

ANÁLISIS DE MÉTODOS DE MODELIZADO EN EL DISEÑO PARAMÉTRICO. RELACIONES GEOMÉTRICAS.

Jaime López Soto

José Luis Caro Rodríguez

Pilar Ramírez López-Para

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

Abstract

This paper is the result of a project to improve methods of digitization using parametric CAD software. (López and Caro, 2007).

The geometric relationships is one of the most repeated problems in digital models. From initial design specifications, these problems are present as in the 2D phase, when profiles are created, which might be called internal relations, as in the 3D phase, when operating with a profile a surface or a solid is created, which might be called external relations. (López, Caro and Ramírez, 2008).

The Relationship Analysis proposed is a tool to help manage the work of establishing the necessary relationships in the digital models. To do this, it is needed to make previously a Functional Analysis and a Geometric Analysis of the model.

The Functional Analysis separates the action that makes the component of the product itself, which is carried out to seek new solutions to the same concept. The Geometric Analysis orders the sequence of the different parts that compose the final model.

Keywords: *Parametric CAD; Geometric Relationships; Functional Analysis*

Resumen

Esta ponencia es el resultado de un proyecto para mejora de métodos de digitalización mediante software CAD paramétrico. (López y Caro, 2007).

Las relaciones geométricas es uno de los problemas más repetidos en la digitalización de modelos. Partiendo de unas especificaciones de diseño iniciales, estos problemas se dan tanto en la fase de 2D, cuando se crean los perfiles, que se podrían denominar relaciones internas, como en la fase de 3D, cuando se opera con los perfiles para obtener superficies o sólidos, que se podrían denominar relaciones externas. (López, Caro y Ramírez, 2008).

El Análisis de Relaciones propuesto es una herramienta que ayuda a gestionar el trabajo de establecer las relaciones necesarias en la digitalización de modelos. Para ello, se necesita hacer previamente un Análisis Funcional y un Análisis Geométrico del modelo.

El Análisis Funcional consiste en separar la acción que efectúa el componente del propio producto que la lleva a cabo, para buscar nuevas soluciones a un mismo concepto. El

Análisis Geométrico consiste en ordenar la secuencia de las diferentes partes que compondrán el modelo final.

Palabras clave: CAD Paramétrico; Relaciones Geométricas; Análisis Funcional

1. Introducción

Las aplicaciones de Diseño Asistido por Computador (CAD) cada vez son más fáciles de manejar debido a que el interface facilita la comunicación, al hábito en el manejo de otras aplicaciones y estas se parecen entre sí. El conocimiento de unas pocas de todas las posibilidades resulta interesante debido a la automatización y la potencia de las operaciones.

Debido a ello, el aprendizaje del software, en general, se tiende a hacer de una manera autodidacta. Utilizando sin miedo el sistema de prueba y error gracias a que existe la posibilidad de deshacer la operación si el resultado no es el esperado.

Sin embargo, el aprendizaje autodidacta suele dejar recursos sin descubrir. Las operaciones más complejas no son fáciles de descifrar si no se recurre a un manual. Son operaciones que necesitan datos variados o que tiene más pasos.

Los cursos para enseñar el manejo de aplicaciones facilitan la tarea de entender las operaciones que ofrecen. Estos cursos se ofrecen en aplicaciones comerciales concretas y suelen ceñirse a explicar la mayoría de las posibilidades que ofrece la aplicación. Pero no es habitual que enseñen a plantear el trabajo antes de desarrollarlo.

El planteamiento del trabajo que se va a realizar con la aplicación de CAD es decisivo en el resultado que se obtenga. Sin un planteamiento previo se acaba realizando lo que se puede hacer y no lo que se quiere hacer con un determinado software de CAD.

El ingeniero de diseño es quien debe establecer las tareas que se delegan en el CAD y buscar la manera de que las realice. Nunca deben ser las opciones del CAD las que decidan lo que se puede delegar.

Un buen planteamiento, además, debe ser genérico, independiente de una aplicación comercial concreta.

Se puede decir que el CAD surge y crece como respuesta a las necesidades de la industria aeronáutica y del automóvil en los 50. Por tanto, la revolución de los sistemas de computación fue conducida basándose en intereses de producción, y el CAD también se desarrolló basándose en estas premisas.

