Modularidad de producto

PID_00259441

Sònia Llorens Cervera

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 3 horas

Universitat Oberta de Catalunya

Sònia Llorens Cervera

Doctora Ingeniera industrial y Máster IMEI (Ingeniería Mecánica y Equipamiento Industrial) por la Universitat Politècnica de Catalunya. Tiene amplia experiencia en docencia, investigación y transferencia tecnológica en el sector industrial. Su línea de actividad se centra actualmente en la optimización de la gestión de la RDi y de los procesos de innovación industrial, así como de los proyectos de innovación aplicados a la Economía Circular y la Industria 4.0.

Ninguna parte de esta publicación, incluido el diseño general y la cubierta, puede ser copiada, reproducida, almacenada o transmitida de ninguna forma, ni por ningún medio, sea éste eléctrico, químico, mecánico, óptico, grabación, fotocopia, o cualquier otro, sin la previa autorización escrita de los titulares del copyright.

Índice

Introducción 5

1. Modularidad 9
1.1. Definición de *módulo* 9
1.2. Atributos de los sistemas modulares 10
1.3. Motivaciones de la modularización 11
1.4. Perspectivas de la modularidad 12
1.4.1. Puntos de vista solapados 12
1.4.2. Perspectiva jerárquica de la modularidad: ¿Modularidad de arriba abajo o de abajo arriba? 14

2. Plataforma y familia de productos 18

3. Arquitectura de producto 20
3.1. Introducción a la arquitectura de producto 20
3.1.1. Metodologías para la definición de la arquitectura de producto 21
3.1.2. Arquitectura de producto y organización de la empresa 23
3.2. Nuevas estrategias: ofrecer soluciones en lugar de productos 24

Bibliografía 25

Introducción

Ser competitivos en un mercado globalizado y en un **entorno VUCA** (*Volatility*, *Uncertainty*, *Complexity*, *Ambiguity*) requiere de una gran flexibilidad y capacidad de respuesta rápida frente a los nuevos requerimientos y oportunidades del mercado. Esto lleva a las empresas a buscar nuevos formatos organizativos que les permitan conseguir mayor agilidad en la ejecución del desarrollo, fabricación y comercialización de productos y servicios.

En base a esta necesidad, empresas, universidades, escuelas de negocio y otras entidades de investigación han tenido una actividad muy intensa en los últimos tiempos desarrollando estrategias y herramientas de apoyo para conseguir obtener productos de manera optimizada bajo dos puntos de vista básicos:

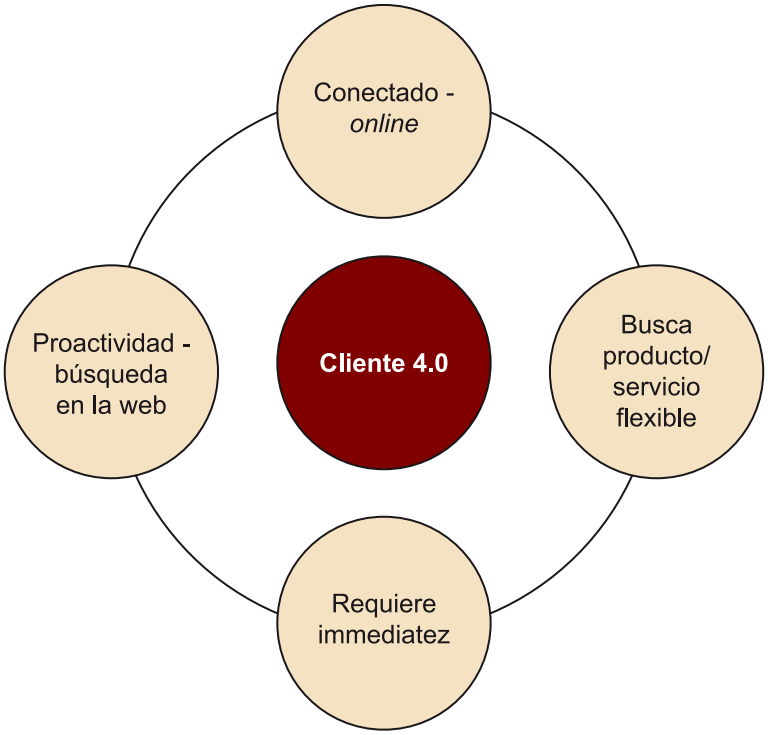
- La **orientación al mercado**: generar una variedad adecuada de producto para llegar a todos los mercados y usuarios posibles (como una forma de «personalización» de los productos para que satisfagan «todas las necesidades» del mercado).
- La **orientación al interior de la empresa**: para gestionar la complejidad y reducir los costes y tiempos de obtención de estos productos.

A su vez, la nueva era digital está transformando la forma en que pensamos, actuamos, nos comunicamos, trabajamos... Así, aparecen en el terreno de juego los **nuevos clientes 4.0**, los cuales son adictos a la conectividad, demandan productos y servicios cada vez con mayores requerimientos de personalización y flexibilidad, son más proactivos en la búsqueda del producto o servicio a través de la red, y pueden acceder a las «conversaciones digitales» donde los usuarios de ese producto o servicio dejan puntuaciones u opiniones en cuanto a la calidad y la profesionalidad del producto: es decir, la decisión del cliente ya no depende de lo que le dice la empresa, sino de lo que se opina externamente sobre su producto. Y lo que es más, el cliente 4.0 quiere obtener el producto o servicio de forma inmediata.

VUCA

volatility
uncertainty
complexity
ambiguity

Figura 1.



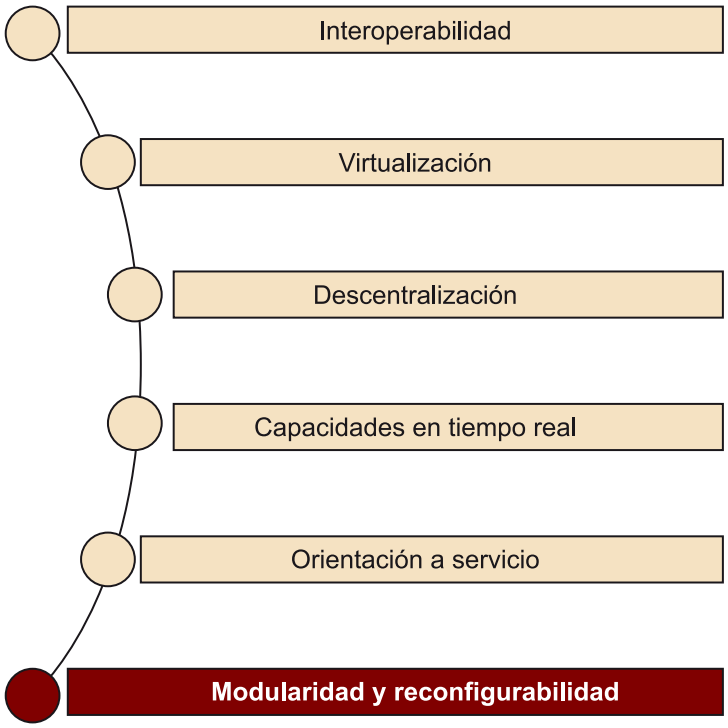
Aparece, pues, la **digitalización del mercado**: ahora las empresas deben adaptarse para cumplir estos nuevos requisitos y, para ello, deben aprovechar las posibilidades que les ofrece la 4.ª revolución industrial, es decir, la industria 4.0.

