



HACIA LA CREACIÓN DE NUEVOS CONCEPTOS EN EL DESARROLLO DE PRODUCTO

ALEXANDRA BALBÁS CALVO, MANUEL DOMÍNGUEZ, MARÍA DEL MAR
ESPINOSA

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Área de Ingeniería del Diseño
C/ Juan del Rosal, 12, 28040 Madrid (España)

(Recibido 23 de julio de 2018, para publicación 23 de febrero de 2019)

Resumen – El diseño conceptual es la primera etapa en desarrollo de un producto y la más crítica en la búsqueda de una solución de calidad. En este artículo se emplea la metodología de Ingeniería Concurrente Basada en Conjuntos como guía en el desarrollo de un producto totalmente novedoso como es el volante retractable o escamoteable para vehículos autónomos. Esta metodología permite la obtención de un gran número de posibles conceptos y define las restricciones del conjunto de manera sencilla y eficaz.

Palabras clave – Desarrollo de producto, ingeniería concurrente basada en conjuntos, volante retractable.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño de producto está marcado por las siguientes fases: Obtención de requerimientos, elaboración del concepto, desarrollo del diseño detallado, análisis de calidad y producción. Estas fases variarán de orden y duración según el esquema de desarrollo a seguir. En el desarrollo compartimentado cada fase antecede a la anterior y no se integran los requisitos de las últimas fases en las primeras. El desarrollo concurrente planifica todo el ciclo de vida del producto desde la fase de diseño. Se apuesta por alargar la dedicación al proyecto en las fases iniciales de manera que se contemplan y anticipan los posibles futuros problemas del producto en una fase en la que el coste para solventarlos es nulo o significativamente menor. El mercado actual tiende a este último tipo de ingeniería (Espinosa & Dominguez, 2007).

La etapa conceptual se define como la fase en la que se traducen los requerimientos del mercado y las necesidades del usuario en ideas que los solucionan antes de proceder con el diseño de realización y detalle. Varios estudios estiman que entre el 70% y 80% del coste de producto final se define en esta etapa (Ehrlenspiel, K. & Dylla, 2007). Esta fase es, pues, determinante a la hora de encontrar una buena solución que cumpla los requerimientos y sea un producto robusto y económico a lo largo de su ciclo de vida. Existen diversas metodologías para evaluar los conceptos respecto a un parámetro como la calidad (Gupta, Kota & Mishra, 2016), o metodologías con objetivos múltiples en las que se juzgan los conceptos según varios parámetros como pueden ser la fabricación, el ensamblaje y el coste (Favi, Germani & Mandolini, 2018).

La principal dificultad a la hora de crear o evaluar nuevos conceptos es la incertidumbre existente la fase de desarrollo. Aughenbaugh y su equipo (Jr, Aughenbaugh, & Paredis, 2009) dividen esta incertidumbre en dos aspectos; la variabilidad y la imprecisión. El primero se corresponde el comportamiento aleatorio en un proceso o propiedad física, como por ejemplo los errores de fabricación. La imprecisión, sin embargo, se debe a la falta de información o conocimiento. Este último aspecto es el que genera mayor incertidumbre en la fase conceptual, las principales fuentes de imprecisión son la falta de información relevante, la estructura del proceso de diseño, la opinión de los expertos y el uso de modelos abstractos

En el mundo de la automoción, los nuevos diseños se presentan al público en forma imágenes o prototipos físicos llamados *concept cars* o vehículos de concepto. Estos prototipos son maquetas que no están

validadas para su uso ni fabricación. La traducción de estos conceptos en productos finales es un trabajo que requiere muchos recursos a nivel de ingeniería ya que los requerimientos que debe cumplir un producto de este sector son muy amplios y restrictivos debido a que son productos costosos, que se fabrican en grandes tiradas y se deben adecuar a todos los climas y usuarios. Son productos que tienen una vida útil larga y muchos de ellos, como los cinturones, volantes o asientos son productos de seguridad en los que un fallo puede mermar la integridad de los ocupantes del vehículo. Según lo expuesto, la adecuada selección de conceptos en el mundo de la automoción es crítica y es la base de este trabajo.

