

PROTY-SCAN

Cobertura con monitoreo para prótesis de miembros inferiores

Carlos Enrique Olarte Solano

Ing. Mónica Espinosa Buitrago PhD

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN DE SERVICIOS DE TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN
BOGOTÁ, 2022

AGRADECIMIENTOS

En este proyecto primero quiero darle gracias Dios por permitirme llegar a este punto de mi Especialización *Tecnologías de Gestión en Servicios de la Información*, a mis padres por darme una buena educación y formación como persona mostrándome que todo se consigue con mucho esfuerzo y sabiduría.

A mis docentes que tienen un grano de arena en esta monografía y agradecerles por todo el conocimiento que nos compartieron.

A mis compañeros de clase les doy muchas gracias el cual compartimos ideas y me ayudan aclarar para que esta monografía fuera posible.

Por último, a la Universidad Santo Tomás por contar con un sistema de aprendizaje óptimo y sus docentes que son muy profesionales.

Gracias A Todos

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
1. PROBLEMA	10
1.1 ÁRBOL DE PROBLEMAS	11
1.2 QUÉ SE QUIERE SOLUCIONAR	12
1.3 IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	12
2. POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN.....	14
2.1 SECTOR OBJETIVO	15
2.2 TENDENCIAS DEL SECTOR.....	15
2.2.1 ANÁLISIS DE MERCADO	16
2.2. ÁRBOL DE OBJETIVOS.....	16
2.3 CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA	17
2.3.1 INTRODUCCIÓN A LA SITUACIÓN ESPERADA	18
2.3.2 PROPUESTA DE VALOR	18
2.4 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA	21
2.4.1 Fase 1 Diseño y elaboración de cobertura	22
2.4.2 Fase 2 Sensores	26
2.4.3 Fase 3. Placas de desarrollo de software	27
2.4.4 Fase 4 Redes inalámbricas	27
2.4.5 Fase 5 Sistema de monitoreo Arduino IoT	28
3. DIAGNÓSTICO INTERNO PARA APROPIAR LAS TECNOLOGÍAS.....	29
3.1 ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL	30
4 PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN	32
4.1 PROPUESTA DEL MODELO DE NEGOCIO	32
4.2 VALIDACIÓN DE MODELO NEGOCIO	34
4.3 PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA.....	37
4.4 ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN	39
5. CONCLUSIONES	40
6. REFERENCIAS.....	41

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1. Árbol de problemas para mejorar el rendimiento físico de los deportistas, con pérdida de un miembro inferior. Fuente: Elaboración propia.....	11
Fig. 2. Sensores de movimiento y de fuerza.....	13
Fig. 3. Árbol de objetivos para mejorar el rendimiento físico de los deportistas con pérdida de miembro inferior.....	17
Fig. 4. Sistema de monitoreo por medio de sensores inerciales [7].....	17
Fig. 5. Análisis de datos. Elaboración propia	18
Fig. 6. Perfil del cliente elaboración propia.	19
Fig. 7. Mapa de valor. Elaboración propia.	20
Fig. 8. Diseño de cobertura para prótesis de miembro inferior. [6]	22
Fig. 9. Creality CR 10 5S. [10]	23
Fig. 10. Modix BIG-60 [11]	24
Fig. 11. Solución tecnológica. Elaboración propia	28
Fig. 13. Propuesta de modelo.....	32
Fig. 14. Modelo Canvas	33

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Tecnología de impresoras 3D. Elaboración propia	34
Gráfica 2. Cambio de vida con el uso de prótesis. Elaboración propia.....	34
Gráfica 3. Costo de una prótesis. Elaboración propia.	35
Gráfica 4. Perspectiva de la sociedad.Elaboración propia.	35
Gráfica 5. Sistema de monitoreo. Elaboración propia.	36
Gráfica 6. Solución tecnológica. Elaboración propia.	37

RESUMEN

PROTYSCAN es una herramienta para los deportistas con movilidad reducida en miembros inferiores, la cual de manera simultánea a través del Internet de las cosas (IoT) permite la recopilación, el procesamiento y almacenamiento de datos; todo en una misma cobertura funcional de prótesis con estética personalizable.

No es solo una cobertura para prótesis de miembro inferior, es una herramienta que contribuye al entrenamiento de los deportistas con discapacidad motriz en miembros inferiores, establece parámetros de favorabilidad ante la competencia por su capacidad de suministrar información que ayude a reestructurar procesos de entrenamiento antes y después de las competencias deportivas. Lo anterior dado al, sistemas de sensores que ayudan hacer una comparación de datos del miembro presente y la prótesis afecta para así poder ajustes a la movilidad del usuario y los parámetros de entrenamiento eficiente. Estos datos procesados reestructuran hábitos alimenticios, motrices y del descanso de los deportistas.

El deporte hoy en día es una industria que mueve miles de millones de dólares a nivel internacional. La profesionalización de esta actividad económica afianza niveles de vida más sostenibles para los miembros de esta sociedad particular, así como las personas que llevan a cargo. Por este motivo, PROTYSCAN favorece al usuario y amplía la ventaja ante sus adversarios, facilitando el éxito gracias a la planificación de la actividad deportiva.

PROTYSCAN tras establecer una ventaja en competencia, también contribuye a llevar hábitos de vida saludable fuera del deporte y también ayuda a reorganizar la utilidad de la prótesis, favorecer a su comodidad, durabilidad y manejo. La recolección de los datos monitoreados, como ritmo cardíaco, presión arterial, velocidad, fuerza, respiración y demás presentes en la actividad deportiva sirven con información para reestructurar procesos de entrenamiento y comportamiento fuera de este escenario.

ABSTRACT

PROTYSCAN is a tool for athletes with reduced mobility in lower limbs, which simultaneously through the Internet of Things (IoT) allows the collection, processing and storage of data; all in the same functional prosthesis coverage with customizable aesthetics.

It is not only coverage for lower limb prostheses, it is a tool that contributes to the training of athletes with motor disabilities in the lower limbs, it establishes parameters of favorability before the competition due to its ability to provide information that helps to restructure training processes before and after sports competitions, thanks to its sensor systems that help make a comparison of data from the present limb and the affected prosthesis in order to be able to adjust the user's mobility and efficient training parameters. These processed data restructure eating, motor and rest habits of athletes.

Sport today is an industry that moves billions of dollars internationally. The professionalization of this economic activity secures more sustainable living standards for the members of this particular society, as well as the people who lead them. For this reason, PROTYSCAN favors the user and extends the advantage over his opponents, facilitating success thanks to the planning of the sports activity.

PROTYSCAN after establishing an advantage in competition, also contributes to healthy living habits outside of sports and also helps to reorganize the usefulness of the prosthesis, favoring its comfort, durability and handling. The collection of monitored data, such as heart rate, blood pressure, speed, force, breathing and others present in sports activity, serve as information to restructure training processes and behavior outside this scenario.

INTRODUCCIÓN

Colombia es un país reconocido a nivel internacional en aspectos como su cultura, y en el ámbito deportivo, razón por la cual, los esfuerzos que tiene el gobierno nacional y sus habitantes son importantes incentivar estos aspectos, sobre todo el deporte, en especial el de las personas con movilidad reducida. Para ello es necesario generar espacios y estrategias que sean inclusivas y cumplir así con uno de los objetivos que señala la Federación colombiana de Deportes para Personas con Discapacidad Física (FEDESIR), enfocado en [1]. “Transferir conocimiento para vincular a la academia nacional, territorial y local, en la formación de conocimiento y nuevos enfoques inclusivos en el ejercicio profesional desde las diversas disciplinas relacionadas con el deporte y desarrollo humano”. Para tomar el deporte como una profesión se requiere de esfuerzos importantes desde el punto de presupuestal con el apoyo de los diferentes actores, particularmente de quienes pertenecen al cluster de este mercado.

Las herramientas que crea la industria deportiva o la biomedicina contribuyen a la eficiencia y eficacia para los deportistas discapacitados, ya que como la mecánica en el cuerpo con fines de rehabilitación se ha vuelto cada vez más común, al punto en que las prótesis de miembros corporales son cada vez más sofisticadas y cuentan con el aval de organismos internacionales, convirtiéndose en una oportunidad para que el paciente pueda continuar con su vida de forma normal [2]. El monitoreo de datos a través de las tecnologías incorporadas en las prótesis favorece la recopilación de información procesable y adaptable a los entrenamientos de los usuarios.

La gestión de marca aplicado a los participantes en los eventos deportivos a través de la estética de las prótesis, establecen una imagen única respecto a los demás competidores y produce un efecto de superposición.

PROTY-SCAN es una solución que no solo permite la movilidad a los deportistas con miembros inferiores, sino que permite que la recopilación de datos médicos, como el pulso cardíaco, presión arterial, niveles de glucosa en sangre, monitoreo de sueño, espacios desplazados, tiempo requerido, así como una estética única que permite la identificación de marca para el deportista.

Toda esta información recopilada es guardada y procesada para el entrenamiento del usuario, permite la transmisión de datos al momento de la actividad gracias a su tecnología 4.0 con acceso a Internet.

1. PROBLEMA

A través del avance de las tecnologías de la información hemos notado en nuestro día que todos nuestros procesos diarios están siendo automatizados e interconectados. El ejemplo más sencillo, con cámaras de video, podemos tener sistemas de seguridad monitoreados desde un celular, incluso transformando la ocupación de una persona, ya por procesos automáticos a través de Internet.

El sector salud, es uno de los sectores que hoy en día se está beneficiando de estos avances tecnológicos, diseñando, creando, e incorporando nuevos equipos en los procesos a partir de estas nuevas tecnologías.