“El planteamiento de estas aplicaciones es que es muy improbable que los usuarios que trabajan para compañías que fabrican distintos productos diseñen cualquiera de ellos desde cero. Cerca de un 80% de un diseño típico son modificaciones realizadas sobre diseños preexistentes.

Garrido (2008) reconoce: *“continuamente nos encontramos con clientes que se benefician de la potencia de su sistema paramétrico, pero esa ventaja se torna en frustración cuando necesitan realizar un cambio imprevisto en el diseño original”. “La edición de geometrías existentes representa un cuello de botella en el proceso iterativo del diseño”. “El mercado demanda una solución a preguntas como: ¿Cómo diseñar mejor y más rápido?, ¿Cómo aprovechar mejor los diseños ya existentes?”.*

Medland (1992) desarrolló un estudio sobre el proceso de diseño basado en ordenadores, en el que investigó el papel que desempeñan éstos, y si realmente están empleándose

como y para lo que en un principio fueron concebidos dentro del campo del diseño. Quizá, según él, no valga la pena esforzarse en desarrollar y refinar más aún los sistemas existentes, sino en buscar nuevas maneras de ayudar al diseñador.

Medland concibe el proceso de diseño como un proceso en el que se delimita un problema y sus variables, eliminando todo aquello que no tiene influencia en el diseño. Una vez establecidos los parámetros, se puede empezar a trabajar.

Entonces, lo que se necesita es un proceso de diseño basado en ordenadores que tenga en cuenta la naturaleza y la incertidumbre propias de la actividad de diseñar. Diseñar no es sólo producir imágenes de un objeto, es dar respuestas a problemas concretos de ingeniería. Es mucho más importante para un diseñador disponer de datos de gran calidad que de imágenes de gran calidad.

El ingeniero que utiliza el sistema, debe conocer las posibilidades de modelizado paramétrico. Por ello son precisos unos conocimientos específicos y una planificación previa a la aplicación del sistema.

El diseño Paramétrico/Variacional presenta dos características fundamentales: la definición de los parámetros clave de un diseño y el uso de Features o Funciones Geométricas Inteligentes.

También se ha generalizado en la actividad de las ingenierías la implantación del diseño asistido por ordenador, y se está extendiendo el empleo del CAD 3D y la transferencia de datos en formato digital; muestra de ello son las aplicaciones Product Lifecycle Management (PLM) que abarcan, la gestión del ciclo de vida del producto, y aspectos como la creación, la colaboración, la gestión, la difusión y el uso. El objetivo es la integración de personas, procesos, sistemas e información.

Es necesario la formación en Ingeniería Gráfica en las titulaciones de Ingeniería Industrial porque se ha generalizado la implantación del diseño asistido por ordenador, y se está extendiendo el empleo del CAD 3D y la transferencia de datos en formato digital; muestra de ello son las aplicaciones PLM que abarcan la gestión del ciclo de vida del producto, y aspectos como la creación, la colaboración, la gestión, la difusión y el uso. (Font Andreu, 2006).

Para concluir, tendremos que pensar en el proceso de Convergencia Europea de la Educación Superior, más allá de los cambios de planes de estudio y titulaciones, implica transformaciones profundas en la concepción del proceso de enseñanza aprendizaje. Así, se establecen nuevas relaciones entre estudiantes, profesores, empleadores, etc., cobran mayor fuerza metodologías docentes, poco empleadas en este momento en el ámbito universitario, se presentan nuevos sistemas de evaluación, etc. (Aliaga, Jiménez y Rúa, 2006).

Pensamos que esto se manifestará, en:

- Diferentes metodologías en empleo de los programas de CAD
- Nuevos planteamientos pedagógicos a la hora de diseño y/o modelización de objetos.
- Nueva metodología en el diseño tecnológico-industrial

2. Objetivos

El objetivo a alcanzar es optimizar la utilización del diseño paramétrico. Se pretende con este proyecto encontrar un equilibrio entre la facilidad de aprendizaje y comprensión del diseño paramétrico, y el ofertar la suficiente información del mismo como para poder

desenvolverse en actuaciones de tipo docente y profesional, sin que por ello se llegue a una excesiva extensión.

