

PROPUESTA DE REDISEÑO DE UN DISPOSITIVO ORTOPÉDICO CON AJUSTE AXILAR BASADO EN METODOLOGÍAS ÁGILES

PROPOSAL FOR THE REDESIGN OF AN ORTHOPEDIC DEVICE WITH AXILLARY ADJUSTMENT BASED ON AGILE METHODOLOGIES

Jesús David Jiménez Quiroga
Ingeniero Industrial
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia.
est.jesus.jimenez2@unimilitar.edu.co

Artículo de Investigación

Director
Harold Wilson Hernández
Ingeniero Industrial
haroldw.hernandez@unimilitar.edu.co



La U
acreditada
para todos

**ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE PROYECTOS
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
FEBRERO 2022**

PROPUESTA DE REDISEÑO DE UN DISPOSITIVO ORTOPÉDICO CON AJUSTE AXILAR BASADO EN METODOLOGIAS ÁGILES

PROPOSAL FOR THE REDESIGN OF AN ORTHOPEDIC DEVICE WITH AXILLARY ADJUSTMENT BASED ON AGILE METHODOLOGIES

Jesús David Jiménez Quiroga
Ingeniero Industrial
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia.
est.jesus.jimenez2@unimilitar.edu.co

RESUMEN

La vida actual de la mayoría de las personas lleva un ritmo acelerado, donde en un solo día pasan por varios lugares con el fin de cumplir con sus obligaciones o satisfacer algunas de sus necesidades; para poder llevar esta vida tan activa es necesario transportarse por diferentes medios, por lo cual la persona debe salir de su zona y movilizarse hacia donde lo requiera. Como no todas las personas están en las mismas circunstancias, para algunas es más fácil movilizar que otras, pues algunas pueden tener problemas en sus extremidades inferiores, problemas que pueden ser crónicos o temporales, pero que de igual forma afectan en su forma del diario vivir, de tal forma que transportarse se convierte de algo rutinario en algo muy incómodo para las personas con movilidad limitada. Por este motivo, para el desarrollo del presente artículo se tomó como referencia la población con movilidad limitada que hacen uso de aparato ortopédico con soporte axilar, más conocido como muletas. Con esta información se implementan inicialmente dos encuestas, la primera encuesta para comprender cómo ha sido la experiencia de usuario de las personas que hacen uso de las muletas y extraer de la VOC información importante, con el análisis de la primera encuesta se obtienen los puntos clave para abordar en la solución del problema; mientras que la segunda encuesta arroja los datos de qué características críticas de calidad esperarían ver en las muletas rediseñadas, por lo tanto, se realiza el despliegue de la Casa de la calidad (QFD) para identificar el ranking de las características de calidad que se estiman en el diseño, adicionalmente la Casa de la calidad permite una pequeña comparación con la competencia, de forma que se analiza el qué están haciendo y cómo lo están haciendo, respecto a la funcionalidad de las muletas.

Con la identificación de la importancia de las CTQ, se inicia con el rediseño de las muletas bajo la metodología de Lean desgin, donde se plantea inicialmente la primera iteración como el producto sin modificación, para posteriormente someterlo a análisis de qué se va a modificar y cómo se modificará, con esto se despliegan varias iteraciones, una tras otra se evidencia el avance del nuevo diseño, de tal manera que en cada iteración se determina qué se hará en la siguiente y el

por qué, dando así varios análisis de tamaños, pesos, forma y otros aspectos técnicos de diseño que se consideran para realizar un producto de calidad; con esto se llega a la iteración final que será el rediseño completado de las muletas.

La iteración final permite el análisis de materiales y componentes que se requieren en la producción del nuevo diseño de muletas, de tal forma que estos datos se toman para el análisis financiero que determina la viabilidad del proyecto. Este análisis se ve representado por el estado de resultados que está compuesto por la interacción de varios costos y beneficios del proyecto; por lo tanto se realiza inicialmente un pronóstico de los posibles usuarios de muletas en un horizonte de planeación de cuatro años, a esto se le estima una participación en el mercado dentro del horizonte y se estiman diversos costos, para finalmente obtener la Utilidad Neta.

Palabras clave: Aparato ortopédico con soporte axilar, Casa de la calidad, Lean design, Voz del cliente (VOC), Iteración, Rediseño, Presupuesto, Características críticas de calidad (CTQ).

ABSTRACT

The current life of most people is fast paced, where in a single day they go through several places in order to fulfill their obligations or satisfy some of their needs; In order to lead such an active life, it is necessary to travel by different means, for which the person must leave their area and move to where they need it. Since not all people are in the same circumstances, it is easier for some to mobilize than others, as some may have problems in their lower extremities, problems that may be chronic or temporary, but which also arise in their daily life. , in such a way that transporting becomes something routine in something very uncomfortable for people with limited mobility. For this reason, for the development of this article, the population with limited mobility who use an orthopedic device with axillary support, better known as crutches, was taken as a reference. With this information, two surveys are initially implemented, the first survey to understand how the user experience of people who use crutches has been and extract important information from the VOC, with the analysis of the first survey the key points are obtained to address the solution of the problem; While the second survey yields the data of what critical quality characteristics they would expect to see in the redesigned crutches, therefore, the use of the Quality House (QFD) is made to identify the ranking of the quality characteristics that are estimated. In addition, in design, the House of Quality allows a small comparison with the competition, so that what they are doing and how they are doing it is analyzed, with respect to the functionality of the crutches.

With the identification of the importance of the CTQ, the redesign of the crutches begins under the Lean design methodology, where the first iteration is initially considered as the product without modification, to later submit it to analysis of what is going to be modified and how it will be modified, with this several iterations are deployed, one after another the progress of the new design is evidenced, in such a way that in each iteration it is determined what will be done in the next one and why, thus giving various analyzes of sizes, weights , shape and other technical aspects of

design that are considered to make a quality product; This leads to the final iteration which will be the completed redesign of the crutches.

The final iteration allows the analysis of materials and components that are required in the production of the new design of crutches, in such a way that these data are taken for the financial analysis that determines the feasibility of the project. This analysis is represented by the income statement, which is made up of the interaction of various costs and benefits of the project; Therefore, a forecast of the possible users of crutches is initially made in a planning horizon of four years, for this a market share is estimated within the horizon and various costs are estimated, to finally obtain the Net Income.

Keywords: Orthopedic device with axillary support, House of quality, Lean design, Voice of the customer (VOC), Iteration, Redesign, Budget, Critical quality characteristics (CTQ).

INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las necesidades de las personas para ejecutar diferentes actividades es el movimiento y traslado a diferentes lugares a través de distintos medios de transporte; con el objetivo de cumplir con sus actividades y obligaciones laborales, académicas o por otro lado satisfacer sus necesidades referentes al ocio de cada persona, además de que el movimiento humano ayuda al desarrollo correcto del propio sistema nervioso (Varela, s. f.); de tal forma que para cualquier actividad por mínima que sea en cualquier entorno es necesario trasladarse diferentes distancias que pueden ser cortas o largas. Dichas actividades en su mayoría como ir a la escuela o trabajo se convierten en rutina, de tal forma que cada día es necesario planificar horarios, el transporte, entre otros aspectos, con el fin de dar cumplimiento a las actividades.

Desde un punto de vista general, el hecho de trasladarse de un lado a otro tomando algunas veces uno o varios medios de transporte se puede ver como una actividad fácil, sin embargo, existe una población a la cual se le dificulta fuertemente el hecho de moverse de un lado a otro ya sea en su propia casa, o a entornos más difíciles como acceder al transporte público (Ortega-Loayza et al., s. f.). Esta población está conformada las personas usuarias de los diferentes dispositivos ortopédicos para caminar; a las cuales la simple tarea de moverse de un lado a otro se dificulta por completo a razón de que sus extremidades inferiores no son capaces de sostenerlos para la marcha; por lo tanto, en su mayoría están obligadas a usar un aparato ortopédico que permita la acción de caminar de forma más segura (Bosch et al., 2014).