Colombia, ha expuesto sus cambios digitales, haciendo llegar a cualquier parte del país por medio de su estructura de atención de salud, las teleconsultas, acercándonos a mejorar índices de atención de emergencias, sin discriminar por edades, o posición socioeconómica.

Aún con todo esto en nuestras manos, existen muchas aristas que no están siendo abordadas con tanta rapidez y accesibilidad. Si hablamos a profundidad de las personas que tenemos la posibilidad de conocer en nuestro círculo cercano, o de las personas que vemos en los titulares de las noticias, o si nos acercamos a una clínica u hospital nos enfrentaremos a otra realidad.

La realidad colombiana para los deportistas, que por diferentes motivos han perdido la capacidad total o parcial de la movilidad o uso de una de las partes inferiores del cuerpo no cuentan con la posibilidad de competir con los mismos niveles de rendimiento, estando en desventaja frente a los demás.

Existen a nivel mundial olimpiadas que incentivan el uso de prótesis, en Colombia las prótesis son de difícil acceso, no son conocidas, las personas no tienen conocimiento de canales de acceso a ellas, de acuerdo al nivel adquisitivo personal es la tecnología que pueden utilizar y por consecuencia el nivel de rendimiento y competencia en una justa.

Tras la información suministrada por los deportistas con discapacidad de miembro inferior, se hace necesario un sistema de monitoreo de datos que permita medir la actividad física para mejorar el diseño de la prótesis y ser competitivo con otros participantes.

1.1 ÁRBOL DE PROBLEMAS

El diseño de prótesis para la inclusión deportiva, es necesaria para mitigar oportunidades de mejora que se viven en el mundo del deporte, entre ellas cantidad de participantes y crecimiento en las diferentes disciplinas; niveles de rendimiento y reconocimiento a nivel local (país). Las aperturas de las oportunidades de mejora en el mercado establecen evolucionar en la aplicación de la tecnología IoT. Con el fin de general un dispositivo para mejorar el rendimiento físico de los deportistas con pérdida de miembro inferior, con un sistema de monitoreo como se observa en la figura

(SISTEMA DE MONITOREO) a partir de la información que se recopile datos. físico de los deportistas con pérdida de miembro inferior, con un sistema de monitoreo como se observa en la figura

(SISTEMA DE MONITOREO) a partir de la información que se recopile datos.



Fig. 1. Árbol de problemas para mejorar el rendimiento físico de los deportistas, con pérdida de un miembro inferior. Fuente: Elaboración propia

1.2 QUÉ SE QUIERE SOLUCIONAR

Los deportistas colombianos con discapacidad por pérdida de miembro inferior cuentan con un bajo rendimiento en representaciones en eventos deportivos a nivel nacional e internacional como el atletismo, ciclismo, marcha atlética entre otras disciplinas. La incorporación de un monitoreo de datos contribuye ampliamente al conocimiento en cuanto a la fabricación de prótesis para el usuario, mejora el desempeño gracias a la planificación por información obtenida.

La industria 4.0 o la revolución de la industria conectada, hoy en día, nos ofrece sensores inteligentes, que nos permiten medir por medio de circuitos integrados, métricas de cualquier propósito, con Acelerómetro y con Giroscopio, se espera diseñar un sistema de monitoreo de datos por medio de sensores IoT que nos va facilitar la recolección de la información para poder estudiar el comportamiento de la prótesis, así mismo poder hacer ajustes o mejorar la tecnología usada en la fabricación de prótesis deportivas.

Con el sistema de monitoreo de datos se manejará una base de datos con la información suministrada por los sensores, esto ayudará a la industria en la fabricación de prótesis de miembro inferior para que las prótesis sean más eficientes.

Las métricas nos permitirán, tomar decisiones en base a necesidades del diseño de cubiertas de las prótesis, aumentar su producción, hacer diseños innovadores con mayor ergonomía.

1.3 IDEACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para definir la solución se debe tener en cuenta las necesidades de los sectores económicos y cómo a través de las Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) se puede impactar a los sectores. Realizar un sistema de monitoreo de datos el cual se va implementar en la fabricación de coberturas estéticas para prótesis de miembro inferior impresas 3D con sensores de monitoreo de datos.

Se plantea una solución basada el monitoreo de datos comparativo usando sensores de movimiento y de fuerza (acelerómetros, giroscopio y dinamómetros) entre las articulaciones del miembro inferior no afectado, como se muestra en la figura 2, gracias a IoT y un software de análisis que permita comparar los datos en tiempo real. Los datos adquiridos por ambos sensores permiten el desarrollo ulterior de mejoras con el fin incrementar la eficiencia de la prótesis.

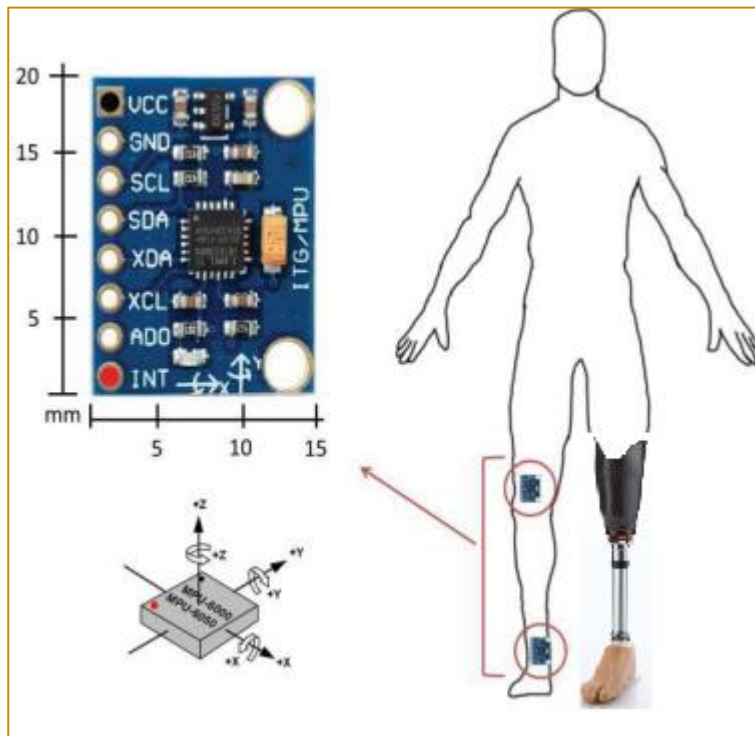


Fig. 2. Sensores de movimiento y de fuerza

La propuesta busca mejorar diversos indicadores a saber:

1. Economía: Usar materiales de bajo costo para impresoras 3D.
2. Social: Busca mejorar su desempeño deportivo para poder ganar más competencias y mejor condición de vida.
3. Ambiental: Usar impresora de poco consumo energético.
4. Tecnología: Uso de las impresoras 3D y sensores que midan actividad física.
5. Tiempo: Corto tiempo en fabricación lo cual nos ayuda a reducir gastos.
6. Estética: Diseños únicos y personalizados a petición del cliente.

2. POR QUÉ SE PLANTEA AHORA LA SOLUCIÓN

La delegación nacional cumplió con los pronósticos en Tokio 2020 y demostrando que con planificación se ven resultados, que garantizaran la renovación para los Juegos de París 2024 [3]. Debido a que el deporte paralímpico aprovecha positivamente la inversión que el país realiza, para El Espectador [3] muestra de esto son las medallas y buenas actuaciones, de los deportistas se han ganado la admiración y el derecho a tener las mismas condiciones y apoyo que los atletas convencionales.

Según el Espectador [3], 69 deportistas han logrado, 24 preseas, 3 de oro, 7 de plata y 14 de bronce, además de 41 diplomas; mejorando sus marcas personales, evidencia de una buena preparación.

Ruiz citado por El Espectador [3]. señala que “esas cifras son el resultado de la continuidad del trabajo en las diferentes disciplinas y el fortalecimiento del sistema paralímpico. El nivel técnico de los Juegos ha sido altísimo y aun así Colombia incrementó su cosecha”. A lo anterior se le atribuye a la planeación e implementación de estrategias y uso de recursos tecnológicos. De acuerdo a lo anterior se demuestra como Colombia ha logrado avanzando en los paralímpicos, pero estas cifras pueden mejorar, ubicándose en un mejor puesto del logrado en Tokio 2020, donde Colombia quedó en el puesto 34, entre 162 comités que presentaron.

La evolución de la exigencia en los deportes de élite en los últimos años ha sido un disparador para incorporar nuevas ciencias aplicadas al rendimiento deportivo, como ya lo es el análisis de datos hace tiempo, el cual tiene como función buscar una mejora de rendimiento individual y colectivo, prevenir lesiones y obtener un panorama táctico mucho más amplio. A partir de este enfoque es que se ha decidido emprender este desarrollo que consiste en el análisis del rendimiento deportivo aplicando lo que se conoce como internet de las cosas (IoT), por el cual se intenta conseguir una sistematización de análisis de datos a través de información capturada por sensores. Aunque estos dispositivos nos dan datos útiles para conseguir lo planteado, se necesita aplicar un cierto análisis matemático para poder obtener datos más precisos y fiables. [4].

2.1 SECTOR OBJETIVO

Deportistas personas con discapacidad y ausencia motriz en miembros inferiores. La inclusión deportiva en Colombia.

En Colombia la discapacidad es un tema complejo [5], “de acuerdo con el Censo General 2005, afirma que: Aproximadamente 2.640.000 presentan alguna limitación permanente, lo cual equivale al 6.4% del total de la población colombiana”, cifras que varían de acuerdo a factores de edad, región y estrato socioeconómico.