1.1. La generación de ideas en la fase conceptual en ingeniería de producto

La fase de diseño conceptual en ingeniería de producto es la fase más creativa en todo el proceso de desarrollo de un producto. Los conceptos o soluciones desarrollados en esta fase deben cumplir las especificaciones y requerimientos capturados. Estas ideas generadas se apoyan en:

- Estudios de mercado y opinión de usuarios. Existe una amplia discusión sobre este tema; la mayoría de los autores consideran únicamente las necesidades y deseos de los usuarios (*Voice of the customer* o la voz del usuario) a la hora de definir parte de los requerimientos de un producto. Por otro lado, una nueva corriente asegura que el propio usuario, desde el presente, no puede condicionar los productos del futuro y apuestan por innovar en el diseño de producto desde la perspectiva del propio producto. Esta corriente apuesta por la *Voice of the product* o la voz del producto.
- Información de productos semejantes. En el sector de la automoción es usual que los nuevos diseños no partan desde cero, sino que sean modificaciones de los diseños anteriores. Por ejemplo, un 80% aproximado de las piezas de los vehículos americanos fabricados en 1980 eran *carry over*, o piezas con ligeras variaciones de los diseños precedentes (Nichols, 1990). Estos diseños por analogías se suelen basar en el estudio y modificaciones de patentes (Fu *et al.*, 2015; Iserte, 2013).
- Experiencia de diseñadores. La experiencia de los diseñadores es un parámetro fundamental a la hora de evaluar el grado de innovación y calidad del producto final. El esfuerzo creativo necesario para la elaboración de un producto viene marcado por los objetivos y las especificaciones que debe cumplir ese producto (Lloveras, 2007).
- Técnicas de creatividad. Las técnicas de creatividad son las técnicas que propician el desarrollo de acciones creativas. Existen varios tipos de técnicas según el resultado que se desee obtener. Algunos ejemplos de técnicas de creatividad son: Tormenta de ideas, el método de los seis sombreros, o las listas de chequeo.
- Metodologías de desarrollo de producto. Son un marco desde el cual se intenta explicar, justificar y describir la aplicación de métodos específicos. Gran parte del diseño conceptual es creativo, las metodologías sirven como guía a los diseñadores y los métodos son herramientas flexibles que les permiten formalizar los procedimientos de diseño y exteriorizar sus pensamientos. Iserte y equipo (Iserte Peña, Espinosa & Domínguez, 2012) dividen estos métodos en tres perspectivas diferentes, la perspectiva del diseñador, la del cliente y la de la comunidad.

La generación de ideas se puede expresar mediante diferentes esquemas representativos. La tabla 1 enumera los esquemas principales y los clasifica según su orientación, a humanos o a ordenadores. Las primeras fases del proceso creativo comienzan con esquemas orientados a humanos y evolucionan hasta poder ser entendidos por el ordenador.

- Lenguaje. Sirve para nombrar a los componentes, establecer sus restricciones y expresar sus relaciones espaciales, los lenguajes de programaciones permiten representar los diseños en un ordenador de forma muy efectiva.
- Modelado geométrico. Se centra en la representación de los aspectos estructurales de un producto en el ordenador. El objetivo es representar modelos 2D y 3D en un ordenador. Los modelos variacionales son una pieza fundamental a la hora de reformular la geometría del producto.

Tabla 1. Espectro de las representaciones de modelado (Hsu & Woon, 1998).

<p>Orientado al ordenador</p> <p>Lenguaje de programación</p> <p>Modelado geométrico</p> <p>Gráfica</p> <p>Objeto</p> <p>Modelo de conocimiento</p> <p>Imágenes</p> <p>Orientado al humano</p>
--

- Gráfica o esquema. Son representaciones que se usan para modelar las funciones, estructuras o comportamientos de un concepto los conceptos se comunican entre sí a través de enlaces y nodos.
- Objeto. Un objeto es una entidad para la representación de modelado que combina la estructura de datos (clase, interacciones, nombre...) y el comportamiento (componente geométrico) de un producto en un único elemento.
- Modelo de conocimiento. Modelos que sirven para manejar las fuentes (coste, rendimiento...) y tipos de conocimiento (físico, matemático...) de forma que facilite el uso de esta información a los diseñadores.
- Imagen. Representación visual de un modelo. Puede ser realizara a mano o mediante otros medios. En las representaciones a mano destacan los bocetos. Los bocetos son una de las técnicas más usadas por los diseñadores para favorecer el pensamiento visual y el desarrollo de la creatividad. Hay varios tipos de bocetos, pero en general podemos considerar dos grandes grupos; los de uso propio para el diseñador y los que sirven para comunicar ideas al resto (Martín-Erro, Domínguez & Espinosa, 2016).