Los **principios básicos en los que se conceptualiza la industria 4.0** se pueden resumir principalmente en:

- **Interoperabilidad:** donde los sistemas ciberfísicos (objetos, máquinas) y las personas conectan a través del *Internet of Things* (IoT) y el *Internet of Services* (IoS).
- **Virtualización:** que permite la monitorización de procesos físicos a través de los sistemas ciberfísicos (*Ciber Physical Systems* – CPS). Así, la adquisición de datos a través de los sensores se conecta con los modelos virtuales de la empresa, y ello permite la simulación de distintos procesos.
- **Descentralización** de los sistemas de control, y posibilidad de tomas de decisiones de los aparatos de forma descentralizada.
- **Capacidades en tiempo real:** para el control de sistemas es esencial poder captar y analizar datos en tiempo real, lo cual permitirá a su vez una respuesta en tiempo real.
- **Orientación a servicio:** la conectividad de las empresas, los sistemas ciberfísicos y las personas a través de IoT abre las posibilidades a nuevos enfoques en el modelo de negocio, donde la tendencia actual se basa en ofrecer soluciones al cliente.

- **Modularidad y reconfigurabilidad:** los sistemas modulares ofrecen flexibilidad para adaptarse a los requerimientos cambiantes del mercado, mediante la extensión y/o cambio de los módulos.

Figura 2.



Este material muestra herramientas para la **modularización de productos**, que permitan desarrollar **plataformas de producto** (para equilibrar la estandarización hacia la personalización) y **arquitectura de producto** (reglas de estructuración del producto) a partir de la cual se generan los **catálogos de producto** que las empresas ofrecen.

1. Modularidad

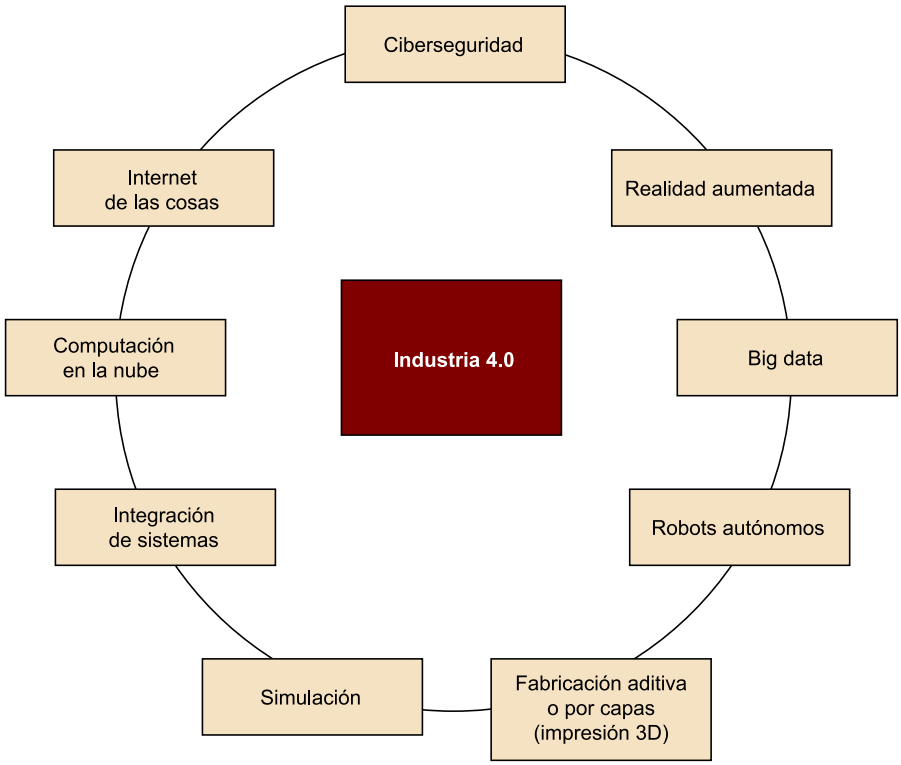
Gran parte de las herramientas y métodos que se han desarrollado en los últimos tiempos giran alrededor de un pilar fundamental para la **obtención de variedad**, que es la **modularidad del producto**.

1.1. Definición de *módulo*

La definición del termino *módulo* ha ido evolucionando desde sus orígenes hasta la actualidad: se empezó por una modularidad de bloques constructivos en el sector de la construcción (época de la Bauhaus) y se evolucionó hacia los módulos vinculados a la funcionalidad (como realización física de una función), a módulos mecatrónicos, módulos portadores de conocimiento (inicios de la informática), hasta los módulos virtuales, donde alcanzamos a encontrar los vínculos en las nuevas estrategias de la industria 4.0.

Módulos de programación, kits modulares de conectividad de máquinas (sensores, monitorización…), etc.

Figura 3.



- **Módulo:** unidad creada en base a una motivación esencial y autocontenida para obtener ventajas relacionadas con alguna de las dimensiones del producto o sistema del que forman parte (niveles de estructuración, tecnologías aplicadas, ciclo de vida, dimensión de variedad) y que presen-

ta interfaces e interacciones simples y/o estandarizadas que posibilitan la composición, la descomposición, el intercambio y/o la permutación en el contexto del producto o del sistema.

Los módulos, junto con las reglas de diseño, constituyen los elementos básicos de la arquitectura de un sistema.

Tabla 1. Ejemplo

Tipo de máquina	Planchadora
Modulos	Chasis (carcasas laterales); dispositivos de calefacción; dispositivos de control.
Reglas de diseño	Escalabilidad longitudinal del cilindro calefactor, para obtener distintos modelos de planchadora; carcasas laterales derecha e izquierda únicas para los distintos escalonamientos; distintos sistemas de calefacción alternativos intercambiables.

1.2. Atributos de los sistemas modulares

a) **Atributo 1:** los sistemas modulares tienen la capacidad de crear variedad por combinación e intercambio de módulos diferentes. A tal fin, hace falta que los módulos tengan interfaces e interacciones estandarizadas.

