

Diseño industrial de cabina de simulación de avioneta a fabricante de simuladores aéreos en Cancún

Industrial design of airplane simulation cabin to aircraft simulator manufacturer in Cancún

DOI: 10.46932/sfjdv4n8-012

Received on: October 06th, 2023

Accepted on: November 06th, 2023

Juan Felipe Pérez Vázquez

Master of Science in Industrial Engineering

Institución: Universidad del Caribe

Dirección: Esquina Fraccionamiento, Tabachines, s/n, CP 77528. Cancún, Quintana Roo, México

Correo electrónico: jperez@ucaribe.edu.mx

Sebastián Santos Dzul Solano

Graduado en Ingeniería Industrial

Institución: Universidad del Caribe

Dirección: Esquina Fraccionamiento, Tabachines, s/n, CP 77528, Cancún, Quintana Roo, México

Correo electrónico: 160300025@ucaribe.edu.mx

Esteban de Jesús Gúzman Castro

Graduado en Ingeniería Industrial

Institución: Universidad del Caribe

Dirección: Esquina Fraccionamiento, Tabachines, s/n, CP 77528. Cancún, Quintana Roo, México

Correo electrónico: 160300044@ucaribe.edu.mx

Esdra Harrison Medel Gutiérrez

Graduado en Ingeniería Industrial

Institución: Universidad del Caribe

Dirección: Esquina Fraccionamiento, Tabachines, s/n, CP 77528. Cancún, Quintana Roo, México

Correo electrónico: 160300065@ucaribe.edu.mx

RESUMEN

Elaborar el diseño industrial de una cabina de simulación de avioneta con planos de ensamblaje y modelo de embalaje con el objetivo de corregir los problemas que presentan los actuales simuladores del beneficiario, los cuales no pueden ser armados y desarmados fácilmente, ya que no son aptos para ser embalados en una tarima y enviarse por paquetería, tampoco tienen un fácil acceso a sus componentes para realizar mantenimiento. Se hará uso de la metodología basada en las normas VDI 2221 y 2225 (Verein Deutscher Ingenieure o Asociación de Ingenieros Alemanes), las cuales utilizan el diseño de ingeniería a partir del costo óptimo. Se presenta una propuesta de diseño cumpliendo con las características técnicas y económicas establecidas por la empresa.

Palabras clave: diseño industrial, simulador de vuelo, SolidWorks.

ABSTRACT

Develop the industrial design of an aircraft simulation cabin with assembly plans and packaging model with the objective of correcting the problems that present the current beneficiary simulators, which cannot

be armed and disarmed easily, as they are not suitable for They can be packaged at a low price and sent by courier, as well as having easy access to their components for maintenance. If there will be use of the methodology based on the standards VDI 2221 and 2225 (Verein Deutscher Ingenieure o Asociación de Ingenieros Alemanes), they will use the engineering design from the optimum cost. A design proposal is presented, complying with the technical and economic characteristics established by the company.

Keywords: industrial design, flight simulator, SolidWorks.

1 INTRODUCCIÓN

Dentro de los primeros pasos para un piloto aviador, la práctica mediante el uso de un simulador es básica. Para esto, el instructor recrea diferentes escenarios en simuladores de vuelo con el fin de que el usuario pueda obtener experiencia básica (reconocimiento de los instrumentos, distribución del tablero, solución de problemas básicos, etc.) en un entorno donde no arriesgue su vida ni la de los demás.

El presente proyecto se basa en el desarrollo del diseño industrial de una cabina de simulador de vuelo con base en diversos requerimientos solicitados por el beneficiario, el diseño no incluye la parte electrónica pero si contempla las necesidades de los equipos que se montan en el simulador de vuelo, dichos requisitos serán explicados en el desarrollo del documento. Aunado a esto, se mencionarán los materiales utilizados para el diseño de las cabinas, explicando los motivos del uso de dichos materiales.

Para el desarrollo de la metodología del proyecto se hace uso de la metodología propuesta por las normas alemanas VDI 2221 y 2225. Siguiendo los pasos de la metodología VDI 2221 utilizada por Hernández, Quesada y Pérez (2010) se establecen las características que necesita tener la cabina de simulación para poder satisfacer las necesidades del cliente, así como la elaboración de diferentes propuestas para la evaluación de las mismas y la selección de una propuesta para desarrollar el proyecto en la parte final, esto último con la metodología establecida en la norma VDI 2225.

