

LA FASE DE DISEÑO DIRIGIDO EN LA INGENIERÍA DE INNOVACIÓN DE PRODUCTO

Joaquim Lloveras Macià

Dto. Ingeniería de Proyectos y de la Construcción. ETSEIB (Prof. jubilado).

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

RESUMEN

Este es un artículo de divulgación, que describe brevemente el proceso de diseño de ingeniería de producto, especialmente para su innovación mediante la obtención de nuevas ideas de solución, de las que dependerá el éxito o fracaso del producto. Esta fase inicial de encuentro de la dirección de la solución, o Diseño Dirigido, es donde se concentrará el esfuerzo de innovación. Se explican algunos mecanismos mentales para generar ideas inventivas, que también son válidos para otros ámbitos que requieran soluciones imaginativas, y se expone un ejemplo práctico de investigación aplicada.

Las fases que siguen son el Diseño Definido y el Diseño Validado, y si estas tres fases se hacen excelentemente, el producto innovado podrá superar unos hipotéticos exámenes de idoneidad, tanto técnica como social, antes de poder ser fabricado a gran escala.

1. INTRODUCCIÓN

Este escrito se basa en las experiencias, información, y observaciones tanto de la docencia impartida en el Departamento de Proyectos de Ingeniería, como de algunos trabajos de convenios realizados con importantes empresas del entorno, y en los congresos internacionales asistidos.

Se han usado algunas metodologías y prácticas comunes de diseño en el mundo de la ingeniería de producto, y también se han adaptado algunas directrices o prácticas propias, para mejorar en lo posible el proceso de diseño de innovación de producto.

Los productos industriales

El consumidor tiene una mayor capacidad adquisitiva que en épocas anteriores, y es más exigente en la calidad y en la innovación del producto, por lo que las empresas deben adaptarse. Éstas necesitarán profesionales capaces de trabajar con objetivos de calidad e innovación, y el sistema docente que los prepare, habrá de estar acorde con dichos objetivos.

Por otro lado, la preservación de la riqueza biológica de la vida en la Tierra requiere entre otros factores, que el consumo humano no agote la natural capacidad regenerativa de la Tierra y su equilibrio. Para contribuir a ello, los nuevos productos han de ser en buena parte de piezas o materiales reciclados y reciclables, y eficientes en consumos de energía y agua, también han de ser durables, reparables y por supuesto seguros y no emitir contaminantes.

Ciclo de vida de un producto

Un producto nace en las mentes de diversos profesionales que colaboran en su diseño conceptual, con ayuda de modelos de ordenador, y/o prototipos reales.

A veces es necesario rediseñar algunas partes para su fabricación en masa, y una vez fabricado se pondrá a la venta, respaldado por campañas de publicidad, y al ser adquirido por alguien, empezará su uso y mantenimiento. Al final de su vida útil, el producto se desballesta y sus piezas o sus materiales se reciclan y sirven para fabricar nuevos productos, cerrándose así su ciclo de vida.

Se necesitará analizar cada pieza o sistema del producto durante su ciclo de vida, para conocer su comportamiento real, sus puntos débiles y sus consumos, para tenerlos en cuenta en futuros diseños mejorados. Estas etapas están interrelacionadas entre sí, y todas las etapas tienen su importancia, pero la inicial del diseño conceptual es la que marcará como será el producto final.

El Diseño Conceptual de ingeniería de productos industriales

A nivel popular el término de “Diseño Conceptual”, se asocia a nuevas estéticas de un producto, y al conocimiento de algunas de sus funciones principales, y que suelen presentarse en un salón temático. Pero el “Diseño Conceptual de Ingeniería” profundiza en la parte técnica, y puede ser una maqueta funcional, o una representación en un ordenador, y sirve para analizar y probar sus novedades técnicas, y sus características innovadoras, pero puede necesitar alguna modificación para fabricar una primera serie corta. Esta serie es investigada para retocar el diseño final, antes de iniciar la gran producción en serie.

