



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CONSTITUCIÓN DE UNA
EMPRESA DEDICADA AL DISEÑO E IMPRESIÓN 3D DE ÓRTESIS
PERSONALIZADAS PARA EL SECTOR ORTOPÉDICO EN EL VALLE DE
ABURRÁ**

**JOAN ALEXIS QUIROZ ZAPATA
LUIS MIGUEL BETANCUR ARANGO**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS
PRIVADOS
MEDELLÍN
2020**



**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA CONSTITUCIÓN DE UNA
EMPRESA DEDICADA AL DISEÑO E IMPRESIÓN 3D DE ÓRTESIS
PERSONALIZADAS PARA EL SECTOR ORTOPÉDICO EN EL VALLE DE
ABURRÁ**

**JOAN ALEXIS QUIROZ ZAPATA
LUIS MIGUEL BETANCUR ARANGO**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
ESPECIALISTAS EN PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS
PRIVADOS**

**ASESOR: GUILLERMO LEÓN BUSTAMANTE ÁLZATE
INGENIERO CIVIL UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
MBA. GERENCIA DE PROYECTOS UNIVERSIDAD EAFIT**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS
PRIVADOS
MEDELLÍN
2020**

Nota de Aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, 28 de noviembre de 2020

AGRADECIMIENTO

A la Universidad, por brindarnos las herramientas necesarias para ser especialistas en Preparación y Evaluación de Proyectos Privados con los conocimientos necesarios para afrontar las exigencias del mundo de los proyectos acorde a la realidad actual del país y la región.

A los profesores, por la dedicación y la entrega al brindarnos las habilidades necesarias desde su conocimiento y experiencia para llegar a entender el mundo de los proyectos desde todas las perspectivas.

CONTENIDO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 11 |
| 2 | FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 12 |
| 3 | JUSTIFICACIÓN | 13 |
| 4 | MARCO DE REFERENCIA..... | 14 |
| 5 | OBJETIVOS | 16 |
| 5.1 | General | 16 |
| 5.2 | Específicos..... | 16 |
| 6 | ESTUDIO DEL ENTORNO Y SECTORIAL..... | 17 |
| 6.1 | Entorno general..... | 17 |
| 6.1.1 | Impresión 3D | 17 |
| 6.1.2 | Dispositivos ortopédicos | 19 |
| 6.1.3 | Variables macroeconómicas..... | 20 |
| 6.2 | Situación del proyecto frente el escenario del covid-19 | 23 |
| 6.3 | Entorno Especifico | 23 |
| 6.3.1 | Sector Económico Del Proyecto | 24 |
| 6.3.2 | Fuerzas Competitivas Del Sector | 25 |
| 6.4 | Conclusiones estudio del entorno | 29 |
| 7 | ESTUDIO DE MERCADO | 30 |
| 7.1 | Mercado macro | 30 |
| 7.2 | Mix de mercado..... | 32 |
| 7.2.1 | Producto | 32 |
| 7.2.2 | Precio | 34 |
| 7.2.3 | Promoción | 35 |
| 7.2.4 | Cadena de valor y plaza | 37 |
| 7.3 | Demanda..... | 38 |
| 7.3.1 | Mercado Potencial | 38 |

| | | |
|-------|---|----|
| 7.3.2 | Demanda Proyectada | 40 |
| 7.4 | Oferta | 44 |
| 7.4.1 | Proveedores | 44 |
| 7.4.2 | Limitantes tecnológicas de la oferta..... | 45 |
| 7.5 | Análisis DOFA para estrategias de mercado. | 45 |
| 7.6 | Conclusiones estudio de mercados..... | 47 |
| 8 | ESTUDIO TÉCNICO | 48 |
| 8.1 | Proceso | 48 |
| 8.2 | Ubicación y Emplazamiento | 48 |
| 8.2.1 | Ubicación | 48 |
| 8.2.2 | Emplazamiento | 49 |
| 8.3 | Tecnología | 51 |
| 8.3.1 | Escáner 3D y aplicación para exportación de los datos. | 51 |
| 8.3.2 | Software de diseño CAD y características del computador. | 52 |
| 8.3.3 | Impresora 3D y aplicación para la parametrización de la impresión.. | 53 |
| 8.4 | Aspectos administrativos y organizacionales | 54 |
| 8.4.1 | Estructura organizacional de la empresa..... | 54 |
| 8.4.2 | Personal requerido por área | 55 |
| 8.4.3 | Planteamiento estratégico del negocio | 56 |
| 8.5 | Aspectos legales | 58 |
| 8.5.1 | Resoluciones que regulan la comercialización de productos ortopédicos..... | 58 |
| 8.5.2 | Contratación del personal..... | 59 |
| 8.5.3 | Prestaciones sociales | 59 |
| 8.6 | Calidad | 61 |
| 8.7 | Conclusiones estudio técnico..... | 63 |
| 9 | ESTUDIO FINANCIERO | 64 |

| | | |
|--------|--|----|
| 9.1 | Consideraciones y supuestos para la construcción del modelo financiero. | 64 |
| 9.1.1 | Horizonte de planificación..... | 64 |
| 9.1.2 | Indicadores económicos y tasas..... | 64 |
| 9.2 | Inversiones preoperativas y capital de trabajo | 65 |
| 9.3 | Ingresos, costos y gastos operativos por periodo | 68 |
| 9.4 | Depreciaciones y amortizaciones..... | 70 |
| 9.5 | Estructura financiera y servicio de la deuda..... | 71 |
| 9.6 | Costo del patrimonio (Ke) y costo promedio ponderado del capital (WACC). | 71 |
| 9.7 | Estado de resultados..... | 74 |
| 9.8 | Flujos de caja libre y del inversionista. | 75 |
| 9.9 | Estado de situación financiera | 79 |
| 9.10 | Valor terminal..... | 80 |
| 9.11 | Métrica financiera..... | 80 |
| 9.12 | Conclusiones estudio financiero | 84 |
| 10 | ESTUDIO DE RIESGOS | 85 |
| 10.1 | Identificación | 85 |
| 10.2 | Análisis cualitativo de los riesgos..... | 85 |
| 10.3 | Riesgos cuantitativos | 88 |
| 10.3.1 | Identificación de variables más influyentes..... | 88 |
| 10.3.2 | Distribución Probabilística VPN y TIR..... | 91 |
| 10.4 | Conclusiones estudio de Riesgos | 95 |
| 11 | CONCLUSIONES GENERALES | 97 |
| 12 | REFERENCIAS | 98 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Ejemplo de órtesis en impresa. | 13 |
| Ilustración 2. Esquema general de los procesos por tecnología | 15 |
| Ilustración 3. Ejemplo proceso impresión 3D | 18 |
| Ilustración 4. Principales partes de una impresora y esquema de funcionamiento. | 19 |
| Ilustración 5. Ejemplo impresión dispositivo ortopédico (Chadwick, 2020). | 19 |
| Ilustración 6. Comportamiento precio Dólar TRM del último año (Banco de la República de Colombia, 2020) | 21 |
| Ilustración 7. Producto Interno Bruto (PIB) Por trimestre 2014-I-2020 (DANE, 2020) | 21 |
| Ilustración 8. Inflación total y meta BanRep | 22 |
| Ilustración 9. REPS. Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud. Ministerio de Salud y Protección Social. Procesado por la Unidad de Gestión de la Información y el Conocimiento. Secretaria de Salud de Medellín, 2018. Información preliminar sujeta por las continuas novedades que reportan las IPS. | 24 |
| Ilustración 10. Sector económico del proyecto. | 25 |
| Ilustración 11. Fuerzas de Porter. (Porter, 2007) | 26 |
| Ilustración 12. Mercado de dispositivos médicos impresos en 3D (marketsandmarkets, 2020). | 30 |
| Ilustración 13. Mercado de la impresión 3D para el sector salud por aplicación (alliedmarketresearch, 2020). | 31 |
| Ilustración 14. Mercado global por usuario final de impresiones 3D (alliedmarketresearch, 2020). | 31 |
| Ilustración 15. Ejemplo órtesis corta para el brazo. Fabricante Xkelet. Fuente: (XKELET, 2020) | 32 |
| Ilustración 16. Ejemplo órtesis pie. fuente: (MediACE3D Solution, 2020) | 33 |
| Ilustración 17. Ejemplo órtesis muñeca. Fuente: (Ortopedia La Milagrosa, 2020) | 33 |
| Ilustración 18. Principales inconvenientes de las órtesis tradicionales en yeso según encuesta realizada para este estudio de preinversión. | 36 |

| | |
|---|----|
| Ilustración 19. Escala 1-5 de inconvenientes de las órtesis tradicionales en yeso según encuesta realizada para este estudio de preinversión..... | 36 |
| Ilustración 20. Cadena de valor..... | 37 |
| Ilustración 21. Punto de entrega en lugar del especialista para que este haga la instalación | 38 |
| Ilustración 22. RIPS, Registros Individuales de Prestación de Servicios; morbilidad por consulta de urgencias. Procesado por la Unidad de Gestión de la Información y el Conocimiento, Secretaría de Salud de Medellín, 2015..... | 39 |
| Ilustración 23. Servicios habilitados por el profesional independiente. Fuente: REPS, Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud, Ministerio de Salud y Protección Social..... | 39 |
| Ilustración 24. Rengos de precios dispuesto a apagar el consumidor, según encuesta..... | 43 |
| Ilustración 25. Frecuencia de las fracturas. Tomado de: (Domínguez Gasca & Orozco Villaseñor, 2017)..... | 43 |
| Ilustración 26. Esquema del proceso. | 48 |
| Ilustración 27. Mapa del Valle de Aburrá..... | 49 |
| Ilustración 28. Esquema de ubicación..... | 51 |
| Ilustración 29. Especificaciones técnicas Solid Edge 2020 Classic..... | 53 |
| Ilustración 30. Organigrama. | 54 |
| Ilustración 31. Logo OstoPrint | 57 |
| Ilustración 32. Esquema proceso de validación. | 62 |
| Ilustración 33. Ingresos y egresos operativos | 70 |
| Ilustración 34. Estado de resultados. | 75 |
| Ilustración 35. Flujos de caja netos sin financiación de terceros..... | 76 |
| Ilustración 36. Flujo de caja neto con financiación de terceros | 78 |
| Ilustración 37. VPN(FCL) en función de WACC | 83 |
| Ilustración 38. VPN(FCI) en función de K_e | 83 |
| Ilustración 39. Criterios de matriz de probabilidad e impacto | 86 |
| Ilustración 40. Influencia de los datos de entrada en el VPN - Grafico de Telaraña | 89 |

| | |
|--|----|
| Ilustración 41. Influencia de los datos de entrada en la TIR-Grafico de Telaraña . | 89 |
| Ilustración 42. Gráfico de tornado VPN (FCI) | 90 |
| Ilustración 43. Gráfico de tornado TIR (FCI) | 91 |
| Ilustración 44. Distribución probabilística VPN(FCI) | 93 |
| Ilustración 45. Estadísticas simulación VPN..... | 93 |
| Ilustración 46. Distribución probabilística TIR(FCI) | 94 |
| Ilustración 47. Estadísticas simulación TIR(FCI) | 95 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Propiedades ABS. | 32 |
| Tabla 2. Matriz de producto-mercado..... | 34 |
| Tabla 3. Precio por gramo de partes impresas en 3D en el mercado local | 34 |
| Tabla 4. Distribución normal Z..... | 42 |
| Tabla 5. Precio filamento ABS 1.75 por Kg | 45 |
| Tabla 6. Matriz DOFA..... | 46 |
| Tabla 7. Precio metro cuadrado promedio de arriendo por comuna. | 50 |
| Tabla 8. Especificaciones técnicas escáner | 52 |
| Tabla 9. Especificaciones técnicas impresora..... | 53 |
| Tabla 10. Prestaciones Sociales año 2020 | 60 |
| Tabla 11. Inversión total preoperativa | 65 |
| Tabla 12. Inversión en activos fijos (vida útil en años) | 66 |
| Tabla 13. Gastos preoperativos. | 67 |
| Tabla 14. Capital de trabajo | 68 |
| Tabla 15. Ingresos, costos y gastos operativos por periodo | 69 |
| Tabla 16. Depreciaciones y amortizaciones | 70 |
| Tabla 17. Estructura financiera inicial..... | 71 |
| Tabla 18. Servicio de la deuda | 71 |
| Tabla 19. Betas desapalancados por sector en Colombia (Grupo de Investigación en Solvencia y Riesgo Financiero (GISRF) - Universidad del Valle, 2005) | 73 |
| Tabla 20. Rentabilidad libre de riesgo y rentabilidad promedio del mercado (BUENAVENTURA VERA, GOMEZ RESTREPO, & ORTIZ ROMO, 2010) | 73 |
| Tabla 21. K_e y WACC | 74 |
| Tabla 22. Estado de resultados..... | 75 |
| Tabla 23. Flujo de caja libre | 76 |
| Tabla 24. Flujo de caja del inversionista | 78 |
| Tabla 25. Estado de situación financiera..... | 79 |
| Tabla 26. Flujo de caja por venta de activo..... | 80 |
| Tabla 27. Valor terminal | 80 |
| Tabla 28. WACC y K_e por periodos. | 81 |

| | |
|--|----|
| Tabla 29. Indicadores del proyecto | 82 |
| Tabla 30. Identificación de riesgos | 85 |
| Tabla 31. Severidad de los riesgos | 87 |
| Tabla 32. Medidas para evitar y/o mitigar los riesgos | 88 |
| Tabla 33. Escenarios pesimista, proyectado y optimista | 92 |

RESUMEN

La presente monografía es el resultado del estudio de prefactibilidad para la constitución de una empresa dedicada al diseño e impresión 3D de órtesis personalizadas para el sector ortopédico en el Valle de Aburrá. Se presenta la información recolectada para realizar cada uno de los estudios requeridos; del entorno, del sector, de mercados, técnico, tecnológico, legal, financiero y de riesgos. Con la información recolectada de fuente secundaria en su mayoría, se desarrolla cada uno de los estudios con el fin de construir el modelo financiero que evalúa el proyecto bajo las condiciones macroeconómicas del entorno y el mercado proyectado principalmente. Este modelo financiero permite cubrir costos y gastos durante la ejecución del proyecto, que haya recursos financieros a medida que se requieran durante la operación, construir flujos de caja netos con y sin financiación de terceros y verificar que se generen niveles adecuados de utilidades y rentabilidad con base en indicadores como VPN, TIR, y B/C. Se obtienen conclusiones para cada uno de los estudios y para el estudio de prefactibilidad en general con el fin de resaltar las variables que se deben profundizar en la siguiente fase de factibilidad.

Palabras Clave: Proyecto, Prefactibilidad, Impresión, Rentabilidad, Indicadores.

ABSTRACT

This monograph is the result of the pre-feasibility study for the formation of a company dedicated to the design and 3D printing of custom-made orthoses for the orthopedic sector in El Valle de Aburrá. The gathered information to conduct each of the required studies is presented, environment, sector, markets, technical, technological, legal, financial and risk. With the information collected mostly from secondary sources, each of the studies is developed to build the financial model that evaluates the project under the macroeconomic conditions of the environment and the projected market mainly. This financial model allows to cover costs and expenses during the execution of the project, to have financial resources as required during the operation, to build net cash flows with and without third-party financing and to verify that appropriate levels of profits and profitability are generated based on indicators such as NPV, IRR, and B/C. Conclusions for each of the studies and for the pre-feasibility study in general are obtained in order to emphasize the variables that must be explored in the next feasibility phase.

Key Words: Project, Pre-feasibility, Printing, Profitability, Indicator.

1 INTRODUCCIÓN

Los últimos avances tecnológicos en la humanidad han llevado al mundo a estar al borde de una revolución o transformación tecnológica que modificará fundamentalmente la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos. En su escala, alcance y complejidad, la transformación será distinta a cualquier cosa que la humanidad haya experimentado antes. Esta revolución se conoce como la cuarta revolución industrial o industria 4.0 la cual implica la promesa de una nueva revolución que combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarán en las organizaciones, las personas y los activos.

Entre muchas de las tecnologías que hacen parte de la industria 4.0 se encuentran dos tecnologías que serán el pilar tecnológico de este proyecto, las cuales son el escaneo digital 3D y la impresión de polímeros en 3D. Estas dos tecnologías comprenden una amplia gama de aplicaciones; sin embargo, muchas de estas aplicaciones han surgido recientemente, por tal motivo aún no se han popularizado en muchos países del tercer mundo como Colombia. Este es el caso de las órtesis poliméricas personalizadas impresas en 3D que prometen resolver muchos de los inconvenientes que persisten en las órtesis tradicionales hechas de yeso.

2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es viable financieramente la creación de una empresa de diseño e impresión de órtesis personalizadas en 3D para el sector ortopédico en el Valle de Aburrá?

Actualmente para la correcta reparación de un hueso fracturado se siguen utilizando férulas de yeso. Este procedimiento se lleva utilizando durante mucho tiempo y presenta grandes inconvenientes para el usuario de dichas órtesis, tales como:

- Las órtesis de yeso no son impermeables, por lo que se debe evitar el contacto con agua, si esto ocurre, dicha órtesis pierde sus propiedades de rigidez, perdiendo función de mantener el hueso inmóvil.
- El yeso es un material totalmente rígido, esto ocasiona que una vez reducida la inflamación de la fractura y avanzado la reparación del hueso se modifique la geometría exterior de la extremidad y la órtesis no se adapte causando incomodidad e incluso puede provocar una incorrecta unión de las partes.
- Las órtesis de yeso son cuerpos totalmente cerrados de un gran espesor, impidiendo la transpirabilidad de piel, generando irritación en ésta.
- No permite una inspección visual de la correcta evolución de la fractura por parte de los ortopedistas, provocando en algunos casos la remoción del yeso para una inspección del hueso y posteriormente realizar otra vez todo el proceso de colocación de la órtesis.

Estos problemas mencionados se pueden mitigar con la sustitución de órtesis de yeso por órtesis poliméricas personalizadas impresas en 3D y diseñadas a partir de un escaneo digital de la superficie a inmovilizar.

3 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto pretende aprovechar las ventajas de algunos materiales poliméricos y la impresión 3D para solucionar los problemas mencionados con sustitución de órtesis de yeso por órtesis poliméricas personalizadas. Estas órtesis impresas en material polimérico presentan las siguientes ventajas respecto a las órtesis tradicionales en yeso:

- Las órtesis impresas en polímero son impermeables y no pierden sus propiedades al contacto con el agua.
- Las órtesis en polímero son ajustables durante la evolución de la fractura.
- Los diseños de estas órtesis no requieren un cubrimiento total de la superficie, lo cual no impide la espontánea transpiración de la piel.
- Debido a que estas órtesis son removibles, no presentan un impedimento para inspeccionar visualmente la evolución de la fractura. Además, a diferencia de las órtesis de yeso, estas permiten la realización de muestras de rayos X.
- Ya que el material de las órtesis impresas es menos denso que el yeso y no requieren un cubrimiento completo, se obtienen órtesis de menor peso.



Ilustración 1. Ejemplo de órtesis en impresa.

4 MARCO DE REFERENCIA

Una órtesis, según definición de la ISO, es un apoyo u otro dispositivo externo aplicado al cuerpo para modificar los aspectos funcionales o estructurales del sistema neuromusculoesquelético. El término se usa para denominar aparatos o dispositivos, férulas, ayudas técnicas y soportes usados en ortopedia, fisioterapia y terapia ocupacional que corrigen o facilitan la ejecución de una acción, actividad o desplazamiento, procurando ahorro de energía y mayor seguridad. Sirven para sostener, alinear o corregir deformidades y para mejorar la función del aparato locomotor.

Actualmente la impresión 3D de órtesis es un proceso que se ha vuelto común en los países de primer mundo ya que va de la mano de la cuarta revolución industrial por las ventajas que este tipo de fabricación (manufactura aditiva) trae consigo, también cabe recalcar que este tipo de dispositivos son adquiridos por la población de clase media - alta por los costos que estos conllevan, ya que las órtesis tradicionales en yeso tienen un costo mínimo para los usuarios y en la mayoría de casos estos costos son cubiertos por las mismas instituciones prestadoras de salud (EPS en el caso de Colombia).

Como ya se explicó, el proceso de impresión 3D se ha vuelto una realidad en el sector ortopédico de la salud. Esta tecnología permite crear soluciones adaptadas y personalizadas para los pacientes. El proceso de creación de una órtesis por impresión 3D, comienza con la evaluación de rayos X por parte del especialista ortopeda sobre el paciente con fractura. A partir del análisis que hace el especialista de la fractura y sus indicaciones, se hace el diseño en modelo 3D de la órtesis mediante un software CAD. Para esto se requiere escaneo previo de la zona a inmovilizar por medio un scanner-3d, el cual brinda una malla digital de puntos con la forma de la superficie del área a tratar. Una vez se tiene esta malla digital de puntos, se procede a elaborar el diseño de la órtesis de acuerdo con la indicación del ortopeda y a las proporciones de la extremidad a inmovilizar. Finalmente, con el diseño digital en modelo 3D se procede a imprimir la órtesis la cual es instalada y ajustada por el ortopeda en cada paciente.

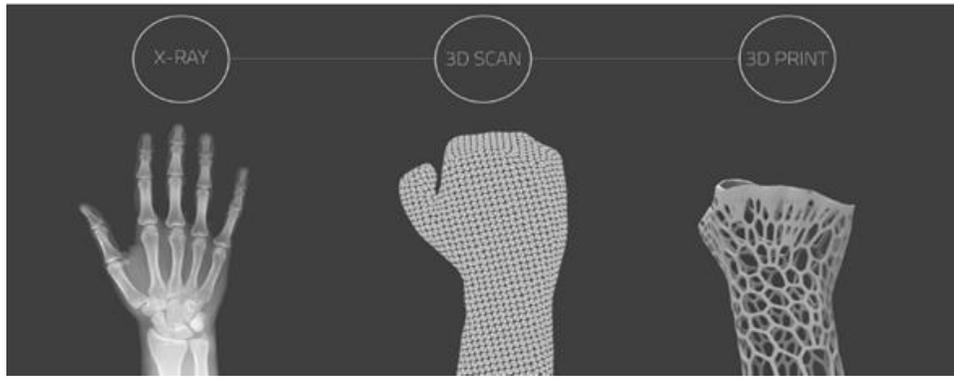


Ilustración 2. Esquema general de los procesos por tecnología

5 OBJETIVOS

5.1 General

Estudiar la prefactibilidad para la constitución de una empresa dedicada al diseño e impresión 3D de órtesis personalizadas para el sector ortopédico en el Valle de Aburra.

5.2 Específicos

- Determinar la viabilidad técnica y sus posibles variantes derivadas del tamaño, población objetivo, localización, procesos técnicos disponibles y modelos de organización que serían implementados en la etapa de instalación y operación de la empresa dedicada al diseño e impresión 3D de órtesis para el sector ortopédico en el Valle de Aburra. De acá se deben derivar las inversiones requeridas y en buena medida los costos y gastos de operación de la empresa.
- Realizar estudio del entorno para determinar las fuerzas económicas, sociales, demográficas y físicas las cuales podrían ser variables no controlables que influyeran en el proyecto.
- Realizar estudio técnico que permita determinar ubicación, emplazamiento, tamaño, proceso, capacidad de producción, tecnologías, aspectos administrativos y organizacionales.
- Realizar estudio de mercado para establecer la demanda, oferta actual y proyectada, precios y mecanismos de comercialización de las órtesis.
- Realizar estudio legal/regulatorio orientado a determinar si este tipo de soluciones están permitidas en el país a la luz de las normas vigentes.
- Realizar estudio financiero para determinar los flujos de caja generados por esta iniciativa y la rentabilidad con base en la capacidad de asumir deuda y remunerar a los accionistas.

6 ESTUDIO DEL ENTORNO Y SECTORIAL

6.1 Entorno general

6.1.1 Impresión 3D

Los últimos avances tecnológicos en la manufactura han llevado al mundo a estar al borde de una revolución o transformación tecnológica que modificará fundamentalmente la forma en que se desarrollan y producen muchas de las partes utilizadas en diferentes industrias como la automotriz, aeronáutica, plásticos, juguetes, salud, ente otras. Estas tecnologías en mención hacen parte de la ya reconocida cuarta revolución industrial o industria 4.0 la cual implica la promesa de una nueva revolución que combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarán en las organizaciones, las personas y los activos. (AECOC, 2020) (The Chinese University of Hong Kong, 2019)

En la actualidad la impresión 3D es una práctica de fabricación ampliamente utilizada en los países desarrollados, gracias a su versatilidad se pueden obtener desde prototipos para cualquier tipo de industria hasta productos para los usuarios del común, la tecnología implementada para las impresoras va a pasos agigantados, en el mercado se adquieren impresoras de todo tipo y su precio varía con respecto a la precisión y tamaño que se desee (Ilustración 3).

Desde hace varias décadas se ha venido gestando todo un laberinto de posibilidades para sacarle provecho a una tecnología que apenas empieza a mostrar lo que es capaz de lograr. Al encenderse una máquina, contando con un modelo o diseño digital, varios materiales entran en acción, se van agregando de la manera más precisa, capa a capa, para construir un objeto en tres dimensiones. Así funciona la impresión 3D. De ahí pueden salir zapatos, gafas, juguetes. Así se han construido hasta prototipos industriales, casas y puentes. La inmensidad de posibilidades queda al criterio de la creatividad y por supuesto a las capacidades de la máquina. (Dinero, 2018)

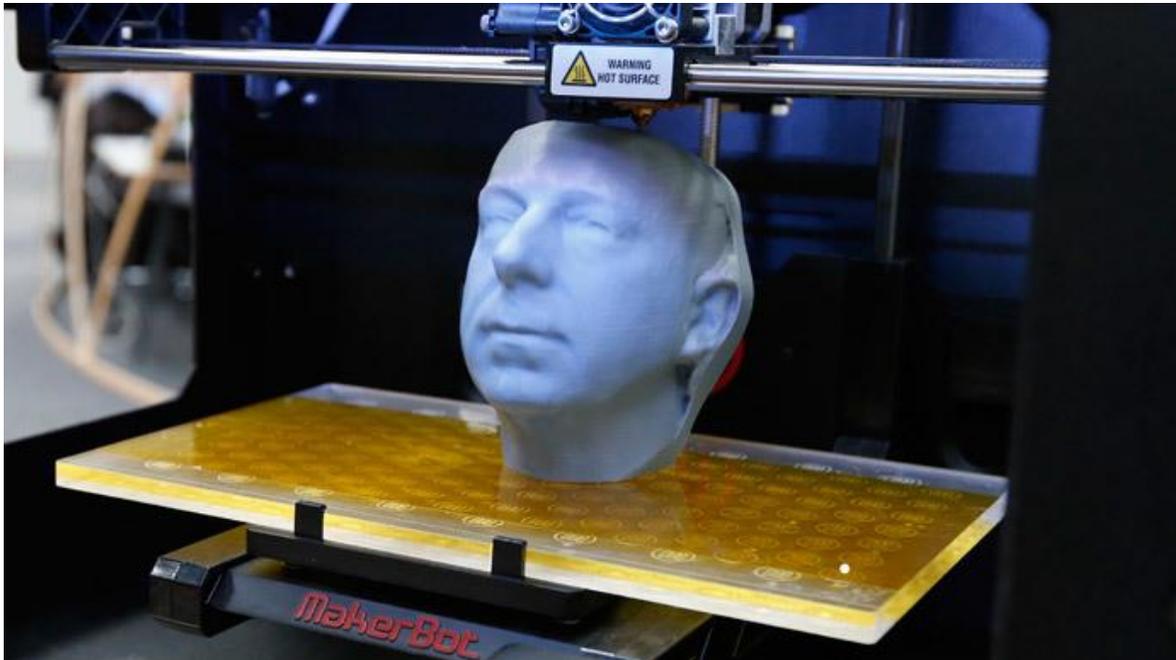


Ilustración 3. Ejemplo proceso impresión 3D

En la Ilustración 4 se observan las principales partes que componen una impresora, el funcionamiento básico de esta consta de posicionar el extrusor en una posición Z, este comienza a extruir el polímero en estado plástico lo que sería la impresión de una capa la cual dependiendo de la geometría hará que se presente un movimiento en el plano determinado alterando las posiciones X y Y, al abarcar toda la geometría en esa posición Z, el extrusor sube de posición y vuelve a abarcar toda la geometría en este nuevo nivel y así, hasta poder generar el volumen requerido, toda la programación se hace en lenguaje de máquina(Código G), y es desde un software donde se establece como será el recorrido para poder generar la capa y cuál será el espesor de esta.