2 ESTADO DEL ARTE

Algunos de los documentos que se han usado como referencia para llevar a cabo el presente proyecto se mencionan a continuación:

En el proyecto de Aguirre y Guarnizo (2008) “Diseño detallado de un simulador de vuelo dinámico”, que tiene como objetivo realizar un diseño detallado de un simulador de vuelo dinámico, con el cual se pueda observar el comportamiento de los sistemas de la aeronave en cabina, los movimientos de pitch y roll y la dinámica de vuelo. Se le da importancia a la selección de materiales, a los tipos de unión de los componentes, el dimensionamiento de la cabina la visibilidad y el peso, se propone tomar en cuenta la selección del material de construcción, ya que, aunque no debe ser aerodinámico, debe ser liviano y resistente. También se recomienda utilizar software especializado para determinar el material de

construcción.

En la tesis de Malpartida (2014) “Diseño mecánico de una cabina para un simulador de entrenamiento de vuelo”, se tiene como objetivo realizar el diseño mecánico de una cabina que contenga los componentes necesarios para el desarrollo del simulador de vuelo con capacidad para un solo piloto y que además pueda ser instalado sobre un mecanismo. Se mencionan los componentes necesarios dentro de una cabina de simulación de vuelos, se mencionan características constructivas y metodología para cálculo de resistencias. Se concluye que el simulador debe contar con un campo visual que permita ver el entorno simulado de la aeronave y recomienda que las uniones de componentes tengan capas reforzadas para asegurar la Resistencia si se utilizan materiales económicos.

En el artículo de Valbuena (2019) “Construcción de simulador de vuelo air tractor at-802, para entrenamiento de tripulaciones en nuevo enfoque policial” se tiene como objetivo mejorar los índices de desempeño y los conocimientos tanto prácticos como teóricos de los estudiantes de aviación, fortaleciendo las competencias de cada uno de ellos. Se considera importante las dimensiones de la cabina, los materiales utilizados y el ensamblaje del simulador. Se concluye que se facilita el aprendizaje y que el manual de operación permite la preservación del simulador.

El trabajo presentado surge de la necesidad de un nuevo diseño industrial de cabina de simulación de avioneta, adicional a los prototipos que el dueño de la empresa Valkin SIM posee. Dicha empresa cuenta con dos prototipos de cabinas de simulación de vuelo, las cuales presentan elementos de un simulador de vuelo, pero no son integrados de manera que satisfaga las expectativas del cliente. Algunos de los elementos que conforman estas cabinas son; pantalla principal del simulador, componentes del simulador y CPU. Además de esto, el propietario tiene como objetivo comercializar sus simuladores en la república mexicana, requiriendo un diseño de embalaje para el embarque del simulador y un manual de ensamblaje de la cabina de simulación para los clientes. Es por ello que el alcance del proyecto será el diseño industrial de la cabina de simulación de avioneta con planos y modelo de embalaje, teniendo como objetivo general el diseño de la cabina de simulación tipo avioneta que cumpla con las especificaciones solicitadas por el beneficiario.

El diseño mecánico de la cabina del simulador de vuelo con las especificaciones de ser armable, desarmable, ser embalado en el espacio de una tarima y tener acceso fácil y rápido a sus componentes tendrá un costo de fabricación menor a \$30,000.00 MXN. Este costo no incluye los componentes electrónicos. Dicho costo fue estipulado por el beneficiario, siendo el costo máximo a invertir para la producción de un ejemplar de cabina de simulación.

3 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente proyecto se tomó como referencia la metodología utilizada en el

proyecto “Experiencias en la selección de aceros asistida por computadoras en la carrera de ingeniería mecánica” (Hernández, Quesada, Pérez, 2010). Dicha metodología son las normas alemanas VDI 2221 y 2225, las cuales han sido de gran utilidad tanto para el desarrollo de las tres propuestas de diseño mecánico de la cabina de simulación, como para el desarrollo de la evaluación técnica y económica de estas propuestas. Una vez evaluadas, se selecciona aquella que cuente con un puntaje que la coloque de manera más cercana al punto ideal dentro de la tabla de referencia de la norma utilizada. [11]

En el desarrollo de cada una de las etapas, mostradas en la figura 1, se obtienen productos que serán utilizados en etapas posteriores, con el objetivo de sumar características a las propuestas para posteriormente realizar la evaluación de los diseños propuestos en la etapa 6. Para la evaluación de las propuestas se utilizará la metodología de la norma VDI 2225, la cual, a partir de las características definidas en la norma VDI 2221 realiza la selección de la mejor propuesta haciendo un cruce de los factores económicos y técnicos necesarios para llevar a cabo dichas propuestas. Esto dará como resultado, una gráfica de evaluación que permitirá visualizar el comportamiento de dichas propuestas para la selección de aquella que se encuentre más cercana al punto ideal. Para el desarrollo del proyecto se enlistan a continuación los productos obtenidos en cada etapa de la metodología VDI 2221.