- **Interfaces**: son las fronteras de los módulos en relación a los otros módulos del sistema. Algunos de los tipos de interfaces más relevantes son:
  - Interfaces funcionales que resultan de localizar la funcionalidad.
  - Interfaces mecánicas, como, por ejemplo, conectores, clavijas, superficies de unión.
  - Interfaces eléctricas, como, por ejemplo, comunicaciones, señales y potencia.

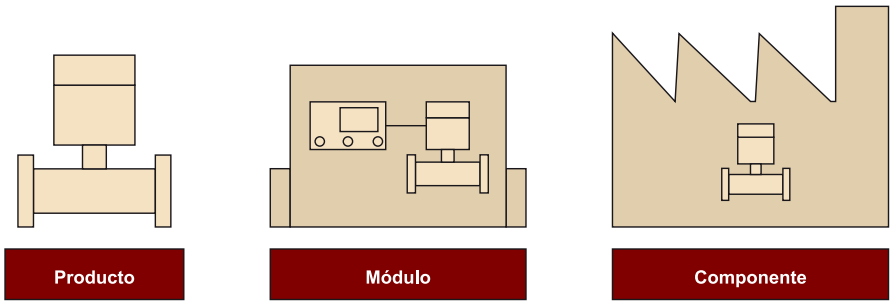
- **Interacciones**: describen las relaciones de entrada-salida entre módulos, que tienen que ser compatibles. Las relaciones pueden ser de los siguientes tipos:
  - De energía
  - De información
  - Materiales
  - Espaciales

b) **Atributo 2**: los módulos contienen una funcionalidad esencial y autocontenida en relación al producto de que forman parte. *Autocontenida* significa que la función se realiza en el interior del módulo y que, por lo tanto, el módulo es independiente.

Atención:

El hecho que un módulo tenga una funcionalidad esencial y autónoma en relación al producto al que pertenece es una demanda relativa, y depende del punto de vista y de la escala que defina el sistema

Figura 4. Tres puntos de vista para un medidor de caudal



Fuente: T. D. Miller y P. Elgaard (1998). «Defining modules, modularity and modularisation»

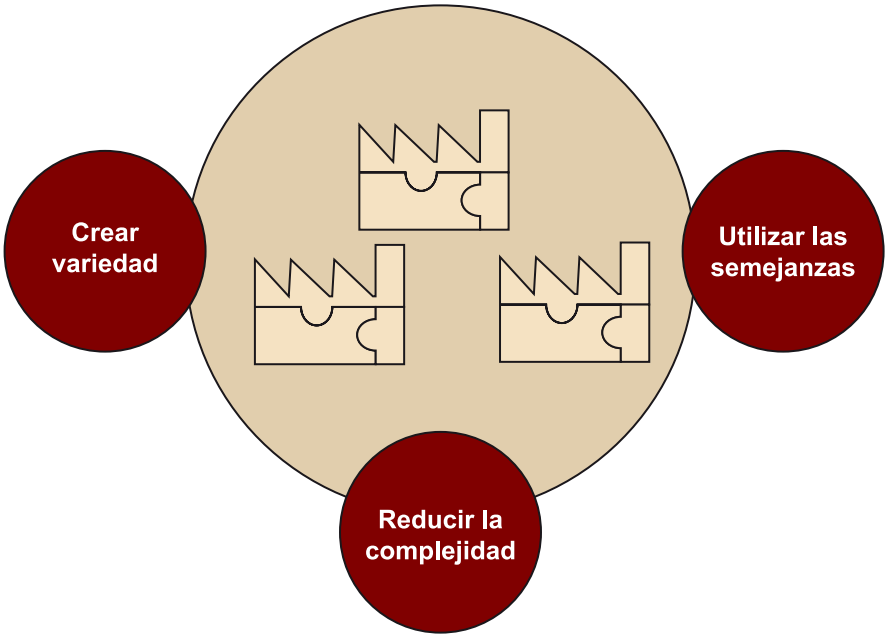
En el ejemplo de la figura superior: un fabricante A de medidores de caudal lo ve como un producto; un fabricante B incorpora el medidor de caudal en un producto más complejo (sistema de control de agua caliente) y lo ve como módulo; un tercer fabricante, C, que basa su producción en una gran planta de proceso, ve el medidor de caudal como un componente.

1.3. Motivaciones de la modularización

Las principales motivaciones para la modularización son:

- Crear variedad.
- Utilizar similitudes.
- Reducir las complejidades.

Figura 5. Según Miller y Elgaard (1998) la modularidad equilibra estos tres vectores, como son la creación de variedad, el aprovechamiento de similitudes y la reducción de la complejidad.



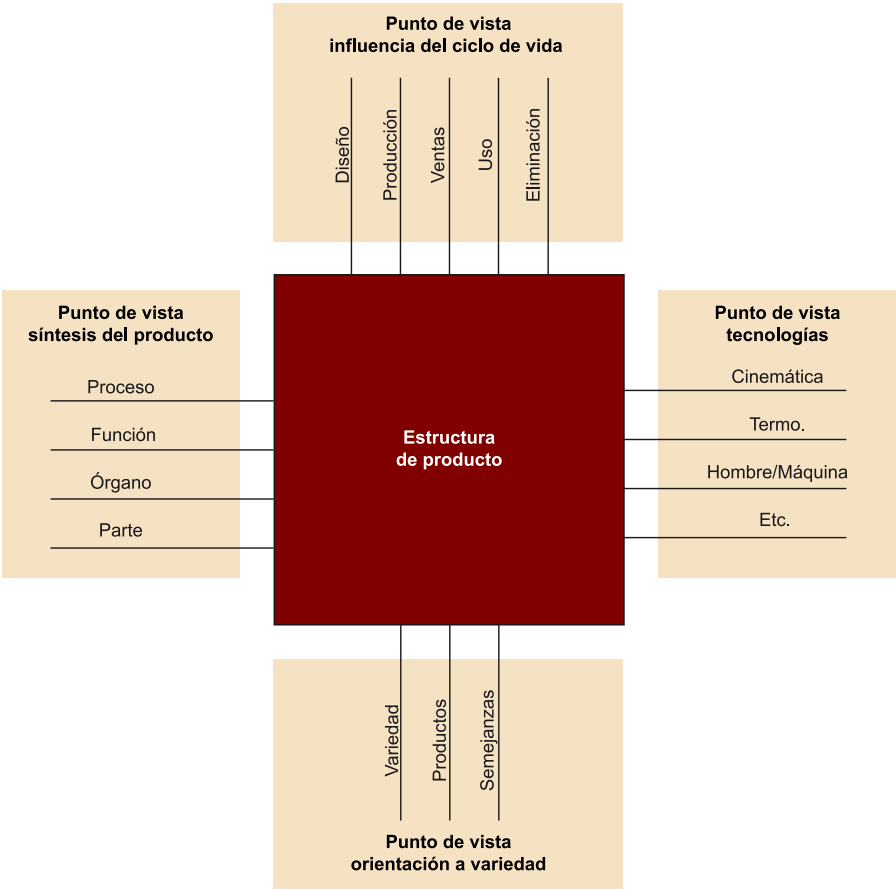
Hilos conductores básicos de la modularización		
Crear variedad	**Usar similitudes**	**Reducir la complejidad**
...para ofrecer al usuario un producto muy adaptado.	...para obtener beneficios de la racionalización.	...para incrementar la visión de conjunto y mejorar la gestión.
• Proporcionar variedad útil. • Variedad no útil: – Variedad exterior inútil: opciones que no interesan al usuario. – Variedad interna inútil: variaciones en los procesos, materiales y soluciones que no añaden valor a los consumidores.	• Evitar retrabajo: no volver a inventar la rueda.j • Trabajar más rápido y mejor aprendiendo de los defectos y con herramientas de apoyo. • Reducir el riesgo usando soluciones muy conocidas. • Reducir la variedad interior, ya que genera costes sin añadir valor.	• Romper en unidades independientes. • Trabajar en paralelo. • Distribuir tareas. • Mejorar la planificación. • Verificar por separado. • Alcanzar una percepción humana más fácil y mayor. • Hacer posible captar, comprender y manipular mejor la información.

