

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPRESIÓN 3D DE MODELOS  
ANATÓMICOS CON FINES ACADÉMICOS EN MEDELLÍN**

**Lina Marcela Gil Arias**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN  
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2018**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPRESIÓN 3D DE MODELOS  
ANATÓMICOS CON FINES ACADÉMICOS EN MEDELLÍN**

Trabajo de grado como requisito para optar al título de Master en Gerencia de  
Proyectos

**Lina Marcela Gil Arias**

lgilari@eafit.edu.co

**Asesor Temático: Elkin Arcesio Gómez Salazar**

**UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN  
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS  
MEDELLÍN  
2018**

## Contenido

<b>Resumen</b> .....	<b>9</b>
<b>Palabras clave</b> .....	<b>9</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>10</b>
<b>Key words</b> .....	<b>10</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Situación en estudio</b> .....	<b>12</b>
<b>2 Objetivos</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 General</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2 Específicos</b> .....	<b>16</b>
<b>3 Marco de referencia conceptual</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1 Metodología ONUDI</b> .....	<b>17</b>
<b>3.2 Impresión 3D</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3 Modelos Anatómicos</b> .....	<b>24</b>
<b>4 Presentación y análisis de resultados</b> .....	<b>25</b>
<b>4.1 Análisis del entorno</b> .....	<b>26</b>
4.1.1 Entorno económico .....	27
4.1.2 Entorno político - legal .....	30
4.1.3 Entorno tecnológico .....	35
4.1.4 Entorno ambiental.....	37
4.1.5 Entorno socio – cultural .....	39
<b>4.2 Estudio de mercado</b> .....	<b>41</b>
4.2.1 Producto .....	42
4.2.1.1 Consumidor.....	43
4.2.1.2 Características .....	48
4.2.1.3 Otros productos.....	49

4.2.2 Demanda .....	50
4.2.3 Oferta.....	52
4.2.4 Precio.....	55
4.2.5 Comercialización.....	57
<b>4.3 Estudio técnico y ambiental .....</b>	<b>58</b>
4.3.1 Localización .....	59
4.3.2 Tamaño.....	60
4.3.3 Proceso.....	61
4.3.4 Tecnología.....	66
4.3.5 Inversión .....	67
4.3.6 Impacto ambiental.....	69
<b>4.4 Estudios organizacional y legal .....</b>	<b>71</b>
4.4.1 Organigrama .....	71
4.4.2. Perfil del cargo.....	72
4.4.3 Aspectos legales.....	73
<b>4.5 Evaluación financiera.....</b>	<b>74</b>
4.5.1 Ingresos .....	74
4.5.2 Costos y gastos .....	75
4.5.2.1 Adecuación del área.....	75
4.5.2.2 Compra de activos .....	75
4.5.2.3 Operación y dotación .....	75
4.5.2.4 Salarios .....	76
4.5.2.5 Materiales e insumos .....	76
4.5.3 Depreciación.....	76
4.5.4 Costo de capital (ke) .....	76
4.5.5 Flujo de caja .....	77
<b>4.6 Análisis de riesgos.....</b>	<b>79</b>
<b>5 Conclusiones .....</b>	<b>79</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>82</b>

## Lista de tablas

Tabla 1. Descripción componentes básicos del estudio de factibilidad.....	21
Tabla 2. Clasificación industrial.....	26
Tabla 3. Promedio de estudiantes de ciencias básicas de las facultades de Medicina en Medellín.....	41
Tabla 4. Tamaño de la muestra .....	42
Tabla 5. Productos complementarios y sustitutos.....	50
Tabla 6. Empresas con tecnología de impresión 3D.....	53
Tabla 7. Proceso productivo para la impresión 3D de modelos anatómicos.....	62
Tabla 8. Valor adecuación área .....	68
Tabla 9. Valor adquisición de activos.....	68
Tabla 10. Valor mensual y anual, otros gastos de operación y dotación .....	68
Tabla 11. Valor mensual y anual salarios .....	69
Tabla 12. Valor mensual y anual, materiales .....	69
Tabla 13. Matriz de impacto ambiental .....	70
Tabla 14. Costo capital $K_e$ .....	77
Tabla 15. Flujo de caja del inversionista .....	78
Tabla 16. Análisis de sensibilidad .....	78

## Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Inflación y rango objetivo del Banco de la República.....	28
<i>Figura 2.</i> Principales problemas de la industria, Abril 2017 (porcentaje de empresas).....	29
<i>Figura 3.</i> Sectores que han sido más afectados por la corrupción .....	31
<i>Figura 4.</i> Cambios normativos que impactan al sector empresarial según grado de incidencia.....	32
<i>Figura 5.</i> Curva Gartner impresión 3D .....	36
<i>Figura 6.</i> Economía circular .....	38
<i>Figura 7.</i> Localización óptima .....	60
<i>Figura 8.</i> Proceso para la impresión 3D de modelos anatómicos.....	65
<i>Figura 9.</i> Organigrama.....	72

## Lista de gráficos

<i>Gráfico 1.</i> Herramientas utilizadas en el estudio del cuerpo humano .....	44
<i>Gráfico 2.</i> Modelos anatómicos impresos en 3D como herramienta complementaria en el estudio del cuerpo humano .....	44
<i>Gráfico 5.</i> Lugar de preferencia para la compra de los modelos anatómicos en 3D .....	47
<i>Gráfico 6.</i> Medio preferido para recibir información de los modelos anatómicos impresos en 3D.....	47
<i>Gráfico 7.</i> Aceptación de los modelos anatómicos en 3D .....	51
<i>Gráfico 8.</i> Causas de no aceptación de los modelos anatómicos en 3D .....	52
<i>Gráfico 9:</i> Precio percibido de venta de los modelos anatómicos en 3D .....	56
<i>Gráfico 10:</i> Precio de compra que estaría dispuesto a pagar .....	57

**Lista de anexos**

**Anexo 1. Cuestionario .....89**

## **Resumen**

La anatomía es considerada una de las materias más importantes en los programas académicos del área de la salud porque garantiza un buen desempeño clínico a los profesionales que han sido entrenados en esta, no obstante, se han evidenciado falencias con las técnicas utilizadas para su estudio, complementadas actualmente con herramientas basadas en las imágenes radiológicas y con las que no solo proporcionan sistemas virtuales de aprendizaje sino también modelos anatómicos tangibles, elaborados en impresoras 3D, que a partir de un proceso de adición de material por capas, permiten obtener reproducciones exactas de órganos y sistemas del cuerpo humano que dan acceso a profundizar, entre otras cosas, en patologías difícilmente halladas en los cadáveres disponibles para estudio. Conociendo esta situación, las tecnologías disponibles y haciendo uso de las herramientas proporcionadas por la gestión de proyectos, se llevó a cabo un estudio de factibilidad para conocer si estos modelos impresos en 3D son viables en Medellín, ya que se conocen otros usos clínicos, específicamente quirúrgicos. El desarrollo de esta propuesta se apoyó en la metodología ONUDI y en las diferentes herramientas definidas en esta, también en una estrategia que incluye revisión de literatura y la aplicación de un cuestionario estructurado para conocer, a nivel de mercado, la aceptación de los modelos propuestos.

## **Palabras clave**

Modelos anatómicos, Impresión 3D, Metodología ONUDI, Factibilidad.

## **Abstract**

Anatomy is considered one of the most important subjects of the academic programs within the health area, as it leads to a good clinical performance to professionals who have been trained in it. However, there have been deficiencies with the techniques used for its study, currently complemented with tools based on the radiological images. In addition, those which don't just provide virtual learning systems, but also tangible anatomical models, made in 3D printers. Hence, from a material adding process by layers that allow getting exact organ reproductions and human body systems which give a deeper access to pathologies hardly found in the available corpses for research. Knowing this situation, a feasibility study was carried out to find out if those 3D printed models are viable in Medellin, although other clinical researches are also known, specifically surgical. This research was done through the available technologies and the use of tools provided by project management. This proposal's development is supported on ONUDI methodology and on the different defined tools. Moreover, a strategy which includes a literature review and the application of a structured questionnaire in order to know at the market level, the proposed models acceptance.

## **Key words**

Anatomy models, 3D print, ONUDI methodology, feasibility.

## **Introducción**

Médicos y profesionales del área de la salud se preparan durante años para responder con exactitud y precisión a las necesidades de la sociedad que los acoge, memorizan, relacionan y se ejercitan en laboratorios con un componente emocional elevado y representaciones gráficas con una insuficiencia latente que ha abierto la puerta a nuevos mecanismos de enseñanza, que en sí mismos contextualizan y proporcionan, a través de sus derivados, una mejor ubicación visual–espacial del cuerpo humano para conseguir diagnósticos e intervenciones más acertadas.

No se puede decir que los métodos tradicionales han sido ineficientes; es evidente que han cumplido con su propósito, pero en las ciencias médicas un error es inadmisibles y obliga a una mayor profundización en el estudio del cuerpo humano. Por esta razón se plantea la posibilidad de incluir en la educación médica y áreas relacionadas, modelos anatómicos impresos en 3D de órganos, estructuras y sistemas que lo conforman y que son obtenidos a través de la adquisición de imágenes radiológicas y del procesamiento de las mismas para elaborar modelos más fieles y con especificaciones poco comunes de patologías que difícilmente se encuentran en los cadáveres.

Las imágenes médicas ya no son una herramienta diagnóstica exclusiva de los radiólogos, son muchos los profesionales de la salud que se han sumado al uso de estas con el ánimo de tener un mejor conocimiento del cuerpo humano, que les permita enfocarse en regiones de interés y manipularlas de acuerdo a los intereses individuales de cada especialidad, además son la base de los modelos anatómicos impresos en 3D que están tomando especial fuerza en ingeniería de tejidos, elaboración de dispositivos y planificación de cirugías complejas, donde es posible mitigar los riesgos asociados a estas al conocer con antelación la

estructura y las anomalías que se van a intervenir. Esta fuerza se debe, en parte a que su elaboración no da lugar a interpretaciones, es flexible y personalizable, se realiza en dispositivos utilizados en otros campos lo que asegura avances significativos que enriquecerán constantemente el campo médico.

Estos dispositivos se conocen como impresoras 3D y su técnica se fundamenta en la adición de material capa por capa, hasta formar objetos con una excelente resolución o acabados ideales. Existen desde los años 80 y continúan generando curiosidad y haciendo parte de nuevos retos. Como el que se plantea en este estudio, que más allá de ser un requisito para optar al título de Magister en Gerencia de Proyectos, es una oportunidad de poner al servicio de las ciencias médicas, tecnologías y metodologías que pueden contribuir a avances significativos.

En las próximas páginas se resume la situación en estudio o problema, identificado, delimitándolo y contextualizándolo con literatura especializada para una mejor sustentación de la investigación, se exponen los objetivos y los resultados de cada uno de los estudios realizados para finalizar con las conclusiones a las que se puede llegar a través de estos estudios con respecto a la viabilidad o inviabilidad de la impresión 3D de modelos anatómicos con fines académicos.

## **1 Situación en estudio**

La anatomía es una de las disciplinas más importantes en el estudio de las ciencias médicas y áreas de la salud, permite conocer y diferenciar la forma y estructura de los órganos y sistemas que conforman el cuerpo humano (Kurt, Eray Yurdakul, & Ataç, 2013). Esta se caracteriza por desarrollar en sus estudiantes

una habilidad espacial, definida como la habilidad para manipular, rotar, girar e invertir ciertos objetos y se evidencia con la capacidad de visualizarlo, orientarlo, relacionarlo, o percibirlo mentalmente (Huang & Lin, 2016).

Los profesionales del área de la salud llegan a tener prácticas clínicas más confiables y oportunas (Estai & Bunt, 2016) al conocer la armonía del cuerpo humano y las posibles relaciones con la patología en estudio (Kurt et al., 2013). Esto ha sido posible gracias a los diferentes métodos, que a través de los años han sido utilizados para una mejor y más efectiva comprensión de la anatomía humana. Estos métodos son:

- Disección de cadáveres: primer método utilizado que consiste en la conservación en formaldehído de un cuerpo sin vida en el que se pueden ver y tocar las diferentes partes que lo conforman. Es práctico desde el punto de vista macroscópico y de la aproximación con un cuerpo con vida, sin embargo, debido a los químicos empleados para su conservación, sufre un deterioro constante y puede llegar a generar problemas respiratorios, además del mal olor y el desagrado que se percibe durante las prácticas. Este método también puede ser dirigido por un anatomista, quien realiza la disección y los estudiantes están atentos a cada detalle (Estai & Bunt, 2016).
- Preservación de órganos: forma simple y especializada de conservar partes específicas del cuerpo humano a partir de la extracción de líquidos y lípidos que son reemplazados por resinas y polímeros que facilitan su conservación. Es práctico para el estudio de órganos y subsistemas, pese a los cambios que experimenta frente a su textura, color y tamaño original; además se utilizan químicos inflamables que los hacen inseguros (Estai & Bunt, 2016).

- Imágenes digitales: representaciones gráficas del cuerpo humano generadas por modelación o adquisición radiológica. Se conocen como realidad virtual por permitirle al estudiante interactuar con estas a través de una cantidad considerable de herramientas. Son útiles por las reconstrucciones tridimensionales que se pueden obtener y la separación específica de sus partes (Estai & Bunt, 2016).

Estos métodos se complementan entre sí, haciendo un aporte concreto al desarrollo de las habilidades requeridas, sin embargo, podría decirse que el trabajo realizado en cadáveres es quizás el más acertado en el perfeccionamiento de estas, pero debido a sus limitantes como la disponibilidad y mantenimiento de los cuerpos y la ausencia de patologías significativas, se ha disparado el uso de las herramientas digitales, que a su vez terminan siendo insuficientes porque los mecanismos de percepción del cerebro humano, basados en los aspectos volumétricos de profundidad y propiocepción, no están disponibles en las imágenes digitales (Friedman, Michalski, Goodman, & Brown, 2016).

Junto a las imágenes digitales, específicamente las radiológicas, se han estado desarrollando nuevas técnicas e instrumentos útiles en anatomía para soportar los requerimientos médicos (Rueckert, Glocker, & Kainz, 2016), algunos de estos son los modelos anatómicos impresos en 3D, con los que se pueden conseguir réplicas exactas de órganos y sistemas a un nivel de detalle alto y personalizable para imprimir patologías representativas de cada especialidad, como un excelente recurso educativo (Yoo, Thabit, Kim, Ide, Dragulescu, Seed, Grosse-Wortmann & Van Arsdell, 2015).

Esta exactitud se debe a que estos modelos no son diseñados a partir de una representación mental sino de la unión de una serie de imágenes adquiridas radiológicamente a un cuerpo y procesadas de tal manera que puedan ser convertidas en un modelo tangible a través de una impresora 3D, que no es

más que un dispositivo controlado por computador, que deposita, a partir de unos datos digitales capas iguales y sucesivas de un material determinado hasta formar un objeto (Giannopoulos, Chepelev, Sheikh, Wang, Dang, Akyuz, Hong, Wake, Pietila, Dydynski, Mitsouras & Rybicki, 2015).

La impresión 3D se conoce desde los años ochenta (Soon, Chae, Pilgrim, Rozen, Sychal & Hunter-Smith, 2016) y ha evolucionado rápidamente posicionándose en diferentes sectores industriales en la elaboración de prototipos y desarrollo de diversos productos (Thomas & Claypole, 2016). Recientemente se ha fortalecido en el campo médico debido a la variedad de aplicaciones que tiene allí; elaboración de dispositivos médicos, elaboración de prótesis, ingeniería de tejidos, replica de órganos y sistemas, con fines académicos y quirúrgicos para planificar las intervenciones y reducir la incertidumbre (Yoo et al., 2015).

Un grupo de la Universidad Monash en Australia, recientemente elaboró un kit de modelos anatómicos con fines académicos, que incluye un modelo completo del cuerpo humano y modelos individuales de extremidades, tórax, abdomen, cabeza y diferentes órganos. Aunque su costo es muy elevado, se percibe como un buen método de enseñanza (Estai & Bunt, 2016). Alrededor del mundo diferentes instituciones se encuentran desarrollando estos modelos anatómicos y estudiando su funcionalidad en la academia (Azer & Azer, 2016).

Es difícil encontrar referencias de modelos anatómicos con fines académicos; en Medellín por ejemplo, solo unas pocas empresas imprimen en 3D modelos anatómicos, como parte de la planificación de cirugías complejas, pero ninguna con fines académicos, pese a ser una ciudad donde los servicios de salud se caracterizan por su alta calidad, confiabilidad y avances tecnológicos. A pesar de esto y de ser claramente un campo poco explorado, se podría profundizar en él y llegar a concretar ideas para la inclusión de estos modelos en la academia, como se está haciendo en otros países y en otros contextos médicos.

