UNIVERSIDAD ESAN

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA INDUSTRIAL Y COMERCIAL
INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y SISTEMAS

Propuesta de Integración Vertical para mejorar el desempeño medioambiental de la cadena de suministro de una empresa nacional de fabricación de artículos plásticos mediante la incorporación de la fabricación aditiva

Trabajo de Suficiencia Profesional presentado en satisfacción parcial de los requerimientos para:

Obtener el título profesional de Ingeniero Industrial y Comercial

Obtener el título profesional de Ingeniero de Tecnologías de Información y Sistemas

AUTORES

Oscar Renato Atanacio Gonzales
Carol Janeth Mejía Suárez
Carlos Enrique Rodriguez Terán
Jose Eduardo Salazar Lizarraga
Karla Ximena Villanueva Arévalo

ASESOR

Renzo Estrada Morriberón

ORCID Nº 0000-0002-0913-7148

Diciembre, 2021

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo presentar una propuesta descriptiva de implementación de una estrategia de Integración Vertical para la mejora del desempeño medioambiental de la cadena de suministro de una empresa ubicada en Lima dedicada a la fabricación de artículos plásticos por moldeo por inyección. Como herramienta se explora la Fabricación Aditiva para la producción de los Moldes que es un elemento crítico en el proceso productivo. La estructura de este trabajo tiene como objetivo revisar la literatura relacionada a este tipo de investigación, revisar los conceptos teóricos de: Desarrollo Sostenible, Cadena de Suministro verde, ISO 14031, Fabricación Aditiva, Impresión 3D y Moldeo por inyección; finalmente, se hace la aplicación de la teoría al caso de estudio. Como conclusión, se indica que adoptar un enfoque de Cadena de Suministro Verde permite a una empresa de producción desarrollar estrategias que impacten positivamente en su desempeño medioambiental y además contribuir a la sostenibilidad ambiental desde las relaciones entre los agentes involucrados en dicha cadena (desde proveedores hasta los clientes). En adición, la investigación puede ayudar y contribuir a futuras empresas del mismo rubro que deseen implementar esta metodología en sus organizaciones.

Palabras clave: Gestión de la Cadena de Suministro Verde, impresión 3D, integración vertical, técnicas de fabricación digital, procesos aditivos

ABSTRACT

The objective of this research is to present a descriptive proposal for the implementation of a Vertical Integration strategy to improve the environmental performance of the supply chain of a company located in Lima dedicated to the manufacture of plastic articles by injection molding. As a tool, Additive Manufacturing is explored for the production of Molds, which is a critical element in the production process. The structure of this work aims to review the literature related to this type of research, review the concepts of: Green Supply Chain, Sustainable Development, ISO 14031, Additive Manufacturing, 3D Printing and Injection Molding; finally, the theory is applied to the case study. In conclusion, it is indicated that the Management of a Green Supply Chain allows a production company to develop an approach that positively impacts its production and also contributes to environmental sustainability from the relationships between the agents involved in said chain (from suppliers to the clients). In addition, research can help and contribute to future companies in the same field that wish to implement this methodology in their organizations.

Keywords: Green Supplly Chain Management, 3D print, Vertical Integration, Digital Fabrication Technique, Additive Processes

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO 1

ÍNDICE DE CONTENIDOS 3

ÍNDICE DE GRÁFICOS 6

ÍNDICE DE TABLAS 8

Introducción 11

Capítulo I: Planteamiento del Problema 13

1.1. Descripción de la Realidad Problemática 13

1.2. Justificación de la Investigación 15

1.2.1. Ecológico 15

1.2.2. Práctica 16

1.3. Delimitación de la Investigación 16

1.3.1. Temporal 16

1.3.2. Espacial 17

1.3.3. Contenido 17

Capítulo II: Marco Teórico 18

2.1. Antecedentes de la Investigación 18

2.1.1. La cadena de suministro verde: su importancia e integración en las organizaciones contemporáneas 18

2.1.2. Integración de los elementos de la gestión del suministro en la planificación estratégica y sostenibilidad de la cadena de suministro del café peruano 19

2.1.3. Beneficios y debilidades ambientales de los procesos de fabricación de aditivos en el sector empresarial. Agentes Clave que influyen en el impacto ambiental de las tecnologías de fabricación digital 20

2.1.4. Caracterización mecánica a flexión de materiales compuestos con matriz fotopolimérica reforzados con fibras de abacá y cabuya mediante impresión 3D 22

2.1.5. Evaluación de la impresión 3D como método alternativo en la producción de piezas de reguladores de gas 22

2.1.6. Cómo la tecnología cambia las reglas del juego: conocimientos del sector de la construcción que exploran la tecnología de impresión 3D 23

2.1.7. Oportunidades para fabricación aditivas para optimizar el diseño del producto 25

2.2. Bases Teóricas 26

2.2.1. Desarrollo Sostenible 26

2.2.2. Green Supply Chain Management 27

2.2.3. Iso 14031 29

2.2.4. Integración Vertical 31

2.2.5. Fabricación Aditiva 32

2.2.6. Moldeo por inyección 39

2.2.7. Ciclo de mejora continua 40

Capítulo III: Entorno Empresarial 41

3.1. Descripción de la empresa 41

3.1.1. Reseña histórica y actividad económica 41

3.1.2. Descripción de la organización 43

3.2. Cadena de suministros 45

3.2.1. Datos generales estratégicos de la empresa 47

3.3. Evaluación interna y externa. FODA cuantitativo. 50

3.4. Modelo de negocio actual (CANVAS) 52

3.5. Mapa de procesos actual 53

Capítulo IV: Metodología de la Investigación 55

4.1. Diseño de la Investigación 55

4.1.1. Tipo 55

4.1.2. Grado de abstracción 56

4.1.3. Naturaleza 57

4.2. Metodología de implementación de la solución 58

4.2.1. Etapa P (Planificación) 58

4.2.2. Etapa H (Hacer) 59

4.2.3. Etapa V (Verificar) 59

4.2.4. Etapa A (Actuar) 60

4.3. Metodología para la medición de resultados de la implementación 60

4.4. Cronograma de actividades y presupuesto 61

4.4.1. Cronograma 61

4.4.2. Presupuesto 61

Capítulo V: Desarrollo de la Investigación 63

5.1. Propuesta solución 63

5.1.1. Planeamiento y descripción de Actividades 63

5.1.2. Desarrollo de actividades. Aplicación de herramientas de solución. 65

5.2. Medición de la solución. 83

5.2.1. Análisis de Indicadores cuantitativo y/o cualitativo 83

5.2.2. Simulación de solución. Aplicación de Software. 85

Capítulo VI: Conclusiones y/o Recomendaciones 89

Referencias Bibliográficas 91

Anexos 96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1 – Cadena de suministros potencial de impresión 3D de concreto

Figura 2 – Esquema de la técnica de Inyección Aglutinante

Figura 3 – Esquema de impresión por técnica de MJ

Figura 4 – Esquema de proceso SLA (top-down)

Figura 5 – Esquema de técnica FDM

Figura 6 – Organigrama de la Empresa

Figura 7 – Cadena de Suministro de la empresa

Figura 8 – Matriz EFI y EFE

Figura 9 – FODA

Figura 10 – CANVAS

Figura 11 – Mapa de procesos

Figura 12 – Diseño Pre-Experimental de la Investigación

Figura 13 – Grado de Abstracción de la Investigación

Figura 14 – Investigación Científica Cuantitativa

Figura 15 – Cronograma de Actividades

Figura 16 – Diagrama de Ishikawa

Figura 17 – Modelo actual Producción de Artículos Plásticos

Figura 18 – Cantidad media de moldes fabricados en 1 año

Figura 19 – Modelo Propuesto Producción de Artículos Plásticos

Figura 20 – Comparativo de Inversión según Impresora

Figura 21 – Comparativo de generación de viruta metálica en los 02 estados

Figura 22 – Comparativo de consumo de energía Estado Actual vs Estado Futuro

Figura 23 – Comparativo de tiempo de fabricación

Figura 24 – Comparativo del costo por artículo plástico de un molde metálico y un molde de fabricación aditiva

Figura 25 – Evaluación económica de la implementación del proyecto - 05 años

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Evaluación de Desempeño Medio Ambiental

Tabla 2 – Indicadores de Desempeño

Tabla 3 – Indicadores de Desempeño a evaluar

Tabla 4 – Presupuesto de Actividades

Tabla 5 – Ponderación de causas detectadas

Tabla 6 – Cantidad media de moldes fabricados en 1 año

Tabla 7 – Comparativo Impresoras 3D

Tabla 8 – Comparativo de Inversión por cada propuesta de Impresora

Tabla 9 – Estado Actual: Desperdicios - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva

Tabla 10 – Comparativo de generación de viruta metálica en los 02 estados

Tabla 11 – Estado Actual: Consumo de energía - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva

Tabla 12 – Estado Futuro: Consumo de energía - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva

Tabla 13 – Comparativa de consumos de energía anual para la producción con molde de inyección chico – estado actual vs estado futuro

Tabla 14 – Estado Actual: Tiempo de producción y entrega - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva. Lote 2000 unidades.

Tabla 15 – Estado Futuro: Tiempo de producción y entrega - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva. Lote 2000 unidades.

Tabla 16 – Comparativo en tiempo de fabricación lote 2000 unidades – estado actual vs estado futuro

Tabla 17 – Cálculo del costo de Producción de 1 molde por fabricación aditiva

Tabla 18 – Comparativo Costo de molde Estado Actual vs Estado Futuro

Tabla 19 – Indicadores de variables desperdicio metálicos y consumo de energía

Tabla 20 – Indicadores de variables tiempo de atención y costo de producción

Tabla 21 – Precios de Impresoras e Insumos

Tabla 22 – Costo de producción de molde pequeño

ANEXOS

Anexo 1 - Cotización Impresora Form 3L

Anexo 2 - Costeo Fabricación Aditiva de Molde de Inyección

Anexo 3 - Cotización de Moldes por el Proveedor

Anexo 4 - Especificaciones Técnicas Form 3L

Anexo 5 - Cálculo de Tiempos de Fabricación (Molde Chicos y Lote de 2000 und Plásticas)

Anexo 6 - Datos necesarios para estado de resultados y cálculo de WACC

Introducción

Los problemas ambientales que existen actualmente son asociados a la calidad ambiental referente a: Calidad de agua potable segura, ecosistemas que sean saludables, comida sana o segura, comunidades libres de sustancias tóxicas, administración segura de las sustancias tóxicas, entre otros. Según Torres (2014), la industria de producción tal y como la conocemos ha llegado a su fin, ya que actualmente, existen avances en las prácticas de manufactura para lograr una producción eficiente y la administración de consumo ecológico de recursos.

En el presente trabajo de investigación describiremos cómo la Integración Vertical mejora el desempeño medioambiental de la cadena de suministro de una empresa mediante la incorporación de la fabricación aditiva o comúnmente conocida como impresión 3D.

Esta es una técnica de desarrollo sostenible para el Green Supply Chain Management aplicado a una pyme de producción del rubro de plásticos. Relacionamos los puntos de Green Supply Chain Management y sostenibilidad para brindar una solución a un proceso de contaminación que se presenta en la cadena de la empresa. En su estructura, esta compañía cuenta con proveedores tanto formales e informales y una pequeña red de distribución que forman parte de su cadena de suministro. Cada actor de la cadena brinda información a otro con el fin de mejorar la eficiencia global, en la medida que los datos entregados sean los correctos.

Adicionalmente, explicaremos una técnica de solución enfocada en el proceso de elaboración de moldes para la producción en masa de los productos de la empresa, que es la fabricación aditiva. Según la literatura, esta técnica es una alternativa rápida y de costo bajo en comparación a las técnicas de producción sustractivas convencionales utilizadas desde hace muchos años. Esta nueva técnica de manufactura permite crear y diseñar herramientas, instrumentos y estructuras de alto nivel de especialización, además, estas pueden ser elaboradas por una amplia variedad de materiales. Existe un gran interés por la utilización de esta tecnología que influye de manera positiva en las organizaciones.

Por todo lo mencionado, Según Amelia Ortiz G. (2019) “Una de las grandes ventajas de esta tecnología es que permite compartir fácilmente los recursos desarrollados con otros grupos o individuos, facilitando el acceso de investigadores en países en desarrollo o regiones pobres a herramientas y dispositivos en ocasiones muy caros pero que pueden ser impresos en 3D con un coste muy inferior y además con características específicas más ajustadas a sus necesidades

concretas. Es pues, una forma de dotar a laboratorios del tercer mundo de herramientas que les ayuden a progresar y participar en el campo de las investigaciones científicas” (pág. 2).

Una de las técnicas de manufactura tradicionales es el moldeo del plástico por inyección. Esta forma de producción es rápida y aprovecha la automatización de los equipos que se utilizan en el proceso. En la actualidad, esta técnica es muy utilizada por muchas organizaciones, incluida la empresa que se ha escogido para el desarrollo de este trabajo.

Ambas técnicas de manufactura (Impresión 3D y moldeo por inyección) tienen similitudes, como variedad de tipos de plásticos que se pueden utilizar, elaborar productos para distintos rubros (salud, alimentos, construcción, etc.).

La manufactura por inyección tiene mucho tiempo como técnica de transformación del plástico. Este proceso consiste en inyectar el plástico en una aguja tipo boquilla: empujar el plástico (derretido a alta temperatura según el tipo de insumo) a través de un agujero hasta una cavidad con una forma determinada.

La impresión 3D trae diversas ventajas que pueden servir de apoyo a la manufactura por moldeo de inyección. Un ejemplo claro es la elaboración, por impresión 3D, de moldes para procesos de inyección, ya que la fabricación de los moldes convencionales (fabricados de acero) son costosos dependiendo del tamaño y los detalles del producto y tienen tiempos prolongados de manufactura.

Capítulo I: Planteamiento del Problema

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Es cada vez más expandida la responsabilidad para con el medio ambiente en las organizaciones y se vuelve el paradigma a seguir el convertirse en una organización consciente de su impacto ambiental y los efectos que sus operaciones pueden traer al entorno en el que se desenvuelven. Es aún más crítico si se adopta una visión más holística divisando el impacto medioambiental que tiene toda la cadena de suministro de los productos que son elaborados por las compañías. En este sentido, cobra relevancia el concepto de Green Supply Chain Management que se caracteriza por la búsqueda de la ecoeficiencia a lo largo de una cadena de suministro.

Esta transferencia hacia prácticas verdes en la industria de producción y/o manufactura suele darse por dos importantes motivadores: los consumidores cada vez están prefiriendo empresas que opten por estos cambios amigables al medio ambiente, y regulaciones por parte de estado, industria, entre otros. A nivel global, el mundo observa grandes eventos como el Pacto Climático de Glasgow, que busca luchar contra el cambio climático producto del uso y explotación del carbón, donde además se ofrece apoyar económicamente a países en desarrollo para ayudarlos a adaptarse al cambio climático (BBC News Mundo, 2021). Además, en el Ranking de Sustentabilidad 2021 “la temperatura medioambiental de América Latina” presentado por América Economía (2021) Perú se encuentra en el sexto lugar cuando se comparan una serie de factores, sin embargo, es preocupante que se considere el país con mayor cantidad de desastres ambientales no naturales.

Adentrándonos en Perú, Lozano (2021) indica que en nuestro país “el aspecto ambiental ha cobrado gran relevancia en el desarrollo económico y cada vez más empresas se alinean con objetivos de conservación del medioambiente para el desarrollo de sus operaciones, es decir, buscan sostenibilidad”. A su vez, el Ministerio de la Producción (Produce) promoverá a sectores industriales con alto aprovechamiento de residuos que puedan generar una economía circular (Lozano, 2021). Por otro lado, se destaca la importancia de la aplicación de las normas técnicas en apoyo a la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas de forma inclusiva, como es la aplicación de variedad de ISO que garanticen la preservación de los recursos naturales mediante el fortalecimiento de las cadenas de valor (El Peruano, 2021).

En particular en el caso de estudio la empresa se dedica al servicio de transformación de plástico mediante la técnica de moldeo por inyección con la que se producen productos de hasta 1 kg y en la que se emplean moldes de diversas dimensiones que pueden llegar a pesar 2 toneladas. En su cadena de suministro, en particular en los eslabones que incluyen a sus proveedores y sus propios procesos productivos, la obtención de los productos finales de piezas plásticas deja un impacto ambiental considerable debido a la emisión de diferentes agentes contaminantes como, metales pesados (virutas) y también por el consumo energético proveniente del uso de las maquinarias para la fabricación de los moldes metálicos y de la propia técnica de moldeo por inyección.

La empresa como tal, identificó la necesidad de mejorar el desempeño medioambiental, como explica Romero (2009) existen diferentes beneficios referidos a tener una cadena verde como es el prestigio que logra una empresa en temas ambientales, ahorro en tiempo, menor consumo de energía y desperdicios. Además, la empresa busca anular la dependencia del tiempo en construcción de un molde, por lo que se determina que el bajo control de la cadena supone un problema más, como menciona Rha (2010) el tener una mejor visión y manejo de la logística implementando una cadena verde genera competitividad y mejora el desempeño ambiental de la empresa.

Uno de los puntos claves en la cadena de suministro es el diseño, manufactura, prueba y producción de los moldes metálicos para la fabricación de las piezas plásticas. Este elemento es crítico para poder iniciar los trabajos de producción y tiene implicancias en el impacto ambiental como en la eficiencia del proceso productivo. En la actualidad, estos moldes son producidos mediante procesos de fabricación sustractivos por proveedores a nivel nacional e internacional dependiendo de las características de los mismos. Como impacto medioambiental se debe señalar el alto consumo energéticos de los procesos sustractivos (desbaste, fresado, rectificado, etc.) y la generación de desechos metálicos en forma de viruta (que para su reutilización demandan gasto energético para su reproceso). Una implicancia adicional es la eficiencia en términos de tiempo del proceso productivo ya que si es encargado a un proveedor local el tiempo de demora promedio hasta obtener el molde es alrededor de un mes y a un costo elevado.

Ante esta problemática surge como alternativa la implementación de una estrategia de integración vertical apoyada en el proceso de fabricación aditiva de los moldes mediante la técnica SLA. Esta tecnología viene siendo empleada ya en los procesos de moldeo por

inyección gracias a la innovación en resinas con las que se consiguen piezas (moldes) de alta resistencia a la rotura por tracción del orden de los 65 MPa y un módulo de tracción de los 10 GPa como es el caso de la RIGID 10K RESIN. Esta tecnología fue seleccionada luego de un comparativo de inversión con otras opciones como se verá más adelante en el estudio.

Se espera que con la inserción de la fabricación aditiva se mejore el desempeño medioambiental de la cadena de suministros de la empresa focal y también se obtenga una evaluación positiva en cuanto al nivel de servicio e indicadores de tiempo y costo en la atención de los pedidos de sus clientes.

Finalmente, es propicio señalar que la implementación de una solución de manufactura aditiva traería un cambio de paradigma gracias a la reducción en tiempo para la obtención de los moldes y el soporte al cliente en el diseño de estos y la flexibilidad para la producción de volúmenes variados de artículos plásticos.

1.2. Justificación de la Investigación

1.2.1. Ecológico

En el Perú como menciona Lozano (2021) cada vez las empresas buscan como objetivo, estar alineados a lograr un desempeño ambiental debido a que reconocen la relevancia y los beneficios tanto económicos como la sostenibilidad lograda al implementar cambios que apuntan hacia una cadena de suministro verde.

En este plano, para la presente investigación resulta de interés recabar información acerca del estado actual de la empresa tomando en cuenta factores medioambientales como el consumo de energía, generación de desperdicios y tiempo de fabricación, de esta manera averiguar si la propuesta de uso de la tecnología de fabricación aditiva como un nuevo método de fabricación de moldes genera un impacto positivo en el desempeño medioambiental y sirva como un precedente para la aplicación en la industria de plástico a nivel nacional.

1.2.2. Práctica

El estudio tiene una implicancia práctica para la empresa focal ya que en la actualidad tiene problemas en cuanto al desempeño medioambiental de su cadena de suministros. En particular derivados de la obtención de uno de sus principales insumos que son los moldes metálicos, claves para el proceso productivo de moldeo por inyección.

Uno de los indicadores que se identificó como impacto sobre el medioambiente es el consumo de energía medido en kWh para la elaboración de molde chico, en el estado actual para la construcción de este molde se tiene un consumo de energía promedio anual de 9000 kWh tomando en cuenta una cantidad de 12 interacciones al año.

Otro indicador para tratar es la cantidad de desperdicio que se produce en la construcción de un molde chico, en promedio el porcentaje de desperdicio es de 15% (viruta) del peso de las piezas inicial que serán moldeadas para obtener el molde metálico. Es preciso señalar que esta viruta es vendida a terceros para su reproceso.

El tiempo de producción y entrega de un molde chico también se describe como un indicador, para el estado actual la duración promedio es de 28 días en total más 4 días para la fabricación de 2000 unidades con un promedio total de 32 días desde el requerimiento del cliente y la entrega de las unidades.

Se espera que con la investigación se pueda evaluar un potencial efecto directo en la reducción de los indicadores mencionados previamente con lo que se pueda mejorar el desempeño medioambiental de la cadena de suministro estudiada y esto motive a la empresa focal a considerar la incorporación de este proceso productivo aditivo de moldes en su planta.

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Temporal

En los últimos años, las empresas u organizaciones están tomando mayor conciencia respecto al impacto ambiental que causan sus actividades, sino desde la perspectiva de toda su cadena de suministro. Esta corriente está tomando acogida en la mayoría de empresas que producen bienes, sin embargo, hay organizaciones que prestan servicios como DHL que está logrando la sustentabilidad en todos sus procesos. Por ello, se considera importante que se

aplique este conocimiento a las empresas en nuestro país para que se tome conciencia respecto a los impactos positivos que puede ser aplicar el concepto green supply chain management. Para lograr la aplicación en esta pequeña empresa, se considera importante la información de la cadena de suministro del año 2020.

1.3.2. Espacial

La empresa realiza sus operaciones en Perú y tiene reconocimiento en Lima Norte en nivel de pequeñas empresas. Pertenece al rubro industrial de plásticos, su actividad principal es la transformación del plástico, para lo cual trabaja bajo pedido de acuerdo con los requerimientos de sus clientes. El servicio de producción por moldeo de inyección que ofrece es de alta calidad y a precios accesibles. Ejerce una segunda actividad productiva la cual es la fabricación de moldes.

1.3.3. Contenido

La búsqueda de información para la investigación se va a centrar en los beneficios del GSCM, así como las distintas aplicaciones que tiene de acuerdo con el rubro empresarial, y la utilidad de la integración vertical a la cadena de suministro, todo esto con el fin de encontrar oportunidades para su aplicación dentro de la empresa. A la par, vamos a ahondar en la fabricación aditiva como medio tecnológico para mejorar el desempeño medioambiental y aproximarnos más a una cadena de suministro verde, sus características y bondades.

Las fuentes que se analizaron en el siguiente capítulo, y que van a servir como base del trabajo de investigación son en su mayoría artículos de revistas científicas o de ingeniería, tesis, u otros trabajos de investigación aplicativos.

Para efectos del presente trabajo, vamos a centrar nuestra propuesta en mejorar la parte del suministro de moldes mediante la integración vertical, ya que los mismos suelen ordenarse de a proveedores locales.

Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

A continuación, se brindará un resumen de los antecedentes de investigación que se revisaron para el desarrollo del trabajo. Para ello, se utilizó una estructura de problemática, metodología y solución.

