



**Universidad Internacional de La Rioja**  
**Facultad de Empresa y Comunicación**

---

# MEJORA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN PARA INDUMETCOL S.A.

---

Trabajo fin de máster presentado por: Jorge Eduardo Ruiz Vaca  
Titulación: Master Universitario en Dirección y  
Administración de Empresas (MBA)  
Modalidad de trabajo: Mejora de Proceso  
Director/a: José Miguel Esteban Yebra

Ciudad: Bogotá D.C.

Fecha: 23 de julio de 2020

Firmado por: Jorge Eduardo Ruiz Vaca

## RESUMEN

El presente trabajo tiene por finalidad proponer ajustes en la distribución en planta de una empresa del sector metalmeccánico con el propósito de llevar a cabo una mejora productiva en el proceso de producción de la misma. Inicia con la caracterización de la empresa con el fin de conocer los procesos productivos que se desarrollan en su interior, la maquinaria y las materias primas utilizadas. A continuación, se desarrolla un diagnóstico que busca caracterizar la evolución del sector y algunas de las principales tendencias existentes. Posteriormente, se establece la metodología a aplicar y se desarrolla la propuesta a partir de un análisis de flujos que permite dimensionar los requerimientos de capacidad en cuanto a puestos de trabajo, maquinaria, número de trabajadores, así como el espacio requerido para las máquinas y para almacenamientos. Finalmente, se realiza un análisis de viabilidad económica de la propuesta.

Palabras claves: Metalmeccánica, distribución en planta, proceso, producción, mejora.

## ABSTRACT

The purpose of this work is to propose adjustments in the layout of a company in the metalworking sector in order to carry out a productive improvement in its production process. It begins with the characterization of the company in order to know the production processes that take place within it, the machinery and raw materials used. Next, a diagnosis is developed that seeks to characterize the evolution of the sector and some of the main existing trends. Subsequently, the methodology to be applied is established and the proposal is developed based on the analysis of flows that allows to size the capacity requirements in terms of jobs, machinery, number of workers, as well as the space required for machines and storage. Finally, an economic viability analysis of the proposal is carried out.

Keywords: Metalworking, layout, process, production, improvement.

---

## TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	8
1.1	Planteamiento general: descripción y justificación del proyecto .....	8
1.2	Objetivos del TFM.....	9
1.2.1	Objetivo general .....	9
1.2.2	Objetivos específicos .....	9
2	Descripción de la situación de partida.....	11
2.1	Caracterización del sector.....	11
2.1.1	Desarrollo de análisis PESTEL.....	12
2.1.2	Análisis de mercado.....	13
2.2	Una aproximación a la empresa u organización.....	14
2.2.1	Reseña histórica de la empresa .....	14
2.2.2	Misión .....	14
2.2.3	Visión.....	14
2.2.4	Políticas .....	15
2.2.5	Principios .....	15
2.2.6	Clasificación de la empresa .....	15
2.2.7	Estructura organizacional.....	16
2.2.8	Mapa de procesos.....	16
2.2.9	Análisis DAFO .....	17
2.3	Identificación del problema.....	17
2.4	Análisis del problema .....	18
2.4.1	Descripción del proceso “As Is” .....	19
2.4.2	Distribución en planta “As Is” .....	22
2.4.3	Cálculo de capacidades .....	23
3	Metodología .....	27
4	Concreción de la mejora de proceso propuesto .....	31
4.1	Configuración de la cadena de suministro.....	31
4.1.1	Procesos logísticos .....	32
4.2	Factores que afectan la distribución en planta (modelo de ocho factores).....	35
4.2.1	Material.....	35
4.2.2	Maquinaria.....	36
4.2.3	Hombre.....	37
4.2.4	Movimiento .....	38
4.2.5	Espera .....	39
4.2.6	Servicio.....	40

---

4.2.7	Edificio .....	42
4.2.8	Cambio .....	43
4.3	Distribución de puestos de trabajo y recursos .....	43
4.4	Cálculo de áreas.....	44
4.5	Gráfico de relaciones.....	44
4.6	Diagrama de relaciones.....	46
4.7	Cálculo de la nueva capacidad .....	47
5	Análisis de la viabilidad económica de la propuesta.....	49
5.1	Distribución actual .....	49
5.2	Distribución propuesta.....	49
5.3	Inversión necesaria .....	50
6	Conclusiones.....	52
6.1	Limitaciones y prospectiva .....	53
7	Referencias .....	54
7.1	Bibliografía .....	54
7.2	Webgrafía .....	54

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Estructura organizacional de la empresa (Elaboración propia).....	16
Figura 2. Mapa de procesos de la empresa (Elaboración propia) .....	16
Figura 3. Flujo de materiales – Empaques (Elaboración propia).....	19
Figura 4. Explosión de materiales – Empaques (Elaboración propia).....	20
Figura 5. Distribución en planta. Planta No. 3 (Elaboración propia).....	22
Figura 6. Información de disponibilidad Indumetcol S.A. (Elaboración propia) .....	24
Figura 7. Etapas para la construcción de un programa de 5s. (Elaboración propia) .....	27
Figura 8. Marco conceptual del SLP. Adaptación de (Muther, 1968).....	28
Figura 9. Gráfico de relaciones Indumetcol S.A. (Elaboración propia).....	45
Figura 10. Diagrama de relaciones Indumetcol S.A. (Elaboración propia).....	46

---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tasas de crecimiento industrias manufactureras.....	11
Tabla 2. Cálculo de la demanda de empaques.....	13
Tabla 3. Matriz DAFO de Indumetcol S.A. ....	17
Tabla 4. Productos, insumos y materias primas (Fabricación de empaques).....	19
Tabla 5. Resumen cursograma analítico fabricación empaques WRI.....	20
Tabla 6. Cursograma analítico fabricación empaques WRI.....	21
Tabla 7. Información de entrada para el cálculo de disponibilidad.....	23
Tabla 8. Tiempo de mantenimiento y de servicio.....	23
Tabla 9. Cálculo de disponibilidad - máquina.....	24
Tabla 10. Cálculo de disponibilidad - operario 2020 .....	25
Tabla 11. Configuración de la cadena de suministro en Indumetcol S.A. ....	31
Tabla 12. Proceso logístico de gestión de almacenes.....	32
Tabla 13. Proceso logístico de gestión de aprovisionamiento.....	33
Tabla 14. Proceso logístico de gestión de la distribución .....	34
Tabla 15. Elementos de edificio Indumetcol S.A.....	42
Tabla 16. Distribución de puestos de trabajo y recursos usados por paso de trabajo.....	43
Tabla 17. Cálculo de áreas puestos de trabajo para empaques. ....	44
Tabla 18. Razones de relaciones .....	45
Tabla 19. Relaciones de proximidad .....	46
Tabla 20. Demanda Vs Capacidad de producción.....	49
Tabla 21. Utilidad neta capacidad actual.....	49
Tabla 22. Utilidad neta nueva capacidad .....	49
Tabla 23. Utilidad adicional con la propuesta de distribución en planta.....	50
Tabla 24. Cambios en el lugar de los puestos de trabajo, .....	50
Tabla 25. Costo por máquina reubicada.....	50

# Capítulo 1

---

## Introducción

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 PLANTEAMIENTO GENERAL: DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Actualmente las empresas se enfrentan a un mundo cada vez más competitivo debido a la globalización y a los cambios acelerados en su entorno, con lo cual, deben estar en constante proceso de adaptación y desarrollo de acuerdo con los requerimientos que el entorno demanda; con el transcurso del tiempo éste se vuelve cada vez más exigente, debido a los avances tecnológicos y a la aparición de nuevos procesos productivos más eficientes, que conllevan a un incremento en los requisitos de los clientes. De esta manera, las empresas deben estar preparadas para hacerles frente mediante la aplicación de herramientas de mejora continua que les permitan incrementar sus recursos y capacidades.

Una de las decisiones estratégicas más importantes de la dirección de operaciones está relacionada con la distribución en planta o layout, ya que es posible alcanzar una mayor capacidad de producción, reducir tiempos, dar un mejor rendimiento y calidad en el producto, implementando metodologías que permitan mejorar el aprovechamiento de espacios y establecer un sistema de productivo que permita lograr los objetivos de la empresa.

El desarrollo de este proyecto consiste en analizar la viabilidad de una mejora en el proceso de producción para la empresa Indumetcol S.A., a partir de una propuesta de ajustes en su distribución en planta. Actualmente, la empresa cuenta con tres plantas de producción, sin embargo, con anterioridad la compañía ya realizó mejoras en la distribución de las plantas 1 y 2, con lo cual, esta propuesta se centrará en la tercera planta y en la línea de producción que allí se desarrolla.

Inicialmente se lleva a cabo una caracterización de la empresa y del sector, que permita conocer las necesidades de la misma y se identifica y analiza el problema a tratar. A continuación, se define la metodología de mejora de procesos escogida y las herramientas que pueden ser de aplicación a la propuesta de mejora, exponiendo los principales conceptos que direccionan la toma de decisiones.

Finalmente, se realiza un análisis de la viabilidad económica de la propuesta, a partir de un estudio económico de costes e inversiones, y los beneficios cuantitativos y cualitativos esperados.



## **1.2 OBJETIVOS DEL TFM**

### **1.2.1 Objetivo general**

Proponer una alternativa de distribución en planta para una empresa del sector metalmecánico, enfocada en el mejoramiento del flujo de materiales e insumos y el correcto aprovechamiento de espacios, con el fin de obtener una reducción en los tiempos y costos operacionales.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Elaborar una caracterización del sector y de la compañía, con el fin de conocer las necesidades de la misma.
- Identificar las etapas del proceso productivo que se verán impactadas por la propuesta de distribución en planta.
- Elaborar una propuesta de distribución de la planta productiva, con la que se espera mejorar el proceso de producción.
- Analizar y evaluar la viabilidad económica de la propuesta de distribución en planta.