1.2. Ingeniería concurrente basada en conjuntos

Antiguamente, el proceso de diseño se basaba en la funcionalidad del producto y en el usuario final. La ingeniería concurrente amplía estos focos y considera otros usuarios y fases no considerados previamente como son los diseñadores, el máquetin, los distribuidores, el mantenimiento y el reciclaje o la reutilización del producto. Todos estos nuevos puntos de vista incrementan la complejidad de las etapas iniciales del diseño de producto (III & Agogino, 1996)

La práctica tradicional de diseño en ingeniería concurrente se llama Ingeniería concurrente basada en un punto (ICBP) y consiste en la consideración de la mejor idea de diseño la cual se va modificando iterativamente hasta conseguir resultados satisfactorios.

De la evolución de esta práctica, ICBP, nace la Ingeniería Concurrente Basada en Conjuntos o (ICBC). Esta nueva metodología consiste en la consideración inicial de diferentes conjuntos (en lugar de una sola idea) y su combinación, de manera que puedan ofrecer diferentes soluciones. Estos conjuntos se analizan y gradualmente se disminuye el abanico de posibilidades hasta converger en una solución final (DK, AC, & JK, 1999).

La primera descripción de la ICBC fue hecha por Ward (Ward, 1989) y posteriormente se implementa en Toyota. La Ingeniería Concurrente Basada en Conjuntos (ICBC) se considera el núcleo de Sistema de desarrollo de producto inteligente o *Lean Product Development System* desarrollado por Toyota, ya que guía el diseño y desarrollo de producto del mismo.

En sus inicios, la ICBC se basaba en tres principios, hoy convertidos en cinco que son los representados en la siguiente tabla 2.

Las ventajas de la ICBC son, a grandes rasgos, el desarrollo de sistemas óptimos y la eliminación de re-trabajos, la creación de conocimiento, la minimización de riesgos, el incremento de la innovación y la creatividad y la mejora de la comunicación (Petritsch, 2013).

Tabla 2. Principios de la ICBC (Khan, Al-Ashaab, Doultsinou & Shehab, 2011).

1. Búsqueda de valor
1.1. Clasificar los proyectos
1.2. Explorar el valor de cada proyecto para el consumidor
1.3. Vincular cada proyecto con la estrategia de valor de cada empresa
1.4. Traducir el valor del producto para el consumidor a los diseñadores.
2. Mapear el espacio de diseño
2.1. Dividir el sistema en sub sistemas
2.2. Identificar las características esenciales de cada sistema
2.3. Decidir en qué subsistemas o componentes se pueden realizar mejoras y a qué nivel.
2.4. Definir regiones de factibilidad basándose en el conocimiento y la experiencia y considerando diferentes perspectivas o grupos funcionales
3. Crear y explorar varios conceptos en paralelo
3.1. Extraer conceptos innovadores de los departamentos de Investigación y Desarrollo
3.2. Explorar las posibilidades de diseño mediante el intercambio de diferentes alternativas para subsistemas y componentes
3.3. Programar tiempo para la innovación y la resolución de problemas, mientras que el conjunto de alternativas es amplio
3.4. Asegurar muchas combinaciones de posibles de subsistemas para reducir el riesgo de fallo
3.5. Prototipar de forma física y paramétrica las diferentes alternativas para analizar la funcionalidad, el coste y la calidad.
3.6. Realizar evaluaciones de diseño exhaustivas para incrementar el conocimiento y descartar las peores alternativas
3.7. La información se almacena en una base de conocimiento y guía el diseño. Se comunican los conjuntos de posibilidades
4. Integración por intersección
4.1. Búsqueda de posibles intersecciones de conjuntos, incluyendo la compatibilidad e interdependencia entre componentes
4.2. Imponer restricciones mínimas: emplear dimensiones nominales sin tolerancias a menos que sea necesario
4.3. Búsqueda de robustez de concepto contra variaciones físicas, de diseño y de mercado
4.4. Consideración concurrente del diseño y fabricación eficientes
5. Asegurar viabilidad antes del compromiso
5.1. Disminuir conjuntos gradualmente a la vez que se incrementa el diseño en detalle
5.2. Retrasar decisiones si es preciso tomarlas muy pronto o con conocimiento insuficiente
5.3. Las decisiones de diseño deben ser válidas para diferentes conjuntos y no deben afectar a otros subsistemas
5.4. No aumentar los conjuntos una vez se hayan seleccionado los más adecuados
5.5. Gestionar la incertidumbre
5.6. La fabricación comienza la planificación del proceso antes de que se hayan elegido los conceptos finales y, por lo tanto, actúan sobre la información incompleta.
5.7. La fabricación evalúa los conjuntos finales y dicta las tolerancias de las piezas
5.8. Retraso en la liberación de la especificación final a los principales proveedores hasta el fin del proceso