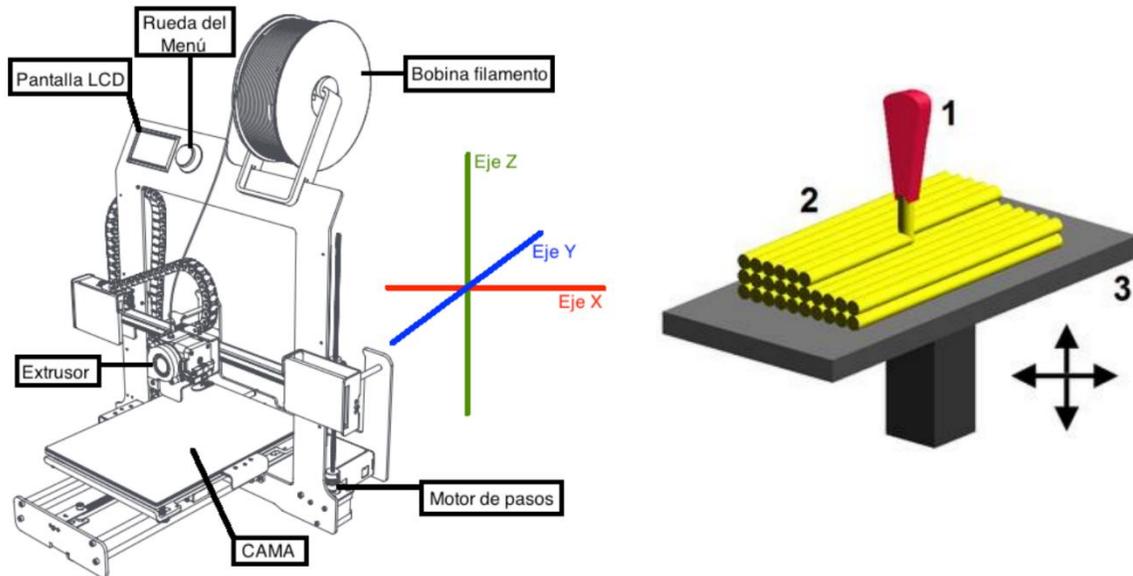


Ilustración 4. Principales partes de una impresora y esquema de funcionamiento.

6.1.2 Dispositivos ortopédicos

Actualmente existen diversos métodos de fabricación para los dispositivos ortopédicos, pueden ser mecanizados, tejidos (en caso de que sean de tela), de fabricación manual (yeso tradicional) y la comúnmente utilizada en Europa y Norte América Impresión 3D (ver Ilustración 5).



Ilustración 5. Ejemplo impresión dispositivo ortopédico (Chadwick, 2020).

Debido a la versatilidad de la impresión 3d su uso en el sector ortopédico ha sido ampliamente acogido para obtener órtesis y prótesis que se adapten a la necesidad

de los clientes brindando muchas ventajas con respecto a cómo se vienen fabricando actualmente.

Es importante notar que los dispositivos ortopédicos se encuentran exentos de IVA actualmente según el estatuto tributario (ver Art. 414. Bienes que no causan el impuesto 90.21) lo cual representa un panorama favorable para el cliente en cuanto al costo final que este pagara para poder acceder a cualquier dispositivo ortopédico.

6.1.3 Variables macroeconómicas

Debido a la grave situación económica por la que pasa el país y la gran mayoría de países de la región y del mundo, será de gran importancia analizar las principales variables macroeconómicas que afectaran la integridad de la empresa.

Según un análisis del equipo técnico del banco de la republica “(...), el crecimiento económico en 2020 estaría entre -2% y -7%. Por su parte, el crecimiento de 2021 dependerá de la magnitud del choque en 2020 y de qué tan duraderos sean sus efectos.” (PORTAFOLIO, 2020)

De hecho “según las estimaciones del Banco, la economía en Colombia solo alcanzaría los niveles de producción anual de 2019 al final de 2021 por cuenta de estos temores generalizados y disminución de la dinámica por la cuarentena y el aislamiento social.” (PORTAFOLIO, 2020)

“El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) informó que, durante julio, 4,15 millones de personas perdieron su empleo frente a julio de 2019, lo que ubicó a la tasa de desempleo en 20,2%, 9,5 puntos porcentuales más que julio de 2019, cuando el índice fue de 10,7%”. (La República, 2020)

En la *Ilustración 6* se logra observar el comportamiento del precio del dólar en el último año teniendo sus picos máximos entre marzo y abril (época de aislamiento obligatorio) principalmente por dos factores que son la pandemia por la cual se obliga el aislamiento en la gran mayoría del mundo y la caída del precio del petróleo.

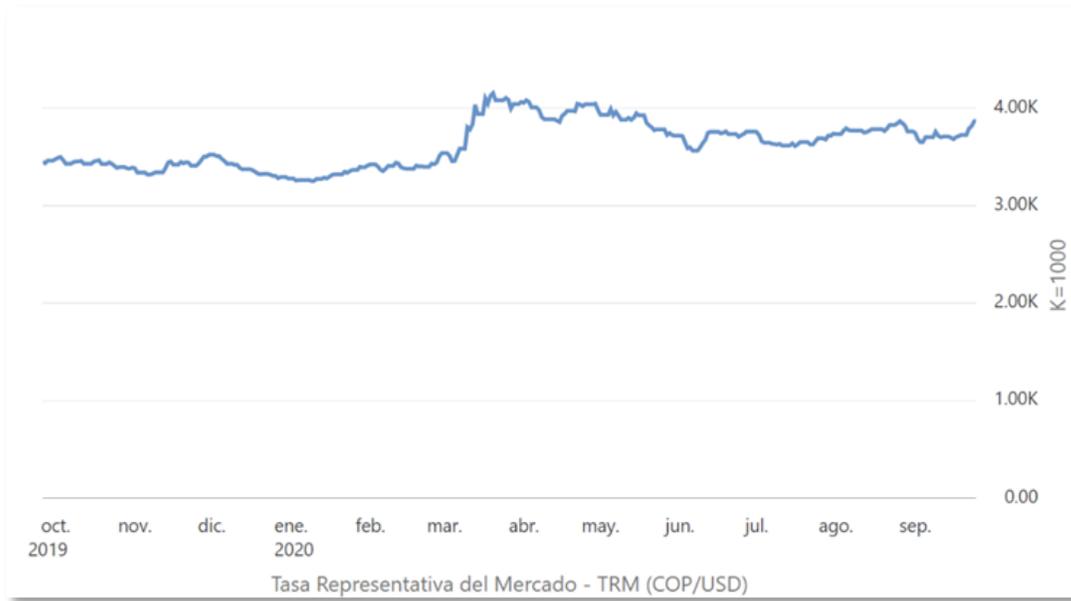


Ilustración 6. Comportamiento precio Dólar TRM del último año (Banco de la República de Colombia, 2020)

Hasta el mes de marzo se tiene que “La economía colombiana creció 1,1% en el primer trimestre del año, una cifra que, si bien es positiva, no fue mayor debido a la cuarentena generada por el coronavirus.” (Revista Dinero, 2020). Donde “El dato es menor al 2,9% registrado en el mismo periodo del 2019 y se explica en que "en enero crecimos 3,7%; en febrero, 4,6%, mientras que en marzo registramos un -4,9%", dijo el director del Dane, Juan Daniel Oviedo.” (Revista Dinero, 2020), también se ve un decrecimiento del PIB en un 15,7% respecto al mismo periodo del año 2019.

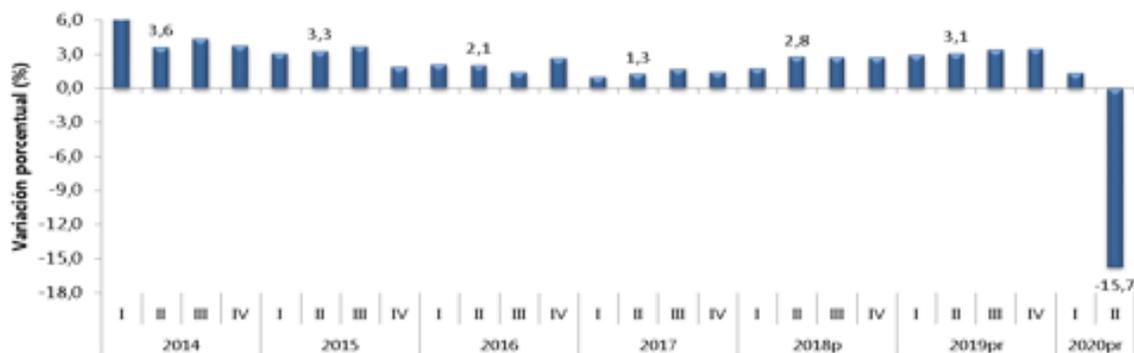


Ilustración 7. Producto Interno Bruto (PIB) Por trimestre 2014-I-2020 (DANE, 2020)

Una variable económica que afecta directamente la empresa es el precio del dólar ya que el aumento de este puede acrecentar las inversiones y costos fijos del proyecto debido a que la maquinaria (impresoras y escáneres 3D) e insumos (filamentos de impresión) son importados pueden afectar considerablemente la adquisición de estos.

El aumento en la tasa de desempleo muestra también una situación desfavorable para la empresa debido a que al aumentar esta disminuyen los posibles clientes (disminuyendo la población objetivo) que podrían acceder a adquirir los productos y servicio ofrecidos, debido a que el producto es una opción que conlleva mayor inversión por parte del cliente que con este panorama podrían declinarse por la opción más favorable.

En la Ilustración 8 se observa una inflación del 4% aproximadamente desde el año 2017, para finales del año 2020 se ve una deflación del IPC debido a la situación sanitaria por la cual se vio enfrentado el mundo entero ubicando la inflación anual del IPC para agosto de 2020 en 1,88%.

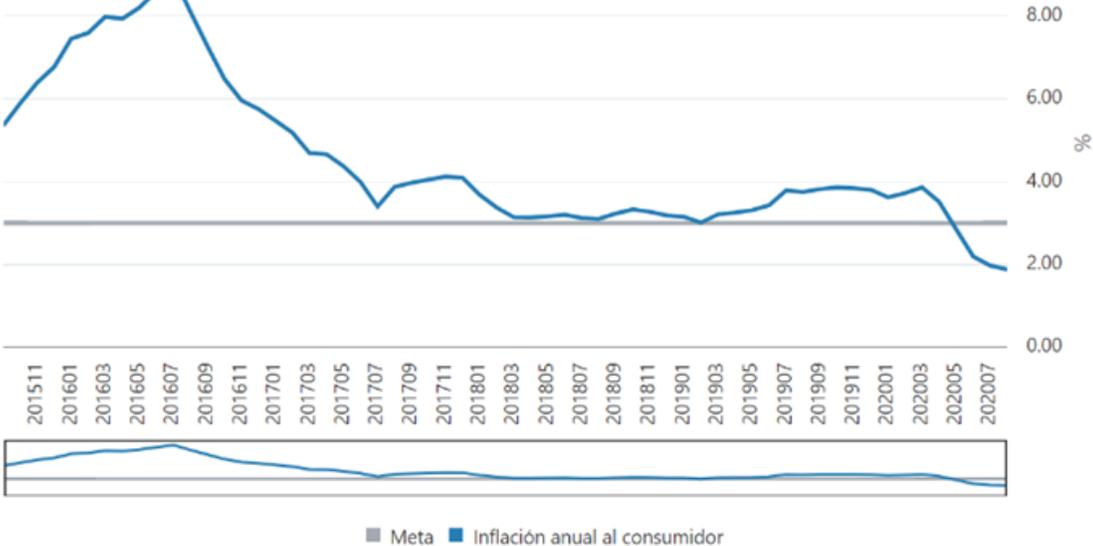


Ilustración 8. Inflación total y meta BanRep

6.2 Situación del proyecto frente el escenario del covid-19

En diciembre de 2019, en Wuhan, China, se presentó la pandemia por covid-19, generado por el virus SARS-CoV-2 y en poco tiempo se ha diseminado a la mayoría de los países alrededor del globo. Esta enfermedad fue declarada pandemia por la OMS el 11 de marzo de 2020, el primer caso del nuevo coronavirus en América Latina fue diagnosticado en Brasil el 26 de febrero, el primer caso en Colombia se reportó el 6 de marzo del mismo año. Para 20 de noviembre de 2020 se tenían 1,233,444 casos en el país, de los cuales 34,929 han concluido en muertes (Minsalud Colombia, 2020). Una de las recomendaciones de los ortopedistas para la inmovilización de extremidades durante la emergencia sanitaria es el uso de férulas en lugar de yesos cerrados. Las férulas pueden ser retiradas en casa por los pacientes, los yesos cerrados pueden requerir nuevas consultas para ajuste y retiro (Calixto B, González, López, & Ron, 2020). Esta situación es una razón más que permite al proyecto ser una alternativa para sustituir el yeso tradicional durante la emergencia sanitaria por propagación del covid-19, ya que las órtesis personalizadas impresas en 3D pueden ser removidas por el paciente luego de transcurrido el tiempo de rehabilitación, además la instalación de esta no requiere una interacción prolongada con el ortopedista durante la instalación de la misma.

6.3 Entorno Especifico

En el área metropolitana del Valle de Aburrá el sector ortopédico tiene su mayor concentración en el municipio de Medellín con un total de 237(ver Ilustración 9) servicios habilitados por profesionales independientes del área de la ortopedia y traumatología. Sin embargo, ninguno de estos servicios independientes cuenta con el servicio de órtesis personalizadas impresas en 3D para la rehabilitación de fracturas o corrección de deformidades, debido a que esta tecnología en el área de salud no se ha explotado en nuestro país. Esta situación da la oportunidad de brindarle al sector ortopédico del Valle de Aburrá una nueva alternativa que brindará muchas ventajas para la prestación de sus servicios y la comodidad de los consumidores finales (personas naturales).

| Servicio habilitado por el Profesional Independiente | Comuna de ubicación del servicio | | | | | | | | | | | | | | Total General | % | | | | | | |
|--|----------------------------------|------------|-----------|------------|------------|-----------------|------------|---------------|--------------|---------------|-------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|-----------|----------|-----------------------|------------------|------------------------------|---------------------|
| | Popular | Santa Cruz | Mariquie | Aranjuez | Castilla | Doce de Octubre | Robledo | Villa Hermosa | Buenos Aires | La Candelaria | Laureles | La América | San Javier | El Poblado | | | Guayabal | Belén | Correg. San Cristóbal | Correg. Ataviaza | Correg. San Antonio de Prado | Correg. Santa Elena |
| Proceso Esterilización | 1 | 5 | 14 | 42 | 41 | 13 | 63 | 5 | 42 | 615 | 485 | 89 | 24 | 797 | 27 | 230 | 11 | 1 | 53 | 1 | 2559 | 24,6 |
| Odontología general | 3 | 4 | 13 | 23 | 24 | 10 | 31 | 5 | 32 | 400 | 301 | 66 | 10 | 401 | 19 | 136 | 6 | 1 | 26 | 1 | 1512 | 14,5 |
| Toma e interpretaciones de radiologías odontológicas | - | - | 4 | 4 | 7 | 2 | 16 | 3 | 7 | 143 | 143 | 23 | 5 | 167 | 6 | 58 | 4 | - | 9 | 1 | 602 | 5,8 |
| Ortodoncia | - | 3 | 4 | 10 | 13 | 3 | 11 | 1 | 12 | 149 | 86 | 15 | 8 | 155 | 3 | 50 | 3 | - | 17 | - | 543 | 5,2 |
| Medicina general | 3 | 1 | 5 | 16 | 7 | 5 | 8 | 2 | 8 | 89 | 89 | 10 | 8 | 176 | 9 | 34 | 4 | - | 5 | 2 | 481 | 4,6 |
| Psicología | 1 | - | 1 | 7 | 6 | 1 | 12 | 1 | 6 | 71 | 106 | 14 | 1 | 160 | 7 | 31 | - | - | 4 | - | 429 | 4,1 |
| Otras consultas de especialidad - no oncológico | - | - | - | - | 3 | 2 | 17 | - | - | 64 | 54 | 6 | 3 | 134 | 2 | 35 | - | - | 9 | - | 329 | 3,2 |
| Ortopedia y/o traumatología | - | - | - | 7 | - | - | 11 | 2 | 1 | 34 | 20 | 5 | 1 | 131 | - | 23 | - | - | 2 | - | 237 | 2,3 |
| Ginecobretricia | - | - | - | 1 | - | 1 | 5 | 2 | 1 | 30 | 17 | 4 | 1 | 129 | - | 27 | - | - | - | - | 218 | 2,1 |
| Oftalmología | - | - | - | 1 | - | - | 5 | - | 2 | 66 | 22 | - | - | 95 | 2 | 13 | - | - | 1 | - | 207 | 2,0 |
| Medicina interna | - | - | 1 | 1 | 2 | - | 21 | 1 | 3 | 29 | 22 | - | 1 | 74 | 2 | 26 | - | - | 4 | - | 187 | 1,8 |
| Dermatología | 1 | - | - | 1 | 1 | - | 2 | 1 | - | 33 | 23 | 3 | - | 98 | 1 | 16 | - | - | - | - | 180 | 1,7 |
| Periodoncia | - | - | - | 4 | 1 | - | 4 | - | 1 | 35 | 28 | 3 | 1 | 63 | 2 | 24 | - | - | 5 | - | 171 | 1,6 |
| Rahabilitación oral | - | - | - | - | 1 | 1 | 4 | - | - | 20 | 24 | 3 | 1 | 93 | - | 6 | 1 | - | - | - | 154 | 1,5 |
| Pediatría | - | - | - | 2 | 1 | - | 11 | - | 4 | 21 | 13 | 5 | - | 79 | - | 13 | 1 | - | 2 | - | 152 | 1,5 |
| Odontopediatría | - | - | - | - | 2 | - | - | - | 1 | 19 | 25 | 3 | 1 | 64 | - | 8 | 1 | - | 2 | - | 126 | 1,2 |
| Cirugía general | - | - | - | - | 1 | - | 17 | 1 | - | 18 | 3 | 2 | 1 | 49 | - | 21 | - | - | - | - | 113 | 1,1 |
| Psiquiatría | - | - | 1 | 1 | - | - | 1 | - | 2 | 13 | 17 | 1 | - | 62 | - | 13 | - | - | - | - | 111 | 1,1 |
| Otorrinolaringología | - | - | - | - | - | - | 2 | - | 1 | 12 | 23 | 4 | - | 56 | - | 9 | - | - | - | - | 107 | 1,0 |
| Endodoncia | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 2 | 28 | 19 | - | - | 41 | 1 | 10 | 1 | - | 3 | - | 106 | 1,0 |
| Cirugía plástica y estética | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - | 15 | 3 | 1 | - | 71 | - | 8 | 1 | - | - | - | 102 | 1,0 |
| Fisioterapia | - | 1 | - | 1 | 1 | 1 | 3 | - | 1 | 15 | 13 | 2 | 1 | 42 | 1 | 6 | - | - | - | - | 88 | 0,8 |
| Medicina alternativa - Homeopatía | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 1 | 23 | 18 | 3 | 1 | 30 | 1 | 8 | - | - | 1 | - | 87 | 0,8 |
| Tamización de cáncer de cuello uterino | 1 | - | - | 1 | 2 | 3 | 1 | - | 1 | 10 | 3 | 2 | - | 47 | - | 16 | - | - | - | - | 87 | 0,8 |
| Protección específica - atención preventiva en salud bucal | - | - | - | 2 | - | 2 | 3 | - | 2 | 27 | 11 | 2 | 1 | 23 | 2 | 10 | 1 | - | 1 | - | 87 | 0,8 |
| Otros Servicios | 2 | 4 | 3 | 18 | 9 | 6 | 46 | 5 | 24 | 261 | 203 | 31 | 4 | 653 | 10 | 145 | 1 | 0 | 10 | 1 | 1436 | 13,8 |
| Total por comunas | 12 | 18 | 46 | 143 | 122 | 50 | 297 | 30 | 154 | 2240 | 1771 | 297 | 73 | 3890 | 95 | 976 | 35 | 2 | 154 | 6 | 10411 | 100 |

Profesionales independientes habilitados en Medellín, según su localización por comunas y el servicio habilitado. Junio de 2018

Ilustración 9. REPS. Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud. Ministerio de Salud y Protección Social. Procesado por la Unidad de Gestión de la Información y el Conocimiento. Secretaria de Salud de Medellín, 2018. Información preliminar sujeta por las continuas novedades que reportan las IPS.

6.3.1 Sector Económico Del Proyecto

El proyecto se encuentra situado entre el sector económico terciario y secundario ya que se le prestará un servicio al sector ortopédico, pero también se fabricará un producto que será el que al final va a ser utilizado por el usuario final, por en este proyecto será de una empresa de servicios con énfasis en equipos, que puede ser considerado un proyecto industrial.

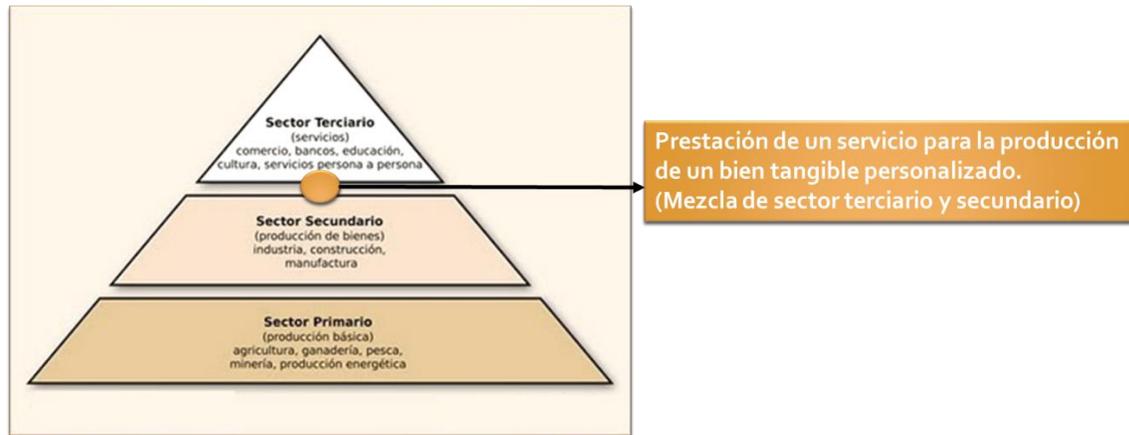


Ilustración 10. Sector económico del proyecto.

6.3.2 Fuerzas Competitivas Del Sector

El sector en el que se desenvuelve el proyecto se presentan 5 fuerzas competitivas básicas que permiten determinar el grado de competencia que posiblemente enfrente el proyecto durante su etapa de operación. Estas fuerzas hacen parte de un modelo estratégico elaborado por el ingeniero y profesor Michael Eugene Porter de la Escuela de Negocios Harvard, en el año 1979 (ver Ilustración 11) y determinan la intensidad de competencia y rivalidad en una industria, y, por lo tanto, en cuanto atractiva es esta con relación a oportunidades de inversión. Estas fuerzas son:

- Poder de negociación de los compradores.
- Amenazas de nuevos competidores.
- Amenaza de productos o servicios sustitutos.
- Poder de negociación de los proveedores.
- Rivalidad entre los competidores existentes.

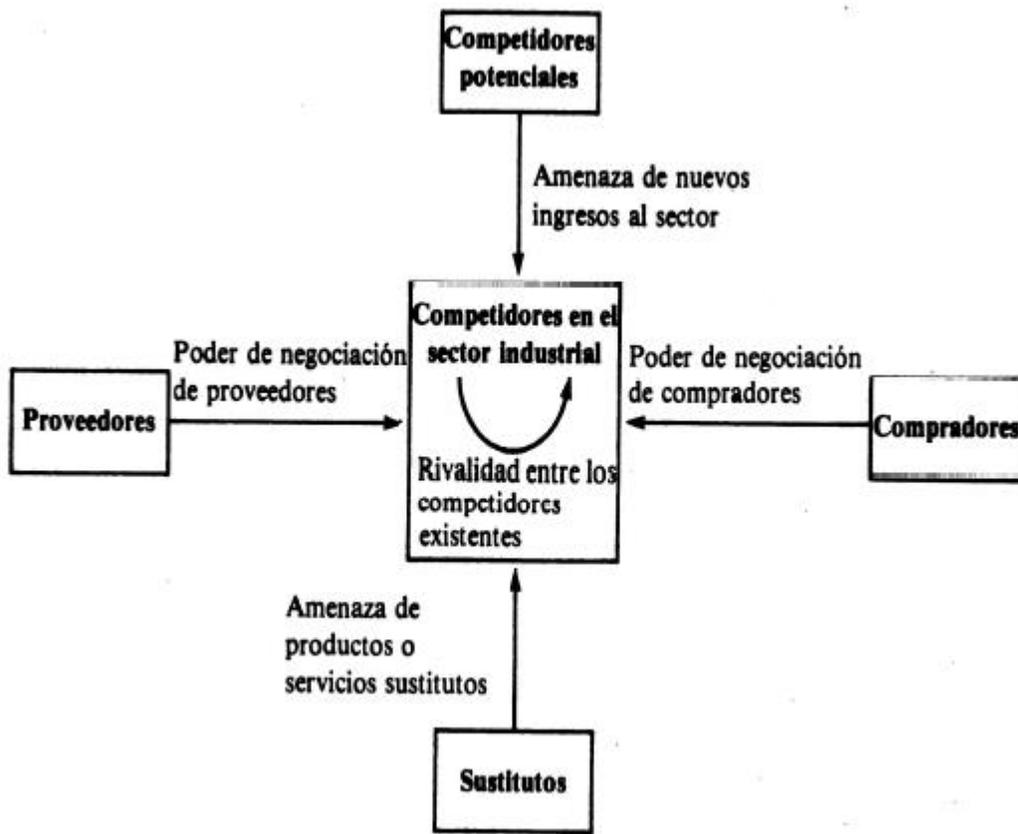


Ilustración 11. Fuerzas de Porter. (Porter, 2007)

6.3.2.1 Poder de negociación de los compradores

Esta fuerza hace referencia al poder de los consumidores o compradores de la industria. En este caso en particular, este proyecto cuenta dos consumidores en serie que podríamos llamar consumidor intermediario y consumidor final. El consumidor intermediario es el especialista ortopedista quien es indispensable para recetar nuestra órtesis conforme a un diseño basado en sus indicaciones y el consumidor final es la persona natural a la cual se le esta recetada la órtesis según la valoración del ortopedista y es quien al final termina pagando por el producto y servicio.