2.1.1. La cadena de suministro verde: su importancia e integración en las organizaciones contemporáneas

Autor: González, José Luis

Problemática:

La cadena de suministro es no sólo algo necesario en cada negocio, hoy en día se convierte en un punto estratégico para el logro de objetivos. A su vez, existe a nivel global una constante presión al cambio y previsión de la optimización de recursos internos y externos. Por ende, se quiere enseñar la importancia de contar con una cadena de suministro verde, y la integración de la misma a través de toda la organización.

Método:

Se busca conceptualizar los términos que forman parte de la investigación, y comparar sus funcionalidades entre sí. Además, analizan los aspectos críticos que permiten obtener su integración de manera efectiva.

Resultados:

Concluyó que es necesaria para las compañías una migración y la adaptación hacia este tipo de cadenas de suministros, debido a que no solo se contribuye con el medio ambiente, sino que ayuda a mejorar la eficiencia de los recursos y procesos actuales, ya que se desarrolla una logística orientada a la compra de materiales reutilizables. También plantea que una cadena verde no está centrada solamente en el producto final, implica además un cambio en la cultura de la organización ayudada por el departamento de Recursos Humanos el cual juega un papel clave ya que la sostenibilidad es un complejo tema e involucra mayor cantidad de gente, nuevas

políticas y una visión distinta, esto se puede difundir más rápido y de manera eficaz con ayuda de esta área.

2.1.2. Integración de los elementos de la gestión del suministro en la planificación estratégica y sostenibilidad de la cadena de suministro del café peruano

Autor: Ramos, Edgar

Problemática:

Se menciona que en la actualidad hay un aumento de demanda del café peruano, lo que lleva al crecimiento de estas empresas, pero también a que enfrenten retos en su gestión, destacando la volatilidad por variaciones de producción y consumo, y problemas ambientales. En la etapa productiva del café se ven involucradas zonas de la selva de Perú, donde trabajan múltiples pequeños productores, que se asocian en cooperativas para lograr mejores precios, compartir actividades y costes de acopio, almacenaje y despacho. En este contexto se genera la "paradoja del café", donde las multinacionales o intermediarios se quedan con el 80% de las ganancias, por otro lado, los productores y proveedores ganan lo mínimo, pero ellos son los encargados de entregar calidad y rendimiento operativo.

Método:

Se generan diversas hipótesis respecto a la integración de los elementos de la cadena de suministros, y cómo estrategias de agilidad y flexibilidad contribuyen a los resultados. Se determinan las variables, su forma de medición, y se analizan fuentes bibliográficas de las mismas. Los resultados se obtienen a través de encuestas.

Resultados:

La integración del proveedor obtuvo los coeficientes de 66.6% para la flexibilidad organizacional de la cadena de suministros, por lo que es considerada aceptable y se comprueba la hipótesis planteada. Se concluye que una mayor flexibilidad de la red de proveedores apoya a responder a imprevistos de forma oportuna, facilita la integración de la red de clientes, y contribuye al logro de resultados operativos en la cadena de suministro.

2.1.3. Beneficios y debilidades ambientales de los procesos de fabricación de aditivos en el sector empresarial. Agentes Clave que influyen en el impacto ambiental de las tecnologías de fabricación digital

Autores: Uriarte, Naiara; Landeta, Beñat; Arana, Germán & Laskurain, Iker

Problemática:

No se encuentran en la literatura muchos estudios respecto a las implicaciones medioambientales de estas técnicas de fabricación aditiva. Aquellos pocos estudios se enfocan en investigaciones de laboratorio. Uno de los aspectos resaltados cuando se abordan los potenciales efectos medioambientales de la FA es el elevado consumo de energía de estas técnicas respecto a la fabricación por mecanizado y moldeo por inyección que según Kellens et al. es de una a dos veces mayor (citado en Uriarte, N, et al. 2020). No obstante, se debe mencionar que algunas técnicas como el Fused Deposition Modelling (FDM) logra generar un impacto medioambiental más bajo por pieza. Asimismo, Serre et al. indica que su método de depositado mediante energía dirigida (Laser Cladding) logra un impacto 70% inferior que el mecanizado convencional y que este impacto se basa en un 90% por el gasto energético para la elaboración de polvo metálico.

Método:

En un estudio con 4 empresas (2 que emplean materiales plásticos y otras 2 que emplean materiales metálicos) que emplean la FA entre sus procesos productivos los investigadores exploraron las implicaciones medioambientales de los procesos de fabricación aditiva en materiales plásticos y metálicos.

Resultados:

En particular y para efecto del presente estudio se presenta la siguiente tabla que muestra los resultados de una entrevista en los que se les pidió al personal de diversas áreas de las 02 empresas que emplean materiales plásticos (especialistas técnicos de diseño y desarrollo, personal de mantenimiento y reparación, de compras y ventas, y de producción) que valoraran empleando una escala Likert (1 a 5) el grado de conformidad con algunas afirmaciones sobre el desempeño medioambiental de la FA.

Tabla 1

Evaluación de Desempeño Medio Ambiental

Desempeño medioambiental	Grado de conformidad	
	Alpha	Beta
Mayor demanda de energía específica	1	2
Mayor impacto ambiental de la etapa de fabricación	1	1
Mayor necesidad de estructuras de apoyo	5	4
Menor producción de residuos	3	3
Mayor eficiencia de los materiales	4	5
Mejora de operaciones de re-procesado	3	4
Reducción de peso del producto	5	5

Nota. Escala 1 totalmente en desacuerdo – 5 totalmente de acuerdo. Tomado de "Beneficios y debilidades de los procesos de FA de productos plásticos en comparación con los procesos de fabricación convencionales" por Uriarte-Gallastegi, N, et al. 2020, Beneficios y debilidades medioambientales de los procesos de fabricación aditiva en el sector empresarial. Agentes implicados en el impacto medioambiental del uso de tecnologías de fabricación digital. 95 (6). 587-590. Copyright 2020 por DYNA.

Otro aspecto importante con respecto al impacto ambiental es el uso de materiales. Se puede mencionar que puede haber un beneficio por un ahorro en material gracias a la mejora en los diseños y la reducción de mermas. Sin embargo, en este punto el tipo del material condiciona el nivel de impacto en el medio ambiente del artículo que se produce. Entre los más usados se encuentra el PLA que tiene implicancias medioambientales con respecto a sus materias primas ya que se requieren 2,65 kg de maíz para elaborar 1 kg de PLA y la dificultad de utilizarlo por su proceso de conversión en grano y posterior procesado para generar el filamento. Otro material como el ABS proviene de sustancias derivadas del petróleo cuyo origen es no renovable, aunque puede ser recuperada y reciclada. Algo complementario a lo mencionado con respecto a los materiales es la posible reducción del tiempo de vida de los productos fabricados con esta tecnología, pues sus materiales son fotopolímeros con diversas composiciones lo que genera que los artículos sean sensibles a la luz y que con el tiempo cambien sus propiedades.

2.1.4. Caracterización mecánica a flexión de materiales compuestos con matriz fotopolimérica reforzados con fibras de abacá y cabuya mediante impresión 3D

Autores: Llanes, Edilberto; Peralta, Diana; Pucha, Marco & Rocha, Juan Carlos

Problemática:

La investigación habla acerca de dos tipos de fibras naturales (el abacá y la cabuya como elementos de refuerzos) y un elemento fotopolimérico como matriz para la fabricación del compuesto. Este compuesto sirvió como base para la fabricación aditiva de probetas de flexión mediante impresión 3D como prueba, la cual serviría para extrapolar este material en la fabricación de autopartes.

Resultados:

Concluyeron que los materiales compuestos formados por poliéster y materiales bases como los polímeros biodegradables y resinas presentaron menos características mecánicas de flexión a comparación del material investigado que estaba compuesto y reforzado con fibras de abacá y cabuya los cuales utilizaron para la impresión 3D. De esta manera también se contribuye al medioambiente, debido a que se utiliza en forma adecuada las fibras naturales con mejores propiedades mecánicas para su aplicación en la fabricación.

2.1.5. Evaluación de la impresión 3D como método alternativo en la producción de piezas de reguladores de gas

Autores:

Gutierrez, Julieta; Lucioni, Juan; Juárez, María del Pilar; Eliggi, Gianfranco & Posadas, Santiago

Problemática:

Las industrias que cada vez se desarrollan más han logrado que la impresión 3D como técnica de manufactura crezca de manera exponencial, actualmente siendo considerada de “potencial infinito”. Los procesos actuales no permiten personalización masiva, y se tienen piezas de costos altos y manejo de tiempos lentos. Es por ello por lo que se estudiará la

viabilidad de reemplazar métodos de fabricación convencionales de piezas de un regulador de gas por impresión 3D, y su impacto en la productividad, costos y funcionamiento.

Método:

Primero se realiza la búsqueda de literatura sobre impresión 3D y sus experiencias previas de uso en otras piezas del entorno industrial. Luego del análisis de las tecnologías de manufactura activa disponibles, se evaluaron los materiales que pueden usarse con cada tecnología. Se mantuvo un foco en el diseño de un estudio estadístico y el control de calidad para el análisis de las piezas luego de la producción, estudiando la viabilidad de incorporarlas.

Resultados:

Una de las principales ventajas de la manufactura aditiva es la versatilidad, ya que se puede comenzar a producir una nueva pieza o cambiar el diseño de esta, con muy bajo costo a diferencia de lo que se invierte en matrices metálicas costosas como en el caso del moldeo por inyección de polímeros o moldes para fundición de aluminio.

2.1.6. Cómo la tecnología cambia las reglas del juego: conocimientos del sector de la construcción que exploran la tecnología de impresión 3D

Autores: Kothman, Ivo & Faber Niels

Problemática:

Se investiga cómo las tecnologías disruptivas impactan el desarrollo ecológico de la cadena de suministro en el sector construcción. En concreto, la impresión 3D de hormigón. Con tecnologías disruptivas hacen referencia que aquella tecnología es capaz de alterar los mercados, innovando los negocios y las reglas del entorno, y formando un vínculo entre las preferencias del mercado y las necesidades de los clientes. Adaptándolas, se logra:

- Mejorar el desempeño ecológico del negocio
- Redistribuir los puestos de trabajo entre los empleados, generando un cambio de roles y habilidades
- Democratización continua del uso y acceso a tecnologías disruptivas.

Los autores indican que proporcionan mejoras de rendimiento en comparación con las tecnologías existentes, como son la reducción de los plazos de entrega, la integración de funciones y la posibilidad de reducir el uso de material, posiblemente volviendo obsoletos los pasos de producción dentro de la cadena de suministro y reduciendo los esfuerzos logísticos y de producción. Además, las tecnologías disruptivas impactan potencialmente en el desempeño ecológico de la cadena de suministro ya que mejora el performance en comparación con tecnologías existentes.

Método:

Se estudia la viabilidad e impacto de la tecnología de impresión 3D.

Resultados:

La mayor ventaja que se menciona en específico de la impresión 3D como tecnología disruptiva es la posibilidad los roles de consumidor y productor, ya que hay un acortamiento de la cadena de suministro, y una integración de procesos de valor agregado y digitalización de la cadena productiva. Luego, respecto a la impresión 3D de hormigón, indica que puede ser revolucionario para la industria de construcción ya que al tratarse de impresión in situ la materia prima se moldearía directamente en la construcción, sin necesidad de moldes de madera como el hormigón normal, permitiendo individualizar un costo adicional marginal, reducir el tiempo de comercialización, y construir de manera más rápida y barata. A su vez, requiere menos elementos de transporte. Para los arquitectos, enfatiza como ventajas que se puede enseñar al consumidor la representación final para evaluar el diseño, y cualquier cambio puede implementarse directamente desde autoCAD.

Figura 1

Cadena de suministros potencial de impresión 3D de concreto

Nota. Tomado de Potential supply chain of 3D printing of concrete, de Kothman & Faber, 2015 (www.researchgate.net).

Concluyen que solo se puede lograr una "verdadera" cadena de suministros sostenible si todas las partes involucradas colaborar con este objetivo.

2.1.7. Oportunidades para fabricación aditivas para optimizar el diseño del producto

Autores: Oriozabala, José; Espinosa, María del Mar & Dominguez, Manuel

Problemática:

En el contexto actual, si bien se viene expandiendo cada vez más rápido la adopción y ampliación de la aplicación de la FA en la industria, se puede observar una brecha en la inserción a la producción en masa. Para esto se requiere aún un mayor desarrollo en la variedad y una mejora en las propiedades mecánicas y térmicas de los materiales y que permitan una reducción en los costos de fabricación.

Método:

Se revisan diversas fuentes bibliográficas sobre la manufactura aditiva.

Resultados:

Una mayor expansión de la utilización de la fabricación aditiva implica un gran cambio en el paradigma actual caracterizado por una producción en masa en determinados puntos geográficos a una fabricación más personalizada y cercana al usuario final (distribución

geográfica), agregando valor al proceso y consumidor. Al respecto Huang, P. menciona que la FA puede tener injerencia en la reducción del impacto sobre el medioambiente de las cadenas productivas, ya que favorece la reducción de la demanda de transporte y embalaje al poder fabricar más cerca de la demanda real. (como se citó en Oriozabala-Brit, J. et al. 2016) A esto se le suma una reducción de los inventarios de materias primas y productos terminados al pasar a una fabricación bajo pedido.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Desarrollo Sostenible

Rivera-Hernández (2017) identifica que el término “desarrollo sostenible” es más utilizado por investigadores y profesionales de las ciencias sociales, económicas y políticas, enfocando o tomando mayor importancia en el “desarrollo”, el cual debe tener la característica de sostenido o sostenible para que funcione el sistema de producción de manera eficaz el cual debe ser orientado a cuidar y aprovechar de manera eficiente los recursos naturales.

La ONU (2017) adoptó un conjunto de objetivos globales con metas específicas que deberán alcanzarse en los próximos 15 años para fomentar el desarrollo sostenible, erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad de todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Los objetivos son: Fin de la pobreza, Hambre cero, Salud y bienestar, Educación de calidad, Igualdad de género, Agua limpia y saneamiento, Energía asequible y no contaminante, Trabajo decente y crecimiento económico, Industria, innovación e infraestructura, Reducción de las desigualdades, Ciudades y comunidades sostenibles, Producción y consumo responsable, Acción por el clima, Vida submarina, Vida de ecosistemas terrestres, Paz, justicia e instituciones sólida, Alianzas para lograr los objetivos.

Como señala el objetivo nueve “Industria, innovación e infraestructura” se tiene como meta modernizar las industrias, promover la utilización de tecnologías, procesos industriales limpios y enfocarlos a cuidar el medio ambiente, así como a el uso eficiente de los recursos, de esta manera ligar el crecimiento económico industrial y disminuir el impacto medioambiental y social.

2.2.2. Green Supply Chain Management

Gómez (2011), indica que la Cadena de Suministro de una empresa facilita el incremento de la productividad y eficiencia de sus operaciones y relaciones en el contexto competitivo, en donde, el conjunto de empresas que la conforman comparte flujos de información, productos y dinero con el objetivo de satisfacer al cliente final. Según Torres & Escalante (2016), expone que la cadena de suministro es un grupo de empresas (proveedores tradicionales, proveedores financieros y de logística, clientes y una empresa focal) que interactúan entre sí con el objetivo de satisfacer a un cliente a través de un producto o un servicio.

Gonzales (2019), afirma que para que una compañía tenga participación nacional e internacional, en un mercado cambiante con problemas sociales y económicos necesita que los procesos de una cadena de suministro se adapten a los diferentes modelos con orientación sustentable con el objetivo de obtener beneficios medioambientales, entorno laboral, así como un medio para la generación de ahorros y posicionamiento en el mercado.

Por ello, la definición de cadena de suministro verde según Torres (2014) "Reverdecer una cadena de suministro es "integrarle pensamiento medioambiental, incluyendo el diseño del producto, la selección y el abastecimiento de los materiales, los procesos de fabricación, la entrega del producto final al consumidor, así como la gestión al fin de la vida del producto". También implica la incorporación del reciclaje y la reutilización en el proceso de producción, reduciendo así el impacto ambiental total desde el inicio hasta el término de la cadena, y también desde el principio hasta el final del ciclo de vida del producto" (pág. 44).

Gonzales (2019), sostiene que aplicar un enfoque de Cadena de Suministro Verde ayuda a poder mediar con las presiones sociales, ambientales y económicas de una empresa. Según el autor, se puede implementar de manera correcta en los procesos de: Almacenes sustentables, Compras sustentables, Empaques ecológicos, Medición de Huella de Carbono, Reducción de desperdicios, Rediseño de transporte, Prácticas sociales para la mejora continua.

La importancia de poder adoptar una cadena de suministro verde es abordada por varios autores. Así, Srivastava (2007) menciona que se convierte en una iniciativa competitiva, ya que se pueden ahorrar recursos, eliminar desechos y mejorar la productividad mediante su adopción; y sugiere 3 enfoques: reactivo (se comprometen los mínimos recursos en la gestión ambiental, por ejemplo, etiquetando productos reciclables), proactivo (se adelantan a las normas

ambientales, y realizan compromisos de recursos para, por ejemplo, empezar a diseñar productos ecológicos) y búsqueda de valor (las empresas ponen en marcha variedad de actividades ambientales, implementan normas ISO, y optan por lo ecológico como estrategia).

El impacto que tiene una Cadena de Suministro Verde en las organizaciones, según Gómez (2011) & Juárez (2020), se da en las áreas de:

- Aprovisionamiento: impacta directamente en la compra de materias primas y equipos, para poder desarrollar una cadena verde en este punto, se puede realizar una búsqueda y selección eficiente de los proveedores (certificados), diseño de productos para la reducción de costos e impactos medioambientales.
- Producción: En este punto el autor, indica que una empresa debe tener la capacidad de poder incluir el proceso de remanufactura (es decir, poder usar materiales reciclados y/o biodegradables en las operaciones) y tener mucho cuidado en el control de calidad con el objetivo de poder reducir recursos como la energía.
- Distribución: Impacta en los procesos de transporte (terrestre, aéreo, férreo y fluvial), ya que ellos generan un agente contaminante del medioambiente que es el CO2, por lo que, si se desea implementar una cadena de logística verde en este proceso, la empresa, debe diseñar redes de distribución (proveedores cercanos) y políticas de inventarios para reducir el impacto en la cantidad de energía, uso de materias primas y contaminación del ambiente (reducción de kilómetros en transporte y optimizar las cargas que cada camión transporta).
- Logística inversa: Proceso enfocado en poder gestionar de manera adecuada el retorno de producto a la cadena de suministro, como, por ejemplo: Reciclaje, remanufactura, que permite a la organización crear valor agregado relacionado a ingresos económicos y funcionales.

Según Gómez (2011), en su literatura menciona, algunas buenas prácticas para poder lograr el desarrollo adecuado de una Gestión de Cadena de Suministro Verde:

- Desarrollar y mantener una adecuada colaboración y comunicación entre los agentes involucrados en la cadena de abastecimiento, para lograr una gestión adecuada de los retornos de los productos, materias primas reutilizables y mejorando el proceso de diseño de productos y/o procesos.

- Reducir el consumo de materias primas contaminantes, prácticas empresariales que hagan uso adecuado de los recursos naturales mediante la planificación y desarrollo de actividades medioambientales que involucren a los agentes de la cadena de suministro.
- Hacer uso de la tecnología (equipos, procedimientos de operación, diseño de productos) para limitar o reducir el impacto negativo en el ambiente.
- Desarrollar productos con diseños e innovaciones que sean amigables con el medioambiente respecto a funcionalidades y materias primas, reducción el ciclo de vida del desarrollo de producto.
- Contar con un sistema de medición de desempeño vinculado a la Gestión de Cadena de Suministro que mida: costos, calidad, tiempo y flexibilidad para un mejor control de los Indicadores de Gestión.

2.2.3. Iso 14031

Según ISO (1999) esta norma se apoya en lo requerido por la norma ISO 14001 y en las orientaciones que se dan en la ISO 14004, la cual aborda las directrices generales que debe cumplir una organización para alcanzar los resultados que logren un mejor sistema de gestión ambiental. El objetivo de esta norma es la evaluación del desempeño ambiental (EDA) de la empresa y verificar que esta cumpla los criterios establecidos (KPI), una empresa que implemente un sistema de gestión ambiental mide el desempeño basándose en políticas, metas, objetivos y diversos criterios medioambientales de desempeño. Por otro lado, una empresa que carezca de este sistema puede utilizar la evaluación de desempeño ambiental partiendo de la identificación de sus aspectos ambientales, identificar qué aspectos son claves, determinar cuáles son los criterios a evaluar y la propia evaluación.

La EDA se puede aplicar en cualquier tipo de empresa indiferente de su tamaño y se puede utilizar esta EDA para implementar otras técnicas y herramientas pertenecientes a las normas ISO 14000 referentes a la gestión ambiental o utilizar la norma 14032 de manera independiente, además el proceso de EDA es continuo en recopilación y evaluación de información actual del desempeño.

Los pasos que se siguen en el proceso de EDA son “Planificar - Hacer - Verificar - Actuar”, estos pasos se utilizan para comparar el desempeño pasado con el presente.

- Planificar: En este paso se seleccionan los KPI, pueden ser actuales o los que se vayan a medir luego en la evaluación.
- Hacer: Se recopila información acerca de los KPI, se analiza la información que describa el desempeño ambiental, se evalúa la información en comparación con los KPI y finalmente se comunica e informa a la organización acerca del desempeño conseguido.
- Verificar y Actuar: Se mejora la EDA según la revisión de esta.

Existen también 2 categorías generales de indicadores de la EDA

- IDAs o indicadores del desempeño ambiental, estos se dividen en dos tipos que son; indicadores del desempeño de gestión o IDG, los cuales informan acerca de la influencia que tiene el esfuerzo de la dirección de la empresa sobre el desempeño ambiental de las operaciones, para poder seleccionar los IDG más significativos se debe tomar en cuenta aspectos como, implementaciones de otros programas de gestión ambiental, acciones que toma la dirección de la empresa, la flexibilidad y capacidad de la empresa para afrontar las condiciones cambiantes enfocadas a la gestión ambiental, el cumplimiento de requisitos, regulaciones o leyes y por último los beneficios o costos financieros; e IDOs o indicadores de desempeño operacional, los cuales detallan el desempeño ambiental de las operaciones de la empresa, estos pueden ser identificados como los materiales que utiliza la cadena, los suministros, diseño o infraestructura y los productos terminados.

- ICAs o indicadores de condición ambiental, recopila información acerca de la condición ambiental en el entorno de la empresa, ayuda a la misma a entender cuál es el impacto real o potencial de sus actividades en el medio ambiente y de esta manera planificar mejor su EDA.

2.2.3.1. Indicadores para la medición de resultados de la implementación. Para la obtención de estos, se deberán recolectar datos que nos servirán para formar una base para la futura gestión medioambiental. (FOMipyme, s.f.). Estos indicadores permiten la evaluación y control de impactos ambientales. Las ventajas de la implementación de los indicadores son:

- Identificación de puntos débiles y potenciales de optimización

- Determinación de objetivos y metas ambientales cuantificables

- Documentación de mejora continua
- Comunicación del comportamiento medioambiental

Para plantear estos indicadores nos basamos en los propuestos de desempeño operacional indicados en las directrices de la norma ISO 14031, la cual propone una evaluación del desempeño ambiental de la empresa.