Este segmento es directamente proporcional en datos a la media nacional en esta población, la inclusión y los parámetros de empleabilidad proyectan al deporte como un medio válido para subsistencia de estas personas, es por ello, que la profesionalización del deporte en la población con movilidad reducida en miembros inferiores, abre un nicho de mercado para que necesita tener claro los datos, la imagen y los elementos necesarios para hacerse más competitivos.

La utilización de la tecnología, además de la articulación con una estética personalizada que lleve de la mano la funcionalidad, eficiencia y los tiempos de respuesta en materia de reemplazo de prótesis, hagan más eficaces y eficientes dichos elementos en los entrenamientos en estos deportistas, sean profesionales o amateurs.

2.2 TENDENCIAS DEL SECTOR

Al día de hoy el deporte se ha convertido en una gran industria y un negocio de alta envergadura, los clústeres que complementan este negocio contribuyen al crecimiento económico de las comunidades que participan.

La necesidad de incluir la población con limitaciones o algún tipo de discapacidad física permite la sinergia entre esta industria y esta forma de ganar dinero, a su vez, abre la puerta para un nicho de mercado que demanda profesionalismo en la actividad deportiva.

2.2.1 ANÁLISIS DE MERCADO

El mercado ortopédico sería uno de los principales vectores de crecimiento: los implantes impresos en 3D por sí solos representan un crecimiento del 25% entre 2021 y 2025. Además, el informe destaca la importancia de los materiales de impresión 3D utilizados, que han contribuido significativamente al aumento de facturación. [6]

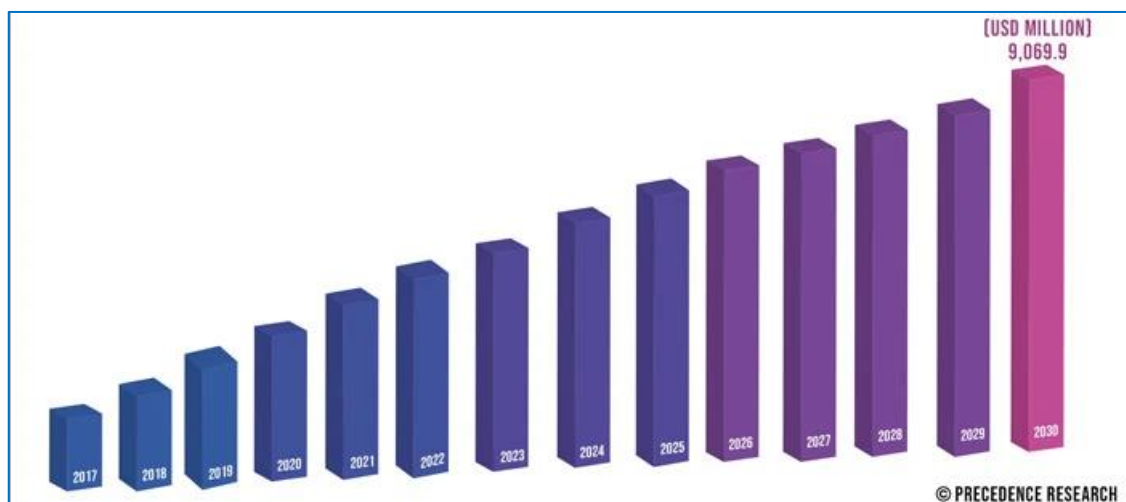


Fig. 3. El crecimiento de los implantes impresos en 3 D de 2017 a 2030. [6]

2.2. ÁRBOL DE OBJETIVOS

El aspecto más relevante para llegar al objetivo principal es crear un sistema de monitoreo de datos por medio de sensores IoT que nos va facilitar la recolección de la información para poder estudiar el comportamiento de la prótesis, así mismo poder hacer ajustes o mejorar la tecnología usada en la fabricación de prótesis deportivas.

Gracias al sistema de monitoreo nos puede verificar donde está la falencia Esto nos lleva a mejorar el rendimiento físico de los deportistas el cual nos ayuda a tener más representación en justas deportivas, incrementar el rendimiento físico y mejorar los indicadores deportivos a nivel nacional e internacional.

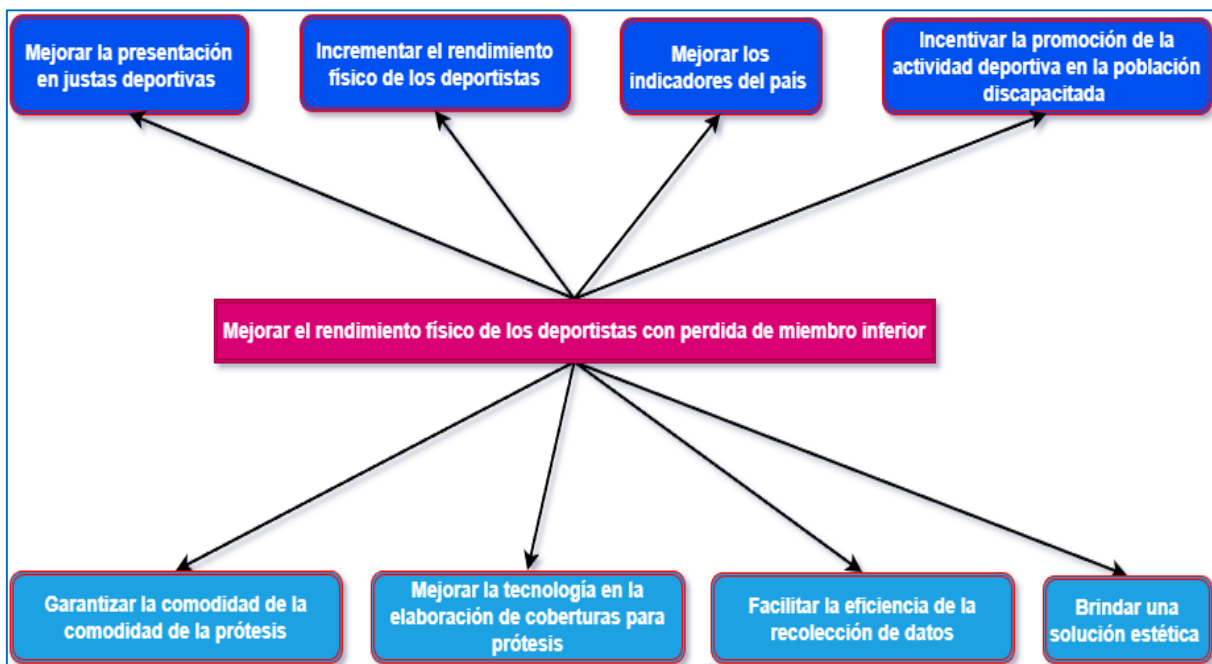


Fig. 3. Árbol de objetivos para mejorar el rendimiento físico de los deportistas con pérdida de miembro inferior.

2.3 CUÁL ES LA SITUACIÓN DESEADA

Implementar un sistema de monitoreo por medio de sensores inerciales que nos ayudan a recopilar datos como es el acelerómetro que ayuda a medir en el eje en el que se realiza el movimiento en la aceleración lineal y el giroscopio este permite conocer cómo varía en un cuerpo la orientación y velocidad angular con el tiempo. Lo anterior para, hacer una comparación entre la prótesis con la pierna que está sana con base a esos datos hacer un análisis para definir cuáles son las mejoras que se puedan hacer de forma ulterior para hacer más eficiente la prótesis y hacer que el deportista tenga un mejor rendimiento o desempeño en su actividad física como se muestra en la figura 4.

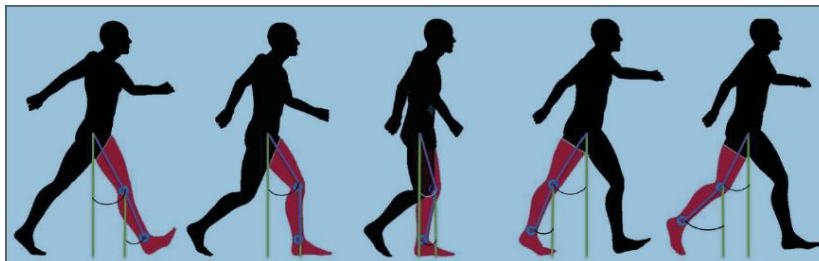


Fig. 4. Sistema de monitoreo por medio de sensores inerciales [7]

2.3.1 INTRODUCCIÓN A LA SITUACIÓN ESPERADA

En este diagrama de bloques se ilustra el proceso de transformación de la información o datos que arroja los sensores inerciales que se colocaron en las articulaciones del deportista como se observa en la figura 5.

Gracias a los resultados arrojados por los sensores inerciales esta información se analizará para realizar un algoritmo que ayude a mejorar el movimiento de la prótesis de los deportistas para que tengan un mayor desempeño en su actividad deportiva.