Etapas 1

En esta etapa se obtuvieron las tablas de los factores técnicos y económicos utilizados para realizar la evaluación de las propuestas de diseño. Factores técnicos: Distribución de componentes en el panel de instrumentos, Adaptabilidad, Dimensiones generales de la cabina, Montaje de la cabina, Resistencia al mantenimiento, Acceso a los componentes [11] electrónicos, Accesibilidad al CPU, Soporte para la pantalla principal y Visibilidad del CPU de la cabina. Factores económicos: Costo de mantenimiento, Costo de materiales, Costo de fabricación, Vida útil, Costo de envío.

Etapas 2

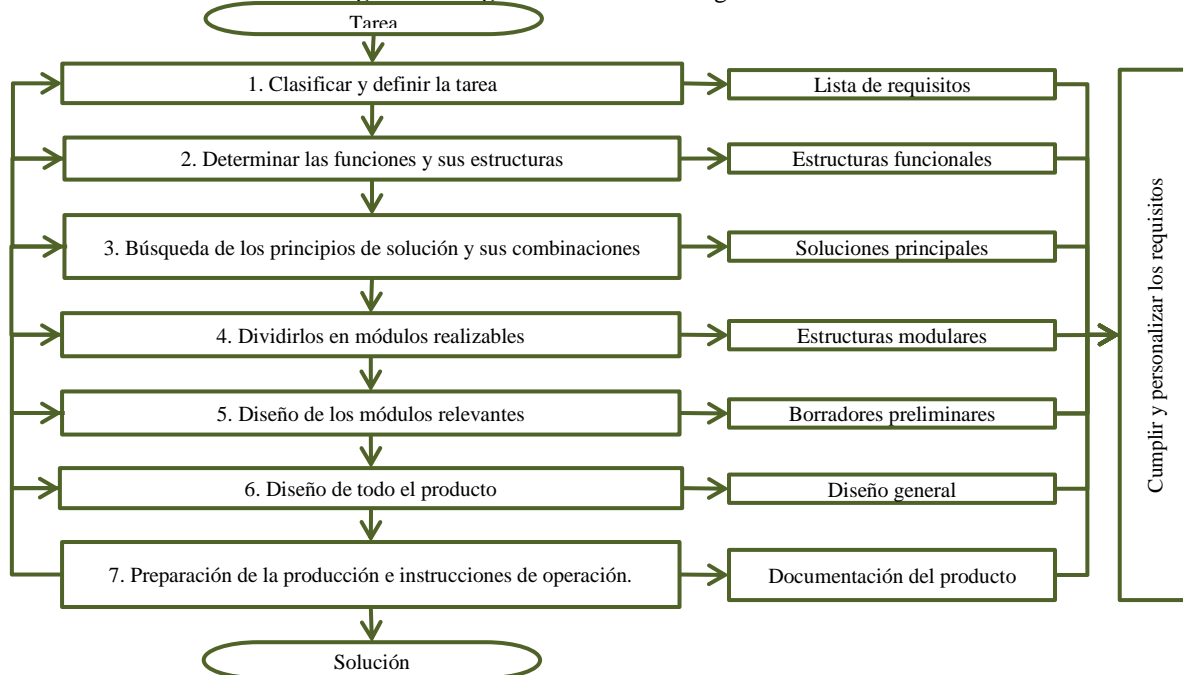
Las funciones y estructuras determinadas para el desarrollo de los puntos claves del proyecto, son los siguientes: [11]

Acceso: La accesibilidad a los componentes debe proporcionar espacio suficiente para poder realizar las maniobras de mantenimiento preventivo, correctivo o modificaciones en los componentes de la cabina de simulación. Por ello, debe colocarse en un lugar estratégico con características que faciliten el correcto funcionamiento del mismo.