En la fase inicial de diseño conceptual de ingeniería, es ideal que colaboren otros profesionales como: diseñadores, físicos, químicos, matemáticos, etc., que generarán nuevos conceptos para dar soluciones inéditas, o adaptar el producto a la evolución de la ciencia, la técnica, o los materiales. Este equipo de profesionales con experiencia se apoyará también en la información de conocimientos acumulados en bases de datos, y generará ideas en sesiones de creatividad. A veces el mismo equipo, o la empresa, tiene prisa por encontrar una idea de solución innovadora, pero hay que dar el tiempo suficiente para madurarla, pues es de importancia capital para el éxito del producto.

Fases del diseño conceptual de ingeniería de producto

Un nuevo producto empieza con su diseño conceptual, donde se crean y discuten ideas. Una vez aprobada la idea ganadora, se definen detalladamente las tecnologías que lo constituirán, y la etapa de diseño acaba con la fase de validación del mismo con ayuda de modelos de ordenador y aplicación de programas de ingeniería, y/o del test de prototipos reales.

Estas tres fases en el diseño conceptual de ingeniería se denominan: Diseño Dirigido, Diseño Definido, y Diseño Validado (Lloveras, 2011). Y una vez validado el diseño conceptual, y aprobado para su fabricación, puede ser necesario rediseñar ciertas piezas para optimizar su fabricación en masa.

2. DISEÑO CONCEPTUAL DIRIGIDO

Esta es fase inicial del diseño y se alcanza a tener el diseño conceptual dirigido hacia una solución tecnológica innovadora que dará lugar al producto. Esta fase puede ser más o menos larga dependiendo de los requerimientos iniciales que tenga y del grado de maduración que se le quiera dar.

Hay requerimientos iniciales que se conoce la dirección de innovación que se pretende, como: tener una demanda clara del mercado; o las opiniones de las organizaciones de consumidores; o los resultados de encuestas de mercado para conocer las aspiraciones o las mejoras aplicables a un producto. Sus resultados suelen ser mejoras incrementales de corto alcance.

Otro caso es cuando el equipo directivo o técnico propone el diseño del nuevo producto, debido a algún salto tecnológico conocido proveniente de: una investigación básica o aplicada; por nuevos materiales; para alcanzar un mayor nivel de ecodiseño, etc.

Investigación abierta

Pero hay otros casos en que se quiere repensar el producto desde cero, para encontrarle innovaciones funcionales que lo mejoren, a veces radicalmente. El equipo de diseño sin saber ni que, ni cómo hacerlo, entra en una investigación abierta, y tendrá la responsabilidad de encontrar la dirección tecnológica que tomará el nuevo diseño, para alcanzar unos nuevos requerimientos que se propongan. El equipo tendrá que realizar una búsqueda entre las posibles soluciones técnicas que satisfagan las nuevas funcionalidades, y en este caso, encontrar la tecnología que dirija a la mejor solución.

Este es el caso más interesante desde el punto de vista del equipo creativo, pues tiene mayor libertad de elección, donde se discutirán diversas posibles soluciones, para finalmente tener el diseño dirigido hacia una nueva solución, que podría ser altamente innovadora, y que podría ser aceptada con mayor éxito en el mercado que si el producto fuese poco innovador.

El equipo tendrá que desplegar todos sus esfuerzos en el diseño conceptual, y generalmente actuarán con todas sus potencialidades, gozando de su trabajo con la esperanza de dar con una buena solución. En este caso, los ingredientes básicos para trabajar la solución son la formación y experiencia de cada participante, la información necesaria a su alcance, su capacidad de imaginación y experiencia con las técnicas de creatividad.

Información necesaria

Se necesita información de productos similares que estén en el mercado, y sus soluciones; información de patentes; información científica de nuevos materiales, nuevos principios físicos o químicos que puedan aplicarse a la solución. Así, todo lo que se conoce hasta el momento de un determinado producto, se le denomina el Estado de la Técnica (State of the art, 2023). En la práctica tener toda la información es casi imposible, pues se necesitaría demasiado tiempo para obtenerla y sería muy cara. Por eso se limita a la información más importante, que podría ampliarse con la evolución del diseño.