1.4. Perspectivas de la modularidad

1.4.1. Puntos de vista solapados

Andreasen considera distintos puntos de vista, que denomina *estructuras sobrepuestas*, durante la fase de definición, puesto que la modularización del producto depende del punto de vista y de su objetivo, y hace que un producto pueda ser modular desde un punto de vista y no serlo desde otro.

Figura 6. Perspectivas de modularidad según estructuras sobrepuestas.



Fuente: esquema de la autora, Sònia Llorens (2015), basado en Andreasen et al. (1995)

Así, en la figura superior se muestran cuatro puntos de vista solapados que afectan a la estructuración de un producto:

- **Punto de vista 1:** durante la síntesis de producto se tienen distintos puntos de vista[1]:
  - Vista de proceso: se centra en la transformación de material, energía e información del producto en relación a su uso.
  - Vista funcional: el foco se centra en las funciones de producto requeridas.
  - Vista por órganos: el foco recae en los principios técnicos o soluciones para el producto.
  - Vista por partes: cuando nos centramos en la determinación de materiales, formas, dimensiones, etc.

(1)Este enfoque se alinea con las propuestas de Hubka y Eder en su *Theory of technical systems* (1988), que se explica en mayor detalle en el material de Análisis Funcional.

- **Punto de vista 2.** Influencia del ciclo de vida: durante el diseño y la estructuración de producto también pueden entrar en juego las diferentes fases del ciclo de vida de este, considerando la optimización para las diferentes fases, lo cual puede traer a una estructuración diferente según la fase que se optimice.

- **Punto de vista 3.** Estructuración orientada a la variedad de producto: otra superposición aparece cuando diseñamos para la máxima variedad del producto y la mínima complejidad (*similarities*).
- **Punto de vista 4.** Y, finalmente, todavía se puede sobreponer el punto de vista de los dominios de las tecnologías, en el cual el foco se centra en las tareas a realizar por parte del producto en base a las diferentes disciplinas de la ingeniería (como, por ejemplo, el control, la cinemática, la termodinámica, etc.).

Esta visión sobre las estructuras superpuestas tiene un elevado interés por el hecho de concebir el desarrollo de producto considerando varios enfoques solapados, que pueden dar resultados alineados o discrepantes entre los distintos puntos de vista.

1.4.2. Perspectiva jerárquica de la modularidad: ¿Modularidad de arriba abajo o de abajo arriba?

Visión de arriba abajo: cómo servimos al MERCADO (máxima variedad de producto)

MODULARIDAD

Visión de abajo arriba: cómo realizamos el DESARROLLO del producto (minimizar complejidad, tiempos y costes de desarrollo)

De abajo arriba: cómo construir el producto

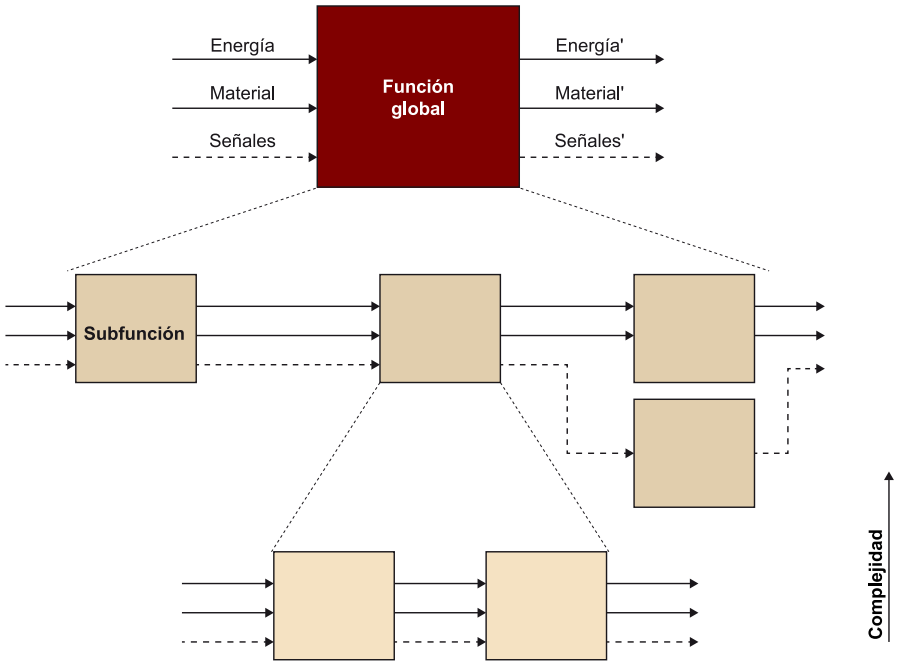
Los ingenieros de todo el mundo están educados y entrenados para romper los problemas demasiados complejos en partes que puedan ser resueltas. Quieren crear productos que «funcionen».

En la visión de abajo arriba la empresa rediseña o consolida un grupo de diferentes productos para estandarizar componentes, con el objetivo de reducir costes (por economía de escala) y para reducir los tiempos de salida al mercado.

Pahl y Beitz, por ejemplo, recomiendan seguir cuatro pasos para el diseño conceptual dentro de esta perspectiva:

1) Hacer abstracción para identificar el problema.
2) Establecer la estructura de funciones.
3) Desarrollar una estructura de principios de funcionamiento.
4) Evaluar y seleccionar las mejores combinaciones; pasos que son seguidos por otras etapas, como el diseño de materialización.