El uso de este aparato ortopédico se remonta hacia los años 2830 a.C. donde se observan figuras talladas en las tumbas egipcias, las cuales se representaban con bastones semejantes a lo que actualmente se conoce como muletas. Las primeras muletas tenían una estructura en forma de T, y para la época estaban construidas con madera; con el avanzar del tiempo, el diseño

evolucionó a una forma en V, de tal forma que se incorpora adicionalmente el soporte para axilas y la empuñadura. Sin embargo, fue para 1917 cuando el ingeniero francés Emile Schlicke patenta el diseño de muletas con apoyo en antebrazo, el cual obtuvo una gran demanda posterior a la primera guerra mundial. Tiempo después, Anders R Loftstrand Jr realizó unos ajustes permitiendo que los ejes inferiores y el antebrazo fueran ajustables, garantizando así que las muletas podrían ser usadas por personas con diferentes dimensiones. Finalmente, el diseño actual fue realizado por el diseñador Thomas Fetterman, el cual fue un usuario de muletas tras padecer de polio en 1953, este diseño tuvo una gran contribución al incorporarle goma en la parte que toca el suelo, garantizando así una mayor estabilidad y evitando los posibles deslizamientos al usar este aparato («La invención de las sillas de ruedas y las muletas», 2020)

Estos usuarios de aparatos ortopédicos se pueden segmentar en diferentes grupos como qué tipo de aparato ortopédico usa, género, edad y condición por la cual usa el aparato ortopédico (A & H, 2007). De tal forma que para este proyecto se segmentará a través del tipo de aparato para analizar las condiciones de las personas usuarias del aparato ortopédico con soporte axilar, comúnmente conocido como muleta. Estas personas con alguna discapacidad en sus extremidades inferiores usan aparatos ortopédicos con soporte axilar como una ayuda para la marcha y evitar accidentes o caídas que generan nuevas lesiones en otras partes del cuerpo o en efecto en la extremidad afectada; sin embargo, más que una ayuda para trasladarse, estos aparatos se pueden convertir en un accesorio incómodo, ya que se dificulta pasar a través de obstrucciones en el camino, es peligroso usarlo en superficies lisas o mojadas, influye fuertemente en la comodidad de los usuarios y quienes lo rodean, acceder a los diferentes tipos de transporte puede ser complicado, de tal forma que llega a ser inseguro en ciertos momentos, arriesgando a la persona nuevamente a lesionarse, empeorar su lesión o crear una nueva en otra

parte, además su gran tamaño y su rígida estructura incomoda en lugares de difícil acceso o en espacios reducidos.

En efecto, a diario se pueden observar individuos con muletas transportándose hacia diferentes destinos y por distintos medios, desde niños hasta ancianos; dicho lo anterior, al analizar la estructura de un par de muletas, se puede identificar de forma casi inmediata que es totalmente rígida y sus dimensiones en altura son prolongadas, pues llegan a ocupar casi una tercera parte del cuerpo de quien las usa; al notar las características de una muleta, es posible apreciar que su rigidez no permite la reducción de su tamaño aparte de la zona inferior donde permite ajustar la altura, el resto de la estructura es totalmente sólido y sin posibilidad de doblar o de alguna manera disminuir su tamaño a una forma más compacta y fácil de ubicar en zonas donde la persona no las está usando , es necesario recalcar que estas zonas o lugares donde no se usan las muletas indica que el usuario de estas se encuentra sentado por algún motivo, porque está en el transporte público o privado, porque se encuentra en su zona laboral o estudiantil, porque está en un espacio cerrado con limitaciones en su tamaño, entre otras posibles opciones.

El problema principal para los usuarios de muletas es la estructura rígida, la cual desencadena los problemas mencionados de comodidad y seguridad (Nossa-Almanza et al., 2020) , por lo tanto, a través del uso de una metodología ágil se puede dar solución dando paso de una estructura rígida a una estructura que permita la reducción de su tamaño por medio de un sistema, considerando siempre la resistencia y capacidad de carga de la estructura inicial. Adicionalmente el uso crónico de muletas puede desencadenar nuevas enfermedades o lesiones en la axila (Reis Basílio et al., s. f.). Estas lesiones pueden llegar a ser tan graves que pueden necesitar cirugía o un nuevo tratamiento, generando así una disminución en la calidad de vida del usuario de muletas (del Sol & Olave, 2002)

Para el desarrollo de la solución en la cual se busca plantear un rediseño a la estructura de la muleta, dándole la posibilidad de reducir el tamaño, inicialmente se analizan las necesidades de la población las cuales se plasman en una QFD, de esta se determinan las características técnicas que tendrá el diseño final y a partir de este se determina la viabilidad técnica y financiera del producto, donde se hacen análisis del costo de creación de las muletas con el nuevo diseño para compararlo con las posibles ventas y obtener indicadores financieros que permitan la toma de decisiones sobre la ejecución o modificación del nuevo diseño (Cintas & Llabres, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

El método que usada para el desarrollo del proyecto es Lean Design, el cual consiste en partir del caos para el diseño de un producto por medio de diferentes iteraciones, cada una con evolución respecto a la anterior, esto considerando siempre los requerimientos del cliente (Ko & Chung, 2014); para el desarrollo de este artículo, Lean Design está inicialmente acompañado de unas herramientas para análisis de la voz del cliente (VOC) y está acompañado al final del soporte de datos de viabilidad y factibilidad; por lo tanto, el orden de la metodología completa es recopilación de VOC, segunda recopilación de VOC, ejecución del Lean Design y análisis financiero; es importante resaltar que se consideraron diseños de prototipos de muletas con adecuaciones diferentes como adecuación para generar un aparato ortopédico anfibio (Guillem et al., 2003); adicionalmente se consideraron modificaciones que permiten la conversión de la estructura de la muleta en otro elemento (Romo Guzmán & Rodríguez Mata, s. f.).

Para realizar la recopilación de datos de referentes a la voz del cliente (VOC), se implementó la herramienta de encuesta virtual, en la cual se determinaron preguntas claves para

extraer la información necesaria sobre las características de lo que sería el público objetivo y de igual manera determinar qué características desea ese público en las muletas (Grasso, 2006).

Tabla 1. Primera encuesta

ENCUESTA USO DE MULETAS
SECCIÓN 1
¿Usa muletas actualmente o las ha usado?
SECCIÓN 2
¿En qué rango de edad se encuentra?
Su género es
Su estatura en centímetros es, Ej: 175
Su peso en Kg es, Ej: 70
Por cuál de las siguientes causas es usuarios de muletas
¿Cuánto tiempo lleva usando muletas?
¿En cuánto tiempo se espera que deje de usar las muletas?
¿Cómo adquirió las muletas?
SECCIÓN 3
¿De 1 a 10 qué tan cómodo le parece usar muletas? Donde 1 es muy incómodo y 10 es muy cómodo
¿De 1 a 10 qué tanto se le dificulta acceder al transporte con las muletas? Donde 1 es poco difícil y 10 es muy difícil
Le parecen seguras las muletas que tiene actualmente
Elija los componentes que le cambiaría a las muletas
Preferiría una muleta capaz de reducir su tamaño
¿Qué tipo de sistema elegiría para reducir el tamaño?
Escriba una o varias características adicionales que le gustaría tener en las muletas (opcional)
¿Cuánto pagaría por unas muletas que puedan reducir su tamaño?

Fuente. **Elaboración propia**

Para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto, como primer paso la encuesta generada permite identificar algunas características del público objetivo y características que le dan valor al producto para considerar en el rediseño, de tal forma que la encuesta se distribuyó por medios virtuales y se deja habilitada dos semanas a partir del miércoles 14 de septiembre del

año presente; con esto se finaliza la encuesta el día martes 27 de septiembre, para analizar los datos posteriormente; de tal forma que se generó el primer entregable del proyecto denominado “Resultado encuesta información de usuarios de muletas”.

Seguido a esto, al analizar los resultados de la encuesta, se extrajeron características claves de lo que los usuarios querían tener en el producto y estas características se traducen a CTQ para hacer el despliegue de la Casa de la calidad (QFD). Para ejecutar de forma correcta el despliegue y análisis de la QFD, se asignó un valor de importancia entre 1 y 5 a cada CTQ, donde 1 es poco importante y 5 es muy importante; estos valores se determinaron a través de los resultados de una nueva encuesta para recopilar nuevamente la VOC de una forma más específica y técnica.

Tabla 2. Segunda encuesta

Encuesta CTQ de muletas
SECCIÓN 1
A continuación, realizará una encuesta sobre el uso y experiencia que ha tenido con muletas, donde tendrá que responder la importancia para usted entre 1 y 5 de las siguientes características de las muletas donde 1 es poco importante y 5 es muy importante.
Muletas más seguras (punta de goma, resistencia)
Muletas más cómodas (goma de axilar, goma de manillar)
Que las muletas cuenten con un sistema de iluminación
Que las muletas cuenten con un sistema de soporte de objetos pequeño
Muletas con menor peso
Sistema Mixto para reducción de tamaño

Fuente. Elaboración propia

Con los CTQ determinados y cada uno clasificado con el promedio de los resultados de la segunda encuesta, se continuó con el despliegue de la QFD como tercer entregable, a través de este se determinaron qué elementos se tendrían en cuenta para el desarrollo de los planos referentes al rediseño del aparato ortopédico axilar. Adicionalmente la QFD permite un breve análisis de la competencia para ver cómo ellos se están comportando con los diferentes CTQ y cómo es su comportamiento en cuanto a la cómo realizan cada característica técnica de calidad.

