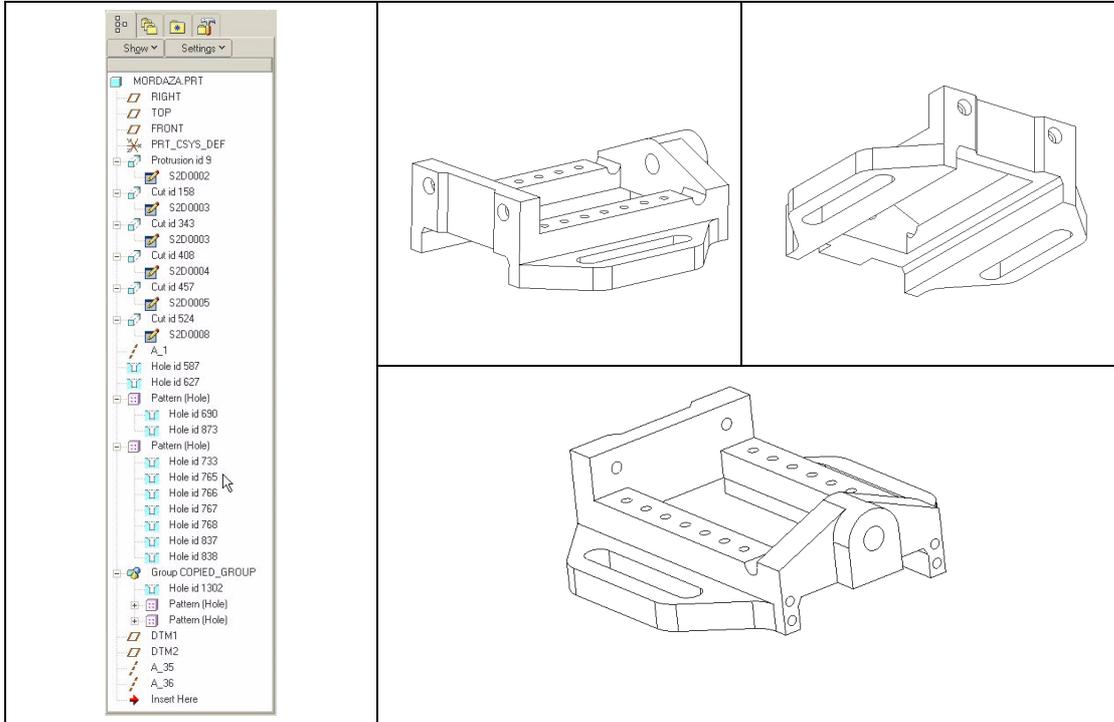
Centrándonos en el 'árbol del modelo', se observa que está formado por una serie de funciones y referencias. Como ejemplos de funciones (FEATURES) tenemos: 1 Protusion, 5 cuts, y 8 holes generados por medio de 3 patrones. El resto de elementos son referencias (DATUMS). En el ejemplo podemos encontrar 4 planos (ej: DTM1).

En las figuras de a continuación aparece una sucesión de imágenes del modelo. Podemos apreciar de modo secuencial las funciones que hemos utilizado para completar dicho modelo.