Esta investigación tiene como centro Medellín y las universidades con programas en ciencias de la salud fue su objeto de estudio, no incluye un prototipo y solo se entregan resultados de los estudios que se realizaron para conocer su viabilidad, basados en la metodología ONUDI. Parte del hecho de que Medellín es una ciudad con acceso a varias fuentes de información, expertos en diferentes disciplinas, mano de obra calificada, materias primas, insumos y tecnología de alta calidad, se fundamenta en las ventajas reportadas de estos modelos anatómicos y en la oportunidad de suplir las necesidades expuestas. Concretamente se responde a la pregunta:

*¿Es viable imprimir en 3D modelos anatómicos con fines académicos en Medellín?*

## **2 Objetivos**

### **2.1 General**

Desarrollar un estudio de factibilidad para la impresión 3D de modelos anatómicos con fines académicos en Medellín, basado en la metodología ONUDI, con el propósito de incluir nuevas herramientas en la enseñanza del cuerpo humano a estudiantes del área de la salud.

### **2.2 Específicos**

- Realizar un análisis del entorno
- Ejecutar un estudio de mercado
- Preparar un estudio técnico y ambiental

- Construir un estudio legal y administrativo
- Elaborar una evaluación financiera
- Simular un análisis de riesgos

### **3 Marco de referencia conceptual**

Un proyecto se define como: “la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver una necesidad humana. Este surge como respuesta a una “idea” que busca la solución de un problema o la manera de aprovechar una oportunidad de negocio” (Sapag & Sapag,2008, p. 2). De esta manera se describe a continuación la metodología en la que se basa este proyecto, los estudios en que fue dividido y los conceptos más relevantes para su comprensión.

#### **3.1 Metodología ONUDI**

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), interesada en regular los proyectos de los países en desarrollo, proporcionó a través de su *Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial* una serie de herramientas para llevar a cabo proyectos de inversión que se caracterizaban por una baja calidad y deficiente preparación. Su propósito fue estandarizar los estudios de viabilidad industrial y mejorar la calidad de estos, lo cual se ha visto reflejado en los resultados obtenidos en las diferentes organizaciones que se han sumado a esta iniciativa (Behrens & Hawranek, 1994).

Este manual define 3 etapas importantes de un proyecto que Miranda (2005) resume así:

- Pre-inversión: corresponde a todos los estudios que se precisa adelantar antes de tomar la decisión de canalizar recursos hacia algún objetivo particular; esta fase incluye los procesos de identificación, selección, formulación y evaluación del proyecto.
- Inversión o ejecución o implementación: etapa de movilización de recursos tanto humanos, como financieros y físicos, con el propósito de garantizar los medios idóneos para el cumplimiento posterior del objetivo social de la empresa.
- Operación: corresponde a una actividad permanente y rutinaria encaminada a la producción de un bien o a la prestación de un servicio; aquí se cumple el objetivo social de la empresa (p. 26).

De acuerdo con esto y en relación a los objetivos planteados, se toma como eje central de esta investigación la etapa de pre-inversión, que agrupa las actividades (herramientas/estudios) pertinentes para tomar una decisión. Esta etapa incluye un estudio de factibilidad que se desarrolla “cuando persisten dudas en torno a la viabilidad del proyecto en algunos de sus aspectos fundamentales” (Miranda, 2005, p. 35) y se enfoca en:

- a. Verificar la existencia de un mercado potencial o de una necesidad insatisfecha
- b. Demostrar de la viabilidad técnica y la disponibilidad de los recursos humanos, materiales, administrativos y financieros
- c. Corroborar las ventajas desde el punto de vista financiero, económico y social de asignar recursos hacia la producción de un bien o la prestación de un servicio (Miranda, 2005, p. 36).

Por tanto, se describe a continuación la estructura esquemática planteada por la ONUDI para determinar la viabilidad de un proyecto. (Behrens & Hawranek, 1994)

- a. Antecedentes e idea básica del proyecto: Plantea la idea que impulsa el proyecto desde un punto de vista geográfico, económico, político, sectorial e histórico, incluyendo resultados de estudios previos. Estos deben llevar a una mayor claridad de la idea y servir como base de los análisis y planteamientos que le siguen.
- b. Análisis de mercados y concepto de comercialización: Determina la estrategia del proyecto al incluir diferentes análisis que se enfocan en la demanda, la oferta, la competencia, la comercialización y el producto en sí, para definir el alcance de los estudios posteriores, la magnitud de la inversión y el comportamiento y la posible respuesta del mercado. Conlleva a una segmentación directa de los interesados del proyecto.
- c. Materias primas y suministros: Caracteriza los recursos tangibles para el acondicionamiento del proyecto y la elaboración del bien esperado, cuantifica y cualifica factores internos y externos, define costos de insumos y suministros básicos, además de identificar posibles fuentes de aprovisionamiento.
- d. Ubicación, emplazamiento y medio ambiente: Contextualiza el proyecto agrupando 3 grandes aspectos para un proyecto u organización, como lo son: su ubicación estratégica, normatividad que lo regula e impacto ambiental. Están sujetas a las condiciones y necesidades propias del proyecto.
- e. Ingeniería y tecnología: Planifica los procesos y recursos necesarios para el desarrollo del proyecto a partir de la estimación de sus costos, selección de

tecnologías, proyección de actividades posteriores como mantenimientos, compra de insumos y repuestos y de las actividades propias de producción.

- f. Organización y gastos generales: Concibe la idea desde un punto de vista funcional a través de un diseño organizacional, definición de costos indirectos y administración de los recursos.
- g. Recursos humanos: Define el recurso humano necesario para la ejecución del proyecto en sus diferentes etapas, los costos de estos recursos, las categorías, perfiles, capacitaciones y contrataciones pertinentes. Facilita la búsqueda del recurso humano y garantiza un mejor desempeño de este.
- h. Planificación y presupuesto: Presenta las necesidades de inversión para las diferentes etapas del proyecto, con el ánimo de optimizar las decisiones financieras, a partir de planes, resúmenes y recomendaciones. Incluye la constitución mercantil como tal y algunas licitaciones y contrataciones importantes.
- i. Análisis financiero y apreciación previa de la inversión: Evalúa los modelos financieros creados a partir de toda la información suministrada por los anteriores estudios, con el fin de proyectar las obligaciones financieras a largo y mediano plazo, de manera que permitan conocer la criticidad de la inversión y del proyecto en sí. Conlleva a una definición de precios y a una estrategia de gestión.

Esta estructura esquemática permite tener un panorama muy completo del desarrollo del proyecto al estimar, desde diferentes niveles, los posibles resultados de este. Sin embargo, para efectos prácticos de este trabajo, estas herramientas se agrupan en los siguientes estudios:

Tabla 1. Descripción componentes básicos del estudio de factibilidad

Estudio	Descripción
Entorno	<p>“El entorno se refiere a la totalidad de factores o circunstancias naturales, infraestructurales, socioculturales, económicas, políticas y tecnológicas que en tanto rodean, condicionan el comportamiento y la situación de los sujetos que están siendo objeto de referencia” (Gómez S. &amp; Diez B., 2015, p. 16). El análisis de este entorno “es fundamental para determinar el impacto de las variables controlables y no controlables” (Sapag, 2004, p. 25).</p>
Mercado	<p>Análisis del consumidor a partir de la demanda y de sus verdaderas intenciones de compra; de la competencia a partir de la oferta y del ambiente competitivo en el que se desarrolla; de los aspectos más relevantes de la comercialización a partir de los canales de distribución y estrategias de promoción y de los proveedores a partir de la disponibilidad y precios de insumos y servicios (Sapag &amp; Sapag, 2008). “Permite además, verificar la posibilidad real de penetración del producto en un mercado determinado y percibir el riesgo que corre con la venta de un nuevo artículo” (Baca, 2012, p. 7)</p>
Técnico	<p>“Determinación del tamaño más conveniente, localización final apropiada, selección del modelo tecnológico y administrativo, consecuentes con el comportamiento del mercado y las restricciones de orden financiero” (Miranda, 2005, p. 127). Define los procesos de producción, los requerimientos tecnológicos, las necesidades en mano de obra y los estándares de calidad entre otros aspectos asociados a la ingeniería del producto. (Baca, 2012)</p>
Organizacional	<p>Conjunto de actividades requeridas para la implementación y operación del proyecto (Sapag &amp; Sapag, 2008) a partir de la construcción de estructuras, jerarquías, perfiles, responsabilidades y de la identificación de canales de comunicación y otros complementos administrativos</p>
Legal	<p>Revisión de la legislación vigente y gestión previa al funcionamiento de sociedades, licencias, contratos,</p>

	impuestos y obligaciones organizacionales. En este estudio también se identifican las normas que impactaran al proyecto durante su vida útil
Ambiental	Identificación, descripción, evaluación y prevención del impacto ambiental que la planificación y ejecución del proyecto pueden traer en su entorno específico o en el medio ambiente en general
Financiero	Consiste en “ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores, elaborar los cuadros analíticos y datos adicionales para la evaluación del proyecto y evaluar los antecedentes para determinar su rentabilidad” (Sapag & Sapag, 2008, p. 29-30). Mediante diferentes instrumentos se lleva a cabo una serie de comparaciones que determinan dicha rentabilidad y las posibilidades de recuperar la inversión a partir de métodos como Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Precio de Recuperación de la Inversión (PRI), Relación Beneficio Costo (RBC) (Sapag, 2011).
Riesgos	El riesgo es definido en un proyecto como “la variabilidad de los flujos de caja reales respecto a los estimados así cuanto más grande sea esta variabilidad, mayor es el riesgo. Este se manifiesta en la variabilidad de los rendimientos del proyecto” (Sapag & Sapag, 2008, p. 29). Se determina con algunas medidas cuantitativas y cualitativas y se administra con la planificación e identificación de los riesgos relacionados para luego controlarlo y monitorearlo (Gómez S. & Diez B., 2015)

*Fuente:* Elaboración propia; detalles bibliográficos en la tabla.

### 3.2 Impresión 3D

La impresión 3D es un proceso de manufactura que adiciona capas de igual espesor de un material determinado para formar un objeto, este se caracteriza por permitir la elaboración de diseños muy complejos a diferencia de los métodos

tradicionales que sustraen el material por corte o perforación y los diseños deben ser muy específicos y sencillos (Popescu, Stan, & Miclea, 2014).

Las técnicas más conocidas son:

- a. Estéreo-litografía (SLA): Es el proceso de impresión en 3D más antiguo y se fundamenta en la foto-polimerización o transformación de polímero líquido en capas sólidas, utilizando luz ultravioleta por pequeños movimientos de la plataforma que se repiten tantas veces como sea necesario. Se utiliza para obtener objetos de alta resolución y mejor calidad que la convierten en una alternativa más costosa (Thomas & Claypole, 2016).
- b. Sinterización Selectiva por Laser (SLS): Este proceso funde o sinteriza pequeñas partículas de plástico, metal, cerámica o vidrio a través de un láser de alta potencia para formar un objeto (Popescu et al., 2014). Se obtienen productos muy resistentes, con acabados ásperos que demandan otros procesos de terminación y no requiere estructura de soporte (Marro, Bandukwala, & Mak, 2016)
- c. Deposición de Material Fundido (FDM): Es el proceso de impresión en 3D más común y consiste en derretir un material termoplástico o polímero en forma de filamento que se extruye a través de una aguja caliente que adhiere el material capa por capa, como una pistola de silicona. La aguja se mueve en el eje x y en el eje y mientras que la plataforma lo hace en el eje z. Estos objetos tienen una mayor resistencia a la tracción y son impermeables, durante su fabricación se levantan vapores desagradables, requieren más tiempo para su elaboración y no tienen buena resolución (Friedman et al., 2016).

### 3.3 Modelos Anatómicos

Un modelo anatómico es una fiel representación del cuerpo humano, o de una porción específica de este, ya sea en tamaño real o a escala, pueden encontrarse en formas planas o dimensionales y volumétricas o tridimensionales; impresas o digitales. Tradicionalmente son elaborados a partir de interpretaciones visuales del modelo original, lo que conlleva a la omisión de detalles esenciales o a la exageración de estos. Recientemente se han incluido modelos anatómicos derivados de imágenes radiológicas adquiridas en tomógrafos y resonadores de alta resolución que permiten un nivel de precisión mayor.

Las imágenes radiológicas están definidas por un protocolo DICOM, *Digital Imaging and Communication in Medicine* por sus siglas en inglés, que permite retraerlas y transferirlas entre diferentes dispositivos que contengan el mismo protocolo para procesarlas y elaborar, entre otras cosas, modelos anatómicos útiles para el diagnóstico de patologías y estudio de órganos y estructuras. El procesamiento de estas imágenes permite delinear órganos y estructuras de acuerdo a una región de interés (Haider, Alhashim, Tavakolian, & Fazel-rezai, 2016), además de realzar, modificar, mejorar su apariencia o destacar algún aspecto de esta (Medina & Bellera, 2014).

La elaboración de estos modelos recientemente se ha hecho en impresoras 3D, para lo que es necesario realizar la segmentación de un órgano o sistema en un software específico, acondicionar esta segmentación en un CAD, *Computer Aided Design* por sus siglas en inglés, para ser convertido finalmente en un formato STL, *Standard Tessellation Language* por sus siglas en inglés, que puede ser leído por las impresoras 3D (Giannopoulos et al., 2015) y obtener una reproducción exacta de la parte del cuerpo esperada.

#### **4 Presentación y análisis de resultados**

A continuación se presentan los aspectos más relevantes de la estructura esquemática que define a este estudio de factibilidad.

El proyecto hace parte del sector económico secundario o industrial, específicamente de transformación (Banrepcultural, 2018) por la conversión de materias primas en productos comerciables. Por su carácter financiero y su viabilidad monetaria, este es un proyecto de tamaño mediano, ejecutado con recursos privados para una mayor rentabilidad, nuevo y con influencia local.

Según la revisión 4 de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) que define las diferentes actividades económicas, este se encuentra dentro del sector industrial manufacturero, como actividad principal y del sector de comercio al por menor, como actividad complementaria. Esta clasificación se describe con mayor exactitud en la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación industrial

Sección	División	Grupo	Clase	Descripción
C	22	222		Industrias manufactureras
				Fabricación de productos en caucho y plástico
				Fabricación de productos en plástico
		2229	Fabricación de artículos de plástico	
G	47	479		Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos, automotores y motocicletas
				Comercio al por menor (incluso el comercio al por menor de combustibles), excepto el de vehículos automotores y motocicletas
				Comercio al por menor no realizado en establecimientos, puestos de venta o mercados
		4791	Comercio al por menor realizado a través de internet	
		4792	Comercio al por menor realizado a través de casas de venta o por correo	

*Fuente:* elaboración propia, con base en la revisión 4 adaptada CIIU (DANE, 2012)

#### 4.1 Análisis del entrono

A través de este estudio o análisis se contextualiza el proyecto mostrando las condiciones actuales del sector económico, político, legal, tecnológico, ambiental, social y cultural en el que se apoya la idea y se mencionan algunos aspectos futuros que podrían ser determinantes durante la implementación de la propuesta.

#### **4.1.1 Entrono económico**

Colombia se encuentra en un periodo de recuperación económica luego de experimentar, en 2014, un fuerte choque en términos de intercambio como consecuencia de la caída en el precio internacional del petróleo, el cual a su vez se tradujo en el deterioro de la situación fiscal y externa, devaluación del tipo de cambio, aumento en la inflación y contracción del sector real (Fedesarrollo, 2017). Esto luego de una época de bonanza promovida por el crecimiento económico de China, India y otros países emergentes, en los que la demanda de materias primas fue alta y los precios proporcionales a estas cifras.

Especulaciones en torno a los precios del petróleo, la económica en China y la reserva federal de Estados Unidos, rápidamente devaluaron nuestra moneda con tasas de cambio superiores a los 3.000 pesos por dólar en diferentes momentos. La inflación cambió su dinámica y ascendió rápidamente afectando la mayoría de sectores y cohibiendo el consumo en los hogares, sin embargo, el Banco de la República disminuyó las tasas de interés y reactivó algunos sectores y la confianza de consumidores en general.

Como se observa en la figura 1, la inflación alcanzó su mejor cifra en el 2017, alrededor de julio con 3.4% y aunque tiende al alza se espera que el 2018 sea un año en el que las metas sean moderadas para impulsar nuevamente la economía.