# Capítulo 2

---

Descripción de la  
situación de partida

## 2 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

En este apartado se desarrolla la caracterización del sector y de la empresa, con el fin de establecer la situación de partida, así como las necesidades de la misma, buscando identificar y analizar el problema a tratar relacionado con el proceso de producción de la empresa y su distribución en planta.

### 2.1 CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR

En el sector metalmecánico, se diferencian mercados de alcance global (material eléctrico, bienes de capital y máquina herramienta) y otros de alcance regional (estructuras y galvanizado, material de construcción). Dentro de cada sector, también existen nichos de mercado globalizados para productos de alto valor y se limitan a un alcance regional para productos «commodity».

El balance de la economía colombiana para el 2019 se califica como positivo, teniendo en cuenta que el Producto Interno Bruto (PIB) tuvo un crecimiento del 3.3% con respecto al 2018. En el caso de la industria manufacturera, en lo relacionado a fabricación de productos metalúrgicos básicos, el valor agregado crece 1.6% en relación con el mismo periodo de 2018; sin embargo, decrece 1.7% en el cuarto trimestre de 2019 con respecto al mismo periodo de 2018. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2020)

*Tabla 1. Tasas de crecimiento industrias manufactureras*

Actividad económica	Tasas de crecimiento	
	Año corrido	Anual
	2019/ 2018	2019 - IV / 2018-IV
Elaboración de productos alimenticios	2.8	4.1
Fabricación de productos textiles	1.6	2.3
Transformación de la madera y fabricación de productos de madera y de corcho, excepto muebles	3.5	1.1
Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles	0.4	0.2
Fabricación de productos metalúrgicos básicos	1.6	-1.7
Fabricación de muebles, colchones y somieres; otras industrias manufactureras	1.7	3.6
<b>Industrias manufactureras</b>	<b>1.6</b>	<b>1.4</b>

Adaptación de (DANE,2020)

En lo que respecta a importaciones del grupo de manufacturas en el periodo enero-febrero de 2020, hubo una disminución del 1.0% en comparación con el mismo periodo de 2019 (Exportaciones, DANE, 2020). Por otra parte, en relación con las exportaciones del mismo grupo, para el periodo enero – marzo de 2020 se registró una disminución del 9.1% frente al mismo periodo de 2019 (Importaciones, DANE, 2020).

### **2.1.1 Desarrollo de análisis PESTEL**

A continuación, se desarrolla un análisis del entorno para el sector en el cual se encuentra la empresa Indumetcol S.A., a partir de seis dimensiones:

#### **Política**

- El gobierno colombiano implementó medidas de estímulo fiscal con las que buscó proporcionar líneas especiales de crédito para empresas y aplazamientos en la recaudación tributaria, en respuesta a la crisis sanitaria.

#### **Económica**

- La devaluación del peso colombiano frente a otras monedas a nivel internacional, puede llevar a un incremento en los costos de adquisición de materias primas e insumos.
- En lo que respecta a la medición del Producto Interno Bruto (PIB), presenta un crecimiento en 2019 con respecto a la medición realizada en 2018.
- En el caso de la industria manufacturera, en lo relacionado a fabricación de productos metalúrgicos básicos, el valor agregado presentó un decrecimiento en el cuarto trimestre de 2019 con respecto al mismo periodo de 2018.

#### **Social**

- Elevada oferta de mano de obra tecnificada y cualificada, en lo que respecta al uso de la maquinaria que se emplea en el proceso de producción.
- Indumetcol S.A cuenta con credibilidad y buena reputación en el mercado debido a que ha desarrollado en el país trabajos de importante magnitud, relacionados con elementos flexibles para tuberías.

#### **Tecnológica**

- La aparición de nuevas formas de producción y distribución, o de nuevas tecnologías automatizadas relacionadas con la producción de mangueras, juntas o empaques, que incrementan la producción y reducen los costos; con lo cual, la empresa puede verse en desventaja frente a otras del mismo sector.

- La empresa realiza inversión en I + D en lo que respecta a laboratorios para el desarrollo de pruebas de presión y sellos; sin embargo, en lo relacionado a maquinaria y equipo, se encuentra sujeta al mercado.

### **Ecológica o medioambiental**

- Creciente preocupación por la contaminación global que conlleva el desarrollo de regulaciones en lo que respecta a la disposición de desechos, residuos y sobrantes, resultantes de cada una de las etapas del proceso de fabricación de empaques.

### **Legal**

- Aparición de nueva legislación laboral en lo referente a protocolos de bioseguridad para el manejo y control del riesgo del COVID-19 en la industria Manufacturera.

## **2.1.2 Análisis de mercado**

La empresa cuenta con datos históricos de las ventas realizadas de empaques (En unidades) desde el año 2012, debido a que desde ese año se integró dicha línea de producción; así mismo, se presentan las ventas esperadas para finales del año 2020 y 2021.

*Tabla 2. Cálculo de la demanda de empaques*

Año	Demanda
2012	3366
2013	6679
2014	2499
2015	4182
2016	4453
2017	3711
2018	4115
2019	4093
2020*	3973
2021	4061

(Elaboración propia)

\*Se ha contemplado el efecto de la emergencia sanitaria COVID-19

El programa de producción constituye la información básica inicial para llevar a cabo el proceso de planeación y proyección de los sistemas de producción; de esta manera es posible determinar los requerimientos de producción en términos de cantidad y tipo, que permitirán elaborar la proyección de los sistemas de producción del año 2021.

Teniendo en cuenta el volumen y variedad de la producción y las exigencias de la estructura técnica organizativa de Indumetcol S.A., es posible concluir que la forma básica que sigue el programa de producción es de tipo global; esto se debe a que la empresa maneja grandes volúmenes de producción y a su vez una gran cantidad de referencias de los mismos.

## **2.2 UNA APROXIMACIÓN A LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN**

**Razón Social:** Indumetcol S.A.

**Actividad Económica (CIIU):**

2410 – Industrias básicas de hierro y acero.

2592 – Tratamiento y revestimiento de metales: Mecanizado.

2599 – Fabricación de otros productos elaborados de metal n.c.p.

### **2.2.1 Reseña histórica de la empresa**

Indumentcol S.A. es una empresa fabricante de partes flexibles y comercializadora de accesorios para tubería industrial. Comenzó sus labores en la industria colombiana en el año de 1987 y hasta el momento ha presentado un crecimiento razonable pues representa en Colombia a distintas firmas de un grupo empresarial reconocido.

Su estrategia de negocios se enfoca no solo en la fabricación y producción de las partes flexibles y accesorios para tubería industrial, sino también en el posicionamiento como líder a nivel Colombia en su sector de trabajo, pues es interés de la empresa conservar y atraer empleados competentes y comprometidos con la compañía.

### **2.2.2 Misión**

Desarrollar y comercializar trabajos que respondan de manera óptima a las necesidades y requerimientos de los clientes, a través de un proceso continuo de innovación e ingeniería que tiene como base la mejor tecnología, experiencia y conocimientos en soluciones integrales de elementos flexibles para tuberías.

### **2.2.3 Visión**

En el 2030 ser reconocidos en el mercado Latinoamericano como proveedores confiables de elementos flexibles para tuberías, posicionando firmemente los productos representados, utilizando siempre argumentos técnicos, calidad y buen servicio. Ser reconocidos en el país como un laboratorio de presión integral con capacidad de prestar servicios de calibración,

reparación, ajuste y llenado de sellos químicos. La compañía espera lograr esto mediante la implementación de metodologías que le permitan optimizar los procesos que se llevan a cabo en su interior.

#### 2.2.4 Políticas

- Contratar personal certificado que lo acredite como una persona conocedora de la labor.
- Contratar soldadores certificados por las empresas matrices representadas MIC o TIC.
- Adquirir materias primas de proveedores confiables y en lo posible con certificación.
- Adquirir las mejores herramientas de software de ingeniería mecánica disponibles en el mercado.
- Contar con personal multicultural, altamente calificado y socialmente honesto.
- Generar los espacios adecuados para la recolección y reciclaje de basuras, buscando disminuir al máximo la cantidad de desperdicios generados en la producción.

#### 2.2.5 Principios

- **Asesoramiento:** Ofreciendo soluciones técnicas a los clientes, en todas las aplicaciones donde los productos tengan uso.
- **Beneficio:** Brindar alternativas tecnológicas que aporten valores agregados.
- **Compromiso:** Desde todos los niveles de la organización para mantener siempre satisfechos a los clientes

#### 2.2.6 Clasificación de la empresa

- **Según Actividad Económica:** La empresa se clasifica como perteneciente al sector industrial, ya que se encarga de la fabricación de productos elaborados en metal y acero. A partir de la adquisición de materias primas y otros insumos, resaltando como materiales principales el metal y el acero, la empresa realiza diversos procesos de montaje y transformación, hasta obtener el respectivo producto final.
- **Según el Tamaño:** La empresa cuenta con un total de ochenta (80) empleados directos, y por lo tanto se clasifica como una mediana empresa, cuyo número de empleados es de entre 51 y 200, además cuenta con activos fijos totales de entre cinco mil uno (5001) y treinta mil (30.000) salarios mínimos legales vigentes.
- **Según la Procedencia de Capital:** El aporte de capital realizado para la constitución de la empresa y su funcionamiento, ha sido por parte de personas particulares; por lo tanto, la empresa se clasifica como de carácter privado.