Tabla 2

Indicadores de Desempeño

Aspecto ambiental	Criterio de desempeño ambiental relacionado
Consumo de energía por molde	Reducir el consumo de electricidad utilizado en fabricación de molde (kW)
Nivel de desperdicio	Reducir el material desperdiciado en forma de viruta en el proceso de torneado y fresado para la construcción del molde (kg)
Consumo de combustible	Reducir el consumo de combustible para el transporte del molde (gl)
Nivel de emisión	Reducir la cantidad de emisión producida al transportar el molde (C02)
Consumo de refrigerante	Reducir el consumo de líquido refrigerante en utilizado (gl)
Cantidad de material reciclado	Aumentar la cantidad de material que puede reciclarse para crear el molde
Cantidad de material contaminante	Reducir el uso de material contaminante
Proporción de producto defectuoso	Reducir cantidad de moldes fabricados con defectos
Vida útil del producto	Aumentar la vida útil de los moldes

Nota. Se muestran los principales indicadores de desempeño medioambiental. Elaboración Propia

2.2.4. Integración Vertical

Según Tamayo (2007) se entiende por integración vertical a la estrategia de integrar nuevos procesos complementarios en la relación con un bien o servicio, por tanto se puede

integrar hacia atrás cuando se incorporan actividades que se encuentran por encima de la cadena de producción de la empresa, es decir la obtención de suministros o materia prima, este primer tipo de integración es beneficiosa debido a que se toma un mayor control sobre los suministros, minimiza el costo de producción y mejora el tiempo de abastecimiento y respuesta; por otro lado una empresa puede optar por la integración vertical hacia adelante, para desarrollar esta estrategia la empresa debe incluir las actividades que se encuentran debajo de la cadena como la distribución, transporte o comercialización del servicio o bien teniendo como objetivo de mejorar su acceso hacia el cliente y de esta manera conocer las necesidades por parte del consumidor.

Para integrarse verticalmente es importante tener en cuenta factores económicos que delimitan cuál es el mejor tipo para elegir dentro de esta estrategia, el factor de costos es un aspecto importante debido a que al integrarse la empresa controla internamente los costos de los bienes o servicios y evita que estos se vuelvan una amenaza para la empresa, otro factor es la disminución del poder de los proveedores debido a que al incluir el proceso de suministro para la empresa, esta puede producirlo de manera de manera más eficiente y personalizada, por último la verificación de la calidad del insumo se hace más visible dentro de la cadena.

2.2.5. Fabricación Aditiva

Esta tecnología fue una gran revolución a finales del siglo XX, ya que significaba grandes cambios para diferentes modelos de negocios en términos de alcance, economías de escala y social. A. Balbás, M. Espinosa, M. Dominguez (2018).

El aplicar esta tecnología sugiere una menor cantidad de desperdicios, adicional a la fabricación de piezas con geometrías muy complejas teniendo en cuenta que los costos no se ven afectados. A comparación de la tecnología sustractiva, este proceso puede requerir de varias operaciones, es decir, el uso de diferentes máquinas especializadas.

A. Balbás, M. Espinosa, M. Dominguez (2018), menciona que según la norma ASTM F2792-10, la fabricación aditiva es: "El proceso de unión de materiales para crear objetos desde un modelo 3D, la unión se produce usualmente capa tras capa, en contraposición a las tecnologías de fabricación sustractiva". Una vez, obtenida la pieza final en un programa, se puede proceder a la impresión de la pieza en: Polímeros (46%), Metales (40%), Arena (1%), Cera (2%), Cerámica (4%) y Composite (7%).

2.2.5.1. Técnicas de Fabricación Aditiva.

2.2.5.1.1. Impresión 3D.

Cubillos (2021), Nos dice que la impresión 3D es una tecnología que crea objetos sólidos en tres dimensiones desde un diseño que es asistido por computadora (no se requiere el uso de herramientas de corte o moldes), también se le conoce como fabricación aditiva debido a que el proceso va depositando sucesivas capas delgadas de material entre sí, generando al final un producto final. Para este tipo de impresiones se puede utilizar los siguientes materiales: plásticos, vidrio, metales, polímeros, ceras, mezclas de arena y pegamento, nylon, cerámica, material comestible e incluso tejido humano.

El proceso de fabricación está basado en 7 actividades secuenciales: Diseñar el producto en un programa que permita dibujar en 3 dimensiones, convertir el diseño en formatos AM. STL vs AMF, verificar el diseño antes de la fabricación, ajustar los parámetros de la máquina de acuerdo con las características y funciones internas, fabricar la pieza, limpiar y ordenar el lugar de trabajo, así como la pieza impresa, producto listo para su comercialización. Díaz (2018).

Conexión Esan (2019), aplicar la impresión 3D en la cadena de suministro de una organización tiene lo siguientes beneficios: Se optimizan los materiales que se utilizan y los desperdicios son reducidos considerablemente, impacta de manera positiva en la reducción de costos de inventarios ya que se produce según demanda reduciendo los riesgos de producción, el proceso de producción también se vuelve más rentable en términos de mantenimiento de maquinarias, otro beneficio adicional, es la personalización de los productos a fin de poder satisfacer a los consumidores finales así como el aumento en la rentabilidad de la empresa.

Según Çagri (s.f), la implementación de imprimir en 3D presenta las siguientes barreras: la demanda de energía es de 50 a 100 veces mayor que el moldeo por inyección en productos del mismo peso, lo que ocasiona altos gastos para la empresa. Con la tecnología que actualmente existe, la fabricación y dimensiones de los ítems está limitada a los espacios y diseños de cada impresora. En adicional, con esta nueva tecnología, las economías de escala no son viables y los tiempos de impresión son mayores a los de la fabricación tradicional.

A su vez, Singh & Raghuram (2017) menciona que la tecnología emergente de la impresión 3D puede ayudar a reducir los plazos de fabricación, y a satisfacer la demanda de los

clientes de manera más fácil y rápida. Las sobras se pueden reutilizar en la producción de un próximo lote, lo que hace que la cadena de suministros se ajuste a una estrategia JIT.

La evolución en las técnicas de impresión 3D ha permitido pasar de la elaboración de piezas con características físicas y geométricas limitadas a piezas funcionales con adecuadas características mecánicas y térmicas. Se pasó de este modo de un prototipado rápido a la fabricación aditiva. (Oriozabala-Brit, J., Espinosa-Escudero, M. y Dominguez, M., 2016)

No obstante, existen algunas características que nos indican cuándo es pertinente la aplicación de la FA los cuáles son la complejidad, el nivel de personalización y el volumen a producirse. Aquellos artículos que exigen alta personalización y bajo volumen son oportunos para la incorporación de la fabricación aditiva. (Conner como se citó en Oriozabala-brit, J. et al. 2016)

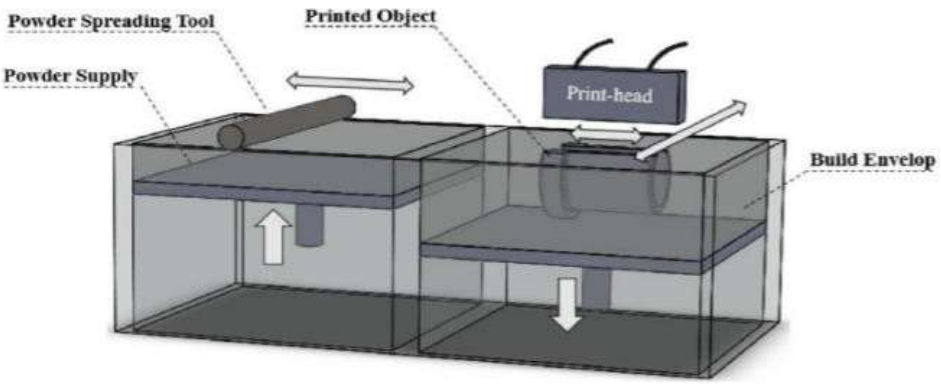
En este aspecto, la FA tiene múltiples beneficios como la reducción en costos y tiempos incurridos en el desarrollo de producto, reducción de costes de producción para productos únicos requeridos en bajo volumen, la disminución de componentes en el diseño de artículos y por ende la simplificación en su fabricación y montajes. (Uriarte-Gallastegi, N, 2020).

Desde el año 1984 en el que se dio a conocer la fabricación aditiva se han desarrollado múltiples de técnicas que conservando el mismo principio han innovado sus procesos para adaptarse para cubrir una amplia gama de materiales, dimensiones, tolerancias y complejidades en la manufactura de piezas. Entre estas técnicas se pueden diferenciar aquellas que se basan en añadir material y las que emplean el medio de fusión entre partículas. Según lo menciona Lago, J (2020) existen 7 categorías clasificados así por la UNE-EN ISO/ASTM 52900:2017: Inyección Aglutinante (BJ), Deposición Directa de Energía (DED), Proyección de Material (MJ), Fusión de Lecho en Polvo (PBF), Laminación, Fotopolimerización en cuba (VP), Extrusión de Material (ME). De las técnicas mencionadas se explorarán aquellas que permiten el uso de materiales plásticos como polímeros. Los que trabajan con materiales metálicos no son relevantes para este caso de estudio.

2.2.5.1.2. Inyección Aglutinante. Esta técnica consiste en la deposición de un líquido aglutinante sobre un lecho de polvo. Este líquido que puede ser orgánico o inorgánico funciona a modo de adherente y permite ir formando el objetivo por su forma de deposición que corresponde a la sección transversal del objetivo en cada capa.

Figura 2

Esquema de la técnica de Inyección Aglutinante



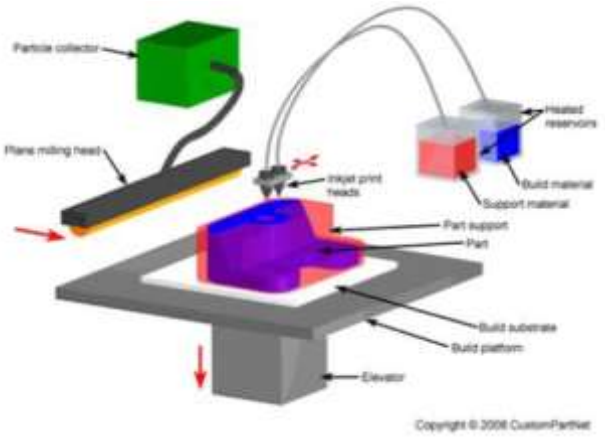
Nota. Se observa el diseño con el que se consigue el armado de objetivo mediante la técnica de Inyección Aglutinante. Extraído de R*evisión de las Técnicas de Fabricación Aditiva y sus Aplicaciones* (p.14) por Joaquin Lago (2020) quien lo extrae de Binder jetting: *A review of process, materials, and methods, Additive Manufacturing, Volume 28* por Ziaee, M. (2019).

Como se observa en la imagen la plataforma que contiene la cama de polvo va descendiendo conforme se va depositando el aglutinante y formando el objetivo. Con esta técnica se logra una buena eficacia para la creación de piezas de gran tamaño y complejidad. En contraste, la pieza fabricada tiene un enlace entre partículas es débil y se requiere un postratamiento para mejorar la resistencia de la pieza.

2.2.5.1.3. Proyección de Material. Emplea tecnología con los mismos principios que la inyección de tinta de las impresoras convencionales. En este caso, se depositan gotas de material y se solidifican capa por capa en una plataforma para ir fabricando la pieza en 3D. Para esta técnica la comercialización inició con la tecnología Polyjet en el año 2001.

Figura 3

Esquema de impresión por técnica de MJ



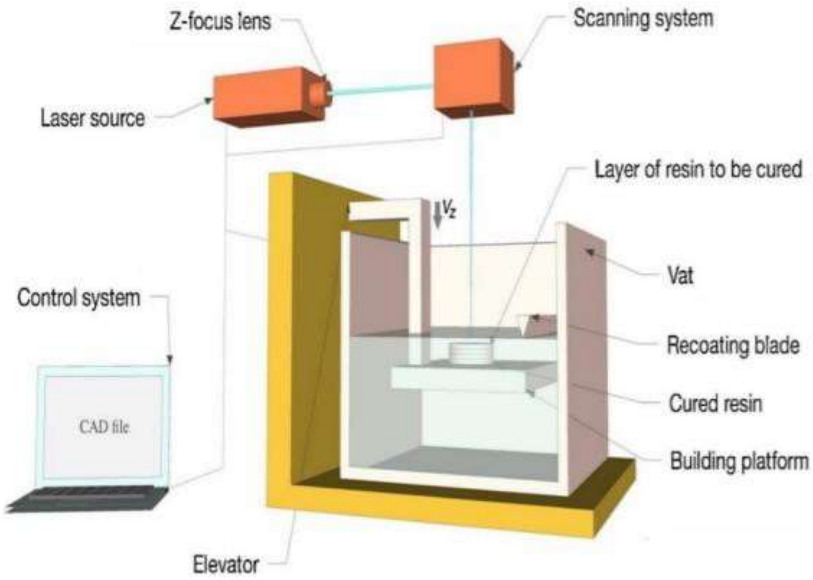
Nota. Se muestra un esquema que permiten entender el funcionamiento de la técnica de proyección de material. Extraído de R*evisión de las Técnicas de Fabricación Aditiva y sus Aplicaciones* (p.14) por Joaquin Lago (2020) quien lo extrae de Micro-additive Manufacturing Technology, Micro-Manufacturing Technologies and Their Applications, Springer Tracts in Mechanical Engineering por Steve, F, Olivier, D., Hu, Q. & Baumers, M. (2017).

Una de las ventajas de esta técnica es la posibilidad de usar diversos materiales en la impresión de las piezas al tener un gran número de inyectores. Se subdividen en 02 categorías que son la inyección continua (CIJ - Continuous Injekt Printing) y la inyección por demanda (DOD Drop-On-Demand). Las primeras trabajan depositando un flujo ininterrumpido de gotas a la par que eliminan y reciclan las que no son requeridas luego de la impulsión, mientras las segundas se caracterizan por depositar sólo las gotas necesarias para la formación de la pieza.

2.2.5.1.4. Fotopolimerización en cuba. Esta técnica se caracteriza por emplear la proyección de una luz, que puede ser ultravioleta, visible o digital de alta definición para solidificar, según el patrón de la forma de la pieza, una resina fotosensible. De este modo capa por capa se va generando la pieza tridimensional. Este proceso de excitación de material con la aplicación de luz es la denominada fotopolimerización, ya que se consiguen polímeros producto de reacciones químicas en el material fotosensible. Entre estas técnicas una de las más comunes es la Estereolitografía (SLA) en la cual se genera la pieza mediante el escaneado punto por punto de la superficie del tanque que contiene la resina fotosensible.

Figura 4

Esquema de proceso SLA (top-down)

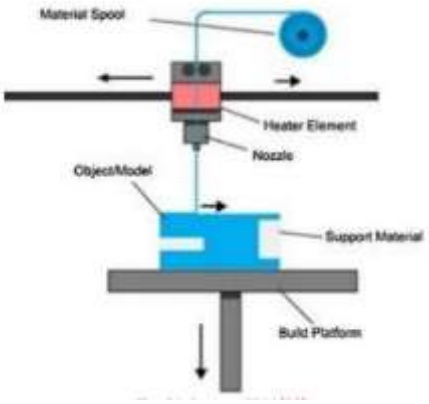


Nota. Se visualiza un esquema didáctico para la comprensión del funcionamiento de una impresora que usa la técnica SLA. Extraído de R*evisión de las Técnicas de Fabricación Aditiva y sus Aplicaciones* (p.26) por Joaquin Lago (2020) quien lo extrae de A comprehensive review of the photopolymerization of ceramic resins used in stereolithography, Additive Manufacturing, Volume 32 por Zakeri, S., Vippola, M. & Levanen, E. (2020)

2.2.5.1.5. Extrusión de Material. Estas técnicas son de las que más crecimiento han tenido en los años recientes gracias a la libertad geométrica, capacidad de personalización y la minimización de montajes. A esto se debe sumar la ventaja del bajo costo de las impresoras que trabajan con estas técnicas. Una de las más conocidas técnicas en esta categoría son la FDM o modelado por deposición fundida y la FFF que es la fabricación por filamento fundido.

Figura 5

Esquema de técnica FDM



Nota. Se observa un esquema de modelado por deposición fundida. Extraído de R*evisión de las Técnicas de Fabricación Aditiva y sus Aplicaciones* (p.14) por Joaquin Lago (2020) quien lo extrae de Mechanical characterization of 3D-printed polymers, Additive Manufacturing, Volume 20 por Dizon, J., Espera, H., Chen Q. y Advincula, R. (2018)

2.2.5.1.6. Tecnología sustractiva. TRESDE (2019) Define la fabricación sustractiva como el proceso por el cual se producen piezas a través de la eliminación de material de un bloque sólido para obtener la forma deseada. En este proceso se utilizan máquinas CNC (máquinas de control numérico por computador), las cuales utilizan varias herramientas para cortar que se mueven en tres dimensiones. Un uso común de la fabricación sustractiva son las cortadoras a láser.

Se debe de tener en cuenta que para que el proceso sea llamado fabricación sustractiva debe tener la menor intervención humana en la obtención de la pieza, es decir el tallado a mano o la operación de un taladro o torno no se denominan procesos sustractivos, debido a que estas herramientas y máquinas de la fabricación sustractiva son automáticas y controladas por computadora y son creadas con el fin de disminuir el esfuerzo humano.

Las desventajas medioambientales de la tecnología sustractiva:

- Alto consumo de energía que implica la utilización de equipos para mecanizado de piezas metálicas (torno, fresadora, CNC, troquelado, etc.)
- El material o viruta que se desprende de las piezas metálicas al momento del maquinado es elevado, además en la mayoría de las veces, los operadores de este tipo de

manufactura no cuentan con protocolos para la manipulación de este tipo de merma, lo cual da a entender que una vez generada este desecho es arrojado a la basura.

- En la mayoría de veces, la manipulación y transporte de estas piezas metálicas implica la utilización de equipos o herramientas que de cierto modo pueden llevar a contribuir a consumir energía eléctrica o combustible.

2.2.6. Moldeo por inyección

Para el moldeo por inyección se debe considerar tres variables muy importantes: la temperatura, tiempo y presión de inyección, con el objetivo de poder evitar defectos en la pieza moldeada. Por ejemplo, si la presión en la cavidad del molde es muy baja, el material se rajará en algunas zonas (rechupes), por ello, enfocarse en estas variables nos proporcionará piezas exactas de calidad según patrón de muestra. El autor, plantea el siguiente procedimiento para el moldeo por inyección: Determinar muestra patrón, Variación de la presión en la cavidad con el tiempo ciclo del moldeo, La calidad de piezas moldeadoras, Llenado de la cavidad; Descripción del flujo del polímero dentro del molde, Descarga y cierre de la cavidad, etapa de enfriamiento y solidificación. Hernández (2013).

2.2.6.1. Uso de impresión 3D en moldeo por inyección. Gracias a los avances en empresas como Stratasys y Formlabs que vienen innovando en producción de nuevos materiales que permitan obtener piezas de una resistencia y dureza apropiados para la fabricación por inyección. En el caso de Stratasys tiene como abanderado el material ABS Digital que en combinación con sus impresoras 3D industriales se obtienen piezas de gran calidad y con resistencia para la producción por inyección de alrededor de 1000 piezas con varios casos de éxito. Por otro lado, Formlabs tiene como material especial para la fabricación de moldes la resina Rigid 10K Resin que en conjunto con sus impresoras Form2 y 3 con una técnica de SLA logra también moldes apropiados para el proceso de moldeo por inyección. La durabilidad de estos moldes dependerá de la complejidad de los diseños, tamaños y presiones a las que serán sometidas. Cabe señalar que se tienen casos de éxito como en Novus Applications que manufacturó cientos de tapas roscadas con esta resina.

2.2.7. Ciclo de mejora continua

Segun Bernal (2013) este ciclo, más conocido como PDCA por sus siglas en inglés, es el más utilizado al momento de implantar mejora continua, está ligado con las normas de la ISO 9001 “Requisitos de los Sistemas de gestión de la calidad”, en el cual se menciona como uno de los principios fundamentales para la mejora continua en calidad, así como también es mencionado directamente en el ISO 14001 como base para implementar un sistema de gestión ambiental.

La nomenclatura de este ciclo proviene de las palabras en inglés “Plan, Do, Check, Act” y es conocido también como “círculo de Deming”, este método está conformado por los 4 pasos mencionados y deben realizarse de manera sistemática para lograr la mejora continua, al terminar el último paso o etapa del ciclo, debe reiniciar de tal manera que se reevalúa todo en un tiempo determinado para luego desarrollar las mejoras. Se definen las etapas de la siguiente manera; la “planificación” hace referencia a determinar qué actividades pueden solucionar el problema y los objetivos a alcanzar. En la etapa “hacer” se efectúan las actividades propuestas, luego se verifica o “controla” la solución propuesta y su funcionamiento, si se comprueba que todo se desarrolla según previsto, el siguiente paso es “actuar” donde según los resultados obtenidos se define las actividades a implantar para posteriormente reiniciar el ciclo proponiendo mejoras de manera continua.

Capítulo III: Entorno Empresarial

3.1. Descripción de la empresa

3.1.1. Reseña histórica y actividad económica

La empresa Industrial S.R.L. está ubicada en el distrito de Independencia, en el cono Norte de Lima. Esta es una pequeña empresa familiar fue fundada en el año 1991 por un ingeniero mecánico egresado de la Universidad Nacional de Ingeniería en un área de 500 m2.

Básicamente la empresa se dedica, principalmente, al servicio de producción de productos en plástico en sus diferentes tipos: Polietileno y Polipropileno, en sus formas simples, para máquinas de soplado e inyección. Adicionalmente, se dedica a la elaboración de matrices o moldes de soplado e inyección, ya sean para los clientes o para elaboración de productos de su propia marca.

Esta organización inició sus operaciones con tan solo una máquina en el área actual de soplado, en la cual se fabricaban productos básicos y de bajo movimiento. El inicio de las actividades no fue sencillo, puesto que no se contaba con una cartera de clientes, así que, se tuvo que realizar las actividades de venta de tienda en tienda para promocionar sus productos. Además, esta empresa también hacía servicio de soldadura, ya que se contaba con experiencia en estas actividades y, previamente, ya contaba con reputación entre su clientela.

La empresa no tiene una cronología específicamente documentada, por ello, para realizar esta sección se conversó con el dueño y gerente de la empresa para que explicara los principales sucesos. La reseña histórica se detalla a continuación:

- **1991**: fundación e inicio de operaciones de la empresa con la sección de soplado.
- **1993**: adquisición de equipos que apoyen la sección de soplado.
- **1994**: expansión de la infraestructura (compra de terreno) y adquisición de nueva maquinaria en el área de soplado.
- **1995**: inicio de operaciones del área de metalmecánica, adquisición de maquinaria para esta área.
- **1997**: inicio de operaciones de la sección de inyección, compra de la primera máquina inyectora de procedencia extranjera (BRASIL).

- **1999**: adquisición de la segunda máquina inyectora y aplicación de la distribución actual.
- **2001**: se planea una actualización de las maquinarias de las secciones de soplado.
- **2006**: se aplica el plan de modernización de equipos y se adquiere maquinaria de fabricación China y las máquinas de soplado se mejoraron.
- **2013**: adquieren 2 máquinas inyectoras para mejorar su capacidad productiva
- **2017**: primeras actividades de importación de matrices o moldes.
- **2019**: Adquisición de una nueva inyectora de procedencia Austriaca, con capacidad de carga para moldes de hasta 5 toneladas.