1.3. Caso práctico: volante retractable

Según varios autores (Maulana *et al.*, 2017; Terwiesch, Loch & Meyer, 2002) los casos prácticos presentes en la literatura empleando la metodología ICBC son escasos y todos ellos se basan en la mejora de un producto existente. El enfoque de este trabajo es reivindicar el uso de la metodología ICBC en productos totalmente novedosos, es decir, no se trata de mejorar un producto o sistema conocido, si no de crear y analizar uno producto nuevo. El sistema elegido es un volante retractable. El volante retractable es un componente de seguridad del mundo de la automoción y se vislumbra como una de las piezas clave en las nuevas generaciones de vehículos autónomos (Balbás Calvo, 2018).

El alcance de este trabajo comprende el análisis de los puntos 1.4, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 3.1 y 3.2 de la tabla 2.

1.4. Traducir el valor del producto para el consumidor a los diseñadores

El valor para el cliente debe ser comprendido con la finalidad de entender los objetivos del sistema y emplearlos a lo largo de todo el desarrollo del producto para evaluar las diferentes alternativas (Khan *et al.*, 2011).

A través de la consulta con expertos del sector de la automoción se identifican los cinco valores más importantes:

1. Seguridad: Se entiende por seguridad garantizar la correcta retención del ocupante en caso de accidente y evitar el atrapamiento de prendas o extremidades del ocupante durante su uso normal.
2. Robustez: El sistema va a poseer movimiento y este debe ser preciso y fiable bajo un abanico muy amplio de condiciones
3. Ergonomía: Es fundamental poder asegurar un agarre y un control postural adecuado y correcto para todos los posibles usuarios del producto.
4. Fabricabilidad: En el mundo de la automoción, se producen grandes volúmenes de componentes, la fabricabilidad y montaje del sistema debe ser rápida y sencilla.
5. Precio: Pese a ser un componente que inicialmente su principal mercado es el de vehículos de alta gama, el precio siempre es un factor muy importante.

2. MAPEAR EL ESPACIO DE DISEÑO

2.1. Dividir el sistema en subsistemas

El sistema volante debe dividirse en subsistemas en la que cada uno presenta su propia función. En este caso el sistema volante se divide en tres elementos, que son los representados en la Fig. 1.

El módulo es la parte central del volante dónde se sitúa el saco airbag. El agarre, es la zona habilitada para que el usuario maneje el volante, en la Fig. 1 se corresponde con todo el aro y los brazos del mismo y la columna, que es el elemento que sirve de unión entre el conjunto del volante y el vehículo.



Fig. 1. Sistema volante.

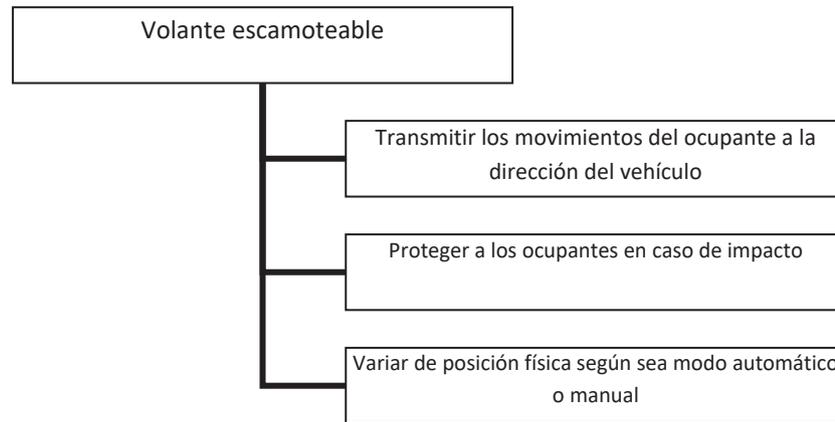


Fig. 2. Funciones del sistema volante.