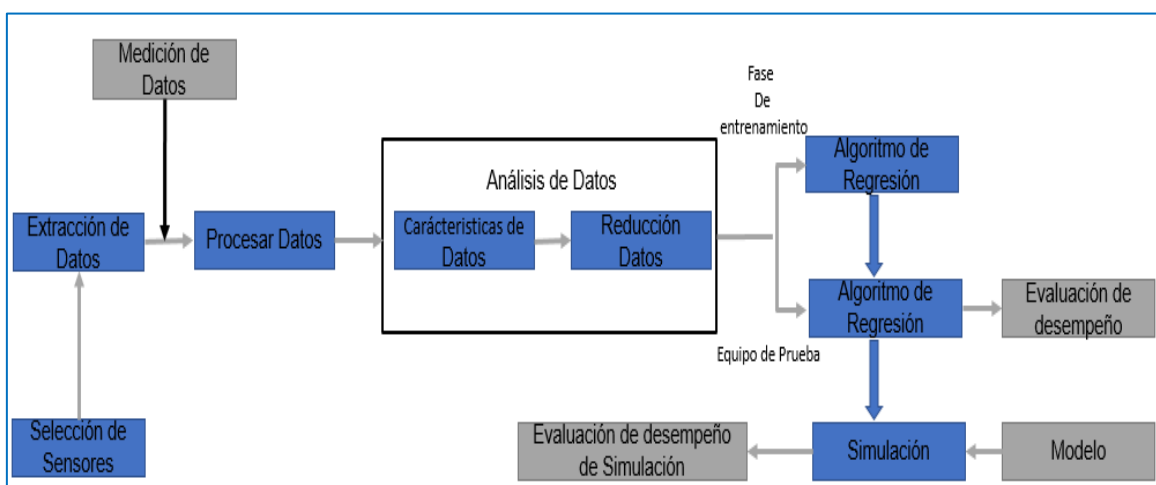


Fig. 5. Análisis de datos. Elaboración propia

2.3.2 PROPUESTA DE VALOR

Dentro de nuestra propuesta de valor recopilamos los beneficios que la empresa **PROTY-SCAN** brinda a nuestros clientes por medio de nuestros productos y servicios para satisfacer las necesidades específicas.

Para poder realizar nuestra propuesta de valor es necesario estudiar el perfil del cliente el cual influye en varios aspectos.

- Alegrías
Son los resultados y beneficios que busca el cliente de su producto.
- Frustraciones
Obstáculos que el cliente no espera en los resultados con los trabajos del cliente.
- Trabajo del cliente

Las actividades que tus clientes Intentan resolver en su vida laboral o persona con la ayuda del producto

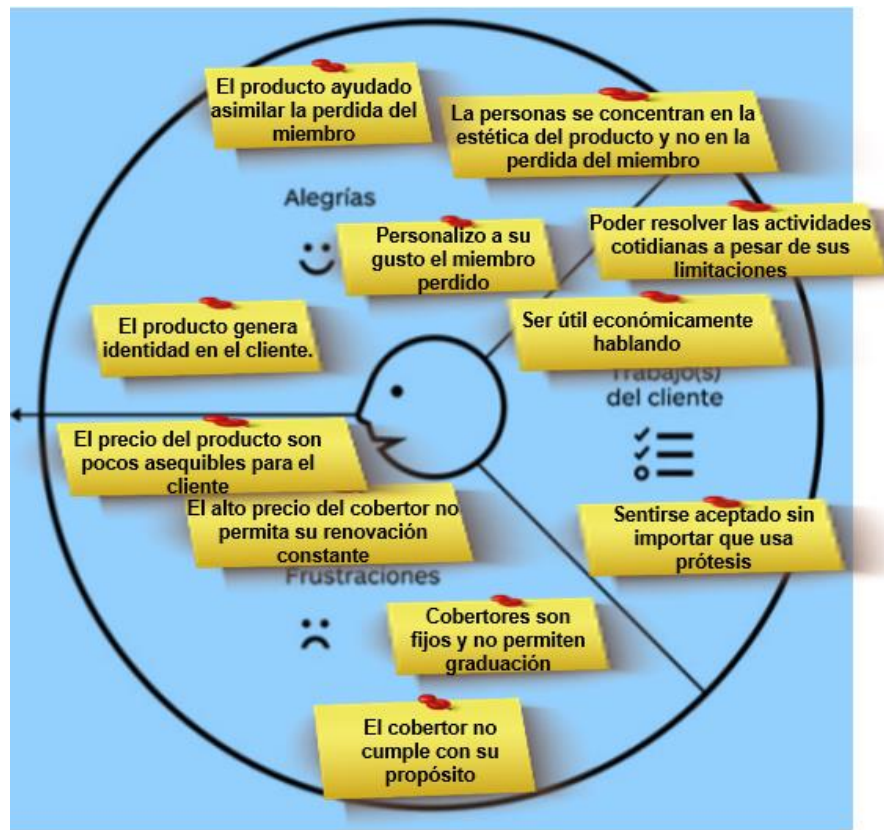


Fig. 6. Perfil del cliente elaboración propia.

Para el cliente es fundamental que gracias a este producto lo ayude asimilar la ausencia de su miembro inferior, que pueda desviar la atención de la sociedad gracias a su cobertura personalizada y que el producto le genere confianza con la cual se pueda identificar. También, se espera que gracias a este producto puedan realizar actividades físicas y laborales.

Las frustraciones del cliente es que el producto no sea asequible por su precio, que la cobertura que no cumpla el propósito deseado y que no se adapte en la etapa de crecimiento de la persona.

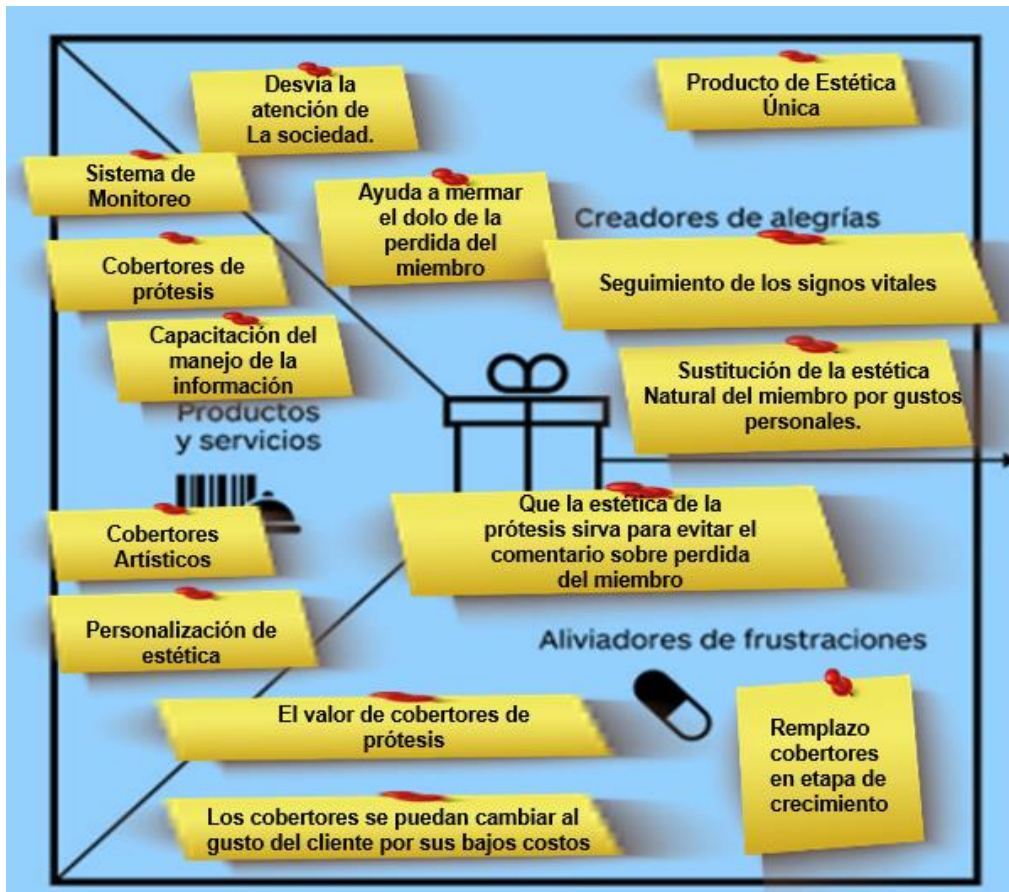


Fig. 7. Mapa de valor. Elaboración propia.

Explicaremos las tres divisiones que conforman el mapa de valor el cual fue el punto donde se creó nuestra propuesta y la satisfacción del cliente.

Productos y servicios: vamos a mostrar los productos y servicios que estamos ofreciendo al cliente, el cual va ayudar a realizar sus actividades funcionales o sociales, también a satisfacer sus necesidades. Como contar con una capacitación en el manejo de recolección de datos, pueda personalizar su cobertura y sobre todo pueda mejorar su desempeño deportivo.

Aliviadores de frustraciones: Podemos aliviar las frustraciones del cliente como hacer una cobertura que le mida su actividad física a un bajo costo. La cobertura tenga un buen diseño que sea el centro de atención y que no sea por su discapacidad.

Creadores de alegrías: La cobertura sea única esto quiere decir que sea diseñada por el cliente y que no exista otra igual, también que lleve el

seguimiento de los signos vitales para ver cómo está su estado de salud, esto ayudará que el cliente se sienta seguro y satisfecho con su producto.

2.4 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

En este punto se analizará todas las alternativas técnicas para poder realizar la solución al problema planteado.

Analizaremos 3 fases

Fase 1 Diseño y elaboración de cobertura.

- Software
- Impresoras 3D
- Materiales de impresión 3D

Fase 2 Sensores

- MPU-6050
- Dinamómetro
- MAX30100

Fase 3 Placas desarrollo de software

- Arduino UNO
- Arduino 33 IoT

Fase 4 Redes inalámbricas

- ZigBee
- Bluetooth
- Sigfox

Fase 5 Plataformas IoT

- Arduino IoT Cloud

2.4.1 Fase 1 Diseño y elaboración de cobertura

Identificaremos los recursos (Hardware y Software)



Fig. 8. Diseño de cobertura para prótesis de miembro inferior. [6]

Contamos con dos Software de diseño en 3D donde vamos a realizar el modelo y personalización de la cobertura.