Actualmente, la distribución de la planta se encuentra dividida en 4 áreas:

- Área administrativa
- Área producción (dos secciones: soplado e inyección)
- Área almacén
- Área metalmecánica

Los equipos con los que cuentan las tres últimas áreas se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

- **Área producción**
    - Sección soplado:
        - 2 máquinas de soplado
    - Sección inyección:
        - 4 máquinas de inyección
    - Equipos adicionales:
        - 2 máquinas de molienda
        - 3 máquinas compresoras
        - 1 máquina taladro
        - 2 chiller (equipo de refrigeración para moldes)
- **Área almacén**
    - No hay equipos
- **Área metalmecánica**:
    - 2 tornos convencionales
    - 1 fresadora convencional
    - 1 máquina taladro

En la actualidad cuenta con 15 operarios que están distribuidos de la siguiente manera:

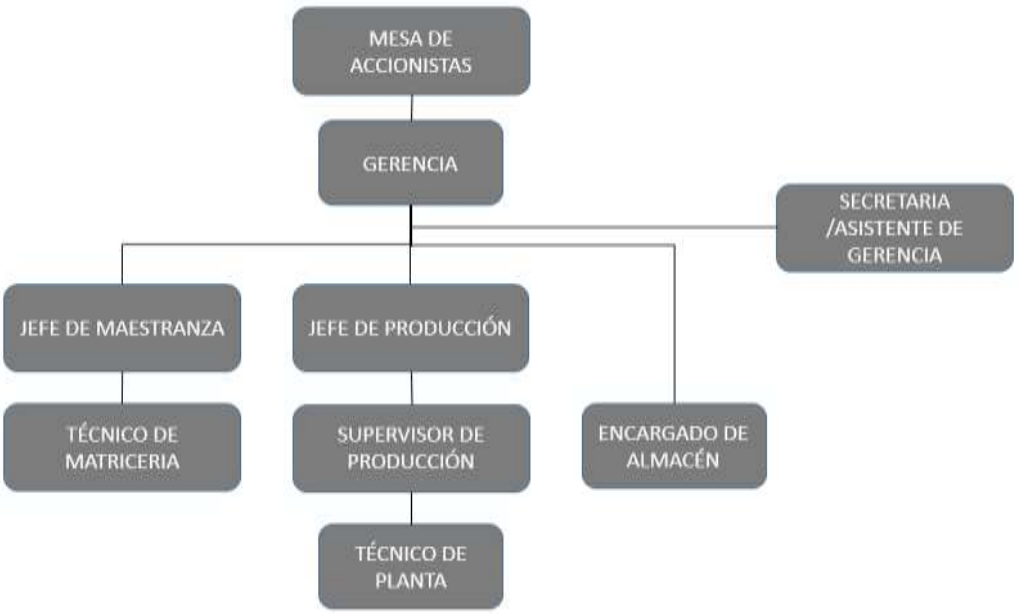
- **Área Administrativa**:
  - 2 operarios
- **Área Producción**
  - Sección soplado:
    - 2 operarios
  - Sección inyección:
    - 7 operarios
- **Área Almacén**:
  - 2 operarios
- **Área Metalmecánica**:
  - 2 operarios

3.1.2. Descripción de la organización

Organigrama. La empresa, al ser pequeña, no cuenta con un amplio organigrama.

Figura 6

Organigrama de la Empresa



En la Figura 7 se muestra el organigrama de Industrial S.R.L: Cuenta con 3 puestos que son de alta jerarquía, los cuales son: Gerencia, Jefe de Producción y Jefe de Maestranza.

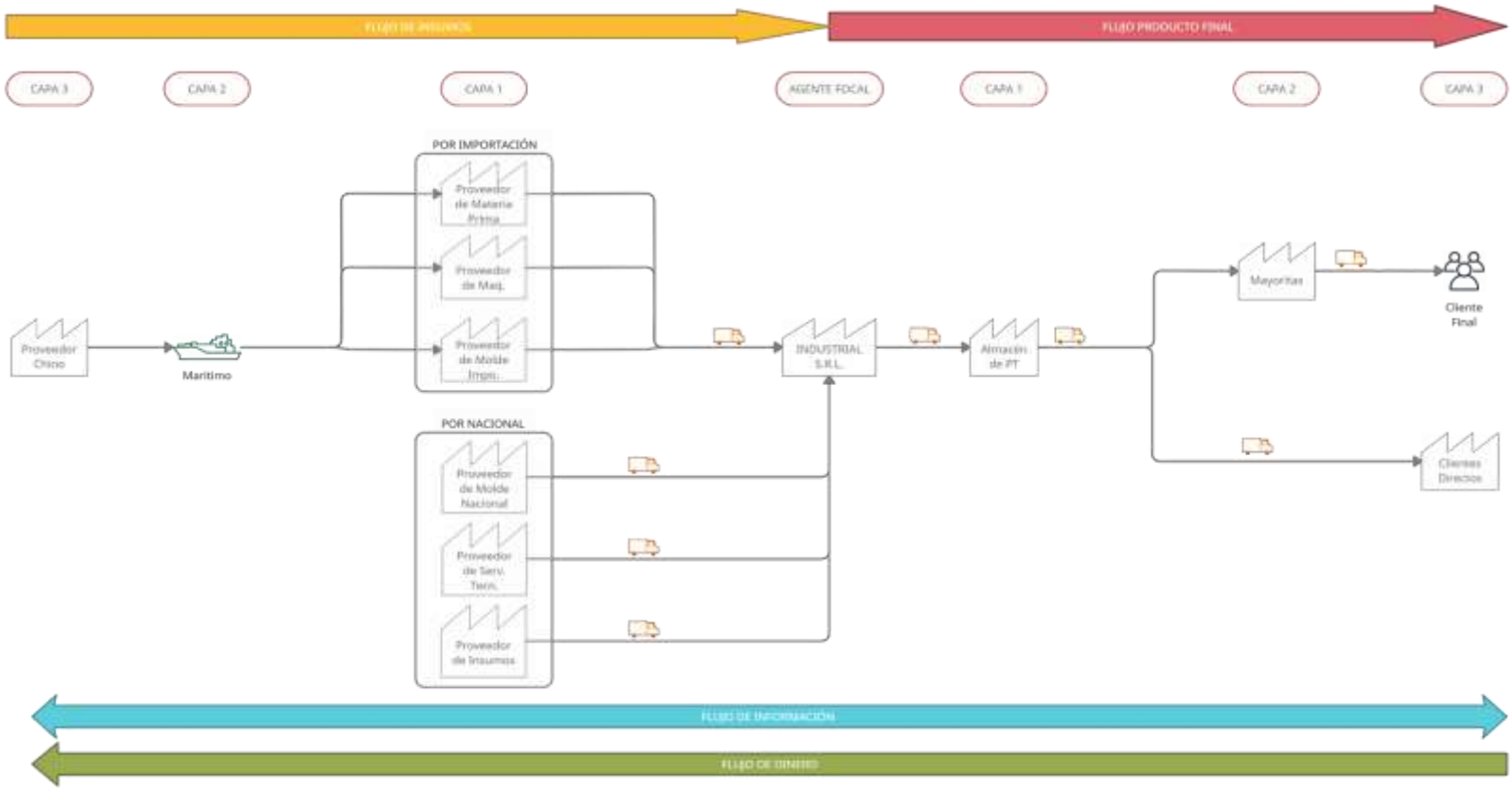
Los niveles inferiores del organigrama vienen a ser los técnicos de planta y matriceria y el encargado de almacén. En total, se cuenta con 15 trabajadores en toda la empresa.

Todas las decisiones se discuten y se llevan a cabo en reunión de la mesa de accionistas y Gerencia.

3.2. Cadena de suministros

Figura 7

Cadena de Suministro de la empresa



Se muestra la cadena de suministro de Industrial S.R.L. útil para lograr el éxito en sus operaciones.

Desde el punto de vista del abastecimiento de insumos tenemos las siguientes capas

- **Capa 3: Proveedores Chinos**

En este eslabón se encuentran los proveedores de origen chino fabricantes de plástico virgen, plástico recuperado y maquinaría que abastecen a los proveedores de Perú con estos artículos.

- **Capa 2: Transporte**

Para la empresa Industrial S.R.L, que importa la mayor parte de su materia prima y maquinaria, se realiza mediante la importación marítima por un mejor margen de ahorro con respecto a la importación aérea.

- **Capa 1: Proveedores por Importación y Locales**

En este eslabón se encuentran los importadores locales (Perú) de la materia prima, insumos para la producción, maquinarias y proveedores que servicio técnico:

  - Para la línea de Materia Prima, están los proveedores de Plástico Virgen que representa el 90% del total y los de Plástico Recuperado que representan el 10%. Entre los más recurrentes están: Colca del Perú, Andina Plast, Procesadora del Plástico, Dispercol y Mastercol.
  - Para la línea de Equipos, Maquinarias y Repuestos, la empresa adquiere sus equipos para la línea de producción de la empresa Engel.
  - Para la línea de Fabricación de Molde: la empresa en la mayoría de los casos terceriza la fabricación del molde para la producción. En este punto, existen proveedores nacionales y proveedores de China que realizan este proceso.
  - Para la línea de Insumos para la Producción: En este recurso, se encuentran todos los proveedores abastecedores de refrigerantes y energía con lo que trabaja la empresa.
  - Para la línea de Servicio Técnico, son aquellos proveedores que brindan el servicio de mantenimiento y/o reparación de los equipos de producción.

- **Agente Focal: Fábrica de Producción Industrial S.R.L**

En este eslabón, se encuentra la empresa de producción/fabricación de los artículos plásticos que luego son comercializados por diferentes canales.

Desde el punto de vista del producto terminado tenemos las siguientes capas:

- **Capa 1: Almacén de Productos Terminados**

En este eslabón, los productos ya producidos y que pasaron el control de calidad son transportados a un área dentro de la empresa para su respectivo almacenaje. Con respecto a este punto, se aclara que el mayorista o empresa final es el responsable de los costos de transporte/recojo.

- **Capa 2: Mayoristas**

Se encuentran los agentes que fabrican productos plásticos al por mayor para su posterior venta minorista. Aquí encontramos a los Clientes de Malvinas y pequeñas ferreterías.

- **Capa 3: Empresas y Cliente Final**

En este eslabón, encontramos dos tipos de clientes finales: Las empresas que compran ítems puntuales que requieren para sus productos finales como: Faber-Castell, Vistony y Eternit; el otro tipo de cliente es el usuario final.

- **Flujo de Dinero:**

Se distribuye en toda la cadena de suministro desde el lado del cliente hacia la empresa/proveedores y está basado en tiempos de pago al contado y crédito según la evaluación que le de la empresa al cliente.

- **Flujo de Información:**

Se da a lo largo de la cadena y se comparte entre todos los agentes involucrados datos sobre: Métodos de pago, tiempos de entrega, fichas técnicas, garantías de producto, características de materia prima, entre otros.

3.2.1. Datos generales estratégicos de la empresa

3.2.1.1. Visión, misión y valores o principios. Las empresas que desean mantenerse en el tiempo de forma exitosa, deben tener ciertas normas o principios que los guíen durante sus actividades. Se sabe que deben estar abiertas al cambio de acuerdo a las circunstancias del mercado, sin embargo, la visión y la misión no deben modificarse por ningún motivo.

La variación de planes estratégicos, operacionales o productivos pueden surgir en cualquier momento, pero estos elementos intangibles deben perdurar, ya que es importante mantener una meta u objetivo a largo plazo que le permita impulsar sus actividades.

La visión y misión son pilares fundamentales de toda empresa, son las razones que dirigen y rigen sus actividades. Existen organizaciones que creen que los cambios externos pueden modificar estos elementos, lo cual es una equivocación, ya que estos se complementan.

La empresa, desde sus inicios hasta la actualidad, no cuenta con misión y visión documentada, por ello, sin embargo, se plantean de acuerdo a las conversaciones que se ha tenido con el dueño y socios:

- **Visión**
    - Queremos ser una empresa que se destaque por la calidad del servicio que brindamos y reconozcan nuestra responsabilidad y compromiso con nuestras actividades.
- **Misión**
    - Realizar un servicio de producción de calidad que permita satisfacer las necesidades de los clientes y demostrar la armonía que existe en el entorno de trabajo.
- **Valores**

La empresa valora a sus clientes, los colaboradores y proveedores respetando sus derechos y promoviendo tanto dentro y fuera de la organización. A continuación, se presentarán los valores que impulsan a la empresa a realizar sus actividades:

- **Responsabilidad**: respeta las buenas condiciones laborales para los empleados y para los clientes, se refiere al compromiso de entregar productos de calidad.
- **Seguridad:** crear vínculo con el cliente que genera confianza al saber que sus necesidades serán satisfechas.
- **Puntualidad:** respeto por los tiempos dispuestos para entrega de productos y plazos para el cumplimiento de pagos a proveedores.
- **Calidad:** los productos ofrecidos serán elaborados con cuidado, tomando en cuenta el nivel de calidad solicitada.
- **Libertad:** clientes y empleados pueden expresarse con total seguridad que sus comentarios o ideas serán tomados en cuenta por parte de la empresa.

3.2.1.2. Objetivos estratégicos. La empresa realiza sus actividades con el objetivo de satisfacer la demanda de sus clientes. Por ello, está organización está guiada por las siguientes metas u objetivos planteados respecto a los siguientes puntos:

- **Cliente:** este objetivo se puede lograr con la mejora del tiempo de respuesta sobre las quejas o entrega de productos. El servicio que se brinda está encaminado a mejorar día a día el servicio al cliente. Además, esto refleja a los clientes potenciales lo sencillo y rápido que es realizar negocios con la empresa.
- **Operarios:** enfocar los esfuerzos en mejorar el ambiente laboral para incrementar motivación a los empleados. Para lograrlo, es necesario implementar actividades que demuestren preocupación por ellos.
- **Desarrollo:** mejorar las operaciones de la empresa, esto con el fin de lograr el desarrollo de la misma lo cual permite, por ejemplo, aumentar la participación de mercado.
- **Ser eficaces:** lograr la eficiencia en los procesos productivos, lo cual impulsa a mejorar el servicio que brinda la organización.
- **Lograr grandes beneficios:** objetivo principal es incrementar los beneficios que genera el servicio de producción.

3.3. Evaluación interna y externa. FODA cuantitativo.

Figura 8

Matriz EFI y EFE

MATRIZ EFI

	FORTALEZAS	PESO	CALIFICACIÓN	CALIFICACION PONDERADA
1	Conocimiento y experiencia respecto a fabricación y producción de moldes	0.1	4	0.4
2	Reconocimiento y buena imagen en el servicio de fabricación de moldes	0.1	3	0.3
3	Alianzas de trabajo con sus proveedores de moldes o matrices	0.07	4	0.28
4	Gran poder de negociación con los proveedores o fabricantes de moldes	0.1	3	0.3
5	Cuenta con proveedores con enfoque de sus procesos ecoamigable	0.1	4	0.4
				1.68

	DEBILIDADES	PESO	CALIFICACIÓN	CALIFICACION PONDERADA
1	No cuenta con protocolos para manipulación de desechos del área de mecanizado	0.11	2	0.22
2	Falta de control del proceso mecanizado	0.1	1	0.1
3	falta de conocimiento respecto a la tecnologia 3D para elaboración de moldes	0.1	2	0.2
4	Exceso de merma en la fabricación de moldes	0.12	1	0.12
5	Cuenta con un unico proveedor o fabricante de moldes en China	0.1	1	0.1
		1		0.74
	TOTAL EFI			**2.54**

MATRIZ EFE

	OPORTUNIDADES	PESO	CALIFICACIÓN	CALIFICACION PONDERADA
1	Nuevos conceptos sobre manipulacion de merma en procesos de mecanizado	0.1	4	0.4
2	Nuevas tecnicas y herramientas sobre fabricación aditiva	0.15	4	0.6
3	Incremento del uso de insumos ecoamigables para fabricación de moldes	0.15	4	0.6
4	Clientes con mas conciencia medio ambiental, por lo cual requieren que todo proceso mecanizado sea sostenible con el entorno	0.1	4	0.4
5	Nuevos Proveedores reutilizan el materia prima (acero y fierro) para fundir nuevas piezas	0.05	3	0.15
				2.15

	AMENAZAS	PESO	CALIFICACIÓN	CALIFICACION PONDERADA
1	Ingreso al mercado nacional de fabricantes con un enfoque mayor de gestion de cadena de suministro verde	0.15	1	0.15
2	Incremento de los precios de insumos para fabricación de moldes	0.1	1	0.1
3	Fabricantes con mayor experiencia y con certificación sobre buenas practicas productivas ecologicamente responsable	0.1	1	0.1
4	Incremento de la importación de moldes provenientes del continente asiatico debido a los bajos precios de producción	0.1	1	0.1
5		0	0	0
		1		0.45
	TOTAL EFE			**2.6**

Figura 9

FODA

				FORTALEZAS			DEBILIDADES
			1	Conocimiento y experiencia respecto a fabricación y producción de moldes		1	No aprovecha el conocimiento de su principal proveedor en el extranjero
			2	Reconocimiento y buena imagen en el servicio de fabricación de moldes		2	No cuenta con protocolos para manipulación de desechos del área de mecanizado
			3	Alianzas de trabajo con sus proveedores de moldes o matrices		3	No cuenta con procesos monitoreados para la fabricación de moldes
			4	Gran poder de negociación con los proveedores o fabricantes de moldes		4	No cuenta con mayores conocimientos respecto a la fabricación aditiva o impresion 3D
			5	Cuenta con proveedores con enfoque de sus procesos ecoamigable		5	No realiza un seguimiento adecuado a sus proveedores respecto a la reutilización o reciclado de la merma que producen en sus procesos de fabricación de moldes
	OPORTUNIDADES	O	F	ESTRATÉGIA FO	O	D	ESTRATÉGIA DO
1	Nuevos conceptos sobre manipulacion de merma en procesos de mecanizado	1	3	Con apoyo de las alianzas con proveedores se puede obtener información sobre manipulacion y control de la merma en los procesos de mecanizado	1	5	El proveedor en china puede aportar la informacion que tiene sobre los nuevos conceptos sobre manipulación de merma de los procesos de mecanizado
2	Nuevas tecnicas y herramientas sobre fabricación aditiva	2	5	Con ayuda de los proveedores implementar las nuevas herramientas y tecnicas existentes sobre fabricación aditiva con el enfoque en el cuidado medioambiental	2	4	Utilizar las nuevas tecnicas y herramientas de fabricación aditiva que se adecuen a la empresa con el fin de poder reducir la merma y llegar a obtener un enfoque medioambiental del proceso
3	Incremento del uso de insumos ecoamigables para fabricación de moldes	3	1	En base a la experiencia que tiene la empresa, aprender sobre la utilizacion de insumos ecoamigables	3	2	El incremento de nuevos insumos ecoamigables para fabricación de moldes en el mercado va motivar que se controle su uso, ello causará que los procesos sean monitoreados
4	Clientes con mas conciencia medio ambiental, por lo cual requieren que todo proceso mecanizado sea sostenible con el entorno	4	4	Utilizar el poder de negociación que se tiene frente a los proveedores de moldes para convencerlos de mejorar precios e incrementar su reputación con el grupo de clientes que tiene conciencia medioambiental	4	3	Captar mayor información respecto a la impresion 3D (tendencia sobre cuidado del medio ambiente) y poder captar a los nuevos clientes
5	Nuevos Proveedores reutilizan el materia prima (acero y fierro) para fundir nuevas piezas	5	2	Utilizar la reputación que tiene la empresa para conseguir nuevos proveedores con mejores procesos de reutilización de materiales	5	1	Captar nuevos proveedores con mejores metodos de reutilización de materiales, lo cual le va aportar conocimiento a respecto a seguimiento de reutilización de insumos en procesos
	AMENAZAS	A	F	ESTRATÉGIA FA	A	D	ESTRATÉGIA DA
1	Ingreso al mercado nacional de fabricantes con un enfoque mayor de gestion de cadena de suministro verde	1	5	Utilizar el conocimiento de los proveedores que posee la empresa para poder replicarlo DENTRO DE SUS PROCESOS, lo cual va mitigar el impacto NEGATIVO de nueva competencia y sobre el medio ambiente	1	2	La empresa debe nutrirse de mayor conocimiento sobre enfoque de cadena de suministro verde para poder disminuir la amenaza de la nueva competencia y poder realizar un mejor seguimiento de sus procesos
2	Incremento de los precios de insumos para fabricación de moldes	2	3	Utilizar el poder de negociación de los proveedores para adquirir insumos a precios accesibles	2	1	Que la alza de precios de insumos motive a la empresa a poder iniciar el seguimiento de control de procesos
3	Fabricantes con mayor experiencia y con certificación sobre buenas practicas productivas ecologicamente responsable	3	4	Conseguir mayor apoyo de los proveedores de la empresa para poder reducir el impacto de la competencia con mayor experiencia en el mercado	3	4	Reunir mayor informacion para que la empresa pueda proceder a a implementar sobre las practicas ecoamigables para moldes y reducir la merma
4	Incremento de la importación de moldes provenientes del continente asiatico debido a los bajos precios de producción	4	2	Utilizar la buena reputación que tiene la empresa para poder captar a los clientes que solicita moldes importados	4	5	Captar a nuevos proveedores en china con mayor conciencia ambiental, alta calidad con precios accesibles y competitivos con el objetivo que la empresa pueda adecuadar su seguimiento en el control de manipulacion o reutilización de insumos

- En la matriz EFI se puede observar que la calificación ponderada es de 2.54, lo cual permite concluir que las debilidades de la empresa deben atenderse, sin embargo, no repercuten fuertemente en el desenvolvimiento de la empresa pues la calificación es mayor a la media de 2.5. La empresa debe aprovechar sus fortalezas para atender estas debilidades que se identificaron y no se conviertan en un peligro para la empresa.
- En la matriz EFE se puede observar que la calificación ponderada es de 2.6, lo cual permite concluir que la empresa tiene amenazas que debe atender, sin embargo las oportunidades deben servir de apoyo para mitigar estas amenazas para que no se conviertan en un problema que impida continuar con sus actividades.

3.4. Modelo de negocio actual (CANVAS)

Figura 10

CANVAS

Socios clave

Actualmente, la empresa no cuenta con alianzas estratégicas con terceros que le permitan llegar a mayor cantidad de clientes. Sin embargo, la empresa cuenta con estrecha relación con sus proveedores de materia prima, lo cual le permite contar siempre con insumos a precios accesibles.
Estos son algunos de sus proveedores de insumos plásticos:
DISPERCOL
FULL SAC
GIVA IMPORT EIRL
COLCA DEL PERÚ SA
ANDINA PLAST SRL

Actividades clave

La actividad clave de la empresa es la producción o manufactura de productos de plástico. Además, la empresa desea ser reconocida como una de las mejores pymes en realizar este servicio a nivel nacional, lo cual le va a permitir incrementar su participación de mercado. Como se mencionó en líneas anteriores, la empresa también ofrece servicios de metalmecánica.

Recursos clave

Para brindar el servicio, la empresa cuenta con maquinaria con un nivel de tecnología intermedio, lo cual le permite y asegura cumplir con la demanda actual. Con relación al servicio de metalmecánica, la empresa cuenta con maquinaria tecnológicamente baja, sin embargo esto no le provoca problemas, ya que de la misma manera logra realizar un servicio de calidad.
El personal que cuenta la empresa no es debidamente capacitado, sin embargo cuentan con la experiencia debida para realizar el trabajo, ya que conocen diversas situaciones y pueden solucionar distintos problemas que se podrían presentar.

Propuestas de valor

La empresa ofrece servicios de fabricación de productos de plástico, adicionalmente, también realiza un servicio de metalmecánica que, en la mayoría de veces, se realiza simultáneamente. Este servicio se brinda a clientes que no poseen la maquinaria adecuada para la realización de estos procesos, lo cual le permite satisfacer sus necesidades.

Relación con clientes

Las relaciones son muy cercanas, lo cual permite que la empresa pueda familiarizarse con el cliente, además, logra que el consumidor forme parte del proceso productivo de la organización. El objetivo principal de mantener este tipo de relación es que el cliente pueda sentirse como parte de la organización, lo cual origina a largo plazo fidelización con la empresa.