Los principales objetivos que se pretendían alcanzar al inicio del proyecto, se indican a continuación:

1. Desarrollar una metodología de uso de aplicaciones CAD Paramétrico. Esta metodología será independiente del programa CAD comercial que se emplee. Deberá facilitar el diseño y rediseño de máquinas, mecanismos, etc., dentro del contexto de la ingeniería concurrente.
2. Encontrar un equilibrio entre la facilidad de aprendizaje del método y su utilización práctica. Tanto desde el punto de vista didáctico en la facilidad de aprendizaje y comprensión del diseño paramétrico, como en el desarrollo profesional del modelado geométrico paramétrico.
3. Analizar la génesis de las geometrías, su orden y sus relaciones para que el proceso de modelado paramétrico resulte robusto y flexible. Robusto en el sentido de obtener un proceso lógico, ordenado y funcional que facilite el seguimiento. Flexible en el sentido de admitir las posibles modificaciones que surjan durante todo el proceso de diseño de forma sencilla y ágil.
4. Mejorar la productividad en el proceso de diseño, ya que la incorporación de nuevas tecnologías facilitan el diseño y rediseño de máquinas, mecanismos, etc. Si además, esto sucede dentro del contexto de la ingeniería concurrente el proceso de diseño se ve reforzado. Un correcto uso de las aplicaciones CAD Paramétrico son un medio efectivo de conseguirlo.
5. Destacar la importancia en la formación del ingeniero de diseño como elemento fundamental del proceso de modelado.

Los objetivos planteados responden a la demanda educativa que desde foros como las reuniones de Profesores de este Área de conocimiento y desde otros campos, como la comunicación gráfica, se está demandando.

Si además, pensamos que la formación en las titulaciones de Ingeniería Industrial está evolucionando, motivo mayor que de este trabajo surjan nuevas ideas y metodologías que están trascendiendo en el aula.

3. Metodología

El gran potencial del CAD paramétrico radica en la posibilidad de realizar cambios introduciendo directamente los nuevos datos del rediseño, permitiendo actualizar las geometrías afectadas para que los cambios se produzcan.

3.1. Análisis Funcional del Modelo

El Análisis Funcional es un método propuesto por Miles (1970) como parte de un método de reducción de costes. Miles define una función como un efecto físico o propiedad de un determinado material, destacando la posibilidad de conseguir esa misma función por otros medios. El objetivo es separar la acción que se efectúa del producto o componente del producto que la lleva a cabo. Esto permite buscar nuevas soluciones a un mismo concepto.

En el Análisis Funcional se parte de la consideración de que los productos o componentes producen efectos (funciones). El análisis funcional busca identificarlos, descomponerlos en

efectos subordinados, y definir así lo esencial de esas entidades en cuanto productoras de efectos. Luego, el Análisis Funcional examina esos efectos analizados como una respuesta a necesidades.

Una vez que se tiene claro el propósito del producto o componente (a qué necesidad se está dando solución), es preciso formular las funciones que debe cumplir. Este proceso exige cierto grado de abstracción por parte del ingeniero, pues no es fácil alejar de la mente la imagen de un producto concreto o de sus características a la hora de definir las funciones. Una manera de conseguir este objetivo es seguir los pasos descritos a continuación:

1. Determinar cuál es la misión del producto o del componente. Averiguar qué es lo que debe hacer ese producto.
2. Describir dicha misión. Anotar cómo lleva a cabo su misión.
3. Formular la tarea de manera sucinta, con estructuras de la forma 'verbo+sustantivo'.
4. Efectuar un distanciamiento de la descripción inicial. Se pretende de esta manera abrir el campo de posibilidades y buscar la función última que cumple el producto. Muchas veces, la existencia de productos que cubren de alguna manera una función bloquea el proceso de abstracción impidiendo ver cuál es la necesidad última que se tiene que satisfacer.