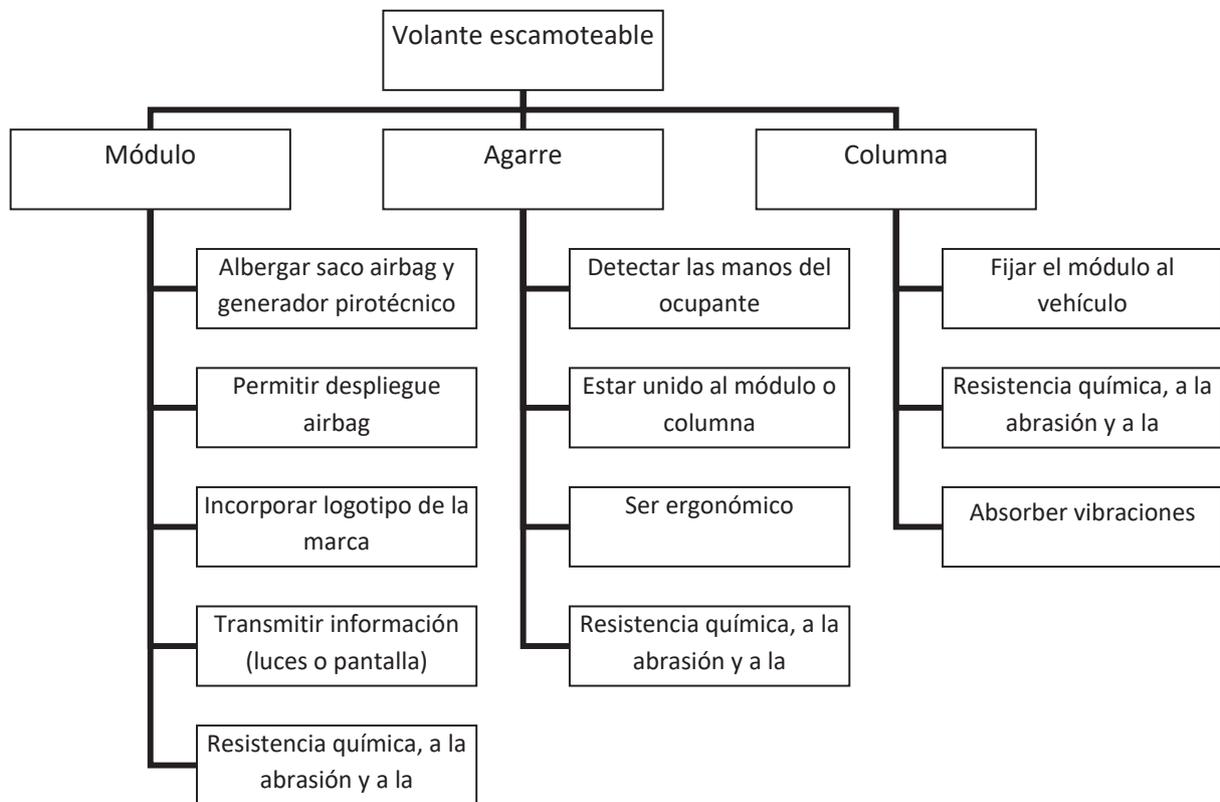


Fig. 3. Diagrama de funciones de cada subsistema.

2.2. Identificar las características esenciales de cada subsistema

El diagrama de la Fig. 2 presenta las funciones principales asociadas al sistema volante y el diagrama de la Fig. 3 las funciones asociadas a cada subsistema definido en el apartado anterior.

2.3. Decidir en qué subsistemas o componentes se pueden realizar mejoras y a qué nivel

El nivel de innovación de cada componente o subsistema debe decidirse en un equipo interdisciplinar. Los niveles de innovación se clasifican en:

1. Sin cambios: Se puede emplear un componente de serie

Tabla 3. Niveles de innovación en los subsistemas.

Subsistemas	1. Sin cambios	2. Nivel bajo	3. Nivel alto	4. Investigación y desarrollo
A. Módulo	Estándar	Cambio de geometrías sin afectar a volúmenes	Cambio de tamaños afectando a volúmenes	Introducción de pantallas o luces (Fig. 4a,b,d)
B. Agarre	Estándar (Fig. 4a,f)	Cambio de acabados (colores, decoraciones)	Cambio de geometrías similares a aros estándar (Fig. 4e)	Nuevas geometrías con movimiento lineal (Fig. 4c) Nuevas geometrías con movimiento rotacional (Fig. 4d)
C. Columna	Estándar o inexistente	Cambio de ángulo	Variación de tamaño estándar	Nuevas geometrías con movimiento lineal (Fig. 4f) Nuevas geometrías con movimiento rotacional (Fig. 4d)