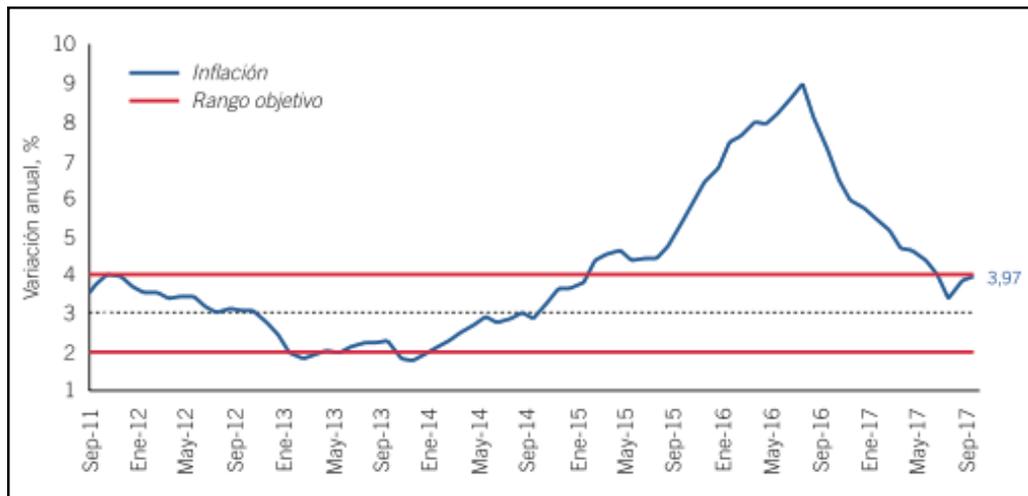


Figura 1. Inflación y rango objetivo del Banco de la República

Fuente: (Fedesarrollo, 2017, p. 17)

Pese a la desaceleración económica evidenciada en los últimos años, en unos 3 puntos porcentuales aproximadamente - **2014: 4.6%**; **2015: 3.1%**; **2016: 2%**; **2017: 1.5%** (estimado) - se espera que en el 2018 sectores como el de infraestructura, agroindustrial, salud y tecnología sean impulsores de la economía a través de la generación de empleos, de la siguiente manera:

- Agroindustria: exportación de flores, café, banano y aguacate
- Infraestructura: proyectos 4G, construcción de vivienda
- Salud: calidad en los profesionales y enfoque al servicio
- Tecnología: servicio en la nube y acompañamiento al conocimiento y habilidades operativas técnicas (Portafolio, 2017c).

Adicional a esto, hay grandes expectativas en que el gasto público crezca moderadamente y se alinee con las finanzas públicas, que la inversión en obras civiles sea dinámica, que se reactiven las exportaciones, que la participación externa alcance un mayor nivel de confianza con la implementación de los acuerdos de paz y que la demanda interna aumente impulsada por las

importaciones (García, Botero, López, Posada, Franco & Hurtado, 2017) y por la restauración de la dinámica industrial manufacturera que se ha visto afectada por diferentes aspectos como lo muestra la figura 2, en la que se evidencia la influencia de factores ya mencionados como consumidores, moneda, materias primas y tasa de interés.



Figura 2. Principales problemas de la industria, Abril 2017 (porcentaje de empresas)

Fuente: (Dinero, 2017b)

Otros factores como la impresión 3D comienzan a mostrar una influencia relativa en la economía, puesto que su uso se ha incrementado en algunos sectores económicos, entre los que se destacan la Medicina, la Arquitectura, transportes, Arte, Diseño y la industria manufacturera, a partir de prototipos que no solo mejoran los procesos de fabricación y los estándares de calidad sino que también reducen los costos al minimizar los errores. Sin embargo, en la misma medida que la impresión 3D es una ventaja, se convierte en una desventaja por estar al alcance de todos con diseños en línea de infinidad de objetos, escáner para replicar todo lo que se desee, impresoras e insumos, lo que disminuye

considerablemente de precio y propicia la aparición de emprendedores informales que pondrán nuevos precios a las cosas.

#### **4.1.2 Entorno político - legal**

El desarrollo de un país puede verse limitado por prácticas corruptas realizadas por funcionarios externos e internos, públicos y privados. Como lo indica la oficina de las naciones unidas contra la droga y el delito (UNODC):

El concepto de corrupción es amplio, incluye soborno, fraude, apropiación indebida u otras formas de desviación de recursos por un funcionario público, pero no es limitado a ello. La corrupción también puede ocurrir en los casos de nepotismo, extorsión, tráfico de influencias, uso indebido de información privilegiada para fines personales y la compra y venta de las decisiones judiciales entre otras varias practicas (ANDI, 2017, p. 290).

Así mismo, Colombia experimenta actos corruptos todo el tiempo en la mayoría de los sectores, algunos de estos ya han sido traspasados y se han convertido en problemáticas sociales, como lo es el caso de la salud. Debido a ello las opciones que se tienen para ser más competentes y crecer económicamente se reducen a una lucha inagotable por erradicarla. En la figura 3 se muestran los sectores más afectados por la corrupción.

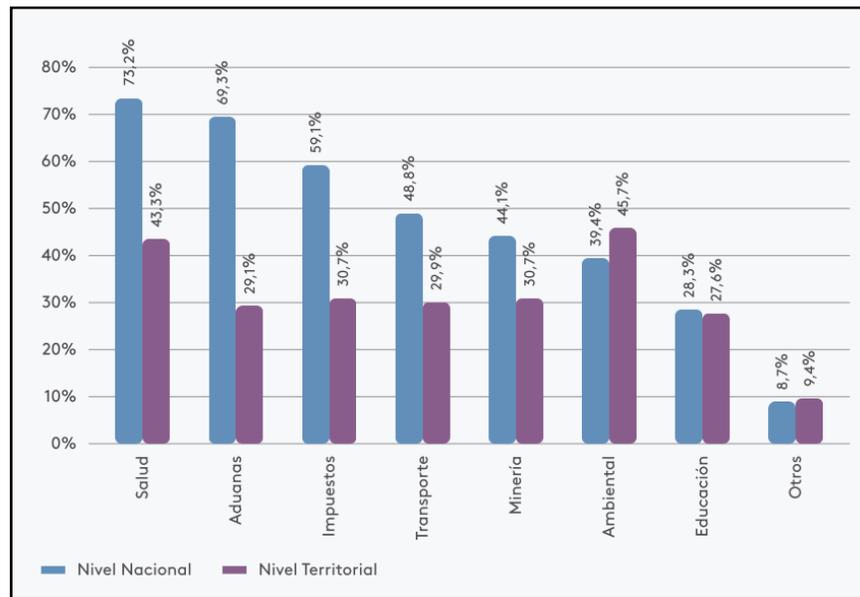


Figura 3. Sectores que han sido más afectados por la corrupción

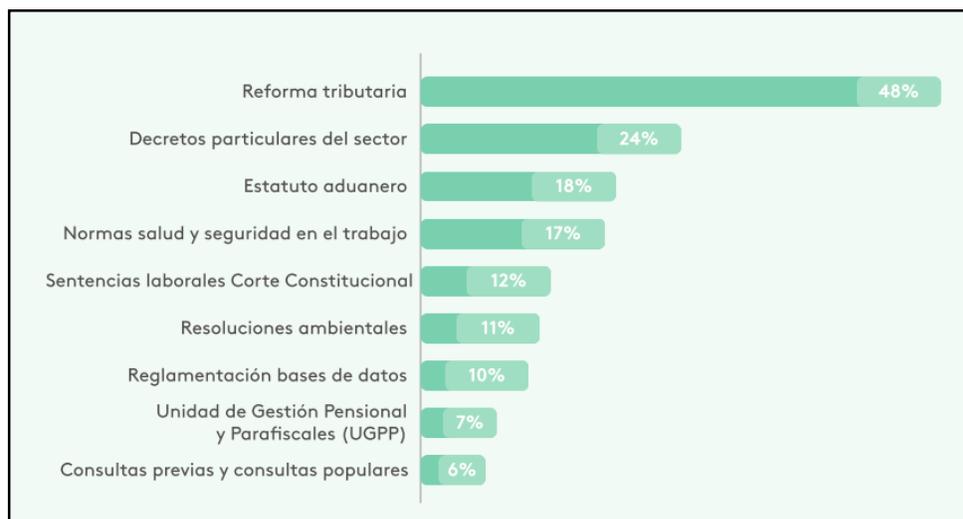
Fuente: (ANDI, 2017, p. 293)

El punto que ha tomado más fuerza para las próximas elecciones presidenciales es sin duda el de la corrupción, con ideas repetitivas e intenciones temporales no podrá evidenciarse un avance si no se toman acciones correctivas reales al respecto, como lo propone la ANDI en su *Estrategia para una nueva industrialización II, Colombia un país de oportunidades*, en el que hace indispensable:

- El aumento de penas
- La disminución de tramites
- Una mayor divulgación de contratos y licitaciones públicas
- Un fortalecimiento del mercado financiero
- Un fortalecimiento de autoridades de control
- La estandarización de modelos de contratación
- El desarrollo de campañas contra el abstencionismo en las elecciones (ANDI, 2017)

El próximo presidente no solo tiene la tarea de continuar la lucha contra la corrupción, también recibirá un país con poca capacidad de endeudamiento, con muchos ministerios y cargos innecesarios, sectores golpeados por las reformas tributarias, un posconflicto costoso y un país polarizado por la paz (Santamaría, 2017) que percibe “los acuerdos como una concesión particular al antiguo grupo armado y no como una oportunidad para transformar las condiciones estructurales que iniciaron y han mantenido el conflicto armado por más de 50 años” (Portafolio, 2017b).

Adicional a esto, en Colombia muchas instituciones se han visto afectadas por la cantidad de normas que se tienen para todo, por las constantes modificaciones que estas sufren y por la falta de control sobre estas, por ejemplo, el sector empresarial ha tenido años difíciles, en parte, por algunos lineamientos, en ocasiones poco objetivos, que reducen sus capacidades. La figura 4 muestra algunos de estas.



*Figura 4.* Cambios normativos que impactan al sector empresarial según grado de incidencia

Fuente: (ANDI, 2017, p. 211)

Colombia con una legislación cambiante e insuficiente en algunos ámbitos, no está preparada para caminar de la mano de países desarrollados que podrían contribuir significativamente en sus procesos económicos y sociales, dado que no suele anticiparse a establecer lineamientos para las nuevas tecnologías y en medio del fortalecimiento de estas, sus esfuerzos por regular su uso termina siendo la causa del fracaso de estas. Es el caso de la impresión 3D, que lleva más de 3 décadas renovándose, no se han establecidos estatutos para su control en temas como propiedad intelectual, derechos de imagen, elementos ilícitos, seguridad de la información y por supuesto en ética.

A continuación se citan algunos estatutos importantes:

- **Ley 9 de 1979:** *por la cual se dictan medidas sanitarias.*
- **Decreto 2811 de 1974:** *por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.*
- **Decreto 1594 de 1984:** *por el cual se reglamenta el uso del agua y residuos líquidos.*
- **Decreto 948 de 1995:** *por el cual se reglamenta la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire.*
- **Decreto 838 de 2005:** *por el cual se especifica la disposición final de residuos sólidos.*
- **Decreto 1299 de 2008:** *por el cual se reglamenta el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial.*
- **Resolución 1045 de 2003:** *por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).*
- **Ley 23 de 1982:** *sobre derechos de autor.*
- **Decreto 614 de 1984:** *por el cual se determinan las bases para la organización y administración de salud ocupacional en el país.*

- **Decreto 1281 de 1994:** por el cual se reglamentan las actividades de alto riesgo.
- **Resolución 2400 de 1979:** por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.
- **Resolución 111 de 2017:** por la cual se definen los estándares mínimos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para empleadores y contratantes.
- **Ley 100 de 1993:** por la cual se crea el sistema de seguridad social integral.
- **Resolución 1995 de 1999:** por la cual se establecen normas para el manejo de la historia clínica.
- **Ley 115 de 1994:** por la que se expide la ley general de educación.
- **Decreto 2566 de 2003:** por el cual se establecen las condiciones mínimas de calidad y demás requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior.
- **Resolución 2772 de 2003:** por la que se definen las características específicas de calidad para los programas de pregrado en ciencias de la salud.
- **Ley 590 de 2000:** por la cual se dictan disposiciones para promover el desarrollo de las micros, pequeñas y medianas empresas.
- **Ley 1474 de 2001:** por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanación de actos de corrupción y la efectividad de la gestión pública.
- **Ley 1014 de 2006:** de fomento a la cultura del emprendimiento.
- **Ley 1762 de 2015:** por medio de la cual se adoptan instrumentos para prevenir, controlar y sancionar el contrabando, el lavado de activos y la evasión fiscal.

- **Ley 1819 de 2016:** *por medio del cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal.*

#### **4.1.3 Entorno tecnológico**

La introducción de diversas tecnologías en los diferentes sectores económicos ha generado una insaciable necesidad de obtener más beneficios de estas, por tanto, cada vez se emplean más recursos económicos y físicos en aprovechar los desarrollos científicos en ámbitos completamente desconocidos, permitiendo a su vez que nuevas tecnologías emerjan y queden al alcance de todos.

Actualmente nos encontramos en una revolución digital en la que muchos sistemas son migrados a plataformas más ágiles y asequibles y en la que términos como realidad virtual, inteligencia artificial, internet de las cosas, informática y/o almacenamiento en la nube, comercio electrónico, y big data (datos a gran escala) toman fuerza pronosticando avances aún más representativos.

Como una mejor forma de hacer las cosas, “la innovación se ha convertido en el motor de la productividad y la competitividad de las empresas. Una empresa innovadora logra mayor sofisticación en su producción, mayores tasas de inversión y en consecuencia, mayores crecimientos” (ANDI, 2017, p. 10). Es así como la impresión 3D es objeto de múltiples estudios que apuntan a mecanismos más eficientes y procesos eficaces, también la inclusión de nuevas materias primas y la obtención de una gama más amplia de productos, hacen de esta un campo en crecimiento y del que aún quedan muchas opciones por explorar.

Como lo muestra el ciclo de expectación presentado por Gartner en 2017, en la figura 5 acerca de la impresión 3D, durante los próximos 10 años esta tecnología

se expandirá aún más y se renovará para estabilizarse y posicionarse como una forma óptima de producir las cosas, siendo esta una tecnología innovadora por excelencia, al ser aplicable en casi todos los campos y ser objeto de investigación también en los restantes, se pronostica mejoras en tiempos de impresión, disminución de precios de adquisición, amplitud en gama de materiales e insumos, sofisticación de procedimientos, compatibilidad con diversos sistemas, entre muchas mejoras que se están empezando a gestar para optimizar su aplicaciones.

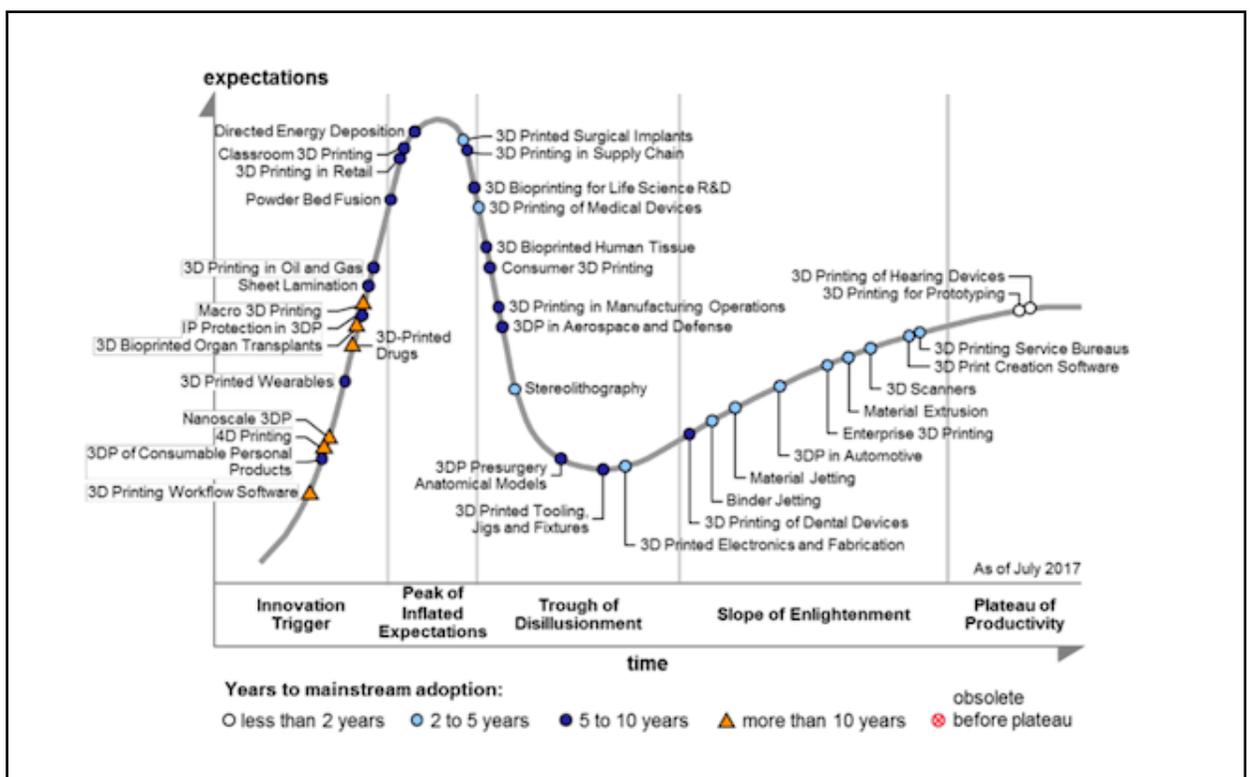


Figura 5. Curva Gartner impresión 3D

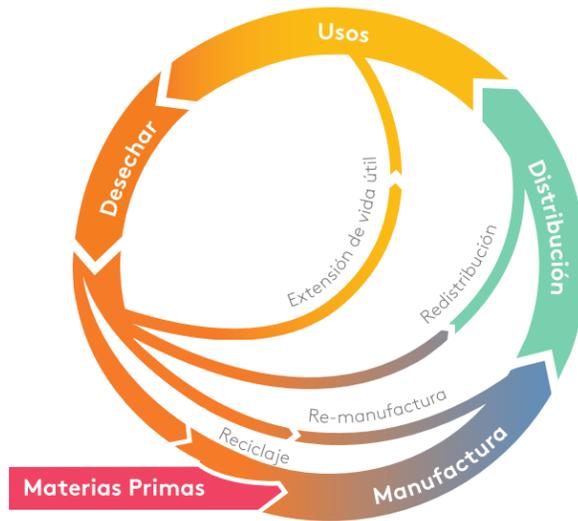
Fuente: (3D Native, 2017)

#### **4.1.4 Entorno ambiental**

En medio de una situación ambiental preocupante, de temperaturas atmosféricas elevadas, reducción de glaciales, aumento de gases de efecto invernadero y reducción de recursos naturales, resuena el concepto de sostenibilidad, dirigido a:

Mantener un patrimonio natural suficiente que permita el desarrollo económico y social dentro de la capacidad productiva del planeta. Mediante dicha sostenibilidad se busca aumentar el bienestar humano, protegiendo los ciclos vitales del oxígeno, el agua y los nutrientes, así como las fuentes de materias primas utilizadas y asegurando los sumideros de residuos (CEPAL, 2015, p. 13-14).