Como indica la metodología Lean Design, donde el punto clave es realizar diferentes iteraciones del modelo, de tal forma que en cada iteración se presenta un valor agregado al producto. Considerando esto, después de haber terminado el ranking de las seis CTQ plantadas en la QFD, se realizaron en total siete iteraciones para obtener como resultado el plano final. La primera iteración es el modelo base del aparato ortopédico axilar, la segunda iteración hace referencia al modelo con los puntos de fracturación, la tercera iteración muestra el modelo con el sistema de rieles aplicados, la cuarta iteración muestra el aparato ortopédico funcional en su reducción con rieles, la quinta iteración muestra la reducción con rieles y articulación, la iteración seis muestra como el diseño y algunas proporciones de la muleta cambian, considerando la ergonomía, uso de materiales y costos de producción; finalmente la iteración siete muestra la muleta funcional en su reducción, además de un nuevo cambio en su estructura.

Para determinar la viabilidad del proyecto se realizó el análisis según la iteración final del diseño sobre los materiales usados y la cantidad de estos, de tal forma que se generó un presupuesto para determinar el costo de producción por unidad, adicionalmente se toma como referencia la población en Colombia de personas discapacitadas que usan muletas, en aras de determinar los posibles ingresos que generaría este proyecto (Max, 2018).

En el mismo análisis financiero se buscó determinar los posibles ingresos por ventas del proyecto al año, de tal forma que inicialmente con información del DANE sobre las personas registradas en el Registro para la Localización y Caracterización de Personas con Discapacidad (RLCPD) en Colombia (*sala-situacion-discapacidad.pdf*, s. f.), se determina el 34% según su información, de personas que sufren de afectaciones en su parte locomotora a causa de su discapacidad) de tal forma que con el 34% de los registros por año se calcularon las cantidades de discapacitados de los años 2019 a 2024, esto a través del método de pronóstico Regresión lineal; a los resultados obtenidos del pronóstico se les estima un 80% de posibles usuarios de muletas.

Con el pronóstico determinado se plantea una inflación promedio anual para calcular los posibles ingresos en los años 2022 a 2025 y se determinan los posibles ingresos por ventas. Finalmente se analiza el comportamiento del estado de resultados por medio del Punto de equilibrio en el proyecto y el indicador financiero Retorno sobre inversión (ROI).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del primer entregable, permiten identificar las características de la población y los requerimientos técnicos de calidad, donde se encontró lo siguiente:

El rango de edad que predomina en usuarios de muletas es entre 18 a 40 años, mientras que la parte de géneros está con un resultado similar, 54% femenino vs 45% masculino, se continua con la estatura de los encuestados, en la cual tiene una predominancia el valor 168 cm, adicionalmente el peso de los encuestados arroja tres valores importantes para tener en cuenta dentro del rango de 52 kg a 65 kg; una vez determinada las características de los usuarios, se continua con la razón de por qué de muletas, lo cual resultó que la mayoría de los usuarios se

recuperan de un Postoperatorio y la mayoría lleva menos de 2 meses con muletas, además se espera que las dejen en menos de dos meses, dando un total de 4 meses siendo usuarios de muletas; para finalizar la sección se determinó la forma en que las personas adquieren el aparato ortopédico, de lo cual se tiene que el 40,9% de los usuarios compra las muletas de forma propia

En la tercera sección de la encuesta se pretende analizar la experiencia de uso con las muletas y las expectativas ante un nuevo producto mejorado, de tal forma que los resultados arrojaron que la comodidad de los usuarios presenta un sesgo a valores del 1 al 5, lo cual indica la incomodidad de usarlas, mientras que los resultados de la dificultad de acceder al transporte con muletas presentan valores en su mayoría entre 5 y 10, lo cual ratifica lo difícil que les es acceder al transporte, así mismo el 63,6% informa que sus muletas no les parecen seguras, considerando sus experiencias, los encuestados indican algunos aspectos para cambiar de las muletas, los cuales radican fuertemente con el manillar, axilar y punta de goma.

Por parte de las expectativas ante un nuevo producto, el 90,9% presenta una respuesta afirmativa ante la preferencia de una muleta capaz de reducir su tamaño, lo cual se realizará por medio de un sistema preferido por los encuestados, dado el resultado de que el 59% prefiere el sistema mixto (rieles y articulación) para reducir el tamaño de las muletas, adicionalmente se da la oportunidad de opinar sobre una característica que genere valor agregado en el producto, con lo cual se presentan datos importantes sobre características adicionales. Finalmente se extrae el posible precio de ventas del producto, donde el 50% de las personas está dispuesto a pagar entre 100.000 y 150.000 COP por la compra de las muletas.

El objetivo principal de la segunda encuesta es determinar el peso entre 1 y 5 de cada una de las CTQ para los usuarios, por lo tanto, se obtuvieron los siguientes resultados.

La CTQ de muletas más seguras, considerando su punta de goma y resistencia, obtuvo un peso de 4,07. Para la CTQ referente a muletas más cómodas donde se consideraban las gomas de axilar y manillar, obtuvo un peso de 3,80. Los encuestados otorgan un peso de 3,05 a la CTQ de muletas con un sistema de iluminación, seguido a esto la CTQ de que las muletas cuenten con algún portaobjetos recibe un peso de 3,16. Para la CTQ de muletas más livianas los encuestados otorgan un peso de 3,7 y finalmente para la característica de reducción del tamaño por medio de un sistema mixto (rieles y articulación), se obtiene un valor de 3,82. Estos valores se posicionan como VA (valor absoluto) en la QFD para a partir de ellos desarrollar el despliegue.

Con el despliegue de la casa de la calidad se obtienen los resultados referentes las características que llevará el rediseño de los planos de la muleta, de tal forma que se puede interpretar el resultado con las tres principales CTQ, como la inclusión de materiales más livianos para reducir el peso de las muletas, adicionalmente es pertinente implementar el sistema de reducción de tamaño por medio de los rieles y una articulación. Las CTQ que obtuvieron los tres últimos puestos del ranking hacen referencia al mejor ajuste anatómico de las gomas axilares y manillares, un sistema de iluminación y un portaobjetos; de tal forma que se considera incluir en el diseño un pequeño sistema de iluminación para ayudar a los usuarios en situaciones de oscuridad, adicionalmente se plantea la evaluación de diferentes tipos de materiales para ser usados en los axilares y manillares con el fin de brindarle a los usuarios un agarre más cómodo evitando laceraciones en sus manos, dorsales y axilas.