- **Software**

“**Fusion 360** es un software CAD, CAM y de circuitos impresos de modelado 3D basado en la nube para el diseño y la manufactura de productos. Diseña y proyecta productos para garantizar su ajuste, estética, forma y función”. [8].

Características

Diseña y proyecta productos del modo que desees para garantizar su ajuste, estética, forma y función.

- Modelado con formas libres, de mallas, paramétrico, de superficies y directo.
- Creación de una pieza de metal laminado.
- Torneado y fresado/torneado.
- Ensamblajes interactivos
- No es un software (free) [8]

Solidworks es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El

software ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. [9]

Ofreciendo una nueva experiencia de diseño centrada en permitir que los usuarios creen productos transformadores en un entorno conectado y colaborativo. Los SolidWorks disponibles en la nube que permite a los interesados realizar nuevas creaciones 3D, así como análisis y simulaciones de productos con acceso remoto y en forma colaborativa.

Impresora 3D

Es un proceso que convierte gráficos 3d en objetos físicos, Este proceso es similar al de imprimir sobre un papel, de ahí el concepto de “imprimir en 3D” la diferencia principal es que en vez de imprimir sobre un plano se crea un objeto tridimensional. Existen tres métodos para crear impresiones 3D: por compactación, por adición o de inyección de polímeros y estereolitografía. Para el caso de este proyecto se utiliza el método de inyección de polímeros, los más utilizados son ABS y PLA. [10]

Creality CR 10 5S

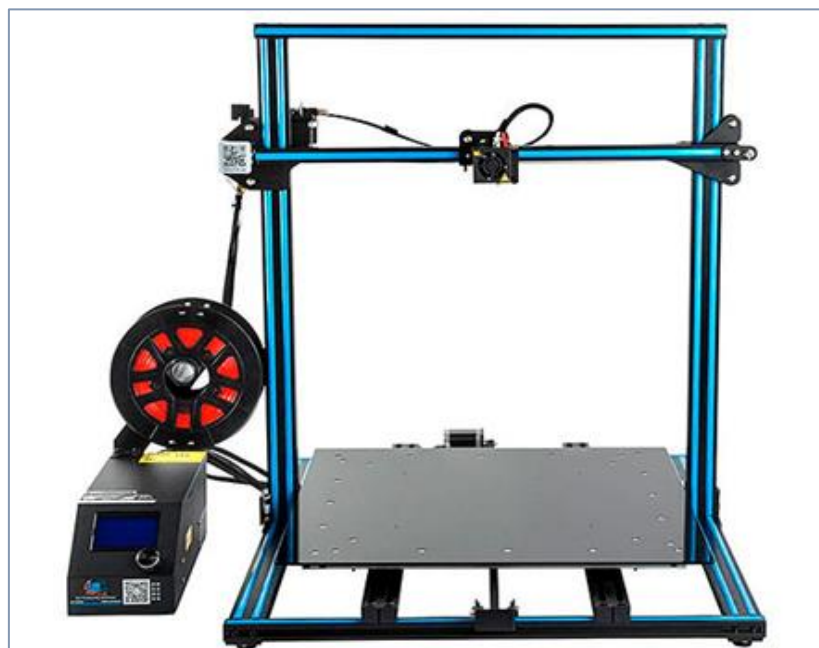


Fig. 9. Creality CR 10 5S. [10]

Tecnología de impresión: FDM (Modelado por deposición fundida)

Área de impresión: 500 x 500 x 500 mm.

Materiales de impresión: PLA, ABS, PETG, TPU, WOOD.

Características diferenciales de la impresora 3D Creality CR10 S5:

- Sistema de reanudación de impresión.
- Sistema de montaje fácil y rápido.

Placa base de grado industrial, imprime durante 200 horas sin presión.

Impresora 3D gran formato, ideal para impresión de objetos de gran volumen.

[11]

Modix BIG-60



Fig. 10. Modix BIG-60 [11]

Tecnología de impresión: FDM (Modelado por deposición fundida)

Área de impresión: 600 x 600 x 660 mm.

Materiales de impresión: PLA, ABS, PETG, TPU, WOO

Características diferenciales de la impresora 3D

- Cabezal de impresión único en modo de accionamiento directo E3D V6
Extremo caliente + Extrusor Titan.
- Cama caliente con temperatura hasta 130c. conectado directamente a la red eléctrica principal.
- Cama de impresión: placa de aluminio fundido + adhesivo de superficie de impresión PEI.
- Nivelación automática BL Touch.
- Controlador Duet3D + pantalla táctil.
- Fuente de alimentación: Meanwell PS 24V 280W
- **Materiales de impresión 3D**

Filamento PLA

Es un termoplástico biodegradable derivado de recursos naturales como la caña de azúcar y el almidón de maíz. Un ejemplo claro es la fabricación de vasos plásticos e implantes médicos. Este material es más usado para los aprendices y fanáticos del mundo adictivo (impresión 3D) para imprimir proyectos personales debido a su buen acabado y precio.

Filamento ABS

Es un termoplástico conocido en la industria del modelo de inyección 3D, un ejemplo muy claro son las piezas de Lego fabricadas en este material. Este material es más usado en grandes industrias de impresión 3D por su alta resistencia a la temperatura.

Filamento PETG

Es un plástico basado en polietileno usado en grandes industrias en la fabricación de botellas o envases plásticos. En la industria adictiva es muy usado debido a sus materiales versátil resistente y fácil de usar, pero tienes sus desventajas, la luz solar hace que su color cambie y se tienda a deformarse.

Software

SolidWorks es un software que podemos instalar en ordenador y también se puede desde la nube (Cloud) debido a esto podemos trabajar de manera remota desde cualquier ordenador teniendo una conexión a Internet.

Impresora 3D

Modix BIG-60 es una impresora robusta y el amplio margen de impresión nos favorece a la hora de imprimir coberturas de mayor tamaño y su velocidad de impresión nos ayuda ahorrar costos por tiempo.

Materiales de impresión 3D

Filamento ABS este material de impresión es de muy buena calidad gracias a que reduce su resistencia a la tensión y temperatura de deformación por la presencia de calor.

2.4.2 Fase 2 Sensores

Los **sensores** son dispositivos electrónicos que detectan y responden a algún tipo de información del entorno físico que nos permiten interactuar con el entorno, de forma que nos proporcionan información de ciertas variables que nos rodean para poder procesarlas y así generar órdenes o activar procesos. [12]

MPU-6050

Es un dispositivo electrónico de medición inercial que mide e informa acerca de la velocidad la orientación y la fuerza gravitacional de un aparato usando una combinación de acelerómetro y giroscopio.

El sensor permite conocer la aceleración que se produce al realizar un movimiento en el eje X, Y y Z

MAX30100

La pulsioximetría es un método no invasivo, que permite medir el porcentaje de saturación de oxígeno de la hemoglobina (SaO₂) en sangre de un paciente con

utilizando un circuito de fotoeléctricos. También sirve para un monitorizar la frecuencia cardiaca.

2.4.3 Fase 3. Placas de desarrollo de software

Arduino UNO es dispositivo de electrónica de hardware y software libre (Open Source) con un microcontrolador reprogramable, ideal para desarrollar proyectos de electrónica tanto a nivel profesional, como para educación o usuario doméstico. Permite conectar distintos componentes entrada y salida (E/S). La recolección de datos es por USB o se puede conectar un módulo de wifi para pasar los datos a la nube. [13]

Arduino Nano 33 IoT es una placa que permite una conectividad segura de IoT. Placa pequeña y potente, equipada con conectividad WiFi y Bluetooth. Cuenta con microchip que garantiza una comunicación segura. Ofrece la posibilidad de construir una red de sensores conectada a su oficina o enrutador doméstico, y también la de crear un dispositivo Bluetooth que envía datos a un teléfono móvil. Placa con una gran eficiencia, ideal para el desarrollo del Internet de las cosas en la vida diaria. [14]

2.4.4 Fase 4 Redes inalámbricas

ZigBee es una tecnología inalámbrica más centrada en aplicaciones domésticas e industriales. Los perfiles ZigBee PRO y ZigBee Remote Control (RF4CE) se basan en el protocolo IEEE 802.15.4, una tecnología de red inalámbrica que opera a 2,4GHz en aplicaciones que requieren comunicaciones con baja tasa de envío de datos dentro de áreas delimitadas con un alcance de 100 metros

Bluetooth es una de las tecnologías de transmisión de datos de corto alcance más establecidas, muy importante en el ámbito de la electrónica de consumo.

Sigfox es una solución de conectividad celular mundial para IoT pensada para comunicaciones de baja velocidad que permite reducir los precios y el consumo de energía para los dispositivos conectados. La solución de conectividad SIGFOX se basa en una infraestructura de antenas y de estaciones de base totalmente independientes de las redes existentes.

2.4.5 Fase 5 Sistema de monitoreo Arduino IoT

Arduino IoT Cloud es una plataforma de aplicación de IoT fácil de usar. Hace que sea muy sencillo para cualquiera desarrollar y gestionar aplicaciones de IoT, lo que les permite centrarse en la resolución de problemas reales en su negocio o en la vida cotidiana. Es compatible con múltiples redes de datos, es una plataforma muy completa debido a que puedes llevar cualquier proyecto tecnológico a diferencia de e-Health que es exclusivo uso médico.