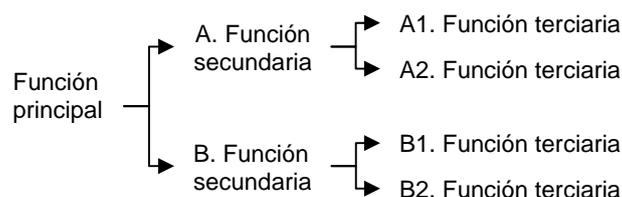
El siguiente paso en el proceso consiste en determinar las funciones secundarias y terciarias si las hay. La manera de clasificar estas funciones depende del criterio que se escoja. La clasificación según su importancia será:

Las funciones principales o fundamentales son las que aportan la utilidad buscada primariamente por el usuario del producto, es decir, la razón de la existencia del producto o componente. Designan tareas o fines fundamentales del producto o componente para el cliente. La pregunta que define la función es: ¿Qué busca el cliente de este objeto? Para cumplir una función fundamental se necesitan los efectos logrados por determinadas características del objeto o por otras funciones auxiliares.

Toda función o tarea principal se subdivide y realiza a través de tareas secundarias. Una función auxiliar sólo existe para permitir que se realice una función principal, o bien para complementaria y mejorarla, aportando valor añadido al producto. En general se presentan como consecuencia de tener que realizar una elección en la materialización de la función principal, y por tanto a un nivel de menor abstracción. Es en las funciones secundarias donde es más fácil realizar eliminaciones, sustituciones o innovaciones.

Las funciones detectadas a lo largo del proceso anterior pueden ser independientes o estar relacionadas unas con otras. El cumplimiento de unas puede exigir se hayan cumplido otras. El conjunto de las funciones desarrolla un efecto global que se designa como la función total del objeto. Para realizar el Análisis Funcional es necesario determinar qué relaciones existen entre las distintas funciones parciales del producto.

Figura 1: Árbol de funciones o diagrama de funciones



Esta estructuración suele plasmarse en forma de árbol funcional, en el que las funciones se relacionan en forma de árbol de familias de funciones, como se muestra en la figura 1. En la clasificación y ordenación de funciones se pasa desde el nivel más general al más concreto.

3.2. Análisis Geométrico del Modelo

Hay que analizar que se quiere hacer con el modelo. Considerar qué y cómo cambiarán las dimensiones y las características del diseño. Hacer una parametrización flexible, anticipándose a los cambios que puedan producirse.

El análisis de relaciones comienza dividiendo la pieza en simples, de tal forma que cada uno de estos elementos enlace con alguna de las funciones de la pieza, ya sea función primaria o de otro orden.

Los elementos geométricos establecidos serán las entradas de una matriz que se completará con las relaciones existentes entre cada par de elementos geométricos que entren en juego. La diagonal de la matriz contendrá las relaciones internas, mientras que el resto de posiciones contendrá las relaciones externas.

Las relaciones internas son las que cada elemento geométrico debe respetar individualmente, como por ejemplo la forma del perfil 2D de partida.

Las relaciones externas son las que existen entre dos elementos geométricos. Estas pueden ser relaciones relativas, o bien, pueden ser relaciones de dependencia.

- Las relaciones relativas indican que el cualquiera de los dos elementos geométricos puede ejecutarse en primer lugar, sin importar el orden, y después ejecutar el otro elemento geométrico relacionándolo con el primero.
- Las relaciones de dependencia son las que precisan de una operación anterior para que puedan ser ejecutadas.

Una matriz de análisis de relaciones se muestra en la figura 2:

Figura 2: Análisis de relaciones

	E 1	E 2	Padres
E 1	1,1	1,2	
E 2	2,1	2,2	
Hijos			

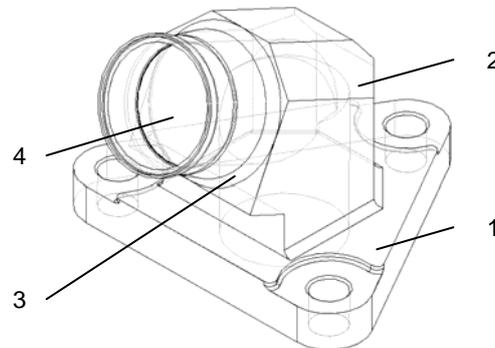
La lectura de la casilla "a,b" es "a se relaciona con b" o "a depende de b". Por ejemplo, en la casilla 1,2 se indican los datos para ser ejecutado el elemento geométrico 1 que se extraerán del elemento geométrico 2, sin los cuales es imposible ejecutar el primer elemento geométrico.

La columna de la derecha, "Padres", se indica el número de dependencias que tiene cada elemento geométrico. Mientras que en la última fila, "Hijos", se indica el número de elementos geométricos que dependen de cada uno.