El entorno ambiental se ha promovido alrededor del mundo por algunas organizaciones interesadas en mitigar los efectos del cambio climático y la degradación de los ecosistemas, a través de campañas de sensibilización y de la implementación de una economía circular, que consiste en un mejor aprovechamiento de materias primas e insumos con acciones concretas, como el reciclaje, re-manufacturación, redistribución, y extensión de su vida útil como se muestra en la figura 6.



*Figura 6. Economía circular*

Fuente:(ANDI, 2017, p. 15)

De esta manera surgen a nivel local lineamientos precisos para incentivar en las empresas el uso de buenas prácticas de manufactura y de disposición final responsable de elementos en general y en los hogares un consumo y una disposición final adecuada, con el fin de reducir la huella ambiental. Específicamente, la industria transformadora de polímeros cuenta con programas regulatorios que velan por el aprovechamiento de recursos y el cumplimiento de la normatividad ambiental, lo que en ocasiones implica sobrecostos, pero que en el largo plazo tendrá efectos positivos para todos.

Y aunque la impresión 3D sigue generando dudas en cuanto a qué tan amigable es con el medio ambiente por el gasto de energía de las impresoras, las emisiones de gases de sus procesos, la disposición final de los residuos de polímeros y resinas y el uso, aprovechamiento y fin de sus productos, esta es una tecnología que puede alinearse y controlarse ambientalmente en la medida que nuevas investigaciones se enfoquen en optimizar los principios físicos que la fundamentan y en incluir materiales con un menor impacto ambiental.

#### **4.1.5 Entorno socio – cultural**

Firmado el acuerdo de paz y a la espera de que otros grupos al margen de la ley se sumen a esta iniciativa, el país se prepara para la implementación de este y para los beneficios que implica “construir una sociedad más equitativa, democrática y justa en especial con los habitantes rurales quienes sufrieron de primera mano este conflicto armado” (Portafolio, 2017b). También se prepara para el reintegro de los desmovilizados a la sociedad y su participación como ciudadanos en la política, la economía, el empleo, y la educación, algo que tienen al país dividido, pero con la expectativa de que sea algo transparente para que la paz sea una realidad.

Con un conflicto armado debilitado y con muchas operaciones ejecutadas para que otros grupos delictivos no se fortalezcan, la situación en Venezuela empeora y muchos han salido de allí masivamente hacia Colombia, generando preocupación porque el país no está preparado para un número tan alto de inmigrantes debido a que no hay políticas migratorias claras y generaría costos humanitarios, desplazaría usuarios locales del sistema de salud y del mercado laboral que para noviembre de 2017 ya había aumentado a 8.4%, 0.9 puntos porcentuales con respecto al mismo mes de 2016, sin embargo, “bajo la legalidad puede tener una influencia positiva en la economía por la contribución de impuestos y por los cambios sociales que en si genera” (Portafolio, 2017a).

La problemática en salud es quizás una de las más mencionadas por temas de corrupción y un evidente desequilibrio entre las necesidades, el servicio y los recursos (Galán S., 2017). El sector tiene un déficit presupuestal alrededor de 7.1 billones de pesos como deuda a los hospitales y clínicas y la cartera en mora es de 6.3%, por glosas que superan el 30% de los servicios facturados (Nieto, 2017). Sin embargo, destinar recursos económicos no es la solución definitiva, quizás sea necesario pensar en una mejor gestión del sector y en:

- Mejorar la eficiencia y asignación de recursos
- Progresar en términos de regulación y fiscalización del sector
- Avanzar en términos como la infraestructura y un enfoque preventivo de las enfermedades (ANDI, 2017, p. 311)

Actualmente, estudiantes y profesionales del área de la salud están preocupados por las condiciones laborales que la crisis está proporcionando, en especial por la inestabilidad financiera del sector salud. No obstante, las instituciones de educación superior siguen fortaleciendo sus programas, acreditándolos y estableciendo mejores convenios con clínicas y hospitales. Por parte del Estado y del Ministerio de Educación los esfuerzos se enfocan en “cerrar las brechas existentes en términos de participación y mejorar la calidad de la educación para todos” (Mineducación & OECD, 2016, p. 15), lo cual se ha logrado a partir de nuevas políticas, priorización del sistema educativo, llegar a los lugares más lejanos del país y a las personas menos favorecidas a través de programas y becas.

Por otro lado, la mano de obra especializada ha sido el soporte de la industria y otros sectores económicos de los cuales han surgido emprendimientos menores que han llegado a ser de gran influencia para el país y su economía, pese a formarse en condiciones financieras y tributarias desfavorables. Aun así “Colombia sigue siendo el tercer país del mundo y el primero en Latinoamérica con el mayor porcentaje de empresarios intencionales”(Dinero, 2017a). De hecho están surgiendo algunos emprendimientos fundamentados en la impresión 3D, que de manera local están resolviendo problemas menores y mejorando la forma en que se ven y se hacen las cosas, logrando que las impresoras 3D y sus productos cada vez sean más comunes y útiles para todos.

## 4.2 Estudio de mercado

Este estudio se completó a partir de la aplicación de un cuestionario (Anexo 1) a 129 estudiantes de Medicina de los 4 primeros semestres académicos de las facultades de Medicina de la Corporación Universitaria Remington, Universidad CES, Universidad de Antioquia, Universidad Cooperativa de Colombia y de la Universidad Pontificia Bolivariana con sedes en Medellín y se realizó con el fin de conocer la percepción de estos estudiantes acerca de la impresión 3D de modelos anatómicos.

Este cuestionario se realizó vía redes sociales, correo electrónico y presencialmente en áreas comunes de estas universidades y se definió el tamaño de la muestra a partir del promedio de estudiantes cursando los cuatro primeros semestres de las universidades mencionadas, puesto que en este nivel es cuando reciben ciencias básicas como anatomía y morfología, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Promedio de estudiantes de ciencias básicas de las facultades de Medicina en Medellín

<b>Universidad</b>	<b>Estudiantes por Semestre</b>	<b>Estudiantes Ciencias Básicas</b>
Corporación Universitaria Remington	60	240
Universidad Cooperativa de Colombia	90	360
Universidad de Antioquia	120	480
Universidad CES	100	400
Universidad Pontificia Bolivariana	60	240
<b>Total</b>	<b>430</b>	<b>1720</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Y con la fórmula:

$$n = \frac{K^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + K^2 * p * q}$$

Se calcula el tamaño de la muestra como se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Tamaño de la muestra

<b>Variable/ Constante</b>	<b>Valor</b>	<b>Definición</b>
<i>N</i>	1720	Tamaño de la población
<i>K</i>	1,65	Constante dependiente del nivel de confianza (90%)
<i>p</i>	0,5	Proporción de la población con la característica a medir
<i>q</i>	0,5	Proporción de la población sin la característica a medir
<i>e</i>	7%	Error muestral deseado
<b><i>n</i></b>	<b>129</b>	<b>Tamaño de la muestra</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Adicionalmente se recurre a fuentes secundarias, como literatura especializada, expertos y páginas web para profundizar en algunos conceptos que articulan este estudio.

#### **4.2.1 Producto**

Los modelos anatómicos impresos en 3D, aún son un campo poco explorado en Medellín, por lo que era importante conocer las preferencias de los estudiantes, tanto académica como comercialmente y las especificaciones más importantes a la hora de escoger y adquirir un modelos anatómico de este tipo.

#### **4.2.1.1 Consumidor**

Los modelos anatómicos son una fiel representación del cuerpo humano, o de una porción específica de este, se usan por lo general, para el estudio de sus órganos y sistemas en materias como anatomía y morfología en diferentes áreas de la salud, son complementarios a la disección de cadáveres y útiles para establecer representaciones visuales de la parte observada.

Aunque el uso de cadáveres es la herramienta por excelencia en la enseñanza del cuerpo humano, esta se ha visto limitada por la disponibilidad de cadáveres con fines científicos debido a las regulaciones actuales en el manejo de cuerpos sin vida. Pese al buen manejo que se les da en los laboratorios, logrando su conservación por muchos años, su mantenimiento los deteriora cambiando su estructura a través del tiempo e impidiendo profundizar en algunas regiones de interés.

En parte esto ha impulsado el desarrollo de otras herramientas como modelos anatómicos y aplicaciones de realidad virtual a las que se puede acceder fácilmente a través de páginas web y en supermercados de cadena. Sin embargo, estas son estandarizadas y con poco nivel de detalle.

En el gráfico 1 se evidencia esto, la herramienta más completa para los estudiantes de Medicina son los cadáveres, con un 37% de aceptación; seguido de los modelos anatómicos, con un 31%, una diferencia poco marcada y condicionada por otras que están en proceso de fortalecimiento como las ayudas digitales/virtuales con un 22%.



*Gráfico 1. Herramientas utilizadas en el estudio del cuerpo humano*  
 Fuente: *Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado*  
 (Anexo 1)

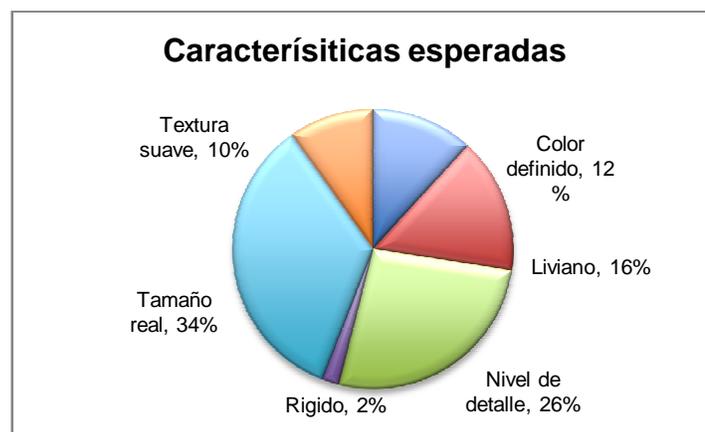
Específicamente el 98% de los encuestados manifiesta que los modelos anatómicos impresos en 3D son una buena alternativa para el estudio del cuerpo humano, como se puede ver en el gráfico 2, lo que supone un conocimiento previo de estos.



*Gráfico 2. Modelos anatómicos impresos en 3D como herramienta complementaria en el estudio del cuerpo humano*  
 Fuente: *Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado*  
 (Anexo 1)

Este interés podría estar condicionado por la dependencia económica que tienen los estudiantes a sus padres, lo que supondría un estudio de mercado más profundo, sin embargo, conocer las necesidades reales a resolver y las características a conservar en el producto fue una prioridad en este estudio.

Por ejemplo, que estos modelos conserven el tamaño real del órgano, sin omisiones ni exageraciones tiene un 34% de prioridad a la hora de escoger un modelo, un 26% el nivel de detalle para identificar con mayor exactitud las estructuras, como se observa en el gráfico 3 y repartido en proporciones similares que sea liviano, de textura suave y color definido, son algunas de las especificaciones que lograrían captar la atención de estos estudiantes y activar el consumo de estas piezas.

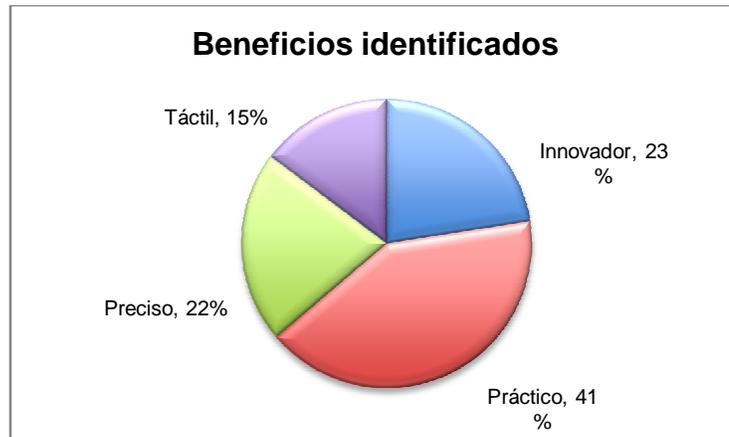


**Gráfico 3.** Características que deben tener los modelos anatómicos impresos en 3D

Fuente: *Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado (Anexo 1)*

También es importante la percepción que tengan del producto en cuanto a que más allá de ser innovador, sea práctico como se evidenció en el cuestionario con un 41%, así no solo llamará la atención por ser novedoso, sino porque ayuda a resolver algunas de sus necesidades actuales frente a los diferentes métodos a

los que tienen acceso parcialmente, por ser de uso exclusivo en las instalaciones de la universidad, como aplicaciones virtuales, cadáveres y otros modelos anatómicos. Otro de los beneficios reconocidos por los encuestados y relacionado en el gráfico 4, es la precisión que pueden llegar a tener.



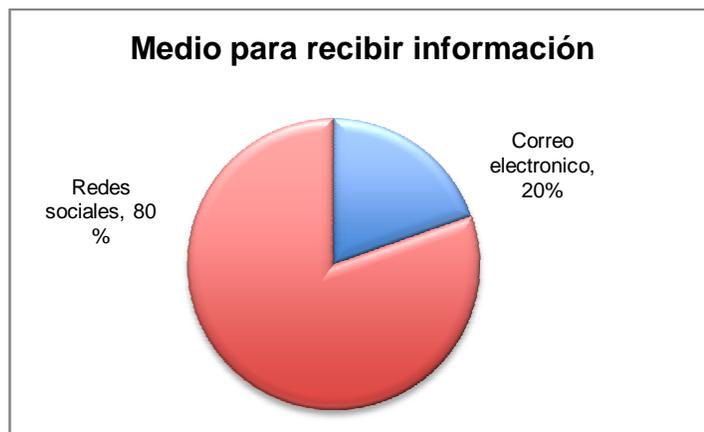
*Gráfico 4. Beneficios encontrados en los modelos anatómicos impresos en 3D*  
Fuente: *Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado*  
(Anexo 1)

Se podría pensar que al momento de comprar un producto, verlo y tocarlo generaría mayor tranquilidad, pero para este grupo de estudiantes comprar por internet es más práctico, con un 86% de aceptación, como se muestra en el gráfico 5, quizás por ser tendencia este tipo de comercio y por las facilidades que en sí genera el no desplazamiento a sitio.



*Gráfico 5.* Lugar de preferencia para la compra de los modelos anatómicos en 3D  
 Fuente: *Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado*  
 (Anexo 1)

Bajo la misma tendencia están sus preferencias, para conocer más acerca del producto, ya sea de manera comercial o informativa a través de redes sociales con un 80% o correo electrónico como únicas alternativas como se muestra en el gráfico 6.



*Gráfico 6.* Medio preferido para recibir información de los modelos anatómicos impresos en 3D  
 Fuente: *Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado*  
 (Anexo 1)

#### 4.2.1.2 Características

Un modelo anatómico convencional tiene un proceso de fabricación con moldes y resinas de polímero plástico, sometidas a altas temperaturas, ensamble de piezas y acabados artísticos en cadenas de producción rentables, mientras que un modelo anatómico impreso en 3D tiene un proceso de fabricación lento y costoso por la tecnología utilizada, el modelado manual en un software específico, impresión de pieza por pieza a velocidades limitadas y una terminación detallada.

Existen muchas impresoras 3D en el mercado que operan bajo diferentes mecanismos y diferentes materiales, ambos son importados pero comercializados por diferentes empresas especializadas en estas tecnologías. Algunas de estas son representantes exclusivos de las marcas, por lo que tienen un servicio más completo y en algunos casos personalizado, pero con costos adicionales. Los precios de venta incluyen impuestos, documentación vigente y gastos de envío.