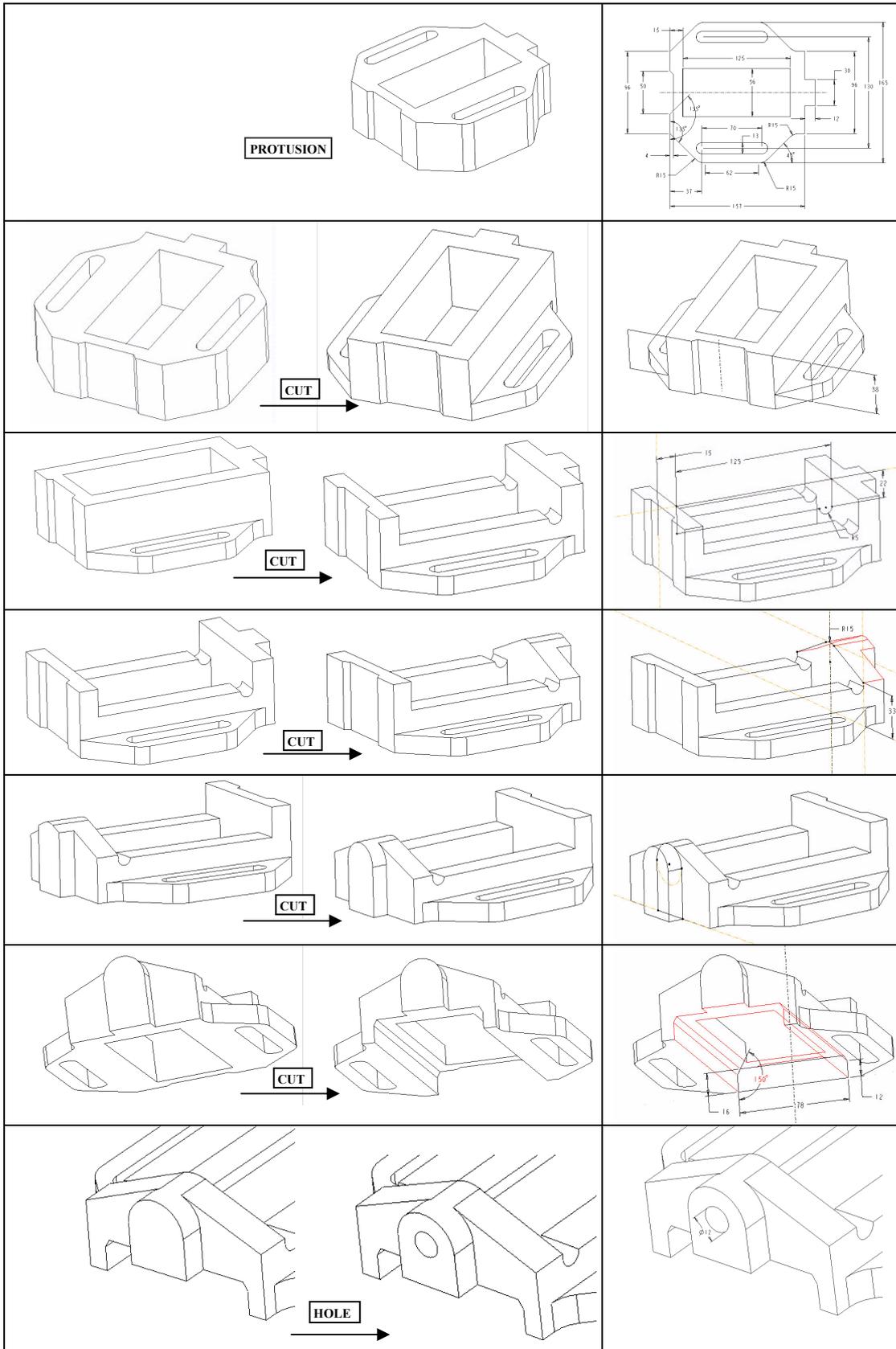
## 2.4.- Ejemplo II . Mordaza

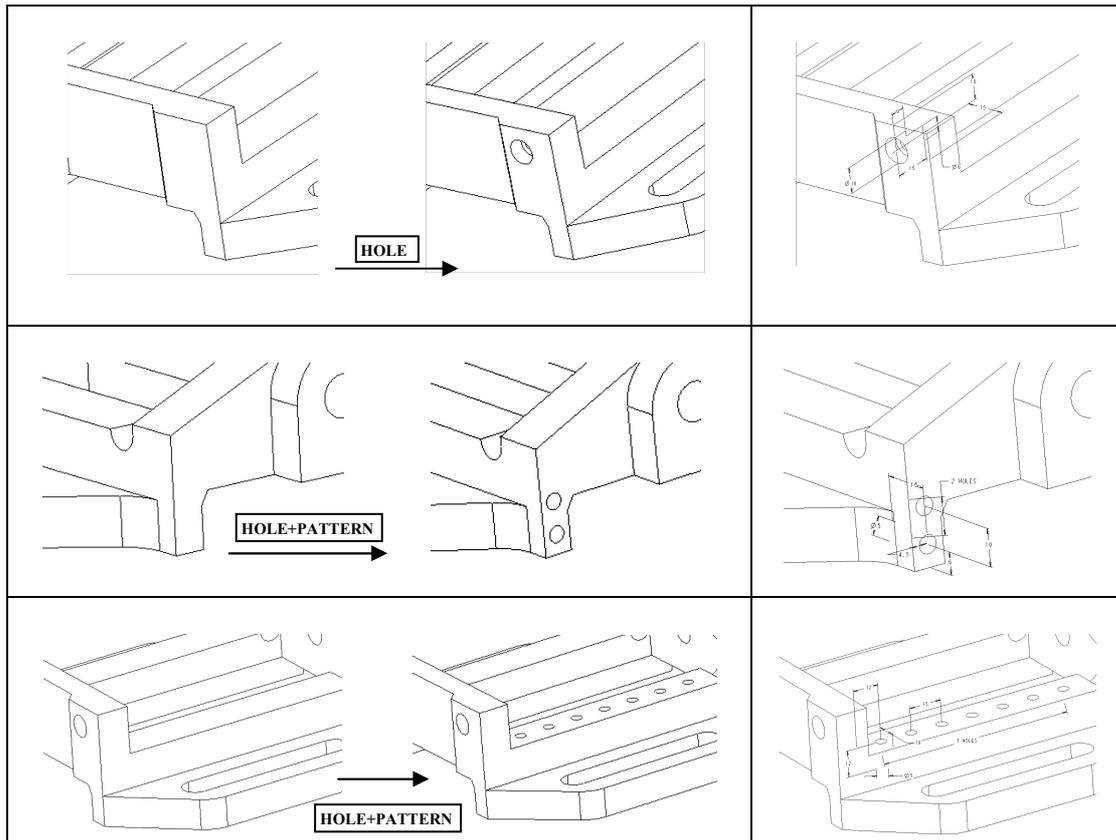
En el siguiente ejemplo vamos a proceder del mismo modo que en el ejemplo anterior. En este caso el modelo es un soporte de una mordaza. A continuación se observan tres vistas de la pieza y el 'árbol del modelo'.



En este caso el árbol es más extenso. Como ejemplos de funciones (FEATURES) tenemos: 1 Protusion, 5 cuts, y 21 holes generados por patrones y agrupados de diversos modos. Respecto a las referencias (DATUMS), podemos encontrar 3 planos, 1 sistema de coordenadas y 1 eje

En las figuras de a continuación aparece la secuencia de funciones que hemos utilizado para completar el modelo.





Como hemos comentado en el apartado anterior, la secuencia de operaciones planteada en este ejemplo no es única, ni la óptima. Esta secuencia puede diferir dependiendo del criterio del usuario. Se recomienda mantener un orden en la creación y disposición de las funciones dentro del árbol, de modo que la estructura de este sea fácil de entender por aquellas personas que consultan el modelo. Entre otras funcionalidades existe la posibilidad de **renombrar funciones** o **agruparlas**, de modo que la estructura sea mas clara, especialmente cuando se trata de un modelo complejo.