4. Discusión

Se propone como ejemplo el adaptador de la figura 3 para la discusión del análisis funcional y geométrico.

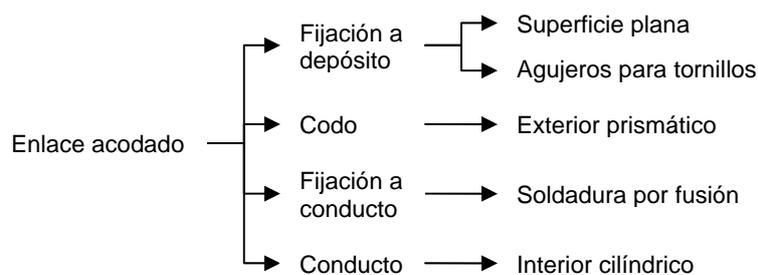
Figura 3: Adaptador



4.1. Análisis Funcional

La pieza es un elemento de enlace acodado entre un depósito con superficie plana y un conducto. El conducto con forma de codo tiene un interior cilíndrico. El adaptador está en contacto con el depósito por una superficie plana y se fija mediante una unión atornillada. Mientras que al conducto se fija mediante una soldadura por fusión de material de la pieza. Ver figura 4.

Figura 4: Diagrama de funciones del adaptador



4.2. Análisis Geométrico

Este modelo se descompone geoméricamente, para su modelado, en cuatro partes, como se muestra en la figura 3: base triangular (1), codo prismático (2), extremo cilíndrico de revolución (3) y conducto (4). El orden en el que se realicen las tres partes es muy importante, porque influirá en la flexibilidad del modelo frente a las modificaciones dimensionales.

Figura 5: Matriz de relaciones del adaptador

	E1	E2	E3	E4	Pad
E1	Sólido compuesto: - 3 caras tg a 3 cilindros, h=6 - Mismas 3 caras enlazadas con R7 y R1; h=7 - 3 agujeros con chaflán iguales	- Mismo origen en PV, posición relativa - R1,2		- Mismo origen en PV, posición relativa - Ojo, no tapar 4	0
E2	- Mismo origen en PV, posición relativa - R1,2	- Sólido poliédrico simétrico de sección cuadrada en PV y misma sección a 25° - Chaflanes en algunas aristas	- Mismo eje a 25°, posición relativa - R2	- Mismos ejes - Mismo origen en PV, posiciones relativas	0
E3		- Mismo eje a 25°, posición relativa - R2	- Sólido cilíndrico + cónico	- Mismo eje a 25° - Mismo origen en eje a 25°, posiciones relativas	0
E4	- Mismo origen en PV, dependencia de vaciado	- Mismos ejes, posición relativa - Mismo origen en PV, dependencia de vaciado	- Mismo eje a 25°, posición relativa - Mismo origen en eje a 25°, dependencia de vaciado	- 2 cilindro + cono cuyos ejes se cortan, bases en PV y en eje a 25°	3
Hij	1	1	1	0	

El análisis de la matriz de relaciones proporciona los siguientes resultados:

- Se puede comenzar por cualquiera de los elementos geométricos 1, 2 ó 3, ya que son independientes.
- Es conveniente hacer un perfil 2D (boceto) que contenga los ejes y los puntos extremos de los mismos, ya que son compartidos por varios elementos geométricos.
- El plano base es un plano vertical y el plano de simetría es un plano de perfil.

Se iniciará por el codo prismático (2), por ser el elemento funcional que surge de la necesidad del diseño y elemento central de pieza. Una forma sencilla de obtenerlo es mediante una extrusión simétrica. Se acaba con la eliminación de aristas con los chaflanes.

La base triangular (1) se consigue con una extrusión, unos vaciados en los vértices y los agujeros. Se debe prestar atención a la posición de los centros de los agujeros respecto al codo prismático.

El extremo cilíndrico (3) se obtendrá por revolución. La geometría de este perfil presenta ciertas dificultades:

- Tangencia de un arco (R2) a una recta que no es del contorno del perfil.
- Paso de una recta inclinada (7°) por un punto intermedio de la misma y tangente a unos arcos en ambos extremos.