Los insumos requeridos para el proceso de impresión varían de acuerdo a las características y el acabado deseado. A continuación se citan los más útiles para la impresión de modelos anatómicos:

- Filamentos PLA: biodegradable, frágil y de poca resistencia térmica, comúnmente utilizado para impresiones decorativas.
- Filamentos ABS: procedente del petróleo, muy resistente térmica y mecánicamente, especialmente utilizado para elaboración de prototipos y algunas piezas decorativas.

- Filamentos TPE: reciclable, de textura suave, con alta resistencia mecánica, baja resistencia térmica y química, entre sus usos más comunes están la impresión de elementos decorativos y de protección.
- Resinas plásticas: sensible a la luz, resistencia al agua, útil para elaboración de prototipos.

Otro insumo importante es el volumen del órgano que se va a imprimir, este se obtiene en bases de datos de imágenes adquiridas por tomografía o resonancia. Algunas de estas bases de datos son de libre acceso en internet o en centros de diagnóstico médico, donde a partir de un estudio se segmentaría el órgano requerido por medio de software especializado.

Los acabados son manuales, con elementos de fácil acceso en tiendas de cadena y serían básicamente para pulir, limpiar y resaltar sus detalles más importantes.

#### **4.2.1.3 Otros productos**

Una de las dificultades más grandes para la implementación de este proyecto son los productos complementarios y sustitutos, específicamente por los bajos costos que tienen a la hora de adquirirlos y la facilidad de acceso a través de diferentes medios como se describe en la tabla 5.

Tabla 5. Productos complementarios y sustitutos

Producto	Descripción	Características
Complementario	Cadáver	Gestión a través de Medicina Legal Normatividad estricta Poca disponibilidad Alta durabilidad Mantenimiento constante Estudio de cuerpo completo
	Ayuda impresa (libro)	Mucha oferta Precios asequibles Estudio de cuerpo completo Herramienta detalla
	Ayuda digital/virtual	Fácil acceso a bases de datos y atlas en la web (gratis) Aplicaciones virtuales como mesas de disección y apps, con acceso limitado (costoso) Estudio de cuerpo completo Fuentes ilimitadas
Sustituto	Modelo anatómico	Mucha oferta (tiendas de cadena, internet) Precios muy bajos Diferentes grados de exactitud Modular (órganos o cuerpo completo) Procesos de fabricación estandarizados y rápidos

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.2.2 Demanda

Para efectos prácticos de la investigación, la muestra se enfocó solo en estudiantes de Medicina del ciclo básico, sin embargo otros programas de educación superior como enfermería, odontología e ingeniería biomédica y sus respectivos posgrados pueden ser compradores potenciales, además de las

universidades del área de la salud y profesionales que deseen darle un plus a sus servicios y mejorar sus intervenciones quirúrgicas, como ya se ha mencionado.

En los próximos gráficos se puede observar la intención de compra de los estudiantes para tener una idea previa del comportamiento del mercado con respecto a estos. En el gráfico 7 se ve como el 79% de los estudiantes que hicieron parte de este estudio, comprarían un modelo anatómico impreso en 3D y el 21% restante manifiesta que no lo haría por preferir otros métodos y por el precio de estos modelos con un 41% y 26% de frecuencia respectivamente como se registra en el gráfico 8.



*Gráfico 7. Aceptación de los modelos anatómicos en 3D*  
*Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado*  
*(Anexo 1)*



*Gráfico 8. Causas de no aceptación de los modelos anatómicos en 3D*

*Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado*

*(Anexo 1)*

A pesar de que cada semestre entra un número igual de estudiantes, la aceptación está por debajo del 80% y se hace necesario acudir a buenas estrategias comerciales y de promoción para incentivar el consumo y lograr una permanencia en el tiempo, con nuevos y mejores desarrollos, ya sean propios del proyecto o del medio mientras se fortalece el uso de estas tecnologías.

#### **4.2.3 Oferta**

Es una necesidad tener un buen entrenamiento médico a partir de sus ciencias básicas pero no es una necesidad hacerlo a través de una herramienta como los modelos anatómicos impresos en 3D. Esto claramente restringe el buen desempeño del proyecto y la oferta debe ser más prudente de lo deseado y esperado para la inversión realizada, además de que se entra a competir con diferentes apuestas comerciales fundamentadas en tecnologías de impresión 3D, como se resume en la tabla 6, con centros de diagnóstico médico y casas

productoras de dispositivos e insumos médicos, que podrían estar proyectándose hacia la impresión 3D.

Tabla 6. Empresas con tecnología de impresión 3D

<b>Empresa</b>	<b>Servicio</b>	<b>Ciudad</b>
Solid Print 3D	Modelado Impresión	Medellín
3D Diseño	Modelado Impresión	Medellín
i3D - Ingeniería 3D	Modelado Impresión	Medellín
Universo 3D	Modelado Impresión Venta de impresoras e insumos	Medellín
Ideas 3D	Modelado Impresión Venta de impresoras e insumos	Medellín
Grupo Abstract Representante 3D System	Modelado Impresión Venta de impresoras e insumos	Bogotá
Protolab 3D	Modelado Impresión Venta de impresoras e insumos	Medellín
Prototype 3D	Modelado Impresión Venta de impresoras e insumos	Bogotá
Print 3D Colombia	Modelado Impresión Venta de impresoras e insumos	Bucaramanga

DME 3D	Modelado Impresión biomédica	Medellín
Industrias Médicas Sampedro	Modelado Impresión biomédica	Medellín
Soloinnove	Modelado Impresión biomédica Venta de impresoras e insumos	Bogotá
Imocom	Modelado Impresión biomédica Venta de impresoras e insumos	Medellín
USM Colombia Representante de Stratasys	Modelado Impresión biomédica Venta de impresoras e insumos	Medellín
Materialise	Modelado Impresión biomédica Venta de impresoras e insumos	Medellín
Seizo	Venta de impresoras e insumos	Bogotá
Make-R	Venta de impresoras e insumos	Barranquilla

*Fuente:* Elaboración propia

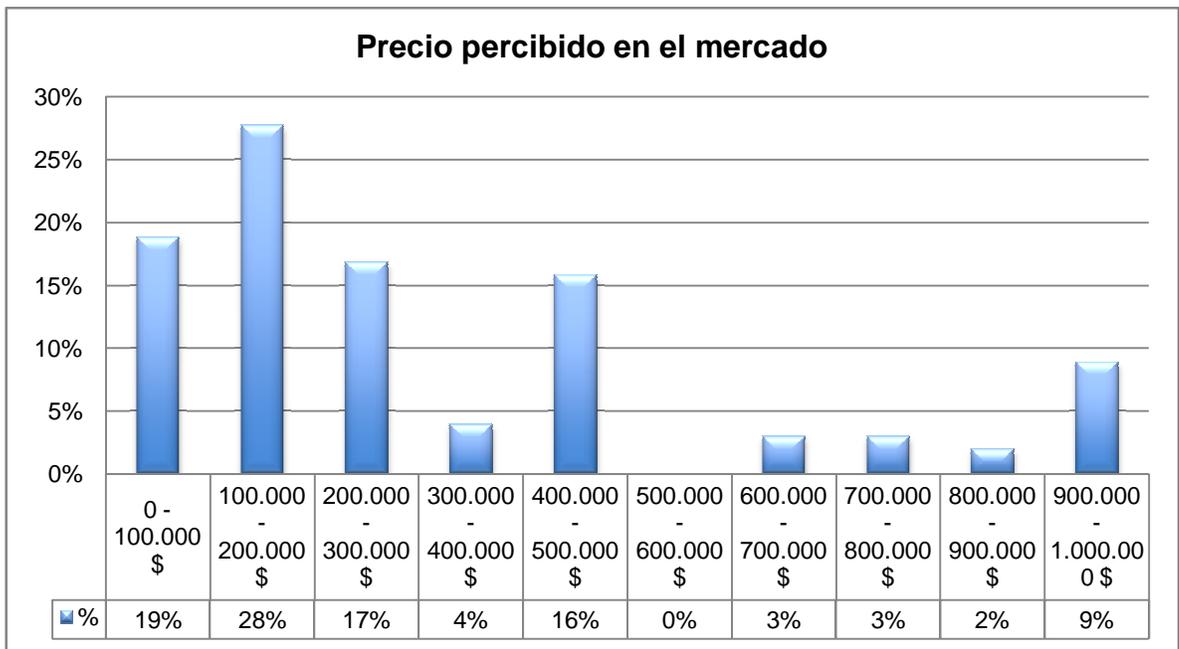
En este estudio no se define la oferta en términos de producción, porque no sería satisfecha por sondeos realizados con los proveedores anteriores, en donde los costos son altos por unidad demandada, lo que significa que de la misma forma que para ellos, este no podría ser el core del negocio y deberá pensarse como una unidad adicional en una compañía ya establecida para reducir gastos y tener precios más competitivos.

#### **4.2.4 Precio**

En Colombia no existe una empresa dedicada a la impresión 3D de modelos anatómicos, existen algunas que han incluido esta tecnología para la impresión de accesorios y prototipos industriales. También empiezan a sumarse al sector salud con la impresión de estos modelos bajo demanda y específicamente para planificación de cirugías de media y alta complejidad.

Se revisaron varios precios de proveedores diferentes con piezas similares a los modelos anatómicos y su valor en algunos casos excedía los \$200.000, en algunos casos sin los acabados adecuados. Y con tiempos de entregas entre 2 y 3 días.

Los estudiantes que contestaron el cuestionario compartieron su percepción acerca del valor comercial que un modelo anatómico impreso en 3D podría tener. El 47% de ellos dijo que podría ser hasta \$200.000. La percepción es variable, como muestra el gráfico 9, pero la mayoría se ubican en un rango bajo que condiciona aún más la oferta.

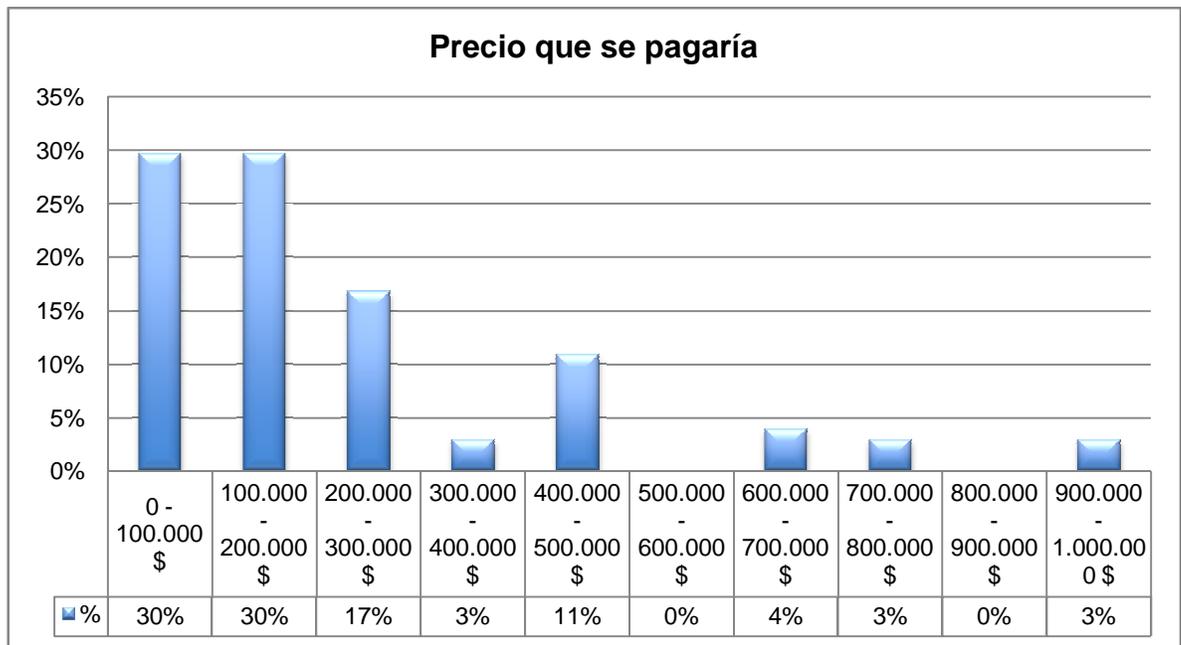


**Gráfico 9: Precio percibido de venta de los modelos anatómicos en 3D**

Fuente: *Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado*

(Anexo 1)

Tratando de ser más exactos, indagamos el precio que realmente pagarían por un modelo impreso en 3D y como se registra en el gráfico 10, el 60% no pagaría más de \$200.000, de hecho la mitad de esa proporción pagaría menos de \$100.000, un precio difícil de conseguir con la tecnología 3D requerida.



*Gráfico 10: Precio de compra que estaría dispuesto a pagar*

*Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados del cuestionario aplicado*

*(Anexo 1)*

Como no existen indicadores ni bibliografía explícita con el procedimiento de impresión 3D de modelos anatómicos, es necesario incluir en el proyecto una etapa de pruebas y ensayos basado en el medio y en la intención de compra de la muestra. Además, es importante que se extienda el alcance del proyecto a otras modalidades como las quirúrgicas para que la inversión tenga sentido y se pueda sostener en el tiempo.

#### **4.2.5 Comercialización**

La unidad de negocio que se propone debe sumarse a la estrategia comercial de la empresa, pero con una participación activa en redes sociales y un lugar específico dentro de su página web como una solución y un valor agregado al core real del negocio, como el existente en centros de diagnóstico médico, casas

productoras de dispositivos e insumos médicos y centros de impresión 3D, que tienen una infraestructura ya establecida, expandible y sustentable por su estructura organizacional. De esta manera la inversión estaría enfocada en la tecnología requerida para esta nueva unidad.

Una de las estrategias principales podría ser fidelizar los usuarios actuales, por tanto se debe recurrir al voz a voz para promocionar la nueva unidad y sus servicios, esto se complementa en redes sociales y en eventos estratégicos del sector con publicidad, además en la página web de la compañía en la que se crearía un link llamativo y exclusivo para que otros usuarios conozcan el producto/servicio y se hace presencia en instituciones educativas para aprovechar el mercado potencial de la academia.

Es importante que la nueva unidad esté ubicada dentro de la compañía o muy cerca de esta para aprovechar los diferentes recursos de esta. El área requerida puede alcanzar los 60 m<sup>2</sup> para distribuir el área administrativa y comercial, recepción y almacenamiento de insumos, ingeniería e impresión y terminación y distribución.

### **4.3 Estudio técnico y ambiental**

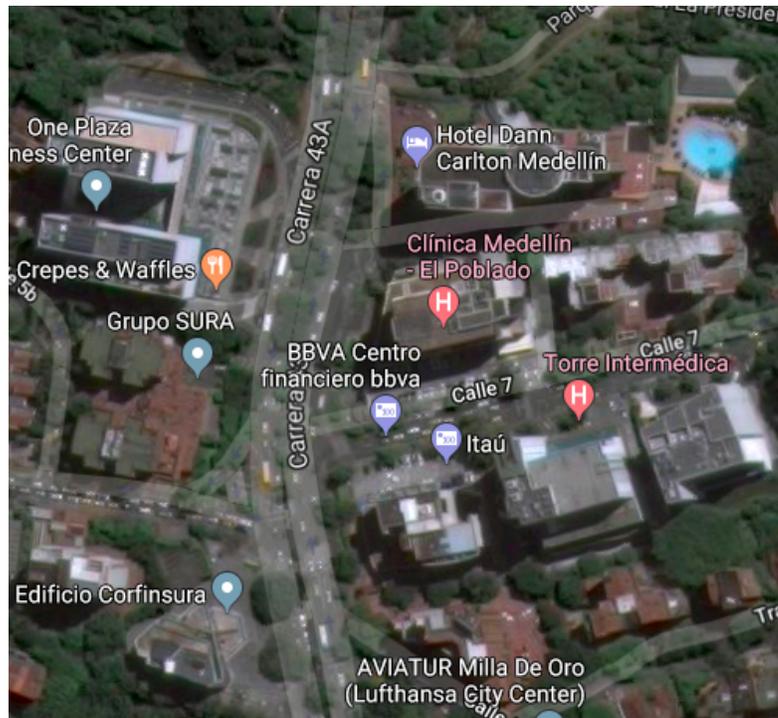
En este estudio se establecen las principales características de operación como ubicación, dimensión, capacidad, procedimiento, algunos requerimientos en cuanto a mano de obra, tecnología, otras alternativas de funcionamiento y el impacto ambiental por ser moderado para este proyecto.

### **4.3.1 Localización**

La implementación de este proyecto tiene sede en Medellín, donde se realizó el estudio de mercado. Esta es una plaza reconocida por la calidad de sus instituciones prestadoras de salud y por la excelencia de los programas académicos en ciencias de la salud. Además es una ciudad comercialmente activa en la que se pueden realizar transacciones de cualquier tipo, obteniendo las mejores ventajas en cuanto a precios, transporte y créditos, entre otras.