La imaginación y las ideas que aparecen en la mente

La imaginación produce ideas mientras se trabaja en ellas, y se ayuda a que aparezcan al hacerse preguntas o buscar novedades sobre el tema. La obtención de ideas puede ser hecha de manera individual, o en equipo.

Pero a veces, las ideas aparecen en cualquier momento, de manera inconsciente, sin saber por qué ni cómo vienen. Generalmente son respuestas a problemas más o menos conscientes que una persona tiene, y que pueden ser soluciones en diversos ámbitos. Estas soluciones probablemente responden a un trabajo subconsciente de la mente que en algún momento afloran a la conciencia. Estas nuevas ideas son evanescentes, ya que se olvidan rápidamente, y hay que apuntarlas para no perderlas, y pueden aparecer en momentos de ocio, por ejemplo, al pasear.

Hay otro caso que se da en los sueños, y que alguna vez pueden recordarse al despertar. Pero en estado de sueño semiconsciente hay más producción de ideas. Son ideas de solución a una problemática que suele ocupar la atención en estado consciente, y todas estas ideas hay que apuntarlas en un papel, para recordarlas y analizarlas en estado de vigilia, si no, se olvidan. Por la noche es problemático anotarlas en un papel, pues si se abre la luz, a parte de molestar el descanso de otros, seguramente quita

el sueño a quien las escribe. Para mantener este estado semiconsciente, puede usarse una luz tenue como un bolígrafo con luz. Pero aún mejor es acostumbrarse a escribir completamente a oscuras en una libreta con un pequeño lápiz, incluso se puede escribir debajo de las sábanas. En este estado, las líneas de escritura no suelen salir demasiado rectas, y a veces se cruzan entre sí, tampoco la caligrafía es muy buena. Pero así se preservan las ideas que fluyen en estado semiconsciente.

Otro misterio de la mente es que a veces resuelve un problema inventivo al cabo de un tiempo, incluso una vez desconectado del problema. Parece que la mente está en funcionamiento continuo, aunque cambien las fases de su actividad, o sus focos de atención. Para aprovechar este efecto, es necesario primero plantear el problema inventivo y trabajar en él un tiempo, al cabo del cual se deja en “stand by”, o en latencia. Y el cerebro, aunque se hagan otras tareas, sigue pensando de manera subconsciente, y a veces aparecen buenas soluciones antes de retomar el tema, ya sea de manera consciente o semiconsciente. Así, dejar latente un problema inventivo suele favorecer las buenas ideas, y varias técnicas de creatividad la usan expresamente, aunque se tarde más tiempo.

Si se resisten a venir buenas ideas, o bien se quiere ampliar la cantidad de ellas, se pueden utilizar las llamadas técnicas de creatividad. A continuación, se comentan algunas, que han sido enseñadas en la carrera de ingeniería, o en un curso específico de postgrado (Lloveras et Al., 2010).

Técnicas de creatividad

Son ayudas para que la imaginación genere más, y a veces mejores, ideas de solución al problema inventivo planteado. Encontrar ideas de solución, suele ser una actividad algo estresante por la tensión de la búsqueda, pero a la vez satisfactoria cuando aparecen nuevas soluciones y más si estas soluciones se acercan al ideal.

Aunque todas las personas son creativas a su manera, el potencial está desigualmente distribuido, y a menudo más o menos inhibido por la educación recibida. Aunque la idea ganadora siempre surge de una mente, varias mentes pueden haber estado trabajando en ella, ayudándose unas a otras para que alguien la tenga. Un análisis posterior servirá para validar o rechazar dichas soluciones, ya que algunas pueden ser falsos espejismos.

A veces otras ideas obtenidas, abren campos diferentes a la solución que se busca, y podrían ser buenas para generar otros productos interesantes, en cuyo caso se guardan en el cajón de las ideas para otros posibles proyectos futuros.