### 2.2.7 Estructura organizacional

A continuación, se presenta el organigrama de la empresa que incluye cargos gerenciales, directivos y coordinadores. El organigrama detallado de la empresa se encuentra en los anexos de este documento:

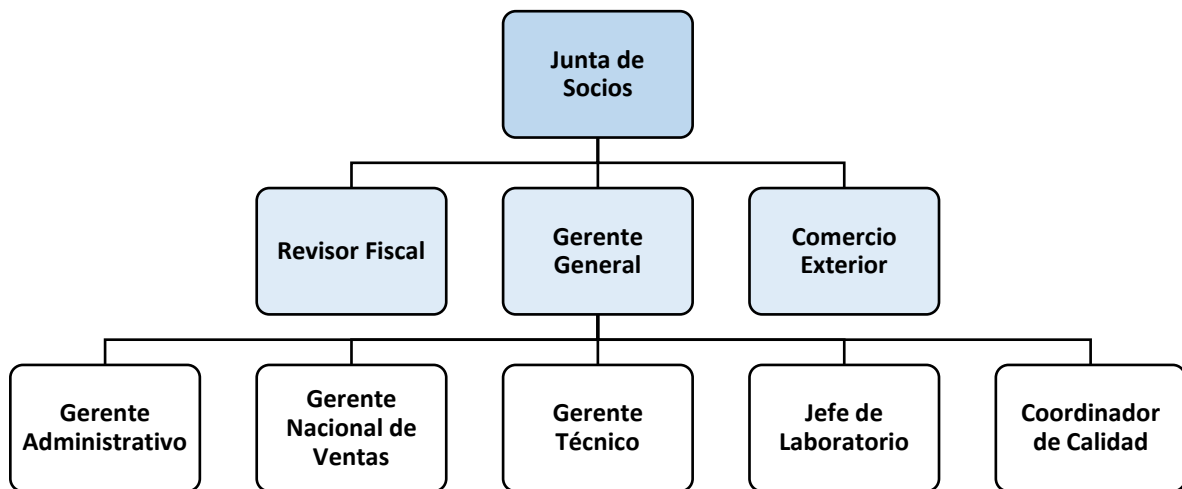


Figura 1. Estructura organizacional de la empresa (Elaboración propia)

### 2.2.8 Mapa de procesos

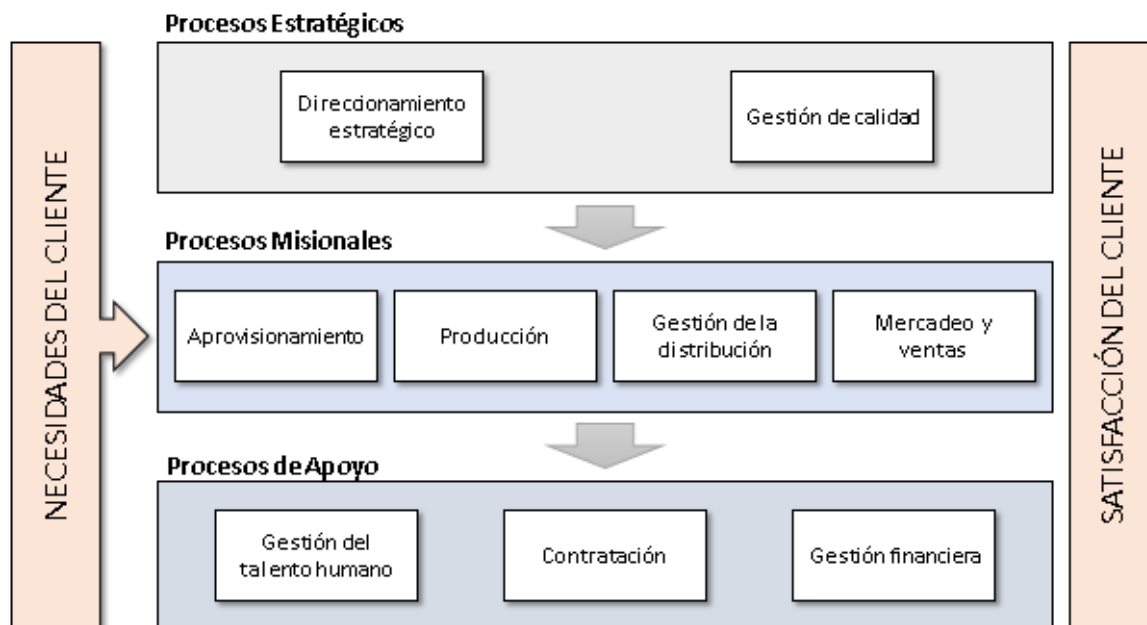


Figura 2. Mapa de procesos de la empresa (Elaboración propia)



### 2.2.9 Análisis DAFO

Tabla 3. Matriz DAFO de Indumetcol S.A.

DEBILIDADES	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inadecuada distribución en planta para la fabricación de empaques, lo que genera elevados tiempos de entrega de pedidos.</li> <li>• Incorrecta disposición de desperdicios, residuos y mermas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampliar el objetivo de los laboratorios de I+D que posee la empresa, al desarrollo de nuevas formas de producción y/o distribución.</li> <li>• Posibilidad de implementar nuevas líneas de producción y de negocio, relacionadas con la fabricación de elementos flexibles para tuberías.</li> </ul>
FORTALEZAS	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indumetcol S.A. cuenta con credibilidad, ya que tiene más de 30 años de experiencia en el mercado de elementos flexibles para tuberías.</li> <li>• La empresa cuenta con personal altamente cualificado para el manejo de la maquinaria que se usa en el proceso de producción.</li> <li>• Indumetcol S.A. ofrece productos estándar, pero también la posibilidad de elaborarlos a la medida, de acuerdo con las necesidades del cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La nueva normatividad y legislación laboral a causa de la emergencia sanitaria puede generar un impacto negativo sobre la productividad de la empresa.</li> <li>• La depreciación del peso colombiano frente a otras monedas incrementa los costos en los que se incurre por importaciones de materia prima e insumos.</li> <li>• Cambios constantes en la tecnología que tienden hacia la automatización, con lo que la empresa puede quedar en desventaja frente a competidores con esta tecnología.</li> </ul>

(Elaboración propia)

### 2.3 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Indumetcol S.A. opera bajo tres líneas de producción distintas enfocadas a ofrecer soluciones integrales de elementos flexibles para tuberías en las categorías de mangueras, juntas y empaques industriales, para lo cual, cuenta con tres plantas de producción. Los productos de las categorías de mangueras y juntas se desarrollan en las plantas 1 y 2, ya que comparten

varias fases del proceso de producción; por otra parte, la categoría de empaques, al ser la más reciente en ser incluida a la empresa, se desarrolla en su mayoría en la planta 3.

Tomando como base lo anterior, se establece que el desarrollo de este proyecto se centrará en la línea de producción de empaques industriales y más específicamente en la planta número 3. Dicha planta cuenta con problemas de producción debido a movimientos innecesarios y una distribución no apta para los trabajadores, con lo cual se generan demoras o retrasos en los procedimientos que se llevan a cabo para la fabricación de los productos.

Por otra parte, los residuos y sobrantes se acumulan en el suelo de la planta, distribuyéndose en cualquier lugar en estaciones de trabajo como tornos o taladros y existe desorden en los mismos en lo que respecta a elementos de servicio o auxiliares, con lo cual, se generan tiempos muertos y retrasos en el flujo de materiales.

## **2.4 ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

De acuerdo con la identificación del problema, se procederá a analizar el proceso de producción, tomando como punto de partida el estado actual del proceso "As Is", a partir de un cursograma analítico en el que se detallan las etapas de mismo hasta obtener un producto terminado; así mismo, se presenta la distribución actual de la planta número 3, correspondiente a la fabricación de empaques industriales WRI. En el proceso se presentan gran cantidad de actividades correspondientes a transportes o traslados, y teniendo en cuenta que en la planta se acumulan residuos o sobrantes, se generan tiempos muertos o retrasos en el flujo de materiales.

El personal implicado en la solución de los problemas identificados será:

- Gerente técnico y jefe de taller.
- Coordinador de calidad e ingenieros de procesos.
- Operarios de producción y soldadores

Por otra parte, algunos de los procesos que se verán directamente afectados con la mejora productiva de este proceso, son:

- Aprovisionamiento
- Gestión de la distribución

### 2.4.1 Descripción del proceso “As Is”

#### 2.4.1.1 Flujo y explosión de materiales (Fabricación de empaques)

A continuación, se presenta el flujo que siguen los materiales al interior de la planta de producción, durante el proceso de fabricación de empaques:

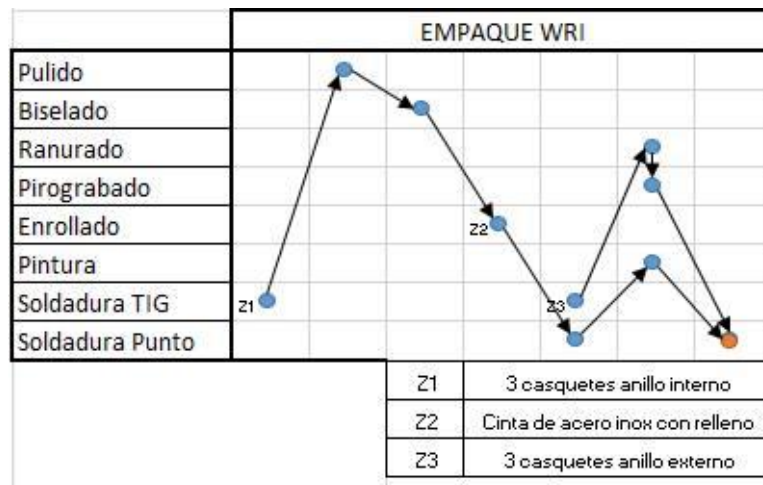


Figura 3. Flujo de materiales – Empaques (Elaboración propia)

Así mismo, se presentan las materias primas, insumos o productos que se utilizan en el proceso de producción:

Tabla 4. Productos, insumos y materias primas (Fabricación de empaques)