También se destaca por los servicios públicos que ofrece a la comunidad en las diferentes comunas y estratos sociales, por su sistema de transporte público, por la calidad de sus vías y el acceso a otras ciudades y por los múltiples esfuerzos que hace su gente por destacarse en diferentes campos. Cuenta con un clima agradable que no altera ninguna variable del proyecto, no está ubicada en zona de alto riesgo ni ha sido vulnerable a desastres naturales, dispone de mano de obra calificada y de diferentes centros de innovación e investigación, que a mediano y largo plazo podrían enriquecer el proyecto y proporcionar alianzas estratégicas para mejores resultados.

Pese a tener componentes industriales, no es necesario ubicarla en una zona industrial, ya que no es una actividad que genere ruido, olores y vapores en exceso, desechos peligrosos ni uso de maquinaria pesada que demande una instalación especial o que genere vibraciones; depende más de las facilidades que quiera tener la empresa con esta nueva unidad. Por tanto, se propone el sector del Poblado, figura 7, cerca de la Clínica Medellín. En este sector están algunos de los proveedores de materiales e insumos y varias torres médicas, además como la estrategia de comercialización es vía internet, desde allí se tiene fácil acceso a otras zonas de la ciudad.



*Figura 7. Localización óptima*

Fuente: *Barrio el Poblado, sector Clínica Medellín* (Google maps, 2018)

### **4.3.2 Tamaño**

La impresión 3D de modelos anatómicos, no se hará en serie ni en masa por las limitantes evidenciadas en el estudio de mercado y aunque no se abandona la idea inicial de elaborar estos modelos para la academia, su implementación es posible si se incluyen modelos anatómicos para intervenciones quirúrgicas de alta complejidad en las que se requiere un modelo personalizado y no estandarizado como método de planificación y mitigación de riesgos durante el procedimiento. Como la idea es combinar las dos actividades, los modelos anatómicos impresos en 3D para la academia y con características más sencillas que las deseadas por la muestra, se hará bajo demanda.

Se concluye entonces que este proyecto es pequeño, con posibilidades de crecimiento lento debido a las irregularidades en el sistema de salud actual, por la dependencia económica de la población objetivo y por las ventajas halladas en los productos complementarios y sustitutos. Otros factores que determinan su tamaño es la mano de obra especializada para los procedimientos requeridos en la impresión de estos modelos, específicamente en la segmentación o modelado de los órganos, actividad meticulosa y lenta y por las bajas velocidades de impresión de la tecnología 3D. También la competencia condiciona la magnitud de la implementación, por lo que es indispensable conocer que la rentabilidad para este tipo de propuesta, podría venir de la mano de otros servicios.

Por tratarse de un proyecto nuevo se requiere una inversión inicial en forma de crédito para las adecuaciones iniciales, dotación del área, adquisición de tecnología y primer lote de insumos. Es necesario hacer un reajuste en las tarifas de los productos o servicios existentes o establecer otras estrategias comerciales como la de idealización de usuarios.

La capacidad diseñada depende del ingeniero que inicia el proceso, este debe disponer de 3 horas aproximadamente para realizar la segmentación del órgano, suponiendo unas 70 unidades por mes y de la impresora que se ponga a disposición para continuar el procedimiento que tardan horas en imprimir una sola pieza, para unas 35 piezas al mes, de acuerdo con las especificaciones requeridas de calidad y complejidad. Así se necesitarían 2 impresoras para darle continuidad a la cadena que inicia el ingeniero.

#### **4.3.3 Proceso**

El proceso de impresión 3D de modelos anatómicos se describe en la tabla 7.

Tabla 7. Proceso productivo para la impresión 3D de modelos anatómicos

Actividad	Procedimiento	Descripción	Responsable
Adquisición	<p>1. Obtención de imagen radiológica.</p> <p>2. Pre-posprocesamiento.</p> <p><b>- Esta actividad no necesariamente es realizada por la empresa que implementa el proyecto, puede ser entregada por el solicitante.</b></p>	<p>1. Se obtiene imagen deseada en resonador o tomógrafo.</p> <p>2. Se guarda imagen en formato <i>DICOM</i> (<i>digital Imaging and Communication in Medicine</i>) para pre-posprocesamiento en software biomédico.</p> <p>3. Se obtienen volumétricos a través de las herramientas y logaritmos del software.</p> <p>4. Se guarda volumétrico en formato DICOM.</p> <p>5. Se entrega al paciente, médico referente, empresa o área de impresión 3D.</p> <p><b>-Tiempo estimado: 2 días hábiles a partir de la adquisición de la imagen radiológica, según ocupación del centro diagnóstico, protocolo, tecnología empleada y entrenamiento de quien realiza el pos-proceso.</b></p>	Centro de imágenes diagnósticas
Segmentación	<p>1. Separación de la región de interés.</p> <p>2. Conversión a</p>	<p>1. Se define la región de interés, de acuerdo a la solicitud.</p>	Ingeniero biomédico

	<p>formato <i>STL (Standard Tessellation Language)</i>.</p>	<p>2. Se extrae digitalmente el órgano a través de las herramientas y logaritmos del software biomédico para tal fin.</p> <p>3. Se suavizan bordes y superficies del órgano, corrigiendo errores propios de la adquisición.</p> <p>4. Se guarda la segmentación en formato STL.</p> <p><b>-Tiempo estimado: 3 horas por órgano, según entrenamiento de quien realiza la segmentación y tecnología empleada.</b></p>	
Impresión	<p>1. Parametrización la impresora .</p> <p>2. Acondicionamiento de la impresora.</p> <p>3. Impresión y seguimiento.</p>	<p>1. Se definen las características del modelo anatómico, de acuerdo a la solicitud, esto en cuanto a tamaño, textura, nivel de detalle y color.</p> <p>2. Se selecciona la impresora y el material que cumplan con las características deseadas.</p> <p>3. Se carga el formato STL en el software de la impresora.</p> <p>4. Se parametriza la impresora con respecto a</p>	Técnico en diseño industrial

		<p>espesor de capa, velocidad, temperatura, relleno, soporte y ventilación.</p> <p>5. Se calibra la impresora.</p> <p>6. Se carga el material.</p> <p>7. Se activa impresión y se revisa el proceso varias veces durante el proceso para validar su buen funcionamiento y la calidad del modelo.</p> <p><b><i>-Tiempo estimado: 3 y 8 horas por órgano, según parametrización, volumen y nivel de detalle requerido.</i></b></p>	
Tenminación	<p>1. Limpieza del modelo.</p> <p>2. Acabado final.</p> <p>3. Empaque.</p>	<p>1. Se retira el modelo de la impresora y se limpia con abundante agua.</p> <p>2. Se pule el modelo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vapor de acetona (modelos en ABC)</li> <li>• Resina epóxica (modelos en PLA)</li> <li>• Lija, motortool, elementos cortantes (todos los materiales).</li> </ul> <p>3. Se realiza acabado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Laca</li> <li>• Pintura</li> </ul>	Técnico en diseño industrial

		<p>acrilica/epoxica.</p> <p>4. Se empaqueta en bolsas de papel.</p> <p><b>-Tiempo estimado: 4 horas según capacidad de la impresora y nivel de detalle en acabados.</b></p>	
--	--	---	--

Fuente: Elaboración propia

En el proceso anterior no se menciona ni la solicitud ni la entrega al solicitante, por ser una actividad que varía según las características de la empresa, sin embargo en figura 8 se incluyen con el fin de mostrar el proceso completo.

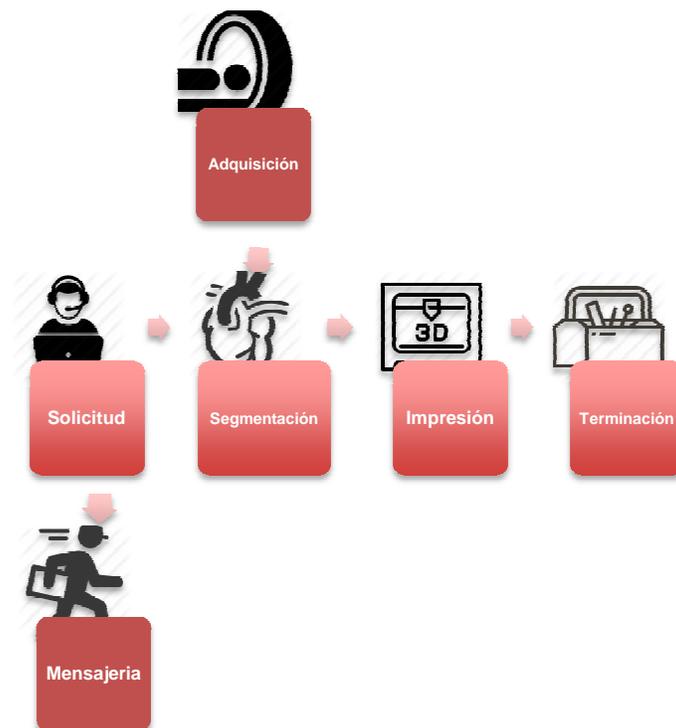


Figura 8. Proceso para la impresión 3D de modelos anatómicos

Fuente: *Elaboración propia*

Consecuente con esto la planta estaría distribuida así:

- Área administrativa: inicio del proceso con la **solicitud** del modelo anatómico, vía web, vía telefónica o internamente en la compañía. Esta área gestiona toda la parte comercial, contable y pedida de la unidad y demás lineamientos que la conecten con la empresa. Además gestiona la entrega.
- Área de ingeniería: recepción del formato DICOM y realización de la **segmentación** requerida.
- Área de producción: gestión de inventario de materiales e insumos, **impresión** 3D de modelos anatómicos y **terminación** del producto (acabados). Esta se debe ubicar estratégicamente en zona con ventilación por los productos utilizados durante el proceso.

#### 4.3.4 Tecnología

Para el proceso anterior se debe adquirir o disponer de un software de pos-procesamiento radiológico para crear los volumétricos y segmentaciones indicadas. Algunos son de libre acceso en internet, pero en la mayoría de los casos es necesario varios para pos-procesar las imágenes, otros más completos son más costosos, pero con las investigaciones pertinentes para un mejor resultado. La mayoría de estos software renuevan su licenciamiento anualmente e incluyen actualizaciones constantes.

También se debe contar con un software para impresión 3D y pueden descargarse sin ningún costo por internet con sus respectivos tutoriales. Puede estar incluido

en la compra de la impresora o adquirirlos a precios asequibles y de acuerdo al nivel de complejidad.

Dos impresoras 3D:

- Estéreo-litografía (SLA): imprime por foto-polimerizado, con resinas plásticas, buena resolución o nivel de detalle y variedad de colores.
- Deposición de Material Fundido (FDM): imprime por extrusión, con filamentos de polímeros con mucha variedad de colores, las impresiones tienen buena durabilidad, aunque poco nivel de detalle.

Adicional a esto, y como se mencionó en el estudio de mercado. los insumos requeridos para este proceso son filamentos PLA, ABS, TPE en rollo y resinas en recipiente.

La implementación del proyecto debe incluir pruebas iniciales y un proceso de gestión tecnológica adicional para seleccionar la tecnología más conveniente para la empresa.

#### **4.3.5 Inversión**

La inversión a realizar se resume en las tablas 8 y 9, referentes a la adecuación del área y a la adquisición de tecnología. Los demás gastos necesarios para iniciar actividades se resumen en la tabla 10 y los costos de operación como salarios y materiales en las tablas 11 y 12.

Tabla 8. Valor adecuación área

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Instalaciones eléctricas y de comunicaciones	\$12.000.000
Adecuaciones locativas	\$5.300.000
<b>Total</b>	<b>\$17.300.000</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Valor adquisición de activos

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>
Impresora 3D	\$32.000.000
Software	\$13.000.000
Herramientas	\$1.000.000
Muebles oficina	\$7.500.000
Workstation ingeniería + licenciamiento	\$6.300.000
Computadores administrativo + licenciamiento	\$5.600.000
Computador diseño + licenciamiento	\$4.000.000
Silletería	\$2.800.000
Elementos oficina	\$1.400.000
Impresora papel	\$350.000
<b>Total</b>	<b>\$73.950.000</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Valor mensual y anual, otros gastos de operación y dotación

<b>Concepto</b>	<b>Valor mensual</b>	<b>Valor anual</b>
Servicios públicos	\$6.000.000	\$72.000.000
Arriendo oficina	\$2.500.000	\$30.000.000
Mensajería	\$1.000.000	\$12.000.000
Página web	\$250.000	\$3.000.000
Papelería + oficina	\$180.000	\$2.160.000
Publicidad	\$180.000	\$2.160.000
Alarma	\$100.000	\$1.200.000
Oficios varios	\$60.000	\$720.000
<b>Total</b>	<b>\$4.270.000</b>	<b>\$123.240.000</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Valor mensual y anual salarios

<b>Cargo</b>	<b>Valor mensual</b>	<b>Valor anual</b>
Ingeniero Biomédico	\$4.701.845	\$56.422.138
Auxiliar comercial	\$1.843.866	\$22.126.395
Auxiliar administrativo	\$1.843.866	\$22.126.395
Técnico en diseño industrial	\$1.843.866	\$22.126.395
<b>Total</b>	<b>\$10.233.444</b>	<b>\$122.801.324</b>

*Fuente:* Elaboración propia

Tabla 12. Valor mensual y anual, materiales

<b>Concepto</b>	<b>Valor mensual</b>	<b>Valor anual</b>
Materiales producción	\$12.600.000	\$151.200.000
Materiales terminación	\$2.450.000	\$29.400.000
<b>Total</b>	<b>\$15.050.000</b>	<b>\$180.600.000</b>

*Fuente:* Elaboración propia

#### **4.3.6 Impacto ambiental**

La implementación de este proyecto no requiere ningún permiso ambiental, solo tener un buen manejo de sus residuos, principalmente plásticos, haciendo una buena selección y disposición final de estos y controlar proactivamente los impactos identificados en la matriz de impacto ambiental, resumidos en la tabla 13.

Tabla 13. Matriz de impacto ambiental

Componente ambiental	Recurso ambiental afectado	Impacto generado	Actividades							
			Adecuación	Administrativa	Adquisición	Segmentación	Impresión	Terminación	Entrega	
Medio abiótico	Aire	Material particulado	(-)					(-)	(-)	
		Gases	(-)		(-)			(-)	(-)	
		Temperatura	(-)		(-)			(-)		
		Olores	(-)		(-)			(-)	(-)	
		Ruido	(-)		(-)			(-)		
	Agua	Sustancias químicas			(-)			(-)	(-)	
		Residuos sólidos	(-)	(-)	(-)			(-)	(-)	
Medio biótico	Fauna	Plagas		(-)						
Medio socioeconómico	Salud	Enfermedad profesional	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Infraestructura	Consumo servicios públicos	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
	Empleo	Generación de empleo	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

Fuente: Elaboración propia

Algunos de esos controles son:

**a. Residuos sólidos**

- Cables y elementos de comunicaciones en la etapa de adecuación, papelería y alimentos constantemente y plásticos en la etapa productiva.
- Realizar adecuada separación de residuos y validar la entrega a entidades autorizadas para su disposición final.

**b. Residuos químicos**

- Resinas para impresión y químicos para acabados.
- Controlar el almacenamiento y el uso desmedido de estos.
- Evitar verterlos al acueducto y hacer una disposición final responsable con las entidades autorizadas.

**c. Servicios públicos agua**

- Incremento en la etapa de terminación y en general.
- Instalar mecanismos ahorradores.
- Sensibilizar al personal en el buen manejo de los recursos naturales.

#### **d. Servicios públicos energía**

- Incremento en la etapa productiva y en general.
- Instalar luminarias ahorradoras.
- Sensibilizar al personal en el buen manejo de los recursos naturales.