Entre los años 30 y 70 del pasado siglo XX, florecieron varias técnicas de creatividad que se siguen usando en diferentes ámbitos. En general se basan en el conocimiento y uso de algunos mecanismos mentales para favorecer las situaciones que propician la generación de ideas, tanto individuales como en grupo.

Una de las técnicas más conocidas basadas en la desinhibición del juicio mental, es el *Brainstorming* o Lluvia de Ideas, de Alex F. Osborn (Brainstorming, 2023), que elimina el filtro que realiza normalmente el cerebro al juzgar automáticamente las palabras antes de decirlas. De esta manera se expresa lo primero que pasa por la cabeza, aunque sean tonterías. Ello conecta el subconsciente con la expresión de ideas, y se producen muchas soluciones más o menos relacionadas. Al final de la sesión, se juzgan y se clasifican razonadamente las ideas expresadas. El resultado son unas ideas válidas.

La experiencia de esta técnica ha llevado a modificarla un poco en su ritmo y sesiones, con unos ciclos de: sesión-descanso-discusión que pueden repetirse varias veces.

El *Brainwriting 6-3-5*, (Brainwriting, 2023), de Rohrbach (1968), donde: 6 son las personas participantes, que escriben 3 ideas, en un período de 5 minutos. Estas cifras en la práctica pueden ser

diferentes. La expresión individual es una lluvia de ideas, sin juzgarlas, pero escritas o dibujadas en una hoja. Acabado el plazo de 5 minutos, la hoja se pasa al vecino que la lee o interpreta y desarrolla la idea, o bien crea una nueva inspirada en la que le ha tocado leer, y la sesión finaliza cuando cada hoja da una vuelta entera. Después se discuten verbalmente entre todos y se sacan conclusiones.

Basado en los diversos modos de realizar técnicamente unas funciones propias de un producto, se construye la Caja o *Cuadro Morfológico* (Zwicky, 1969). La combinatoria de las diferentes soluciones técnicas a cada función, que tiene por ejemplo una lámpara, da como resultado su multiplicación, que enseguida da un número grande de distintos modos constructivos de lámparas con algunas diferencias entre ellas, y por tanto aptas para diferentes aplicaciones de iluminación. No existen tan gran número lámparas, y de ahí la ayuda creativa.

Los *Mapas Mentales*, o “Mind Maps” (Buzan, 2023), simplemente ponen orden a las soluciones existentes a un problema y las nuevas que se propongan. Tiene algún parecido con el *Abanico de Conceptos*, y se construyen con un gráfico que agrupa y ordena las clases de solución. Se engloban en una línea cerrada todas las soluciones parecidas o variaciones de ella, y así se explicita una jerarquía de soluciones de estos globos que contienen soluciones al problema inventivo. Los principios técnicos de solución se irán concretando en capas inferiores o periféricas. Este proceso ordena todo lo que está en la mente de los participantes, a la que se pueden añadir nuevos conocimientos extraídos de diversas informaciones técnicas. Del análisis del mapa, pueden aparecer nuevas combinaciones de soluciones, o campos a explorar, lo que favorece tener ideas innovadoras de solución al problema.

Una variante del Mapa Mental que se ha practicado es discutir el camino a escoger después de completar cada capa jerárquica de soluciones, dejando sin desarrollar las desestimadas.

Otro sistema de ordenación de conceptos que favorece, en este caso la obtención de ideas sobre un proyecto técnico, son los *Seis sombreros para pensar*, (Six Thinking Hats, 2023) de: De Bono. Los participantes de una sesión de discusión sobre una solución a adoptar, se colocan real o figuradamente un sombrero, todos del mismo color. Hay seis colores y cada color se asocia a un aspecto a discutir. De esta manera se ordena la discusión por aspectos que de otro modo podría ser caótica.

Los sistemas de *Check-List*, o el *SCAMPER* de Osborn y desarrollado por Eberle, (Scamper, 2023), se puede aplicar a la generación de ideas para el producto, y se basan en recordar una lista de aspectos o cualidades que debe cumplir, o inspirar nuevas soluciones.