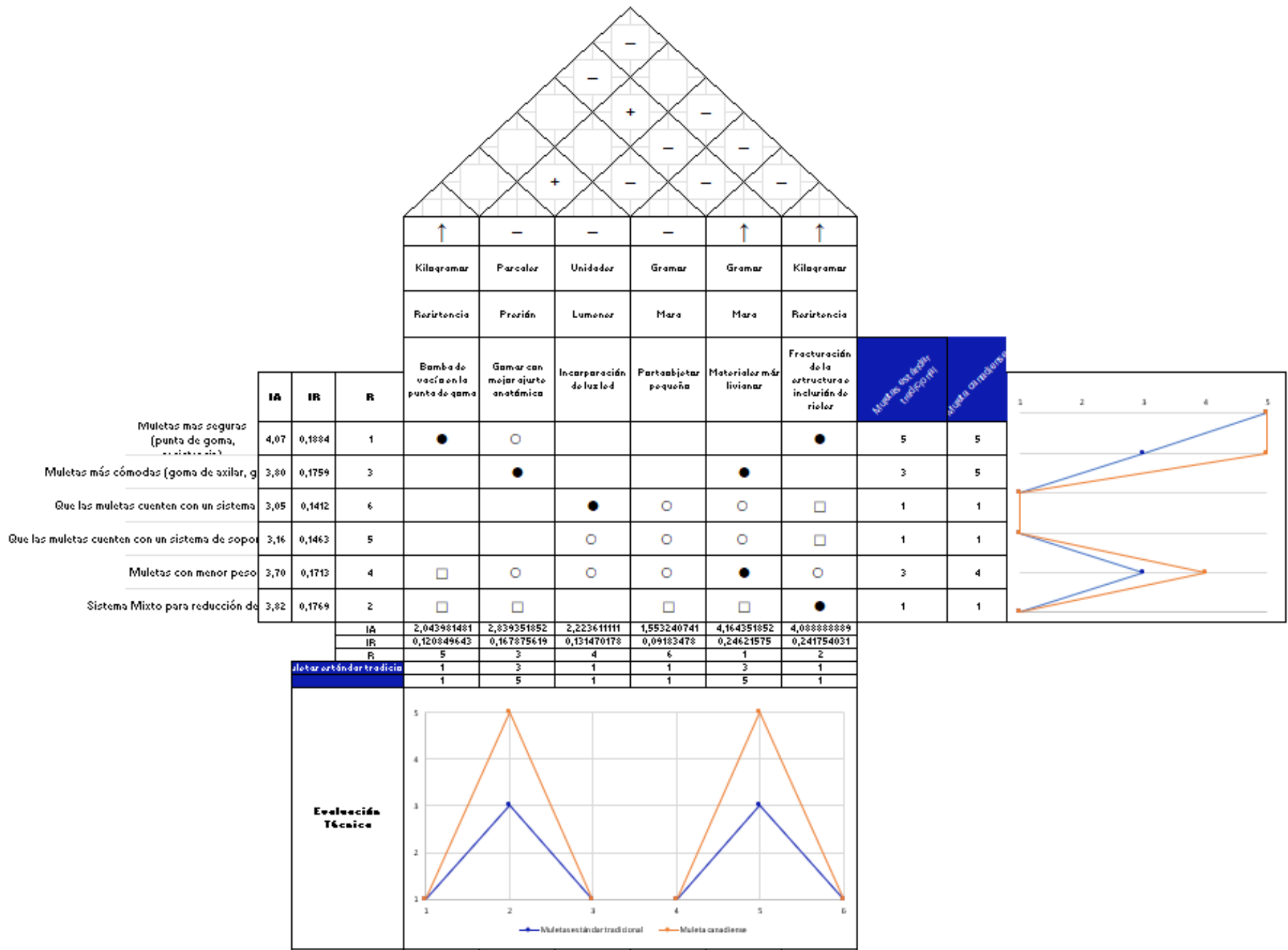
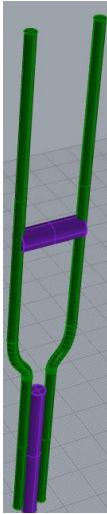
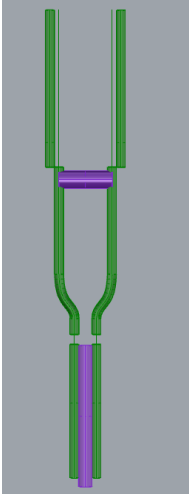
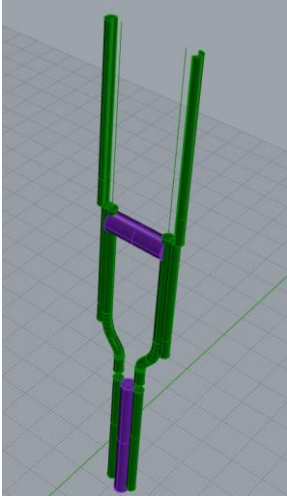
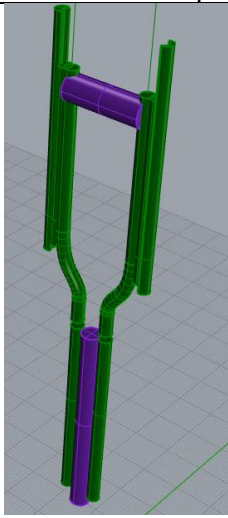
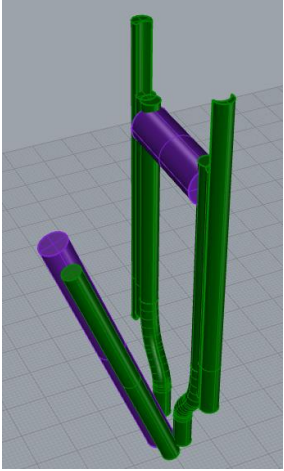
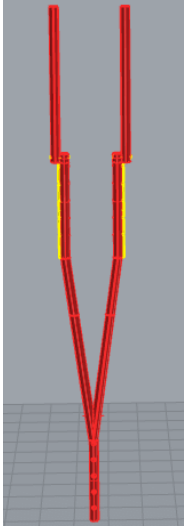


Ilustración 1. Despliegue QFD
Fuente. Elaboración propia

ITERACIONES DEL REDISEÑO	DESCRIPCIÓN
 <p data-bbox="232 936 581 995">Ilustración 2. Diseño iteración 1 Fuente. Elaboración propia</p>	<p data-bbox="634 344 878 375">Primera iteración</p> <p data-bbox="634 417 1406 961">En la primera iteración para generar el prototipo de muleta capaz de reducir su tamaño, se plantea la estructura convencional para analizar los posibles cambios y puntos de fractura que se realizaran en la estructura. La estructura en su altura tiene una medida total de 104 cm sin su tubo inferior movable; mientras que con su tubo puede llegar hasta los 134 cm. El diámetro de los tubos es de 2 cm y su separación es de 10 cm.</p>
 <p data-bbox="232 1535 581 1593">Ilustración 3. Diseño iteración 2 Fuente. Elaboración propia</p>	<p data-bbox="634 1005 883 1037">Segunda iteración</p> <p data-bbox="634 1079 1398 1549">En la segunda iteración se muestra la muleta convencional modificada en su estructura, en cuanto a los puntos de fractura y una ampliación en su forma, con el fin de generar espacios para el deslizamiento de los rieles. La ampliación consiste en 2 cm hacia los extremos de cada tubo medio, generando así el espacio para el sistema de rieles, la muleta mantiene el mismo tamaño total de 134 cm,</p>

 <p>Ilustración 4. Diseño iteración 3 Fuente. Elaboración propia</p>	<p>Tercera iteración</p> <p>La tercera iteración muestra los cortes o adecuaciones que tendrán las barras superiores para generar el espacio de los rieles que se detallan en las barras medias, debajo de la perforación superior del manillar. Con esto se genera el primer sistema para reducir 1/3 del tamaño. Los cortes se entienden como un arco con radio de 1 cm que perfora verticalmente los tubos superiores de la muleta.</p>
 <p>Ilustración 5. Diseño iteración 4 Fuente. Elaboración propia</p>	<p>Cuarta iteración</p> <p>La cuarta iteración muestra la forma en que se vería la muleta con la primera reducción, adicionalmente se muestra la fractura entre las barras medias e inferiores, lo que da paso al siguiente movimiento para reducir, es decir, por medio del pliegue de esta parte inferior. De forma que para poder deslizar la estructura se necesitaría un sistema de rieles, el cual se plantea como la adhesión de tubos de 2 cm de diámetro a los lados de los tubos intermedios.</p>

 <p>Ilustración 6. Diseño iteración 5 Fuente. Elaboración propia</p>	<p>Quinta iteración</p> <p>Esta iteración muestra de forma simulada cómo se vería la muleta totalmente reducida, en la cual se evidencia que realmente disminuye de forma considerable su tamaño, lo que permite un mejor manejo y un incremento en la comodidad de los usuarios. Esta iteración da pie para pulir el resultado e implementar un sistema de articulación de bajo costo.</p>
 <p>Ilustración 7. Diseño iteración 6 Fuente. Elaboración propia</p>	<p>Sexta iteración</p> <p>Se plantea una sexta iteración considerando aspectos a mejorar como el peso de la muleta, pues se estaba manejando en algunas partes con materiales sólidos, así mismo se evalúa el diseño en cuanto a atracción al cliente. Por lo tanto, esta iteración muestra el resultado final del diseño del prototipo de una muleta capaz de reducir su tamaño; en comparación con las primeras iteraciones se observa un gran cambio en el diseño inferior y una disminución en los rieles que conforman la parte superior. La sexta iteración respeta los 104 cm de la estructura, sin embargo, se modificaron los tamaños de los tubos superiores, medio e inferiores, adicionalmente se minimiza el diámetro de las perforaciones verticales del tubo superior y de igual forma se disminuye el diámetro de las varillas adicionadas a los tubos intermedios.</p>

 <p data-bbox="217 1226 620 1283">Ilustración 8. Diseño iteración final Fuente. Elaboración propia</p>	<p data-bbox="634 197 878 233">Séptima iteración</p> <p data-bbox="634 268 1406 1035">Con el objetivo de optimizar el proceso de producción, disminuir costos y pesos del producto en la séptima interacción se planteó una reestructuración de la muleta, pues se deja atrás el sistema de rieles y se aplica el sistema de inserción, es decir los tubos superiores caen dentro de los tubos medios, para lo cual se consideró un método de ajuste tipo “pines” como sucede en la parte inferior de la muleta. La siguiente parte para reducir es con articulación, para lo cual se tomó el sistema establecido en algunos bastones, el cual consta de una cuerda de tensión dentro de la estructura, esto permite doblar y desdoblar ese punto de la estructura.</p>
--	--

Con la iteración final, el nuevo prototipo de muletas se coloca a prueba de cargas en el Software de diseño *SOLIDWORKS Simulation*, para validar que la estructura respeta la resistencia de las muletas convencionales. Para la prueba de carga se tomó en cuenta una resistencia de 75 Kg por muleta, asimilando un peso máximo de una persona de 150 Kg. Se aplicaron las diferentes fuerzas para las barras laterales, barra superior y el ajuste del manillar; considerando el ajuste que da el tornillo en el manillar; de tal forma que el peso de 150 Kg se

interpreta como una fuerza de 1500 Newtons ejercida sobre ambas muletas, toda esta información se detalla en las siguientes *Ilustraciones*.