El poder de comprador del consumidor intermediario variará durante el tiempo de vida del proyecto. Recién iniciada la etapa de operación del proyecto, el poder de compra del ortopedista es alto ya que el producto es desconocido y se debe convencer con muestras físicas y datos cuantificables y demostrables la efectividad

del producto, sus ventajas y el cumplimiento de las normas que rigen su calidad. Una vez se logre convencer al ortopedista de recetar nuestro producto el poder de compra del ortopedista podría comenzar a disminuir, ya que el servicio de diseño e impresión 3D de órtesis personalizadas sería nuevo y exclusivo en el sector. El poder de compra del consumidor final (persona natural usuaria de la órtesis) es alto inicialmente ya que el costo de la órtesis personalizada impresa en 3d es superior a la órtesis tradicional en yeso, por tanto, se le deberá convencer de las ventajas del producto y servicio con relación al costo/beneficio. Si el poder del consumidor final es alto, mayor será su capacidad de negociación y pueden reclamar por precios más bajos ya que en la etapa inicial del proyecto la demanda será baja.

6.3.2.2 Amenazas de nuevos competidores.

Esta amenaza es alta, ya que la tecnología de la impresión 3D viene en crecimiento, lo que aumenta la probabilidad de que surja nueva competencia interesada en ingresar a este mercado de las órtesis impresas, el cual ha crecido en otros países en los cuales se inició y algunos expertos pronostican el desplazamiento de las órtesis tradicionales por esta nueva tecnología de manufactura aditiva (impresión 3D). En esta fuerza competitiva se tienen en cuenta los siguientes factores: (Porter, 2007)

- **Barreras de entrada**

La diferenciación del producto en la mente del consumidor, brindándole un valor superior y singular en términos de calidad, efectividad y características especiales.

- **Estímulos de entrada**

Alto crecimiento de la manufactura aditiva en aplicación en las órtesis

6.3.2.3 Amenaza de productos o servicios sustitutos

Esta fuerza hace referencia a las empresas que ofrecen productos alternativos y pueden establecer un límite al precio del producto, en este caso las órtesis personalizadas impresas en 3D.

Ejemplo de producto sustituto: SOPORTE DE MUÑECA – TÚNEL CARPIANO – AMBIDIESTRO por Fracturas Antioquia



Usos

- ✓ Reducir/aliviar los síntomas del dolor por el síndrome de túnel carpiano y tendinitis.
- ✓ Inmovilización en posición funcional de la mano.
- ✓ Secuelas dolorosas e inflamatorias. Inestabilidad. Rehabilitación.
- ✓ Artritis.

Características

- ✓ Ajustable a todas las tallas.
- ✓ Composición
- ✓ Neopreno, férula en aluminio y cierre de contacto sistema KRIK.

6.3.2.4 Poder negociación de los proveedores

En esa fuerza se contempla la capacidad de negociación que tienen los proveedores del sector, en este caso los proveedores de los filamentos poliméricos para impresión 3D (PLA, ABS, PETG). La concentración de proveedores cobra importancia en esta fuerza para este proyecto. Ya que la impresión 3D se ha vuelto popular en otras aplicaciones, lo que ha permitido el surgimiento de diversos números de proveedores de materia prima para impresión.

6.3.2.5 Rivalidad entre los competidores existentes

Esta fuerza hace referencia a la rivalidad que existe entre empresas que compiten directamente en el mismo sector ofreciendo el mismo producto. En este caso el proyecto sería pionero en este producto de órtesis personalizadas impresas. Sin embargo, la impresión 3D se ha vuelto popular en otras aplicaciones en el Valle de Aburrá, lo que podría generar que la empresa que ya cuentan con la tecnología de escaneo e impresión 3D, quieran entrar en el mercado de las órtesis personalizadas y producidas a partir de manufactura aditiva.

6.4 Conclusiones estudio del entorno

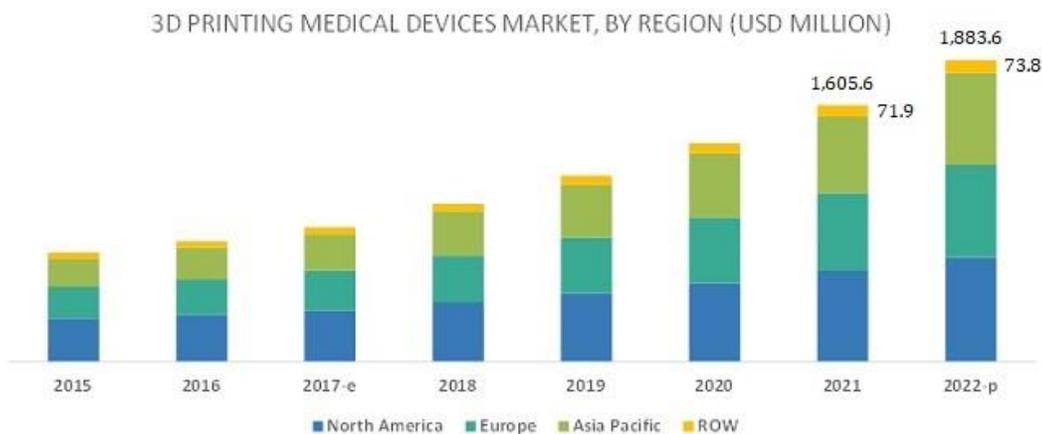
- El aumento en la tasa de desempleo muestra una situación desfavorable para el proyecto debido a que al aumentar esta disminuyen los posibles clientes.
- Con la disminución de la economía la capacidad adquisitiva de la población disminuye por lo cual el valor del servicio puede opacar sus bondades.
- Se tiene un panorama favorable para el proyecto en cuanto a competidores ya que no se cuenta con una empresa dedicada completamente a la impresión de órtesis en el Valle de Aburrá.
- Al ser un producto exento de IVA (las órtesis) se espera una mayor aceptación por parte de los clientes.
- Debido a la situación sanitaria por la que atraviesa el país el sector ortopédico recomienda el uso de férulas por encima de los yesos, ya que las férulas pueden ser retiradas en casa por los pacientes, los yesos cerrados pueden requerir nuevas consultas para ajuste y retiro.
- Se espera un ajuste del proyecto para el próximo año, debido a que la pandemia ha afectado todos los indicadores y variables económicas los cuales se encuentran en un ambiente de incertidumbre para poder realizar cualquier pronóstico.

7 ESTUDIO DE MERCADO

7.1 Mercado macro

Con el rápido auge de la cuarta revolución industrial, las empresas de fabricación digital con tecnologías de escaneo e impresión 3d se han venido haciendo populares en Colombia y por ende en el valle de aburra de Antioquia, ya que este departamento es uno de los que más se caracteriza por el progreso y desarrollo. El escaneo y/o la impresión 3D, cubren una amplia demanda de aplicaciones que permiten la existencia de diversas empresas enfocadas en diferentes campos.

En la Ilustración 12 se observa que para 2021 y 2022 se tenga un mercado para la impresión 3D de dispositivos médicos de 71,9 de dólares para Latinoamérica, lo cual muestra un futuro prometedor para este tipo de productos. Se logra evidenciar que en el primer mundo son valores muchos más grandes y casi que divididos igualmente entre Norte América, Europa y Asia debido al amplio uso actual que tiene este tipo de tecnología para este sector en estos continentes.



Source: Investor Presentation, Secondary Literature, Expert Interviews, and MarketsandMarkets Analysis

Ilustración 12. Mercado de dispositivos médicos impresos en 3D (marketsandmarkets, 2020)

En 2018, el segmento de dispositivos portátiles externos dominó el mercado mundial (ver Ilustración 13) de la salud de impresión 3D. Esto se atribuye a la presencia de un gran número de pacientes, la liberalización de las regulaciones para impresoras

y materiales 3D, el aumento en la adopción de tecnología de impresión 3D en clínicas y hospitales dentales y las personalizaciones.

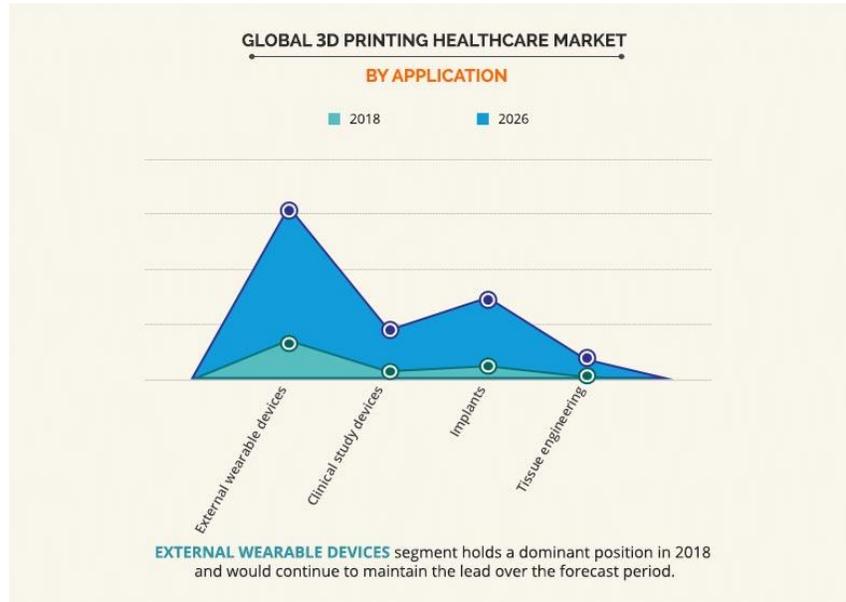


Ilustración 13. Mercado de la impresión 3D para el sector salud por aplicación (alliedmarketresearch, 2020).

En la Ilustración 14 se evidencia que de 2021-2026 el crecimiento de la impresión 3D para el sector salud será de 37.06%.

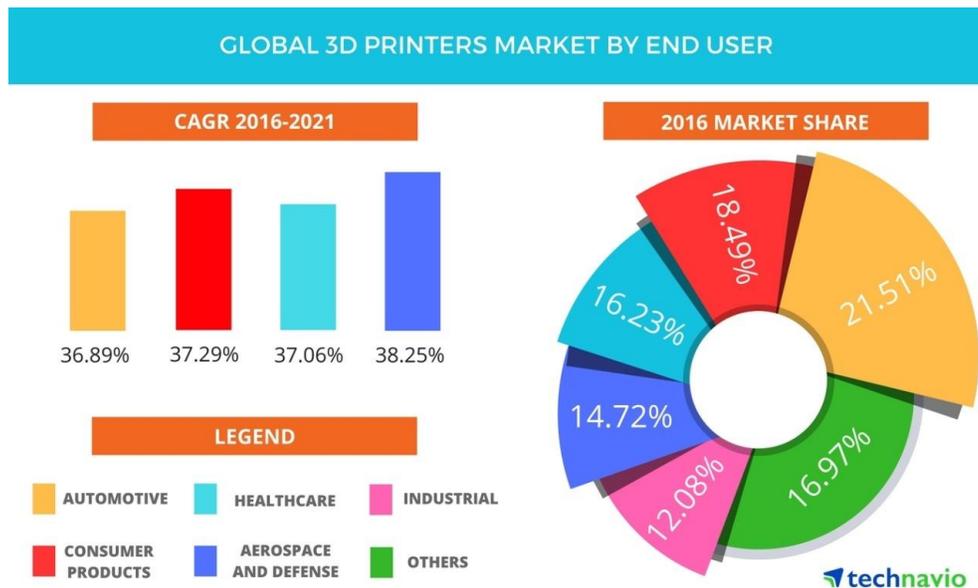


Ilustración 14. Mercado global por usuario final de impresiones 3D (alliedmarketresearch, 2020).

7.2 Mix de mercado

7.2.1 Producto

El producto para ofrecer es personalizado para cada paciente por tanto varía en tamaño y geometría según el tipo de fractura o problema físico a tratar según las indicaciones del ortopedista o fisioterapeuta en el caso de las órtesis de corrección y descanso. Sin embargo, las siguientes características son parámetros fijos del producto (ver Tabla 1).

Tabla 1. Propiedades ABS.

| | |
|---------------------------|------------------------|
| Material | ABS |
| Resistencia a la tracción | 40 Mpa |
| Limite Elástico | 20 Mpa |
| Densidad | 1.05 g/cm ³ |

Inicialmente los tipos de órtesis personalizadas a ofrecer serían:

- A) Órtesis corta para el brazo:** su extensión iría desde los nudillos hasta debajo del codo. Estos tipos de órtesis se utilizarían para fracturas de los huesos brazo y la muñeca, y después de algunas cirugías. El peso aproximado para esta órtesis impresa podría variar entre 90 – 110 gramos. El diseño sería ajustado de acuerdo con el escaneo 3D del miembro y a las indicaciones del ortopedista que trata a el paciente.



Ilustración 15. Ejemplo órtesis corta para el brazo. Fabricante Xkelet. Fuente: (XKELET, 2020)

- B) Órtesis largas para el brazo:** su extensión iría desde el codo hasta los nudillos. Este tipo de órtesis se utilizaría para fracturas de los huesos de la articulación del codo (cubito, radio y húmero). El peso aproximado para esta órtesis impresa podría variar entre 120 – 140 gramos. El diseño sería

ajustado de acuerdo con el escaneo 3D del miembro y a las indicaciones del ortopedista que trata a el paciente.

- C) Órtesis cortas para la pierna o botas:** se extenderían desde debajo de la rodilla hasta la parte inferior del pie. Este tipo de órtesis se utilizarían para fracturas de tobillo o de la parte inferior de la pierna, o después de algunas cirugías. El peso aproximado para esta órtesis impresa podría variar entre 200– 300 gramos. El diseño sería ajustado de acuerdo con el escaneo 3D del miembro y a las indicaciones del ortopedista que trata a el paciente.

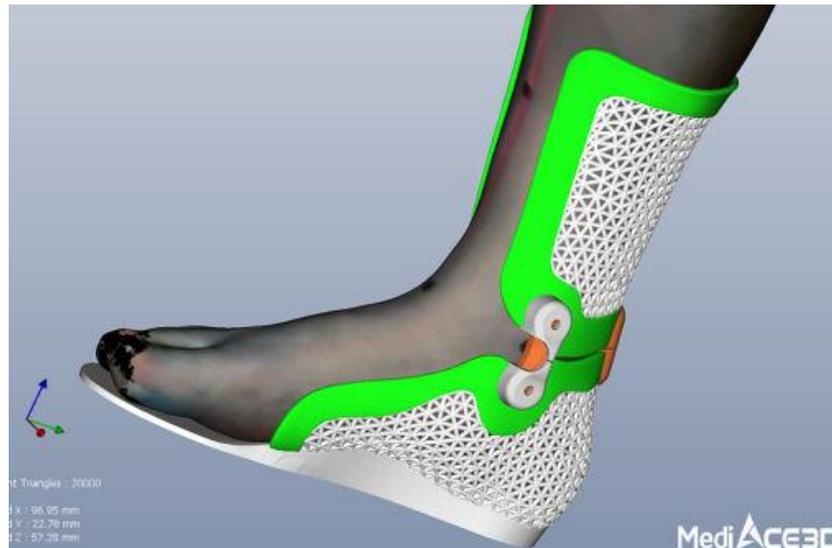


Ilustración 16. Ejemplo órtesis pie. fuente: (MediACE3D Solution, 2020)

- D) Órtesis para muñeca y síndrome del túnel carpiano.**



Ilustración 17. Ejemplo órtesis muñeca. Fuente: (Ortopedia La Milagrosa, 2020)

En la Tabla 2 se muestra la matriz producto mercado, donde se muestra de una forma general el tipo de mercado al que estarían orientados los productos.

Tabla 2. Matriz de producto-mercado

| Producto/ Mercado | Mercado Consumidor | Mercado Productor | Mercado Intermediarios | Mercado Internacional |
|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|
| Producto A | XX | | XX | |
| Producto B | XX | | XX | |
| Producto C | XX | | XX | |
| Producto D | XX | | XX | |

7.2.2 Precio

El precio del producto para las órtesis personalizadas impresas en 3D estará principalmente determinado por la masa del material impreso (gramo impreso). Esta variable tiene sensibilidad, y su valor crítico es el que hace el VPN igual a cero ($VPN=0$), después de asumir todos los costos, gastos y obligaciones. Adicional a esto los precios del mercado actual de partes fabricadas con manufactura aditiva son los precios de referencia, ya que estos serían los precios aproximados de los posibles competidores que entren en el negocio de las órtesis impresas. En la Tabla 3 se muestra el precio aproximado por gramo de partes impresas en 3D en el mercado local.

Tabla 3. Precio por gramo de partes impresas en 3D en el mercado local

| Posibles Competidores | Precio | Ubicación | Servicios de tecnología 3D |
|--------------------------|-----------|-------------|-------------------------------|
| i3D | \$3.450/g | La Estrella | Escaneo, Impresión y Modelado |
| ATEGROUP | \$3.000/g | Envigado | Escaneo, Impresión y Modelado |
| U3D | \$3.150/g | Poblado | Escaneo, Impresión y Modelado |

Para el estudio financiero del proyecto se contempla trabajar con el precio inferior de \$3.000/g, de forma que el valor para el consumidor final (paciente) sea un porcentaje mayor, según se defina con las IPS de acuerdo con la ganancia que esperan. Se estima un 16% mayor, ya que el uso del servicio representa ahorros en otros elementos implicados en el proceso habitual con las órtesis tradicionales en yeso.

7.2.3 Promoción

La publicidad inicial sería a partir de redes sociales con impacto en el mercado ortopédico.

- Muestras en redes sociales con usuarios satisfechos
- Foros en redes sociales con el fin de resolver todas las dudas (Por participación en redes sociales se ofrecerían descuentos).
- Página Web
- Ferias de la salud (Por ejemplo, la Feria Internacional de la salud que se llevará a cabo en del 9 al 12 de marzo de 2021 en Corferias, Bogotá – Colombia)

La promoción debe resaltar el valor agregado de este producto, haciendo énfasis en las ventajas ya mencionadas respecto a las órtesis tradicionales en yeso. La Ilustración 18 e Ilustración 19 muestran los principales inconvenientes de las órtesis tradicionales en yeso según encuesta publicada en redes sociales para este estudio de preinversión y realizada por 186 personas que participaron.

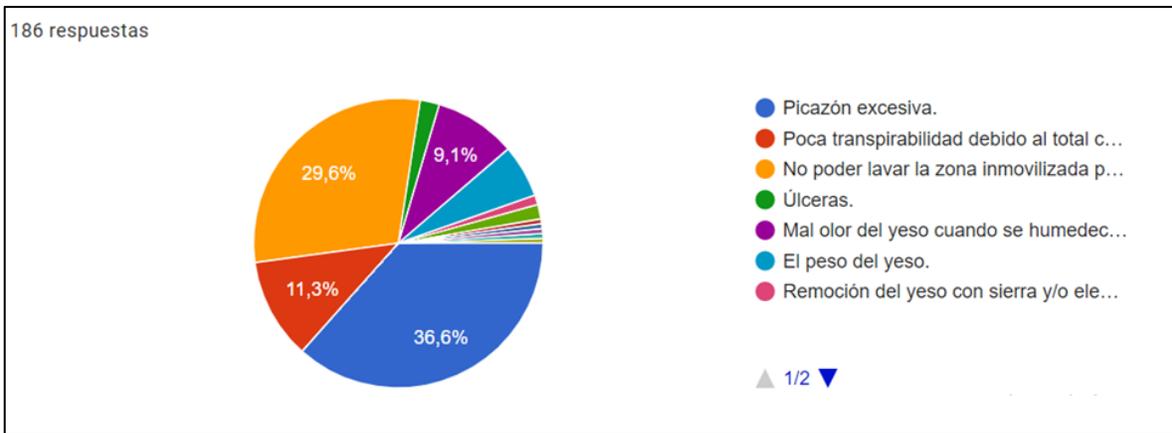


Ilustración 18. Principales inconvenientes de las órtesis tradicionales en yeso según encuesta realizada para este estudio de preinversión.

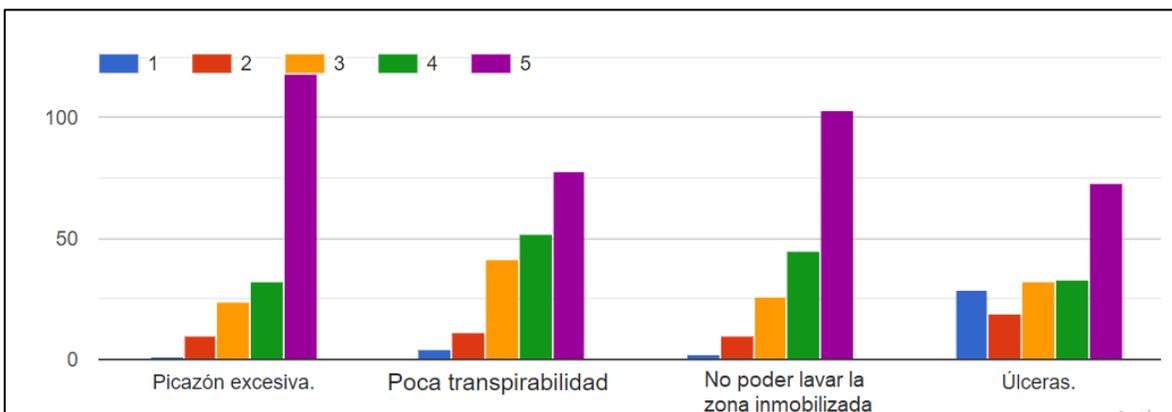


Ilustración 19. Escala 1-5 de inconvenientes de las órtesis tradicionales en yeso según encuesta realizada para este estudio de preinversión.

El 36,6% de los encuestados indicó que la picazón excesiva es la situación más incómoda de las órtesis de yeso, seguido por el 29,6% que indicó que la situación más incómoda es la imposibilidad de lavar la zona a inmovilizar, ya que las órtesis en yeso no pueden entrar en contacto con el agua.

Las órtesis impresas en 3D no presentan estos inconvenientes y se caracterizan por la posibilidad que tienen de sumergirse en el agua sin generar ningún tipo de inconveniente con la rigidez de la órtesis ya que son poliméricas impermeables. Este tipo de características son las que traen un valor agregado insuperable por las

órtesis tradicionales en yeso, y debe enfocarse la promoción de este producto en ellas.

7.2.4 Cadena de valor y plaza

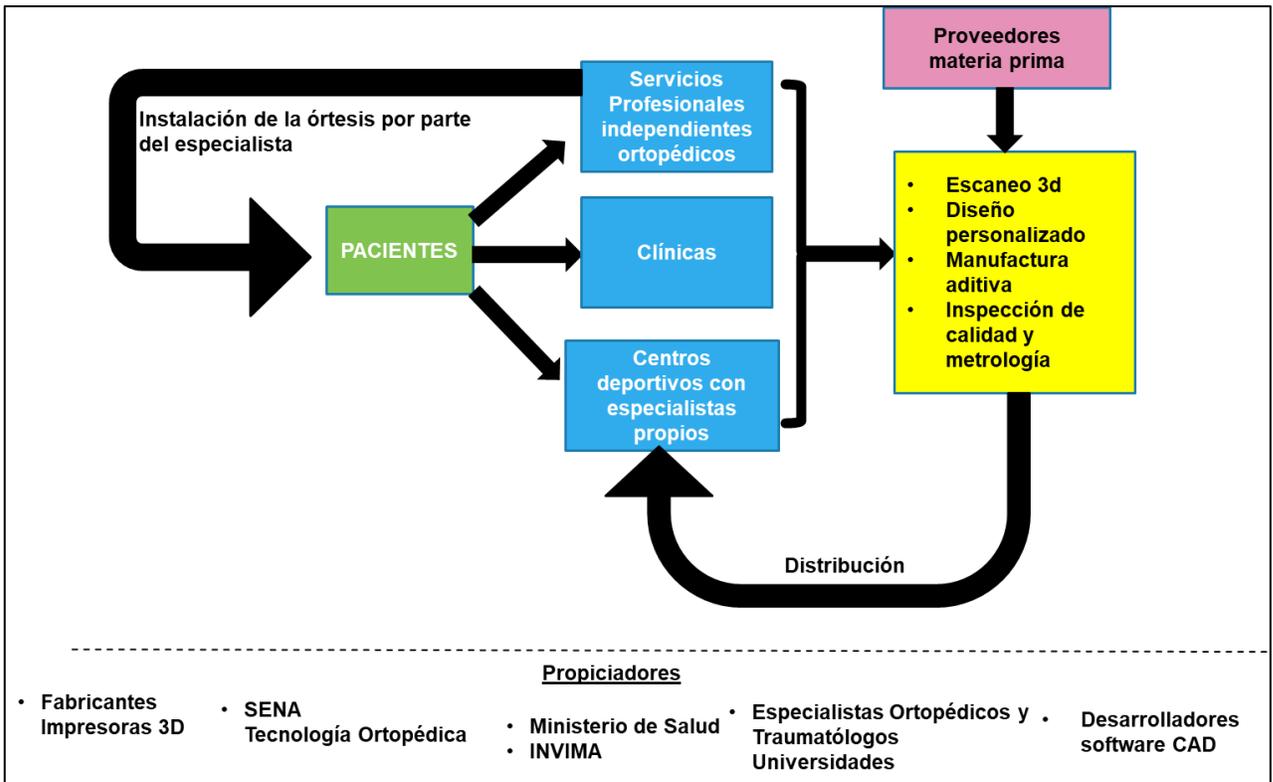


Ilustración 20. Cadena de valor

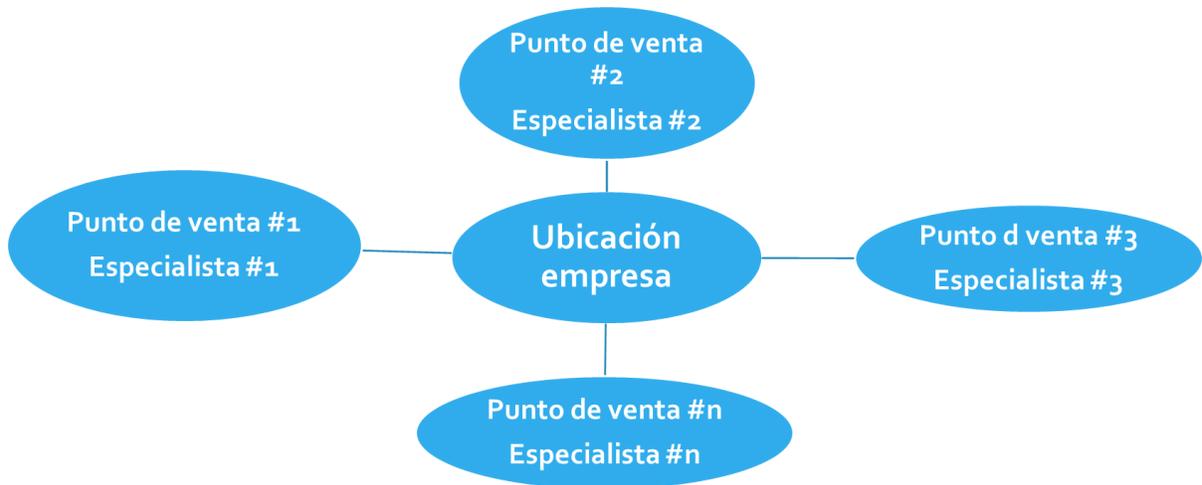


Ilustración 21. Punto de entrega en lugar del especialista para que este haga la instalación

7.3 Demanda

Este proyecto centrará su atención en la necesidad de las personas que sufren algún tipo de fractura o afectación en alguna parte del sistema neuromusculoesquelético y que actualmente se ven obligadas a usar las herramientas tradicionales (órtesis de yeso) para afrontar su recuperación.