La *Sinéctica*, (Sinéctica, 2023), de Prince and Gordon, tiene un principio diferente para activar la mente. Trata de trasladar el problema a otro campo, a otro nivel, en el que los actores también son imaginarios. El traslado mediante analogías o metáforas a otra esfera distinta puede ayudar a ver el problema de un modo más comprensivo e imaginativo, y a buscar una solución en éste, que finalmente se vuelve a la esfera inicial para obtener una solución práctica al problema.

Otro principio mental se activa con las *Frases provocativas*, de De Bono, frases que indican: negación, exageración, afirmación, incoherencia, etc., que la mente tiende de interpretarlas o a solucionar su contradicción. La resolución de estas frases puede ayudar a dar ideas de solución al problema, y a veces inspirar soluciones a otros problemas.

Otras investigaciones sobre la creatividad siguen intentando comprender mejor y analizar sus conexiones desde otros puntos de vista, como por ejemplo al relacionarlas en estructuras complejas (Boccardo, 2010).

Ayudas con programas de ordenador

Las técnicas de creatividad mencionadas anteriormente pueden ser ayudadas por aplicaciones de ordenador u otros sistemas digitales. Ayudas para promover, guiar y grabar sesiones creativas ya sea para uso individual o colectivo (Chaur, 2005).

En un orden superior, se encuentran programas completos de ordenador que van más allá de meras plantillas de ayuda, y para cada tipo de problema inventivo dan los caminos ya experimentados de solución, como el *TRIZ* (TRIZ, 2023), que puede ser muy útil para el diseño de ingeniería.

O bien, combinan soluciones con extensas bases de datos accesibles por Internet, para proponer soluciones al problema inventivo, como: Invention Machine. En este caso, la mente humana puede reconocer las invenciones que ha hecho el ordenador de manera combinatoria, cosa que el ordenador no reconoce (de momento) que ha inventado.

Se desconoce por el momento, el alcance ayudas por ordenador basadas en algoritmos de la Inteligencia Artificial (*IA*), que probablemente con el tiempo, darán soluciones a un más alto nivel.

Análisis de las ideas obtenidas para tener un Diseño Dirigido

Los productos evolucionan hacia un ideal. Su evolución es a veces en pequeños saltos de innovación, y en determinados momentos se produce un salto disruptivo. Se puede recordar la evolución que ha tenido hasta nuestros días, por ejemplo: el televisor, el teléfono, el ordenador, el avión, los satélites, ... y su evolución sigue.

Después de las sesiones de creatividad, se realiza una elección de las ideas obtenidas y su viabilidad, y se llega a una idea ganadora que más se acerca al producto ideal. Esta idea junto con la tecnología básica necesaria para implementarla constituirá el Diseño Dirigido.

También se realiza un análisis de patentes, que indicará si el producto, o partes de él, podrían ser patentables.

3. CASO DE UNA INVESTIGACIÓN ABIERTA PARA UN DISEÑO DIRIGIDO

Se resume un ejemplo real de innovación de producto con ayuda de una combinación de ejercicios creativos. Se realizó un convenio de colaboración entre la Universidad y una empresa que quería innovar algunos de sus productos de mecánica simple, estando la empresa abierta a cualquier solución innovadora dentro de los productos que facturaba. El equipo de la universidad fue constituido por dos investigadores, con formación de ingeniería y con experiencia en la enseñanza teórico-práctica de potenciación de la creatividad. Su dedicación era parcial ya que cada uno compartía su tiempo con otros trabajos.

En una primera reunión conjunta con la empresa, sus directivos y técnicos expusieron sus deseos, y el grupo de investigación aplicada de la universidad formuló preguntas. Se programaron las reuniones en el tiempo del convenio.

En la primera reunión interna del equipo de investigación de la universidad, se puso en común el problema inventivo a fondo, discutiendo diversos aspectos del trabajo, y se programó una segunda reunión conjunta en un plazo breve. En este plazo, cada componente se esforzó individualmente en usar las actitudes y las técnicas de creatividad que mejor le fuesen para pensar soluciones y escribirlas o esbozarlas en un breve informe.