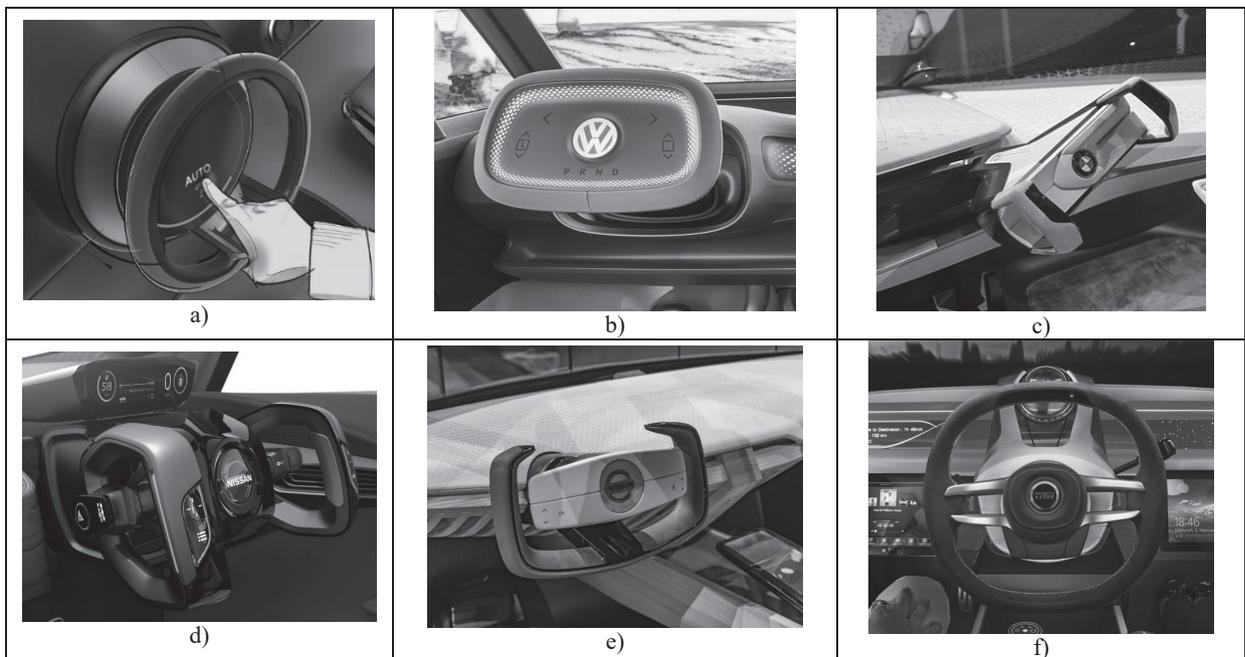


Fig. 4. Diferentes conceptos de volante escamoteable.

2. Nivel bajo: Se puede adaptar un componente de serie fácilmente
3. Nivel alto: Es necesario crear un componente a medida con recursos estándar
4. Investigación y desarrollo: Es necesario investigar un nuevo concepto desde cero

La tabla 3 presenta las posibles soluciones de cada subsistema según el nivel de innovación requerido. La Fig. 4 presenta diferentes conceptos de volante escamoteable (Balbás Calvo, 2018).

2.4. Definir regiones de factibilidad basándose en el conocimiento y la experiencia y considerando diferentes perspectivas o grupos funcionales

Es importante tener claros los objetivos de diseño y evaluar aquellas alternativas que sean factibles para reducir esfuerzos de sobre ingeniería, para ello se extraen los siguientes puntos de acuerdo a los principales valores obtenidos en el apartado 1.4:

- Seguridad: Se considera el módulo como un componente fijo a la columna en todas las posibles alternativas ya que no se quiere interferir con la función de despliegue del airbag

- Ergonomía: En modo manual, la zona de agarre y los brazos deben estar al menos, a la altura del módulo o más adelantados.
- Ergonomía: El desplazamiento mínimo de la zona de agarre debe ser de 30mm en dirección longitudinal.
- Robustez y precio: No puede haber más de dos componentes con movimiento, ya que se quiere un sistema robusto.
- Robustez, seguridad y fabricabilidad: El número de acoples entre componentes con movimiento deben ser mínimo y en zonas lo más extensas posibles para garantizar su robustez.
- Seguridad: Es preciso evitar atrapamientos entre el ocupante (manos, ropa, pulseras...etc.) y el sistema.