La solución tecnológica que va a implementar para el sistema de monitoreo de sensores es la plataforma Arduino Cloud donde se van a recibir los datos en tiempo real de todos los procesos que se estén ejecutando, también tiene la opción analítica de los datos para así poder sacar una gráfica de donde están las falencias o verificar donde se pueden hacer las mejoras a la hora

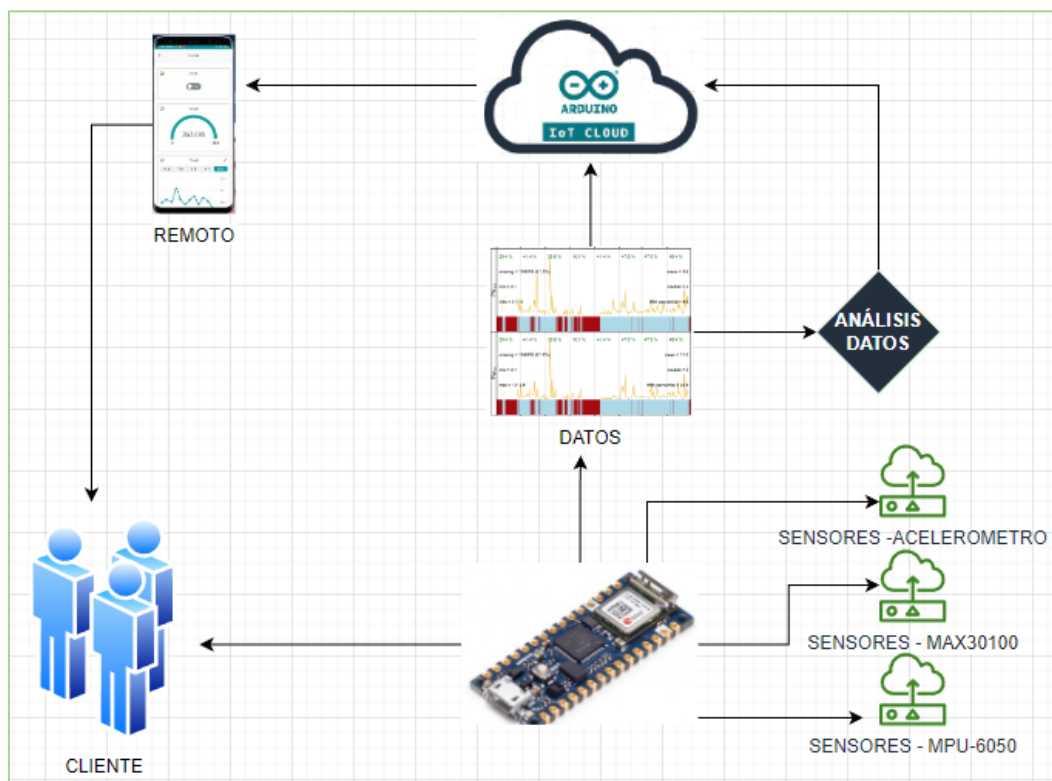


Fig. 11. Solución tecnológica. Elaboración propia

3. DIAGNÓSTICO INTERNO PARA APROPIAR LAS TECNOLOGÍAS

La información hoy en día es el activo principal de las empresas, por medio de la inteligencia artificial, que no es más que recopilar información y a partir de ella generar patrones de comportamientos que luego pueden ser clasificados, recategorizados y dirigidos a muchos

El objetivo principal de esta investigación, es llegar a concientizar a todas las personas con movilidad reducida a incluirse en los estudios de comportamiento de prótesis, para poder hacer ajustes o mejorar la tecnología usada en la fabricación de prótesis deportivas. Los beneficios pueden verse reflejados también en otros sectores globalizados, en el tecnológico, social, salud, laboral, industrial, educativo y económico.

El tipo de datos que serán recopilados, se usarán directamente para ser estudiados por profesionales especializados en redes neuronales, a partir de modelos de patrones de comportamiento de IA y Machine Learning. Que podrán apoyar estudios para miembros robóticos, que son los adaptados a los músculos para actuar coordinados entre ellos por medio de sensores IoT.

El impacto social en innovación, en este momento es una oportunidad por explorar, puesto que los tratamientos de prótesis, son de difícil acceso tanto geográfico como económico. Los beneficios de contar con modelos de estudio con opciones totalmente digitales, nos acerca a todos, aunque estemos lejos.

Con la publicación de los resultados de los estudios, adaptación del atleta al uso de la prótesis y evaluación comparativa contra la condición previa. La difusión y el uso de medios digitales son la pieza fundamental de hoy en día para alcanzar el mercado que estamos estudiando para la transformación cultural, que una persona pueda competir en igualdad de condiciones, con una persona con prótesis.

3.1 ANÁLISIS DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL

El análisis plantea los siguientes puntos.

En el modelo de negocio a través de la planeación estratégica de la empresa tendremos en cuenta los factores de fabricación, venta y distribución, así como los parámetros de postventa que contribuyan a la fidelización del cliente. Basados en la cadena de valor de la empresa (eslabones: finanzas, talento humano, producción, tecnología, distribución, ventas, medio ambiente).

- La fabricación con impresora 3D elimina la fabricación en moldes de vaciado.
- La realización de un plan de marketing digital complementado con una campaña de aire tipo offline.
- La alianza con Amazon, páginas digitales de ventas y dominio digital de la empresa.
- Estructura organizacional de la empresa. (Talento humano)
- Políticas de calidad en la empresa. (ISO 9001-2015)
- Sostenibilidad ambiental y responsabilidad social empresarial enmarcadas en políticas de buen gobierno corporativo en las sociedades cotizadas. (Que sea una empresa que haga parte de la sociedad y no sea vista como un medio de producción de utilidades, una propuesta de valor real).
- Intro marketing para potenciar la pertenencia del talento humano de la organización. (Herramientas de mercadeo que tiene la administración para generar pertenencia e identificación del talento humano con la empresa).

Uno de los mecanismos a explotar son los planes de expansión digital, dar a conocer este tipo de programas por medio de redes sociales, que ya poseen sus propios métodos de posicionamiento por geolocalización, que todas las personas así sea por referenciación conozcan el acceso a este tipo de programas, y así se genere una cadena de valor.

Esta transformación va dedicada a todas esas personas que por diferentes motivos no tienen acceso a prótesis, y por medio de la globalización y el gobierno de estos temas se harán conscientes desde las principales líderes empresariales y convertirlas en nuestro común día a día.

La innovación es un paso fundamental para la transformación digital de nuestra compañía, modelo Doblin se puede implementar este proceso de transformación digital para nuestro modelo de negocios puede ser una herramienta para diagnosticar y evaluar como innovamos internamente, analizando la competencia e identificar deficiencias y oportunidad para realizar algo diferente en el mercado global.

4 PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN

4.1 PROPUESTA DEL MODELO DE NEGOCIO

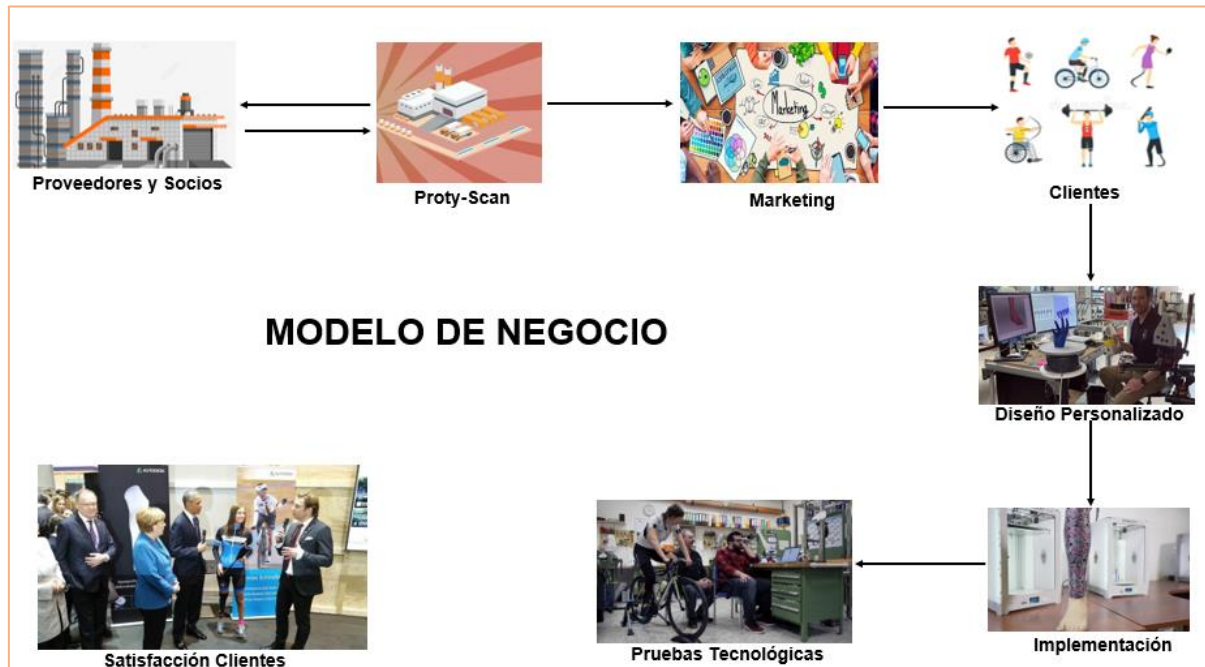


Fig. 12. Propuesta de modelo.

En la propuesta de valor contamos con un seguimiento en las diferentes áreas hasta llegar al proceso de satisfacción del cliente.

Contamos con un grupo de socios financieros y empresarial que apoyan en la parte económica para la producción y representación de gastos operativos, los proveedores que nos suministran la materia prima y el apoyo de maquinaria donde podemos encontrar las impresoras 3D, filamentos plásticos y todo tipo de repuesto en caso de una falla técnica.