Canales

El medio por el cual son contactados, principalmente, los clientes es por medio de la recomendación. Un buen servicio de calidad, responsabilidad y compromiso le permite a la empresa ser reconocida por nuevos y potenciales clientes. Sin embargo, los clientes, al ser consultados, admitieron que para contactar a la empresa fue necesario utilizar un directorio físico o virtual.

Segmentos de clientes

La empresa realiza servicios sin distinción de segmento de mercado, lo cual le permite satisfacer las diferentes necesidades y requerimientos que puede tener el cliente. Esto le permite a la organización obtener más experiencia gracias a las diferentes circunstancias que se puedan presentar al momento del servicio.
La empresa tiene pocos clientes principales, debido a la gran cantidad de competidores en el mercado; sin embargo, esto tampoco es un problema, ya que existe una cantidad de demanda insatisfecha que le asegura el ingreso de nuevos clientes.
Algunos de los clientes son:
FABER CASTELL
VISTONY PERÚ

Estructura de costos

Los principales en los que incurre la empresa para su modelo de negocio son los costos de insumos y aditivos, los recursos mas caros son los respuestos de equipos, energía electrica y servicio de agua.
Costos fijos: salario y beneficios de empleados,
Costos variables: energia electrica, serv. de agua y alcantarillado, materia prima.

Fuente de ingresos

El 85% de los ingresos que tiene la empresa provienen del servicio de producción y venta de productos de plástico. El área administrativa no especificó cuál era la proporción entre la venta y el servicio de producción, sin embargo, en la entrevista que se tuvo con el jefe de producción y el Gerente General, dieron a entender que las mayores ganancias se obtenían de ambas actividades. Por otro lado, el 15% restante proviene del servicio de metalmecánica y la venta, en pocas ocasiones, de materia prima a sus clientes.

3.5. Mapa de procesos actual

Figura 11

Mapa de Procesos

El mapa de procesos actual cuenta con 3 partes muy importantes para el desenvolvimiento de la empresa. Los procesos de soporte son la selección de capital humano, mantenimiento, administración y tecnología.

Para el soporte de capital humano es importante para la selección de personal capacitado. También, el proceso de mantenimiento es importante, ya que la empresa cuenta con equipos y matrices que requieren de un proceso de mantenimiento preventivo para seguir operando. Además, el área administrativa es uno de los soportes fundamentales para las operaciones de la empresa, ya que es en esta parte es donde los otros procesos soportan su toma de decisiones. Finalmente, la tecnología es un soporte que la empresa presta atención, ya que sin este no podría contar con equipamiento para el proceso de producción.

En la segunda parte encontramos los procesos operativos, los cuales son producción, control de calidad, almacén y gestión de compras. Cada uno de estos procesos se realizan dentro de la empresa y guardan estrecha relación entre sí, ya que todos están ligados a la producción y a los requerimientos que esta implica tanto como la materia prima como de los requerimientos del cliente (fundamento para el control de calidad).

En la tercera parte se encuentran los procesos estratégicos como la investigación y desarrollo de nuevos productos, planificación estratégica y políticas financieras. Respecto a investigación y desarrollo depende del estudio del mercado para la elaboración de artículos según requerimientos de los clientes. La planificación estratégica es la forma en que la empresa va a implementar planes de cómo actuar de acuerdo con la realidad del mercado. Finalmente, las políticas financieras por parte de la empresa es un proceso importante porque de ella se sirven todos los demás procesos en la empresa. Sin fluidez monetaria no se podrían adquirir nuevas tecnologías ni materia prima en producción, por ejemplo.

Capítulo IV: Metodología de la Investigación

4.1. Diseño de la Investigación

4.1.1. Tipo

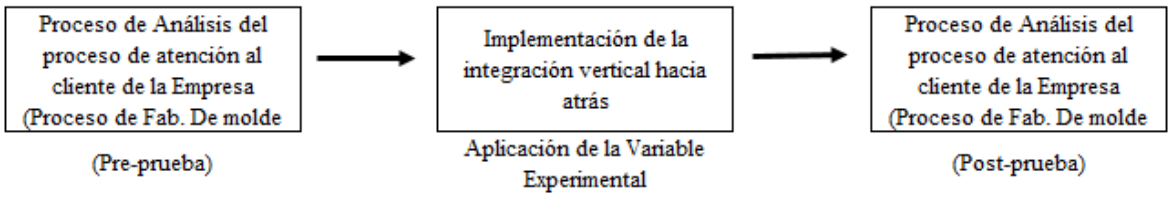
Según la literatura estudiada, para "Qué es la Investigación experimental" (s.f), se indica que existen tres tipos de investigación: Experimental, Cuasi-Experimental y Pre-Experimental. El Diseño Experimental, es el más preciso de un diseño de investigación ya que es un análisis estadístico que prueba o no una hipótesis, en donde se establece una relación de causa-efecto dentro del grupo que se está estudiando y se consideran los siguientes factores: Grupo de Control y Grupo experimental, la variable que pueda ser modificada por los investigadores y una distribución aleatoria. Con respecto al diseño Cuasi-Experimental, difiere con respecto al diseño experimental solo en el grupo de control que se asigna, es decir, según la literatura, se manipula una variable que es independiente pero los participantes no son asignados al azar.

Chávez, S. & Esparza, A. & Riosvelasco, L. (2020), sustentan que el tipo de investigación pre-experimental busca acercarse al fenómeno que estudia, ya sea mediante un estímulo o tratamiento a un grupo determinado para generar hipótesis y luego medir las variables para entender sus efectos. Los autores indican que es bajo el grado de control cuando se quiere comparar con un diseño experimental.

Luego de conocer la literatura referente a los tipos de investigaciones, se concluye que esta investigación es de tipo Pre-Experimental ya que se ha mide indicadores en una pre-prueba y en una post-prueba y se comparan ambos resultados.

Figura 12

Diseño Pre-Experimental de la Investigación



En adicional, el estudio es longitudinal, esto porque la recolección de los datos se da en un momento definido, sin manipulación de esta. El mismo responde a una investigación explicativa, ya que el propósito es determinar cómo se logrará mejorar el desempeño medioambiental de una cadena de suministro mediante la estrategia de integración vertical haciendo uso de la tecnología de Impresión 3D.

4.1.2. Grado de abstracción

Según Cardenas, Y. (2010), existen dos tipos de Grado de abstracción de la investigación: Investigación Pura, enfocada a generar mayor teoría por lo que se relaciona solo a generar nuevos conocimientos y no se enfoca en la aplicación práctica; por otro lado, está la Investigación Aplicada, cuyo objetivo principal es poder resolver problemas a través de la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y así poder aportar al desarrollo científico práctico.

Esta investigación, con respecto al grado de abstracción de la investigación se clasifica como: Investigación Aplicada, ya que se basa en poder resolver un problema a través de una aplicación práctica

Figura 13

Grado de Abstracción de la Investigación

4.1.3. Naturaleza

De acuerdo con la naturaleza del estudio, hemos optado por un enfoque cuantitativo. Se busca medir los resultados a futuro a través de indicadores claros y delimitados, que serán parte principal de nuestra investigación.

Otero, A. (2018), Se basa en análisis estadísticos, es decir, en mediciones numéricas y hace uso de la observación del proceso para recolectar datos y analizarlos con el objetivo de dar respuesta a las preguntas de investigación. Este enfoque, según el autor, plantea un problema para su estudio de manera concreta y delimitada, es decir, se enfoca en un tema y concluye con un marco teórico alineado a la investigación. Se plantean hipótesis para establecer la veracidad del estudio y si no se descartan en busca de mejores explicaciones y nuevas hipótesis.

Figura 14

Investigación Científica Cuantitativa

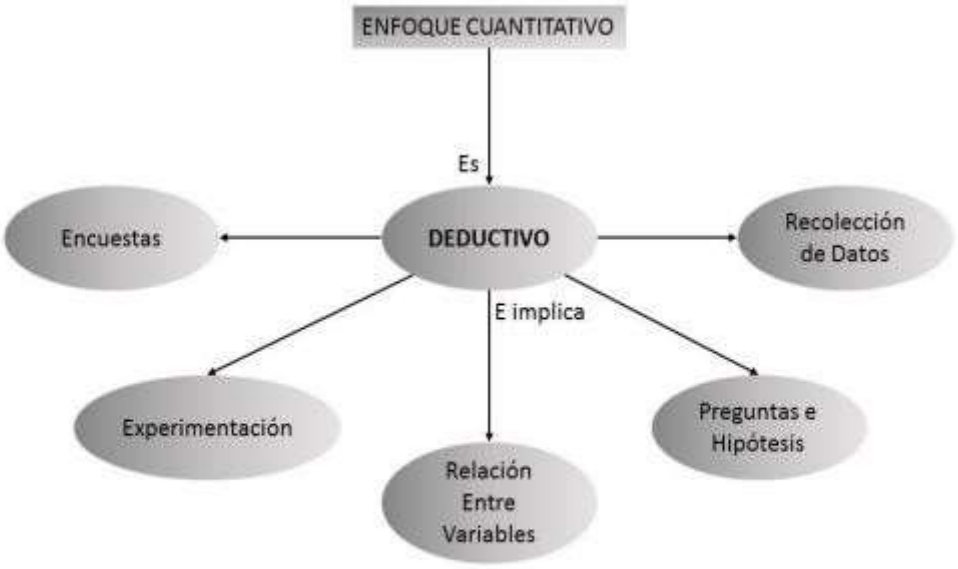


Figura 1. La investigación Científica Cuantitativa
Fuente: Elaboración propia a partir de Hernández, Fernández y Batista (2010)

*Nota.*Tomado de Otero Ortega, A, 2018, Enfoques de Investigación (pg. 9).

4.2. Metodología de implementación de la solución

En el desarrollo de esta investigación se hará uso de la metodología PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) más conocido por sus siglas en inglés PDCA. García P.; Quispe A.; Ráez G. (2003), indica que el ciclo del PDCA es un esquema de mejora continua que ayuda a las organizaciones a poder identificar los fallos o ineficiencias que se consideran normales en las empresas y ayuda a plasmar soluciones y a futuro evitar que se repitan. Explica que el ciclo de la mejora continua siempre está en movimiento, ligado al planeamiento, implementación, control y mejora continua de los procesos y productos de un sistema integrado.

El autor también plantea que para la implementación correcta de esta metodología se requiere contar con el liderazgo de gerencia de la empresa, un comité enfocado en liderar la mejora continua, formar y motivar de manera específica a los involucrados, documentar todo el proceso de gestión y buscar asesoramiento externo a la compañía.

A continuación, se explica cada etapa de la metodología que se desarrollará en la presente investigación:

4.2.1. Etapa P (Planificación)

Según García P.; Quispe A.; Ráez G. (2003), en la etapa de P de Planificación, se debe recopilar la data necesaria y disponible para comprender el estado actual de la empresa, los procesos involucrados y desarrollar un plan de acción involucrando a las personas correctas.

En la presente investigación, se plantea elaborar un Diagrama de Causa - Efecto (Diagrama de Ishikawa), con el objetivo de conocer el panorama general de la compañía.

Según Romero, E. & Díaz, J. (2010), el diagrama causa-efecto es útil para los equipos de trabajo ya que proporciona una concepción común de un problema complejo que muestra de manera clara todas las relaciones y los elementos a cualquier nivel.

En esta investigación, el foco principal será identificar las causas que generan el efecto medio ambiental, ocasionado por la cadena de suministro de la fabricación de plásticos por el método de moldeado por inyección, con el objetivo de poder definir las acciones a realizar y establecer los KPI de medición.

Luego, se va a realizar una matriz de priorización para seleccionar aquellos problemas a anteponer y posteriormente plantear soluciones. Para la misma, se siguieron los siguientes pasos:

- Elaboración de criterios

- Ponderación de criterios
- Comparación de indicadores por proceso
- Porcentaje de prioridad por indicador de proceso

4.2.2. Etapa H (Hacer)

Según García P.; Quispe A.; Ráez G. (2003), en la etapa H de Hacer, una vez identificado el problema se debe verificar las causas y recopilar los datos relevantes. También expone la importancia de establecer la propiedad de los procesos y de las responsabilidades.

Para esta investigación, como actividad de solución al problema identificado en el apartado anterior se busca plantear un rediseño en la cadena de suministro de la empresa. Por ello, como una alternativa de solución se plantea el rediseño de la Cadena de Suministro de Moldes en donde se evaluará el cambio en la cadena de suministro producto de la integración vertical del proceso de producción de moldes a través del uso de la técnica de fabricación aditiva SLA. Este rediseño implica la eliminación parcial de los proveedores de moldes metálicos. El cambio se analizará en términos de reducción de impacto medioambiental y el efecto en la eficiencia de los procesos involucrados. En adicional, se hará uso de la herramienta Bizagi para mapear los procesos de la empresa.

4.2.3. Etapa V (Verificar)

Según García P.; Quispe A.; Ráez G. (2003), en la etapa V de Verificar, se debe analizar y desplegar los datos, verificar si han alcanzado los resultados deseados, entender y documentar las diferencias existentes, revisar los errores y problemas, dejar evidenciado lo que está pendiente de analizar. Se debe tener claro que en este punto toda la información debe estar disponible para apoyar el correcto funcionamiento.

Para el trabajo de investigación se plantea el control y verificación de la solución propuesta mediante la medición de los resultados en función de la viabilidad económica de implementar el proyecto, para ello, se hace uso de la evaluación de Valor Actual Neto ya que actualiza los ingresos y egresos de un proyecto/inversión para conocer cuánto ganará o perderá al implementarlo.

4.2.4. Etapa A (Actuar)

Según García P.; Quispe A.; Ráez G. (2003), en la etapa A de Actuar, se debe incorporar las mejoras planteadas al proceso de la empresa, comunicar a todos los involucrados la mejora realizada e identificar nuevos problemas y/o proyectos, buscando siempre la mejor continua.

Debido al tipo de investigación planteada en este estudio, esta etapa no será evaluada ya que nuestro alcance de la investigación va hasta la simulación de la viabilidad o no de la implementación del proyecto y se brindan recomendaciones para que el interesado pueda decidir o no implementar el proyecto de una Cadena Suministro Verde.

4.3. Metodología para la medición de resultados de la implementación

Para efectos de medición de resultados tomaremos como base los indicadores propuestos en las directrices de la norma ISO 14031, que se mencionan en el Capítulo II de este estudio.

A continuación, mostramos los indicadores de mayor relevancia para esta investigación y que se desarrollaran en el Capítulo V con mayor detalle.

Tabla 3

Indicadores de Desempeño a evaluar

Aspecto ambiental	**Criterio de desempeño ambiental relacionado**
Consumo de energía por molde	Reducir el consumo de electricidad utilizado en fabricación de molde (kW)
Nivel de desperdicio	Reducir el material desperdiciado en forma de viruta en el proceso de torneado y fresado para la construcción del molde (kg)

Nota. Se muestran los principales indicadores de desempeño medioambiental.

Adicionalmente, a la evaluación de los indicadores mediante el uso de Microsoft Excel y data brindada por la empresa focal, se hace uso de la herramienta Bizagi para poder evaluar los procesos actuales de la empresa y realizar una evaluación de cómo mejoran estos procesos.

4.4. Cronograma de actividades y presupuesto

4.4.1. Cronograma

A continuación, se detalla el cronograma de actividades para la realización del presente trabajo de investigación.

Se utilizó un Diagrama Gantt para planificar por semanas las actividades a realizar del proyecto.

Figura 15

Cronograma de Actividades

ACTIVIDADES	Meses	9				10				11				12				Total
	Semanas	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
Revisión de Literatura																		1 semana
Elección de Empresa																		1 semana
Identificar los Hitos del proyectos de investigación																		1 semana
Definición de Variables																		1 semana
Recolección de Información																		4 semanas
Redacción del trabajo de investigación																		1 semana
Revisión de Marco teorico																		1 semana
Revisión con Asesor de la Investigación																		1 semana
Modifación de observacion del Asesor																		4 semanas
Recolección de Información 2																		3 semanas
Redacción del trabajo de investigación 2																		3 semanas
Organizar y redactar los capitulos del Trabajo de Investigación																		1 semana
Presentación Preliminar al Asesor																		1 semana
Corrección																		3 semanas
Recolección de Información 3																		1 semana
Redacción del trabajo de investigación 3																		2 semanas
Presentación Final ante un Jurado																		1 semana

En resumen, el diagrama de Gantt muestra todas las actividades que se han realizado para el estudio de este proyecto. El presente estudio demandará un tiempo de 12 semanas desde el planteamiento de la investigación, recolección de información, tratamiento de datos y sustentación de la viabilidad o no del proyecto.

4.4.2. Presupuesto

Debido a la naturaleza de nuestro proyecto de investigación y por estar en la primera fase de realización, a continuación, mostramos el presupuesto que se ha considerado hasta el momento:

Tabla 4

Presupuesto de Actividades

Descripción	Und. Med.	Cantidad	Costo Unitario	Fuente de Finanziación	Total
Honorario de Investigadores	UND	5	S/ 1,750.00	Propio	S/ 8,750.00
Recurso Tecnologpico (Laptop)	UND	5	S/ -	Propio	S/ -
Software (Meet)	UND	1	S/ -	Propio	S/ -
Internet	UND	5	S/ 10.00	Propio	S/ 50.00
Entrevista con Dueño de Empresa	UND	1	S/ 100.00	Gratis	S/ 100.00
TOTAL PROYECTO (FASE INICIAL)					**S/ 8,900.00**

El presupuesto está valorizado en soles, en base a las 12 semanas determinadas en el diagrama de Gantt y considera sólo los montos económicos de los profesionales que destinan su tiempo a este estudio, así como los recursos que se utilizan en el proceso de investigación.

Capítulo V: Desarrollo de la Investigación

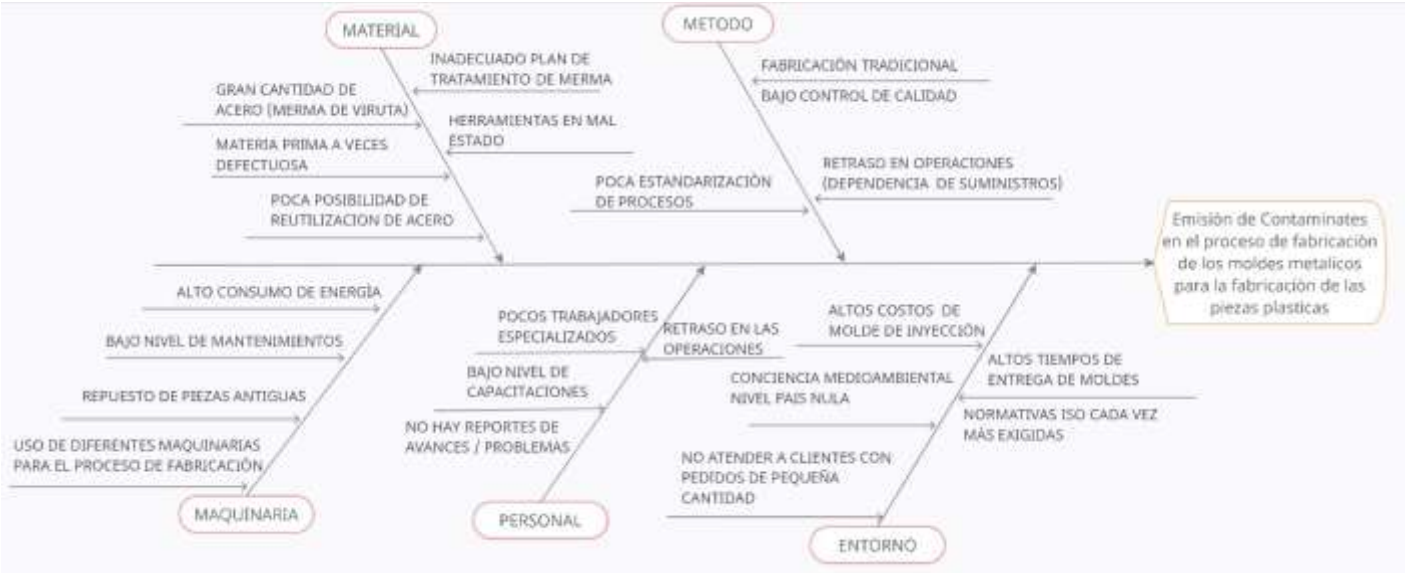
5.1. Propuesta solución

5.1.1. Planeamiento y descripción de Actividades

Para empezar, como se mencionó en el capítulo anterior, se empezará con la etapa de Planificación de la metodología PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). Para ello, vamos a identificar los problemas y sus causas realizando un diagrama causa-efecto o diagrama de Ishikawa para poder definir las acciones a realizar.

Figura 16

Diagrama de Ishikawa



Para la elección de los problemas a priorizar, se procederá a ponderar las causas mencionadas en el Diagrama de Ishikawa de acuerdo con los criterios de frecuencia, detectabilidad, costes e impacto negativo ambiental. Se tomaron en cuenta valores del 1 al 5, en donde 1 significa poca relevancia sobre la causa y 5 bastante relevancia sobre la misma.

Tabla 5

Ponderación de causas detectadas

	Problemas descritos	Dimensiones de desarrollo				TOTAL
		Frecuencia	Detectabilidad	Coste	Impacto Ambiental (-)	
Material						
1	Gran cantidad de merma de viruta (Acero)	5	5	3	5	**18**
2	Materia prima defectuosa	2	4	4	1	**11**
3	Poca posibilidad reutilización de merma	5	4	3	4	**16**
4	Inadecuado plan de tratamiento de merma	5	3	2	4	**14**
5	Herramientas en mal estado	3	4	2	1	**10**
Método						
6	Fabricación tradicional	5	3	3	1	**12**
7	Bajo control de calidad	3	4	4	3	**14**
8	Retraso en operaciones (dependiencia de suministros)	5	4	5	1	**15**
9	Poca estandarización de procesos	3	3	3	1	**10**
Maquinaria						
10	Alto consumo de Energía	5	4	4	5	**18**
11	Bajo nivel de mantenimientos	4	3	2	3	**12**
12	Respuesto de piezas antiguas	3	2	2	2	**9**
13	Uso de diferentes maquinarias para proceso	3	3	2	1	**9**
Personal						
14	Pocos trabajadores especializados	3	2	2	1	**8**
15	Retraso en operaciones	2	3	3	2	**10**
16	Bajo nivel de capacitaciones	3	3	4	5	**15**
17	No hay reportes de avances/problemas	3	2	2	1	**8**
Entorno						
18	Altos costos de molde por inyección	5	5	5	1	**16**
19	Altos tiempos de entrega de moldes	5	5	4	1	**15**
20	Conciencia medioambiental nula (pais)	4	2	1	5	**12**
21	Normas ISO cada vez más exigidas	3	3	1	3	**10**
22	Clientes con pedidos pequeños	4	5	4	2	**15**

De acuerdo a lo revisado al ponderar las causas, se van a proponer soluciones priorizando los siguientes problemas:

- Alta cantidad de desechos (viruta) del proceso
    - Poca posibilidad de reutilización de merma
- Elevado consumo de energía
- Elevado costo de moldeado por inyección
- Largos tiempos de entrega de moldes
    - Retraso en operaciones generado por dependencia de suministros

En base a la problemática mencionada, vamos a plantear los siguientes objetivos para la siguiente etapa:

- Evaluar el impacto en el desempeño medio ambiental de implementar la tecnología de fabricación aditiva para la producción de los moldes de inyección en contraste con la fabricación sustractiva que emplean los proveedores externos actualmente.
- Evaluar la viabilidad financiera de implementar la fabricación aditiva al proceso productivo de la empresa.
- Evaluar el impacto en tiempos del proceso integrado previo a la implementación de la fabricación aditiva al proceso productivo y luego del mismo.