7.3.1 Mercado Potencial

Para el año 2015 se registraron 9.867 fracturas de otros huesos de los miembros en la ciudad de Medellín (ver Ilustración 22).

| Todas las edades | | |
|---|----------------|------------|
| Otros traumatismos de regiones especificadas, de regiones no especificadas y de múltiples regiones del cuerpo | 39.079 | 11,8 |
| Otros síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte | 35.977 | 10,8 |
| Dolor abdominal y pélvico | 21.565 | 6,5 |
| Otra atención materna relacionada con el feto y con la cavidad amniótica, y con posibles problemas del parto | 15.547 | 4,7 |
| Otras complicaciones del embarazo y del parto | 12.526 | 3,8 |
| Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso | 10.838 | 3,3 |
| Otras infecciones agudas de la vías respiratorias superiores | 10.374 | 3,1 |
| Fractura de otros huesos de los miembros | 9.867 | 3,0 |
| Otras enfermedades del sistema urinario | 8.313 | 2,5 |
| Luxaciones, esguinces y desgarros de regiones especificadas y de múltiples regiones del cuerpo | 7.089 | 2,1 |
| Otras causas | 161.266 | 48,5 |
| Total todas las edades | 332.441 | 100 |

Ilustración 22. RIPS, Registros Individuales de Prestación de Servicios; morbilidad por consulta de urgencias. Procesado por la Unidad de Gestión de la Información y el Conocimiento, Secretaría de Salud de Medellín, 2015.

Para el año 2017 existían 237 servicios habilitados por el Profesional independiente en el área de la ortopedia y traumatología de la ciudad de Medellín.

| Servicio habilitado por el Profesional Independiente | Comuna de ubicación del servicio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total General | |
|--|----------------------------------|------------|----------|----------|----------|-----------------|---------|---------------|--------------|---------------|----------|------------|------------|------------|----------|-------|-----------------------|-------------------|------------------------------|---------------|---------------------|
| | Popular | Santa Cruz | Manrique | Aranjuez | Castilla | Doce de Octubre | Robledo | Villa Hermosa | Buenos Aires | La Candelaria | Laurales | La América | San Javier | El Poblado | Guayabal | Belén | Correg. San Cristóbal | Correg. Altavista | Correg. San Antonio de Prado | | Correg. Santa Elena |
| Proceso Esterilización | 1 | 5 | 14 | 42 | 41 | 13 | 63 | 5 | 42 | 615 | 485 | 89 | 24 | 797 | 27 | 230 | 11 | 1 | 53 | 1 | 2559 |
| Odontología general | 3 | 4 | 13 | 23 | 24 | 10 | 31 | 5 | 32 | 400 | 301 | 66 | 10 | 401 | 19 | 136 | 6 | 1 | 26 | 1 | 1512 |
| Toma e interpretaciones de radiologías odontológicas | - | - | 4 | 4 | 7 | 2 | 16 | 3 | 7 | 143 | 143 | 23 | 5 | 167 | 6 | 58 | 4 | - | 9 | 1 | 602 |
| Ortodoncia | - | 3 | 4 | 10 | 13 | 3 | 11 | 1 | 12 | 149 | 86 | 15 | 8 | 155 | 3 | 50 | 3 | - | 17 | - | 543 |
| Medicina general | 3 | 1 | 5 | 16 | 7 | 5 | 8 | 2 | 8 | 89 | 89 | 10 | 8 | 176 | 9 | 34 | 4 | - | 5 | 2 | 481 |
| Psicología | 1 | - | 1 | 7 | 6 | 1 | 12 | 1 | 6 | 71 | 106 | 14 | 1 | 160 | 7 | 31 | - | - | 4 | - | 429 |
| Otras consultas de especialidad - no oncológico | - | - | - | - | 3 | 2 | 17 | - | - | 64 | 54 | 6 | 3 | 134 | 2 | 35 | - | - | 9 | - | 329 |
| Ortopedia y/o traumatología | - | - | - | 7 | - | - | 11 | 2 | 1 | 34 | 20 | 5 | 1 | 131 | - | 23 | - | - | 2 | - | 237 |

Ilustración 23. Servicios habilitados por el profesional independiente. Fuente: REPS, Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud, Ministerio de Salud y Protección Social.

Se sabe que cerca del 95% de las IPS con especialidad en el área de la ortopedia y la traumatología son privadas. Para esta fase de prefactibilidad, no se conoce la distribución de los pacientes por fractura en las IPS, por tanto, asumiendo que los pacientes están distribuidos uniformemente (lo cual es un dato conservador ya que restaría pacientes a las IPS de mayor capacidad, las cuales serían el primer mercado objetivo a ofrecer los servicios) se tendría en promedio 39 pacientes:

$$PFCS = \frac{(9867 * 0.95)}{237} \approx 39 \text{ pacientes por fractura de miembro por cada IPS al año}$$

Adicional a esto, existe un mercado potencial en las personas que padecen del síndrome del túnel carpiano. La incidencia del síndrome del túnel carpiano puede oscilar entre 0,90 a 4,96 casos por 1000 personas cada año y su prevalencia se encuentra entre el 1 % a 5 % de la población general, pudiendo llegar incluso al 21 % en trabajadores o pacientes con enfermedades sistémicas. (Guevara & Takeuchi, 2015). Por tal motivo una demanda potencial en Medellín sería considerando que Medellín cuenta con aproximadamente 1329000 habitantes mayores de 35 años. (Sardi, 2015)

$$\begin{aligned} \text{Demanda potencial tunel carpiano al año} &= 1329000 * \frac{(0,9 + 4,96)}{2 * 1000} \\ &\approx 3893 \text{ pacientes} \end{aligned}$$

7.3.2 Demanda Proyectada

Para determinar el posible número de consumidores finales (pacientes que requieren la órtesis) que estarían dispuestos a asumir el precio de la órtesis impresa en 3D, se tuvo en cuenta la encuesta en la cual se le preguntó al participante el precio que estaría dispuesto a asumir por la órtesis con el fin de evitar los inconvenientes que implican las órtesis tradicionales en yeso.

En la encuesta participaron 186 persona y el tamaño mínimo la muestra se obtuvo de la siguiente forma:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 * P * Q}{\epsilon^2}$$

Donde:

α (Confiabilidad): 90%, luego $\frac{\alpha}{2} = 47.5\%$, entonces de la tabla $Z = 1.5955$

ϵ (Error típico estimado en el tamaño de la muestra) = 5%

P : Porcentaje de elementos de la muestra que posee una característica determinada

Q : Porcentaje de elementos de la muestra que no posee una característica determinada

$$Q = (1 - P)$$

$$P = \frac{9}{47}$$

P se obtuvo del piloto el cual correspondía a los primeros 47 resultados de la encuesta (Pregunta 7)

Con esos datos, el tamaño mínimo calculado de la muestra es de:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 * P * Q}{\epsilon^2} = \frac{(1,5955)^2 * \frac{9}{47} * \left(1 - \frac{9}{47}\right)}{0,05^2} \approx 158$$

Tabla 4. Distribución normal Z

| Z | 0 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0 | 0.0000 | 0.0040 | 0.0080 | 0.0120 | 0.0160 | 0.0199 | 0.0239 | 0.0279 | 0.0319 | 0.0359 |
| 0.1 | 0.0398 | 0.0438 | 0.0478 | 0.0517 | 0.0557 | 0.0596 | 0.0636 | 0.0675 | 0.0714 | 0.0753 |
| 0.2 | 0.0793 | 0.0832 | 0.0871 | 0.0910 | 0.0948 | 0.0987 | 0.1026 | 0.1064 | 0.1103 | 0.1141 |
| 0.3 | 0.1179 | 0.1217 | 0.1255 | 0.1293 | 0.1331 | 0.1368 | 0.1406 | 0.1443 | 0.1480 | 0.1517 |
| 0.4 | 0.1554 | 0.1591 | 0.1628 | 0.1664 | 0.1700 | 0.1736 | 0.1772 | 0.1808 | 0.1844 | 0.1879 |
| 0.5 | 0.1915 | 0.1950 | 0.1985 | 0.2019 | 0.2054 | 0.2088 | 0.2123 | 0.2157 | 0.2190 | 0.2224 |
| 0.6 | 0.2257 | 0.2291 | 0.2324 | 0.2357 | 0.2389 | 0.2422 | 0.2454 | 0.2486 | 0.2517 | 0.2549 |
| 0.7 | 0.2580 | 0.2611 | 0.2642 | 0.2673 | 0.2704 | 0.2734 | 0.2764 | 0.2794 | 0.2823 | 0.2852 |
| 0.8 | 0.2881 | 0.2910 | 0.2939 | 0.2967 | 0.2995 | 0.3023 | 0.3051 | 0.3078 | 0.3106 | 0.3133 |
| 0.9 | 0.3159 | 0.3186 | 0.3212 | 0.3238 | 0.3264 | 0.3289 | 0.3315 | 0.3340 | 0.3365 | 0.3389 |
| 1.0 | 0.3413 | 0.3438 | 0.3461 | 0.3485 | 0.3508 | 0.3531 | 0.3554 | 0.3577 | 0.3599 | 0.3621 |
| 1.1 | 0.3643 | 0.3665 | 0.3686 | 0.3708 | 0.3729 | 0.3749 | 0.3770 | 0.3790 | 0.3810 | 0.3830 |
| 1.2 | 0.3849 | 0.3869 | 0.3888 | 0.3907 | 0.3925 | 0.3944 | 0.3962 | 0.3980 | 0.3997 | 0.4015 |
| 1.3 | 0.4032 | 0.4049 | 0.4066 | 0.4082 | 0.4099 | 0.4115 | 0.4131 | 0.4147 | 0.4162 | 0.4177 |
| 1.4 | 0.4192 | 0.4207 | 0.4222 | 0.4236 | 0.4251 | 0.4265 | 0.4279 | 0.4292 | 0.4306 | 0.4319 |
| 1.5 | 0.4332 | 0.4345 | 0.4357 | 0.4370 | 0.4382 | 0.4394 | 0.4406 | 0.4418 | 0.4429 | 0.4441 |
| 1.6 | 0.4452 | 0.4463 | 0.4474 | 0.4484 | 0.4495 | 0.4505 | 0.4515 | 0.4525 | 0.4535 | 0.4545 |
| 1.7 | 0.4554 | 0.4564 | 0.4573 | 0.4582 | 0.4591 | 0.4599 | 0.4608 | 0.4616 | 0.4625 | 0.4633 |
| 1.8 | 0.4641 | 0.4649 | 0.4656 | 0.4664 | 0.4671 | 0.4678 | 0.4686 | 0.4693 | 0.4699 | 0.4706 |
| 1.9 | 0.4713 | 0.4719 | 0.4726 | 0.4732 | 0.4738 | 0.4744 | 0.4750 | 0.4756 | 0.4761 | 0.4767 |
| 2.0 | 0.4772 | 0.4778 | 0.4783 | 0.4788 | 0.4793 | 0.4798 | 0.4803 | 0.4808 | 0.4812 | 0.4817 |
| 2.1 | 0.4821 | 0.4826 | 0.4830 | 0.4834 | 0.4838 | 0.4842 | 0.4846 | 0.4850 | 0.4854 | 0.4857 |
| 2.2 | 0.4861 | 0.4864 | 0.4868 | 0.4871 | 0.4875 | 0.4878 | 0.4881 | 0.4884 | 0.4887 | 0.4890 |
| 2.3 | 0.4893 | 0.4896 | 0.4898 | 0.4901 | 0.4904 | 0.4906 | 0.4909 | 0.4911 | 0.4913 | 0.4916 |
| 2.4 | 0.4918 | 0.4920 | 0.4922 | 0.4925 | 0.4927 | 0.4929 | 0.4931 | 0.4932 | 0.4934 | 0.4936 |
| 2.5 | 0.4938 | 0.4940 | 0.4941 | 0.4943 | 0.4945 | 0.4946 | 0.4948 | 0.4949 | 0.4951 | 0.4952 |
| 2.6 | 0.4953 | 0.4955 | 0.4956 | 0.4957 | 0.4959 | 0.4960 | 0.4961 | 0.4962 | 0.4963 | 0.4964 |
| 2.7 | 0.4965 | 0.4966 | 0.4967 | 0.4968 | 0.4969 | 0.4970 | 0.4971 | 0.4972 | 0.4973 | 0.4974 |
| 2.8 | 0.4974 | 0.4975 | 0.4976 | 0.4977 | 0.4977 | 0.4978 | 0.4979 | 0.4979 | 0.4980 | 0.4981 |
| 2.9 | 0.4981 | 0.4982 | 0.4982 | 0.4983 | 0.4984 | 0.4984 | 0.4985 | 0.4985 | 0.4986 | 0.4986 |
| 3.0 | 0.4987 | 0.4987 | 0.4987 | 0.4988 | 0.4988 | 0.4989 | 0.4989 | 0.4989 | 0.4990 | 0.4990 |

De las 186 persona que participaron se obtuvieron los rangos de precios que se muestran la Ilustración 24 para cada uno de los tipos de órtesis a ofrecer según la extremidad a inmovilizar.

7. Cuanto sería el valor máximo que usted estaría dispuesto a asumir por una de estas órtesis poliméricas personalizadas según el miembro a inmovilizar (Valor en COP)

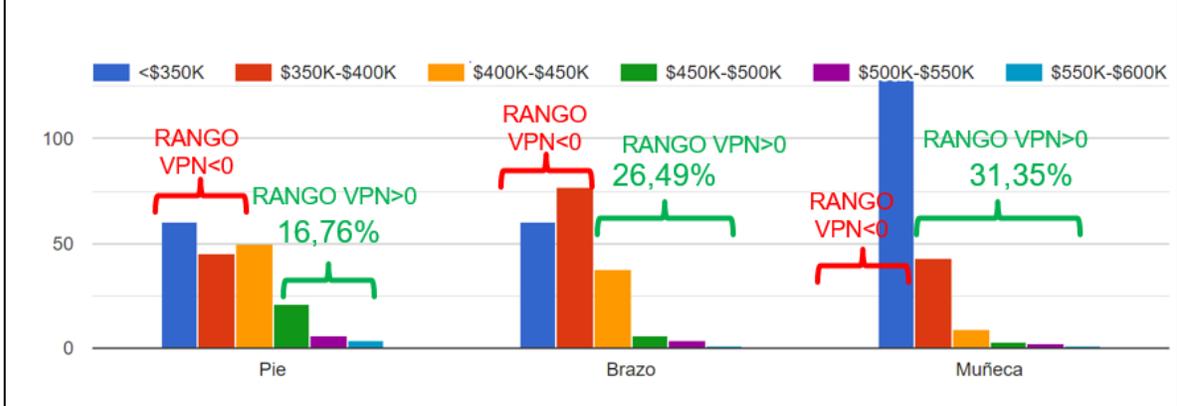


Ilustración 24. Rangos de precios dispuesto a pagar el consumidor, según encuesta.

Tomando solo el porcentaje de personas que estaban dispuestas a asumir el valor mínimo que hacía el VPN > 0 de acuerdo con el perfil preliminar financiero, y el porcentaje adicional de ganancia para la IPS (16%). Se tiene un 24,6% de las personas de la encuesta, este valor se tiene ponderando cada uno de los porcentajes de acuerdo con la frecuencia que se da cada una de las fracturas (Ilustración 25).

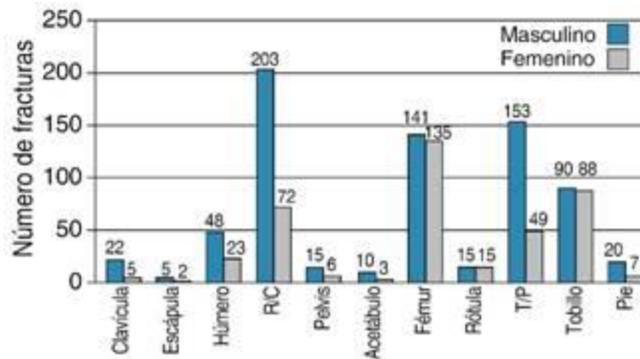


Ilustración 25. Frecuencia de las fracturas. Tomado de: (Domínguez Gasca & Orozco Villaseñor, 2017)

Ahora bien, e las 237 IPS privadas en el área de la ortopedia y traumatología se busca prestar el servicio como una alternativa adicional para el paciente por lo menos al 30% de estas, gracias a las estrategias comerciales. Sin embargo, la decisión final de usar la órtesis impresa como una alternativa dependerá del

paciente que esté dispuesto a asumir el costo adicional respecto a la férula de yeso tradicional (24.25% según encuesta con $\alpha=90\%$). Así se estima una demanda proyectada de 50 órtesis mensuales aproximadamente y calculadas de la siguiente forma:

$$\text{Demanda mensual proyectada por fractura} = \frac{237 * 30\% * 39 * (24,25\%) * 90\%}{12}$$

≈ 50 ortesis mensual por fractura de algún miembro

Este valor de 50 órtesis mensuales se estima que se alcance a partir del inicio del segundo año operando. Para el primer año de operación se consideran 8 órtesis para el primer mes y el aumento mes a mes será proporcional hasta llegar a 50 órtesis para el mes 12. En la evaluación financiera se puede evidenciar que para el primer año se tienen utilidades negativas.

7.4 Oferta

La oferta es la capacidad de proveer algo. Para este proyecto, la capacidad de oferta estará determinada por los proveedores y las limitantes tecnológicas relacionadas con la velocidad de fabricación en el caso de la manufactura aditiva.

7.4.1 Proveedores

La tecnología de impresión 3D se ha vuelto muy popular en los últimos años en Colombia, especialmente en Bogotá y Medellín para soluciones industriales con la fabricación de prototipos para todo tipo de industrias. Este crecimiento ha generado diversos proveedores que abastecen a las empresas de impresión 3D con la materia prima que requieren. En el caso puntual de este proyecto, la materia prima es el filamento de ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno). La Tabla 5 muestra los principales proveedores locales del filamento ABS 1.75.

Tabla 5. Precio filamento ABS 1.75 por Kg

| Proveedores Locales de filamento ABS 1.75 | |
|--|-------------|
| Proveedor | Precio |
| I+D | \$80.000/kg |
| 3DBOTS | \$78.000/kg |
| Print3D Colombia | \$85.000/kg |
| Imprimium | \$79.000/kg |
| Auros | \$80.000/kg |
| Maker | \$83.000/kg |

7.4.2 Limitantes tecnológicas de la oferta

La impresión 3D es una tecnología que tiene una desventaja respecto a los tiempos de fabricación. La velocidad de fabricación está determinada por el flujo de material durante la impresión el cual puede variar entre 04 – 16mm³/s. Entre menor es el flujo, mayor es la precisión ya que esto implica un espesor de capa menor, el cual afecta directamente la precisión de la geometría a imprimir y su apariencia estética en cuanto al acabado superficial. Una órtesis 3D de las características a ofrecer en este proyecto (90-170 gramos) puede tardar en imprimirse ente 5 a 7 horas. Esto implica que una impresora podría hacer un máximo de 3 órtesis por día, lo cual impacta significativamente en el precio del producto. En el caso de que la demanda proyectada supere la capacidad de ofertar, se debe considerar aumentar el monto de la inversión para adquirir una segunda impresora.

7.5 Análisis DOFA para estrategias de mercado.

Para determinar las estrategias de mercado para este proyecto se realiza análisis DOFA el cual permite plantear estrategias a partir de la valoración de aspectos internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas). En la

Tabla 6 se puede ver la matriz DOFA, que permite confrontar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas para definir estrategias y objetivos.

Tabla 6. Matriz DOFA

| MATRIZ DOFA | Fortalezas | Debilidades |
|--|--|--|
| Oportunidades | Estrategias FO | Estrategias DO |
| <p>*Ventajas superiores demostradas respecto a las ortesis tradicionales en yeso. *Inicialmente no habría competencia en el mercado, ya que sería la única empresa dedicada a las ortesis impresas 3D personalizadas. *Crecimiento de la impresión 3D en los próximos años. *Industria que innova constantemente. *Dispositivos ortopédicos exentos de IVA</p> | <p>*Innovar en productos que evidencian las ventajas de las ortesis personalizadas impresas en 3D. *Expandir servicios al mayor número de IPS posibles *Capacitar a los ingenieros en la industria biomédica con tecnología 3D para la fabricación de ortesis.</p> | <p>*Promoción que resalte fuertemente las ventajas respecto a las ortesis tradicionales en yeso y permitan justificar la diferencia de precios. *Formular estrategias que permitan optimizar el proceso productivo. *Buscar aliados para tercerizar la fabricación en caso de verse con una oferta limitada.</p> |
| Amenazas | Estrategias FA | Estrategias DA |
| <p>*Tecnología accesible *Posibles nuevos entrantes a competir. *Productos sustitutos. *Se requiere aprobación del INVIMA tanto para los productos como para el director técnico (ISPO II)</p> | <p>*Desarrollar productos eficaces e innovadores que permitan liderar el mercado. *Buscar certificación ISPO II para ingenieros que desarrollen dispositivos ortopédicos. *Buscar actualizar la tecnología para ser competitivo respecto a posibles entrantes en este mercado.</p> | <p>*Desarrollar habilidades de optimización de procesos de manufactura aditiva. *Alianzas con diferentes IPS para posicionarse fuertemente en el mercado. *Desarrollar estrategias de promoción que permitan aumentar la demanda y disminuir el precio del producto para los consumidores.</p> |

7.6 Conclusiones estudio de mercados

- Se tiene una dependencia por parte de los ortopedistas por lo cual la promoción debe de ir enfocada hacia estos, resaltando las ventajas que ofrecen las órtesis impresas personalizadas respecto a las tradicionales en yeso, tanto para el ortopedista como para el consumidor final.
- Se proyecta una demanda de 6500 gramos de material impreso al mes, el cual corresponde a 50 órtesis mensuales de 130 gramos en promedio.
- El precio de venta para las IPS, en el primer año operativo está determinado en \$3000/gramo impreso (este precio contempla el servicio completo para la obtención del producto final), y se sugiere un precio de venta por parte de estos para el consumidor final (paciente) de 16% por encima, es decir \$3480, agregando que el uso de las órtesis impresas personalizadas implica un ahorro para las IPS en otros elementos de su proceso habitual con órtesis tradicionales en yeso.
- La promoción debe ir enfocada a las clínicas de fracturas que atiendan mayor cantidad de casos por traumas y fracturas en extremidades.
- Las estrategias de mercado deben ir guidas por las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas especificadas en la matriz DOFA.

8 ESTUDIO TÉCNICO

Con este estudio se determinará aspectos como proceso, tamaño, ubicación, emplazamiento, tecnologías, capacidad de producción, aspectos legales, aspectos administrativos y organizacionales.

8.1 Proceso

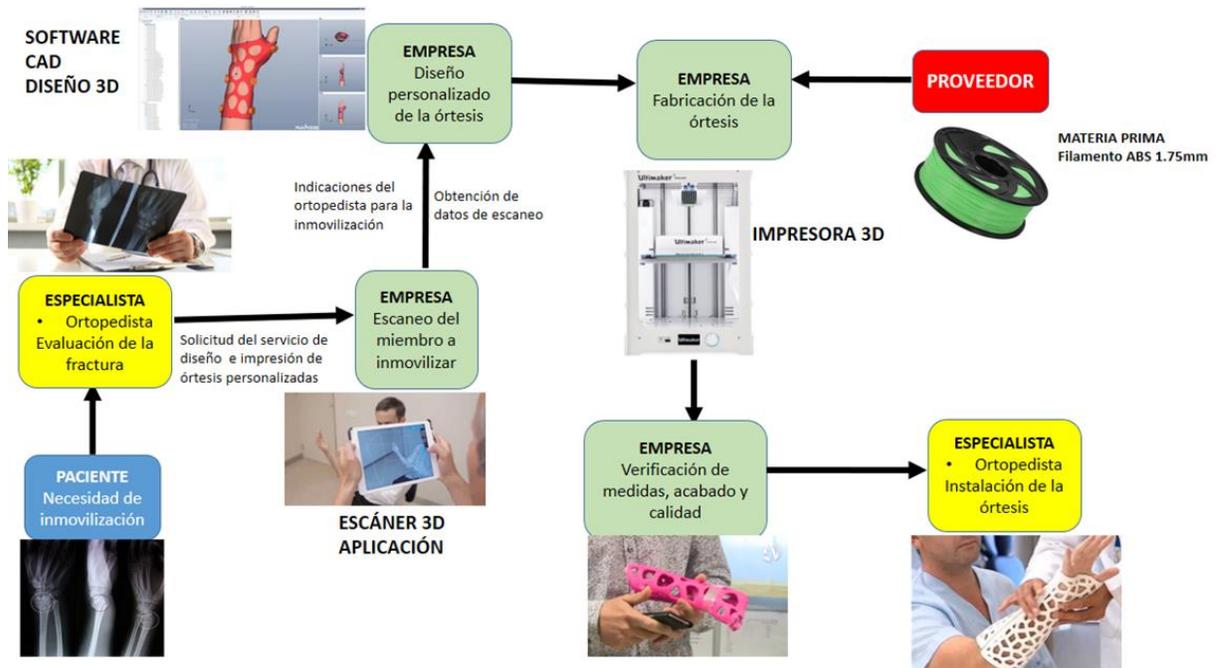


Ilustración 26. Esquema del proceso.

8.2 Ubicación y Emplazamiento

8.2.1 Ubicación

Los municipios insertados en el Valle de Aburrá, considerados de norte a sur, son: Barbosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas. Entre todos estos municipios Medellín es el que cuenta con mayor número de habitantes y mayor número de centros de servicio independiente en el área de la ortopedia y la traumatología con un total de 237. Por tanto, la ubicación de la empresa sería en Medellín.

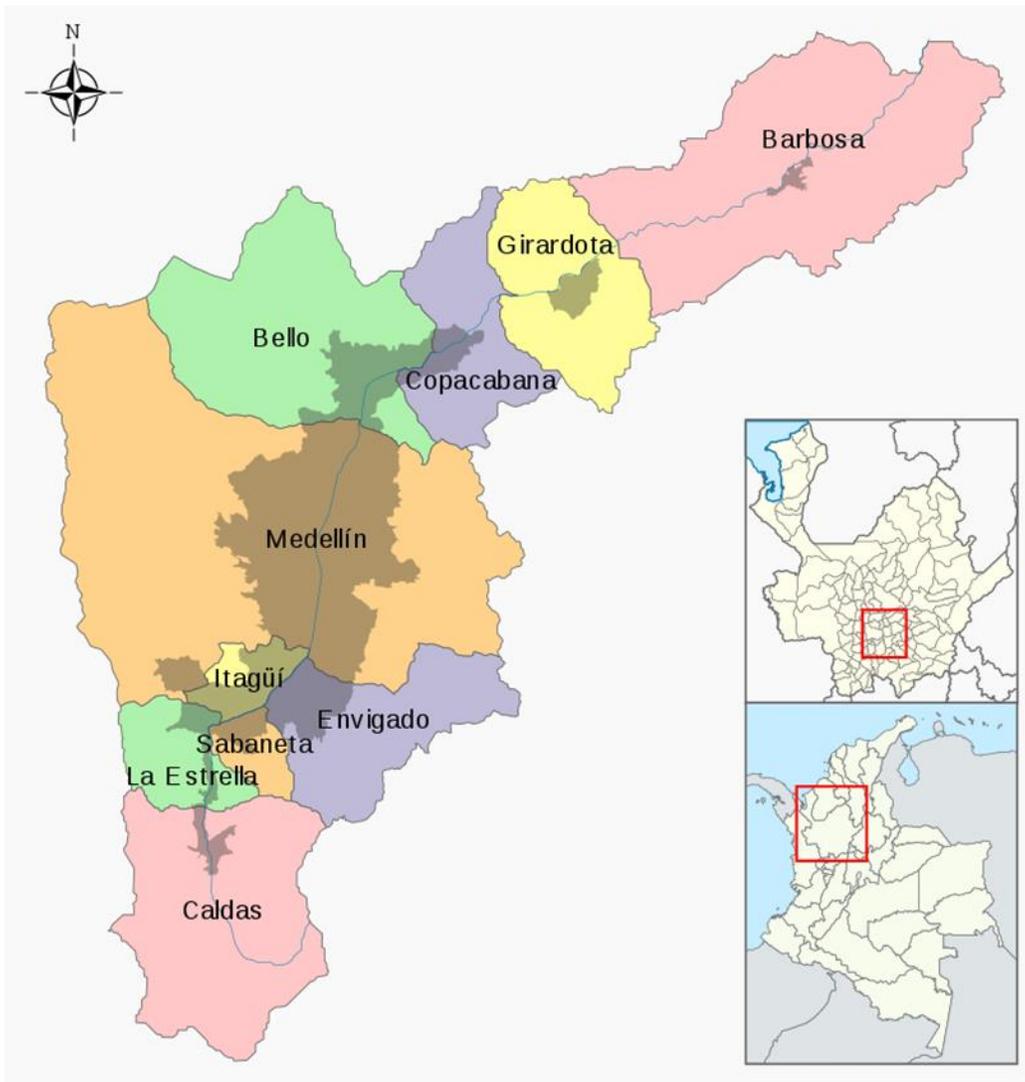


Ilustración 27. Mapa del Valle de Aburrá.