#### **e. Plagas**

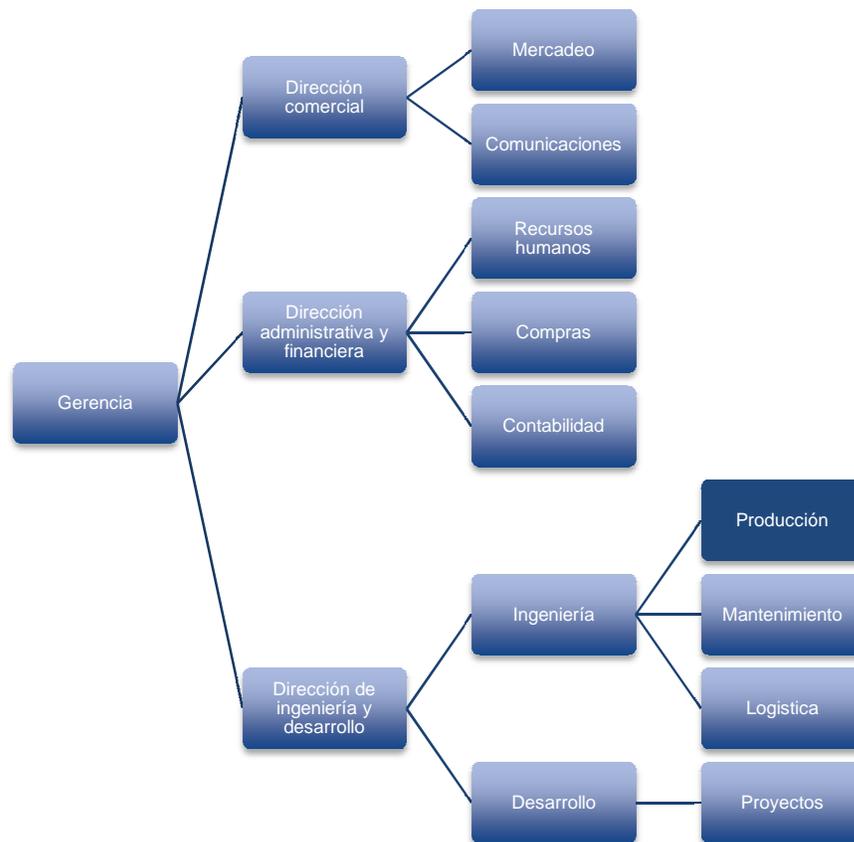
- No son consecuencia del proyecto como tal, pero podrían hacer presencia como algo natural.
- Realizar control periódico de plagas (fumigación).

### **4.4 Estudios organizacional y legal**

Para una mejor estructuración del proyecto se describe la mano de obra necesaria para cumplir con sus lineamientos, especificando los requerimientos y responsabilidades de esta, al igual que de los aspectos legales necesarios para su operación.

#### **4.4.1 Organigrama**

La impresión de modelos anatómicos en 3D se plantea como una unidad de negocio adicional o una nueva línea de producción dentro de una organización ya establecida que pueda sustentar las actividades de esta. En la figura 8, se relacionan las áreas más importantes para su funcionamiento, como la dirección comercial encargada de establecer las relaciones necesarias para promocionar el producto, la dirección administrativa y financiera en todo lo relacionado a contrataciones, adquisiciones y gestión del dinero y la dirección de ingeniería y desarrollo, de donde se desprende esta, como producción, y se apoya en la gestión operativa del negocio.



*Figura 9. Organigrama*  
 Fuente: *Elaboración propia*

#### 4.4.2. Perfil del cargo

Para esta unidad se establecen los siguientes cargos:

- Ingeniero biomédico: responsable de realizar el pos-procesamiento biomédico y segmentación del órgano a imprimir, debe tener entrenamiento en sistemas, procesamiento de imágenes médicas y anatomía, ingles medio-alto, experiencia laboral mínima de 1 año y cumplir con todos los requerimientos establecidos por la compañía.

- Auxiliar comercial: responsable de ejecutar, junto a la dirección comercial, todas las estrategias necesarias para impulsar el producto y posicionarlo en el mercado y gestionar las cotizaciones e interactuar con el consumidor, debe tener entrenamiento en páginas web, ingles medio-alto, experiencia laboral mínima de 1 año y cumplir con todos los requerimientos establecidos por la compañía.
- Auxiliar administrativo: responsable de gestionar las solicitudes y las entregas del producto, administrar los inventarios y enlazar el área con la compañía, debe tener entrenamiento contable, ingles medio, experiencia laboral mínima de 1 año y cumplir con todos los requerimientos establecidos por la compañía.
- Técnico en diseño industrial: responsable de parametrizar la impresión, imprimir los modelos anatómicos y realizar la terminación del producto, debe tener entrenamiento en sistemas, modelación de imágenes por computador, ingles medio, experiencia laboral mínima de 1 año y cumplir con todos los requerimientos establecidos por la compañía.

Cada perfil tiene sus funciones específicas, pero las responsabilidades y los conocimientos de cada uno, pueden ser requeridos por el otro, en el desarrollo de sus actividades.

#### **4.4.3 Aspectos legales**

La empresa es responsable de reportar ante la DIAN y la Cámara de Comercio la nueva actividad, en los casos que aplique, gestionar los contratos del personal nuevo con sus respectivas prestaciones sociales, cumplir la normatividad vigente y aplicable a la organización y de gestionar los créditos, las adecuaciones y las

adquisiciones necesarias para salir a producción. Más allá de esto, el proyecto no tiene ninguna gestión legal. En el análisis del entorno se relacionaron algunas de las normas más representativas.

#### **4.5 Evaluación financiera**

Para el flujo de caja del proyecto se tuvieron en cuenta los costos de adecuación del área, la adquisición de tecnología, los costos de producción y demás gastos de funcionamiento de esta. Como ingresos iniciales está el dinero de los inversionistas y el crédito. También se tomó como referencia una inflación de 3,46%, una cifra promedio de las proyecciones económicas de mediano plazo entregadas por el Grupo Bancolombia a marzo de 2018(Grupo Bancolombia, 2018), para el cálculo de los valores futuros del proyecto.

##### **4.5.1 Ingresos**

De acuerdo al alcance del proyecto, los ingresos provendrían de la venta de los modelos anatómicos, según la capacidad para 70 modelos anatómicos impresos en 3D mes a mes, con un precio estimado de \$200.000, que es lo que los estudiantes encuestados estarían dispuestos a pagar por estos modelos. Adicional a esto, se hizo un sondeo de piezas similares en el mercado y el precio es más o menos este. También es necesario realizar un préstamo por \$271.850.000 para compra de equipos, adecuación del área e iniciar operaciones.

## **4.5.2 Costos y gastos**

A continuación se especifican los valores en los que se distribuirá la inversión para poner operativo el proyecto.

### **4.5.2.1 Adecuación del área**

Este gasto (tabla 8) se estima en \$17.300.000 y consiste en dividir el lugar por áreas de trabajo, especialmente el área de terminación, donde además se pondrá un pozuelo y un extractor de aire para una mejor circulación del aire y eliminación de olores de los químicos necesarios en el proceso. Las instalaciones eléctricas y de comunicaciones son para comunicar el área con el resto de la empresa y poner en funcionamiento los equipos.

### **4.5.2.2 Compra de activos**

Esta inversión (tabla 9) se estima en \$73.950.000 e incluye las impresoras 3D, el software de pos-procesamiento biomédico, los computadores, muebles para oficina y otros elementos para la operación del proyecto en toda su etapa productiva.

### **4.5.2.3 Operación y dotación**

Estos gastos (tabla 10) se estiman en \$4.270.000 mensual y \$123.240.000 anual. Consiste en el pago de servicios públicos, arriendo de oficina, publicidad, papelería y otros servicios complementarios como alarma.

#### **4.5.2.4 Salarios**

Los salarios de esta unidad (tabla11) ascienden a un valor mensual de \$10.233.444 y anual de \$123.240.000, incluido un factor prestacional de 46.33% para 4 personas, una de ellas con un entrenamiento muy específico y especializado, que es el ingeniero biomédico.

#### **4.5.2.5 Materiales e insumos**

Los materiales de producción y terminación (tabla 12) se estiman en \$15.050.000 mensual y \$180.600.000 anual, para una producción de 70 modelos mensuales. Estos materiales son los filamentos y las resinas poliméricas con las que se imprimirán los modelos y los químicos, resinas epóxicas, pinturas y empaques para el procedimiento final.

#### **4.5.3 Depreciación**

Se establece una depreciación lineal a 10 años para bienes muebles, e igualmente lineal pero a 5 años, para el resto de los activos, por tratarse de tecnologías que se renuevan contantemente y que al término de este tiempo ya estarán obsoletas con una cantidad considerable de nuevos equipos con mejores funciones y más eficientes para el proceso.

#### **4.5.4 Costo de capital (ke)**

Este es la rentabilidad mínima que espera el inversionista al poner su dinero a disposición de un proyecto. Se calcula teniendo en cuenta la tasa libre de riesgo,

la prima del mercado y el coeficiente  $\beta$  (Damodaran, 2018), que es la variabilidad de un activo en el mercado. Este cálculo se resume en la tabla 14.

Tabla 14. Costo capital Ke

<b>Costo de Capital (Ke)</b>	
Tasa libre de riesgo USD	2,85%
Prima de mercado	6,15%
Beta (Hospitals/Healthcare facilities)	1,18
EMBI (Riesgo país)	2,87%
<b>Costo de capital en USD</b>	<b>12,98%</b>
Paridad poder adquisitivo	2,04%
<b>Costo de capital en moneda local</b>	<b>15,28%</b>

*Fuente:* Elaboración propia

#### 4.5.5 Flujo de caja

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores, los ingresos, los costos y gastos y la depreciación de la tecnología, se calcula el flujo de caja del inversionista resumido en la tabla 15. Este cálculo se hace con una inflación de 3.46%, como se indicó anteriormente y con un costo de capital de 15.28% efectivo anual, según lo esperado por los inversionistas. De allí se obtiene un VPN negativo (\$-525.913.252), que indica que definitivamente el proyecto no es viable por su incapacidad de recuperar la inversión realizada y generar las ganancias esperadas.

Por esto se hace un análisis de sensibilidad para determinar en qué punto podría ser viable el proyecto. Para esto se toma el precio de los modelos anatómicos impresos en 3D y las posibles ventas, como se muestra en la tabla 16, para determinar que a partir de la venta de 100 modelos a un precio de \$270.000, se obtendría un VPN positivo (\$25.438.893) y el proyecto sería viable y proporcionaría la rentabilidad esperada por los inversionistas.

Tabla 15. Flujo de caja del inversionista

Precio	\$ 200,000	
# modelos	70	
IPC/Inflacion	3,46%	Anual
Tasa de prestamo	24,82%	EA
Impuesto de renta	34%	Anual
Costo de capital (ke)	15,28%	

Flujo de caja del inversionista						
	0	1	2	3	4	5
+ Venta de modelos anatomicos impresos en 3D		\$ 168.000.000	\$ 173.812.800	\$ 179.826.723	\$ 186.048.727	\$ 192.486.013
= <b>TOTAL INGRESOS</b>		\$ 168.000.000	\$ 173.812.800	\$ 179.826.723	\$ 186.048.727	\$ 192.486.013
- Salarios		\$ 122.801.324	\$ 129.506.277	\$ 136.577.319	\$ 144.034.441	\$ 151.898.721
- Servicios publicos		\$ 72.000.000	\$ 74.491.200	\$ 77.068.596	\$ 79.735.169	\$ 82.494.006
- Arriendo oficina		\$ 30.000.000	\$ 31.038.000	\$ 32.111.915	\$ 33.222.987	\$ 34.372.502
- Mensajería		\$ 2.160.000	\$ 2.234.736	\$ 2.312.058	\$ 2.392.055	\$ 2.474.820
- Pagina web		\$ 2.160.000	\$ 2.234.736	\$ 2.312.058	\$ 2.392.055	\$ 2.474.820
- Papelería + oficina		\$ 1.200.000	\$ 1.241.520	\$ 1.284.477	\$ 1.328.919	\$ 1.374.900
- Publicidad		\$ 12.000.000	\$ 12.415.200	\$ 12.844.766	\$ 13.289.195	\$ 13.749.001
- Alarma		\$ 720.000	\$ 744.912	\$ 770.686	\$ 797.352	\$ 824.940
- Oficios varios		\$ 3.000.000	\$ 3.103.800	\$ 3.211.191	\$ 3.322.299	\$ 3.437.250
= <b>COSTOS Y GASTOS TOTALES</b>		\$ 246.041.324	\$ 257.010.381	\$ 268.493.065	\$ 280.514.472	\$ 293.100.961
= <b>UTILIDAD BRUTA</b>		-\$ 78.041.324	-\$ 83.197.581	-\$ 88.666.342	-\$ 94.465.744	-\$ 100.614.948
- Depreciaciones		\$ 54.400.000	\$ 54.400.000	\$ 54.400.000	\$ 54.400.000	\$ 54.400.000
= <b>UAI</b>		-\$ 132.441.324	-\$ 137.597.581	-\$ 143.066.342	-\$ 148.865.744	-\$ 155.014.948
- Gastos financieros		\$ 60.027.170	\$ 48.021.736	\$ 36.016.302	\$ 24.010.868	\$ 12.005.434
= <b>UAI</b>		-\$ 192.468.494	-\$ 185.619.317	-\$ 179.082.644	-\$ 172.876.612	-\$ 167.020.382
- Impuestos		0	0	0	0	0
= <b>UTILIDAD NETA</b>		-\$ 192.468.494	-\$ 185.619.317	-\$ 179.082.644	-\$ 172.876.612	-\$ 167.020.382
+ Depreciaciones		\$ 54.400.000	\$ 54.400.000	\$ 54.400.000	\$ 54.400.000	\$ 54.400.000
+ Amortización de diferidos						
+ Ingreso por prestamo	\$ 241.850.000					
- Abono a capital		\$ 48.370.000	\$ 48.370.000	\$ 48.370.000	\$ 48.370.000	\$ 48.370.000
- Inversion activos fijos	\$ 73.950.000					
- Inversion capital de trabajo	\$ 180.600.000					
+ Variación capital de trabajo		\$ 6.248.760	\$ 6.464.967	\$ 6.688.655	\$ 6.920.082	
+ Recuperación capital de trabajo						\$ 180.600.000
+ Valor de deshecho						
= <b>FLUJO DE CAJA NETO</b>	-\$ 12.700.000	-\$ 192.687.254	-\$ 186.054.284	-\$ 179.741.299	-\$ 173.766.695	\$ 19.609.618

Fuente: Elaboración propia

Tabla16. Análisis de sensibilidad

Análisis de sensibilidad											
	Precios	Precios									
		\$ 180.000	\$ 190.000	\$ 200.000	\$ 210.000	\$ 220.000	\$ 230.000	\$ 240.000	\$ 250.000	\$ 260.000	\$ 270.000
Ventas	50	-\$ 737.971.769	-\$ 716.765.918	-\$ 695.560.066	-\$ 674.354.214	-\$ 653.148.362	-\$ 631.942.511	-\$ 610.736.659	-\$ 589.530.807	-\$ 568.324.956	-\$ 547.119.104
	55	-\$ 699.801.236	-\$ 676.474.799	-\$ 653.148.362	-\$ 629.821.926	-\$ 606.495.489	-\$ 583.169.052	-\$ 559.842.615	-\$ 536.516.178	-\$ 513.189.741	-\$ 489.863.304
	60	-\$ 661.630.703	-\$ 636.183.681	-\$ 610.736.659	-\$ 585.289.637	-\$ 559.842.615	-\$ 534.395.593	-\$ 508.948.571	-\$ 483.501.549	-\$ 458.054.527	-\$ 432.607.505
	65	-\$ 623.460.170	-\$ 595.892.563	-\$ 568.324.956	-\$ 540.757.348	-\$ 513.189.741	-\$ 485.622.134	-\$ 458.054.527	-\$ 430.486.919	-\$ 402.919.312	-\$ 375.351.705
	70	-\$ 585.289.637	-\$ 555.601.445	-\$ 525.913.252	-\$ 496.225.060	-\$ 466.536.867	-\$ 436.848.675	-\$ 407.160.482	-\$ 377.472.290	-\$ 347.784.098	-\$ 318.095.905
	75	-\$ 547.119.104	-\$ 515.310.326	-\$ 483.501.549	-\$ 451.692.771	-\$ 419.883.993	-\$ 388.075.216	-\$ 356.266.438	-\$ 324.457.661	-\$ 292.648.883	-\$ 260.840.106
	80	-\$ 508.948.571	-\$ 475.019.208	-\$ 441.089.845	-\$ 407.160.482	-\$ 373.231.120	-\$ 339.301.757	-\$ 305.372.394	-\$ 271.443.031	-\$ 237.513.669	-\$ 203.584.306
	85	-\$ 470.778.038	-\$ 434.728.090	-\$ 398.678.142	-\$ 362.628.194	-\$ 326.578.246	-\$ 290.528.298	-\$ 254.478.350	-\$ 218.428.402	-\$ 182.378.454	-\$ 146.328.506
	90	-\$ 432.607.505	-\$ 394.436.971	-\$ 356.266.438	-\$ 318.095.905	-\$ 279.925.372	-\$ 241.754.839	-\$ 203.584.306	-\$ 165.413.773	-\$ 127.243.240	-\$ 89.072.707
	95	-\$ 394.436.971	-\$ 354.145.853	-\$ 313.854.735	-\$ 273.563.617	-\$ 233.272.498	-\$ 192.981.380	-\$ 152.690.262	-\$ 112.399.143	-\$ 72.108.025	-\$ 31.816.907
	100	-\$ 356.266.438	-\$ 313.854.735	-\$ 271.443.031	-\$ 229.031.328	-\$ 186.619.624	-\$ 144.207.921	-\$ 101.796.218	-\$ 59.384.514	-\$ 16.972.811	\$ 25.438.893

Fuente: Elaboración propia

#### **4.6 Análisis de riesgos**

En este estudio de factibilidad no se realiza el análisis de riesgo debido a que en el estudio financiero se comprobó que el proyecto es inviable y sería un riesgo en sí su implementación, y no ciertos factores asociados al anterior estudio.