Soporte para TV o pantalla: el soporte para el televisor debe estar integrado en la cabina y tener la capacidad de soportar un televisor de 44”. Además, debe ser completamente visible para el operario de la cabina. Si se elige un soporte del mercado y se adapta a la estructura mecánica del simulador, se puede

resolver de forma fácil y rápida este punto, pero se corren riesgos, como lo puede ser; soporte para TV discontinuado, modificaciones en el soporte sin previo aviso, problemas de compatibilidad del espacio destinado para la colocación del soporte, reducción de la calidad de los materiales del soporte seleccionado.

Figura 1. Diagrama de la metodología VDI 2221.



Fuente: Hernández L.

Etapa 3 ^[1]_[SEP]

Los bosquejos de las primeras propuestas deben de tomar en cuenta las características principales especificadas al inicio, como lo es; la capacidad de ser armable, desarmable y contar con la capacidad de ser embalado en una tarima para su comercialización por paquetería. Por ello, se debe de tomar en cuenta materiales, los cuales son mencionados posteriormente, que puedan adaptarse al modelo presentado en la propuesta.

Etapa 4

En las reuniones con el beneficiario, este seccionó sus simuladores de vuelo en tres módulos; electrónica, electricidad y estructural. Debido a lo anterior, el desarrollo de este proyecto se centrará únicamente en el desarrollo de la parte estructural.

Etapa 5

Se realizaron tres propuestas de diseño de cabina de simulación, las cuales fueron desarrolladas en

el programa CAD, SolidWorks. Para la realización de estas propuestas se tomaron en cuenta las especificaciones proporcionadas al inicio del proyecto, siguiendo con el objetivo general del mismo. En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos al final de esta etapa, correspondientes a la elaboración de las propuestas de cabina de simulación.

Etapa 6

Para comenzar a diseñar los planos de fabricación, manual de ensamblaje y el modelo de embalaje, se debe seleccionar la propuesta final. En la figura 3 se muestra la evaluación de las propuestas, las cuales fueron evaluadas con base en las tablas de factores técnicos y económicos delimitadas en la primera etapa del proyecto.

Figura 2. Propuestas de diseño de la Etapa 5.

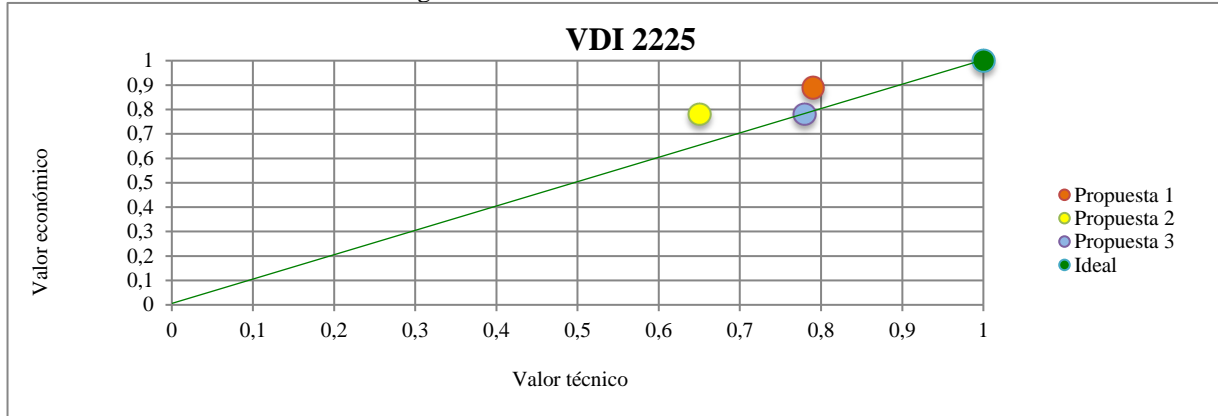


Fuente: Elaboración propia

3.1 EVALUACIÓN DE LAS PROPUESTAS

Para la realización de la evaluación de las propuestas se utilizó la metodología VDI 2225, así como los pesos otorgados a cada uno de estos factores. Para llevar a cabo la evaluación, primeramente, se delimitaron las características correspondientes a cumplir para cada uno de los pesos de los factores evaluados según la escala preestablecida de la norma. Con base en las características que presenta cada propuesta de diseño, según el factor a evaluar, y con las características de cada uno de los pesos, se otorgó la calificación a cada uno de los criterios evaluados para cada una de las propuestas, en la figura 2 se muestra la evaluación de las propuestas planteadas.

Figura 3. Gráfico de resultados VDI2225.



Fuente: Elaboración propia.