3. CREAR Y EXPLORAR VARIOS CONCEPTOS EN PARALELO

3.1. Extraer conceptos innovadores de los departamentos de Investigación y Desarrollo

Los conceptos innovadores se valorarán una vez se escojan las mejores alternativas en cuanto al movimiento del sistema, este apartado queda fuera del alcance de este trabajo y se desarrollará en los siguientes artículos que conforman el proyecto en curso.

3.2. Explorar las posibilidades de diseño mediante el intercambio de diferentes alternativas para subsistemas y componentes

Para el estudio del movimiento del sistema se consideran los siguientes movimientos en cada uno de los siguientes componentes que se muestran en la tabla 3. Los tres ejes de giro de los componentes X, Y, Z se definen de la siguiente forma:

- Eje X es el eje que forma el plano vertical trasversal del vehículo.
- Eje Y es el eje que forma el plano vertical longitudinal del vehículo.
- Eje Z es el eje que define la superficie horizontal o plano de apoyo del vehículo.

La combinación de las alternativas propuestas en la tabla 3 y tabla 4 y los valores y objetivos definidos en los apartados 1.4 y 2.4, se obtienen las siguientes alternativas conceptuales en cuanto a las posibilidades del movimiento del sistema:

Se descarta la combinación 3 ya que se corresponde con un sistema sin movimiento, similar a los volantes actuales. El resto de combinaciones parecen factibles a nivel de movimiento.

El siguiente objetivo de este apartado, fuera del alcance de este trabajo, es obtener diferentes conceptos de volantes retractables mediante la combinación de los movimientos obtenidos en la tabla 5 y los conceptos innovadores del apartado 3.1.

Este cruce de elementos da lugar a la obtención de varios modelos geométricos que deberán ser evaluados mediante simulaciones o prototipos.

Tabla 4. Análisis de los posibles movimientos del sistema.

Movimiento	Agarre	Columna
Sin movimiento	Fijo	Fijo
Lineal	Traslación a lo largo de los ejes X, Y, Z	Traslación a lo largo de los ejes X, Y
Rotativo	Rotación a lo largo de los ejes X, Y, Z	Rotación a lo largo de los ejes Y, Z

Tabla 5. Posibles movimientos del sistema.

Combinaciones	Agarre	Columna
1	Sin	Lineal
2	Sin	Rotativo
3	Sin	Sin
4	Lineal	Sin
5	Lineal	Lineal
6	Lineal	Rotativo
7	Rotativo	Sin
8	Rotativo	Lineal
9	Rotativo	Rotativo

4. CONCLUSIONES

El diseño conceptual es la primera fase del desarrollo de producto, es la fase más determinante en cuanto a la calidad y el coste de la solución final. La fase conceptual es la fase más creativa del proyecto ya que en ella se generan las alternativas de diseño y se plantean las primeras restricciones del diseño.

La incertidumbre y falta de información son habituales cuando se proponen las primeras alternativas. Desde el estudio de los procesos de diseño se proponen diferentes metodologías con el fin de guiar el proceso de diseño y aumentar el número y la calidad de las diferentes alternativas.

En este artículo se emplea la metodología Ingeniería Concurrente Basada en Conjuntos (ICBC) que se basa en descomponer un producto en diferentes subsistemas, encontrar soluciones para cada subsistema y analizar la combinación de todas ellas desde todas las perspectivas presentes en todo el ciclo de vida del producto. La metodología se ha aplicado en el diseño de un volante escamoteable o retractable. La novedad que presenta este artículo es la aplicación de esta metodología a un producto totalmente novedoso en vez de una mejora de un producto existente como se aprecia después de una extensa revisión de la literatura. El análisis del sistema volante retractable según la metodología ICBC ha permitido guiar eficazmente el proceso de diseño. El sistema volante se ha dividido en diferentes subsistemas de manera que permite centrarse en soluciones individuales para cada uno de ellos. Se han planteado las diferentes construcciones en cuanto al movimiento del sistema y se analizaron las principales restricciones del conjunto.

Se concluye que la metodología ICBC ha permitido obtener un número elevado de posibles conceptos y ha facilitado la obtención de los requerimientos del sistema de forma ordenada y sencilla. Por tanto, se recomienda el uso de esta metodología en el desarrollo de productos totalmente novedosos con el fin de limitar al máximo la incertidumbre y considerar el mayor número de conceptos posibles para así obtener soluciones de calidad, considerando todos los posibles clientes del producto, evitando rediseños y modificaciones futuras y abaratando el coste del desarrollo de producto.

La futura línea de este trabajo es la obtención de diferentes modelos geométricos presentando los diferentes conceptos planteados en este artículo y su análisis mediante simulación. El objetivo es disminuir el número de alternativas y encontrar una solución óptima.