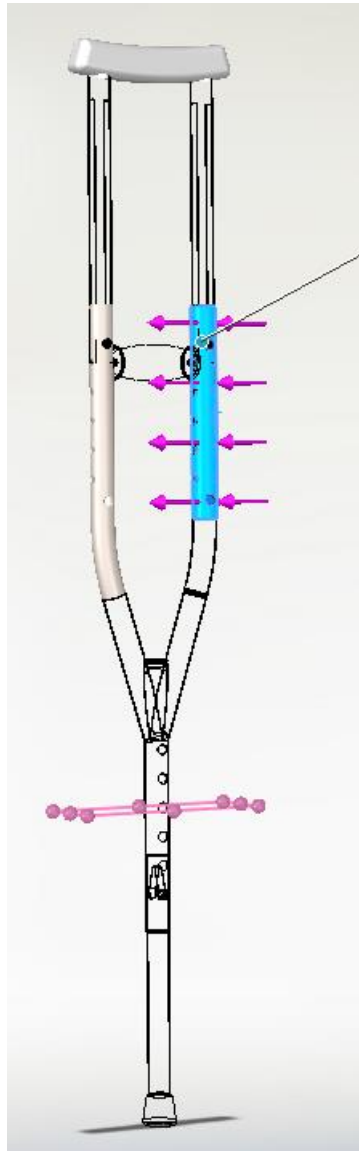


Ilustración 10. Fuerza aplicada ajuste tornillo barra lateral derecha.
Aprox 35 Newton
Fuente. Elaboración propia

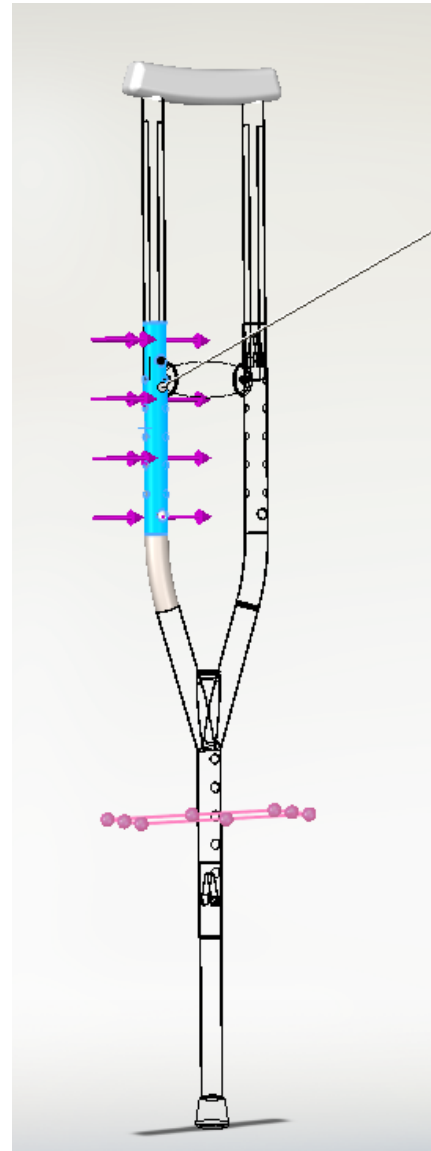


Ilustración 9. Fuerza aplicada ajuste tornillo barra lateral izquierda
Aprox 35 Newton
Fuente. Elaboración propia

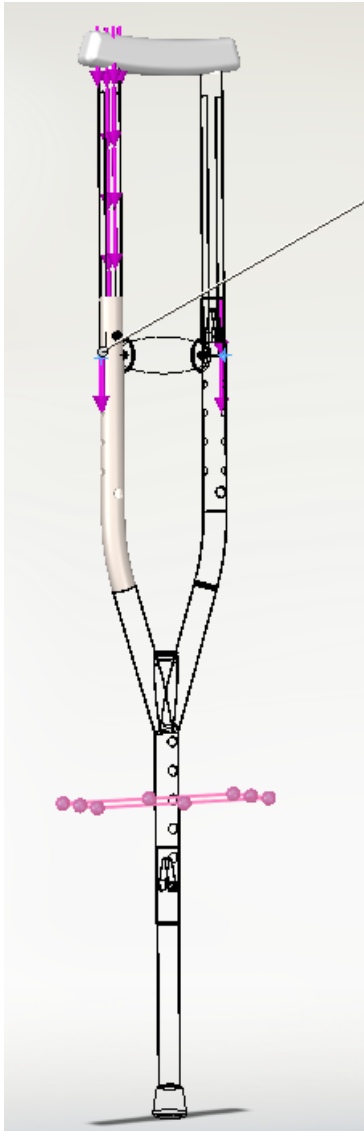


Ilustración 12. Fuerza aplicada punto medio (manillar) de la muleta. Aprox 450 Newtons

Fuente. Elaboración propia

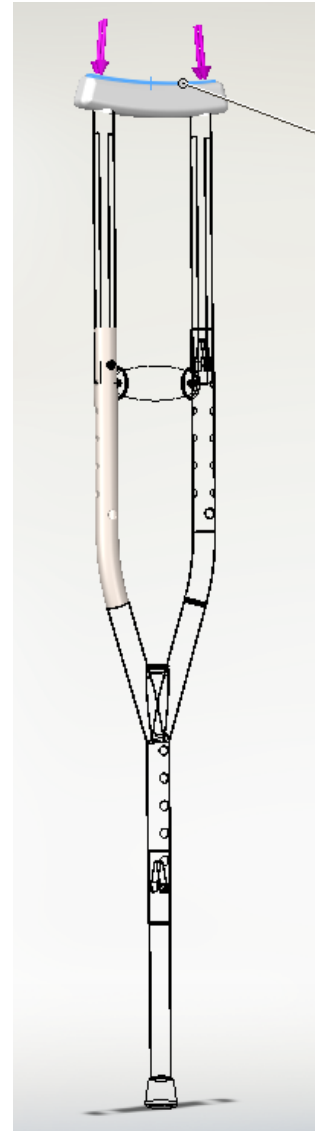


Ilustración 11. Fuerza aplicada punto medio (manillar) de la muleta. Aprox 300 Newtons

Fuente. Elaboración propia

Con las fuerzas ya asignadas, se ejecutó la simulación del sistema donde muestra que el resultado es totalmente sólido y capaz de soportar 150 Kg de peso sin ningún problema, esto se entiende por la rigidez que tiene la estructura por las soldaduras y los materiales (acero,

aluminio) usados. Esto se detalla en la siguiente *Ilustración*, donde se ve la estructura de color azul, lo cual representa que no sufre distorsiones por el peso, el único punto para analizar es su parte superior que se ve deformada, esto se entiende porque el material de este elemento puede ser de goma o poliuretano de alta densidad, el cual al recibir 300 Newtons de fuerza se modifica su forma; sin embargo, al retirar la carga, vuelve a su forma natural.

Por lo tanto, se obtiene una muleta con una altura total de 130 cm, con un peso aproximado de 900 gramos, el cual se ve sujeto a cambios si se cambian materiales de algunos de sus componentes (gomas, cauchos, poliuretano de alta densidad). La nueva estructura del rediseño garantiza seguridad y resistencia al igual que la posibilidad de disminuir en su tamaño.