4 RESULTADOS

El mejor diseño, de acuerdo a la evaluación, resultó ser la propuesta 1 debido a que se encuentra más cerca de lo ideal, seguido por la propuesta 2, y por último la propuesta 3.

Después de realizada la evaluación y la determinación del diseño óptimo a fabricar, fueron presentados al cliente los tres diseños finales y la evaluación para su aceptación y comentarios.

Mediante la metodología VDI 2221 se hicieron iteraciones en los pasos de diseño con el objetivo de mejorar la propuesta número uno. Se realizaron diferentes estudios con el software SolidWorks para mejorar la propuesta final, se realizó un estudio de tensiones, se encontró que las tensiones máximas están en los puntos de unión del soporte del televisor, por lo que se debe de prestar atención a la estructura del mismo para soportar la tensión generada.

4.1 PROPUESTA FINAL

Considerando los resultados en las simulaciones de la propuesta 1 en SolidWorks y las observaciones del beneficiario se obtuvo como resultado la propuesta final que se muestra en las figura 4.

Figura 4. Vista isométrica de propuesta final.



Fuente: Elaboración propia.

Algunas de las características de esta propuesta final son; el material seleccionado para la estructura es aglomerado hidrófugo, cuenta con acrílico transparente en el lateral derecho para contar con vista al CPU, integra una base para televisor elaborada con perfil de aluminio estructural, además, cuenta con una inclinación en la parte superior para la vista al televisor. Es importante señalar que el aglomerado hidrófugo y el perfil de aluminio se seleccionaron debido a la resistencia a la corrosión al clima humedo que se tiene en la ciudad de Cancún.

De dicha propuesta se procedió a realizar los objetivos planteados al inicio del proyecto, así como una simulación en el software de trabajo SolidWorks, para encontrar posibles fallas en el diseño o puntos a concentrarse para el diseño de la cabina.

4.2 MANUAL DE ENSAMBLAJE

Para llevar a cabo el manual de ensamblaje de la cabina de simulación, primeramente, se tuvo que ensamblar nuevamente el diseño final en el software de trabajo, SolidWorks. Esto, con la finalidad de determinar el ensamblaje paso a paso de forma sencilla. Una vez terminada la tarea anterior, se obtuvieron como resultado 27 pasos para llevar a cabo el ensamblaje de la cabina, los cuales se realizaron como vistas explosionadas para dar una idea al encargado del ensamblaje de cómo y dónde se colocan las piezas que necesita en cada paso del ensamblaje. Estas vistas explosionadas se colocaron en planos individuales para poder obtener las vistas necesarias que se colocaron en el manual.

4.3 MANUAL DE EMBALAJE

Para el modelo de embalaje se hizo la consulta directa con la empresa de paquetería grupo Castores, con el fin de recibir asesoría sobre el modo de realizar el embalaje la cabina de simulación y tener una cotización preliminar con base en el tamaño de la caja a utilizar para el embarque.

Para la realización del manual se utilizó el software de trabajo, Solidworks. Utilizando el apartado de ensamble se realizó la simulación de la distribución de los componentes que integran el simulador de modo que requiriera el menor espacio, así como evitar comprometer la integridad de los mismos. Para tratar de mantener la mayor fidelidad en la simulación, también se diseñaron piezas para el ensamble que simularán los protectores de polipropileno y el cartón de protección, así como el contenedor para el envío. Esto resultó en un manual de 29 pasos en el cual se explica el paso a paso del acomodo de los componentes, así como la distribución de los mismos en la secuencia que se diseñó para las piezas de este simulador.

4.4 ESTIMACIÓN DE COSTOS

Como primer paso, se determinó el costo total del material a utilizar, en este caso, los paneles de aglomerado hidrófugo. Dichos costos se obtuvieron a través de una cotización, posteriormente se determinó la cantidad de paneles a utilizar basándose en las dimensiones de la cabina, obteniendo así un total de cuatro paneles, por lo que el costo total de los materiales resulta de \$6,000.00 MXN, adicional a estos se cotizaron los materiales adicionales como el perfil de aluminio, el acrílico y la tornillería; el costo de estos otros materiales es de \$5,500 MXN, dando un costo total de \$11,500 MXN.

Como segundo paso, se estimó el costo de mano de obra, basándose en el salario promedio que percibe un carpintero en México según el sitio web “mx.talent.com”.