Nomenclatura	Producto/Insumo/M.P	Cantidad
A	Lámina Metálica	1
B	Lámina Metálica	1
C	Casquete 1	1
D	Casquete 2	1
E	Casquete 3	1
F	Casquete 1	1
G	Casquete 2	1
H	Casquete 3	1
I	Anillo Interno	1
J	Anillo Externo	1
K	Cinta de acero inoxidable	1
L	Componente 1	1
M	Empaque WRI	1

(Elaboración propia)

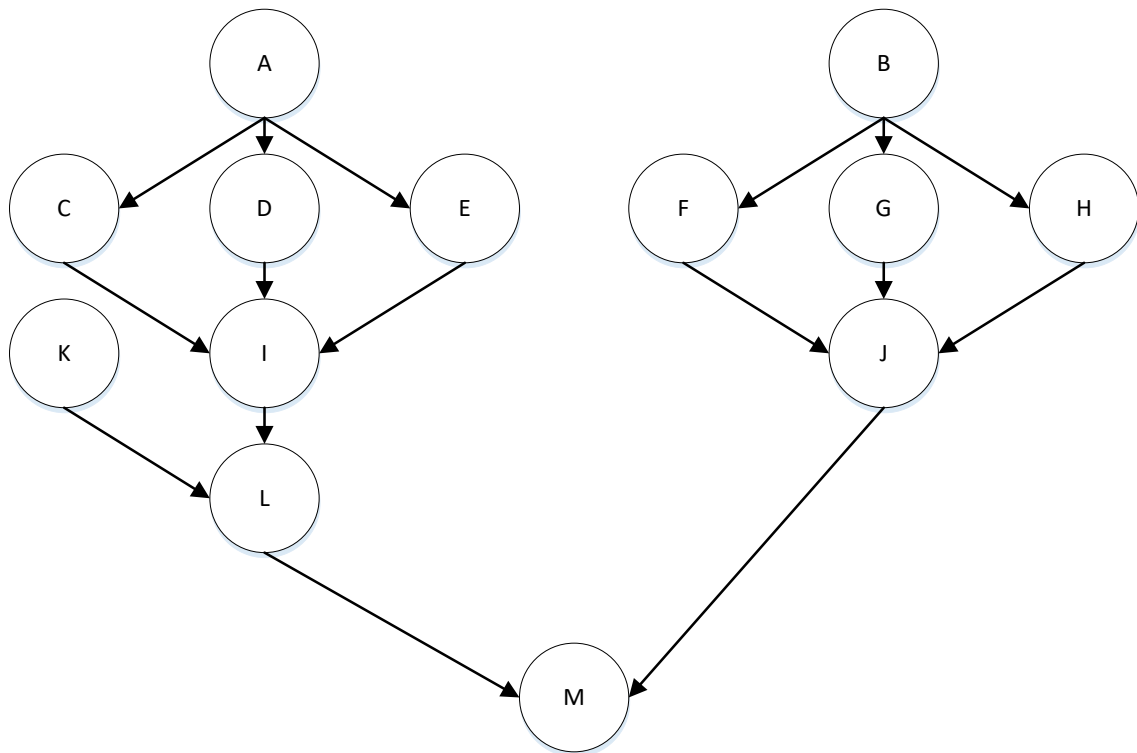


Figura 4. Explosión de materiales – Empaques (Elaboración propia)

Tabla 5. Resumen cursograma analítico fabricación empaques WRI

CURSOGRAMA ANALÍTICO: PROCESO DE FABRICACIÓN DE EMPAQUES WRI			
<b>TIPO:</b>	MATERIAL		
<b>LUGAR:</b>	INDUMETCOL S.A.	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>No.</b>
<b>OBJETO:</b>		OPERACIÓN:	12
<b>ACTIVIDAD</b>		TRANSPORTE:	10
<b>FECHA DE INICIO:</b>	29/04/2020	DEMORA:	0
<b>FECHA DE TERMINACIÓN:</b>	29/04/2020	INSPECCIÓN:	4
<b>ANALISTA:</b>		ALMACENAMIENTO:	2
		TIEMPO (min):	34

(Elaboración propia)

Tabla 6. Cursograma analítico fabricación empaques WRI.

ITEM	DESCRIPCIÓN	SIMBOLO					TIEMPO (min)
		○	➔	◐	◻	▽	
1	Soldar con soldadura TIG en los tres casquetes del anillo interno	○					2
8	Trasladar al área de pulido		➔				0.5
2	Pulir soldadura	○					4
3	Realizar inspección visual de la pieza				◻		0.5
4	Llevar a puesto de biselado		➔				0.5
5	Realizar biselado del anillo interno	○					2
6	Llevar a puesto de enrollado		➔				0.5
7	Enrollar cinta de acero inoxidable y relleno no metálico al anillo interno	○					2
8	Llevar a puesto de soldadura		➔				0.5
9	Soldar la cinta al anillo interno por medio de soldadura de punto	○					2
10	Llevar al puesto de pintado		➔				0.5
11	Pintar mediante método de pintura electroestática	○					2
12	Almacenar anillo interno					▽	1
13	Soldar con soldadura TIG en los tres casquetes del anillo externo	○					2
14	Realizar inspección visual de la pieza				◻		0.5
15	Llevar a puesto de ranurado		➔				0.5
16	Realizar ranura denominada caja	○					2
17	Trasladar la pieza a la planta principal		➔				0.5
18	Marcar la pieza con un proceso de pirograbado	○					2
19	Realizar inspección visual de la pieza				◻		0.5
20	Trasladar la pieza a la planta 3 al puesto de soldadura		➔				0.5
21	Tomar anillo interno del almacén	○					1
22	Trasladar anillo interno al puesto de soldadura		➔				0.5
23	Soldar anillo interno con anillo externo por medio de soldadura de punto	○					2
24	Realizar inspección visual del producto terminado				◻		0.5
25	Empacar producto terminado	○					2
26	Trasladar producto terminado la planta principal		➔				0.5
27	Almacenar producto terminado la planta principal					▽	1

(Elaboración propia)

2.4.2 Distribución en planta “As Is”

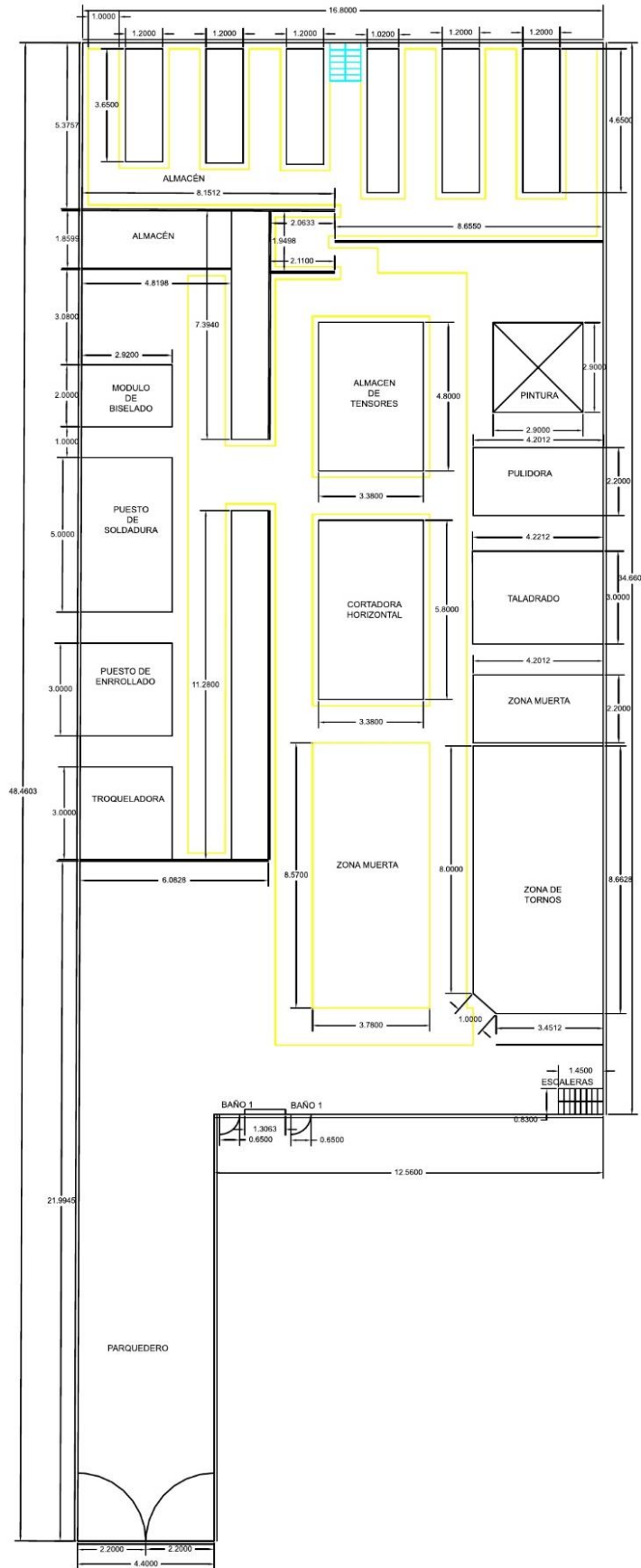


Figura 5. Distribución en planta. Planta No. 3 (Elaboración propia)

### 2.4.3 Cálculo de capacidades

Se tiene que la empresa trabaja 1 turno al día de 7:00am – 5:00pm de lunes a viernes, con una hora de almuerzo de 12:00pm – 1:00pm y dos descansos de 15 minutos al día. Por otra parte, se tiene que la maquinaria no trabaja si no se encuentra el operario, es decir una parada del operario implica una parada de la maquinaria; así mismo las vacaciones de los empleados se realizan de manera no colectiva y tienen la duración establecida por ley de 15 días hábiles. Con relación al tiempo de ausentismo y tiempo de enfermedad, la empresa estima que son en promedio 8 días y 10 días, respectivamente.

Tabla 7. Información de entrada para el cálculo de disponibilidad.