REFERENCIAS

- [1] Balbás Calvo, A., *El volante en la conducción autónoma* (2018)
- [2] Sobek, D.K., Ward., A.C., Liker, J.K., "Toyota's principles of set-based concurrent engineering", *Sloan Manage Rev.* (1999)

- [3] Ehrlenspiel, K., Dylla, N., "Experimental Investigation of Designers' Thinking Methods and Design Procedures", *Journal of Engineering Design*, 4, 201–212 (2007)
- [4] Espinosa, M., Domínguez, M., *Ingeniería concurrente*. Madrid: Asociación de Ingeniería y Diseño Asistido (2007)
- [5] Favi, C., Germani, M., Mandolini, M., "Development of complex products and production strategies using a multi-objective conceptual design approach", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 95(1-4), 1281–1291 (2018)
- [6] Fu, K., Murphy, J., Yang, M., Otto, K., Jensen, D., Wood, K., "Design-by-analogy : experimental evaluation of a functional analogy search methodology for concept generation improvement", *Research in Engineering Design*, 26(1), 77–95 (2015)
- [7] Gupta, S., Kota, S., Mishra, R.P., "Modeling and evaluation of product quality at conceptual design stage", *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 7(1), 163–177 (2016)
- [8] Hsu, W., Woon, I.M.Y., "Current research in the conceptual design of mechanical products", 30(5), 377–389 (1998)
- [9] Wood, H.W.III, Agogino, A.M., "Case-based conceptual design information server for concurrent engineering", *Computer-Aided Design*, 28(5), 361–369 (1996)
- [10] Iserte Peña, E.G., Espinosa, M.M., Domínguez, M., "Métodos y metodologías en el ámbito del diseño industrial", *Técnica Industrial*, 300, 38–44 (2012)
- [11] Malak, R.J.Jr., Aughenbaugh, J.M., Paredis, C.J., "Multi-attribute utility analysis in set-based conceptual design", *Computer-Aided Design*, 41(3), 214–227 (2009)
- [12] Khan, M., Al-Ashaab, A., Doultsinou, A., Shehab, E., Ewers, P., Sulowski, R., "Set-Based Concurrent Engineering process within the LeanPPD environment", In *The 18th ISPE International Conference on Concurrent Engineering* (1–8) (2011)
- [13] Lloveras, J., "Creatividad en el diseño conceptual de ingeniería de producto", *Creatividad y Sociedad*, 10, 133–145 (2007)
- [14] Martín-Erro, A., Domínguez, M., Espinosa, M.M., The role of sketching in engineering design and its presence on engineering education, 10th International Technology, Education and Development Conference (2016)
- [15] Maulana, M.I.I.B.M., Al-Ashaab, A., Flisiak, J.W., Araci, Z.C., Lasisz, P.W., Shehab, E., Beg, N., Rehman, A., "The Set-based Concurrent Engineering application: a process of identifying the potential benefits in the Surface Jet Pump case study", *Procedia CIRP*, 60, 350–355 (2017)
- [16] Nichols, K., *Getting Engineering Changes under Control* (1st ed.). *Journal of Engineering Design* (1990)
- [17] Iserte, E.G., Domínguez, M., "Diseño de productos mediante el uso conjunto de metodologías TRIZ y TOC". *Técnica Industrial*, 302, 46–52 (2013)
- [18] Petritsch, C., Principles of Set-Based Concurrent Engineering within Modern Product Development Models. Graz University of Technology (2013)
- [19] Terwiesch, C., Loch, C.H., Meyer, A. de, "Exchanging Preliminary Information in Concurrent Engineering : Alternative Coordination Strategies", *Organization Science*, 13(4), 402–419 (2002)
- [20] Ward, A.C., *A theory of quantitative inference for artifact sets, applied to a mechanical design compiler*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge (1989)

TOWARDS THE CREATION OF NEW CONCEPTS IN PRODUCT DEVELOPMENT PROCESS

Abstract – The conceptual design is the first stage on the product development process and the most critical step on the seeking of a quality solution. In this article the Set-Based Concurrent Engineering methodology is used to guide the design process of a novelty product such it is a retractable steering wheel for autonomous driving vehicles. This methodology allows the obtainment of a large number of possible concepts and defines the restrictions of the system on an easy and in an effective way.

Keywords – Product Development, Set-based Concurrent Engineering, Retractable Steering Wheel.