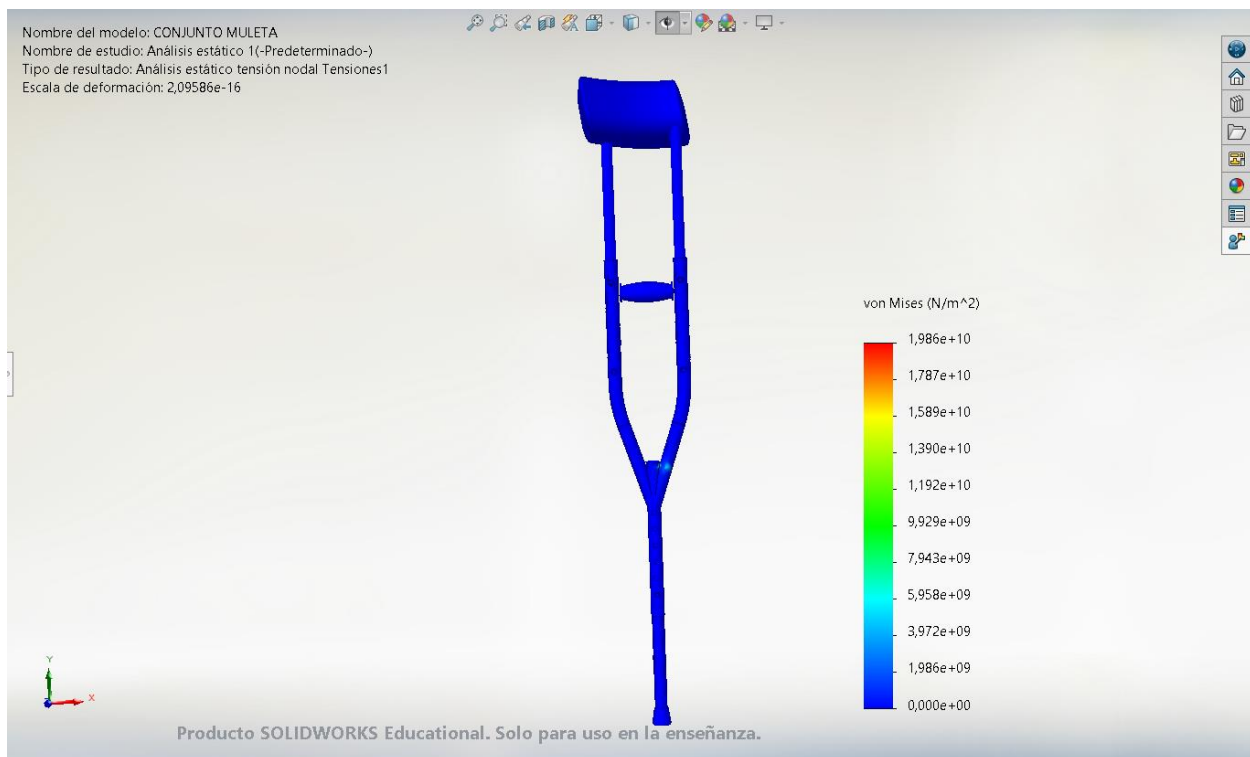


Ilustración 13. Simulación de carga a la estructura, aprox 700 Newtons

Se realizó el análisis financiero para determinar el presupuesto de la producción de un par de muletas, inicialmente se tomó como referencia los precios de mercado por unidad para los diferentes materiales directos usados en el producto.

En la *Tabla 3* se muestran los datos obtenidos del DANE, sobre las personas registradas con discapacidades desde el año 2002 hasta el 2018. Considerando el valor también otorgado por el DANE, el cual indica que el 34% de las personas padecen de alguna afectación en su parte motriz; con esta información se obtienen los datos de la columna derecha.

Tabla 3. Registro RLCPD

PERSONAS REGISTRADAS DISCAPACIDADES		
Año	# personas	Personas afectación física 34%
2002	4522	1537,48
2003	20076	6825,84
2004	35292	11999,28
2005	120833	41083,22
2006	148806	50594,04
2007	95849	32588,66
2008	67040	22793,6
2009	62630	21294,2
2010	44106	14996,04
2011	23219	7894,46
2012	42879	14578,86
2013	88146	29969,64
2014	119985	40794,9
2015	159677	54290,18
2016	114758	39017,72
2017	146006	49642,04
2018	155155	52752,7

Fuente. Elaboración propia

Como la información es limitada en cuanto a los nuevos registros de personas con algún tipo de discapacidad, se tomaron los datos del 34% para generar una gráfica que permita ver su comportamiento, de tal forma que se obtuvo *la Ilustración 9*, donde se muestra que los datos tienen un comportamiento **NO** estacional y con tendencia. El análisis del comportamiento permite determinar el uso de un método de pronóstico, de tal forma que se usó el Método de Regresión Lineal.

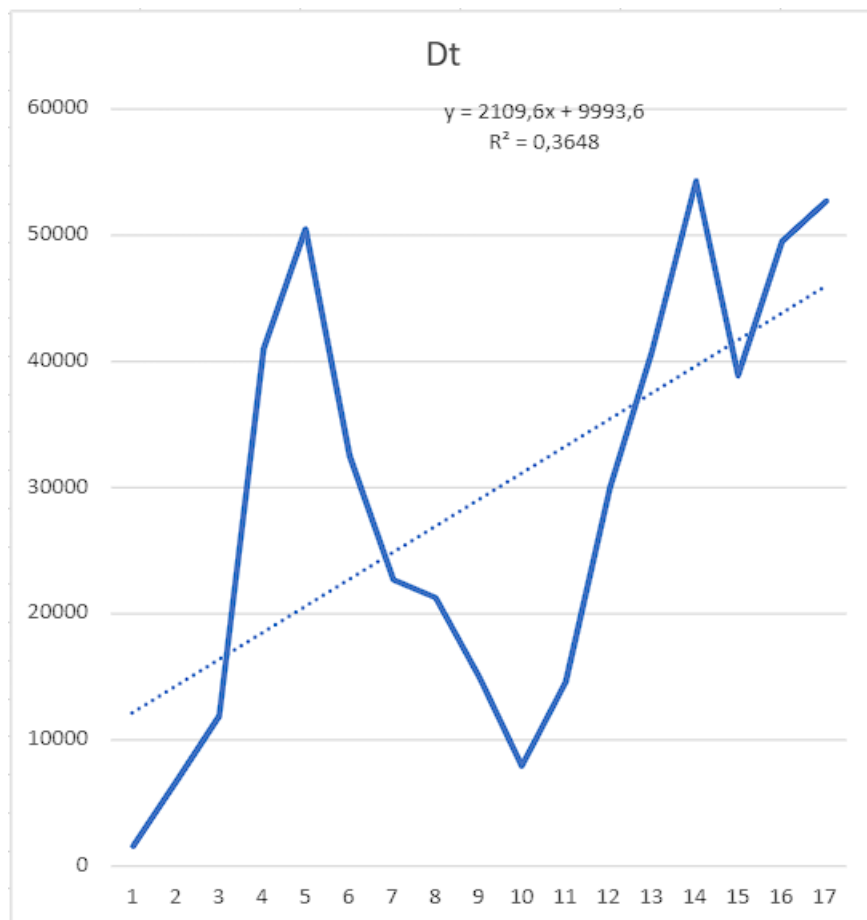


Ilustración 14. Comportamiento demanda
Fuente. Elaboración propia

El método de regresión lineal arroja los valores de la *Tabla 4*, de tal forma que para el horizonte de planeación se toman los datos desde el año actual (2022) hasta el 2025.

Tabla 4. Pronóstico años 2022 a 2025

Año	Pronóstico (regresión lineal)
2019	47966,4
2020	50076
2021	52185,6
2022	54295,2
2023	56404,8
2024	58514,4
2025	60624

Fuente. Elaboración propia

Para el planteamiento del presupuesto de ventas, como se observa en la *Tabla 5*, se tomó inicialmente los resultados del pronóstico de los años 2022 a 2025, para estos valores se les estima que el 80% podrían ser usuarios de muletas, de tal forma que se obtienen los valores de posibles ventas. Seguido a esto se estimó la participación en el mercado a través de los años, lo cual permite saber la producción real que tendrá el proyecto, se determina la cantidad de pares de muletas y la producción diaria que se debe tener para satisfacer la participación en el mercado determinada. Cabe recalcar que la producción mensual equivale a 24 días laborales.

Tabla 5. Presupuesto de ventas

Presupuesto de ventas					
		2022	2023	2024	2025
Resultados del pronóstico		54295	56405	58514	60624
Porcentaje de posibles usuarios de muletas	80%				
Cantidad de usuarios con muletas		43436	45124	46812	48499
Participación en el mercado		5%	10%	15%	20%
Cantidad en pares muletas		2172	4512	7022	9700
Cantidad en unidades de muletas		4343,616	9024,768	14043,456	19399,68
Producción mensual		361,968	752,064	1170,288	1616,64
Producción diaria	24 días laborales	15,082	31,336	48,762	67,36

Fuente. Elaboración propia

Con el presupuesto de ventas determinado, se continuó con la estimación de costos de materiales directos como se observa detalladamente en la *Tabla 6*; para lo cual se identificaron los materiales y su cantidad por unidad de muleta, así mismo se asignaron los diferentes precios del mercado para estimar el costo total por unidad. Dicho costo equivale a 48.183 COP por unidad de muleta, es decir, el costo de fabricación por par de muletas es de 96.366 COP. A este valor se le agrega el costo de mano de obra directa (MOD) y costos indirectos de fabricación (CIF).