8.2.2 Emplazamiento

Entre las 16 comunas de Medellín, los centros de servicios independientes del sector ortopédico están distribuidos según la Ilustración 9

Las comunas con mayor número de centros de servicios independientes en el área de la ortopedia son:

- El Poblado (131)
- La Candelaria (34)

- Belén (23)
- Laureles (20)

La comuna con mayor número de centros de servicios independientes en el área de la ortopedia es la comuna el poblado. Sin embargo, el alquiler de un consultorio en el Poblado cuesta aproximadamente un 130% más que un consultorio en la Candelaria (centro de Medellín) como se puede observar en la Tabla 7. Por tal motivo la Candelaria cerca de la avenida oriental, sería el objetivo para la localización de la empresa. En la Ilustración 28 se presenta un esquema de ubicación y se evidencia que en la candelaria se da un punto estratégico para desplazarse hacia cualquiera de las otras comunas en las que mayormente se prestan servicios ortopédicos.

Tabla 7. Precio metro cuadrado promedio de arriendo por comuna.

| Zona | Precio por área (\$/m²) |
|---------------|---|
| El Poblado | 56.250 |
| La Candelaria | 24.390,24 |
| Laureles | 50.000 |
| Belén | 33.333,33 |



Ilustración 28. Esquema de ubicación.

8.3 Tecnología

Para ejecutar el proceso que da origen al producto a vender se requieren 3 herramientas tecnológicas principales

- Escáner 3D y aplicación para exportar los datos como una malla de polígono.
- Software de diseño CAD y computador con capacidad para correr tal programa.
- Impresora 3D con las dimensiones necesarias para fabricar las órtesis y una aplicación para leer los datos, parametrizar las variables y ejecutar las trayectorias que dan origen al producto final (la órtesis IMPRESA).

8.3.1 Escáner 3D y aplicación para exportación de los datos.

Para la selección del escáner se buscó un equilibrio entre la precisión, portabilidad y el costo de este, ya que los que se encuentran actualmente en el mercado local

con estas características tienen un costo muy elevado, se optó por importar este. El equipo que selecciono fue el EinScan Pro 2X Plus de la empresa SHINING 3D en la Tabla 8 se pueden observar las especificaciones técnica; el precio aproximado con la importación es de aproximadamente \$31'500.000.

Tabla 8. Especificaciones técnicas escáner

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Fabricante | Shining3D |
| Tipo de escáner | Profesional |
| Procedencia | China |
| tecnología | Luz Estructurada |
| Dimensiones (mm) | 37 x 36.5 x 13.5 mm |
| Tamaño máximo de escaneo (mm) | 312 x 204 |
| Peso (kg) | 1.13 kg |
| Resolución (mm) | 0.2 |
| Precisión (mm) | 0.04 |
| Frecuencia | 1500000 puntos/s |
| Formatos de salida | ASC, OBJ, PLY, STL |
| Software | EXSCAN PRO |

8.3.2 Software de diseño CAD y características del computador.

Para la selección del software, se partió de que con el escáner se incluye una versión de Solid Edge Shining 3D Edition, que contiene módulos de ingeniería reversa y manufactura aditiva, por esto se seleccionó Solid Edge como el software CAD a utilizar ya que se tendrán las versiones Shining y para la ingeniería y diseño de las órtesis se adquirirá una versión Classic, en la Ilustración 29 podemos observar los módulos que vienen incluidos en la versión Classic y resaltado estarán los que serán utilizados para la aplicación de este proyecto, la suscripción anual del software tiene un precio aproximado de \$2'800.000.

| Solid Edge Classic incluye: | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Dibujo en 2D • Importación y reutilización de datos • Diseño de partes en 3D avanzado • Diseño de ensamblajes en 3D avanzado • Synchronous Technology • Diseño sheet metal • Diseño de cuadros y soldaduras • Modelado de superficies • Diseño de partes de plástico • Diseño de dispositivos y fijaciones • Disposición del ensamblaje conceptual • Diseño CAM • Diseño de engranajes • Diseño de ejes y poleas • Diseño de muelles • Diseño de columnas y vigas • Dibujos en 2D automatizados • Biblioteca de partes estándar (incluye maquinaria) | <ul style="list-style-type: none"> • Renderizado y animación • Importación y exportación de IFC para BIM (Building Information Modeling) • Reutilización de datos de malla (modelado convergente) • Ingeniería inversa (escaneo 3D) • Diseño generativo • Preparación y servicio para impresión 3D • Migración de datos de SolidWorks • Migración de datos de Inventor • Migración de datos de Pro/Engineer / Creo • Simulación de movimiento • Simulación de tensión básica • Simulación de vibración básica • Gestión de datos integrada • Productividad en la nube • Herramientas de colaboración (visualización y comentarios) |

Ilustración 29. Especificaciones técnicas Solid Edge 2020 Classic.

8.3.3 Impresora 3D y aplicación para la parametrización de la impresión.

Debido a que en el mercado local ya se tienen diversos proveedores de impresoras, y se tienen las dimensiones de las órtesis de mayor dimensión que podría imprimirse se selecciona la BCN3D Sigma X R19 como mejor opción, el precio aproximado de esta \$19'000.000.

Tabla 9. Especificaciones técnicas impresora.

| | |
|-------------|---------------------------------|
| Fabricante | BCN3D Technologies |
| Tipo | Personal/Escritorio |
| Procedencia | España |
| Materiales | PLA, ABS, Filamentos especiales |
| tecnología | Deposición de material fundido |
| Ensamble | Plug&Play |
| Tamaño | 675 x 440 x 680 |
| Peso (kg) | 18 |

| | |
|------------------------------|--|
| Diámetro extrusor (mm) | 0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.0 |
| Espesor capa | 50 |
| Precisión (mm) | XY: 0,0125 mm - Z: 0,001 mm |
| Tamaño filamento (mm) | 2,85 mm +/- 0,05 mm |
| Máximo volumen generado (mm) | 420x297x210 |
| Tipos de formatos | .stl, .obj, .amf |
| Software | Cura-BCN3D, SLIC3R, Simplify3D |
| Conectividad | Cable USB, Tarjeta SD |
| Sistema operativo | Windows, Mac, Linux |
| Requerimientos de potencia | AC 84-240V / AC 7.6-2.6A / 50-60Hz |
| Otros | Calibración automática, Bandeja calefactada, Doble Extrusor, Pantalla de control |

8.4 Aspectos administrativos y organizacionales

8.4.1 Estructura organizacional de la empresa

La empresa requiere una estructura organizacional desde la cual se den la directriz a seguir para lograr un correcto funcionamiento (ver Ilustración 30).

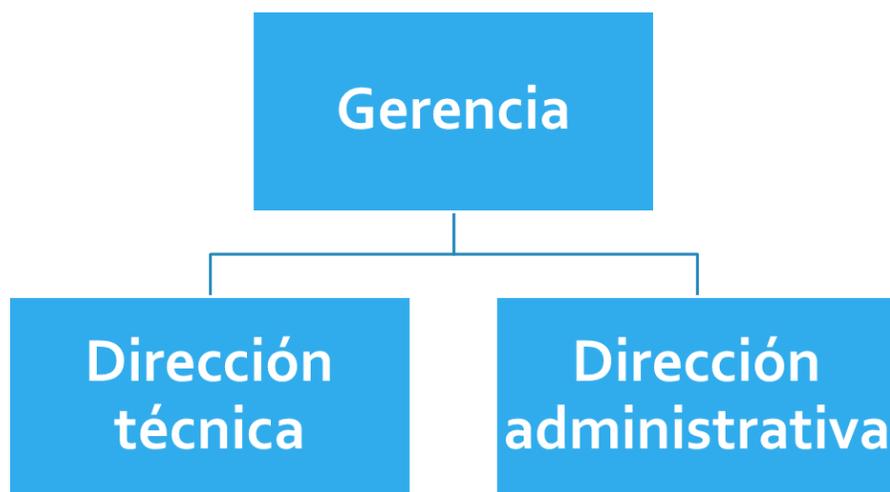


Ilustración 30. Organigrama.

8.4.2 Personal requerido por área

Es necesario establecer las tareas asignadas a cada departamento de la empresa, así como el número de personas requeridas en cada uno y sus cargos, esto con el fin de describir la función que tiene cada los cuales deberán quedar consagrados en un manual interno de la empresa.

8.4.2.1 Gerencia

La función principal de este departamento será la representación de la empresa, a arte de estos deberá garantizar el cumplimiento del plan de negocio y gerenciar todos los proyectos que la empresa afronte. Deberá coordinar los empleados del departamento administrativo y técnico para así asegurar el cumplimiento de cualquier obligación que la compañía adquiera. Será asignado un solo cargo, que será el Gerente de la empresa.

8.4.2.2 Departamento Administrativo

Una correcta administración es muy importante para el buen funcionamiento de una organización, pues es el enlace entre los diversos departamentos que la componen y asegurar la buena comunicación de la información de una parte a la otra. Será asignado un cargo, auxiliar contable para darle manejo a todas las obligaciones tributarias. El cargo general asignado a este departamento es el del auxiliar de servicios generales, ya que el proyecto no es de grandes proporciones es cargo, puede ser controlado por el Auxiliar contable.

8.4.2.3 Departamento Técnico

El departamento técnico es el encargado de transformar la materia prima en productos terminados a través de procesos de producción. Su principal función es asegurar que los trabajos se realicen sin ningún inconveniente, se debe tener control total de los procesos para así asegurar que estos se realicen de la manera más eficiente. El departamento será el encargado de realizar la investigación y desarrollo

necesaria para la optimización de los productos, por estos motivos se comprende de dos cargos; 1 Tecnólogo Ortopedista y 1 Diseñador Mecánico.

8.4.3 Planteamiento estratégico del negocio

8.4.3.1 Razón social y constitución

El tipo de sociedad recomendada para este proyecto es la de Sociedad por Acciones Simplificada (S.A.S.) llamada OstoPrint. A continuación, se desglosará el proceso para su constitución y legalización:

- **Consultar nombre en el RUES**

El primer paso es consultar en el Registro Único Empresarial y Social (RUES) para validar que no exista otra empresa con el nombre que se desea registrar.

- **Preparar documentación**

Los documentos necesarios para la constitución son:

Fotocopia de la cédula del representante legal, documento privado de constitución (son los estatutos de la compañía donde se define la estructura de la organización), el PRE-RUT se diligencia en la página web de la DIAN y el formulario único empresarial se adquiere en la cámara de comercio de Medellín, se debe diligenciar con todos los datos de la empresa.

- **Inscripción en la cámara de comercio**

Se procede a ir a la cámara de comercio de Medellín con toda la documentación y realizar el registro. Si todo está en orden le cobrarán los derechos de inscripción junto con los demás costos de constitución. El proceso tarda aproximadamente un día y se le darán indicaciones de cómo proceder. Cámara de comercio notificará el radicado por medio de mensaje de texto o por correo electrónico. Cuando se haya completado, le entregarán una versión preliminar de la matrícula mercantil la cual servirá para crear la cuenta de ahorros. También le darán una segunda versión del PRE-RUT.

- **Creación cuenta de ahorros**

Con la documentación debe ir a una entidad financiera para crear una cuenta de ahorros a nombre de la empresa. La mayoría de los bancos pedirá el balance inicial,

así que será necesario que el contador lo realice. El banco emitirá una carta dirigida a la DIAN, donde certifican y detallan la existencia de la cuenta.

- **Tramitar el RUT definitivo**

Ahora es necesario ir a la DIAN para diligenciar el RUT definitivo. Necesitará: la cédula del representante legal con su respectiva copia, la versión previa del registro mercantil y la constancia de titularidad de la cuenta de ahorros (suministrada por el banco).

- **Tramitar el registro mercantil definitivo**

Con el RUT podrá terminar el registro en la cámara de comercio. Al completar el proceso ya podrá solicitar copias del registro mercantil.

- **Resolución de facturación y firma electrónica.**

Para solicitar la resolución de facturación se necesita llenar un formulario que puede ser descargado en la página de la DIAN, llevar la cédula del representante legal (original y copia), y el registro mercantil definitivo.

- **Tramitar registro en Industria y comercio de Medellín.**

Para diligenciar el formulario de inscripción de Industria y comercio de Medellín se debe acercarse a la secretaria de hacienda de Medellín después de tener la firma electrónica en la DIAN, este formulario deberá ser diligenciado por el representante legal, y su registro será inmediato, por vía electrónica se notificará por parte de la Alcaldía de Medellín el registro exitoso.

8.4.3.2 Logo

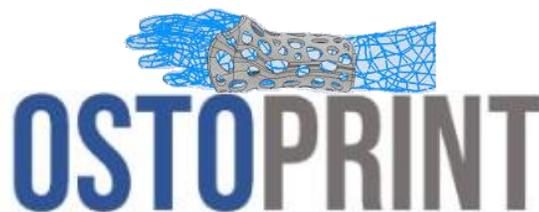


Ilustración 31. Logo OstoPrint

8.4.3.3 Misión

“Ser una empresa dedicada al diseño e impresión de órtesis 3D para el sector ortopédico siempre entregando la mejor calidad para así garantizar la satisfacción de sus clientes, contar con el recurso humano para adaptarse a los retos actuales de la industria ortopédica moderna y los desafíos tecnológicos que esta conlleva, generando innovación en sus productos.”

8.4.3.4 Visión

Consolidar a OstoPrint para el año 2025, como una empresa líder en el sector ortopédico a nivel regional, reconocida por su recurso humano e innovación con que se diseña y fabrica cada producto, teniendo como objetivo principal, trabajar por el bienestar de sus clientes con asegurando siempre la calidad de sus servicios, adaptando estos a la necesidad específica de la región.

8.5 Aspectos legales

En Colombia, hay dos entidades encargadas de regular la producción de productos ortopédicos está regulada por el Instituto Nacional de Vigilancia de Alimentos y Medicamentos – INVIMA y el ministerio de Salud y Protección social.

8.5.1 Resoluciones que regulan la comercialización de productos ortopédicos.

- **Resolución 4002 de 2007.** Por la cual se adopta el manual de requisitos de capacidad de almacenamiento y/o acondicionamiento para dispositivos médicos.
- **Resolución 1319 de 2010.** Mediante la cual se adopta el manual de buenas prácticas de manufactura para la elaboración y adaptación de dispositivos médicos sobre medida de prótesis y órtesis ortopédica externa y se dictan otras disposiciones.

- **Resolución 2968 de 2015.** Por la cual se establecen los requisitos sanitarios que deben cumplir los establecimientos que elaboran y adaptan dispositivos médicos sobre medida de tecnología ortopédica externa ubicados en el territorio nacional.
- **Artículo 424 del estatuto tributario.** Los siguientes bienes se hallan excluidos del impuesto y por consiguiente su venta o importación no causa el impuesto sobre las ventas. Para tal efecto se utiliza la nomenclatura arancelaria Andina vigente (90.21 Artículos y aparatos de ortopedia)

8.5.2 Contratación del personal

Según lo establecido por el Ministerio de Trabajo, en Colombia existen diferentes tipos de contratación, para este tipo de empresa es normal que los contratos sean a término fijo u obra labor.

- Contrato a término fijo (Art. 46 del Código Sustantivo de Trabajo y Art. 28 de la Ley 789 de 2002)

“Es un contrato laboral que tiene un límite temporal especificado de manera clara en el contrato. Puede ser prorrogado indefinidamente, salvo en los casos en los cuáles el plazo pactado sea inferior a un año. Los contratos a término fijo se pueden clasificar en dos modalidades de contratación: contratos con un vencimiento igual o superior a un año y los contratos con un vencimiento menor a un año.” (Gerencie.com, 2020)

Este tipo de contrato será utilizado para los cargos de la empresa, aparte de esto, se deben tener en cuenta todas las obligaciones y responsabilidades legales que se tendrá la empresa con sus empleados.

8.5.3 Prestaciones sociales

Para las prestaciones sociales para el año 2020 se puede ver la Tabla 10, el ingeniero y el tecnólogo ortopedista tendrán un costo aproximado de 1,48761 veces el salario que se establezca debido a que estos se afiliaran con riesgo profesional tipo III por el tipo de trabajo que desempeñaran, y el auxiliar contable tendrá un

costo aproximado de 1,46847 veces el salario que se establezca ya que este se afiliara con riesgo profesional Tipo I.

Tabla 10. Prestaciones Sociales año 2020

| Concepto | Valor | Observaciones |
|------------------------|-----------------------|--|
| Auxilio de transporte | \$102.854 Año 2020 | Por medio de los decretos 2269 y 2270 del 2017, el Gobierno Nacional estableció el auxilio de transporte para el año 2020 Para quienes devengan hasta 2 SMMLV |
| Salud (EPS) | Empleador: 8.5% | Aportes a una entidad prestadora de salud que cubre integralmente al empleador y beneficiarios, el empleador no aporta al sistema de salud, siempre y cuando tenga dos o más empleados |
| | Trabajador: 4% | |
| Pensión | Empleador: 12% | Aporte a una entidad gestora de pensiones |
| | Trabajador: 4% | |
| Riesgos profesionales | Tipo I: 0.522% | Financieras, trabajos de oficina, administrativos, centros educativos, restaurantes. |
| | Tipo II: 1.044% | Algunos procesos manufactureros de bajo riesgo. |
| | Tipo III: 2.436% | Algunos procesos de manufactura de riesgo medio. |
| | Tipo IV: 4.350% | Procesos manufactureros en alturas o en relación a productos nocivos |
| | Tipo V: 6.960% | Trabajos de altura, altos riesgos laborales. |
| Caja de compensación | Empleador: 4% | Aporte hecho sobre el valor de la nómina sin tener en cuenta auxilio de transporte |
| Cesantías | Empleador: 8,33% | Equivale a un mes de salario por cada año trabajado o al tiempo laborado |
| Intereses de cesantías | Empleador: 1% | Corresponde al 12% anual sobre el valor a pagar de las cesantías |
| Prima de servicios | Empleador: 8,33% | Equivale a un mes de salario por cada año trabajado o correspondiente al tiempo laborado. Se paga mitad en junio y mitad en diciembre |
| Vacaciones | Empleador: 4,165% | 15 días hábiles de salario por año laborado, no se liquida con auxilio de transporte |
| Dotación | En especie | Un par de zapatos y ropa de labor. Se entrega cada 4 meses a empleados que devenguen menos de 2 salarios mínimos y que cuenten con más de 3 meses prestando servicios. |

8.6 Calidad

Para la validación de la precisión de fabricación, se establecerán unos estándares de calidad dentro de la empresa, dentro de estos se registrará cualquier producto que se fabrique en esta.

Debido a que se cuenta con un escáner 3D la validación dimensional se realizara inmediatamente se tenga cualquier órtesis fabricada, para este proceso de validación se requiere un software de inspección que para este caso ser GOM Inspect, ya que es gratuito y para la validación necesaria es más que suficiente, en la Ilustración 32 se puede observar el estándar de calidad que se implementara para realizar la inspección dimensional y de acabados de las órtesis.

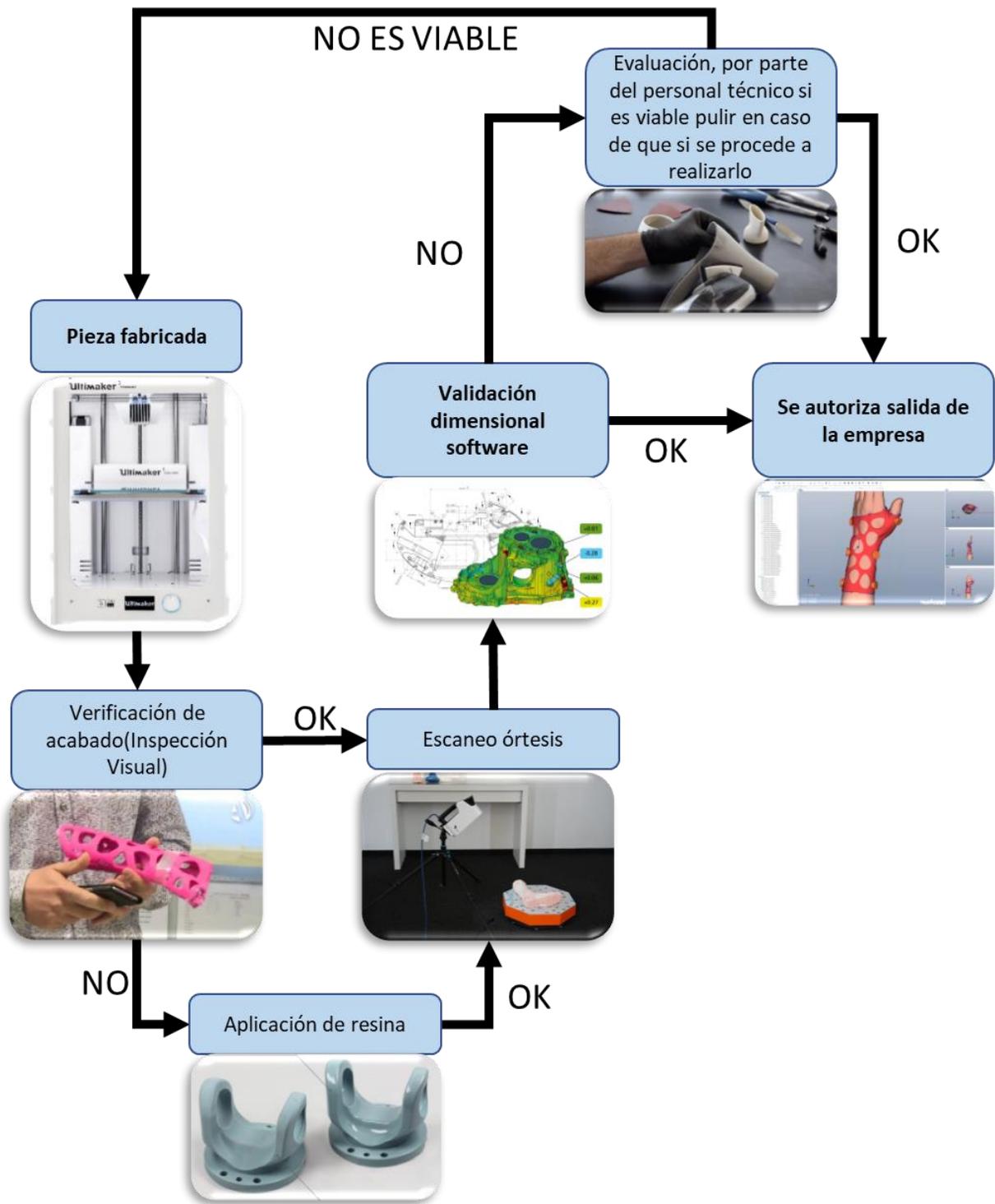


Ilustración 32. Esquema proceso de validación.

8.7 Conclusiones estudio técnico

- Es indispensable que se cuente con un Ingeniero Mecánico dentro del recurso humano debido a lo especializada que es la tecnología del proyecto.
- Se deben establecer controles de calidad para la precisión de las piezas impresas para así garantizar el correcto funcionamiento de las órtesis.
- Se requiere software CAD/CAE para poder lograr la correcta modelación y validación de los modelos antes de proceder a fabricación de estos.
- Aunque la comuna EL Poblado es la que cuenta con la mayor cantidad de profesionales del sector ortopédico se hace más viable para el proyecto seleccionar el emplazamiento en la comuna La Candelaria que la segunda comuna con más profesionales del sector.
- Se debe de contar con alianzas estratégicas con ortopedistas debido a que en el proceso juegan un papel fundamental para logra el éxito del proyecto.
- La impresora requerida para el proyecto puede ser adquirida con un proveedor local.
- El escáner que cumple con las especificaciones que requiere el proyecto debe ser importada de china debido a los altos costos de las que se encuentran actualmente en el mercado local.
- Para el software especializado (Solid Edge) se cuenta con varios partners SIEMENS en Colombia los cuales brindaran soporte y acompañamiento durante la adquisición y uso de este.
- El mayor condicionante para el proyecto será la Resolución 2968 de 2015 del Ministerio de salud, la cual obliga a tener dentro del recurso humano un profesional con certificación ISPO II.

9 ESTUDIO FINANCIERO

Con toda la información obtenida se realiza un estudio financiero que permita crear un plan para:

- Cubrir costos y gastos durante la ejecución del proyecto.
- Permitir que haya recursos financieros a medida que se requieran durante la operación.
- Construir flujos de caja netos con y sin financiación de terceros.
- Verificar que se generen niveles adecuados de utilidades.

9.1 Consideraciones y supuestos para la construcción del modelo financiero.

9.1.1 Horizonte de planificación

Para determinar el horizonte de la planificación se consideró la vida útil del activo principal de la operación, en este caso es la impresora 3D la cual tiene una vida económica de 5 años.

9.1.2 Indicadores económicos y tasas

| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Inflación | 4% | 4% | 4% | 4% | 4% |
| Impuesto de renta | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| Renta presuntiva | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Impuesto por ganancia ocasional | 10% | 10% | 10% | 10% | 10% |
| Costos de la deuda (Kd) | 20% | 20% | 20% | 20% | 20% |

| | | | | | |
|---|---|---|-------------|-------------|-------------|
| %Dividendos | 0% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Porcentaje crecimiento del número de ventas | N/A (Las ventas proyectadas se alcanzan en el segundo periodo) | N/A (Las ventas proyectadas se alcanzan en el segundo periodo) | 5% | 5% | 5% |
| Porcentaje aumento del precio de venta | N/A | % Inflación | % Inflación | % Inflación | % Inflación |
| Porcentaje aumento de los CMV | N/A | % Inflación | % Inflación | % Inflación | % Inflación |
| Porcentaje aumentos gastos de admón. y ventas | N/A | % Inflación | % Inflación | % Inflación | % Inflación |

9.2 Inversiones preoperativas y capital de trabajo

La inversión total preoperativa se encuentra compuesta por los activos fijos necesarios para la operación, los gastos preoperativos y el capital de trabajo necesario para iniciar y mantener la operación.