Por último, el conducto (4) mediante dos vaciados utilizando como planos base las caras del elemento 1 y del elemento 3.

5. Conclusiones

Es fundamental realizar un análisis detallado del modelo para establecer el proceso de modelado, aunque los diseñadores de software de aplicaciones anuncien que todo se puede modificar sin que surjan alteraciones inesperadas.

Como concepto importante y novedoso, es que se puede aprender y examinar de CAD, sin emplear un ordenador y además de ser independiente de la aplicación de CAD específica. De esta manera se ha conseguido el primer objetivo, que es de aplicación en el aula.

Los alumnos lo consideraron como un buen proceso de aprendizaje desde el punto de vista de la fabricación y o montaje de la pieza. Por tanto, se ha encontrado un equilibrio entre la facilidad de aprendizaje del método y su utilización práctica, como se pretendía en el segundo objetivo.

Dedicar más tiempo en preparar la forma de digitalizar un elemento conlleva un ahorro de tiempo mayor en las posteriores interpretaciones y modificaciones. Este era el tercero de los objetivos.

La aplicación correcta del CAD permite obtener importantes aumentos de productividad, mejor calidad del diseño y en menor tiempo. Objetivo práctico que se citaba en cuarto lugar.

Dado que los programas lectivos de Geometría Descriptiva están muy recortados en los actuales Planes de Estudio, si profundizáramos en el modelizado de los elementos diseñados con geometrías más complejas, es posible que detectemos falta de conocimientos en la generación de geometrías espaciales.

Y sobre todo, a pesar de que a veces la publicidad comercial induce a creerlo, no pensar, ni por un momento, que por el hecho de adquirir un sistema CAD se va a disponer de un producto diseñado por un ordenador, y por tanto inmejorable.

Es más importante el conocimiento geométrico del personal usuario, operario, ingeniero, que la potencia del ordenador.

Pero para su correcta aplicación hay que considerar también el aspecto técnico. El personal de la empresa que debe utilizar el sistema, debe conocer las posibilidades de CAD. Es necesario que en la planificación, previa a la adquisición del sistema, se considere el factor humano y su preparación técnica, como base para una aplicación con éxito de esta tecnología.

El proyectista continuará siendo la persona que sea el creador de nuevos productos. La disponibilidad de una herramienta CAD será una gran ayuda pero, por si sola, es incapaz de hacer algo. Estas últimas conclusiones responden al sexto objetivo.

Para tener éxito, hay que ser sistemático y dar una importancia capital al detalle desde el principio hasta el final de la actividad de diseño.

6. Referencias

- Aliaga, J.J., Jiménez, F., Rúa, J.J. (2006). *Análisis de la evolución de las metodologías docentes y de sus resultados en las experiencias piloto realizadas en la E.U.I.T.A. de la Universidad Politécnica de Madrid*. Barcelona. Edición: INGEGRAF, Actas del XVIII Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica. I.S.B.N.: 84-689-8638-0
- Font Andreu, J. (2007). *Impacto tecnológico del CAD en la docencia de la expresión gráfica en la Ingeniería*. Tesis doctoral. I.S.B.N.: 978-84-690-8405-2
- Garrido, D. (2008). Nuevo paradigma del diseño digital. *PLM News nº 27*: pp. 10 y 11.
- López Soto, J.; Caro Rodríguez, J.L. (2007). Análisis de métodos de modelizado en el diseño paramétrico. Mediante Análisis de Uso. *Actas del XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*. Lugo. Edición: La organización. I.S.B.N.: 978-84-690-8134-1
- López Soto, J.; Caro Rodríguez, J. L.; Ramírez López-Para, P. (2008). Análisis de métodos de modelizado en el diseño paramétrico. Mediante AMFE de proceso. *Actas del XX Congreso Internacional de Ingeniería Gráfica*. Valencia. Edición: INGEGRAF. I.S.B.N.: 978-84-8363-275-8
- Medland, A. J. (1992). *The computer-based design process*. Editor: Chapman & Hall. pp. 248. ISBN: 0442315155.
- Miles, L. D. (1970) *Análisis del Valor*. Bilbao. Ediciones Deusto.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Jaime López Soto
Phone: +94 601 43 14
Fax: + 94 601 43 00
E-mail: jaime.lopez@ehu.es