5.1.2. Desarrollo de actividades. Aplicación de herramientas de solución.

Para la presente investigación se analizaron 02 estados el actual y el futuro en base a las 4 dimensiones identificadas en el análisis de Ishikawa (consumo de energía, desperdicios metálicos, tiempo de fabricación y costo de producción). En el estado actual analizamos el modelo que la empresa focal emplea en para la producción de artículos plásticos mediante la técnica de moldeo por inyección.

La evaluación se realizará en base a la producción de artículos para los cuáles no se cuenta con un molde metálico ya listo, lo cual demanda a la empresa focal ordenar a un proveedor externo la manufactura de un molde metálico según las características que demanda el cliente.

5.1.2.1. Estado Actual

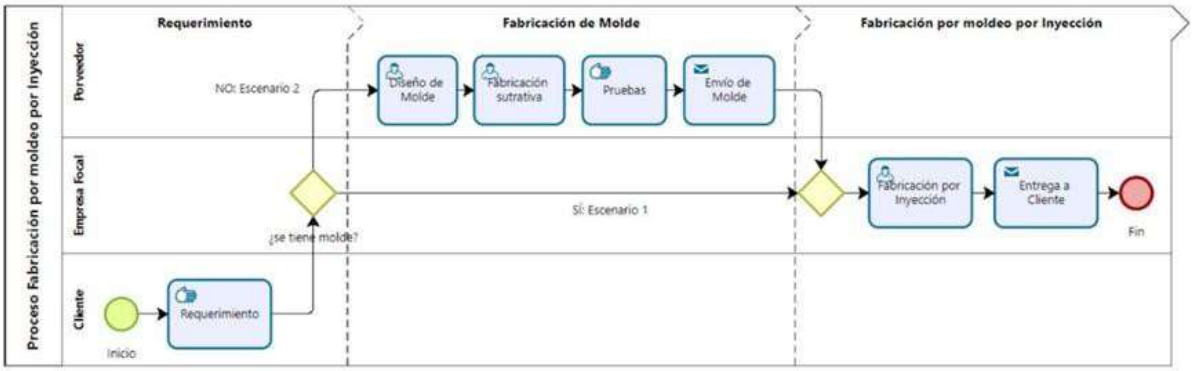
En el proceso de atención a los pedidos de los clientes se pueden identificar 02 escenarios, el primero de ellos es en el cuál el cliente ya cuenta con un molde metálico y la producción inicia directamente en la fabricación por moldeo por inyección, el segundo escenario es cuando el cliente sólo tiene una muestra del artículo plástico que quiere fabricar, pero no cuenta con el molde para realizar la fabricación.

El estudio se centra en el segundo escenario ya que tiene una implicación mayor con respecto al desempeño medioambiental de la cadena de suministro, el costo de la producción y los tiempos asociados al incorporar como parte del flujo a un proveedor externo de moldes metálicos que emplea fabricación sustractiva en su manufactura.

A continuación, se presenta un modelado del proceso actual que la empresa focal sigue para la producción de los artículos plásticos pedidos por sus clientes.

Figura 17

Modelo actual - Producción de Artículos Plásticos



Nota. Se muestra el modelado del proceso actual de la empresa desde que el Cliente ingresa un requerimiento hasta la entrega de los artículos plásticos al cliente.

En este escenario 02 la empresa da soporte al cliente para la manufactura del molde que necesitan para la producción, pero este no es un proceso que realice de forma interna, por el contrario, se apoya en proveedores externos. Son estos proveedores externos los que realizan desde el diseño hasta la manufactura de las piezas metálicas y el ensamblaje en un molde que finalmente será empleado en la inyección de plástico.

En un horizonte temporal de 1 año las cantidades de moldes se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 6

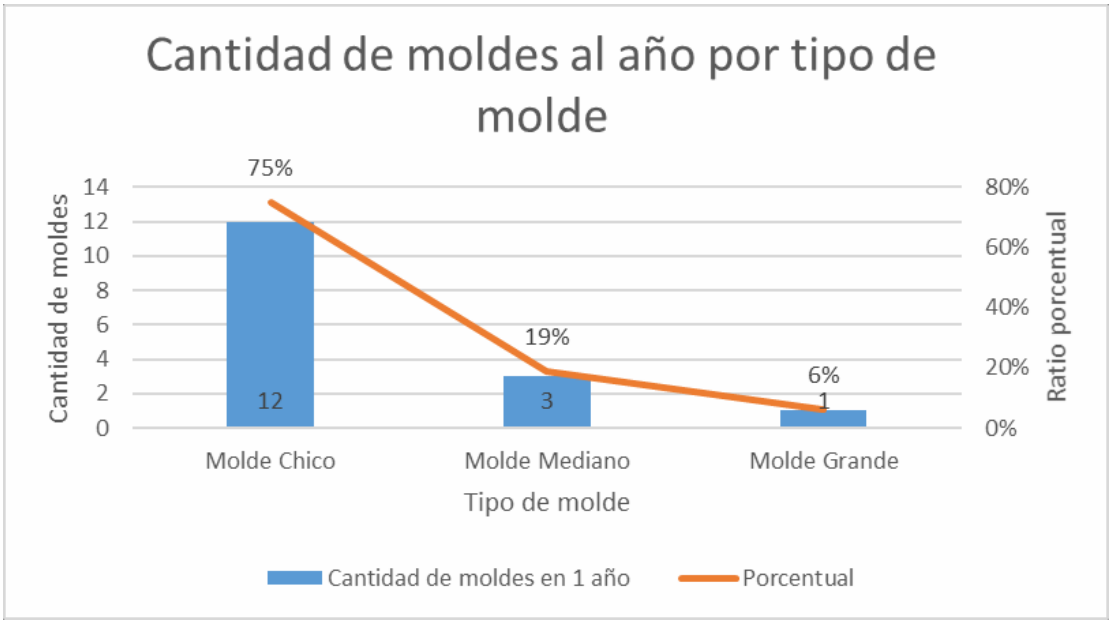
Cantidad media de moldes fabricados en 1 año

Tipo de molde	Cantidad de moldes en 1 año	Porcentual
Molde Chico	12	75%
Molde Mediano	3	19%
Molde Grande	1	6%

Nota. Tabla que muestra las cantidades medias informadas por la empresa focal de los moldes fabricados en un año según el tipo de molde.

Figura 18

Cantidad media de moldes fabricados en 1 año



Nota. Gráfico que muestra las cantidades y proporción porcentual medias informadas por la empresa focal de los moldes fabricados en un año según el tipo de molde.

Se puede observar que los moldes chicos son los que más frecuentemente son fabricados en contraste con los otros 02 tipos de moldes. El presente estudio se centrará en estos moldes para su análisis debido a su mayor frecuencia respecto a los otros tipos.

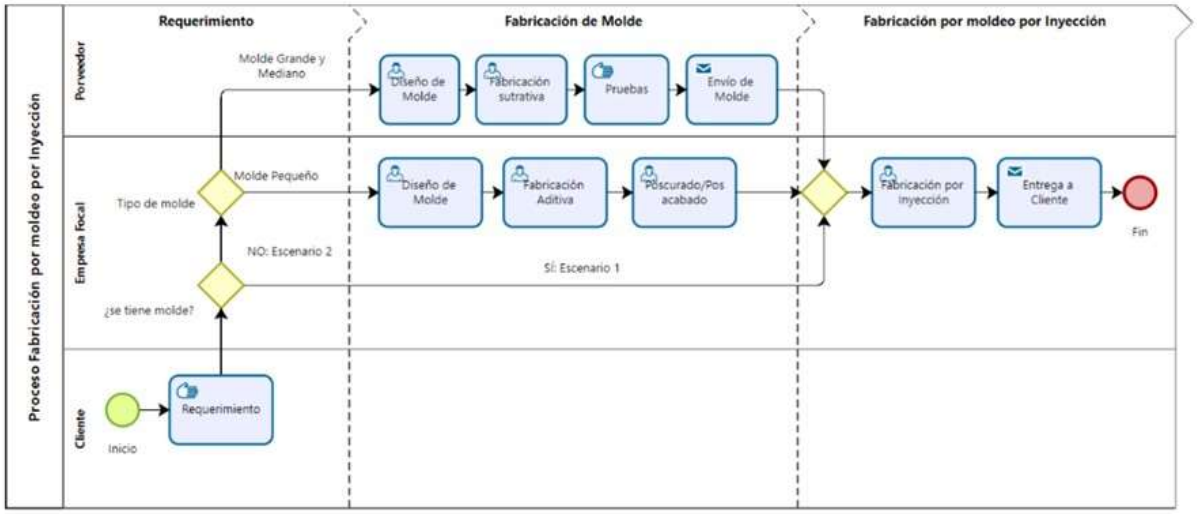
5.1.2.2. Estado Futuro

El estado futuro es analizado en el supuesto de la incorporación de la estrategia de integración vertical de la producción de los moldes chicos que son pieza clave en la fabricación por moldeo por inyección.

El modelo propuesto es el siguiente:

Figura 19

Modelo Propuesto - Producción de Artículos Plásticos



Nota. Se muestra el modelado del proceso propuesto para la empresa focal en el cuál se incorpora la estrategia de integración vertical para la producción de moldes chicos.

El cambio específico es para el escenario 02 y en el caso de que el molde a emplear es del tipo chico. La integración vertical es propuesta con la finalidad de mejorar el impacto medioambiental de la cadena de suministro de la empresa focal, se reconoce la necesidad de disminuir (como se revisó en el análisis causa-efecto) la emisión de desperdicio y el consumo de energía. Estas variables se presentan agravadas por el proceso de fabricación de moldes metálicos que se terceriza con un proveedor externo. El objetivo de integrar este proceso es poder tener un mejor control y reducir de este modo los niveles de estas variables críticas identificadas.

En base a este objetivo se plantea reemplazar el proceso de fabricación sustractiva con la que se realizan los moldes actualmente por un proceso de fabricación aditiva cuya tecnología disruptiva podría apoyar en la mejora del desempeño medioambiental. Para elaborar la propuesta se hizo una búsqueda de información y aplicaciones actuales de tecnología aditiva para la fabricación de moldes de inyección de la cual se obtuvieron las siguientes 3 opciones apropiadas para la fabricación de los moldes chicos.

Tabla 7

Comparativo Impresoras 3D

Impresora	Form 3L	J55 Prime	Arcam Spectra H
Material	Rigid 10K Resine	ABS Digital Plus	Aluminuro de titanio (TiAl) y Alloy 718 (aleación de níquel-cromo)
Método de fabricación aditiva	Estereolitografía (SLA)	Tecnología Polyjet	Fusión por haz de electrones (EBM)
Área de impresión (cm2)	670.00	1,174.00	490.87
Volúmen de impresión (cm3)	20,100.00	22,306.00	21,107.57
Costo ($)	$16,997.00	$99,000.00	$100,000 A $250,000

Nota. Información recopilada de impresoras apropiadas para la fabricación de moldes chicos.

Para la fabricación de moldes chicos se requiere un volumen de impresión de por lo menos 3 361 cm3 y se debe asegurar al menos moldes que resistan 145 psi. Las opciones mostradas superan con creces estos requerimientos y se pudieron encontrar diversos casos de éxito en su aplicación para la fabricación de moldes de inyección.

El factor diferencial que significó seleccionar la impresora Form 3L es el monto para invertir en la tecnología de fabricación aditiva por parte de la empresa. Se evaluó esta inversión en relación con el valor en activos que en la actualidad la empresa focal mantiene en su maquinaria y se obtuvo el siguiente cuadro.

Tabla 8

Comparativo de Inversión por cada propuesta de impresora

Impresora	Inversión en Impresora ($)	Relación porcentual respecto al valor de Activos-Maquinaria de empresa focal (%)	Activos - Maquinaria Empresa Focal
Form 3L	$16,997.00	14%	$122,900.00
J55 Prime	$99,000.00	81%	
Arcam Spectra H	$200,000.00	163%	

Nota. Se halla la relación entre el monto a invertir en la compra de las impresoras respecto al valor en activos en maquinaria de la empresa focal.

Se muestra un gráfico comparativo de los montos iniciales de inversión por impresora.

Figura 20

Comparativo de Inversión según impresora

Nota. Se muestran los montos de inversión y la relación respecto al valor en activos de maquinaria de la empresa focal.

Se observa que la inversión en la impresora J55 Prime (Plástico) es del 81% y la inversión en la Arcam Spectra H (Metal) es del 163% respecto al valor actual en activos en maquinaria de la empresa focal. La conclusión directa es que es inviable que la empresa realice una inversión tan voluminosa en la tecnología de fabricación aditiva. La alternativa de la Form 3L al representar un 14% del valor actual de activos en maquinaria indica una opción más viable y es la que se adoptará para continuar con la evaluación de las variables en el presente estudio.

En base a la información obtenida de la fabricación aditiva con el método Estereolitografía (SLA) y el uso de la resina Rigid 10K. Este material tiene diversos casos de éxito en su uso en la manufactura de moldes de inyección en los que se detallan la producción de entre 100 a 2500 piezas fabricadas lo cual depende de la complejidad de la forma de la pieza a ser inyectada. En un análisis de las formas más comunes de los artículos plásticos de la empresa focal se concluye que un molde podría tener al menos una producción de 2000 piezas (1000 ciclos) en promedio antes de que el molde tenga alguna deformación que impida su uso.

Una vez delimitado el cambio propuesto en el proceso de la empresa focal y la tecnología aditiva a considerar, se procede a la evaluación de las cuatro variables identificadas previamente, 02 (consumo de energía y nivel de desperdicios metálicos) corresponde al desempeño medioambiental y las otras 02 (tiempo de atención de pedido y costo de molde de inyección) servirán para medir el impacto en el proceso de la empresa, ya que se tienen que valorar la viabilidad de la propuesta y si es de interés de la empresa focal.

5.1.2.3. Desperdicios – Viruta metálica

5.1.2.3.1. Estado Actual

En el estado actual se evalúa a continuación la variable emisión de desperdicios metálicos. Para esta variable se ha agenciado información del proveedor externo nacional con respecto a sus procesos de producción de moldes. Sólo se empleó data de los procesos del proveedor porque se está evaluando únicamente el desperdicio metálico.

Tabla 9

Estado Actual: Desperdicios - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva

Tipo de Molde	Σ peso en piezas metálicas iniciales para fabricación (kg)	Σ peso en moldes chicos (kg)	Σ de peso viruta metálica producida anual para manufactura de moldes chicos (kg)	Ratio porcentual del peso en desperdicio respecto a la sumatoria de peso final de moldes chicos	Ratio porcentual del peso en desperdicio respecto a la sumatoria de peso de piezas iniciales
Chico	1,171	996	176	17.65%	15%

Nota. Se muestra información de la sumatoria de viruta metálica producida en un año para la manufactura de 12 moldes chicos por un proveedor externo de moldes metálicos.

El nivel medio de viruta metálica respecto al peso de las piezas metálicas iniciales es de alrededor del 15%. Esta proporción indica que el nivel de utilización de las piezas metálicas iniciales con respecto al peso final del molde es de 85%.

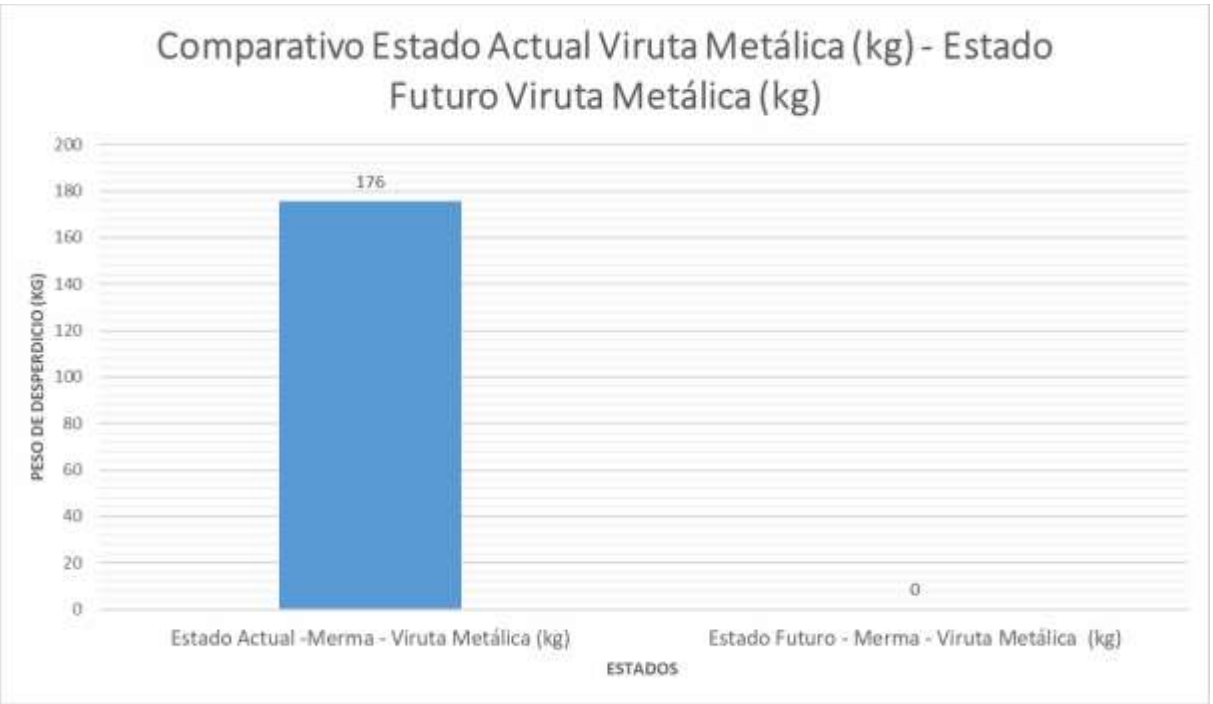
En el horizonte anual en el que se está evaluando, el acumulado es de 176 kg según la información brindada por el proveedor, esta viruta es producida por los procesos sustractivos para el desbaste, fresado, acabado y rectificado. El objetivo como ya se mencionó es la reducción de este nivel de desperdicios metálicos emitidos.

5.1.2.3.2. Estado Futuro

En este apartado se debe mencionar que al ser la variable desperdicios metálicos, con la inserción de la propuesta de fabricación aditiva, no se tendrán estos desperdicios al dejar de usar moldes metálicos en la fabricación de moldeo por inyección. El metal será reemplazado por la síntesis de resina Rigid 10K lo que genera 0 kg de viruta metálica por cada molde fabricado.

Figura 21

Comparativo de generación de viruta metálica en los 02 estados



Nota. Se muestra el total de kg de desperdicio metálico generado en la producción de moldes chicos metálicos y valor proyectado de desperdicio metálico si se aplica la fabricación aditiva con resina.

Tabla 10

Comparativo de generación de viruta metálica en los 02 estados

Estado Actual - Merma - Viruta Metálica (kg)	Estado Futuro - Merma - Viruta Metálica (kg)	Reducción (kg)	Reducción porcentual
176	0	176	100%

Nota. Se muestra la viruta producida en el modelo actual y la viruta proyectada luego de ser reemplazada por la fabricación aditiva que no emplea como material base el metal.

Cabe resaltar que es una reducción del 100% por el reemplazo del material gracias al cambio de método de fabricación y del material del que se compone el molde. La conclusión directa es que el método aditivo sirve para la reducción de la emisión de desperdicios metálicos.

5.1.2.4. Consumo de energía en escenario 02 – Lotes mensuales de 2000 unidades

5.1.2.4.1. Estado Actual

Para evaluar esta variable se agenció de información en diversas comunicaciones con el proveedor de moldes metálicos para poder tener el cálculo del consumo energético de sus procesos sustractivos.

Tabla 11

Estado Actual: Consumo de energía - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva

	MANUFACTURA DE 1 MOLDE METÁLICO			FABRICACIÓN MOLDEO POR INYECCIÓN			EVALUACIÓN ANUAL		
Tipo de Molde	Tiempo medio mecanizado efectivo (h)	CNC (Desbaste, Fresado, Acabado, Rectificado) (kw)	Energía consumida (kWh)	Tiempo de funcionamiento Máquina inyectora	Consumo de Máquinaria de Inyección (kW)	Energía consumida (kWh)	Total de energía consumida (kWh)	Cantidad media de Iteraciones al año	Total de energía consumida (kWh)
Chico	50	9	450	20	15	300.0	750	12	9,000

Nota. Se muestra información del consumo de energía en kWh para la manufactura de 1 molde por los métodos sustractivos que emplea el proveedor.

El cálculo del consumo de energía se hizo en base a las horas de mecanizado que se necesita hacer para la manufactura de las diversas piezas que constituyen un molde metálico chico. Este total de horas medio se multiplicó por el consumo en kW de la máquina CNC donde se realizan estos procesos (desbaste, fresado, acabado, rectificado) hallándose un total de 45 kWh de energía para fabricar un molde chico.

Asimismo, para tener un indicador global de la cadena se calculó la energía media consumida para la fabricación de un lote de 2000 artículos plásticos con el método de moldeo por inyección de plástico, de este modo se obtuvo un consumo de energía de 3000 kWh por lote

(según consumo de maquinaria de inyección y sus horas de funcionamiento necesarias). Este lote de 2000 artículos se escogió tanto por ser el volumen más frecuentemente pedido y debido a que es la vida útil de un molde impreso en 3D.

El escenario evaluado tiene como media 12 iteraciones al año (1 mensual) por lo cual si analizamos de forma anual se tienen un consumo de energía para este escenario y los moldes chicos de 9 000 kwh. Este vendría a ser el indicador que se busca reducir con la propuesta solución de este estudio para mejorar el rendimiento medioambiental de la cadena de suministro en la atención de los pedidos de los clientes de la empresa focal.

5.1.2.4.2. Estado Futuro

En la evaluación del nuevo modelo propuesto se analizó el consumo de energía en un horizonte anual y para la producción de lotes de 2000 unidades incluyendo la fabricación de los moldes de inyección por el método de fabricación aditiva de Estereolitografía (SLA).

Tabla 12

Estado Futuro: Consumo de energía - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva. Lote 2000 unidades

MANUFACTURA DE 1 MOLDE				FABRICACIÓN MOLDEO POR INYECCIÓN			EVALUACIÓN ANUAL		
Tipo de Molde	Tiempo de fabricación (h)	Form 3L (kWh)	Total de energía consumida Fabricación aditiva (kWh)	Horas de funcionamiento Máquina inyectora	Consumo de Máquinaria de Inyección (kW)	Total de energía consumida (kWh)	Total de energía consumida (kWh)	Cantidad Promedio de Iteraciones	Total de energía consumida (kWh) - Anual
Chico	126	0.65	82	20	15	300	382	12	4,583

Nota. Se muestra información para el cálculo del consumo de energía en kWh para la fabricación de 1 molde mediante el método aditivo de Estereolitografía (SLA).

La información empleada corresponde a las especificaciones técnicas de la impresora Form 3L (Anexo 4) que señala un consumo de 650 watts lo cual multiplicado por la cantidad de horas que tomaría y expresado en kW, el consumo resulta en 81.9 kWh por molde chico fabricado. A lo hallado se le añade la energía consumida para la producción por moldeo por

inyección de un lote de 2000 unidades y se obtiene un total de 381.9 kWh para la atención de todo el pedido de un cliente. Como la evaluación es de forma anual se multiplica este consumo de energía unitario por las 12 iteraciones (1 al mes) obteniendo un total anual de 4,583 kWh de consumo de energía. En un análisis comparativo se tiene el siguiente gráfico.