Durante el proceso de creación de la pieza hay que tener especial cuidado en la elección de las funciones, y las **dependencias** de estas. Se ha tener en cuenta que el modelo ha de ser **flexible**, de modo que dichas funciones han de ser fáciles de modificar en el futuro.

A continuación se plantea un posible proceso a seguir a la hora de crear funciones en una pieza. Este orden en la disposición de funciones es solo una **recomendación**, pero dado que cada pieza es diferente, puede no ser valido para muchos otros modelos.

- **Referencias (Datums)** : Conviene comenzar definiendo las referencias del modelo en las que nos apoyaremos para definir el resto de funciones. Podemos verlo como el esqueleto de la pieza: planos, ejes, curvas, puntos...
- **Protusiones**: Se recomienda añadir material al comienzo del proceso, utilizando para ello el menor número de funciones posible.
- **Cuts**: A continuación procedemos a eliminar material sobrante. Se recomienda igualmente utilizar en lo posible el menor número de funciones.
- **Holes**: Seguidamente, añadiremos agujeros al modelo.
- **Patterns, copy**: Procederemos a copiar aquellas funciones que nos interesen.
- **Chamfers, rounds**: Añadiremos detalles por medio de estas funciones.
- **Otras**: Podemos completar la pieza mediante vaciados, simetrías, etc...