TIEMPO CALENDARIO		
Días Hábiles	366	Días/Año
No. Turnos	1	Turnos/Día
H. Turno	9	Horas/Día
TIEMPO DE DESCANSO		
Días Domingos	52	Días/Año
Días Sábados	52	Días/Año
Días Festivos	18	Días/Año
Días de Vacaciones	15	Días/Año
OTROS TIEMPOS		
Descanso 1	15	Min/Día
Descanso 2	15	Min/Día
TIEMPO DE PARADA		
T. Ausentismo	8	Días/Año
T. Enfermedad	10	Días/Año

(Elaboración propia)

La empresa realiza mantenimiento de tipo preventivo de la maquinaria los fines de semana, con lo cual no afecta directamente sobre los tiempos de operación; por otra parte, en lo que respecta a mantenimientos de tipo correctivo, se estima que en la empresa se presentan fallos y paradas en la producción 6 días al año. En cuanto a lo relacionado con tiempo de servicio, la empresa demora aproximadamente 2 día al año en pausas relacionadas con intervenciones tanto para el operario como para la maquinaria.

Tabla 8. Tiempo de mantenimiento y de servicio.

TIEMPO DE SERVICIO		
T. Mantenimiento	6	Días/Año
T. Servicio Organizacional	2	Días/Año

(Elaboración propia)

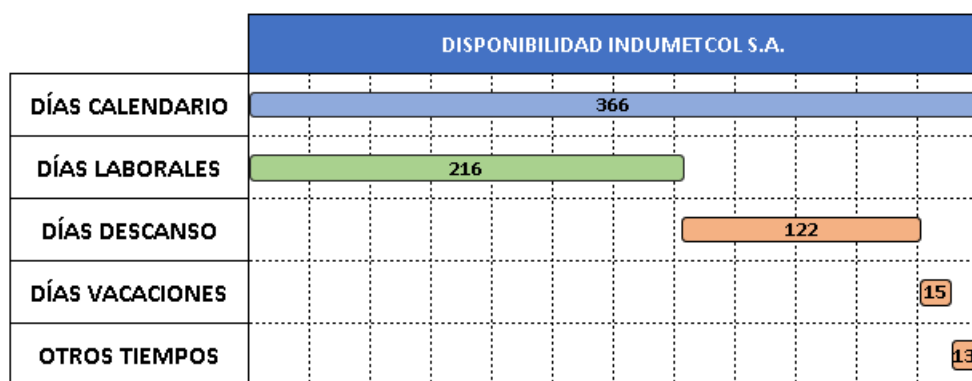


Figura 6. Información de disponibilidad Indumetcol S.A. (Elaboración propia)

### 2.4.3.1 Cálculo de disponibilidad – Máquinas

Con el fin de calcular la disponibilidad anual en horas de las máquinas, se tiene que:

$$\text{Disponibilidad m.} = T. \text{Calendario} - T. \text{Descanso} - T. \text{Parada} - \text{Otros tiempos}$$

En dónde el tiempo calendario, tiempo de descanso, tiempo de servicio y otros tiempos, se definen respectivamente de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo Calendario} = \text{Días hábiles} * \text{No. Turnos} * \text{Horas por turno}$$

$$\text{Tiempo de descanso} = (D. \text{Domingos} + D. \text{Festivos}) * \text{No. Turnos} * \text{Horas por Turno}$$

$$\text{Tiempo de Servicio} = 1 - \% \text{Tiempo de Mantenimiento} + \% \text{Tiempo de Servicio Org.}$$

$$\text{Otros Tiempos} = \text{Tiempo de descanso de la máquina}$$

Se tiene que la relación máquina operario es 1:1 y que una parada del operario implica una parada de la máquina, por lo tanto, el tiempo de descanso de la máquina estará dado por los descansos de los operarios.

Por lo tanto, los resultados respectivos para calcular la disponibilidad promedio actual, se encuentran a continuación:

Tabla 9. Cálculo de disponibilidad - máquina

DISPONIBILIDAD MÁQUINA		
T. Calendario	3294	Horas/Año
T. Descanso	1098	Horas/Año
T. Servicio	97.814%	
O. Tiempos	122	Horas/Año
<b>Disponibilidad</b>	<b>2026.00</b>	<b>Horas/Año</b>

(Elaboración propia)



### 2.4.3.2 Cálculo de disponibilidad – Operarios

Con el fin de calcular la disponibilidad anual en horas de los operarios, se tiene que:

$$\text{Disponibilidad o.} = T. \text{ Calendario} - T. \text{ Descanso} - T. \text{ Parada} - \text{Otros Tiempos}$$

En dónde el tiempo calendario, tiempo de descanso, tiempo de servicio y otros tiempos, se definen respectivamente de la siguiente manera:

$$\text{T tiempo Calendario} = \text{Días hábiles} * \text{Horas por turno}$$

$$\text{T tiempo de descanso} = (D. \text{ Domingos} + D. \text{ Festivos} + D. \text{ Vacaciones}) * \text{Horas por Turno}$$

$$\text{T tiempo de Servicio} = 1 - \% \text{ Tiempo de Ausentismo} + \% \text{ Tiempo de Enfermedad}$$

$$\text{Otros Tiempos} = \text{Tiempos de descanso del operario}$$

Por lo tanto, los resultados respectivos para calcular la disponibilidad promedio actual, se encuentran a continuación:

Tabla 10. Cálculo de disponibilidad - operario 2020

DISPONIBILIDAD OPERARIO		
T. Calendario	3294	Horas/Año
T. Descanso	1233	Horas/Año
T. Servicio	95.082%	
O. Tiempos	114.5	Horas/Año
<b>Disponibilidad</b>	<b>1845.14</b>	<b>Horas/Año</b>

(Elaboración propia)

### 2.4.3.3 Capacidad de producción

Tomando como base la disponibilidad de la maquinaria al año y el tiempo de fabricación del producto, se calcula la capacidad teórica anual, entendiéndolo como el promedio teórico de unidades producidas:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Horas disponibles al año}}{\text{Horas requeridas para fabricar 1 unidad}}$$

$$\frac{2.026 \text{ horas/año}}{0.567 \text{ horas/unidad}} = 3575,29 \frac{\text{unidades}}{\text{año}}$$

De esta manera se obtiene que la empresa tiene una capacidad promedio de 3575,29 unidades al año.

# Capítulo 3

---

# Metodología

### 3 METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta la identificación y el análisis del problema, así como el tamaño y la complejidad del proyecto a desarrollar, se plantea el uso de una metodología ligera, debido a que su principal objetivo es el de eliminar los residuos y reducir aquellas actividades que no agregan valor en los procesos. De esta manera, se propone el uso de la metodología de las 5s como punto de partida para el desarrollo de la propuesta, ya que constituyen una disciplina que permite alcanzar mejoras en la productividad de un lugar de trabajo mediante la estandarización de hábitos de orden y limpieza.

La implementación de las primeras etapas de esta metodología puede tomar entre uno y seis meses, pero ya que las etapas finales consisten en la estandarización y el seguimiento, el proceso cuenta con un inicio, pero no con un final. Así mismo, su implementación plantea una serie de ventajas como lo son: incrementar la capacidad de producir más artículos y de mejor calidad, visibilizar desviaciones y problemas en los procesos y aprovechar mejor los recursos y en especial el tiempo. (Socconini, 2019)

Un programa de autocontrol organizacional basado en la metodología de 5s se construye mediante el desarrollo de cinco etapas, que para Indumetcol S.A. se listan a continuación:

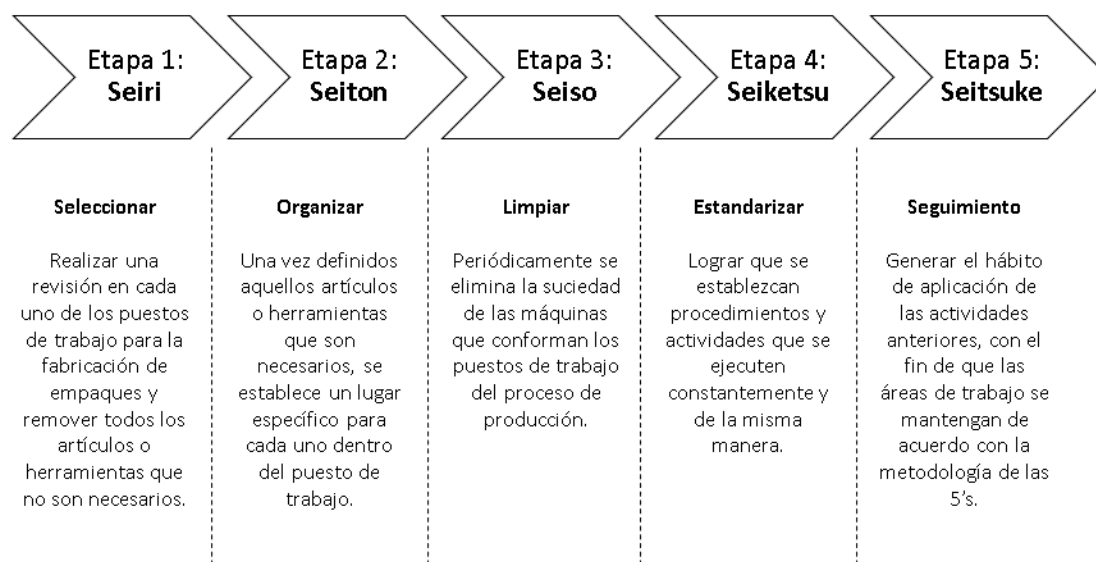


Figura 7. Etapas para la construcción de un programa de 5s. (Elaboración propia)

Son diversas las definiciones para el concepto de distribución en planta, sin embargo, coinciden en factores como incrementar la capacidad de la empresa para lograr sus objetivos,

hacer uso del espacio disponible y permitir una adecuada circulación de personas y materiales; por su parte, Núñez (2014) plantea en su libro que:

La distribución en planta (o layout) consiste en determinar la mejor disposición de los elementos necesarios para llevar a cabo la actividad de una empresa (ubicación de máquinas, puestos de trabajo, almacenes, pasillos, zonas de descanso del personal, oficinas, áreas de servicio, etc.) dentro de la instalación productiva, de manera que se alcancen los objetivos establecidos de la forma más adecuada y eficiente posible. Una buena distribución en planta debe tener en cuenta el espacio requerido para cada proceso productivo y el espacio necesario para las distintas operaciones de apoyo, así como permitir una buena circulación de materiales, personas e información. (p. 37)

El desarrollo de herramientas y metodologías para el diseño de distribuciones en planta se produjo principalmente en los años 50's; sin embargo, en los años 60's se presentó el método "Systematic Layout Planning" o método SLP, que estableció por primera vez una metodología sistemática que incorporaba el flujo de materiales y es de uso común para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta, independientemente de su naturaleza: plantas de producción, oficinas, locales, etc. Este método se compone de diez pasos dentro de los cuales se llevan a cabo diversos análisis y se tienen en cuenta distintas consideraciones, relacionadas con las características con que usualmente cuentan las plantas, para llevar a cabo una adecuada distribución. (Muther, 1968)

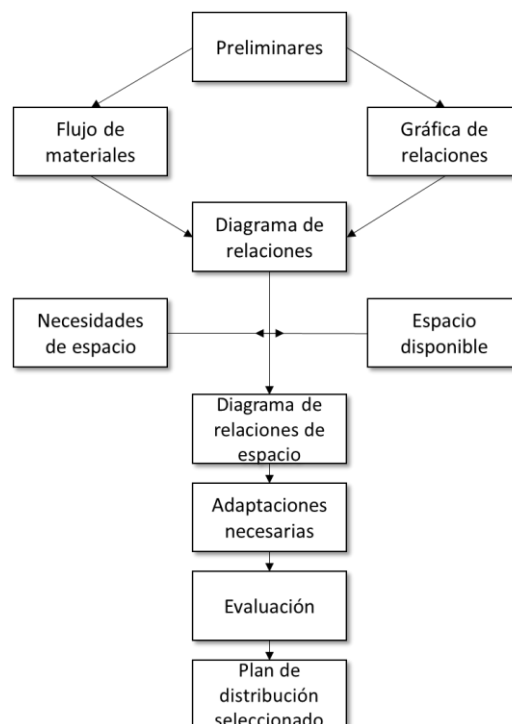


Figura 8. Marco conceptual del SLP. Adaptación de (Muther, 1968)

Así mismo, existen ocho (8) factores que influyen de manera directa en la distribución de una planta de producción y cada uno de éstos a su vez se divide en distintos elementos, particularidades o consideraciones, los cuales se analizan en el siguiente capítulo para Indumetcol S.A.. La solución a un problema de distribución está dada necesariamente por el compromiso entre las diversas consideraciones: Las relaciones de la maquinaria con su manipulación, del material con el movimiento o del edificio con los servicios, están entrelazadas entre sí, es decir, un elemento, particularidad o consideración puede afectar a muchas otras. (Muther, 1970)

Pérez, Diéguez, y Gómez (2008) elaboraron una comparación entre distintas metodologías para la resolución de problemas de distribución de planta y concluyeron que el SLP es el método cualitativo más aceptado y más comúnmente utilizado en la solución de estos problemas ya que reúne las ventajas de los métodos precedentes e incorpora el flujo de materiales; así mismo, las metodologías desarrolladas posteriormente son variantes de dicho método, pero no han alcanzado un mayor grado de aceptación.

# Capítulo 4

---

Concreción de la mejora  
del proceso propuesto

## 4 CONCRECIÓN DE LA MEJORA DE PROCESO PROPUESTO

### 4.1 CONFIGURACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Con el fin de analizar la configuración de la cadena de suministro seguida por la empresa, es necesario tener en cuenta la manera en que ésta maneja sus flujos de información, materiales y equipo, entre los agentes que la conforman. Así mismo, es necesario tener en cuenta rotación de inventario, tasa de entrega de pedidos e indicadores de desempeño de la cadena de suministro como demoras, los cuales se consideran fundamentales para la empresa. La cadena de suministro tiene como factores de interacción a los proveedores, la producción, el almacenamiento, los distribuidores y los vendedores.

Tabla 11. Configuración de la cadena de suministro en Indumetcol S.A.

ENTRADA	ACTIVIDADES	SALIDA
Análisis del mercado: Localización de clientes y proveedores.	Establecer canales y cantidades.	Documentación sobre el recorrido de material y productos a lo largo de la cadena de suministro.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requerimientos de flujos y transporte.</li> <li>• Condición y características del transporte (tipología).</li> <li>• Contratar o subcontratar.</li> <li>• Localización centros de distribución y centros de acopio.</li> <li>• Diseño de rutas</li> </ul>	Gestión de proveedores, compras (aprovisionamiento).
	Análisis de oportunidades en el mercado, teniendo en cuenta nuevos proveedores y nuevos clientes.	Nuevas rutas de aprovisionamiento y de distribución.

(Elaboración propia)

### 4.1.1 Procesos logísticos

#### 4.1.1.1 Gestión de almacenes

**OBJETIVO:** Garantizar el suministro continuo y oportuno de los materiales y medios de producción requeridos para asegurar los servicios de forma ininterrumpida y rítmica.

Tabla 12. Proceso logístico de gestión de almacenes

ENTRADA	ACTIVIDADES	SALIDA
Identificación de materiales a almacenar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Clasificación de producto: Materia prima, producto en proceso, producto terminado.</li> <li>Identificación de características físicas de los materiales a almacenar.</li> </ul>	Ficha técnica de las materias primas, incluyendo requerimientos de almacenamiento.
Establecimiento de lugares apropiados para el almacenamiento.	Definición de zonas para el correcto almacenamiento de las materias primas, producto en proceso y producto terminado.	Asignación de los productos al almacén apropiado.
Registro y control de los procesos de almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecer mecanismos de control, técnicas, estándares para el almacenamiento según los requerimientos de cuidado del material.</li> <li>Documentar y registrar el proceso de almacén.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Técnicas y estándares de almacenamiento.</li> <li>Bases de datos, materiales (Materia prima, producto en proceso, producto terminado) en almacén.</li> </ul>

(Elaboración propia)

Indicadores propuestos de análisis que se calcularían cuando se dispusiera de la información real. (La empresa es celosa de su información y no la facilitó):

- Nivel de ocupación en almacén:

$$O_c = \frac{\text{Volúmen ocupado por producto}}{\text{Volúmen del almacén}}$$

#### 4.1.1.2 Gestión de aprovisionamiento

**OBJETIVO:** Seleccionar y evaluar a los proveedores que cumplan con los requisitos y las necesidades de abastecimiento de materiales e insumos que tiene la organización; así mismo, adquirir materias primas al menor costo y cumpliendo con las especificaciones requeridas, además de velar por el abastecimiento de la cadena productiva.



Tabla 13. Proceso logístico de gestión de aprovisionamiento

ENTRADA	ACTIVIDADES	SALIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pedido de clientes</li> <li>Pronóstico de ventas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Detección y planificación de necesidades de materia prima.</li> <li>Realizar la lista de materiales requeridos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lista de materiales requeridos</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lista de materiales requeridos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Búsqueda de proveedores.</li> <li>Búsqueda de históricos acerca de los proveedores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Listado de proveedores</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Listado de proveedores</li> <li>Datos históricos con información acerca de los proveedores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecimiento de criterios de selección.</li> <li>Identificar los proveedores que cumplen con los criterios de selección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Criterios de selección establecidos. (Calidad en los materiales, flexibilidad, competitividad, nivel de precios, ubicación)</li> <li>Lista de proveedores opcionados (Candidatos)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Criterios de selección.</li> <li>Lista de proveedores opcionados (Candidatos)</li> </ul>	Negociación con proveedores que cumplen con los criterios.	Orden de compra
Orden de compra	Ejecución de la orden de compra.	Pedido realizado.
Información por parte del proveedor del pedido	Control y seguimiento de la orden de pedido	Aprobación del pedido en proceso
Llegada del pedido	Verificación del pedido	Certificación de cumplimiento
Informe histórico de compras	Evaluación de la gestión	Calificación de la gestión

(Elaboración propia)

Indicadores propuestos de análisis que se calcularían cuando se dispusiera de la información real. (La empresa es celosa de su información y no la facilitó):

- Certificación de proveedores: Número y porcentaje de proveedores certificados:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Proveedores certificados}}{\text{Total de proveedores}} * 100$$

- Calidad de los pedidos generados: Número y porcentajes de pedidos de compras generados sin retrasos:

$$Valor = \frac{\text{Pedidos generados sin problemas}}{\text{Total de pedidos}} * 100$$

- Entregas perfectamente recibidas: Porcentaje de productos y pedidos que cumplen con las especificaciones de calidad.

$$Valor = \frac{\text{Pedidos aceptados sin observaciones}}{\text{Total de ordenes de compra recibidas}} * 100$$

#### 4.1.1.3 Gestión de la distribución

**OBJETIVO:** Desarrollar los elementos componentes de la distribución física de producto terminado por medio de canales, estrategias de localización y de transporte.

Tabla 14. Proceso logístico de gestión de la distribución

ENTRADA	ACTIVIDADES	SALIDA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reporte de ventas.</li> </ul>	Análisis de datos recibidos en el informe histórico de ventas para determinar características y el tipo de procedimiento para llevar a cabo las distribuciones periódicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan periódico general de distribución.</li> </ul>
Orden de pedido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se analiza el tipo de producto a distribuir para su embalaje</li> <li>• Se establece el tipo de transporte necesario para cumplir con el pedido.</li> <li>• Se analiza la disponibilidad del tipo de transporte requerido, y se determina si está disponible o no la distribución por este medio.</li> </ul>	Plan de distribución específico inicial.
Canales de distribución disponibles.	Para eliminar cualquier contratiempo predecible, se analiza el estado actual de los canales de distribución.	Canal de distribución a utilizar.