Figura 22

Comparativo de consumo de energía Estado Actual vs Estado Futuro

Nota. El gráfico muestra el total de consumo de energía en kWh anual para el estado actual y el estado futuro.

Tabla 13

Comparativo de consumos de energía anual para la producción con molde de inyección chico – estado actual vs estado futuro

Tipo de Molde	Estado Actual - Consumo de energía kWh	Estado Futuro - Consumo de energía kWh	Reducción (kwh)	Diferencia Porcentual
Chico	9,000	4,583	4,417	49%

Nota. Se muestra además del total de consumo de energía anual la diferencia en kWh y la reducción porcentual.

La reducción anual respecto al consumo de energía para la producción con moldes chicos y lotes de 200 unidades por molde es de 49%. Con lo cual se puede concluir que se ha corroborado el supuesto de que mediante la fabricación aditiva se puede mejorar el nivel de consumo de energía para la fabricación de un molde de inyección para un lote de 2000 unidades.

5.1.2.5. Tiempo para la producción y entrega en escenario 02 – Lote 2000 unidades

5.1.2.5.1. Estado Actual

Para la medición de la variable tiempo en el modelo actual se tomó el dato de las fechas de entrega comprometidas por los proveedores externos según las órdenes de compra de moldes chicos y se obtuvo una media de tiempo de entrega.

Tabla 14

Estado Actual: Tiempo de producción y entrega - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva. Lote 2000 unidades

	MOLDE - Proveedor Externo					FABRICACIÓN Y ENTREGA		
Tipo de Molde	Tiempo de Diseño (días)	Tiempo de Fabricación Molde (días)	Pruebas (días)	Tiempo de Transporte (días)	Tiempo Total de Entrega de Molde (días)	Tiempo fabricación moldeo por inyección (días)	Entrega a Cliente (día)	Total (días)
Chico	7	18	2	1	28	3	1	32

Nota. Se muestra información de los tiempos en días informados por el proveedor para el diseño, producción, pruebas y entrega de los moldes chicos ordenados por la empresa focal.

El tiempo de entrega medio de un molde chico metálico es de 28 días en la planta de la empresa focal. Este tiempo se distribuye en 7 días para el diseño, 18 para la manufactura del molde, 2 para las pruebas y el refinamiento y 1 día para el transporte y entrega. A este tiempo se le añade el tiempo de fabricación por moldeo por inyección y se tiene un total de 32 días desde el requerimiento del cliente y la entrega del lote de 2000 unidades.

5.1.2.5.2. Estado Futuro

Para evaluar el estado futuro y su impacto en los tiempos de entrega de los lotes se consideró desde el diseño del molde hasta la entrega del lote de 2000 artículos al cliente.

Se resume el cálculo en la siguiente tabla.

Tabla 15

Estado Futuro: Tiempo de producción y entrega - Evaluación Anual - Fabricación Sustractiva Lote 2000 unidades

	MOLDE - Fabricación Aditiva					FABRICACIÓN Y ENTREGA			
Tipo de Molde	Tiempo de Fabricación Aditiva (horas)	Tiempo de Diseño (días)	Tiempo Fabricación Aditiva (días)	Poscurado y Posacabado (días)	Pruebas (días)	Tiempo Total de Entrega de Molde (días)	Tiempo fabricación moldeo por Inyección (días)	Entrega a Cliente (día)	Total (días)
Chico	120	2	5	1	1	9	3	1	13

Nota. Se muestra información de los tiempos en días informados por el proveedor para el diseño, producción, pruebas y entrega de los moldes chicos ordenados por la empresa focal.

Para el cálculo se empleó los datos de la impresora Form 3L con lo que se obtuvo según el volumen a imprimir un total de 120 horas de impresión con la resina Rigid 3k y 6 horas para el postcurado y post acabado del molde de modo que este obtenga la rigidez y resistencia necesarios para el moldeo por inyección.

En total se obtuvo un tiempo de 13 días para todo el proceso hasta la entrega al cliente del lote de 2000 unidades.

Para una comparativa entre los estados se muestra la siguiente tabla y gráfico.

Tabla 16

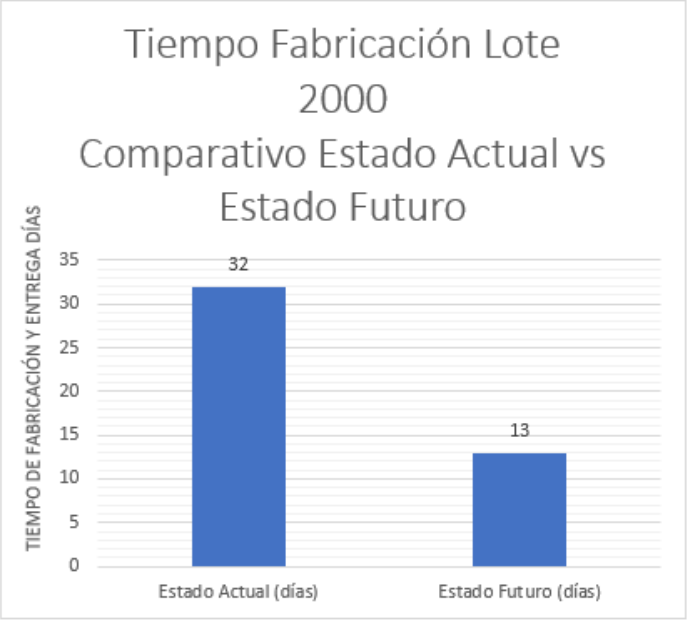
Comparativo en tiempo de fabricación lote 2000 unidades – estado actual vs estado futuro

Tiempo de Fabricación Lote 2000 unidades				
Tipo de Molde	Estado Actual (días)	Estado Futuro (días)	Reducción (Días)	Porcentual (%)
Chico	32	13	19	59%

Nota. Se muestra la reducción significativa en tiempo resultante de la introducción de la estrategia propuesta.

Figura 23

Comparativo de tiempo de fabricación



Nota. Se muestra de forma gráfica la reducción en el tiempo total desde el pedido hasta la entrega de un lote de 2000 unidades.

En esta variable se obtuvo una importante reducción del 59% del tiempo de entrega al calcular este tiempo con el método de producción aditiva con la Form 3L. La conclusión en este

caso es que la inserción de la fabricación aditiva permite reducir los tiempos de atención de un pedido que requiera la fabricación un molde de inyección chico y para un lote de 2000 piezas plásticas.

5.1.2.6. Costo de molde por pieza plástica producida en escenario 02

5.1.2.6.1. Estado Actual

Para el cálculo del costo en el estado actual se utilizó la información de las órdenes de compra y se obtuvo una media de costo de 5000 dólares por moldes. Este costo incluye el diseño, las pruebas, la manufactura y la entrega del molde de inyección en la planta de la empresa focal.

5.1.2.6.2. Estado Futuro

Para la evaluación de la variable costo en el estado futuro se empleó el costeo en base a la impresora Form 3L y el uso del material resina Rigid 10K. Asimismo, se emplearon otros datos brindados por la empresa focal (costo de personal y costo de kWh).

Para el cálculo del costo de diseño y mano de obra se empleó el costo del personal y sus horas hombre invertidas para estos procesos. Para el costo de material se calculó en base al volumen medio de las placas del molde de inyección y el costo de la resina Rigid 10K. En el caso de la depreciación se emplearon los datos del costo de los equipos involucrados, así como los servicios de capacitación e instalación requeridos y se distribuyó en costo en 5 año, que es la vida útil esperada, y luego se dividió sobre la cantidad de moldes que se imprimirán en este periodo. Finalmente, el costo de energía se calculó en base al costo en kWh de la empresa focal y la cantidad de hora de impresión calculada previamente.

Tabla 17

Cálculo del costo de Producción de 1 molde por fabricación aditiva

	Origen	Tipo	Costo Unitario ($)	Cantidad de piezas (vida útil de molde)	Costo de Molde por pieza plástica producida ($)
Estado Actual	Proveedor Externo	Molde metálico	5,000.00	100,000.00	0.05
Estado Futuro	Fabricación Aditiva	Molde impreso en 3D	953.81	2,000.00	0.477

Nota. Se muestra el costo unitario del molde metálico y el costo del molde impreso en 3D calculado (Anexo2). Asimismo, se muestra la vida útil de cada molde en piezas plásticas que se espera producir con el molde y el costo del molde por pieza plástica producida.

La vida útil del molde metálico es de 100 000 piezas plásticas según lo informado por la empresa focal. Esto debido a que es el número promedio de piezas producidas por molde metálico en el tiempo antes de dejar de usarse y quedar almacenado. Si bien el molde sigue siendo útil para la producción, ya los diseños cambian y el molde queda obsoleto para el mercado.

Por su lado la vida útil del molde impreso en 3D con la resina Rigid 10k responde a los datos de casos de éxito que para diseños simples como las empleadas el molde puede tener una vida útil para 2000 (1000 ciclos que produce 2 artículo por cada inyección) artículos plásticos, esto está sujeto a la complejidad del diseño.

Para una mejor comparación se presenta la siguiente tabla y gráfico donde se muestra la variación en el costo del molde por artículo plástico al insertar la fabricación aditiva y la relación porcentual de esta variación con respecto al costo actual.

Tabla 18

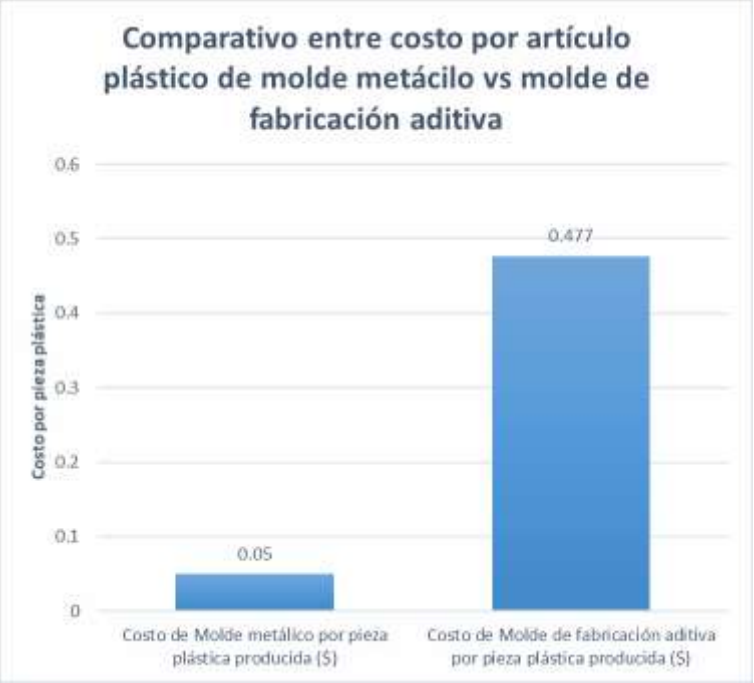
Comparativo Costo de molde Estado Actual vs Estado Futuro

Costo de Molde metálico por pieza plástica producida ($)	Costo de Molde de fabricación aditiva por pieza plástica producida ($)	Diferencia (|Costo de molde metálico por pieza plástica - costo de molde de fabricación aditiva por artículo plástico|)	Relación porcentual de la variación en el costo del molde por artículo plástico y el costo actual
0.05	0.477	0.427	854%

Nota. Se muestra el cálculo de la variación en costo del molde por artículo plástico.

Figura 24

Comparativo del costo por artículo plástico de un molde metálico y un molde de fabricación aditiva



Nota. Se muestra de forma gráfica la significativa diferencia entre el costo del molde metálico y del molde de fabricación aditiva por pieza plástica según la vida útil esperada de moldes chicos.

Se muestra que, si bien el costo de obtener un molde por fabricación aditiva es menor al costo de ordenar un molde metálico a un proveedor externo, la vida útil de un molde metálico es muy superior a la de un molde elaborado con la impresora 3L y la resina Rigid 10K. Esta gran diferencia conlleva a que el costo del molde de fabricación aditiva evaluado de forma unitaria para las piezas plásticas que se pueden fabricar a partir de este sea muy superior al costo del molde metálico.

La inserción de la fabricación aditiva para los moldes chicos implicaría elevar el costo del molde por pieza plástica en un 854% respecto al costo actual. Esto indica que la propuesta afecta de forma negativa los costos del proceso productivo de la empresa focal por lo que no es recomendable respecto a esta variable.

5.2. Medición de la solución.

5.2.1. Análisis de Indicadores cuantitativo y/o cualitativo

La propuesta del presente estudio tiene como objetivo primordial el mejorar el desempeño medioambiental de la cadena de suministros de la empresa focal en su proceso de atención de los pedidos de artículos plásticos de sus diversos clientes. Para lo cual se evaluaron las variables de desperdicio metálico y la variable consumo de energía. En estas dos variables se emplearon los indicadores cuantitativos mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 19

Indicadores de variables desperdicio metálicos y consumo de energía

Indicadores	Estado Actual	Estado Futuro	Diferencia (|Estado Actual - Estado Futuro|)	Variación Porcentual	Efecto
Cantidad de desperdicio metálico en kilogramos	176	0.00	176	100%	Reducción - Efecto positivo
Consumo de energía en kWh	9,000	4,583	4,417	49%	Reducción - Efecto positivo

Nota. Se muestran los indicadores de desempeño medioambiental evaluados en el presente estudio.

En el aspecto medioambiental y en particular en los indicadores mostrados se puede observar reducciones significativas. En el caso de la cantidad de desperdicio, se obtendría eliminar este desperdicio metálico en la cadena al reducirse en un 100%, se observa un impacto positivo para los objetivos del estudio. En el caso del consumo de energía, se obtuvo una reducción de un 49% de reducción con la inserción de la fabricación aditiva, con lo que se puede señalar que el hallazgo es que la propuesta tendría un impacto positivo en el desempeño medioambiental de la cadena de suministros.

Además de las anteriores 02 variables, el análisis de la propuesta tiene otras 02 variables importantes para medir el impacto en el desempeño mismo de la atención de los pedidos de los clientes respecto a la empresa focal.

A continuación, se muestran los indicadores de tiempo de atención de pedido de un lote de 2000 unidades y costo de molde de inyección por pieza plástica producida.

Tabla 20

Indicadores de variables tiempo de atención y costo de producción

Indicadores	Estado Actual	Estado Futuro	Diferencia (|Estado Actual - Estado Futuro|)	Variación Porcentual	Efecto
Tiempo de atención de pedido de un lote de 2000 unidades en días	32	13	19	59%	Reducción - Efecto positivo
Costo de Moldes por pieza plástica en dólares	0.05	0.48	0.43	854%	Aumento - Efecto negativo

Nota. Se muestran los indicadores de medición del impacto en el desempeño de la empresa focal respecto a su tiempo y sus costos de producción de artículos plásticos.

En estas variables se obtuvieron conclusiones distintas. En primer lugar, se obtuvo que existe una reducción significativa en cuanto al tiempo de atención de un pedido en el escenario 02 (no existe un molde) de un lote de 2000 unidades. La reducción es de un 59% si se emplea la fabricación aditiva en lugar de ordenar un molde metálico al proveedor externo. En este indicar el efecto es positivo al reducir el tiempo de atención del pedido.

En el caso del costo del molde se observa que con la introducción de la fabricación aditiva el costo del molde por pieza plástica fabricada aumenta en un 854%. Esto implica un efecto negativo para el objetivo buscado que era una reducción en los costos.

5.2.2. Simulación de solución. Aplicación de Software.

En esta parte, se va realizar un análisis económico de implementar el proyecto en la empresa para conocer la viabilidad o no del estudio en términos monetarios.

Para esta evaluación se hará uso del software Microsoft Excel y se calculará el Valor Actual Neto del proyecto (VAN) y TIR, se ha validado analizar estos criterios ya que actualiza los ingresos y egresos de un proyecto/inversión para conocer cuánto ganará o perderá al implementarlo.

Como parte del procedimiento, se han identificado todos los ingresos y egresos que se involucran en un escenario perfecto, es decir, en donde la máquina elegida produzca al máximo de su capacidad (2000 und) y se produzcan y vendan un molde pequeño al mes.

- Con respecto a los ingresos mapeados en este proyecto, se ha considerado las ventas totales mensuales producidas a la máxima capacidad del molde impreso en 3D.
    - Cantidad máxima producida por la máquina: 2000 unidades
    - El valor de vender un artículo plástico producida con el molde fabricado de forma aditiva, se calcula en: S/1.60 soles (Este monto ha sido dado por la empresa focal)
    - Se ha considerado un margen de 15% para la venta de los moldes fabricados. (Ver Anexo 2)
- Con respecto a los egresos identificados en la implementación de este proyecto, se ha considerado:
    - El costo de adquisición de la impresora y los insumos para la utilización:

Tabla 21

Precios de Impresoras e Insumos

Equipos	Cantidad Requerida	Costo Unitario ($)	Costo Total ($)
Impresora 3L	1	9,999	9,999
Form Cure L	1	2,999	2,999
Form Wash L	1	2,999	2,999
		TOTAL	15,997

Nota. La información mostrada se resumió en la cotización obtenida. revisar Anexo 1

- El costo de servicio por 1 año incluye: soporte y capacitación del uso de la impresora. 1000.00 USD (Este monto es dado por el proveedor y se muestra en el anexo 1)
- El costo del estudio del proyecto, que se planteó en el capítulo IV de presupuesto y se ha convertido al tipo de cambio (S/ 4.00)
- El costo de producción del molde se ha calculado de la siguiente manera:

Tabla 22

Costo de producción de molde pequeño

Tipo de molde	Costo de diseño ($)	Costo materiales y repuestos	Costo de mano de obra ($)	Costo de Energía consumida ($)	Costo total de 1 molde($)
Chico	59.33	564.59	178	10.2375	812.16

Nota. La información mostrada se resumió en la cotización obtenida. Revisar Anexo 1

- El costo de producir un artículo plástico a partir de un molde impreso en 3D, se calcula en: S/1.00 soles (Este monto ha sido dado por la empresa focal, incluye costo de material, mano de obra, uso de maquinarias, energías, etc.)

Con la información detallada líneas arriba, se procedió a elaborar el cuadro de flujo de caja con el objetivo de calcular el VAN:

Figura 25

Evaluación económica de la implementación del proyecto - 05 años

Estado de Resultados

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Ventas Mercadería		USD 9,600.00	USD 9,600.00	USD 9,600.00	USD 9,600.00	USD 9,600.00
Venta de moldes		USD 13,162.58	USD 13,162.58	USD 13,162.58	USD 13,162.58	USD 13,162.58
Costo de producción		-USD 6,000.00	-USD 6,000.00	-USD 6,000.00	-USD 6,000.00	-USD 6,000.00
Costo de prod. de molde		-USD 9,745.92	-USD 9,745.92	-USD 9,745.92	-USD 9,745.92	-USD 9,745.92
Depreciación		USD 3,399.40	USD 3,399.40	USD 3,399.40	USD 3,399.40	USD 3,399.40
Utilidad antes de impuestos		USD 10,416.06	USD 10,416.06	USD 10,416.06	USD 10,416.06	USD 10,416.06
Impuesto a la renta		-USD 3,072.74	-USD 3,072.74	-USD 3,072.74	-USD 3,072.74	-USD 3,072.74
Utilidad neta		USD 7,343.32	USD 7,343.32	USD 7,343.32	USD 7,343.32	USD 7,343.32

Flujo caja económica

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Utilidad neta		USD 7,343.32	USD 7,343.32	USD 7,343.32	USD 7,343.32	USD 7,343.32
Depreciación		USD 3,399.40	USD 3,399.40	USD 3,399.40	USD 3,399.40	USD 3,399.40
Inversión						
Capacitación + soporte	-USD 1,000.00					
Evaluación de proyecto	-USD 2,225.00					
Activos fijos	-USD 16,997.00					
Flujo Netos Económico	-USD 20,222.00	USD 10,742.72	USD 10,742.72	USD 10,742.72	USD 10,742.72	USD 10,742.72

VAN	USD 16,378.98	Tasa de decuento es el WACC 14.32%
TIR	45%	

Flujo caja Financiera

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Flujo caja económica	-USD 20,222.00	USD 10,742.72	USD 10,742.72	USD 10,742.72	USD 10,742.72	USD 10,742.72
Financiamiento						
Deuda	USD 16,997.00					
Interés		-USD 2,719.52	-USD 2,324.08	-USD 1,865.36	-USD 1,333.25	-USD 716.01
Amortización		-USD 2,471.52	-USD 2,866.97	-USD 3,325.68	-USD 3,857.79	-USD 4,475.04
Escudo tributario		USD 802.26	USD 685.60	USD 550.28	USD 393.31	USD 211.22
Flujo Netos Económico	-USD 3,225.00	USD 6,353.94	USD 6,237.28	USD 6,101.96	USD 5,944.99	USD 5,762.90

VAN	USD 11,672.85	Tasa de decuento = Costo de oportunidad del accionist 30%
TIR	194%	

El detalle de la información utilizada para elaborar los cuadros que se muestran anteriormente se puede ubicar en el ANEXO 6: datos como el cálculo del WACC, monto de la deuda, monto del interés, fuentes de financiamiento, tasa impositiva y plazo de pago de la deuda. Los datos fueron obtenidos en consulta con el área de finanzas de la empresa en estudio.

En el primer cuadro (estado de resultados) se muestra que la utilidad neta es positiva al final de cada año, todo esto en base a las ventas de los artículos plásticos fabricados a partir de moldes impresos en 3D, la venta de los mismos moldes y los gastos aproximados que se tendrían para dichos años. Es importante señalar que la venta de los moldes se realiza ya que en la actualidad quien cubre el costo total del molde es el cliente por lo que la impresión de venta de moldes en 3D sería una opción más a las que el cliente puede optar previo a la fabricación de los artículos plásticos.

Luego, se muestra el VANE (VAN Económico, que se obtiene del flujo de caja económico) con un valor 16 378.98 soles y la TIRE (TIR Económico, del flujo de caja económico) tiene un valor positivo de 45%. La conclusión directa es que el proyecto es viable ya que el VANE es positivo y el TIRE es mayor al Costo promedio de capital (WACC=14.32%). Asimismo, al integrar al análisis los flujos derivados de los servicios de deudas se obtiene un VANF (VAN Financiero) de positivo y un TIRF (TIR Financiero) mayor al Costo de oportunidad del accionista se confirma la viabilidad del proyecto para los accionistas.

Capítulo VI: Conclusiones y/o Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos y en base al análisis realizado en la presente investigación de propuesta de implementación de integración vertical, en el cual la empresa asume el papel de su proveedor de molde chico, usando la tecnología de impresión aditiva como medio de fabricación, se calculan los resultados de que por el lado del desempeño ambiental se obtendría un impacto positivo al reducir los niveles de energía consumida en 49%, tiempo de producción en 59% y la totalidad de merma, esto nos indica como conclusión que una orientación hacia una cadena de suministro verde por parte de la empresa puede mejorar positivamente su desempeño ambiental y por ende ayudar al entorno. Por otro lado, a nivel de gestión de costos los resultados no son favorables, debido a que aún los mismos son elevados, dado que la fabricación aditiva como medio escogido para el reemplazo de fabricación de moldes eleva el costo del molde por artículo plástico producido. Sin embargo, al realizar la evaluación económica de la propuesta en un periodo de 5 años, se concluye que es el proyecto de inversión es rentable al brindarnos un VAN y TIR positivos.