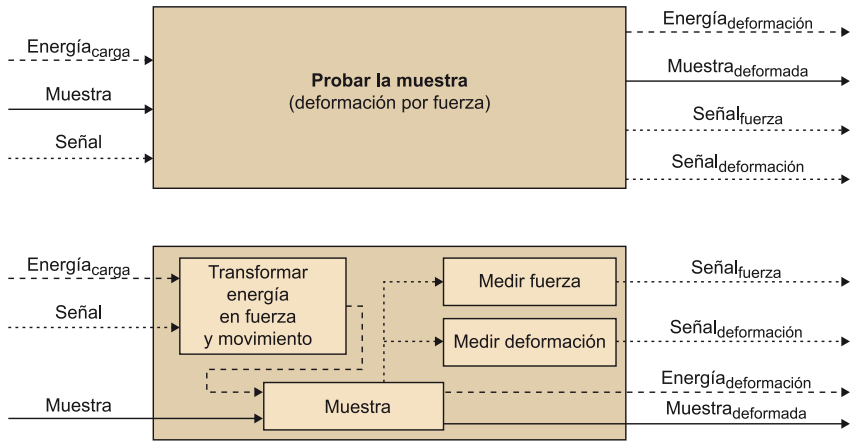
Figura 7. Establecimiento de una estructura de funciones



Fuente: Pahl y Beitz (2007). Engineering Design: A Systematic Approach

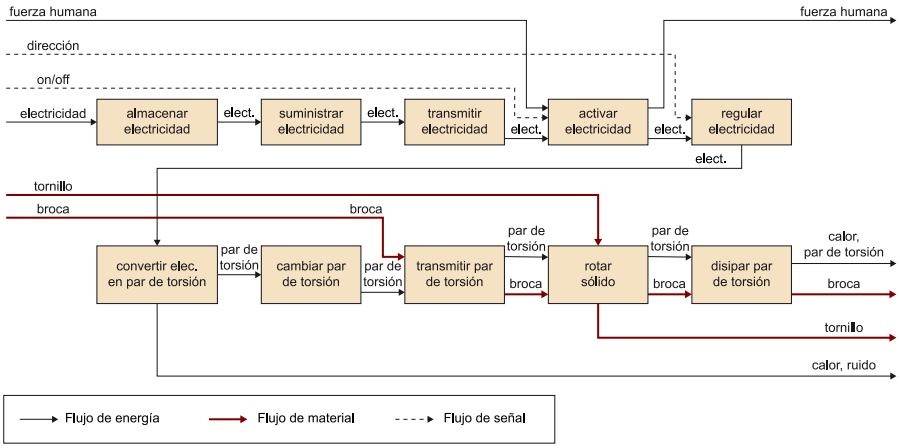
La estructura de funciones (como se muestra en la figura superior) se refiere a la organización de las funciones con los correspondientes flujos de energía, material y señal a través del sistema. De hecho, establecen una jerarquía con diferentes niveles de descomposición de las funciones en subfunciones que después se combinan en principios de funcionamiento (las dos figuras siguientes muestran un ejemplo).

Figura 8. Función global (arriba) i subfunciones (abajo) de una máquina de ensayo



Fuente: Pahl y Beitz (2007). Engineering Design: A Systematic Approach

Figura 9. Ejemplo de análisis y modelado funcional para herramienta según Stone

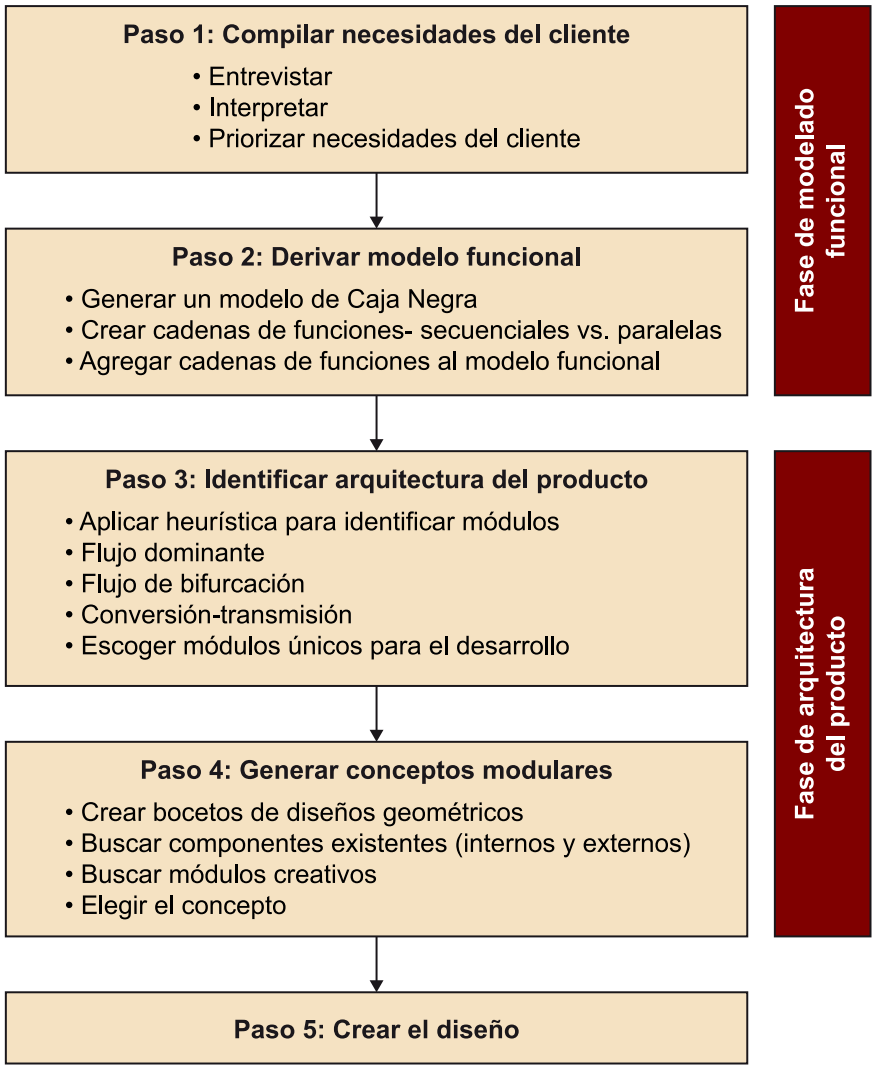


Fuente: Stone (2000). A heuristic method for identifying modules for product architectures

El análisis funcional en la fase de diseño conceptual permite identificar posibles agrupaciones funcionales, con mínimas interacciones, de forma que puedan ser consideradas como un módulo, generando así una arquitectura de producto que permita mayor variedad de producto en menor tiempo de desarrollo y/o producción. El objetivo general es la simplificación del diseño y la fabricación, en base a unos requerimientos dados por el cliente.