Uno de ellos, empezó con un *Cuestionamiento* general del producto existente, que consistió en preguntarse el porqué de la función de cada pieza o de cada sistema, y si se podía hacer de otra manera que los mejorara. También, por ejemplo, observó sus puntos débiles, o algunos aspectos dificultosos para para su uso y pensó en cómo podría ser el producto ideal. Buscó soluciones tanto de manera *racional*, como de manera espontánea escribiendo o dibujando lo primero que pasa por la cabeza, o *Brainwriting*.

También en su investigación, buscó más información del *Estado de la Técnica* especialmente *patentes*, tanto para conocer soluciones dadas anteriormente, y no dar como buenos los “reinventos” que se le acudieron pero que otros ya habían patentado anteriormente. Se aprovecharon los *períodos de latencia* dedicados a otras tareas, en los que el cerebro siguió funcionando para encontrar nuevas soluciones de manera subconsciente, y se escribieron las soluciones cuando aparecían. También se anotaron algunas ideas de solución, cuando las hubo, durante el sueño nocturno, en momentos que aparecían *medio en sueños*.

La segunda reunión interna del equipo de investigación se dedicó a una *discusión creativa*. Se pusieron en común las ideas, filtradas en orden de importancia, que ambos habían tenido. Se expusieron las soluciones y se explicaron los detalles de las ideas, discutiendo su validez, sus pros y contras, y se añadieron variantes o novedades que iban surgiendo inspiradas en las ideas iniciales. Se repartieron copias de las hojas con todas las ideas aportadas, de manera que cada uno disponía de todas las soluciones, y se programó otra reunión.

Dentro de este nuevo plazo, cada componente trabajó en la *maduración de las ideas* compartidas, en las que se añadió alguna mejora, o incluso alguna nueva idea inspirada por las presentadas, y se siguió buscando información de patentes. Con las nuevas ideas se repitieron, más o menos, las mismas actividades creativas hechas en el plazo anterior. Al final se confeccionó una lista de las ideas de mayor a menor importancia o de posible interés.

En la tercera reunión interna, se puso todo el trabajo en común y se escogieron las ideas finalistas. Se dio otro plazo para escribir conjuntamente una memoria con la información recogida y los detalles dibujados de las soluciones elegidas.

En la segunda reunión conjunta con la empresa, se presentaron y discutieron las propuestas principales, y también se les proporcionó un listado de otras soluciones inventivas encontradas. Luego, el equipo de la empresa estudió a fondo dichas ideas y los mecanismos que las implementaban. El resultado fueron dos Diseños Dirigidos a dos soluciones técnicas innovadoras (Lloveras, 2006), (Lloveras, 2023), y los investigadores participaron como inventores en los Modelos de Utilidad: ES1066521 U y U1061876.

4. DISEÑO DEFINIDO Y VALIDADO. CENTROS DE EXCELENCIA DE DISEÑO

Durante la fase del Diseño Dirigido se escogieron las soluciones tecnológicas básicas que tendrá el nuevo producto. En la fase siguiente, se definen con detalle dichas diferentes soluciones tecnológicas y para ello se aplican diferentes metodologías usuales de diseño de producto, con la ayuda de ordenador. Estas metodologías permiten entre otras cosas, asegurar que se ha seguido una sistemática que permite no olvidarse de varios aspectos que el producto debe tener, o cumplir. Obteniéndose el detalle técnico de todas las partes del producto y por tanto a tener completa la fase de Diseño Definido.

La siguiente fase es la validación del diseño, en que se analizan y comprueban mediante modelos de ordenador y/o de maquetas, las funcionalidades del producto cuyas prestaciones esperadas han de cumplir; la robustez de sus componentes y de todo el producto; que cumplan con las normas que le afectan; que no infrinjan patentes y su patentabilidad, etc. Si el nuevo producto supera estos aspectos, logra el visto bueno desde el punto de vista técnico de diseño, y se considera que es un Diseño Validado.