Se tiene una dependencia de marketing donde se realiza el estudio de mercado para poder ofrecer nuestros productos a potenciales clientes en los cuales podemos encontrar entidades del gobierno como las fuerzas armadas, coldeportes, Fedisir, fundaciones para personas con discapacidades físicas entre otro tipo de entidades. Se cuenta con un esquema publicitario para darnos a conocer por medios de comunicación y redes sociales.

Cuando marketing tiene el contacto con el cliente se habla del producto y sus beneficios y se llega a un acuerdo de producción pasan a una etapa de diseño, donde nuestro diseñador biomédico le hace diseño en digital en 3D de la cobertura, el cliente decide como desea personalizar su prótesis de acuerdo a su necesidad, cuando llegan a un acuerdo pasa a la etapa de implementación.

En este punto se imprime la cobertura de la prótesis y se le muestra al cliente si esta es aceptada pasa a la etapa de Pruebas Tecnológicas.

En las pruebas tecnológicas se le enseña al deportista por medios de pruebas físicas el manejo y la toma de datos por medio de sensores que lo puede descargar a su computadora y mirar su rendimiento físico.

El modelo Canvas

El modelo canvas nos va ayudar desarrollar, evaluar, visualizar y ampliar la estrategia el cual nos permitirá conocer los puntos claves del negocio que se está planteando.

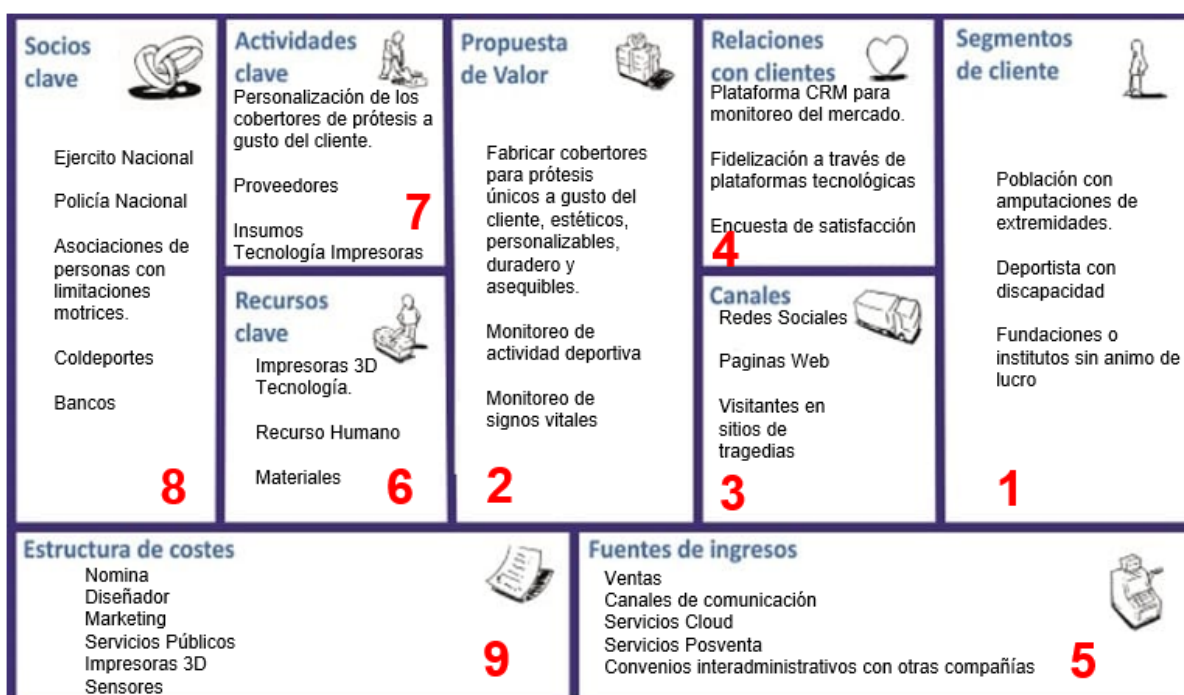


Fig. 13. Modelo Canvas

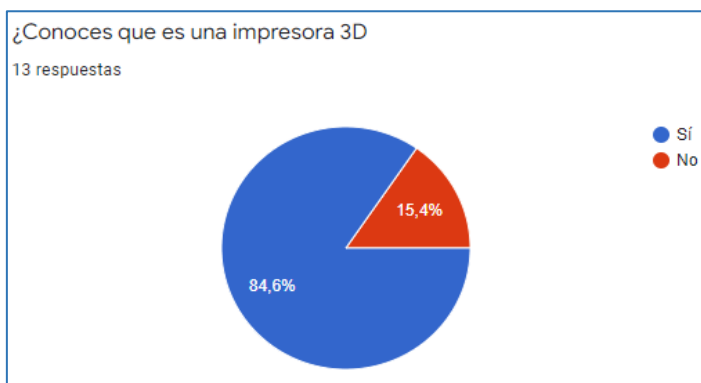
4.2 VALIDACIÓN DE MODELO NEGOCIO

Se realizó una encuesta online a través de la plataforma Google Forms, esta encuesta se diseñó según su objetivo de la investigación para evaluar si es viable el modelo de negocios.

La encuesta se realizó para 13 personas entre ellas 4 personas contaban con algún tipo de discapacidad de pérdida de miembro inferior y superior.

Se tomaron las preguntas más relevantes.

1. Pregunta



Gráfica 1. Tecnología de impresoras 3D. Elaboración propia

En la tecnología de impresoras 3D la cual usaremos para imprimir la cobertura de la prótesis el 84,6% dice conocer cuál es la función de este tipo de impresora y 15,4% nunca ha escuchado de este tipo de impresoras.

2. Pregunta



Gráfica 2. Cambio de vida con el uso de prótesis. Elaboración propia.

EL 84,6% está de acuerdo que la vida le puede mejor usando una prótesis que lo ayude a desempeñar sus actividades, pero el 7,7% dice que no le va servir porque estamos en una sociedad que se estima mucho las personas con discapacidad y al momento ingresar al campo laboral no los tienen en cuenta y el otro 7,7% está en una posición neutral.

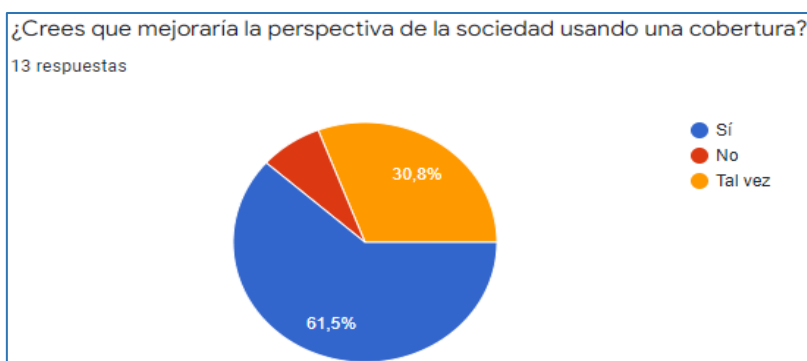
3. Pregunta



Gráfica 3. Costo de una prótesis. Elaboración propia.

En punto de vista de los encuestados al momento de realizar una inversión que les ayude a mejor su calidad de vida o superar un poco su discapacidad el 46,2% estaría dispuesto a pagar por una prótesis hasta 3 millones de pesos, el 23,1% pagaría hasta 10 millones de pesos mientras esto cumpla sus expectativas para que le ayude a recuperar su calidad de vida, el 15,4% hasta 600 mil y el otro 15,4% buscaría una fundación sin ánimo de lucro que le puede a superar su discapacidad debido que no cuentan con los recursos necesarios.

4. Pregunta



Gráfica 4. Perspectiva de la sociedad. Elaboración propia.

Mejorar la perspectiva de la sociedad es un punto clave porque ayuda a la persona con discapacidad a tratar de olvidar su limitación el 61,5% dice que esto le ayuda a tener una mejor la estética de su prótesis y puede ser un tema de diálogo, el 30,8% no está seguro si esto cambie el pensamiento de la sociedad ante su discapacidad y el otro porcentaje dice que esto no ayudará a cambiar la perspectiva de la sociedad.

5. Pregunta

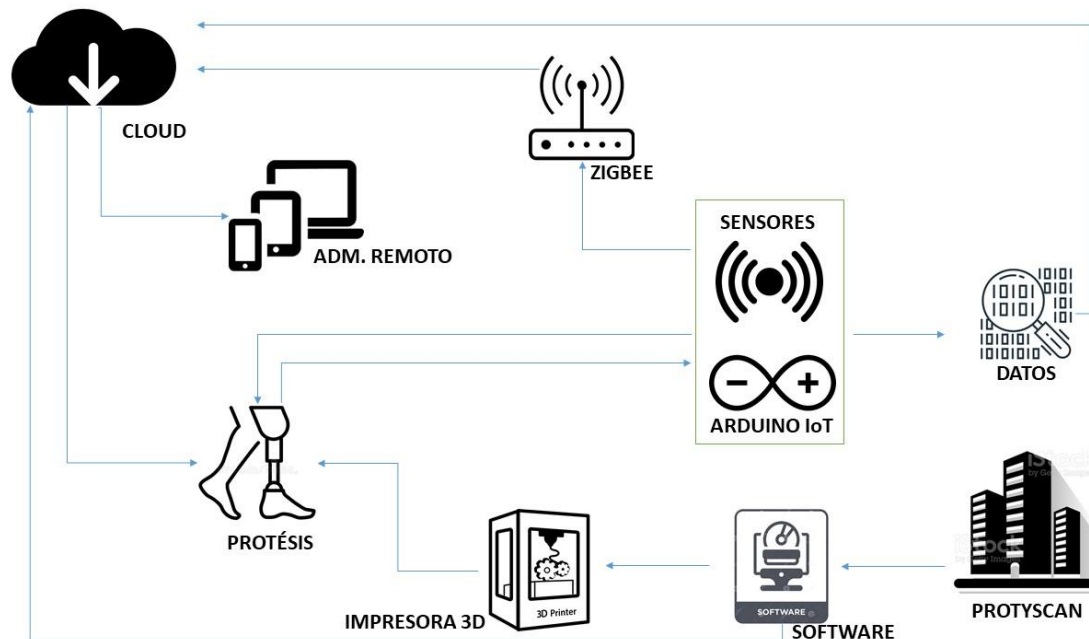


Gráfica 5. Sistema de monitoreo. Elaboración propia.