Tabla 11. Inversión total preoperativa

| | |
|------------------------|----------------------|
| INVERSIÓN TOTAL | \$155,819,667 |
| ACTIVOS FIJOS | \$73,390,000 |
| GASTOS PREOPERATIVOS | \$21,800,000 |
| CAPITAL DE TRABAJO | \$60,629,667 |

Tabla 12. Inversión en activos fijos (vida útil en años)

| PLAN DE INVERSIÓN PREOPERATIVO | | | |
|---------------------------------------|----------|----------------|----------------------|
| | Cantidad | Valor unitario | Total |
| Activos Fijos | | | |
| Impresora 3D | 1 | \$ 17.000.000 | \$ 17.000.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Escáner 3D (ElinScan Pro 2X Pus) | 1 | \$ 28.000.000 | \$ 28.000.000 |
| Vida útil | | 10 | |
| Computador Diseño y Toma de Datos | 2 | \$ 7.500.000 | \$ 15.000.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Computador Ofimática | 2 | \$ 2.000.000 | \$ 4.000.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Instrumentos de medición | 1 | \$ 500.000 | \$ 500.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Motocicleta | 1 | \$ 4.200.000 | \$ 4.200.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Televisor | 1 | \$ 1.000.000 | \$ 1.000.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Horno microondas | 1 | \$ 300.000 | \$ 300.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Cafetera | 1 | \$ 200.000 | \$ 200.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Escritorio | 3 | \$ 350.000 | \$ 1.050.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Sillas | 3 | \$ 380.000 | \$ 1.140.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Otros activos | 1 | \$ 1.000.000 | \$ 1.000.000 |
| Vida útil | | 5 | |
| Total activos fijos | | | \$ 73.390.000 |

Tabla 13. Gastos preoperativos.

| PLAN DE INVERSIÓN PREOPERATIVO | |
|---|----------------------|
| Gastos preoperativos | |
| Estudio de factibilidad | \$ 3.400.000 |
| Gastos representación con especialistas | \$ 900.000 |
| Diseños de ortesis preliminares | \$ 1.800.000 |
| Impresión de muestras | \$ 2.500.000 |
| Publicidad Preoperativa | \$ 3.400.000 |
| Constitución de empresa | \$ 1.800.000 |
| Asesorías Especialistas | \$ 900.000 |
| Registro Invima. Comerc E. Biomédicos | \$ 2.900.000 |
| Arriendo preoperativo | \$ 2.600.000 |
| Servicios preoperativos | \$ 600.000 |
| Logística y puesta a punto de equipos | \$ 1.000.000 |
| Total gastos preoperativos | \$ 21.800.000 |
| Años amortización | 5 |

El capital de trabajo está determinado por la diferencia entre los activos corrientes y los pasivos corrientes. En el caso del capital de trabajo para la inversión preoperativa este corresponde a la caja mínima inicial la cual debe garantizar los costos y gastos de administración y ventas para los primeros 5 meses de trabajo del primer periodo. Para el resto de los periodos la caja mínima corresponde a 1 mes de los costos y gastos de administración y ventas, y el capital de trabajo será el total de activos corrientes (caja mínima + Inventario + CXC) menos los pasivos corrientes (CXP). Las cuentas por cobrar, inventario y cuentas por pagar se determinaron asumiendo un tiempo de 30 días para la edad promedio del inventario, el periodo promedio de cobro y el periodo promedio de pago.

Tabla 14. Capital de trabajo

| Capital de trabajo | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Días año | 360 | | | | | |
| EPI (Edad Promedio de | | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| PPC (Periodo Promedio de Cobro) | | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| PPP (Periodo Promedio de | | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Inventario | | \$ 301.600 | \$ 540.800 | \$ 590.554 | \$ 644.885 | \$ 704.214 |
| CXC | | \$ 11.310.000 | \$ 20.280.000 | \$ 22.145.760 | \$ 24.183.170 | \$ 26.408.022 |
| Caja mínima | \$ 60.629.667 | \$ 12.838.107 | \$ 13.379.753 | \$ 13.945.651 | \$ 14.537.011 | \$ - |
| Meses de respaldo de costos y gastos para la caja mínima | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| CXP (proveedores) | | \$ 301.600 | \$ 540.800 | \$ 590.554 | \$ 644.885 | \$ 704.214 |
| Capital de trabajo | \$ 60.629.667 | \$ 24.148.107 | \$ 33.659.753 | \$ 36.091.411 | \$ 38.720.181 | \$ 26.408.022 |

9.3 Ingresos, costos y gastos operativos por periodo

En la Tabla 15 se muestran los ingresos por ventas de acuerdo a las proyecciones hechas en los estudios de mercado, y los supuestos ya mencionados.

Tabla 15. Ingresos, costos y gastos operativos por periodo

| VENTAS, COSTOS Y GASTOS POR AÑO - ETAPA DE OPERACIÓN | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| VENTAS (por año) | | | | | |
| Ortesis vendidas (por año) | 348 | 600 | 630 | 662 | 695 |
| Masa promedio ortesis ortesis [g] | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 |
| Precio de venta [\$/g] | \$ 3.000 | \$ 3.120 | \$ 3.245 | \$ 3.375 | \$ 3.510 |
| Ventas por año | \$ 135.720.000 | \$ 243.360.000 | \$ 265.749.120 | \$ 290.198.039 | \$316.896.259 |
| COSTOS (C.M.V)(por año) | | | | | |
| Cantidad[g] | 45240 | 78000 | 81900 | 85995 | 90295 |
| Costo unitario | \$ 80 | \$ 83 | \$ 87 | \$ 90 | \$ 94 |
| Costo total de materia prima (por año) | \$ 3.619.200 | \$ 6.489.600 | \$ 7.086.643 | \$ 7.738.614 | \$ 8.450.567 |
| GASTOS OPERATIVOS(por año) | | | | | |
| Salarios+Primas+Vacaciones+Prestaciones | | | | | |
| Ingeniero Mecánico (Gerente) | \$ 55.440.000 | \$ 57.657.600 | \$ 59.963.904 | \$ 62.362.460 | \$ 64.856.959 |
| Tecnólogo Ortopedista | \$ 26.796.000 | \$ 27.867.840 | \$ 28.982.554 | \$ 30.141.856 | \$ 31.347.530 |
| Auxiliar contable | \$ 23.256.000 | \$ 24.186.240 | \$ 25.153.690 | \$ 26.159.837 | \$ 27.206.231 |
| Servicios | | | | | |
| Energía | \$ 2.040.000 | \$ 2.121.600 | \$ 2.206.464 | \$ 2.294.723 | \$ 2.386.511 |
| Servicios acueducto y alcantarillado | \$ 1.560.000 | \$ 1.622.400 | \$ 1.687.296 | \$ 1.754.788 | \$ 1.824.979 |
| Servicio internet y telefonía | \$ 2.400.000 | \$ 2.496.000 | \$ 2.595.840 | \$ 2.699.674 | \$ 2.807.661 |
| Otros | | | | | |
| Reperentación y Publicidad | \$ 5.160.000 | \$ 5.366.400 | \$ 5.581.056 | \$ 5.804.298 | \$ 6.036.470 |
| Software | \$ 5.200.000 | \$ 5.408.000 | \$ 5.624.320 | \$ 5.849.293 | \$ 6.083.265 |
| Arriendo | \$ 15.600.000 | \$ 16.224.000 | \$ 16.872.960 | \$ 17.547.878 | \$ 18.249.794 |
| Combustible y viáticos | \$ 2.400.000 | \$ 2.496.000 | \$ 2.595.840 | \$ 2.699.674 | \$ 2.807.661 |
| Otras obligaciones | \$ 2.040.000 | \$ 2.121.600 | \$ 2.206.464 | \$ 2.294.723 | \$ 2.386.511 |
| Total Gastos (por año operativo) | \$ 141.892.000 | \$ 147.567.680 | \$ 153.470.387 | \$ 159.609.203 | \$165.993.571 |

La Ilustración 33 muestra los totales de ingresos por ventas, costos y gastos operativos en un gráfico de barras.

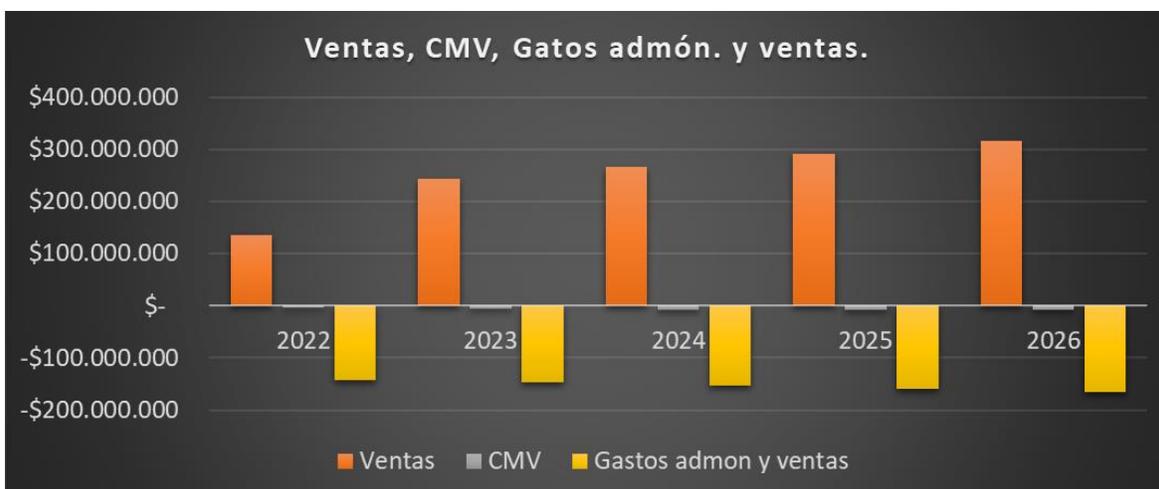


Ilustración 33. Ingresos y egresos operativos

9.4 Depreciaciones y amortizaciones

Los activos fijos se deprecian de acuerdo con la vida económica indicada en la inversión y los gastos preoperativos se amortizan en el horizonte de planificación. Se usa para ambos casos el método lineal. En la Tabla 10 se muestra la depreciación/amortización por periodo y acumulada.

Tabla 16. Depreciaciones y amortizaciones

| DEPRECIACIONES Y AMORTIZACIONES | | | | | | | |
|--|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| Impresora 3D | Valor inicial | \$ 17.000.000 | | | | | |
| | Depreciación | | \$ 3.400.000 | \$ 3.400.000 | \$ 3.400.000 | \$ 3.400.000 | \$ 3.400.000 |
| | Depreciación acumulada | | \$ 3.400.000 | \$ 6.800.000 | \$ 10.200.000 | \$ 13.600.000 | \$ 17.000.000 |
| | Valor en libros | \$ 17.000.000 | \$ 13.600.000 | \$ 10.200.000 | \$ 6.800.000 | \$ 3.400.000 | \$ - |
| Escáner 3D (ElinScan Pro 2X Pus) | Valor inicial | \$ 28.000.000 | | | | | |
| | Depreciación | | \$ 2.800.000 | \$ 2.800.000 | \$ 2.800.000 | \$ 2.800.000 | \$ 2.800.000 |
| | Depreciación acumulada | | \$ 2.800.000 | \$ 5.600.000 | \$ 8.400.000 | \$ 11.200.000 | \$ 14.000.000 |
| | Valor en libros | \$ 28.000.000 | \$ 25.200.000 | \$ 22.400.000 | \$ 19.600.000 | \$ 16.800.000 | \$ 14.000.000 |
| Resto de activos | Valor inicial | \$ 28.390.000 | | | | | |
| | Depreciación | | \$ 5.678.000 | \$ 5.678.000 | \$ 5.678.000 | \$ 5.678.000 | \$ 5.678.000 |
| | Depreciación acumulada | | \$ 5.678.000 | \$ 11.356.000 | \$ 17.034.000 | \$ 22.712.000 | \$ 28.390.000 |
| | Valor en libros | \$ 28.390.000 | \$ 22.712.000 | \$ 17.034.000 | \$ 11.356.000 | \$ 5.678.000 | \$ - |
| Activos diferidos | Valor inicial | \$ 21.800.000 | | | | | |
| | Amortización | | \$ 4.360.000 | \$ 4.360.000 | \$ 4.360.000 | \$ 4.360.000 | \$ 4.360.000 |
| | Amortización acumulada | | \$ 4.360.000 | \$ 8.720.000 | \$ 13.080.000 | \$ 17.440.000 | \$ 21.800.000 |
| | Valor en libros | \$ 21.800.000 | \$ 17.440.000 | \$ 13.080.000 | \$ 8.720.000 | \$ 4.360.000 | \$ - |
| Depreciación/Amortización total | | \$ - | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 |
| Depreciación/Amortización acumulada total | | \$ - | \$ 16.238.000 | \$ 32.476.000 | \$ 48.714.000 | \$ 64.952.000 | \$ 81.190.000 |
| Valor en libros total | | \$ 95.190.000 | \$ 78.952.000 | \$ 62.714.000 | \$ 46.476.000 | \$ 30.238.000 | \$ 14.000.000 |

9.5 Estructura financiera y servicio de la deuda

La estructura financiera inicial considerada para el modelo financiero es de 40% pasivos y 60% patrimonio. Se considera un crédito inferior a la mitad de la inversión requerida debido al riesgo que puede implicar el tipo de proyecto al ser nuevo en su tipo de servicio para Colombia. En la Tabla 17 se muestran los valores correspondientes de aportes y crédito según esta estructura financiera definida.

Tabla 17. Estructura financiera inicial

| Estructura Financiera | |
|------------------------------|----------------------|
| %Pasivo | 40,0% |
| %Patrimonio | 60,0% |
| Aportes | \$ 93.491.800 |
| Crédito | \$ 62.327.867 |
| Años deuda | 5 |
| Kd | 20% |

El servicio de la deuda con un costo del 20% y una cuota fija a lo largo del horizonte de planificación se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Servicio de la deuda

| SERVICIO DE LA DEUDA (PRESTAMO PREOPERATIVO) | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Año 0 | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| Credito | \$ 62.327.867 | | | | | |
| Cuota | | \$ 20.841.174 | \$ 20.841.174 | \$ 20.841.174 | \$ 20.841.174 | \$ 20.841.174 |
| Intereses | | \$ 12.465.573 | \$ 10.790.453 | \$ 8.780.309 | \$ 6.368.136 | \$ 3.473.529 |
| Abono | | \$ 8.375.600 | \$ 10.050.720 | \$ 12.060.864 | \$ 14.473.037 | \$ 17.367.645 |
| Saldo | \$ 62.327.867 | \$ 53.952.266 | \$ 43.901.546 | \$ 31.840.682 | \$ 17.367.645 | \$ - |

9.6 Costo del patrimonio (Ke) y costo promedio ponderado del capital (WACC).

Para este proyecto se determina el costo del patrimonio a partir de la siguiente ecuación.

$$K_e = R_f + \beta_L(R_m - R_f)$$

Donde:

K_e: rentabilidad mínima esperada por el accionista

R_f: rentabilidad libre de riesgo

R_m: Rentabilidad promedio del mercado

β_L: Riesgo no diversificable (Beta apalancado)

A su vez β_L está determinado por la siguiente ecuación:

$$\beta_L = \beta_U \left[1 + \frac{D}{P} (1 - t) \right]$$

Donde:

β_U: Beta desapalancada

D: Deuda

P: Patrimonio

El valor de β_U depende del sector, en este caso por ser un proyecto sustentado en manufacturas especiales y de servicios, se utiliza un β_U de 0,99, el cual se obtiene al promediar los Beta desapalancados de las manufacturas especiales y de los servicios generales, los cuales tienen un valor de 1,02 y 0,96 respectivamente de acuerdo con la Tabla 19.

Tabla 19. Betas desapalancados por sector en Colombia (Grupo de Investigacion en Solvencia y Riesgo Financiero (GISRF) - Universidad del Valle, 2005)

| SECTOR | ACTIVIDAD | No. EMPRESAS | Betas no Apalancados - Bu | | |
|--------|--------------------------------------|--------------|---------------------------|----------|---------------|
| | | | Beta (1) | Beta (2) | Beta Promedio |
| | Industrial | | | | |
| 52 | Calzado | 66 | 1.13 | 0.88 | 1.01 |
| 53 | Carrocerías y autopartes | 133 | 1.17 | 0.90 | 1.04 |
| 54 | Cauchos y derivados | 44 | 1.33 | 0.99 | 1.16 |
| 55 | Confecciones | 360 | 1.09 | 0.83 | 0.96 |
| 56 | Cuero, curtiembre y marroquinería | 62 | 1.04 | 0.81 | 0.92 |
| 57 | Impresión y artes gráficas | 189 | 1.35 | 1.02 | 1.18 |
| 58 | Libros y publicaciones | 64 | 1.03 | 0.78 | 0.91 |
| 59 | Periodicos y revistas | 31 | 1.42 | 1.04 | 1.23 |
| 60 | Electrodomesticos | 71 | 1.13 | 0.85 | 0.99 |
| 61 | Ensamblaje automotriz | 15 | 1.31 | 0.93 | 1.12 |
| 62 | Equipos hidraulicos y electricos | 143 | 1.25 | 0.95 | 1.10 |
| 63 | Gaseosas, cervezas y bebidas alcohol | 93 | 1.95 | 1.37 | 1.66 |
| 64 | Hierro y acero | 92 | 1.25 | 0.92 | 1.09 |
| 65 | Maderas y muebles | 124 | 1.06 | 0.82 | 0.94 |
| 66 | Manufacturas especiales | 171 | 1.15 | 0.88 | 1.02 |
| 67 | Maquinaria y equipo | 75 | 0.74 | 0.58 | 0.66 |
| | Servicios | | | | |
| 81 | Asesorías empresariales | 252 | 1.31 | 0.99 | 1.15 |
| 82 | Empresariales especiales | 290 | 1.27 | 0.97 | 1.12 |
| 83 | Empresas generales de servicio | 599 | 1.08 | 0.83 | 0.96 |
| 84 | Hotelería y turismo | 260 | 1.12 | 0.86 | 0.99 |
| 85 | Recreación y restaurantes | 117 | 1.19 | 0.92 | 1.05 |
| 86 | Servicios personales | 253 | 1.09 | 0.85 | 0.97 |

Los valores de R_f y R_m utilizados son de 5,19% y 22,22% respectivamente según la

Tabla 20. Rentabilidad libre de riesgo y rentabilidad promedio del mercado (BUENAVENTURA VERA, GOMEZ RESTREPO, & ORTIZ ROMO, 2010)

| PAÍS | ÍNDICE BURSÁTIL | ACCIÓN | PERIODO CÁLCULO DEL BETA POR APROX. | Beta Apalancado | TASA LIBRE DE RIESGO | R_m | K_e |
|----------|-----------------|------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------|--------|---------|
| COLOMBIA | IGBC | GRUPOSURA | 2 | 1.140462 | 5.19% | 22.22% | 24.617% |
| | | COLINVERS | | 0.884609 | | | 20.259% |
| CHILE | IPSA | FALLABELLA | 5 | 1.054061 | 7.13% | 15.23% | 15.670% |
| | | CAP | | 1.417494 | | | 28.716% |
| BRASIL | IBOVESPA | VALE3 | 5 | 1.154686 | 11.00% | 18.09% | 19.191% |
| | | PETR4 | | 1.046428 | | | 18.423% |
| MEXICO | IPC | AMXL | 1 | 1.047336 | 5% | 22.22% | 22.939% |
| | | TELECOMA1 | | 1.123281 | | | 24.086% |

Remplazando todas las variables para K_e se obtiene una rentabilidad mínima esperada por el inversionista de 29,83% considerando la estructura financiera inicial.

El costo promedio ponderado del capital (WACC) se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$WACC = \frac{Pasivos}{Activos} K_d(1 - t) + \frac{Patrimonio}{Activos} K_e$$

Donde:

WACC: rentabilidad mínima de la empresa

K_d : Costo de la deuda

t: tasa de impuesto de resta

K_e : rentabilidad mínima esperada por el inversionista

Remplazando todas las variables para WACC se obtiene una rentabilidad mínima esperada de la empresa de 23,50% considerando la estructura financiera inicial. En resumen, los costos de patrimonio y de capital se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. K_e y WACC

| | |
|----------------------|---------------|
| β_u | 0,99 |
| β_l | 1,45 |
| Rm | 22,22% |
| Rf | 5,19% |
| Ke(inicial) | 29,83% |
| Wacc(inicial) | 23,50% |

9.7 Estado de resultados

En la Tabla 22 se presenta el estado de resultados para el proyecto, con un horizonte de planificación de 5 años, evidenciando el EBITDA, la utilidad operativa, utilidad antes de impuestos, utilidad neta y utilidad retenida de acuerdo con el porcentaje de dividendos por periodo. El primer periodo presenta utilidades negativas debido a que las ventas proyectadas se estima que se alcancen en el segundo periodo.

Tabla 22. Estado de resultados

| ESTADO DE RESULTADOS | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Periodo | Año 1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
| Ventas | \$ 135.720.000 | \$ 243.360.000 | \$ 265.749.120 | \$ 290.198.039 | \$ 316.896.259 |
| (-) CMV | \$ 3.619.200 | \$ 6.489.600 | \$ 7.086.643 | \$ 7.738.614 | \$ 8.450.567 |
| Utilidad Bruta | \$ 132.100.800 | \$ 236.870.400 | \$ 258.662.477 | \$ 282.459.425 | \$ 308.445.692 |
| (-) Gastos de administración y ventas | \$ 141.892.000 | \$ 147.567.680 | \$ 153.470.387 | \$ 159.609.203 | \$ 165.993.571 |
| EBITDA | -\$ 9.791.200 | \$ 89.302.720 | \$ 105.192.090 | \$ 122.850.222 | \$ 142.452.121 |
| (-) Depreciación/Amortizaciones | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 |
| Utilidad Operativa (EBIT) | -\$ 26.029.200 | \$ 73.064.720 | \$ 88.954.090 | \$ 106.612.222 | \$ 126.214.121 |
| (-) Intereses | \$ 12.465.573 | \$ 10.790.453 | \$ 8.780.309 | \$ 6.368.136 | \$ 3.473.529 |
| (+) Otros ingresos (Venta activos) | | | | | \$ 18.200.000 |
| (-) Otros egresos (Venta activos) | | | | | \$ 14.000.000 |
| Impuesto ganancia ocasional | | | | | \$ 420.000 |
| Utilidad ocasional | | | | | \$ 3.780.000 |
| Utilidad antes de impuesto tributario | -\$ 38.494.773 | \$ 62.274.267 | \$ 80.173.780 | \$ 100.244.086 | \$ 126.520.592 |
| (-) Impuesto | \$ - | \$ 18.682.280 | \$ 24.052.134 | \$ 30.073.226 | \$ 36.822.178 |
| U. Neta | -\$ 38.494.773 | \$ 43.591.987 | \$ 56.121.646 | \$ 70.170.860 | \$ 89.698.414 |
| (-) Inversion Operativa | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| % Div | 0% | 20% | 20% | 20% | 20% |
| Dividendos | \$ - | \$ 8.718.397 | \$ 11.224.329 | \$ 14.034.172 | \$ 17.939.683 |
| Utilidad retenida | -\$ 38.494.773 | \$ 34.873.589 | \$ 44.897.317 | \$ 56.136.688 | \$ 71.758.732 |

La Ilustración 34 muestra las utilidades graficadas por periodo.

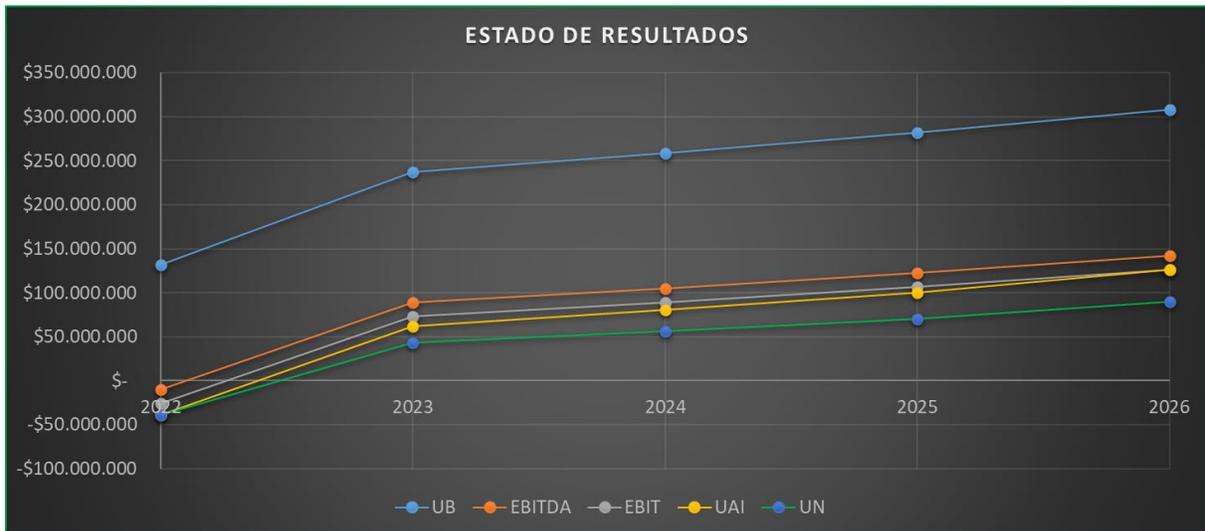


Ilustración 34. Estado de resultados.

9.8 Flujos de caja libre y del inversionista.

El estudio financiero requiere la construcción de los flujos netos por periodo con y sin financiación, los cuales serán los datos de entrada para calcular el valor presente neto del proyecto y la tasa interna de retorno con financiación y sin financiación.

A partir del EBITDA se construye el flujo de caja libre para obtener los flujos de caja netos sin financiación de terceros. La Tabla 23 muestra la estructura para llegar a estos flujos de caja netos sin financiación.

Tabla 23. Flujo de caja libre

| FLUJO DE CAJA LIBRE | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| Periodo | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| EBITDA | | -\$ 9.791.200 | \$ 89.302.720 | \$ 105.192.090 | \$ 122.850.222 | \$ 142.452.121 |
| (-) Depreciaciones | | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 |
| Utilidad Operativa (EBIT) | | -\$ 26.029.200 | \$ 73.064.720 | \$ 88.954.090 | \$ 106.612.222 | \$ 126.214.121 |
| (-) Impuestos | | \$ - | \$ 21.919.416 | \$ 26.686.227 | \$ 31.983.667 | \$ 37.864.236 |
| UODI | | -\$ 26.029.200 | \$ 51.145.304 | \$ 62.267.863 | \$ 74.628.555 | \$ 88.349.885 |
| (+) Depreciaciones | | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 |
| FCB | | -\$ 9.791.200 | \$ 67.383.304 | \$ 78.505.863 | \$ 90.866.555 | \$ 104.587.885 |
| Capital trabajo al final del periodo | \$ 60.629.667 | \$ 24.148.107 | \$ 33.659.753 | \$ 36.091.411 | \$ 38.720.181 | \$ 26.408.022 |
| (-) Variación del Capital de Trabajo | \$ 60.629.667 | -\$ 36.481.560 | \$ 9.511.646 | \$ 2.431.659 | \$ 2.628.770 | -\$ 12.312.160 |
| Inversiones | | | | | | |
| (+/-) Activos fijos | \$ 73.390.000 | | | | | \$ 17.780.000 |
| (-) Preoperativas | \$ 21.800.000 | | | | | |
| (-) Operativas | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | |
| FCL | -\$ 155.819.667 | \$ 26.690.360 | \$ 57.871.658 | \$ 76.074.204 | \$ 88.237.785 | \$ 134.680.044 |

En la Ilustración 35 se muestra el gráficamente los flujos de caja netos sin financiación de terceros (FCL).