Sería ideal que estas fases de diseño, fuesen hechas en Centros de Excelencia en Diseño y Prototipado, con medios suficientes y con los mejores profesionales solo dedicados a estos menesteres. Este diseño ya validado, podría ser apto para un posible futuro examen técnico y social que apruebe, o no, su fabricación en masa. (Lloveras, 2015).

5. CONCLUSIONES

El diseño conceptual de ingeniería va al corazón del producto: como son sus sistemas electromecánicos; sus automatismos con sus sensores; su electrónica; sus algoritmos; su interacción con el usuario; su sistema de seguridad, etc., y especialmente a sus innovaciones técnicas y sus patentes. Tanto este diseño conceptual de ingeniería como el diseño estético y de interacción con el usuario, son necesarios para el éxito del producto.

Los nuevos consumidores piden productos innovados y de calidad, que les ofrezcan una amplia garantía de funcionamiento, y que el producto les atraiga. En este sentido, para la preparación de los futuros profesionales, la docencia habría de estar más enfocada en la excelencia de la innovación del diseño de producto, y en el trabajo de equipo.

El proceso de concepción de una solución innovadora pasa por una primera fase de generación de buenas ideas. Se explican diversas acciones que favorecen que la mente produzca ideas, con actitudes y ayuda de algunas técnicas de creatividad, para así decidir hacia dónde dirigir los esfuerzos de diseño de ingeniería, disponiendo así de un Diseño conceptual Dirigido.

Se comenta un ejemplo de trabajo de un equipo investigador en un convenio de colaboración Universidad-Empresa para innovar unos productos mecánicos. El equipo investigador, con experiencia en técnicas de creatividad, utilizó individualmente una combinación personalizada de éstas, y luego puso en común sus soluciones innovadoras, que finalmente fueron presentadas a la empresa. El resultado fue la obtención de dos Diseños Dirigidos para desarrollar dos productos, que se protegieron mediante un título de propiedad industrial en España.

Al final del artículo, se describen brevemente las fases posteriores a la obtención del Diseño Dirigido, que son: el Diseño Definido, y Diseño Validado. Se plantea que estas fases se hagan en Centros especializados en Excelencia de Diseño y Prototipado de producto, y que haya un Examen Técnico-Social antes de poder ser fabricado en masa. Dicho examen previo a la fabricación, permitiría entre otras cosas, que los usuarios dispusiesen de unos productos más innovados, de mayor calidad y seguridad.

Agradecimientos: Al Dr. Ing. Jairo Chaur Bernal que formó parte del equipo investigador de la Universidad en el caso presentado de una investigación abierta. Y en general, a todos los alumnos que a lo largo de los años han participado en algunos ejercicios de creatividad.

6. REFERENCIAS

- BOCCARDO, R. and LLOVERAS MACIA, J. (2010). "A Model of Creativity from the Paradigm of Complexity". The First *International Conference of Design Creativity* (ICDC 2010). Ed. Taura, T., Nagai, Y.; Ed. Springer, London, Nov 29-Dec. 1, 2010. Kobe International Conference Center, Kobe, Japan. C-10, 6 p. CD-ROM: ISBN: 978-1-904670-20-9. <http://hdl.handle.net/2117/13764>
- BRAINSTORMING, (2023). O Lluvia de ideas. [Accedido, 10 octubre 2023], Acceso: <https://en.wikipedia.org/wiki/Brainstorming>
- BRAINWRITING 6-3-5, (2023). [Accedido, 10 octubre 2023], Acceso: https://en.wikipedia.org/wiki/6-3-5_Brainwriting
- CHAUR BERNAL, J., LLOVERAS MACIÀ, J. (2005). "Experimental study on the use of creativity software for conceptual product definition". Applications of Digital Techniques in Industrial