Estado actual del canal de distribución a utilizar.  Plan de distribución específico inicial.	Dependiendo del plan de distribución para el cumplimiento de pedido, se hace un seguimiento del proceso llevado a lo largo del canal de distribución.	Plan de distribución específico.  Reporte de seguimiento a lo largo del canal de distribución.
Reporte de seguimiento a lo largo del canal de distribución.	Se realiza un análisis exhaustivo del reporte presentado, para definir estrategias y acciones correctivas, preventivas o de mejora para hacer más eficiente y eficaz el proceso de distribución en actividades futuras.	Plan de contingencia. Estrategias y acciones correctivas, preventivas o de mejora

(Elaboración propia)

Indicadores propuestos de análisis que se calcularían cuando se dispusiera de la información real. (La empresa es celosa de su información y no la facilitó):

- Entregas a tiempo:

$$E_p = \frac{\text{Número de entregas a tiempo al cliente}}{\text{Total de entregas}}$$

## 4.2 FACTORES QUE AFECTAN LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (MODELO DE OCHO FACTORES)

### 4.2.1 Material

En este factor se tienen en cuenta todos los materiales que ingresan, se transforman, salen y son desechados en los procesos de fabricación. Hacemos un breve recorrido de las etapas de fabricación a través de los cambios realizados a los materiales y productos.

- **Materias primas:** Los componentes de un empaque, son el espiral que es la parte flexible del empaque y la encargada de dar el sello, en ella se combina una cinta metálica perfilada más un material que puede ser grafito flexible, mica grafito, cerámica o PTFE, un anillo externo centralizador que facilita el montaje del empaque, normalmente fabricado en acero carbono o acero inoxidable y un anillo interno que cumple la función de proteger mecánicamente el espiral.

- **Material en proceso:** Las piezas de los diferentes productos fluyen a través de los puestos de trabajo en donde se van transformando o añadiendo componentes. Estos componentes a su vez conforman subensambles. En este grupo se pueden clasificar los siguientes materiales: Anillo interno y anillo externo.
- **Producto terminado:** Los empaques terminados varían según la forma, tamaño, materiales y especificaciones del cliente; sin embargo destacan los empaques WRI de 36”.
- **Materiales accesorios empleados en el proceso:** En este grupo se tienen en cuenta los materiales que no fabrica la empresa pero que son usados como insumos o componentes del producto final. De acuerdo con esto, se puede determinar que materiales como tuercas hacen parte de los accesorios de los productos terminados.
- **Material de recuperación:** Las partes de los materiales que quedan como desperdicios no son re procesados sino que se venden a otras empresas.
- **Desperdicios:** Parte de los componentes tras pasar por la fase de corte generan residuos que no pueden ser reprocessados. Así mismo, en estaciones de trabajo donde hay maquinaria como tornos o taladros se generan desperdicios en forma de viruta.
- **El proyecto y especificaciones del producto:** Los diferentes productos que se fabrican varían según las especificaciones del cliente, referente a tamaño, diámetro, materiales, etc. Por ello, desde la fase de diseño se debe garantizar la menor pérdida de materiales posible cumpliendo con las especificaciones del pedido.

#### 4.2.2 Maquinaria

La maquinaria utilizada responde a las necesidades de fabricación, calidad y eficiencia de la producción. En este aspecto consideraremos no solo el equipo de producción y las diferentes herramientas empleadas sino su utilización propiamente, atendiendo a consideraciones de proceso o método y requerimientos de maquinaria y equipo asociados

El proceso productivo varía de un producto a otro dependiendo de las especificaciones dadas por el cliente. Los procesos principales que se llevan a cabo en la producción de las piezas metálicas son: Corte, soldadura, ranurado, biselado, enrollado, pintado. Cada proceso depende del proceso anterior y del maquinado adecuado de los componentes, lo cual ocasiona que las

demoras en algunos de los procesos impliquen retardos en los procesos siguientes. El grado de utilización de las máquinas, que puede derivar en demoras, depende de las cantidades demandadas, es decir, de las variaciones en las necesidades de producción, por lo que es importante equilibrar las operaciones, evitando subutilización o sobreutilización de la capacidad instalada.

En cuanto a las necesidades de forma y altura no hay dificultades en la distribución actual, ya que el taller cuenta con una altura adecuada para el correcto funcionamiento de todas las máquinas. Al igual que la altura, el peso es un factor clave en estas máquinas, por lo cual la empresa solo tiene maquinaria en el primer piso en sus instalaciones.

### **4.2.3 Hombre**

La empresa cuenta con personal capacitado para el desarrollo de las funciones requeridas por la empresa y el sistema productivo. De manera indirecta, la mano de obra está constituida por el personal de servicios generales y vigilancia, mientras que de manera directa, está constituida por obreros especializados por tipo de operación ejecutada, por lo tanto, está limitada la posibilidad de traslados de personal entre áreas, aunque algunos tengan las capacidades y conocimiento de máquinas relacionadas (por ejemplo, el taladro sobre mesa y la fresadora). Actualmente, los procesos se realizan con un operario por máquina.

- Necesidades de mano de obra (tipo de trabajadores, número necesario y horas de trabajo)

Para garantizar una buena distribución en planta que favorezca al factor hombre, y por lo tanto la productividad, se debe rediseñar la ubicación de las mesas de trabajo para reducir el movimiento del operario, evitando movimientos amplios y distancias largas, principalmente, en la recepción de producto en proceso. Lo anterior con el soporte ergonómico que requiere cada operación.

- Utilización del factor hombre

El programa de producción está diseñado de tal forma que se tenga un equilibrio en las operaciones, por lo que cada empleado tiene sus tareas y responsabilidades previamente delimitadas en la manual de funciones.

- Otras consideraciones

Dentro de las consideraciones para el análisis del factor humano, es importante resaltar los sistemas de pagos como generadores de motivación y sensación de estabilidad. En Indumetcol S.A. la escala salarial de los empleados está determinada por la responsabilidad que tiene el puesto de trabajo en el proceso productivo, siendo la responsabilidad mayor mejor

---

remunerada. También se tiene en cuenta la experiencia y la antigüedad del operario, y el riesgo por accidente o enfermedad al que se encuentre expuesto.

#### **4.2.4 Movimiento**

El factor de movimiento abarca tres elementos principales de producción (materia prima, maquinaria y hombre), en Indumetcol S.A., el movimiento del material (materia prima, piezas y producto terminado) dentro de la planta lo efectúan los operarios, se transporta haciendo uso de montacargas eléctrico y de "hand stacker" de tipo manual e hidráulico; de igual manera, la recepción de materias primas y el transporte de producto terminado hacia los centros de distribución, es realizado haciendo uso de camiones de carga.

**Equipo usado para contener el material:** Al interior de la empresa son utilizados diversos equipos que permiten contener el material, entre éstos se encuentran:

- ✓ Soportes, pallets, plataformas.
- ✓ Estanterías, cajas, cajones.
- ✓ Soportes metálicos.
- ✓ Elementos de retención

#### **Patrón de circulación o flujo de ruta**

El patrón de circulación representa una labor con un elevado grado de importancia, debido a que contempla la llegada de las materias primas a la empresa, su circulación a través de la misma y las salidas del producto terminado.

- ✓ La recepción de materia prima e insumos por parte de la empresa se realiza bajo planeación, en la cual se detallan los requerimientos de la empresa y de los proveedores, con el fin de que ésta se desarrolle de manera organizada.
- ✓ En lo que respecta a las salidas del producto terminado, éste se somete a procesos de inspección y control de calidad previos a su embalaje y traslado hacia los clientes o centros de distribución.
- ✓ Por su parte, los materiales de servicio o auxiliares, en su mayoría se encuentran almacenados en estanterías aledañas a los puestos de trabajo, de forma tal que su movimiento se pueda realizar de forma rápida.
- ✓ El movimiento de maquinaria y utillaje es prácticamente nulo, debido a que la maquinaria utilizada es de gran tamaño y peso.

**Reducción del manejo innecesario o antieconómico:** Indumetcol S.A. maneja un sistema de producción celular, el cual está situado entre la producción orientada a proceso y la

---

producción orientada a producto, con lo cual la distribución de la planta se desarrolla de forma tal que agrupa máquinas y estaciones de trabajo.

**Espacio para el movimiento:** Debido al tamaño de la empresa, la planta de producción cuenta con los respectivos espacios para el desplazamiento de materiales, productos y personas, debidamente demarcados.

**Análisis de los métodos de manejo:** En Indumetcol S.A., la metodología usada para llevar a cabo el transporte de material de un puesto de trabajo a otro es a través de la secuencia de operaciones o ruta de un material dado, es decir, el operario se encarga de identificar las materias primas, materiales auxiliares, accesorios y producto terminado, con el fin de facilitar su uso para la producción, y los lleva de un puesto de trabajo a otro.

**Equipos de manejo:** Al interior de la empresa son utilizados como medios de transporte de materias primas, insumos, productos en proceso y productos terminados, montacargas eléctrico y “hand stacker” de tipo manual e hidráulico.

#### **4.2.5 Espera**

Al interior de Indumetcol S.A., la materia prima e insumos cuentan con un área determinada en donde son debidamente almacenados, de esta manera, la empresa tiene un respaldo para el abastecimiento de grandes órdenes de producción. En lo que respecta a productos terminados, de la misma manera la empresa cuenta con existencias con características estándar en el almacén, de manera tal que pueden ser atendidos una mayor cantidad de pedidos, cuando los requerimientos del cliente no exigen características específicas en los productos. Por otra parte, en el área de producción, los materiales suelen esperar, de manera tal que se producen pequeños lotes antes de ser transportados al siguiente proceso.