En la figura siguiente, Stone *et al*. muestran los pasos que relacionan un análisis funcional y la identificación de los posibles módulos de producto según la arquitectura de producto analizada:

Figura 10. Metodología propuesta por Stone et al. para el modelado funcional y la identificación de módulos de producto



Fuente: Stone (2000). A heuristic method for identifying modules for product architectures

De arriba abajo: cómo servir al mercado

La empresa gestiona y desarrolla familias de producto basadas en plataformas de producto, como una estrategia para ofrecer variedad de manera rápida y más barata.

Aparecen objetivos conflictivos en este proceso:

1) La necesidad de ofrecer al usuario la variedad que desea.
2) La necesidad de reducir la variedad por razones de coste (por ejemplo, impulsando la comunalización).
3) La necesidad de aprovechar los diseños para reducir el *time to market*.

El tema es, pues, cómo trasladar las diferentes expectativas y necesidades de los usuarios en propuestas de producto que la empresa desarrollará.

2. Plataforma y familia de productos

Podemos definir la plataforma de productos de muchas formas, he aquí algunas definiciones:

- Meyer y Lehner (1997) describen la **plataforma de productos** como «un conjunto de subsistemas e interfaces que forman una estructura común a partir de la cual se puede desarrollar y producir de manera efectiva un conjunto de productos derivados».
- A. Jose y M. Tollenaere (2005), afirman que «el uso estándar de un módulo a diferentes productos es conocido como plataforma. Esta plataforma tiene implicaciones como, por ejemplo, el uso de procesos comunes de fabricación, tecnologías y conocimiento, que se comparten en diferentes productos de una familia».
- Simpson y otros (2006) ven la plataforma como el ofrecimiento de un espacio de configuración en el marco del cual se produce la variedad que pide el usuario.

Con esta estrategia las empresas empiezan a planificar las plataformas de sus productos buscando la customización de productos para ofrecer al mercado (en la visión de arriba abajo comentada anteriormente), maximizando a la vez la viabilidad económica de los procesos de generación de sus productos (visión de abajo arriba).

La **familia de máquinas** será entonces el conjunto de máquinas o productos que comparten módulos y/o plataformas en su arquitectura.

El plan de producto definirá la **variedad deseada** y el **ritmo de cambio previsto**:

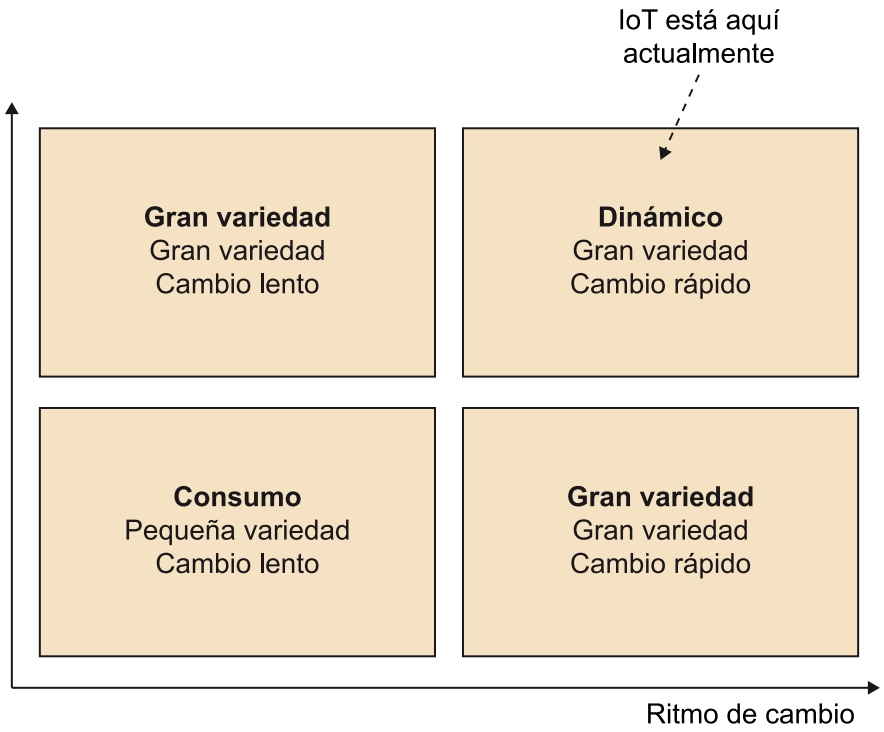
- **Variedad útil y variedad inútil:** no se trata de obtener la variedad más grande posible. Los usuarios no están interesados en la variedad en sí, sino en sus necesidades. Hay que centrar la atención, pues, en la variedad útil que resuelva las necesidades de los usuarios y evitar la variedad inútil, que tan sólo da lugar a aumentos de costes.

Según el ritmo de cambio, las familias de productos se caracterizan por:

- **Consumo (*commodity*):** familias de productos con pequeña variedad y un bajo ritmo de cambio. Ejemplos: azúcar, electricidad.
- **Gran variedad (*variety intensive*):** familias de productos con una elevada variedad pero con un bajo ritmo de cambio. Ejemplos: herramientas de mano, bombillas.

- **Cambio rápido (*change intensive*):** familias de productos con una baja variedad pero con un ritmo de cambio rápido. Ejemplo: Gillette prefirió cambiar rápidamente sus hojas de afeitar que no ofrecer una gran diversidad.
- **Dinámico (*dynamic*):** familias de productos con una elevada variedad y un ritmo de cambio rápido. Ejemplos: teléfonos móviles.

Figura 11. Cuadro de variedad frente a ritmo de cambio, según Sanderson y Uzumeri



Fuente: Sanderson y Uzumeri (1997). The Innovation Imperative - Strategies for Managing Product Models and Families

Queda plasmado, pues, que con la familia de productos que una empresa fabrica y comercializa se pretende llegar a este equilibrio entre lo que se ofrece al cliente (máxima variedad) y la racionalización de recursos que hacen falta para ello. El siguiente apartado describirá cómo la arquitectura de producto es una herramienta que permite la estructuración de productos en base a los conceptos hasta ahora desarrollados.

3. Arquitectura de producto

3.1. Introducción a la arquitectura de producto

- **Arquitectura de producto:** según Miller y Elgaard (1998) es el conjunto de reglas de estructuración de los elementos de un producto, de las relaciones entre sus partes y del producto con su entorno, orientado a obtener ventajas a lo largo de su ciclo de vida.
- **Principio de arquitectura de producto:** es cualquier regla de estructuración, tanto si se refiere al producto entero como a una de sus partes, o a elementos transversales y comunes a diferentes partes del producto.
  - Ejemplo: pautas transversales de diseño (uso de elementos de unión estándar, pautas generales de cableado en una empresa, grosores de chapa estandarizados...).
  - Ejemplo: principios de modularidad de producto.