Contar con un sistema de monitoreo de los signos vitales o del rendimiento físico el 76,9% dice que si le gustaría porque esto les ayuda a mirar cómo está su salud, pero el 23,1% dice que no le gustaría.

Realizando un análisis de las personas encuestadas vemos que hay un amplio positivismo en mejorar la calidad de vida y existe un mercado tentativo que estaría dispuesto a comprar el producto que les va ayudar a ser competitivos en el campo laboral, deportivo y personal.

4.3 PROPUESTA DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA.



Gráfica 6. Solución tecnológica. Elaboración propia.

El proceso de la solución tecnológica parte desde la compañía **PROTYSCAN** empresa en la cual promueve la innovación y el desarrollo en los deportistas y población vulnerable con discapacidad de pérdida de miembro inferior.

Este proceso inicia con la persona discapacitada quien en compañía de PROTYSCAN, observan cada una de las necesidades para ofrecerle una solución estética para su prótesis de su miembro inferior, adicionándole un sistema de monitoreo para mejorar el rendimiento físico y hacer de su prótesis más eficiente en competencias deportivas.

De acuerdo a lo anterior descrito, la prótesis se lleva al área de diseño con la información suministrada de la persona discapacitada y con ayuda del software SolidWorks, donde se realiza los diferentes modelos para la cobertura conforme a las especificaciones y el diseño requerido por el cliente.

Teniendo las especificaciones y el diseño nos conectamos a una impresora 3D con los requerimientos necesarios para la realización de la cobertura, esta especificación debe cumplir con unos parámetros de impresión 600 x 600 x 660 mm y con ABS que es un filamento fuerte de alta durabilidad y resistencia, el cual brinda confianza a nuestros clientes.

Conforme a lo indicado por el cliente, se implementará o no el sistema de monitoreo. Para el cliente que requiera un sistema de monitoreo se implementara en su miembro inferior sano un dispositivo de medición (Arduino) que ofrece la captura de información o datos como: velocidad, inclinación, fuerza y signos vitales, como se ilustra en la figura 4

Para realizar las pruebas de medición por medio del Arduino, este debe estar conectado a una red ZigBee, que corresponde a una tecnología inalámbrica más centrada en aplicaciones domóticas con una distancia de conectividad inalámbrica, lo cual es idónea para realizar pruebas con un rango de desplazamiento de 100 metros.

Obteniendo los resultados de las pruebas e información correspondiente a las mediciones requeridas entregadas por los sensores inerciales, estos datos son almacenados en la plataforma IoT de Arduino, que posteriormente son analizados y gestionados para la implementación en la mejora de fabricación de su prótesis y futuros diseños en la efectividad de la ejecución de las actividades deportivas.

Todos estos resultados son administrados en la plataforma IoT de Arduino, que también podemos acceder mediante tecnologías móviles (Tablet, Smartphone y Computadores Portátiles), permitiendo la manipulación oportuna de la información en tiempo real de los deportistas.

Para la ejecución del procedimiento de la solución tecnológica es importante tener claro y presente los requerimientos necesarios para el cumplimiento de la misma, a continuación, detallamos cada uno de estos:

- Software de diseño SolidWorks optamos por este software porque debido a que cuenta con dos características únicas su licenciamiento es gratuito

y su plataforma es directamente en la nube lo cual nos favorece porque podemos trabajar en cualquier sitio de forma remota.

- Impresora Modix BIG-60 es la mejor alternativa en cuanto a tecnología, tiempo de impresión, se puede usar varios tipos de materiales y es más robusta.
- El filamento de impresión ABS es un filamento fuerte de alta durabilidad que dará confianza a nuestros clientes porque ofrece alta resistencia de sus coberturas.
- La red que vamos a utilizar es la ZigBee es una tecnología inalámbrica más centrada en aplicaciones domóticas y la distancia de conectividad es perfecta para realizar pruebas con los deportistas que abarca 100 metros
- Arduino Nano 33 IoT esta placa cuenta con una conexión wifi y bluetooth que se nos va ser más fácil la extracción de los datos, también cuenta con su propia plataforma Cloud que nos ayuda a mirar los datos en tiempo real y acceder a los datos en cualquier momento.

4.4 ASPECTOS LEGALES Y CONTRATACIÓN

Tecnologías de la información (TIC) es aquella tecnología o una plataforma para el manejo adecuado de cualquier tipo de información que ayuda a mejorar las condiciones de vida de la población colombiana.

El sector TIC y las comunicaciones en Colombia se creó para hacer frente al desarrollo de la convergencia tecnológica, institucional y mercados para plantear un equilibrio competitivo con las empresas prestadoras de servicios de comunicaciones.

5. CONCLUSIONES

Tener claro que la competitividad de los deportistas con discapacidad afianza la estabilidad emocional, económica, y la posibilidad de sentirse un miembro útil a la sociedad, a razón, que PROTYSCAN soluciona esa relación de mejora en el entrenamiento del deportista a través de obtención de información.

Un deportista con discapacidad es un embajador, es un ejemplo ciudadano, realizar esta labor es importante para todos, por ello la contribución en realizar una representación con calidad y éxito potencializa aún más este mensaje.

PROTYSCAN entrega la información para que pueda hacer el seguimiento en los aspectos de mejora de la competitividad. Tener claros los datos a mejorar da la oportunidad de influir en el rendimiento del atleta y genera una ventaja respecto a otros competidores

6. REFERENCIAS

- [1] FEDESIR. Comité paralímpico colombiano. <https://www.cpc.org.co/fedesir/>. (Consultado 5 de jul., 2022).
- [2] I. Quiñones. (2010), Biomecánica para el deporte. Uni>ersia. <https://www.universia.net/mx/actualidad/vida-universitaria/biomecanica-deporte-23253.html> (Consultado 5 de jul., 2022).
- [3] El Espectador. Un proceso que da buenos frutos: Colombia y su mejor actuación en los Paralímpicos. <https://www.elespectador.com/deportes/mas-deportes/colombia-y-su-mejor-actuacion-en-unos-paralimpicos-un-proceso-que-da-buenos-frutos/> (Consultado 5 de jul., 2022).
- [4] G, F Carrila Ávila. Uso de GPS y acelerómetro para medir performance en deporte de élite, 2018. [En línea]. Disponible: https://repositoriosdigitales.mincyt.gob.ar/vufind/Record/BDUNCU_29a012197e7d43413f66874978c5850b.
- [5] D, P Sorza Hernández. Diseño de intervención desde la afectividad humana. Una propuesta para fortalecer la resiliencia de personas mayores en situación de discapacidad y pobreza integral del cuidador familiar principal, 2010. [En línea]. Disponible: http://repositoriocdpd.net:8080/bitstream/handle/123456789/210/Tes_SorzaHernandezDP_DisenolIntervencionAfectividad_2010.pdf?sequence=1.
- [6] 3Dnatives. El crecimiento del mercado de implantes médicos impresos en 3D. <https://www.3dnatives.com/es/mercado-implantes-impresos-3d/#!/> (Consultado 5 de jul., 2022).
- [7] P. Romero Hernández. Análisis del movimiento mediante sensores portables para el control de prótesis inteligentes. [En línea]. Disponible: https://oa.upm.es/51632/1/TFM_PEDRO_ROMERO_HERNANDEZ.pdf
- [8] AUTODESK. ¿Qué es Fusion 360?. <https://latinoamerica.autodesk.com/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (Consultado 5 de jul., 2022).
- [9] TALENTUM. ¿Por qué elegir SOLIDWORKS?. <https://talentumdigital.cl/2020/01/20/por-que-elegir-solidworks/#:~:text=SOLIDWORKS%20es%20un%20software%20de,datos%20del%20proceso%20de%20dise%C3%B1o.> (Consultado 5 de jul., 2022).
- [10] M, Moreno Gerena. Impresora 3D por extrusión de Plástico, 2014. [En línea]. Disponible: https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/208?locale-attribute=pt_BR

- [11] ARROWTI3D. Creality. <https://arrowti3d.com/cr-10-s5-impresora-3d-creality> (Consultado 5 de jul., 2022).
- [12] J. García Domínguez, J.A Azuara Jiménez, E. C Ángeles. Medición y adquisición de datos para una estación meteorológica alimentada con energía solar. 2021. [En línea]. Disponible: <https://scholar.google.es/citations?user=3bcTXkoAAAAJ&hl=es&oi=sra>
- [13] AliExpress. Cablematic Store. Placa para el desarrollo, Arduino Uno SMD. <https://es.aliexpress.com/item/10000246779015.html> (Consultado 5 de jul., 2022).
- [14] Cablematic. Placa Arduino Nano 33 IoT. <https://cablematic.com/es/productos/placa-arduino-nano-33-iot-AR141/> (Consultado 5 de jul., 2022).