- Design Engineering – CAID&CD’ 2005. Proceedings of the 6th International Conference on *Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design* Conference in Delft, The Netherlands. May 29- June 1. Ed: Pan, Y., Vergeest, J., Lin, Z., Wang, Ch., Sun, S., Hu, Z., Tang, Y., Pub: International Academic Publishers/Beijing World Publishing Corporation. Republic of China. Paper 091, pp. 102-07. ISBN: 7-5062-7444-2.
- LLOVERAS MACIÀ, J. (2006). “Conceptual Engineering Design Organization in Collaborative Teams of Two University – Company Agreement”, *Digital Techniques-Humanized Design-Regional Autonomous Innovation. The 7th International Conference on Computer-Aided Industrial Design - Conceptual Design (CAID&CD’ 2006)*, November 17-19, Zhejiang University, Hangzhou, China. Ed. Yunhe Pan, Zongkai Lin, Zhiyong Hu, Shouquian Sun, Joris Vergeest, Qi Huang. Ed. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Press, Beijing, China, pp. 25-30. ISBN: 1-4244-0683-8. IEEE Catalog Number: 06EX1548. Library of Congress: 2006933800.
- LLOVERAS MACIÀ, J., SAIZ SEGARRA, M.A., GARCÍA-DELGADO, C., CHAUR BERNAL, J., CLAUDÍ BOSCH, L., BARLOCCI PENNATI, A., CARNICERO HERNANZ, L. (2010). “Creative Engineering Design Aspects given in a Creativity Training Course”. *Design Creativity 2010, book of The First International Conference of Design Creativity (ICDC 2010)*. Ed. Taura, T., Nagai, Y.; Ed. Springer, London, Nov 29-Dec. 1, 2010. Kobe International Conference Center, Kobe, Japan; pp. 297-303; ISBN: 978-0-85729-223-0; e-ISBN: 978-0-85729-224-7; DOI: 10.1007/978-0-85729-224-7
- LLOVERAS MACIÀ, J., (2011). “A process of conceptual engineering design for new patentable products”. *Proc. of 18th International Conference on Engineering Design, ICED'11*. Ed: Howard, T.J., Mougard, K., McAloone, T., Hansen, C.T., Pub.: The Design Society. Technical University of Denmark (DTU). Copenhagen. DS68_8-192. Vol. 8, pp. 78-87. ISBN: 978-1- 904670-28-5. ISSN: 2220-4342 (online).
- LLOVERAS MACIÀ, J., (2015). “Rationalization process for industrial production: Centres of Design Excellence and Prototyping”. *Impact of Design Research on Industrial Practice. Tools, Technology, and Training*. A. Chakrabarti and U. Lindemann (eds.), Springer I. P. AG Switzerland, p. 233-243. ISBN: 978-3-319-19448-6; DOI 10.1007/978-3-319-19449-3_15
- LLOVERAS MACIÀ, J. (2023). “Experiencias en generación de ideas y en patentes realizadas en la Universidad”. *Encuentros Multidisciplinares (E.M.)*, Ed.: Lizcano, J., N° 74, Mayo-Agosto 2023, 9p. ISSN: 1139-9325; <http://www.encuentros-multidisciplinares.org/revista-74/joaquim-lloveras.pdf>
- MIND MAPS (2023). [Accedido, 13 octubre 2023], Acceso: https://en.wikipedia.org/wiki/Mind_map
- SCAMPER (2023). [Accedido, 15 octubre 2023], Acceso: <https://en.wikipedia.org/wiki/SCAMPER>
- SIX THINKING HATS (2023). [Accedido, 13 octubre 2023], Acceso: https://en.wikipedia.org/wiki/Six_Thinking_Hats
- STATE OF THE ART, (2023), o Estado de la Técnica. [Accedido, 23 julio 23], Acceso: https://en.wikipedia.org/wiki/State_of_the_art
- SYNECTICA, 2023. [Accedido: 23 julio 2023], Acceso: <https://en.wikipedia.org/wiki/Synectics>
- TRIZ, (2023). *Theory of Inventive Problem Solving*, [Accedido, 03 junio 2023], Acceso: <https://en.wikipedia.org/wiki/TRIZ>
- ZWICKY, F. (1969). *Discovery, Invention, Research, through the Morphological Approach*. Mac Millan 1969. ISBN 111424306X.