- **Arquitecto de producto[2]:** es el organizador que establece los módulos y las interfaces y fija los parámetros de diseño de las interfaces, mientras que en este marco el diseñador tiene la libertad para determinar los parámetros de diseño dentro de los módulos.

(2)No se debe confundir *arquitecto de producto* con *arquitecto de empresa*.

La arquitectura de producto permite:

- Dar estabilidad al diseño.
- Ayudar a la comunicación entre los diseñadores.
- El aprendizaje para la resolución de problemas similares.
- La combinatoria de módulos para producir la variedad deseada por las empresas.
- Reutilizar y actualizar el diseño.
- Dar una mayor competitividad del control de producto.

Las herramientas PLM pueden dar soporte a las empresas para la gestión de la arquitectura de producto a lo largo de su ciclo de vida.

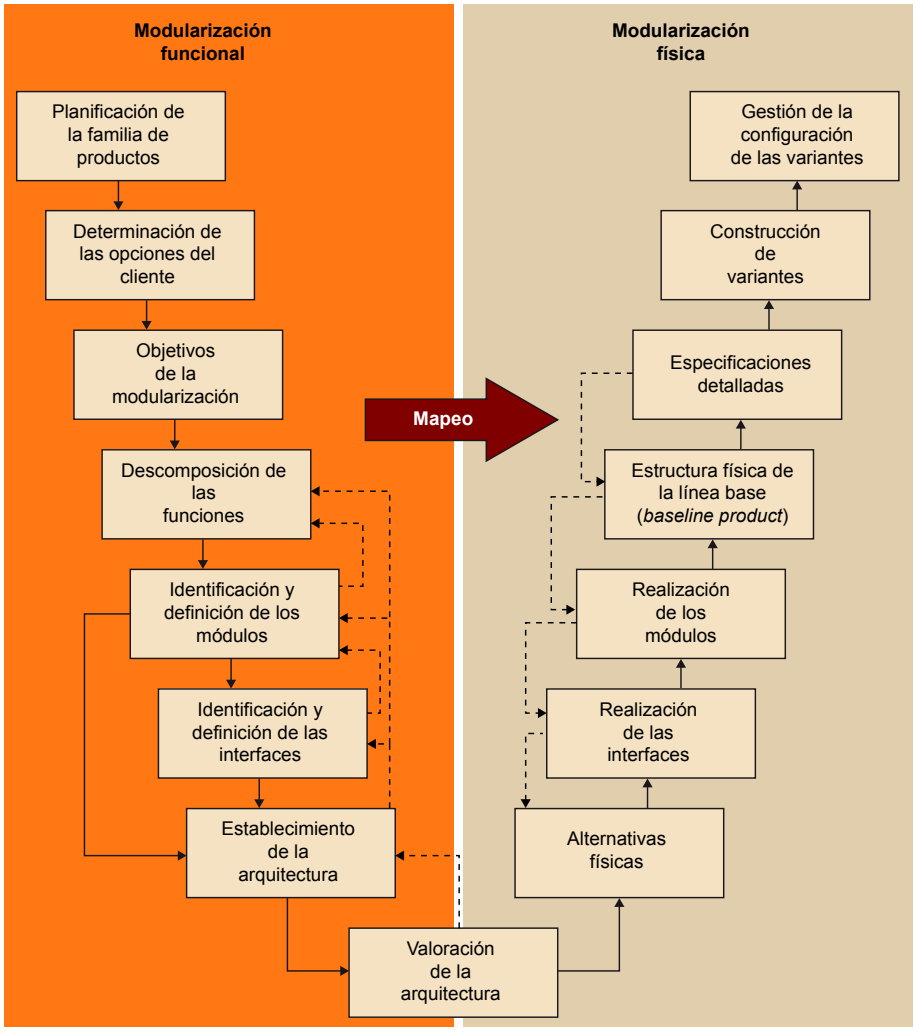
3.1.1. Metodologías para la definición de la arquitectura de producto

La arquitectura de producto se establece después de la definición del *target* de mercado, las tendencias tecnológicas de los productos y la identificación de todas las especificaciones de la familia de producto.

La arquitectura de producto se genera, pues, a partir del juego entre los módulos que lo componen, con el objetivo de obtener ventajas del producto (como, por ejemplo, la reducción de costes) gracias al uso de plataformas comunes de productos, que permiten ofrecer una amplia variedad de productos al cliente final.

Las metodologías más recientes relacionan el enfoque más estratégico y de captación de necesidades de mercado (en un plano funcional) con la optimización de los módulos durante el posterior diseño y fabricación (en el plano físico), tal y como muestra la figura inferior:

Figura 12. Propuesta de Kong et al.



Fuente: Kong y otros (2009). «On Modular Products Development»

Se deben estructurar, en primer lugar, las funciones del producto y determinar después los módulos comunes, sin perder de vista cuatro consideraciones básicas para definir estos módulos:

- Las necesidades del usuario (variedad requerida).
- Los usos y los cambios de necesidad que se puede provocar (afectará el tipo de modularidad).
- La influencia que puede tener el cambio tecnológico sobre la necesidad de adaptar el producto.
- Considerar el ciclo de vida del producto durante la fase de definición de los módulos (*Design for X*).

Aplicación de la arquitectura al multiproducto: arquitectura de familia y arquitectura de catálogo

En este punto del apartado ya es manifiesto el hecho que las empresas trabajan la arquitectura de producto con un enfoque multiproducto, donde las oportunidades de valor añadido aparecen al tratar la estructuración de un conjunto de productos y, por lo tanto, habrá que considerar el concepto de arquitectura de producto aplicado a la familia y el catálogo de productos de las empresas.

Así pues, la aplicación de principios de arquitectura basados en las reglas de modularidad propuestas por Otto dará lugar a una «matriz de módulos-funciones-productos», llamada *arquitectura de portfolio* o *de catálogo de producto*, en la cual los módulos que se han generado se denominan *módulos de portfolio*, y se definen como módulos de un producto que se aplican a otros productos.