Ilustración 35. Flujos de caja netos sin financiación de terceros

A partir del EBITDA se construye el flujo de caja del inversionista para obtener los flujos de caja netos con financiación de terceros. La Tabla 24 muestra la estructura para llegar a estos flujos de caja netos con financiación.

Tabla 24. Flujo de caja del inversionista

| FLUJO DE CAJA DEL INVERSIONISTA | | | | | | |
|---|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Periodo | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| EBITDA | | -\$ 9.791.200 | \$ 89.302.720 | \$ 105.192.090 | \$ 122.850.222 | \$ 142.452.121 |
| (-) Depreciación | | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 |
| Utilidad Operativa (EBIT) | | -\$ 26.029.200 | \$ 73.064.720 | \$ 88.954.090 | \$ 106.612.222 | \$ 126.214.121 |
| (-) Intereses | | \$ 12.465.573 | \$ 10.790.453 | \$ 8.780.309 | \$ 6.368.136 | \$ 3.473.529 |
| (+) Otros ingresos (Venta activos) | | | | | | \$ 18.200.000 |
| (-) Otros egresos (Venta activos) | | | | | | \$ 14.000.000 |
| (-) Impuesto venta de activos | | | | | | \$ 420.000 |
| (+) Utilidad venta de activo | | | | | | \$ 3.780.000 |
| Utilidad antes de impuestos(UAI) | | -\$ 38.494.773 | \$ 62.274.267 | \$ 80.173.780 | \$ 100.244.086 | \$ 126.520.592 |
| (-) impuestos | | \$ - | \$ 18.682.280 | \$ 24.052.134 | \$ 30.073.226 | \$ 36.822.178 |
| Utilidad Neta | | -\$ 38.494.773 | \$ 43.591.987 | \$ 56.121.646 | \$ 70.170.860 | \$ 89.698.414 |
| (+) Depreciación/Amortización | | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 | \$ 16.238.000 |
| (+) Credito | \$ 62.327.867 | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | |
| Capital trabajo al final del periodo | \$ 60.629.667 | \$ 24.148.107 | \$ 33.659.753 | \$ 36.091.411 | \$ 38.720.181 | \$ 26.408.022 |
| (-) Variación del Capital de Trabajo | \$ 60.629.667 | -\$ 36.481.560 | \$ 9.511.646 | \$ 2.431.659 | \$ 2.628.770 | -\$ 12.312.160 |
| Inversiones | | | | | | |
| (+/-) Activos fijos | \$ 73.390.000 | | | | | \$ 14.000.000 |
| (-) Preoperativas | \$ 21.800.000 | | | | | |
| (-) Operativas | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | |
| Abono a la deuda | | \$ 8.375.600 | \$ 10.050.720 | \$ 12.060.864 | \$ 14.473.037 | \$ 17.367.645 |
| FCI | -\$ 93.491.800 | \$ 5.849.186 | \$ 40.267.621 | \$ 57.867.123 | \$ 69.307.053 | \$ 114.880.930 |

En la Ilustración 36 se muestra el gráficamente los flujos de caja netos con financiación de terceros (FCI).

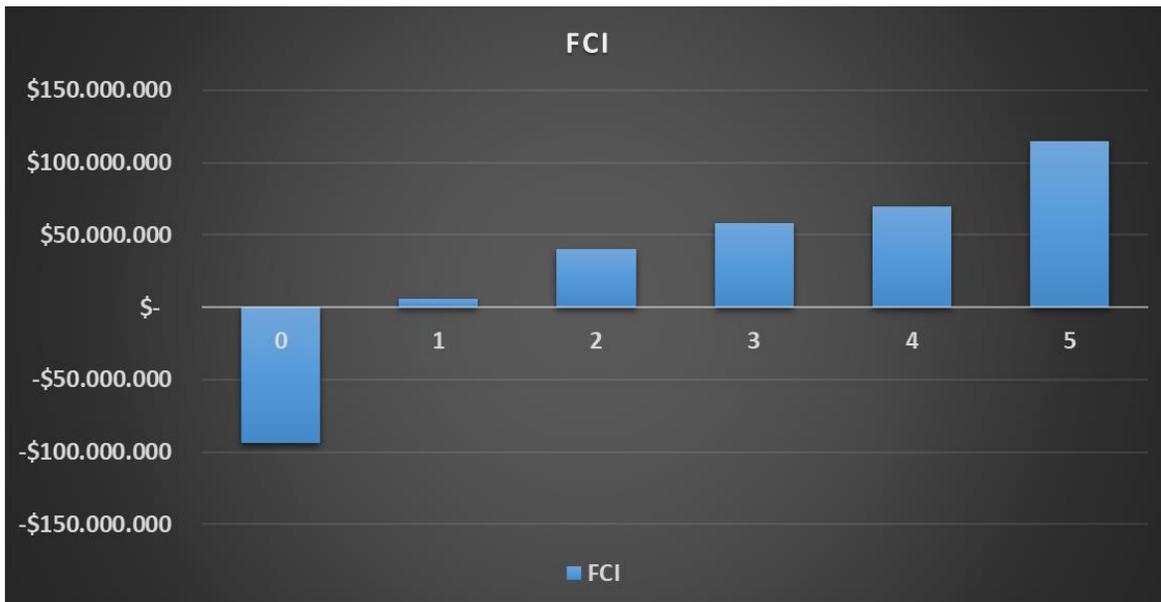


Ilustración 36. Flujo de caja neto con financiación de terceros

9.9 Estado de situación financiera

El estado de situación financiera muestra un panorama del proyecto para todos los periodos, en el cual se evidencia el balance que debe existir entre los activos, pasivos y patrimonio acorde a la ecuación contable (activos totales=pasivos totales + patrimonio). Este balance revela el valor de los activos asignados al proyecto en un momento del tiempo y cómo estos activos son financiados por una combinación de deuda y capital social.

Tabla 25. Estado de situación financiera.

| ESTADO DE SITUACIÓN FINANCIERA | | | | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Activo Corriente: | | | | | | |
| Caja Final | \$ 60.629.667 | \$ 18.687.293 | \$ 59.496.560 | \$ 117.929.581 | \$ 187.827.994 | \$ 288.171.912 |
| Inventario | | \$ 301.600 | \$ 540.800 | \$ 590.554 | \$ 644.885 | \$ 704.214 |
| CXC | | \$ 11.310.000 | \$ 20.280.000 | \$ 22.145.760 | \$ 24.183.170 | \$ 26.408.022 |
| Activo No Corriente: | | | | | | |
| Impresora 3D | \$ 17.000.000 | \$ 17.000.000 | \$ 17.000.000 | \$ 17.000.000 | \$ 17.000.000 | \$ 17.000.000 |
| Scanner 3D | \$ 28.000.000 | \$ 28.000.000 | \$ 28.000.000 | \$ 28.000.000 | \$ 28.000.000 | \$ 28.000.000 |
| Resto de activos | \$ 28.390.000 | \$ 28.390.000 | \$ 28.390.000 | \$ 28.390.000 | \$ 28.390.000 | \$ 28.390.000 |
| Inversiones Operativas Acumuladas | | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - | \$ - |
| Depreciación/amortización acumulada | \$ - | -\$ 16.238.000 | -\$ 32.476.000 | -\$ 48.714.000 | -\$ 64.952.000 | -\$ 81.190.000 |
| Valor en libros de activos vendidos | | | | | | -\$ 14.000.000 |
| Otros | | | | | | |
| Gastos preoperativos | \$ 21.800.000 | \$ 21.800.000 | \$ 21.800.000 | \$ 21.800.000 | \$ 21.800.000 | \$ 21.800.000 |
| TOTAL ACTIVOS | \$ 155.819.667 | \$ 109.250.893 | \$ 143.031.360 | \$ 187.141.895 | \$ 242.894.049 | \$ 315.284.148 |
| Pasivo: | | | | | | |
| CXP (proveedores) | | \$ 301.600 | \$ 540.800 | \$ 590.554 | \$ 644.885 | \$ 704.214 |
| Crédito | \$ 62.327.867 | \$ 53.952.266 | \$ 43.901.546 | \$ 31.840.682 | \$ 17.367.645 | \$ - |
| TOTAL PASIVOS | \$ 62.327.867 | \$ 54.253.866 | \$ 44.442.346 | \$ 32.431.235 | \$ 18.012.529 | \$ 704.214 |
| Patrimonio: | | | | | | |
| Aportes Socios | \$ 93.491.800 | \$ 93.491.800 | \$ 93.491.800 | \$ 93.491.800 | \$ 93.491.800 | \$ 93.491.800 |
| Utilidad retenida | | -\$ 38.494.773 | \$ 34.873.589 | \$ 44.897.317 | \$ 56.136.688 | \$ 71.758.732 |
| Dividendos | | \$ - | \$ 8.718.397 | \$ 11.224.329 | \$ 14.034.172 | \$ 17.939.683 |
| Utilidades acumuladas (años anteriores) | \$ - | | -\$ 38.494.773 | -\$ 3.621.184 | \$ 41.276.133 | \$ 97.412.821 |
| Dividendos acumulados (años anteriores) | | \$ - | \$ - | \$ 8.718.397 | \$ 19.942.727 | \$ 33.976.899 |
| TOTAL PATRIMONIO | \$ 93.491.800 | \$ 54.997.027 | \$ 98.589.013 | \$ 154.710.660 | \$ 224.881.520 | \$ 314.579.934 |
| TOTAL PAS + PAT | \$ 155.819.667 | \$ 109.250.893 | \$ 143.031.360 | \$ 187.141.895 | \$ 242.894.049 | \$ 315.284.148 |

9.10 Valor terminal

Para el valor terminal de este proyecto se consideran las ventas de los activos cuya vida útil es superior al horizonte de planificación. En este caso el único activo con valor en libros significativamente superior a 0 es el escáner 3D, el cual tendrá un valor en libros para el periodo 5 de \$14,000,000. Se estima que el escáner 3D se podrá vender en el mercado a un precio de \$18,000,000 el cual corresponde a un 65% del precio inicial en el periodo 0. En la Tabla 26 se muestra el flujo de caja por la venta del activo.

Tabla 26. Flujo de caja por venta de activo

| Venta de activos | |
|----------------------------------|---------------|
| Valor de venta | \$ 18.200.000 |
| Valor en libros | \$ 14.000.000 |
| Tasa impuesto ganancia ocasional | 10% |
| Impuesto por venta | \$ 420.000 |
| Ganancia Ocasional | \$ 3.780.000 |
| FC(real) | \$ 17.780.000 |

Adicional a este flujo de caja por venta del activo, se recupera el capital de trabajo que estaría destinado para el siguiente periodo, por tal motivo el valor terminal será el mostrado en la Tabla 27.

Tabla 27. Valor terminal

| Calculo Valor Terminal - Metodo comercial | |
|--|---------------|
| Venta de Escáner 3D después de impuesto por ganancia ocasional | \$ 17.780.000 |
| Capital de Trabajo final | \$ 26.408.022 |
| Valor Terminal | \$ 44.188.022 |

9.11 Métrica financiera

La evaluación de proyectos contempla una serie de indicadores que definen la viabilidad del proyecto. Los indicadores más significativos son el valor presente neto

(VPN), la tasa interna de retorno (TIR), la relación beneficio costo (B/C) y el periodo de retorno de la inversión (PRI).

El valor presente neto corresponde a la diferencia entre el valor presente de los ingresos y el valor presente de los egresos a la tasa del costo promedio ponderado del capital para el caso de flujos netos sin financiación de terceros y a la tasa del costo del patrimonio en el caso de los flujos netos con financiación de terceros.

El WACC depende de la estructura financiera, por tal motivo, el WACC al inicio del proyecto no es igual para todos los periodos como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 28. WACC y K_e por periodos.

| | | Año 0 | Año1 | Año 2 | Año 3 | Año 4 | Año 5 |
|-------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| TASAS | Ke (variable D/P) | 29,83% | 33,59% | 27,29% | 24,46% | 22,93% | 22,0% |
| | Rolling wacc | 23,50% | 23,86% | 23,16% | 22,64% | 22,27% | 22,0% |

Para este proyecto se determinó el VPN(FCL) descontando los flujos a un WACC inicial del año cero y otro VPN (FCL) descontando los flujos al WACC correspondiente por periodo, más conocido como “Rolling WACC”. Igualmente, para el VPN de los flujos de caja netos con financiación, se determinó un VPN(FCI) descontando los flujos a una tasa K_e inicial del año 0 y otro VPN(FCI) descontando los flujos al K_e correspondiente por periodo, ya que este depende de la relación Deuda/Patrimonio. En la Tabla 29 se muestran los indicadores del proyecto.

Tabla 29. Indicadores del proyecto

| | | |
|----------------------|---------------------------|---------------|
| PROYECTO | TIR (FCL) | 30,20% |
| | VPN (Wacc año 0) | \$28.939.183 |
| | VPN (Rolling wacc) | \$31.156.666 |
| | B/C (FCL) | 1,19 |
| INVERSIONISTA | TIR (FCI) | 36,23% |
| | VPN (Ke año 0) | \$ 16.882.791 |
| | VPN (Rolling Ke) | \$ 24.737.247 |
| | B/C (FCI) | 1,18 |
| PRI (FCL) | | 3 |
| PRI (FCI) | | 3 |

De acuerdo con los indicadores del proyecto para el escenario proyectado (Tabla 29) el VPN para los flujos de caja netos con y sin financiación son mayores a 0. Por tal motivo el proyecto es viable bajo las condiciones proyectadas. La tasa interna de retorno del proyecto TIR para ambos flujos de caja netos está por encima del costo de capital WACC en el caso del flujo de caja libre y por encima del costo del patrimonio K_e en el caso del flujo de caja del inversionista, lo que confirma que el proyecto es viable y además indica la tasa a la que realmente rinde el proyecto en el escenario proyectado. En la Ilustración 37 se muestra el valor presente neto sin financiación en función del WACC, el área superior muestra la zona en la que el valor presente neto es mayor que 0.

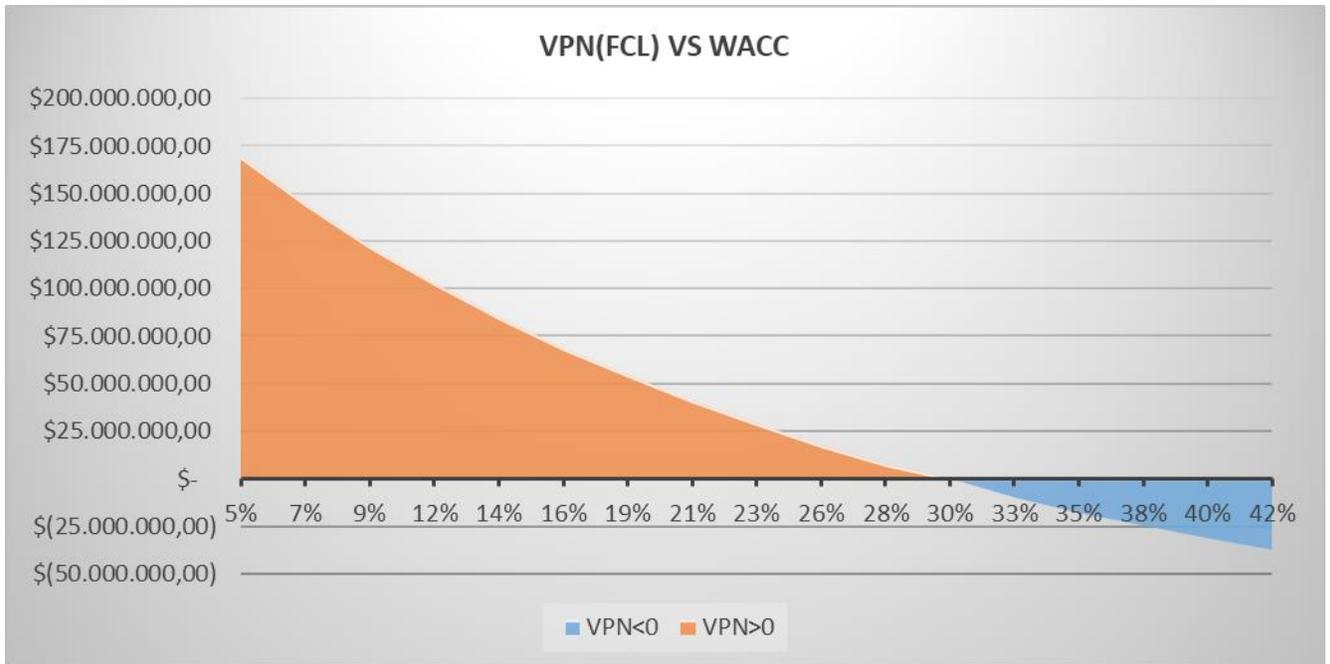


Ilustración 37. VPN(FCL) en función de WACC

En la Ilustración 38 se muestra el valor presente neto con financiación en función del K_e , el área superior muestra la zona en la que el valor presente neto es mayor que 0.

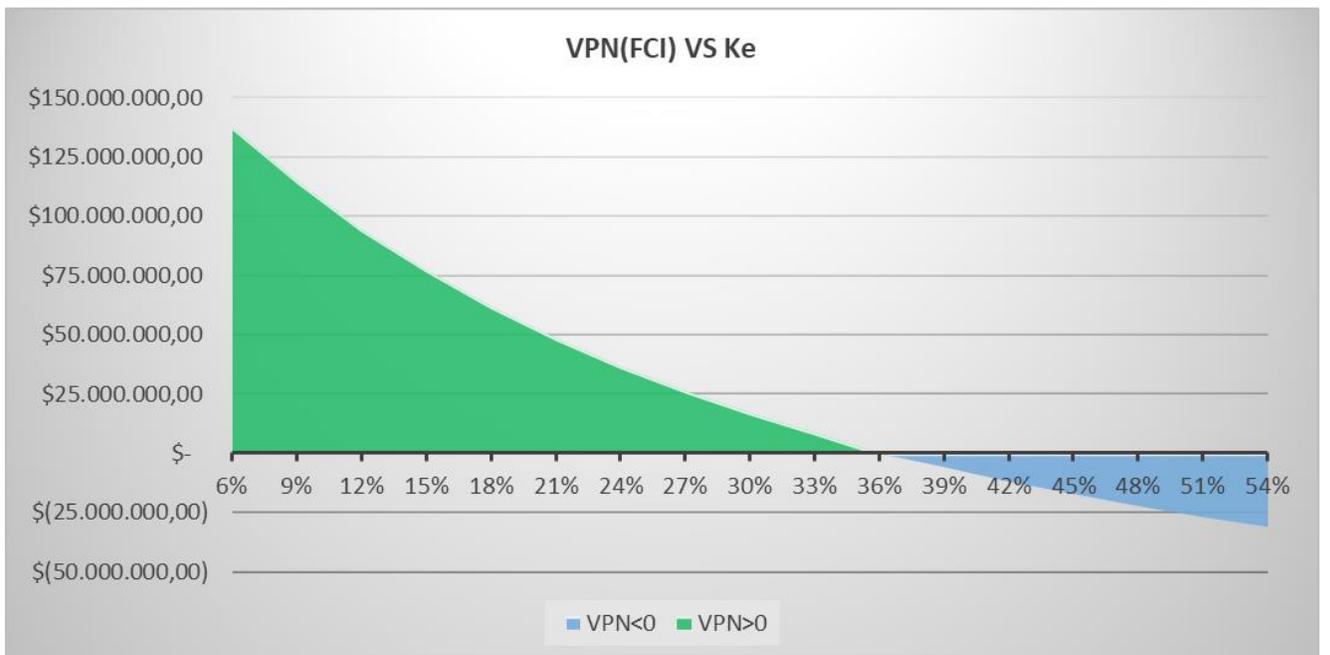


Ilustración 38. VPN(FCI) en función de K_e

El otro indicador B/C es mayor a 1 para ambos flujos de caja netos, lo cual indica que el valor presente de los ingresos es mayor al valor presente de los egresos. Finalmente, el indicador PRI indica que la inversión se recupera en el periodo 3 del horizonte de planificación para ambos flujos de caja netos (con y sin financiación de terceros).

9.12 Conclusiones estudio financiero

- Los principales egresos del proyecto corresponden a los gastos de administración y ventas, especialmente por la nómina del personal.
- Bajo el escenario proyectado las métricas financieras cumplen con los criterios de aceptación de los inversionistas. ($VPN(FCL) > 0$, $TIR(FCL) > WACC$, $VPN(FCI) > 0$, $TIR(FCI) > Ke$, $B/C > 1$).
- Los datos de entrada que más influyen en la métrica financiera del proyecto son los ingresos asociados a la demanda proyectada y el precio de venta, y los gastos de administración y ventas).
- El aumento en el %endeudamiento inicial aumenta la rentabilidad del inversionista.

10 ESTUDIO DE RIESGOS

Para este proyecto se hace un estudio de riesgos que comienza por una identificación de los riesgos que podrían afectar al proyecto según sus características, causas, consecuencias, probabilidad e impacto.

10.1 Identificación

En la Tabla 30 se muestra los 8 riesgos que más podrían afectar al proyecto a lo largo del horizonte de planificación. Se puede ver su clasificación, causa y consecuencia.

Tabla 30. Identificación de riesgos

| Identificador | Clasificador | Riesgo | Causa | Consecuencia |
|---------------|----------------------|---|---|--|
| Riesgo 1 | Mercado/Técnico | El especialista no apruebe la ortesis | No cumplir con los estándares ortopédicos | No se alcanza las ventas proyectadas |
| Riesgo 2 | Mercado | El consumidor final no compre la ortesis | Precio elevado | No se alcanza las ventas proyectadas |
| Riesgo 3 | Mercado | Oferta limitada | Exceso de demanda comparado con la capacidad de impresión | Perder clientes |
| Riesgo 4 | Legal | No cumplir con requerimientos INVIMA | Ausencia del recurso humano certificado ISPO II | Sanción INVIMA |
| Riesgo 5 | Calidad | No cumplir el ajuste adecuado en la fabricación de la ortesis | Malas practicas de Diseño y manufactura aditiva | Inconformidad del especialistas y consumidor |
| Riesgo 6 | Calidad | No cumplir la resistencia mínima de una ortesis | Malas practicas de Diseño y manufactura aditiva | Inconformidad del especialista y consumidor |
| Riesgo 7 | Cadena de suministro | No contar con materia prima | Escases por parte de los proveedores | No cumplir a los clientes |
| Riesgo 8 | Operativo | Fallas en los equipos | Uso inadecuado del equipo. | No cumplir a los clientes |

10.2 Análisis cualitativo de los riesgos

Para evaluar la severidad de los riesgos, se utiliza los criterios de la matriz de probabilidad e impacto que se muestran en la Ilustración 39 y de esta forma priorizar los riesgos que requieren acciones para evitar o mitigar.

| | | Amenazas | | | | |
|------------------|------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
| | | Muy bajo 0,05 | Bajo 0,10 | Moderado 0,20 | Alto 0,40 | Muy alto 0,80 |
| Probabilidad | Muy alta 0,90 | 0,05 | 0,09 | 0,18 | 0,36 | 0,72 |
| | Alta 0,70 | 0,04 | 0,07 | 0,14 | 0,28 | 0,56 |
| | Mediana 0,50 | 0,03 | 0,05 | 0,10 | 0,20 | 0,40 |
| | Baja 0,30 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,12 | 0,24 |
| | Muy baja 0,10 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,08 |
| | | Muy bajo 0,05 | Bajo 0,10 | Moderado 0,20 | Alto 0,40 | Muy alto 0,80 |
| Impacto negativo | | | | | | |

Ilustración 39. Criterios de matriz de probabilidad e impacto

Con base en estos criterios, se determina la severidad de los 8 riesgos, de acuerdo con su probabilidad de presentarse y el impacto para el proyecto en caso de materializarse (Ver Tabla 31).

Tabla 31. Severidad de los riesgos

| Identificador | Clasificador | Riesgo | Probabilidad | Impacto | Severidad |
|---------------|----------------------|---|-----------------|-----------------|-----------|
| Riesgo 1 | Mercado/Técnico | El especialista no apruebe la ortesis | 0,3 Baja | 0,8 Muy Alto | 0,24 |
| Riesgo 2 | Mercado | El consumidor final no compre la ortesis | 0,5 Mediana | 0,8 Muy Alto | 0,4 |
| Riesgo 3 | Mercado | Oferta limitada | 0,3 Baja | 0,2 Moderado | 0,06 |
| Riesgo 4 | Legal | No cumplir con requerimientos INVIMA | 0,1 Muy Baja | 0,8 Muy Alto | 0,08 |
| Riesgo 5 | Calidad | No cumplir el ajuste adecuado en la fabricación de la ortesis | 0,1 Muy Baja | 0,4 Alto | 0,04 |
| Riesgo 6 | Calidad | No cumplir la resistencia mínima de una ortesis | 0,1 Muy Baja | 0,4 Alto | 0,04 |
| Riesgo 7 | Cadena de suministro | No contar con materia prima | 0,1 Muy Baja | 0,2 Moderado | 0,02 |
| Riesgo 8 | Operativo | Fallas en los equipos | 0,1 Muy Baja | Alto 0,4 | 0,04 |

De acuerdo con la probabilidad asignada y el impacto considerado, se determinan 3 principales riesgos. De estos el más severo es el “Riesgo 2”, el cual implica que el consumidor final no compre la órtesis polimérica personalizada impresa en 3D por su elevado precio comparado con las órtesis tradicionales en yeso. El segundo riesgo más severo es el “Riesgo 1”, el cual es la aceptación por parte de los ortopedistas, que, si bien es considerada baja por la evidencia de que en otros países ha sido aceptada y comprobada su superioridad en la efectividad y comodidad, el impacto en caso de materializarse es muy alto ya que afectaría directamente las ventas proyectadas. El tercer riesgo más severo es el “Riesgo 4”, el cual consiste en no cumplir con los requerimientos del INVIMA por certificación ISPO II en el personal técnico de la empresa, en este caso será el tecnólogo ortopedista del SENA el cual es certificado en esta categoría. Los demás riesgos, aunque están presentes, tienen una probabilidad muy baja de materializarse ya que las alternativas de prevención son muy efectivas.

En la Tabla 32 se muestran las medidas para evitar y/o mitigar los riesgos identificados para el proyecto.

Tabla 32. Medidas para evitar y/o mitigar los riesgos

| Identificador | Riesgo | Causa | Consecuencia | Lista de posibles medidas | Respuesta al riesgo |
|---------------|---|---|--|--|---------------------|
| Riesgo 1 | El especialista no apruebe la ortesis | No cumplir con los estándares ortopédicos | No se alcanza las ventas proyectadas | Primeras muestras preoperativas bajo estándares de calidad | Evitar |
| Riesgo 2 | El consumidor final no compre la ortesis | Precio elevado | No se alcanza las ventas proyectadas | Promoción del valor agregado que justifique su precio | Mitigar |
| Riesgo 3 | Oferta limitada | Exceso de demanda comparado con la capacidad de impresión | Perder clientes | Tercerizar parte del proceso | Mitigar |
| Riesgo 4 | No cumplir con requerimientos INVIMA | Ausencia del recurso humano certificado ISPO II | Sanción INVIMA | Salario por encima del promedio | Evitar |
| Riesgo 5 | No cumplir el ajuste adecuado en la fabricación de la ortesis | Malas practicas de Diseño y manufactura aditiva | Inconformidad del especialistas y consumidor | Capacitación efectiva preoperativa | Evitar |
| Riesgo 6 | No cumplir la resistencia mínima de una ortesis | Malas practicas de Diseño y manufactura aditiva | Inconformidad del especialista y consumidor | Capacitación efectiva preoperativa | Evitar |
| Riesgo 7 | No contar con materia prima | Escases por parte de los proveedores | No cumplir a los clientes | Inventario suficiente anticipado | Evitar |
| Riesgo 8 | Fallas en los equipos | Uso inadecuado del equipo. | No cumplir a los clientes | Capacitación efectiva preoperativa | Evitar |

10.3 Riesgos cuantitativos

10.3.1 Identificación de variables más influyentes

A partir de los estudios del proyecto se estiman valores de las variables de entrada, las cuales tienen asociado un valor posible del criterio de decisión, en este caso el VPN y la TIR. Al realizar un cambio porcentual en cada variable de entrada del proyecto se determina el cambio resultante en el criterio de decisión. Con estos datos se procede a graficar $\% \Delta$ versus VPN y TIR como se muestra en la Ilustración 40 e Ilustración 41 respectivamente, para los datos de entrada de ingresos, gastos de administración y ventas, endeudamiento e inversión.