A su vez, según la revisión de la bibliografía y lo evaluado en la investigación, se corrobora que esta tecnología está todavía más orientada a lotes pequeños con alto valor y más para una etapa de prototipado que en la producción en masa como es el caso de la empresa focal. Esto nos indica que la tecnología de fabricación aditiva en el país aún se presenta como una alternativa nueva que sigue en desarrollo, por lo que el costo de capacitación e implantación es elevado, pero con gran potencial a futuro.

Podemos concluir también que la Gestión de una Cadena de Suministro Verde permite a una empresa de producción desarrollar un enfoque que impacte positivamente en su proceso productivo, además de contribuir a la sostenibilidad ambiental desde las relaciones entre los agentes involucrados en dicha cadena (desde proveedores hasta los clientes).

Una de las principales recomendaciones es el explorar las formas de reciclaje de las piezas fabricadas con materiales como los polímeros y resinas empleados por las técnicas de fabricación aditiva. En la literatura se encontró que son las mismas empresas proveedoras de las máquinas de impresión 3D y los fabricantes de los materiales empleados en estas técnicas los que están en franco desarrollo de mejores técnicas de reciclaje de estos materiales. Sería importante ahondar en este aspecto ya que atañe directamente un potencial impacto medioambiental.

Se recomienda además replicar la propuesta y análisis en una empresa que pueda contar con un mayor capital de inversión en una máquina de fabricación aditiva dado que podría

mejorar los resultados obtenidos en el cálculo de gestión del costo debido a que optar por otro tipo de máquina generaría retornos diferente y moldes que permitan la producción de lotes de mayor volumen.

Como recomendación adicional sugerimos profundizar en más indicadores medioambientales, tales como la vida útil o la proporción de productos defectuosos, ya que por limitaciones de tiempo del estudio en el presente trabajo no llegamos al siguiente paso de implantar la propuesta, por lo que para trabajos futuros puede ser importante tener en cuenta estos indicadores para complementar la mejora del desempeño ambiental que se propone.

Referencias Bibliográficas

Balbás, A., Espinosa, M. & Dominguez, M. , "Últimos avances en la fabricación aditiva con materiales metálicos", Lámpsakos, no. 19, pp 47-54, 2018 URL: http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2365

Bernal, J. (2013, 23 agosto). *Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar): El círculo de Deming de mejora continua: PDCA Home*. PDCA Home. Recuperado 19 de noviembre de 2021, de https://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/

Cardenas, Y. (2010). Tipos de Investigación. URL: https://es.slideshare.net/YACARLA/tipos-de-investigacion-5638190

Chávez V., S.M., Esparza del V., Ó.A. y Riosvelasco M., L. (2020). Diseños preexperimentales y cuasiexperimentales aplicados a las ciencias sociales y a la educación. Enseñanza e Investigación en Psicología, 2(2), 167-178.

Conexión ESAN (2019). La transformación de la logística a causa de la impresión 3D. URL: https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2019/08/la-transformacion-de-la-logistica-a-causa-de-la-impresion-3d/

Cubillos, Laura (2021). La impresión 3D y su impacto en la cadena de suministro. Zona Logística. URL: https://zonalogistica.com/la-impresion-3d-y-su-impacto-en-la-cadena-de-suministro/

Desimone, J. (26 de Junio de 2019). How Carbon Uses 3D Printing to Transform the Global Supply Chain. Bloomberg Technology. URL https://www.youtube.com/watch?v=zXSGNcfETek&t=311s

Díaz López, Jeimy Nataly (2018). Retos de la Cadena de Suministro con la Inclusión de la Tecnología de Impresión 3D - Fabricación Aditiva AM. Cuadernos Latinoamericanos de Administración, vol. XIV, núm. 27, 2018 Universidad El Bosque, Colombia. URL: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409658132012

Formlabs (2020). Moldeo por inyección rápido de bajo volumen con moldes impresos en 3D. https://3d.formlabs.com/libro-blanco-moldeo-por-inyeccion-a-partir-de-moldes-impresos-en-3d/

Formlabs (2020). Manual Form 3L. https://media.formlabs.com/m/43b4c2b015585e9a/original/-ES-Form-3L-Manual.pdfFormlabs (2021). Personaliza tu Paquete completo Form 3L. https://formlabs.com/store/3d-printers/form-3l-package/#/customize/

García P, Manuel, & Quispe A., Carlos, & Ráez G., Luis (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. Industrial Data, 6(1),89-94.[fecha de Consulta 1 de Diciembre de 2021]. ISSN: 1560-9146. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81606112

Gómez Montoya, Rodrigo Andrés. (2011). Propuesta de gestión de cadena de abastecimiento verde para empresa comercializadora de suministros eléctricos. Producción + Limpia, 6(2), 117-127. Retrieved November 06, 2021, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552011000200011&lng=en&tlng=es

González J. (2019), La cadena de suministro verde: su importancia e integración en las organizaciones contemporáneas. Revista Daena (International Journal of Good Conscience). 14(1), 320-334. URL: http://www.spentamexico.org/v14-n1/A19.14(1)320-334.pdf

Gutierrez, J., Lucioni, J., Juárez, M., Eliggi, G., & Posadas de la Piedra, S. (2021). Evaluación de la impresión 3D como método alternativo en la producción de piezas de reguladores de gas. AACINI - Revista Internacional De Ingeniería Industrial, (3), 102-115. URL: http://www3.fi.mdp.edu.ar/otec/revista/index.php/AACINI-RIII/article/view/27

Hernández, Juán Carlos (2013). Nota Técnica: Principio de funcionamiento del sistema de inyección y análisis para la comprensión de la influencia del defecto rebaba de preformas PET. Revista INGENIERÍA UC, 20(1),42-52.[fecha de Consulta 18 de Octubre de 2021]. ISSN: 1316-6832. URL: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732640006

Juaréz, Carlos (2020). Cadena de suministro verde: formas de implementarla. The Logistic World. Recuperado de: https://thelogisticsworld.com/logistica-y-distribucion/cadena-de-suministro-verde-formas-de-implementarla/

Kothman, I., & Faber, N. (Noviembre de 2015). How technology changes the rules of the game: Insights from the construction sector exploring 3d print technology. Saxion University of Applied Sciences. URL: https://www.researchgate.net/publication/281612582_How_technology_changes_the_rules_of_the_game_insights_from_the_construction_sector_exploring_3D_printing_technology

Lago, J. (202). Revisión de las Técnicas de Fabricación Aditiva y sus Aplicaciones. Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología Universidad de La Laguna. https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/21410/Revision%20de%20las%20tecnic

as%20de%20fabricacion%20aditiva%20y%20sus%20aplicaciones.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Llanes Cedeño, E. A., Peralta Zurita, D., Pucha Tambo, M., & Rocha Hoyos, J. C. (2019). Caracterización mecánica a flexión de materiales compuestos con matriz fotopolimérica reforzados con fibras de abacá y cabuya mediante impresión 3D. Ingenius. Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología(22), 100-112. URL: https://www.redalyc.org/journal/5055/505559510013/505559510013.pdf

Marcillo Parrales, K., Mero Lino, E., & Ortiz Hernández, M. (2021). Impresión 3d como eje de desarrollo en la industria 4.0. Serie Científica De La Universidad De Las Ciencias Informáticas, 14(4), 151-160. URL: https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/794

Moldes de inyección con impresión 3D para series de tirada corta (26 de enero, 2017). URL: https://impresiontresde.com/moldes-de-inyeccion-impresion-3d/

Mustafa Çagri Gürbüz (s.f). El impacto de la impresión 3D en la cadena de suministro. MIT Global Scale Network. URL: https://www.zlc.edu.es/es/noticias/el-impacto-de-la-impresion-3d-en-la-cadena-de-suministro/

Oriozabala-Brit, J., Espinosa-Escudero, M., Dominguez, M.. (2016). ADDITIVE MANUFACTURING OPPORTUNITIES TO OPTIMIZE PRODUCT DESIGN. DYNA, 91(3). 263-271. URL: https://doi.org/10.6036/7661

Organización de las Naciones Unidas. (01 de febrero de 2017). Organización de las Naciones Unidas. Obtenido de la Organización de las Naciones Unidas. URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/

Ortiz Gil, A. (abril, 2019) Las impresoras 3D como herramientas científicas. En: Encuentros Multidisciplinares, 1-8. URL: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/687514/EM_61_6.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Otero Ortega, A. (2018). Enfoques de Investigación. Researchgate. URL: https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION

Prada, R. & J.C. Acosta-Prado (2017). El molde en el proceso de inyección de plásticos para el logro de objetivos empresariales. Dimensión Empresarial, 15(1), 157-168

“Que es la Investigación Experimental” (s.f). Extraído de: https://www.questionpro.com/blog/es/investigacion-experimental/

Rha, J, S (2010). The Impact of Green Supply Chain Practices on Supply Chain Performance (Maestría). University of Nebraska, Lincoln. URL: https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=businessdiss

Ramos, E. (2021). Integración de los elementos de la gestión del suministro en la planificación estratégica y sostenibilidad de la cadena de suministro del café peruano. URL: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16467/Ramos_pe.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reinecke, H. & Rodriguez – Hernandez, J. (marzo, 2020) Plásticos de alto rendimiento para la impresión 3D Fabricación aditiva versus moldeo por inyección. En: Revista de Plásticos Modernos, 119(754), 10-12. URL: https://digital.csic.es/bitstream/10261/243143/1/837511.pdf

Romero Bermúdez, Erika, & Díaz Camacho, Jacqueline (2010). El uso del diagrama causa-efecto en el análisis de casos. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México), XL(3-4),127-142.[fecha de Consulta 1 de Diciembre de 2021]. ISSN: 0185-1284. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27018888005

Romero, I. (2009, mayo) Cadena de Suministros. Researchgate. Recuperado noviembre de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/256197138_Cadena_de_Suministros_Verde_Cadena_de_Suministros_Verde

Singh, J., & Raghuram, J. (Enero de 2017). Evolution of Supply Chain Management. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 8, págs. 235–240. URL: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52020333/IJMET_08_01_025-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1634537223&Signature=Lqt9aRC~ZxdkHb-Ob867aQMETBQZLGVUxfx-0f2-8E5FRrh2dTbT0dDVUmmaxycwLIKfc5u2~g0AMAp5CPsNM96TAe0BGNsD-uXf7jzUwcDZjetjvxCohLcduK~6hMwx8NR79gryLi2a

Srivastava, S. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. International Journal of Management Reviews . URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1468-2370.2007.00202.x

Tamayo, M., & Piñeros, J. (2007). Formas de integración de las empresas. Ecos De Economía: A Latin American Journal of Applied Economics, 11(24), 27-45. URL: https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecos-economia/article/view/722

Torres Salazar, María del Carmen (2014) Cadenas de suministro verdes, una respuesta al desempeño ambiental. En: Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos. (20). 43-48. URL: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4733838

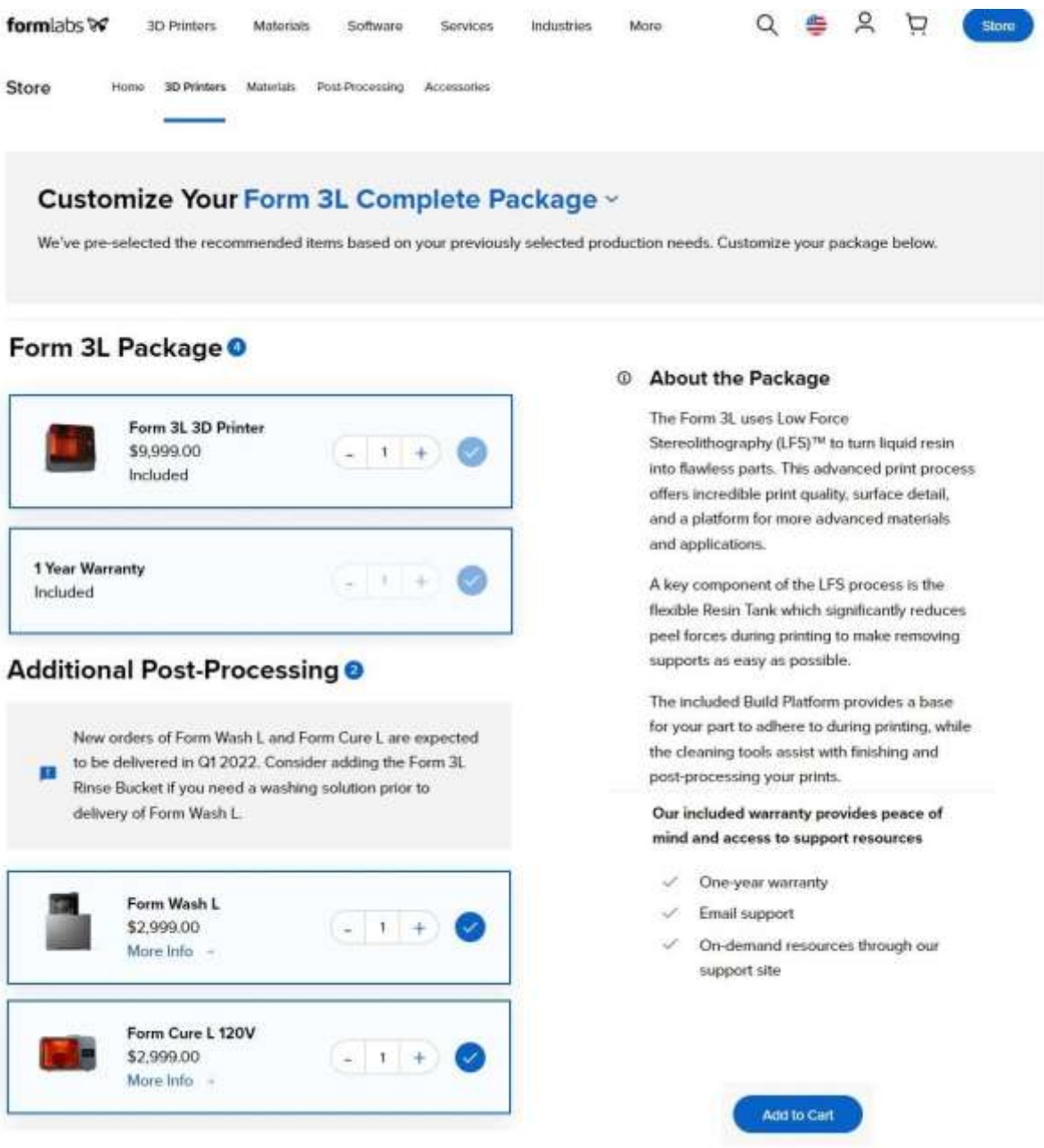
Torres-Salazar, María del Carmen, Escalante-Ferrer, Ana Esther, Olivares-Benítez, Elías, & Pérez-García, Juan Carlos. (2016). Talento verde y cadenas de suministro verdes: ¿existe una relación significativa?. Nova scientia, 8(16), 421-454. URL: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052016000100421&lng=es&tlng=es.

TRESDE. (2019). TRESDE. Obtenido de Manufactura: Fabricación Aditiva vs Fabricación Sustractiva. URL: https://tresde.pe/manufactura-fabricacionaditiva-vs-fabricacion-sustractiva/

Uriarte-Gallastegi, N., Landeta-Manzano, B., Arana-Landin, G., Laskurain-Iturbe, I .. (2020). Beneficios y debilidades ambientales de los procesos de fabricación de aditivos en el sector empresarial. Agentes clave que influyen en el impacto ambiental de las tecnologías de fabricación digital. DYNA , 95 (6). 587-590. URL: https://doi.org/10.6036/9657

Anexos

Anexo 1 - Cotización Impresora Form 3L



Anexo 2 - Costeo Fabricación Aditiva de Molde de Inyección

Cálculo de la depreciación

Equipos	Cantidad Requerida	Costo Unitario ($)	Costo Total ($)
Impresora 3L	1	9999	9999
Form Cure L	1	2999	2999
Form Wash L	1	2999	2999
Servicio 1 (capacitación - instalación)	1	1000	1000
		Total a depreciar	$ 16,997.00

Total a depreciar ($)	Vida útil (años)	Cantidad de moldes esperado	Depreciación por molde ($)
16,997.00	5	120	141.642

Cálculo de costo de materiales

Costo de Cartucho 1L Rigid 10K ($)	Cantidad media de resina por molde (L)	Costo de material por molde ($)
299	1.89	564.59

Cálculo de Costo de Diseño

Costo de Ingeniero - Mensual ($)	Costo diario ($)	Tiempo de Diseño (días)	Costos de Diseño ($)
890.00	29.67	2	59.33

Cálculo de Costo de mano de obra

Costo de Ingeniero - Mensual ($)	Costo diario ($)	Tiempo de Impresión 3D y poscurado (días)	Costos de mano de obra de Impresión 3D ($)
890.00	29.67	6	178.00

Resumen de costeo

Tipo de molde	Costo de diseño ($)	Costo materiales y repuestos	Depreciación de Activos ($)	Costo de mano de obra ($)	Costo de Energía consumida ($)	Costo total de 1 molde($)
Chico	59.33	564.59	141.6	178	10.2375	953.81

Anexo 3 - Cotización de Moldes por el Proveedor

PERÚ

RESUMEN DE COTIZACIONES DE MOLDES					
No	DESCRIPCIÓN	MODELO	Q	PRECIO UNIT (USD)	MATERIAL
1	CANASTILLA	4 CAVIDADES COLD RUNNER	1	5200	ACERO P20
2	TAPA	10 CAVIDADES COLD RUNNER	1	5000	ACERO P20
3	CUCHARITAS	10 CAVIDADES HOT RUNNER	1	4900	ACERO P20
4	REGLA	1 CAVIDAD HOT RUNNER	1	4900	ACERO P20
5	ESCUADRA	2 CAVIDADES HOT RUNNER	1	5000	ACERO P20
6	GANCHITOS	10 CAVIDADES HOT RUNNER	1	4800	ACERO P20
7	EMPAQUETADURA	8 CAVIDADES COLD RUNNER	1	5000	ACERO P20
8	TUERCA	4 CAVIDADES HOT RUNNER	1	5200	ACERO P20
SUJETO A TIPO DE CAMBIO					

Resumen de cotizaciones por parte de uno de los proveedores 2G PERÚ S.A.C.

Anexo 4 - Especificaciones Técnicas Form 3L

Especificaciones técnicas

Parámetro	Unidad
Impresora	Form 3L
Tecnología de impresión 3D	Low Force Stereolithography (LFS)™
Dimensiones mínimas para acceder fácilmente a la máquina (ANC. X PROF. X ALT.)	90 × 96 × 104 cm
Tamaño de la impresora (ANC. X PROF. X ALT.)	77 × 52 × 74 cm
Peso de la impresora	54,4 kg
Volumen de impresión (ANC. X PROF. X ALT.)	33,5 × 20 × 30 cm
Grosor de la capa (nivel de resolución vertical)	25–300 micras
Resolución XY	25 micras
Diámetro del punto focal del láser (FWHM)	85 micras
Cartuchos de resina	2
Sistema de dispensación de resina	Automático
Materiales biocompatibles	No
Soportes	Autogenerados Despegables con un toque ligero
Entorno de funcionamiento	18–28 °C, baja humedad ambiental
Temperatura de funcionamiento	Autocalefacción hasta 35 °C
Control de temperatura	Cámara de impresión con calefacción por aire
Requisitos de alimentación	100–240 V CA, máximo 8,5 A
Especificaciones del láser	IEC 60825-1:2014, EN 60825-1:2014 Producto láser de clase 1 2 Light Processing Units (LPU) **Cada Light Processing Unit (LPU) contiene:** Láser violeta de 405 nm Máximo 250 mW
Información sobre radiaciones	La Form 3L es un producto láser de clase 1. La radiación accesible se encuentra dentro de los límites de clase 1.
Conectividad	**Wi-Fi:** 2,4 GHz, 5 GHz **Ethernet:** 1000 Mbit **USB:** 2.0
Conectividad wifi	**Protocolo:** IEEE 802.11 b/g/n **Frecuencia:** 2,4 GHz, 5 GHz **Seguridad admitida:** WPA/WPA2
Conectividad Ethernet	Puerto LAN Ethernet RJ-45 (10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T), realiza la conexión con un cable blindado Ethernet (no incluido): como mínimo de Cat5 o Cat5e o Cat6 para 1000BASE-T.
Conectividad USB	Puerto USB (rev 2.0) B con un cable USB A a B
Emisión sonora	No supera los 70 dBA.
Control de la impresora	Pantalla táctil interactiva
Notificaciones	Notificaciones en la pantalla táctil, SMS/mensaje vía Dashboard Dos leds indicadores de estado Altavoz para notificaciones de sonido
Preparación de impresiones	Software de sobremesa PreForm
Tipo de archivo	STL u OBJ

Anexo 5 - Cálculo de Tiempos de Fabricación (Molde Chicos y Lote de 2000 und Plásticas)

Cálculo de tiempo de impresión - Molde Chico

	Volúmen	
	92.88 cm3	2 219 cm3
Tiempo de impresión (h)	5.00	120
Tiempo de impresión (días)		5

Tiempo de procesos post-impresión

Proceso post-impresión	Tiempo según casos de éxito de aplicación en moldes de inyección (minutos)
Lavado con alcohol isopropilico	20
Poscurado a 70°C	60
Poscurado térmico a 125°C	90
Posacabado (taladrar o escariar orificios y lijar las caras para obtener las tolerancias)	180
Total en minutos	350
Total en horas	5.83
Total en días (6 horas por día)	1.0

Cálculo de tiempo de fabricación de artículos plásticos - Molde Chico

Información otorgada por Empresa Focal

Lote	Tiempo (minutos)	Tiempo (horas)	Tiempo (días)
2000	900	15	3

Anexo 6 – Datos necesarios para estado de resultados y cálculo de WACC

EVALUACIÓN ECONOMICA
INVERSIONES

TANGIBLES	USD	16,997.00	100%
COSTO DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO	USD	2,225.00	
CAPACITACIÓN Y SOPORTE	USD	1,000.00	
INVERSIÓN TOTAL	USD	20,222.00	

Fuentes de financiamiento

	Importe		% participación	Costo
DEUDA - Inversión en tangibles	USD	16,997.00	84%	16%
APORTE PROPIO	USD	3,225.00	16%	30%

DATOS

VIDA ÚTIL	5
DEPRECIACIÓN ANUAL	3399.4
VALOR DE RECUPERO	0
TASA DE DEUDA (Ki)	16%

SERVICIO A LA DEUDA

PLAZO AÑOS	5
TASA IMPOSITIVA	29.5%

	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Deuda	USD 16,997.00					
Interés		USD 2,719.52	USD 2,324.08	USD 1,865.36	USD 1,333.25	USD 716.01
amortización		USD 2,471.52	USD 2,866.97	USD 3,325.68	USD 3,857.79	USD 4,475.04
Cuota		**USD 5,191.04**	**USD 5,191.04**	**USD 5,191.04**	**USD 5,191.04**	**USD 5,191.04**
		USD 14,525.48	USD 11,658.51	USD 8,332.83	USD 4,475.04	-USD 0.00

Cálculo del WACC

CÁLCULO DE Ke (COSTO DE OPORTUNIDAD DE ACCIONISTA)

Costo Deuda	16%
Utilidad Deseada	5%
Tasa Riesgo/Inflación	7%
Ke	30.33%

$$Ke = [(1 + Tasa\ Deuda) * (1 + Tasa\ Utilidad) * (1 + Tasa\ Riesgo) - 1] * 100\%$$

CÁLCULO DE WACC

Xi	84%
Ki	16%
Xe	16%
Ke	30%
WACC	14.32%

$$WACC = [(Xi) * Ki * (1 - Tasa\ renta) + (Xe) * Ke)]$$