Figura 13. Ejemplo: matriz de modularidad con módulos de portfolio

Function	Cordless Screwdriver	Multipurpose Saw	ScumBuster™ Scrubber	2-Speed Drill	Wizard™ Rotary Tool
Register Battery	1	2	1	2	1
Unregister Battery	1	2	1	2	1
Transmit Electricity	1	2	1	2	1
Seal Battery	-	-	yes	-	-
Unseal Battery	-	-	yes	-	-
Input Signal	thumb	finger	finger	finger	thumb
Switch Power	forward/reverse/off	on/off/lock	on/off	forward/reverse/off/lock	low speed/high speed/off
Convert Electricity to Motion	motor A	motor B	motor A	motor B	motor A
Transform (T, ω)	transmission A	transmission B	transmission A	transmission D	-
Transmit Power	rotating shaft	translational blade	rotating shaft	rotating shaft	rotating shaft
Input Hand Torque	yes	-	-	-	-
Prevent Back Rotation	yes	-	-	-	-
Transform Motion	-	yes	-	-	-
Register Tooling	hexagonal hole	blade carriage	three-prong chuck	three-prong chuck	three-prong chuck
Secure Tooling	retaining clip	set screw	chuck housing	chuck housing	chuck housing
Permit Tool Positioning	product shape	handle	handle	trigger handle	trigger handle
Act on Object	rotate	cut	scrub	drill/rotate	grind

Fuente: Otto y otros (2000). Modular product architecture

3.1.2. Arquitectura de producto y organización de la empresa

A pesar de que en general se dan por aceptadas las bondades de la modularidad, hay estudios recientes que analizan hasta qué punto la arquitectura de producto modular o integral puede afectar a la organización de las empresas que ofrecen los productos.

Así, por ejemplo, las arquitecturas de producto integrales pueden ser una estrategia de algunas empresas para dominar el mercado (puesto que diseñan productos que no permiten el intercambio de sus componentes con componentes de otras firmas); en algunos casos la estrategia de arquitectura de producto integral se usa para mantener una perspectiva integrada del conocimiento dentro de la empresa y/o para eliminar los costes de gestión de las interfaces y del conocimiento con otras empresas.

Otro ejemplo de afectación de la organización de la empresa (y especialmente interesante en el campo de los bienes de equipo industriales) viene dada por la arquitectura de producto en la cadena de valor, es decir: en función de en qué momento de la cadena de valor de un producto situamos el paso de la actividad estándar (modular) a la actividad personalizada, los recursos comunes de una plataforma serán más o menos amplios (tanto en el sentido de componentes físicos como de *know-how*).

Así pues, el coste de proporcionar la variedad es un compromiso entre los gastos fijos relacionados con el volumen de reutilización y los costes variables relacionados con la optimización de cada variante.

Contenido complementario

En general, cuanto más tarde tenga lugar la personalización en la cadena de valor, más recursos podrán ser compartidos, pero también el potencial para optimizar cada variante disminuirá.

Así pues, se podrán considerar las diferentes estrategias de desarrollo asociadas al tipo de personalización del producto que se desea aplicar y que conformarán una estructura organizativa de la empresa para poder adaptarse:

- **ATO** - *Assemble To Order* (ensamblar bajo demanda).
- **MTO** - *Make To Order* (fabricar bajo demanda).
- **ETO** - *Engineer To Order* (desarrollar bajo demanda).

Ejemplo: una empresa que ofrece maquinaria industrial, con un mercado que contempla desarrollos a medida según instalaciones del cliente, y desarrollos estándar genera el diseño de módulos que cubren un 70 % de las necesidades del mercado general. Su sistema de PLM permite una configuración de producto bajo tres opciones:

- **CTO** (*Configure To Order*): la máquina se puede configurar con módulos existentes, puesto que es una opción estándar; esto permite una máxima rapidez de respuesta para la entrega e instalación de la máquina.
- **ETO** (*Engineer To Order*): se trata de una opción de máquina estándar, con ciertas horas de diseño para adaptar solo los aspectos de instalación de producto.

- **DTO** (*Design To Order*): se trata de venta especial, por lo que se requiere de un desarrollo completo por parte de ingeniería, con mayores costes y tiempos asociados a la entrega del producto a cliente.

3.2. Nuevas estrategias: ofrecer soluciones en lugar de productos

Recientemente se constata un nuevo enfoque de actividad en el sector empresarial para obtener valor añadido hacia el cliente. Esto es debido, entre otros motivos, a la ***commoditization*** de los productos, que erosiona la diferenciación de estos en el mercado respecto a sus competidores.

Para superar este nuevo reto se generan **estrategias de *de-commoditization***, como, por ejemplo:

- Búsqueda de valor en el producto; liderazgo y diferenciación basados en la innovación en producto y calidad superior de los productos.
- Búsqueda de valor mediante la relación con el cliente, es decir, basada en la innovación en servicios y la generación de un vínculo con el cliente.
- Búsqueda de valor mediante el liderazgo en precios, con una diferenciación basada en el liderazgo operacional.

Esto hace que haya aparecido una nueva estrategia orientada a servicios hacia el cliente y hacia la búsqueda de «soluciones» para el cliente en lugar del ofrecimiento de producto, y que considera el servicio como una vía de generación de confianza y de enlace a largo plazo con el cliente.

PRODUCTO - > SOLUCIÓN

Bibliografía

Andreasen, M. M.; Hansen, C.T.; Mortensen, N. H. (1995). *On Structure and Structuring*. Fertigungsgerechtes Konstruieren.

Hubka, V.; Eder W. E. (1988). *Theory of technical systems*. Berlín: Springer-Verlag-Berlin Heidelberg.

Jose, Alberto; Tollenaere, Michel (2005). «Modular and platform methods for product family design: literature analysis». *Journal of Intelligent Manufacturing* (n.º 16, págs. 371-390). Springer.

Kong, F. B. y otros (2009). «On Modular Products Development». *Concurrent Engineering* (vol. 17, n.º 4, pág. 291). Shangai, China: s. n. DOI: 10.1177/1063293X09353974.

Llorens Cervera, Sònia (2015). *Bases metodológicas para definir la arquitectura de gama de producto de empresas fabricantes de bienes de equipo industriales*. Tesis doctoral presentada en la Universidad Politécnica de Cataluña.

Matthyssens, P.; Vandenbempt, K. (2008). «Moving from basic offerings to value-added solutions: Strategies, barriers and alignment».*Industrial Marketing Management* (n.º 37, págs. 316-328). Amberes: Elsevier.

Meyer, Marc H.; Lehnerd, Alvin P. (1997). *The Power of Product Platforms*. New York: The Free Press.

Miller, T. D.; Elgaard, P. (1998). «Defining modules, modularity and modularisation».*Design for Integration in Manufacturing. Proceedings of the 13th IPS Research Seminar*. Fuglsø: Alborg University. ISBN 87-89867-60-2.

Otto K. N. y otros (2000). «Modular product architecture».*Actas del DETC'00: ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. Baltimore-Maryland: s. n.

Pahl, G.; Beitz, W. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach*. Springer Verlag. ISBN-10: 1846283183.

Sanderson, S. W.; Uzumeri, M. (1997). *The Innovation Imperative - Strategies for Managing Product Models and Families*. Irwin: s. n. ISBN: 078631009X.

Stone, R. B. (2000). *A heuristic method for identifying modules for product architectures*. Departamento de Ingeniería Básica de la Universidad de Missouri-Rolla.

Simpson, T. W.; Siddique, Z.; Jiao, J. (2006). *Product Platform and Product Family Design: methods and applications*. Springer. ISBN:0-387-25721-7.