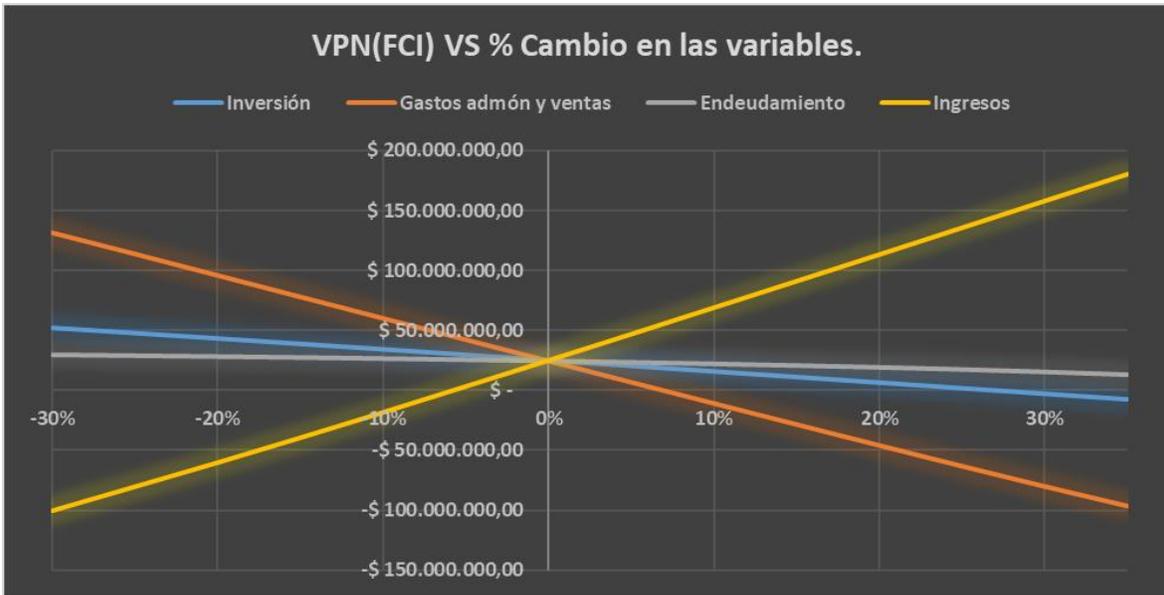


Ilustración 40. Influencia de los datos de entrada en el VPN - Grafico de Telaraña

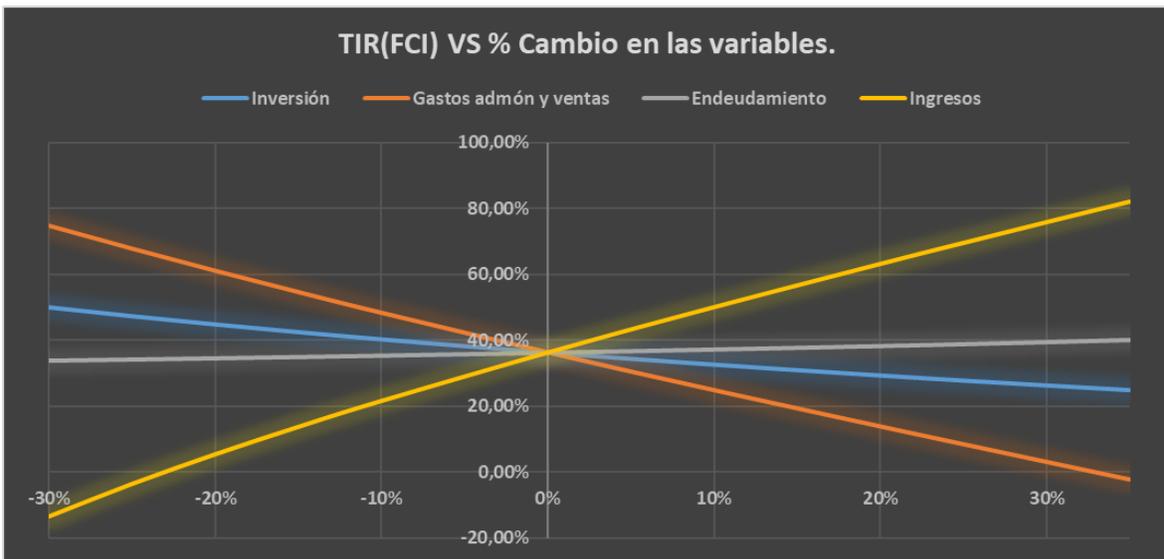


Ilustración 41. Influencia de los datos de entrada en la TIR-Grafico de Telaraña

De los gráficos de telaraña se evidencia que los ingresos y los gastos de administración y ventas son los datos de entrada que más influyen el VPN y la TIR por cada %Δ.

Otra forma de medir la sensibilidad del proyecto a cambios en los datos de entrada es aplicar la técnica de la elasticidad del proyecto respecto a la variable de importancia. Se analiza hasta qué punto el criterio de decisión cambia porcentualmente ante un cambio del 1 % en un parámetro del modelo. Los porcentajes de cambio se ordenan de mayor a menor para cada variable de entrada, y se realiza un gráfico de barras horizontales. El valor $\% \Delta(VPN)_i$ más grande indica la variable que más impacta el proyecto y el signo indica el sentido de la relación. Si el signo de $\% \Delta(VPN)_i$ es positivo indica una relación directa con el VPN mientras que si es negativo indica una relación inversa. En la Ilustración 42 e Ilustración 43 se muestran los gráficos de tornado para el VPN y la TIR respectivamente, en el cual se consideran los ingresos, gastos de administración y ventas, endeudamiento e inversión. Se evidencia que las variables que más impactan el VPN y la TIR de este proyecto son los ingresos y gastos de administración y ventas, para los que se tiene que por un 1% de aumento en estas variables el VPN aumenta 17,7% en el caso de los ingresos y disminuye en 14,3% en el caso de los gastos de administración y ventas. Igualmente, para el gráfico de tonado de la TIR se tiene que por cada aumento del 1% en los datos de entrada, la TIR aumenta un 3,9% en el caso de los ingresos y disminuye un 3,2% en el caso de los gastos de administración y ventas.

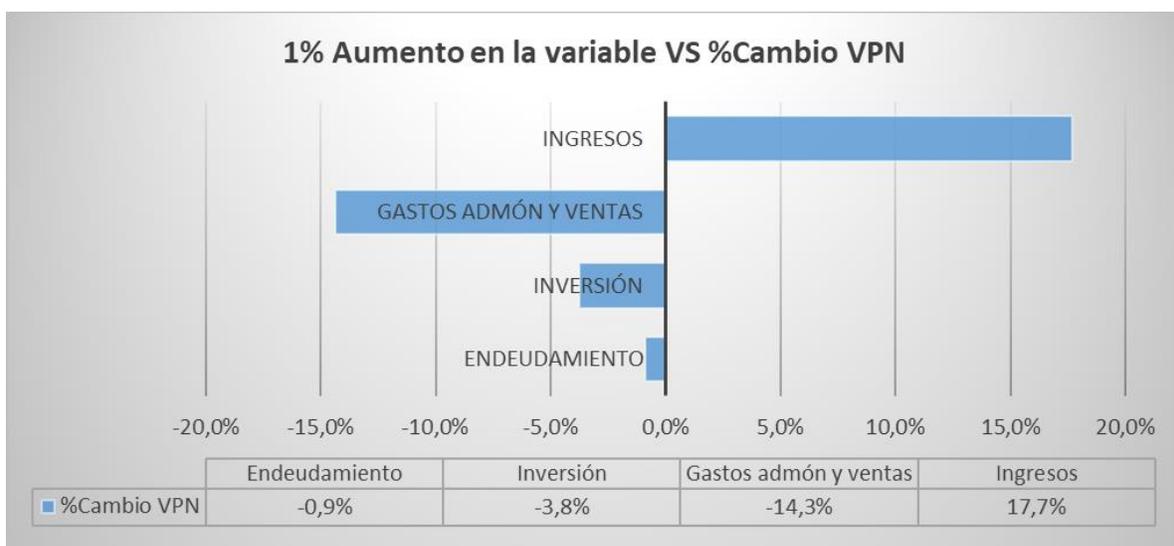


Ilustración 42. Gráfico de tornado VPN (FCI)

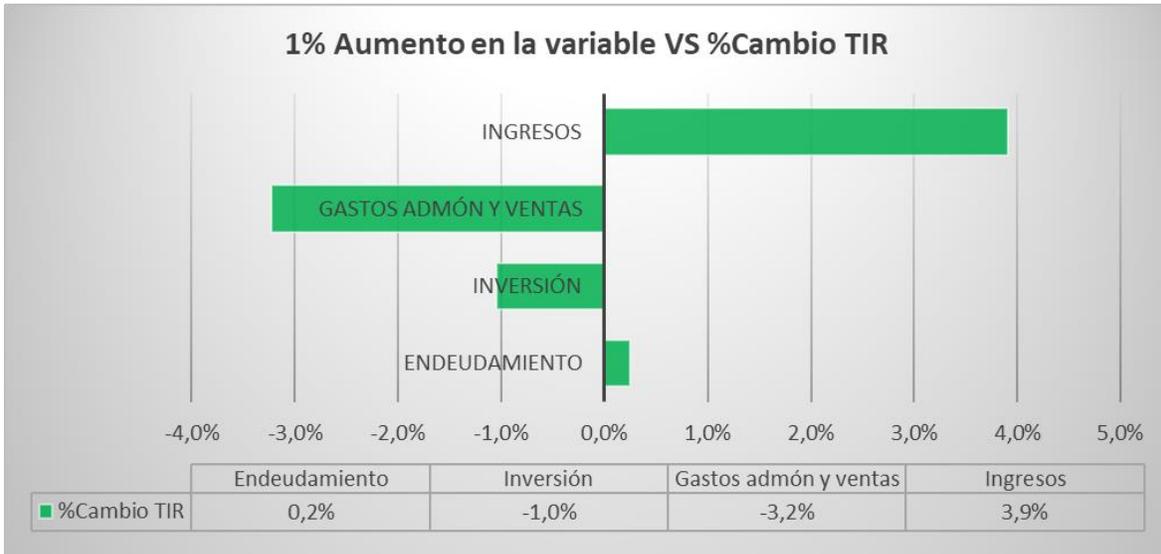


Ilustración 43. Gráfico de tornado TIR (FCI)

10.3.2 Distribución Probabilística VPN y TIR

Para determinar la distribución probabilística del VPN y TIR, se plantearon escenarios pesimista, proyectado y optimista como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. Escenarios pesimista, proyectado y optimista

| Datos distribuciones para simulación | | |
|--------------------------------------|---------------------|--------------|
| Inversión | | |
| | Variación Inversión | Probabilidad |
| Pesimista | 10% | 0,333 |
| Proyectado | 0% | 0,333 |
| Optimista | -15% | 0,333 |
| Ingresos | | |
| | Variación Ingresos | Probabilidad |
| Pesimista | -10% | 0,333 |
| Proyectado | 0% | 0,333 |
| Optimista | 15% | 0,333 |
| Gastos administración y ventas | | |
| | Variación G.a.v | Probabilidad |
| Pesimista | 10% | 0,333 |
| Proyectado | 0% | 0,333 |
| Optimista | -10% | 0,333 |

Con estos valores máximos y mínimos de las posibles variaciones en inversión, ingresos y gastos de administración y ventas, se ingresaron distribuciones uniformes por medio del software Risk Simulator con el fin de obtener la distribución probabilística del VPN y la TIR. La distribución uniforme es utilizada para modelar variables cuando hay muy pocos o no hay datos muestrales del comportamiento de la variable, en este sentido se usa para tratar variables con alta incertidumbre donde no se sabe cómo se comportará la variable, pero su rango de respuesta puede ser acotado a partir de un valor mínimo y un valor máximo, en este rango, todos los posibles valores tienen igual probabilidad.

En la Ilustración 44 se muestra la distribución probabilística del VPN con financiación de terceros, alimentado por los escenarios pesimista, proyectado y optimista.

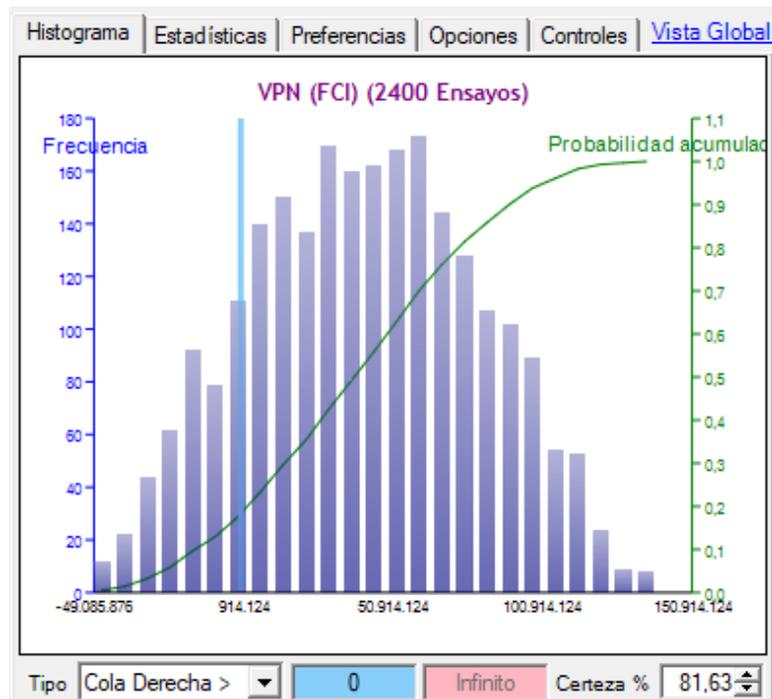


Ilustración 44. Distribución probabilística VPN(FCI)

De acuerdo con la simulación la probabilidad de que el VPN(FCI) >0 es de un 81,63%. Se realizaron 2400 simulaciones y los resultados tienen una precisión de error de 4,11% al 95% de confianza como se muestra en la Ilustración 45.

VPN (FCI) - Pronóstico del Simulador de Rie...

| Estadísticas | Resultado |
|--|------------------|
| Número de Pruebas | 2400 |
| Media | 37.618.906,9242 |
| Mediana | 37.889.220,0467 |
| Desviación Estándar | 38.655.485,8312 |
| Variación | 1,494247E+015 |
| Coefficiente de Variación | 1,0276 |
| Máximo | 135.496.682,0255 |
| Mínimo | -54.013.131,5952 |
| Rango | 189.509.813,6207 |
| Asimetría | 0,0090 |
| Curtosis | -0,6700 |
| 25% Percentil | 8.375.930,6733 |
| 75% Percentil | 65.888.265,2006 |
| Precisión de Error al 95% de Confianza | 4,1110% |

Ilustración 45. Estadísticas simulación VPN

En la Ilustración 46 Ilustración 44 se muestra la distribución probabilística de la TIR con financiación de terceros, alimentada por los escenarios pesimista, proyectado y optimista.

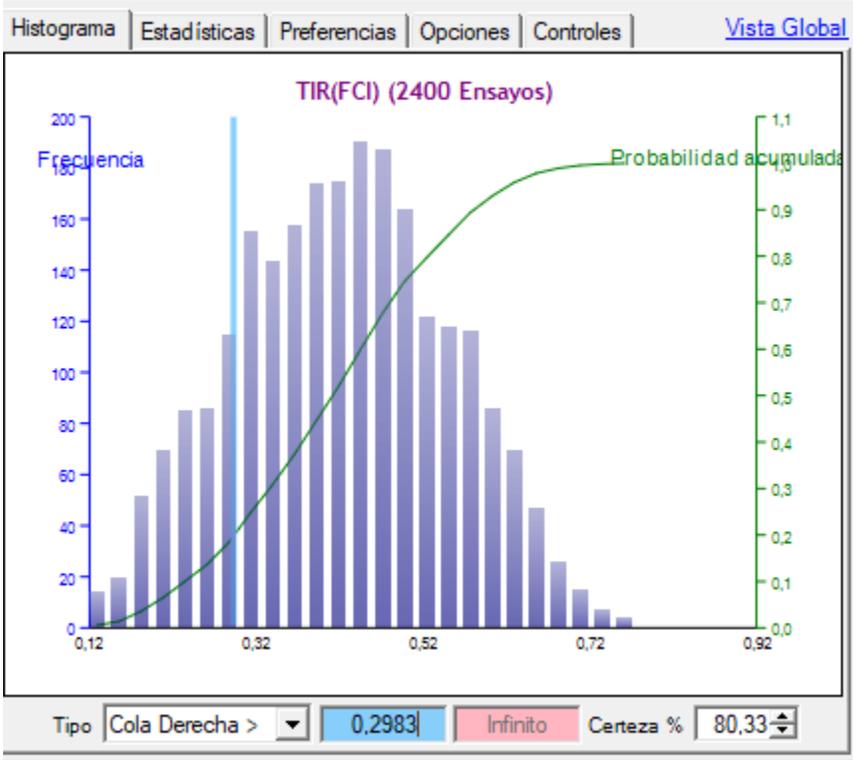


Ilustración 46. Distribución probabilística TIR(FCI)

De acuerdo con la simulación, la probabilidad de que la $TIR(FCI) > K_e$ es de un 80,33%. Se realizaron 2400 simulaciones y los resultados tienen una precisión de error de 1,11% al 95% de confianza como se muestra en la Ilustración 47.

The screenshot shows a software window titled "TIR(FCI) - Pronóstico del Simulador de Riesgos". The window has a menu bar with options: "Histograma", "Estadísticas", "Preferencias", "Opciones", "Controles", and "Vista Global". Below the menu bar is a table with two columns: "Estadísticas" and "Resultado".

| Estadísticas | Resultado |
|--|-----------|
| Número de Pruebas | 2400 |
| Media | 0,4055 |
| Mediana | 0,4066 |
| Desviación Estándar | 0,1284 |
| Variación | 0,0165 |
| Coefficiente de Variación | 0,3167 |
| Máximo | 0,7565 |
| Mínimo | 0,0984 |
| Rango | 0,6581 |
| Asimetría | 0,0185 |
| Curtosis | -0,5863 |
| 25% Percentil | 0,3096 |
| 75% Percentil | 0,4950 |
| Precisión de Error al 95% de Confianza | 1,2669% |

Ilustración 47. Estadísticas simulación TIR(FCI)

10.4 Conclusiones estudio de Riesgos

- Las distribuciones probabilísticas obtenidas para el VPN y la TIR están alimentadas con distribuciones uniformes de las variables más influyentes. Se recomienda profundizar en estas variables para verificar si existe una distribución más acorde que describa su comportamiento y permita disminuir la incertidumbre del resultado probabilístico.
- Si bien en el estudio financiero, el VPN y la TIR para el escenario proyectado cumplen con los criterios de aceptación, la probabilidad de su resultado es un criterio de igual importancia y depende de las políticas del inversionista si aceptar o no el proyecto de acuerdo con sus criterios de asumir riesgos. Es común que las políticas de muchos inversionistas sea aceptar proyecto con probabilidades $VPN > 0$ del 90%.
- Las distribuciones probabilísticas obtenidas para el VPN y la TIR están alimentadas con distribuciones uniformes de las variables más influyentes. Se recomienda profundizar en estas variables para verificar si existe una distribución más acorde que describa su comportamiento y permita disminuir la incertidumbre del resultado probabilístico.

- Si bien en el estudio financiero, el VPN y la TIR para el escenario proyectado cumplen con los criterios de aceptación, la probabilidad de su resultado es un criterio de igual importancia y depende de las políticas del inversionista si aceptar o no el proyecto de acuerdo con sus criterios de asumir riesgos. Es común que las políticas de muchos inversionistas sea aceptar proyecto con probabilidades $VPN > 0$ del 90%.
- El mayor riesgo del proyecto es la incertidumbre respecto a la aceptación por parte de los ortopedistas de las órtesis bajo esta tecnología aditiva de impresión 3D, ya que en el país no se ha explotado esta tecnología para este fin. Por tal motivo, este riesgo es una oportunidad de convertirlo en una fortaleza al existir la posibilidad de volver este tipo de órtesis la alternativa del futuro y desplazar las órtesis tradicionales que representan muchos inconvenientes funcionales y de adaptabilidad.
- Un riesgo bastante importante es la posibilidad de no alcanzar las ventas proyectadas debido al alto costo que puede representar una órtesis impresa en 3D comparada con las órtesis tradicionales en yeso. Por tal motivo, para mitigar este riesgo se debe fortalecer la promoción de las ventajas que ofrece la tecnología de impresión 3d en las órtesis.

11 CONCLUSIONES GENERALES

- La formulación de este proyecto requiere de una etapa posterior de factibilidad que permita disminuir la incertidumbre respecto a la aceptación de las órtesis impresas 3 d por los especialistas del Valle de Aburrá, a partir de muestras físicas impresas de estas órtesis que demuestren las ventajas para el usuario final y ortopedista respecto a las órtesis tradicionales en yeso
- Se recomienda profundizar en las variables que determinan la demanda proyectada, enfocándose en los estratos socioeconómicos 4 y 5, los cuales representan a la población con mayor poder adquisitivo y por ende son candidatos para preferir las órtesis impresas personalizadas a pesar de la diferencia de costos respecto a la órtesis tradicional en yeso.
- Se recomienda profundizar más en los escenarios probables para tener mayor precisión en la distribución de los datos de entrada para las simulaciones de Montecarlo y disminuir el error en las distribuciones probabilísticas del VPN y la TIR para los flujos caja con financiación y sin financiación de terceros.
- Es necesario realizar un ajuste general al modelo financiero debido al ambiente de incertidumbre que se vive actualmente en el ámbito financiero y económico del país por lo cual es muy difícil hacer un pronóstico de las principales variables que impactan el proyecto.

12 REFERENCIAS

- AECOC. (15 de Mayo de 2020). *¿Es la impresión 3D el futuro?* Obtenido de <https://www.aecoc.es/innovation-hub-noticias/es-la-impresion-3d-el-futuro/>
- alliedmarketresearch. (20 de 8 de 2020). *3D Printing Healthcare Market Outlook - 2026*. Obtenido de <https://www.alliedmarketresearch.com/3d-printing-healthcare-market>
- Banco de la República de Colombia. (11 de Mayo de 2020). *Tasa Representativa del Mercado (TRM - Peso por dólar)*. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>
- BUENAVENTURA VERA, G., GOMEZ RESTREPO, C. A., & ORTIZ ROMO, J. C. (2010). *APLICACIÓN DE LAS TEORÍAS DE LA FIRMA: OPERACIONALIZACIÓN DEL CAPM PARA EMPRESAS DE COLOMBIA Y LATINOAMERICANAS*. Cali, Valle del Cauca, Colombia.
- Calixto B, L. F., González, J., López, L., & Ron, T. (2020). Manejo de pacientes de Ortopedia y Traumatología en el contexto de la contingencia por covid-19: revisión de conceptos actuales revisión de la literatura. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*.
- Chadwick, V. (20 de octubre de 2020). *3D-printed orthoses show promise but no silver bullet, study finds*. Obtenido de <https://www.devex.com/news/3d-printed-orthoses-show-promise-but-no-silver-bullet-study-finds-94765>
- DANE. (15 de Mayo de 2020). *Boletín Técnico Producto Interno Bruto (PIB) I trimestre 2020*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bol_PIB_Itrim20_produccion_y_gasto.pdf
- Dinero, R. (2018). La impresión 3D se abre mercado con fuerza en Colombia. *Dinero*.
- Domínguez Gasca, L. G., & Orozco Villaseñor, S. L. (2017). Frecuencia y tipos de fracturas clasificadas por la Asociación para el Estudio de la Osteosíntesis en el Hospital General de León durante un año. México.
- Gerencie.com. (27 de octubre de 2020). *Contrato de trabajo a término fijo*. Obtenido de <https://www.gerencie.com/contrato-de-trabajo-a-termino-fijo.html#:~:text=El%20contrato%20de%20trabajo%20a,como%20lo%20dispongan%20las%20partes.>
- Grupo de Investigación en Solvencia y Riesgo Financiero (GISRF) - Universidad del Valle. (2005). *Betas Apalancados y Betas no Apalancados según Sectores - Colombia (2001 - 2004) -- Precios Corrientes. Calculos Realizados por el Grupo de Investigación en Solvencia y Riesgo Financiero*.
- Guevara, C., & Takeuchi, Y. (2015). Costo-utilidad de intervenciones en pacientes con síndrome del túnel carpiano atendidos en un centro de alta complejidad

en Cali, Colombia. *REVISTA CIENCIAS DE LA SALUD UNIVERSIDAD DEL ROSARIO*.

- La República. (26 de Septiembre de 2020). *Desempleo en Colombia subió a 20,2% y 4,15 millones de personas perdieron su trabajo*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/economia/resultados-de-la-tasa-de-desempleo-de-julio-de-2020-en-colombia-segun-el-dane-3053149>
- marketsandmarkets. (19 de agosto de 2020). *3D Printing Medical Devices Market*. Obtenido de <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/3d-printing-medical-devices-market-90799911.html>
- MediACE3D Solution. (21 de noviembre de 2020). *MediACE3D Solution*. Obtenido de <http://www.mediace3d.com/mediace3d.html>
- Minsalud Colombia. (18 de septiembre de 2020). *CORONAVIRUS (COVID-19)*. Obtenido de <https://covid19.minsalud.gov.co/>
- Ortopedia La Milagrosa. (11 de noviembre de 2020). *Ortopedia La Milagrosa*. Obtenido de <http://ortopedialamilagrosa.es/>
- PORTAFOLIO. (6 de Mayo de 2020). *PIB en Colombia cerraría el año entre el -2% y el -7%*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/noticias-hoy-informe-politica-monetaria-banco-de-la-republica-540575>
- Porter, M. E. (2007). *Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia*. Harvard Business Review América Latina.
- Revista Dinero. (20 de Septiembre de 2020). *Economía colombiana creció 1,1% en el primer trimestre*. Obtenido de <https://www.dinero.com/economia/articulo/economia-colombiana-pib-del-pais-crecio-11-el-primer-trimestre-2020/286369>
- Sardi, D. E. (2015). *Contrato interadministrativo N°4600043606 Municipio de Medellín – EMTELCO*. Medellín: Proyecciones de población.
- The Chinese University of Hong Kong. (11 de Diciembre de 2019). *CUHK Faculty of Engineering Presents a Game-changing Nanoscale 3D Printing Technology – Femtosecond Projection Two-photon Lithography Boosts Printing Speed by up to 10,000 Times*. Obtenido de https://www.cpr.cuhk.edu.hk/en/press_detail.php?id=3190
- XKELET. (19 de noviembre de 2020). *XKELET SITE*. Obtenido de <https://www.xkelet.com/es/#None>