Después, se determinó el costo del equipo. Este apartado contempla el costo que tiene hacer el corte en una máquina CNC, el cual tiene un costo promedio de \$17.40 MXN. por minuto según el sitio web “acceso.com”. Ahora bien, para determinar el costo total de este apartado para la cabina de simulación de vuelo, primero se determinó la longitud total a cortar, después la velocidad de avance promedio de una máquina de corte en CNC para así determinar el tiempo de corte total a utilizar. Por último, este tiempo total se multiplicó por el costo que tiene el uso de la máquina CNC y se llegó al costo final del corte.

Estimación del costo de fabricación (en pesos mexicanos) de la cabina del simulador de vuelo:

$$\overset{[[]]}{\text{SE}}\text{Costo de materiales } (\$11,500.00) + \overset{[[]]}{\text{SE}}\text{Costo de mano de obra } (\$7,500.00) + \overset{[[]]}{\text{SE}}\text{Costo de equipo CNC } (\$609.00) = \text{Costo Total } (\$19,609.00).$$
 Considerando un 30% de utilidad del fabricante el precio final sin IVA es de \$25, 491.70^{[[]]}_{SE}MXN.

5 COMENTARIOS FINALES

La ventaja del diseño propuesto es que integra todos los elementos de la cabina del simulador y permite el fácil acceso a los componentes electrónicos para realizar mantenimientos preventivos, correctivos o adaptaciones en el software o hardware de la cabina. También el diseño contempla enviar la cabina por paquetería donde se integra un manual de embalaje que muestra los pasos a seguir para que los componentes sean empacados de manera correcta y permite reducir los costos de transportación, así mismo, se integra el manual de ensamblaje para asegurar que la cabina funcione de acuerdo a su diseño. Los cabinas actuales del beneficiario se complica proporcionarles mantenimiento debido a que por su diseño se deben desarmar casi en su totalidad para acceder a los componentes electrónicos, con el diseño propuesto se elimina este problema.

El diseño de la cabina comparado con la patente US9224308B2 es diferente en cuanto a que la cabina propuesta no está diseñada para que sea portátil a diferencia de la patente US9224308B2 que es plegable y desplegable de forma que se puede llevar de un lado a otro más fácil, pero el acceso a la cabina se dificulta para el usuario y el diseño no parece el de una cabina de avioneta, se asemeja más al de un simulador de helicóptero.

Por último, con base en la estimación hecha y presentada anteriormente, podemos concluir que nuestra hipótesis es correcta debido a que el presupuesto de \$30,000 MXN no es superado por el costo de fabricación estimado, el cual es de \$25,491.7MXN.

Es importante recalcar que el costo estimado es sólo de fabricación y no se considera el tiempo invertido en el proceso de diseño. La empresa beneficiaria está por fabricar este nuevo prototipo que servirá para satisfacer a sus clientes principales, que son pilotos de avionetas y estudiantes de aviación. En la ciudad de Cancún se encuentra el segundo aeropuerto con mayor tráfico aéreo de México. Una vez fabricado el simulador se tomarán notas y se realizarán ajustes para posteriormente obtener una patente de diseño.

REFERENCIAS

- Aguirre, L. & Guarnizo, J. (2008). Diseño detallado de un simulador de vuelo dinámico. (Tesis de Ingeniería, Universidad de San Buenaventura). <http://bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/1698>.
- Hernández, L., Quesada, A., & Pérez, R. (Enero de 2010). Experiencias en la selección de aceros asistida por computadoras en la carrera de ingeniería mecánica. Obtenido de ResearchGate.com: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Etapas-del-proceso-de-diseno-segun-la-norma-VDI-2221_fig1_237027287
- Malpartida, S. (Noviembre de 2014). Diseño mecánico de una cabina para un simulador de entrenamiento de vuelo. Recuperado el 2 de Agosto de 2021, de tesis.pucp.edu.pe: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5968>
- Universidad Johannes Steinschaden de Ciencias Aplicadas Vorarlberg GmbH. (13 de Febrero de 2020). Capítulo 7. Métodos generales de evaluación. Recuperado el 2 de Agosto de 2020, de https://homepages.fhv.at/hs/Konstruktionsmethodik/Kap_07/Bewert.htm#:~:text=Entsprechend%20der%20VDI%202225%20kann,Ordinate%20die%20wirtschaftliche%20Wertigkeit%20aufgetragen.
- Valbuena, X. (2019). Construcción de simulador de vuelo air tractor at-802, para entrenamiento de tripulaciones en nuevo enfoque policial. Ingeniería E Innovación, 7(2). Recuperado a partir de <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/rii/article/view/2054>