#### **5Conclusiones**

- Imprimir modelos anatómicos en 3D en Medellín es viable, porque hay disponibilidad de todos los recursos necesarios para esto: mano de obra, tecnología, infraestructura, materias primas y servicios complementarios; sin embargo, sus altos costos de producción hacen que para la academia esta no sea la mejor alternativa por la existencia de otros modelos anatómicos más económicos, con alto nivel de detalle, acabados precisos y otras herramientas que reúnen las características de varios modelos impresos en 3D.
- El proyecto se desarrolla en un ámbito altamente afectado por la corrupción, una economía en recuperación, mucha incertidumbre tributaria, un sector salud en crisis, grandes expectativas hacia el próximo gobierno y la polarización del posconflicto, lo que supondría un proceso duro de implementación para este. Sin embargo, se podría sacar provecho de que en la misma medida la innovación y las nuevas tecnologías están fortaleciendo los diferentes sectores económicos para expandir el proyecto hacia otros focos del sector salud, donde a nivel global estos modelos anatómicos impresos en 3D están siendo muy utilizados y reconocidos, no solo en las aulas de clase, sino también en quirófanos e instituciones médicas en general.

- La opción de implementar este proyecto como empresa reduce las posibilidades de éxito. Este se debe promover como una unidad de negocio adicional, dentro de una empresa establecida y fortalecida, ya sea en su parte tecnológica o comercial, en el sector salud, de tecnología médica o de impresión 3D, donde la base de esta sea complementaria y una sea impulsada por la otra y a medida que se posiciona en el sector, se mejoren procesos, se reducen costos, se fidelizan clientes y se aumentan las ventas para una adecuada recuperación de la inversión.
- La aceptación de los modelos anatómicos impresos en 3D es buena y las condiciones actuales de comercialización de productos vía internet y redes sociales permiten suponer que se pueden alcanzar otras plazas, aprovechando la capacidad instalada para lograr la rentabilidad esperada.
- Este proyecto es inviable para el alcance que se le dio, la academia no está dispuesta a asumir los precios de estos modelos anatómicos impresos en 3D, porque cuenta con otros productos complementarios y suplementarios con una relación costo/beneficio mayor, a los que pueden acceder más fácilmente.
- Desde una mirada legal, ambiental y organizacional, el proyecto tiene muchas posibilidades de ejecutarse, siempre y cuando se encuentre una buena estrategia comercial y se optimicen los procesos de producción para lograr un producto de calidad y con buenas ventajas económicas para el área de la salud.
- Este es un campo poco explorado, por lo que este trabajo se apoya en estimaciones y referencias bibliográficas que no son exactas, haciendo que algunos aspectos importantes queden en supuestos y sea necesario profundizar en ellos durante la ejecución del proyecto.

- Al obtener un VPN negativo a partir del flujo de caja del inversionista, no fue posible hacer un análisis más profundo de las condiciones financieras a las que se expone el proyecto en caso de ser implementado como mecanismo de fidelización de clientes, por ejemplo, como se expuso en el desarrollo de este trabajo; pero al hacer el análisis de sensibilidad se muestra como podría ser un proyecto posible bajo una serie de ajustes para su implementación.

## Referencias

3D Native. (2017). Curva Gartner 2017 : ¿Hacia dónde van los desarrollos de la impresión 3D? *3D Natives*. Recuperado el 8 de julio de 2017 de <https://www.3dnatives.com/es/gartner-2017-impresion-3d-070820172/>

ANDI. (2017). *Estrategia para una nueva industrialización II: Colombia, País de Oportunidades*. Recuperado el 27 de diciembre de 2017 de <http://www.andi.com.co/eni2/Paginas/assets/docs/estrategia-para-una-nueva-industrializacion-ii.pdf>

Azer, S. A., & Azer, S. (2016). 3D Anatomy Models and Impact on Learning: A Review of the Quality of the Literature. *Health Professions Education*, 2(2), 1-19. Recuperado el 16 de octubre de 2016 de <https://doi.org/10.1016/j.hpe.2016.05.002>

Baca, G. (2012). *Evaluación de Proyectos. Evaluación de Proyectos* (Vol. XXXIII). McGraw-Hill. Recuperado el 8 de octubre de 2016 de <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Banrepcultural. (2018). Sector real. Recuperado el 16 de marzo de 2018 de [http://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Sector\\_real](http://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Sector_real)

Behrens, W., & Hawranek, P. M. (1994). *Manual para la preparación de estudios de viabilidad industrial*. Washington, D.C.: ONUDI Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

CEPAL. (2015). *El desafío de la sostenibilidad ambiental en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 1 de enero de 2018 de [http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37791/LCM23\\_es.pdf](http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37791/LCM23_es.pdf)

Damodaran, A. (2018). Betas. Recuperado el 20 de marzo de 2018 de [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

DANE. (2012). *Revisión 4 adaptada CIU Rev . 4 A . C* . Recuperado el 22 de agosto de 2015 de [https://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIU\\_Rev4ac.pdf](https://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIU_Rev4ac.pdf)

Dinero. (2017a, abril 4). Cada vez menos colombianos tienen una visión positiva del emprendimiento. *Dinero*. Recuperado el 22 de julio de 2017 de <http://www.dinero.com/emprendimiento/articulo/global-entrepreneurship-monitor-2017-resultados-para-colombia/243663>

Dinero. (2017b, junio 15). Confianza de industriales y consumidores sigue cayendo. *Dinero*. Recuperado el 22 de julio de 2017 de <http://www.dinero.com/economia/articulo/confianza-de-consumidores-y-productores-cae/246615>

Estai, M., & Bunt, S. (2016). Best Teaching Practices in Anatomy Education: A critical review. *Annals of Anatomy*, 208. Recuperado 2 de octubre de 2016 de <https://doi.org/10.1016/j.aanat>.

Fedesarrollo. (2017). *Informe mensual 180. Tendencia Económica*. Recuperado noviembre de 2017 de [http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3481/TE\\_No\\_180\\_Noviembre\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3481/TE_No_180_Noviembre_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- Friedman, T., Michalski, M., Goodman, T. R., & Brown, J. E. (2016). 3D printing from diagnostic images: a radiologist's primer with an emphasis on musculoskeletal imaging—putting the 3D printing of pathology into the hands of every physician. *Skeletal Radiology*, 45(3), 307-321. Recuperado el 16 de octubre de 2016 de <https://doi.org/10.1007/s00256-015-2282-6>
- Galán S., A. (2017, septiembre 21). Salud: hacerla sostenible. *Portafolio*. Recuperado el 26 de diciembre de 2017 de <http://www.portafolio.co/opinion/augusto-galan-sarmiento/salud-hacerla-sostenible-analisis-509934>
- Garcia, J., Botero, J., López, H., Posada, C., Franco, H. & Hurtado, A. (2017, octubre). Análisis de coyuntura. *Economía colombiana*, (1). Recuperado el 27 de diciembre de 2017 de [http://www.eafit.edu.co/escuelas/economiayfinanzas/cief/Documents/Informe\\_de\\_Coyuntura\\_octubre\\_2017.pdf](http://www.eafit.edu.co/escuelas/economiayfinanzas/cief/Documents/Informe_de_Coyuntura_octubre_2017.pdf)
- Giannopoulos, A. A., Chepelev, L., Sheikh, A., Wang, A., Dang, W., Akyuz, E., Hong, C., Wake, N., Pietila, T., Dydyński, P. B., Mitsouras, D. & Rybicki, F. J.(2015). 3D printed ventricular septal defect patch : a primer for the 2015 Radiological Society of North America ( RSNA ) hands-on course in 3D printing. *3D Printing in Medicine*, 1(3), 1-20. Recuperado el 16 de octubre de 2016 de <https://doi.org/10.1186/s41205-015-0002-4>
- Gómez S., E., & Diez B., J. (2015). *Evaluación financiera de proyectos* (2.<sup>a</sup> ed.). Medellín. Lys Comunicación Gráfica.
- Google maps. (2018). El Poblado. Recuperado el 19 de marzo de 2018 de <https://www.google.es/maps/place/EI+Poblado,+Medellín,+Antioquia/@6.2061987,->

75.5709435,484m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e4428299b5aa6d9:0x2020c055ff96b671!8m2!3d6.21663!4d-75.56671

Grupo Bancolombia. (2018). Proyecciones Económicas de Mediano Plazo.

Recuperado el 16 de marzo de 2018 de

<https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas/publicaciones/tablas-macroeconomicos-proyectados>

Haider, A., Alhashim, M., Tavakolian, K., & Fazel-rezai, R. (2016). Computer-

Assisted Image Processing Technique for Tracking Wound Progress. En *IEEE International Conference on Electro Information Technology* (pp. 750-754).

IEEE Computer Society. Recuperado el 27 de octubre de 2016 de

<http://ezproxy.eafit.edu.co:2214/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7535333>

Huang, T., & Lin, C. (2016). From 3D modeling to 3D printing : development of a

differentiated spatial ability teaching model. *Telematics and Informatics*, 34(2).

Recuperado el 16 de octubre de 2016 de

<https://doi.org/10.1016/j.tele.2016.10.005>

Kurt, E., Eray Yurdakul, S., & Ataç, A. (2013). An Overview Of The Technologies

Used For Anatomy Education In Terms Of Medical History. *Procedia - Social*

*and Behavioral Sciences*, 103, 109-115. Recuperado el 30 de octubre de 2016

de <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.314>

Marro, A., Bandukwala, T., & Mak, W. (2016). Three-Dimensional Printing and

Medical Imaging: A Review of the Methods and Applications. *Current*

*Problems in Diagnostic Radiology*, 45(1), 2-9. Recuperado el 30 de octubre de

2016 de <https://doi.org/10.1067/j.cpradiol.2015.07.009>

- Medina, R., & Bellera, J. (2014). *Bases del Procesamiento de Imágenes Médicas*. Recuperado 28 de octubre de 2016 de [http://www.saber.ula.ve/redtelemedicina/TallerTelemedicina/ponencia-j\\_bellera.html](http://www.saber.ula.ve/redtelemedicina/TallerTelemedicina/ponencia-j_bellera.html)
- Mineducación, & OECD. (2016). *La educación en Colombia*. OECD. Recuperado el 1 de enero de 2018 de <https://doi.org/10.1787/9789264250604-en>
- Miranda, J. J. (2005). *Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera-económica-social-ambiental* (4.<sup>a</sup> ed.). Recuperado el 8 de octubre de 2016 de <https://doi.org/10.4067/S0718-34292008000200001>
- Nieto, J. (2017, noviembre 10). El lío de la salud no se alivia con más recursos: expertos. *Portafolio*. Recuperado de <http://www.portafolio.co/economia/el-lio-de-la-salud-no-se-alivia-con-mas-recursos-expertos-511520>
- Popescu, A. T., Stan, O., & Miclea, L. (2014). 3D printing bone models extracted from medical imaging data. En *Proceedings of 2014 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, AQTR 2014*. IEEE Computer Society. Recuperado el 27 de octubre de 2016 de <https://doi.org/10.1109/AQTR.2014.6857890>
- Portafolio. (2017a, mayo 8). Inmigración en Colombia: pongámosle atención. *Portafolio*. Recuperado de <http://www.portafolio.co/opinion/otros-columnistas-1/inmigracion-en-colombia-pongamosle-atencion-analisis-505575>
- Portafolio. (2017b, julio 13). Implementar el acuerdo es construir la paz. *Portafolio*. Recuperado de <http://www.portafolio.co/economia/implementar-el-acuerdo-es-construir-la-paz-506805>

- Portafolio. (2017c, noviembre 15). Los 4 sectores que moverán el empleo el año entrante. *Portafolio*. Recuperado de <http://www.portafolio.co/economia/empleo/los-sectores-que-moveran-el-empleo-el-ano-entrante-512649>
- Rueckert, D., Glocker, B., & Kainz, B. (2016). Learning clinically useful information from images: Past, present and future. *Medical Image Analysis*, 33, 13-18. Recuperado el 16 de octubre de 2016 de <https://doi.org/10.1016/j.media.2016.06.009>
- Santamaría, J. M. (2017, julio 21). La olla raspada. *Dinero*. Recuperado de <http://www.dinero.com/opinion/columnistas/articulo/la-olla-raspada-por-jose-miguel-santamaria/247795>
- Sapag, N. (2004). *Evaluación de proyectos de inversión en la empresa*. Argentina: Pearson.
- Sapag, N. (2011). *Proyectos de inversión. Formulación y evaluación* (2.<sup>a</sup> ed.). Santiago de Chile: Pearson. Recuperado el 28 de noviembre de 2017 de [https://www.academia.edu/5276345/Proyectos\\_de\\_Inversión\\_-\\_Nassir\\_Sapag\\_Chain\\_-\\_2\\_Edicion?auto=download](https://www.academia.edu/5276345/Proyectos_de_Inversión_-_Nassir_Sapag_Chain_-_2_Edicion?auto=download)
- Sapag, N., & Sapag, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos* (5.<sup>a</sup> ed.). Bogotá: McGraw-Hill. Recuperado de el 29 de octubre de 2016 <https://doi.org/390> p. ISBN 968-422-045-6
- Soon, D. S. C., Chae, M. P., Pilgrim, C. H. C., Rozen, W. M., Spychal, R. T., & Hunter-Smith, D. J. (2016). 3D haptic modelling for preoperative planning of hepatic resection: A systematic review. *Annals of Medicine and Surgery*, 10, 1-7. Recuperado el 16 de octubre de 2016 de

<https://doi.org/10.1016/j.amsu.2016.07.002>

Thomas, D. J., & Claypole, T. C. (2016). 3-D Printing. En *Printing on polymers fundamentals and applications*. Recuperado el 16 de octubre de 2016 de <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt010QJKP6/printing-polymers-fundamentals/3-d-printing>.

Yoo, S.-J., Thabit, O., Kim, E. K., Ide, H., Yim, D., Dragulescu, A., Seed, M., Grosse-Wortmann, L. & Van Arsdell, G. *3D Printing in Medicine*, 2(1), 3. Recuperado el 16 de octubre de 2016 de <https://doi.org/10.1186/s41205-016-0004-x>

## Anexos

### Anexo 1. Cuestionario

Si es profesional, profesor o estudiante de Medicina de alguna universidad en Medellín, lo invito a responder las siguientes preguntas acerca de la impresión 3D de modelos anatómicos. Sus respuestas serán muy útiles para el desarrollo de un trabajo de grado de maestría de la universidad EAFIT. De antemano agradezco su colaboración.

1. Su relación con Medicina es en calidad de:  
 Profesional (ir a la pregunta 3)  
 Profesor (ir a la pregunta 3)  
 Estudiante (ir a la pregunta 2)
2. Cual semestre está cursando actualmente?  
 Primero - cuarto  
 Quinto - octavo  
 Superior al octavo
3. De las siguientes herramientas utilizadas en el estudio del cuerpo humano ¿Cuál le parece más completa?  
 Cadáveres  
 Modelos anatómicos  
 Ayudas digitales/virtuales  
 Ayudas impresas (libros)  
 Otro. ¿Cuál? \_\_\_\_\_
4. Algunos modelos anatómicos son impresos en 3D ¿Piensa que podrían ser una herramienta complementaria para el estudio del cuerpo humano?  
 No  
 Si
5. ¿Compraría un modelo anatómico impreso en 3D?  
 No (ir a la pregunta 6 y terminar)  
 Si (ir a la pregunta 7)
6. ¿Por qué no compraría un modelo anatómico impreso en 3D? (terminar)  
 No es práctico  
 Prefiere otros métodos  
 Desconoce sus beneficios  
 Otra. ¿Cuál? \_\_\_\_\_
7. ¿Qué empresas conoce que vendan modelos anatómicos impresos en 3D?  
\_\_\_\_\_
8. ¿Qué características deben tener estos modelos?  
 Tamaño real  
 Color definido  
 Textura suave  
 Liviano  
 Rígido  
 Nivel de detalle  
 Otro. ¿Cuál? \_\_\_\_\_

9. ¿Qué beneficios encuentra usted en estos modelos?

- Innovador
- Táctil
- Práctico
- Preciso
- Otro. ¿Cuál? \_\_\_\_\_

10. ¿Qué órganos o sistemas serían de su interés?

\_\_\_\_\_

11. ¿Dónde le gustaría más comprar estos modelos?

- Internet
- Tienda
- Librería
- Otro. ¿Cuál? \_\_\_\_\_

12. ¿A través de qué medio preferiría recibir información sobre estos modelos?

- Correo electrónico
- Llamada
- Redes sociales
- Otro. ¿Cuál? \_\_\_\_\_

13. ¿A qué precio considera usted que puede salir este producto al mercado?

\$\_\_\_\_\_,00

14. ¿Lo compraría usted a ese precio?

- No
- Si

15. ¿A qué precio lo compraría?

\$\_\_\_\_\_,00

**¡Muchas Gracias por diligenciar este cuestionario!**