Tabla 6. Requerimientos de material/unidad muleta

Requerimientos 1 muleta			
Material	Cantidad	Unidades	Precio
Acero 2,5 cm	93	cm	\$ 12.400
Aluminio 2,7 cm	120	cm	\$ 10.000
Hierro manillar 5 mm	10	cm	\$ 583
Tapa plástica	1	Unidad	\$ 300
Manillar plástico	1	Unidad	\$ 1.000
Axilar plástico	1	Unidad	\$ 1.000
Goma de manillar	1	Unidad	\$ 5.000
Goma de axilar	1	Unidad	\$ 5.000
Caucho	1	Unidad	\$ 2.500
Tuerca mariposa	1	Unidad	\$ 200
Arandela plástica	1	Unidad	\$ 25
Arandela metálica	1	Unidad	\$ 50
Soldadura aluminio	15	cm	\$ 4.250
Remaches de hierro	15	cm	\$ 875
Cuerdas de tensión	50	cm	\$ 5.000
TOTAL MD			\$ 48.183

Fuente. Elaboración propia

En la *Tabla 7* se detalla el presupuesto de producción, para esta parte se tomaron los datos de pares de muletas a producir, extraídos del presupuesto de ventas; se determina una inflación promedio anual del 8% como incremento del costo de producción unidad de muleta. Con esta información se hallaron los diferentes valores que representan cuanto en materiales directos cuesta la fabricación de muletas.

Tabla 7. Presupuesto de producción

Presupuesto de producción				
	2022	2023	2024	2025
Pares de muletas	2171,808	4512,384	7021,728	9699,84
Inflación	8%	8%	8%	8%
Costo unidad de muleta	\$ 48.183	\$ 52.038	\$ 56.201	\$ 60.697
Costo MD TOTAL	\$ 209.288.450	\$ 469.627.628	\$ 789.251.372	\$ 1.177.496.621

Fuente. Elaboración propia

Considerando la producción diaria ya determinada, y analizando el proceso de producción y ensamblaje de las muletas se estima que una persona puede producir aproximadamente 5 pares

de muletas en 8 horas de trabajo, de tal modo que se hallan la cantidad de operarios requerida por año para satisfacer la demanda de la participación en el mercado, como se muestra en la *Tabla 8*.

Tabla 8. Mano de obra directa

MOD				
	2022	2023	2024	2025
Operarios	2	2	5	7
Sueldo devengado	\$ 1.500.000	\$ 1.620.000	\$ 1.749.600	\$ 1.889.568
Inflación anual	8%	8%	8%	8%
Sueldo real	\$ 2.309.930	\$ 2.494.724	\$ 2.694.302	\$ 2.909.847
TOTAL MOD	\$ 55.438.320	\$ 59.873.386	\$ 161.658.141	\$ 244.427.109

Fuente. Elaboración propia

En la *Tabla 9* se muestran los CIF, de forma que se estima la adquisición de una propiedad en arriendo, se plantea tomarla en el sector del 7 de Agosto, considerando que es un sitio central y el comercio que se maneja en el sector como repuestos, ventas al por mayor de elementos que se usan como materiales directos en la fabricación de las muletas, así mismo se estiman los valores en cuanto a servicios públicos, siendo la luz el valor mas alto, pues se deben manejar ciertas máquinas (torno, pulidora, taladro, soldadura) para llevar a cabo la producción de muletas. Se mantiene el valor de inflación anual del 8% para el incremento de los CIF.

Tabla 9. Costos Indirectos de Fabricación

CIF				
	2022	2023	2024	2025
Inflación anual	8%			
Arriendo	\$ 5.000.000	\$ 5.400.000	\$ 5.832.000	\$ 6.298.560
Luz	\$ 500.000	\$ 540.000	\$ 583.200	\$ 629.856
Agua	\$ 200.000	\$ 216.000	\$ 233.280	\$ 251.942
Gas	\$ 100.000	\$ 108.000	\$ 116.640	\$ 125.971
Depreciación				
TOTAL CIF	\$ 5.800.000	\$ 6.264.000	\$ 6.765.120	\$ 7.306.330

Fuente. Elaboración propia

Con el objetivo de llevar a cabo el proceso productivo de muletas de forma continua, en una línea de producción secuencial, en la *Tabla 10* se identificaron las diferentes máquinas y

herramientas, junto a los EPP de cada empleado. De tal forma que se muestra el precio unitario, la fila de “Cantidad” hace referencia a cuántos de cada máquina, herramienta y EPP se deberá adquirir a través de los años del horizonte de planeación del proyecto. Adicionalmente se determina el valor de Muebles y Enseres, haciendo referencia a la parte administrativa del proyecto. Todos estos valores se tuvieron en cuenta para hallar las depreciaciones por cada concepto y la depreciación acumulada, lo cual se evidencia en el estado de resultados.

Tabla 10. Presupuesto de inversión

Presupuesto de inversión					
	Precio unitario	2022	2023	2024	2025
Cantidad torno		1	1		
Torno	\$ 2.363.193	\$ 2.363.193	\$ 2.552.248		
Cantidad taladro		1	1	1	1
Taladro de árbol	\$ 489.900	\$ 489.900	\$ 529.092	\$ 571.419	\$ 617.133
Cantidad equipo de soldadura		1	1	2	
Equipo de soldadura	\$ 1.199.000	\$ 1.199.000	\$ 1.294.920	\$ 2.797.027	
Cantidad Pulidora		2	1	1	2
Pulidora	\$ 289.900	\$ 579.800	313.092	\$ 338.139	\$ 730.381
Cantidad EPP		2	0	3	2
Gafas de seguridad	\$ 30.000	\$ 60.000	-	\$ 90.000	\$ 60.000
Guantes de carnaza	\$ 32.000	\$ 64.000	-	\$ 96.000	\$ 64.000
Overol	\$ 58.320	\$ 116.640	-	\$ 174.960	\$ 116.640
Botas	\$ 69.500	\$ 139.000	-	\$ 208.500	\$ 139.000
Casco de protección	\$ 31.900	\$ 63.800	-	\$ 95.700	\$ 63.800
Molde para pines		\$ 500.000			
Muebles y enseres		\$ 5.500.000			

TOTAL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN		\$ 11.075.333	\$ 4.689.352	\$ 4.371.746	\$ 1.790.954

Fuente. Elaboración propia

Con el presupuesto de inversión determinado, se realizó el cálculo de las depreciaciones en dos grupos, el primero hace referencia a máquinas y EPP (elementos de proyección personal) con un horizonte de depreciación de ocho y dos años respectivamente; el segundo grupo es la depreciación de muebles y enseres calculado a cinco años, como se muestra en la *Tabla 11*.

Tabla 11. Depreciaciones

Depreciación					
		2022	2023	2024	2025
Maquinaria a 8 años y EPP a 2 años	8	\$ 1.050.707	\$ 1.050.707	\$ 1.050.707	\$ 1.050.707
	2		\$ 586.169	\$ 586.169	\$ 586.169
				\$ 795.903	\$ 795.903
					\$ 390.159
TOTAL DEPRECIACION MAQUINAS Y EPP		\$ 1.050.707	\$ 1.636.876	\$ 2.432.779	\$ 2.822.938
Depreciación MyE a 5 años	5	\$ 1.100.000			
TOTAL DEPRECIACION MyE		\$ 1.100.000	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000

Fuente. Elaboración propia

Contemplando el presupuesto de inversión analizado previamente, en la siguiente *Tabla 12* se describe la financiación del proyecto, de tal forma que se determinó el Capital de trabajo en 3,5 meses. El capital de trabajo está compuesto por la suma de MD, CIF, MOD y Gastos operacionales (GAO) sin depreciación. El valor obtenido para el Capital de trabajo se suma con el costo de la propiedad planta y equipo (PPE), lo cual da la **Inversión requerida** de 80.567.238 COP en el proyecto.

Se estima un aporte de socios del 20% y el 80% restante será financiado con entidad bancaria.

Tabla 12. Plan de financiación

Financiación	
Capital de trabajo	3,5
MD	\$ 209.288.450
CIF	\$ 5.800.000
MOD	\$ 16.169.510
GAO sin depreciación	\$ 7.000.000
Capital de trabajo	\$ 69.491.905
PPE	\$ 11.075.333
Inversión requerida	\$ 80.567.238
Aporte socios	20%
	\$ 16.113.448
Financiación	80%
	\$ 64.453.790

Fuente. Elaboración propia

Considerando los valores representativos de cada porcentaje, para la siguiente Tabla de amortización se toman los 64.453.790 COP para solicitud de préstamo a cuatro (4) años con una tasa de interés EA del 15%. De forma que en la *Tabla 13* se detalla anualmente el comportamiento de la deuda, analizando los valores de cuota, amortización y saldo pendiente.

Tabla 13. Tabla de amortización

CONCEPTO	INICIAL	1	2	3	4
PRESTAMO	\$ 64.453.790				
CUOTA		\$ 22.575.929,53	\$ 22.575.929,53	\$ 22.575.929,53	\$ 22.575.929,53
INTERES EA	4	\$ 9.668.069	\$ 7.731.889	\$ 5.505.283	\$ 2.944.686
AMORTIZACION	15 %	\$ 12.907.860,98	\$ 14.844.040,13	\$ 17.070.646,15	\$ 19.631.243,07

SALDO	\$	\$	\$	\$	\$
	64.453.790	51.545.929,35	36.701.889,22	19.631.243,07	-

Fuente. Elaboración propia

Finalmente se muestra en la *Tabla 14* el estado de resultados referente al proyecto, como se observa en la Utilidad Neta o Utilidad después de impuestos, el valor para el primer año del horizonte de planeación es algo pequeño, no alcanza a ser negativo, pero tampoco es un valor significativo; sin embargo no es un valor del cual preocuparse, pues es una empresa nueva por y toda la inversión realizada no se espera un margen de ganancias elevado. Ahora al analizar el resto de los años del horizonte de planeación se observan utilidades con valores más llamativos, todas garantizando que el proyecto será sustentable a través de los años.

Tabla 14. Estado de resultados

Estado de resultados				
	2022	2023	2024	2025
Producción	4343,616	9024,768	14043,456	19399,68
PV	150000	162000	174960	188956,8
Ventas	\$ 325.771.200	\$ 731.006.208	\$ 1.228.521.531	\$ 1.832.850.727
MD	\$ 209.288.450	\$ 469.627.628	\$ 789.251.372	\$ 1.177.496.621
MOD	\$ 55.438.320	\$ 59.873.386	\$ 161.658.141	\$ 244.427.109
CIF	\$ 5.800.000	\$ 6.264.000	\$ 6.765.120	\$ 7.306.330
Depreciaciones	\$ 1.050.707	\$ 1.636.876	\$ 2.432.779	\$ 2.822.938
Utilidad Bruta	\$ 54.193.724	\$ 193.604.318	\$ 268.414.119	\$ 400.797.729
Gastos operacionales	\$ 5.000.000	\$ 5.500.000	\$ 6.050.000	\$ 6.655.000
Gasto de ventas	\$ 2.000.000	\$ 2.200.000	\$ 2.420.000	\$ 2.662.000
Depreciación MyE	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000	\$ 1.100.000
Utilidad Operacional	\$ 46.093.724	\$ 184.804.318	\$ 258.844.119	\$ 390.380.729
Otros ingresos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Otros egresos	\$ 800.000	\$ 864.000	\$ 933.120	\$ 1.007.770
Gastos financieros	\$ 22.575.929,53	\$ 22.575.929,53	\$ 22.575.929,53	\$ 22.575.929,53

UAI		\$ 22.717.794	\$ 161.364.389	\$ 235.335.069	\$ 366.797.030
Impuestos	35%	\$ 7.951.228	\$ 56.477.536	\$ 82.367.274	\$ 128.378.960
Utilidad NETA		\$ 14.766.566	\$ 104.886.853	\$ 152.967.795	\$ 238.418.069

Fuente. Elaboración propia

Con el estado re resultados se calculó el Punto de equilibrio para el proyecto, como se detalla en *Tabla 15*, la cantidad necesaria para recuperar la inversión es de 1708 pares de muletas aproximadamente, considerando que la participación en le mercado para abordar el primer año hace referencia a 2172 pares de muletas, se puede entender que en el primer año se cumple con este punto de equilibrio, generando resultados positivos para el proyecto.

Tabla 15. Punto de equilibrio

Punto equilibrio (pares de muletas)	
CF	\$ 91.614.249,53
CV	\$ 96.366
Punto equilibrio (pares de muletas)	1708,137553

Fuente. Elaboración propia

Se continuó con el análisis del indicador financiero ROI como se muestra en la *Tabla 16*, el cual para el último año del horizonte de planeación arrojó un resultado de 25%, el cual indica que por cada peso invertido se retorna el 25%. De forma que es un valor positivo para los inversionistas en el proyecto.

Tabla 16. ROI

	2025
Inversión	\$ 1.466.053.697
Ganancia	\$ 1.832.850.727
ROI	25,0%

Fuente. Elaboración propia

CONCLUSIONES

Finalmente, se da cumplimiento a los objetivos del proyecto, de tal forma que se analizaron las necesidades de la propias por medio de la QFD de la población usuaria de dispositivos; por medio de la aplicación de la QFD se definen los puntos a tener en cuenta en el rediseño, por lo cual se tuvo el enfoque de reducción del tamaño, inicialmente por un sistema de rieles externos y articulación, sin embargo, al aplicar la metodología Lean design, donde se realizaron varias iteraciones para finalmente determinar un diseño con reducción de tamaño por sistema de funda y sistema de articulación por medio de cable de tensión.

El diseño realizado permite las pruebas de carga para validar que el producto es capaz de resistir una fuerza de 150 Kg, obteniendo una muleta con una extensión máxima de su tamaño a 130 cm y con un peso aproximado de 900 gramos; con la validación de carga se estableció el estudio de viabilidad donde se analizaron los materiales requeridos, se estimaron valores de la posible demanda, costos de mano de obra, costos indirectos de fabricación e impuestos, con todo esto se obtiene el estado re resultados para un horizonte de planeación de cuatro años, donde se evidencia que el proyecto genera utilidades significativas a partir del segundo año, pues en el primer año no presenta pérdidas pero el valor de la utilidad no es llamativo, esto se entiende porque el proyecto en el primer año hasta ahora fundamenta sus bases.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A, R. B., & H, O. Y. L. (2007). Osteoartritis: Actualización en manejo. *Revista Salud Uis*, 39(1), 23-29.
- Bosch, I. B., Rodríguez-Acosta, F. S., García, J. N., Gómez, L. M., Mut, S. A., Oñate, J. F., Roselló, R. M., & Pastor, J. P. (2014). Reinventando el concepto de muleta. *Revista de biomecánica*, 61, 69-75.
- Cintas, P. G., & Llabres, J. T.-M. (1995). *Técnicas para la gestión de la calidad*. Ediciones Díaz de Santos.
- del Sol, M., & Olave, E. (2002). ORIGEN AXILAR DE LA ARTERIA PROFUNDA DEL BRAZO. *Revista chilena de anatomía*, 20(2), 201-204. <https://doi.org/10.4067/S0716-98682002000200015>
- Grasso, L. (2006). *Encuestas. Elementos para su diseño y análisis*. Editorial Brujas.
- Guillem, R. B. i, Sendra, F. G., & Clavijo, M. C. (2003). ANFIMUL. Diseño de una muleta anfibia. *Revista de biomecánica*, 40, 11-14.
- Ko, C.-H., & Chung, N.-F. (2014). Lean Design Process. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(6), 04014011. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000824](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000824)
- La invención de las sillas de ruedas y las muletas. (2020, noviembre 13). *Blog - Omnirooms.com*. <https://www.omnirooms.com/blog/un-recorrido-por-la-historia-la-invencion-de-las-sillas-de-ruedas-y-las-muletas/>
- Max, B. R. J. (2018). Costos Y Presupuestos-CI173-201900. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/633072>

- Nossa-Almanza, S., Duplat, J., Rueda-Fonseca, L., Jara, A., Cabrera, F., & Romero-Cárdenas, C. (2020). Patrón cinemático de la marcha con ortesis de tobillo-pie de silicón en pacientes con pie caído. *Acta Ortopédica Mexicana*, 34(6), 371-375. <https://doi.org/10.35366/99134>
- Ortega-Loayza, D., Cisneros-Morales, C., Tabuchi-Yaqui, T., Arteaga-Chávez, L., Mayorca-Carmelo, C., Vaiz-Bonifaz, R., Bolaños-Hil, H., Salazar-García, M. del C., & Farro-Peña, G. (s. f.). *Prototipo de bioingeniería para el traslado y pesaje de pacientes hospitalizados con sobrepeso o movilidad limitada | Revista Enfermería Herediana*. Recuperado 4 de diciembre de 2022, de <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/RENH/article/view/2531>
- Reis Basílio, M., Cantador, A., Dal Poggetto Molinari, G. J., & Hüsemann Menezes, F. (s. f.). *Oclusão arterial aguda de membro superior associada à utilização de muleta: Relato de caso*. Recuperado 4 de diciembre de 2022, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=245033505014>
- Romo Guzmán, A., & Rodríguez Mata, E. (s. f.). *MULETA CONVERTIBLE*. https://speckle.inaoep.mx/~tecnologia_salud/2015/memorias/pdf/MyT2015_73_E.pdf
- Sala-situacion-discapacidad.pdf*. (s. f.).
- Varela, D. (s. f.). *CUATRO APROXIMACIONES A LA IMPORTANCIA DEL MOVIMIENTO EN LA EVOLUCIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA NERVIOSO*. 13.