**Situación:** Los materiales o productos en proceso que se encuentran en espera, se ubican en lugares inmediatos al flujo de operación en cada puesto de trabajo, esto se presenta debido a la cantidad de piezas que son procesadas en cada área operativa por orden de pedido, es decir, el material o pieza es generado por cantidades determinadas y se ubica inmediatamente en el mismo puesto de trabajo hasta terminar una cantidad específica, para posteriormente desplazar todas las piezas procesadas al siguiente puesto operativo.

**Precauciones y equipo para el material en espera:** Los materiales o piezas en espera se componen principalmente de aceros ASTM, acero inoxidable y acero carbono, por lo cual

presentan altas propiedades mecánicas; sin embargo, se requiere de precauciones especiales como lo son:

- El almacenamiento debe ser interior y en un lugar seco.
- Evitar que las piezas sean ampliamente expuestas al polvo del taller o a vapores químicos.
- Debe protegerse las piezas de posibles salpicaduras de aceite, grasa o líquidos.
- Las piezas deben protegerse por arriba y por debajo con maderas o telas y debe evitar pisarse.

#### 4.2.6 Servicio

##### Servicios relativos al personal

- **Acceso:** El personal que trabaja en al área operativa, se desplaza por pasillos demarcados y con adecuada libertad de movimiento; en el taller de producción principal, se maneja la misma entrada para los empleados de la parte administrativa, operativa, y los clientes que dirigen directamente a la empresa, sin embargo, la empresa cuenta con oficinas para la parte administrativa, apartadas de las secciones operativas. Por otra parte, a pesar de que las distancias de desplazamiento son relativamente cortas, no existe flujo de personal en una sola dirección.
- **Instalaciones para uso del personal:** La empresa cuenta con elementos para el uso del personal, tales como baños, vestuarios, lockers, y comedor en la planta de producción, debido a la que la forma de operación que tiene la empresa actualmente exige jornadas de trabajo prolongado.
- **Protección contra el fuego:** La empresa cuenta con distintos extintores, botiquines y camillas de emergencia; los espacios en los cuales se encuentran se consideran adecuados, debido a que tienen facilidad de acceso para uso inmediato en las áreas operativas. Así mismo, la planta de producción cuenta con señalizaciones para rutas de emergencia.
- **Iluminación:** Para iluminar las áreas de trabajo, se cuentan con iluminación fluorescente, tanto para las áreas de producción en general como para cada puesto de trabajo; teniendo en cuenta que las operaciones realizadas en cada puesto de trabajo se consideran como tareas de dificultad de visión (implica detalles finos, contrastes regulares, y periodos largos de tiempo), es recomendable que las luminarias usadas para iluminaciones suplementarias, sean de tipo incandescente.



- **Oficinas:** La empresa cuenta con oficinas para la parte administrativa, las cuales se encuentran en la misma planta de producción, pero separadas de las zonas operativas.

#### **Servicios relativos a los materiales**

- **Calidad:** La inspección de calidad se lleva a cabo a lo largo de todo el proceso de producción, siendo ésta en su mayoría, inspección manual y visual; así mismo, son realizadas distintas pruebas especializadas para comprobar las características exigidas por el cliente.
- **Control de producción:** El método empleado para planificar, programar y operar los materiales, conlleva a que no sea generado gran cantidad de material en espera a lo largo del proceso.
- **Control de rechazos, mermas y desperdicios:** No existen equipos ni procedimientos para el manejo de desperdicios, si bien los desperdicios no requieren de algún manejo en especial, podría ser recuperado mediante procedimientos apropiados; por otro lado, no existe un espacio dispuesto para el almacenamiento de dichos desperdicios.

#### **Servicios relativos a la maquinaria**

- **Mantenimiento:** Las maquinarias con la que cuenta la empresa recibe mantenimiento de tipo preventivo principalmente, con periodos de tiempo variables, dependiendo del tipo de máquina; de esta manera, se busca reducir los costos en los que se incurre al realizar mantenimientos de tipo correctivo. Sin embargo, la empresa no lleva un control de los resultados obtenidos en cada mantenimiento realizado y el mismo se lleva a cabo en el puesto de trabajo.
- En lo que respecta a los servicios auxiliares, son necesarias dos líneas de servicio: eléctrica y neumática. La empresa cuenta con un compresor en cada planta de producción, el cual provee todo el sistema neumático de la misma; así mismo, en lo que respecta al sistema eléctrico, las plantas cuentan con contadores y tomacorrientes en los puestos de trabajo, que proveen a la maquinaria de la energía necesaria.

#### 4.2.7 Edificio

En la actualidad la empresa cuenta con tres edificaciones dentro de las cuales también se encuentran las áreas de almacenamiento; en la edificación principal se encuentran ubicadas a su vez las oficinas administrativas de la compañía.

En cuanto a la distribución de la zona de producción de las 3 sedes se maneja todo tipo taller, en donde hay una zona específica para cada tipo de proceso, es decir, existe una zona dedicada a las máquinas de soldadura, otra solo para el área de corte, otra para la zona de pulido, etc. En cada sede también se encuentran ubicadas las áreas comunes como la recepción y los baños, estos últimos ubicados de forma casi que equidistante a todos los puestos de trabajo. El área administrativa consta principalmente de la recepción, la oficina del gerente general, una sala de juntas y las oficinas adjuntas de los jefes de planta e ingenieros.

Tabla 15. Elementos de edificio Indumetcol S.A.

ELEMENTO	ANÁLISIS
<i>Edificio especial o de uso general</i>	Los edificios son de uso general, ya que las operaciones que realizan son de elaboración, tratamiento y montaje simple. La planta 3 se usa fundamentalmente para la fabricación de empaques, mientras que las juntas y las mangueras se procesan en las plantas 1 y 2 (se encuentran unidas).
<i>Edificio de un solo piso o varios</i>	El edificio de la planta 3 solo tiene un piso y el edificio de las plantas 1 y 2 tiene 2 pisos (en el primero la parte productiva y una sección en el segundo nivel para las oficinas)
<i>Sótanos o altillos</i>	Parte del almacenamiento de producto terminado y de materia prima se realiza en espacios ubicados en segundo piso. La empresa no cuenta con sótanos.
<i>Cubiertas y techos</i>	Los techos son de teja de eternit y de plástico (para permitir el acceso de luz) ubicados de 6 a 8 metros de altura aproximadamente.
<i>Paredes y columnas</i>	Las paredes son aislantes de ruido debido a los fuertes sonidos producidos por algunas máquinas. Las columnas que hay sirven de soporte al área de almacenamiento en el altillo de la planta 2.

<i>Ascensores, montacargas y escaleras</i>	En la planta 1 y 2 se encuentran 2 escaleras. Una para conectar la zona administrativa con el área de producción y la otra para acceder a una zona de almacenamiento.
<i>Suelos</i>	No hay desniveles que creen la necesidad de utilizar maquinaria especializada para el manejo de los materiales, y el suelo está construido en concreto para soportar el peso de la maquinaria y de la estructura como tal.

(Elaboración propia)

#### 4.2.8 Cambio

En cuanto a la flexibilidad de la distribución actual se puede decir que la modificación de la posición de la maquinaria se puede hacer en la mayoría de éstas, con excepción del torno. Debido a la ubicación de la planta (en la zona industrial de Bogotá), no existe la posibilidad de realizar una expansión de las edificaciones, ya que limitan con una vía principal y otras fábricas; lo que sí es posible es modificar los patrones de circulación del material dentro de la planta.

### 4.3 DISTRIBUCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO Y RECURSOS

Actualmente la empresa tiene la siguiente distribución de número de operarios y maquinaria por puesto de trabajo; por otra parte, no es posible establecer una mejora o disminución en la productividad, debido a que los procesos son intensivos en mano de obra:

*Tabla 16. Distribución de puestos de trabajo y recursos usados por paso de trabajo*

DISTRIBUCIÓN DE PUESTOS DE TRABAJO Y RECURSOS USADOS POR PASO DE TRABAJO			
Proceso	No. Máquinas	No. Operarios	Intensivo En
Soldadura TIG	1	1	mo
Pulidora	3	3	mo
Biselado	2	2	mo
Ranurado (Taladro)	1	1	mo
Pirograbado	1	1	mo
Enrolladora Eléctrica	2	2	mo
Soldadura de punto	1	1	mo
Pintura	1	1	mo

(Elaboración propia)

\*Ya que la relación de máquinas y operarios es de 1:1, se ha contemplado la posibilidad de que falte algún operario, pero la empresa no se ha cuestionado dicha situación ya que usualmente la ausencia de un operario se cubre con los de las otras plantas de producción.

#### 4.4 CÁLCULO DE ÁREAS

El área básica de las máquinas es entendida como aquella que proyectan sobre el piso, con sus mecanismos en posiciones extremas; de manera general, el área básica de la máquina depende de los factores técnico-constructivos de la misma, mientras que las demás áreas parciales que conforman un puesto de trabajo, dependen de factores técnico-organizativos de la conformación del proceso de producción. Las áreas para los puestos de trabajo que conforman el proceso de producción se relacionan a continuación:

Tabla 17. Cálculo de áreas puestos de trabajo para empaques.

CÁLCULO DE ÁREAS PUESTOS DE TRABAJO (m <sup>2</sup> )			
EMPAQUES	No. Maq	AM	TOTAL
Soldadura TIG para empaques	1	7.3	7.3
Pulidora de empaques	3	3.08	9.24
Biselado de empaques	2	2.92	5.84
Ranurado	1	12.66	12.66
Pirograbado	1	9.19	9.19
Enrolladora eléctrica	2	4.38	8.76
Soldadura de punto	1	7.3	7.3
Pintura	1	8.41	8.41

(Elaboración propia)

El proceso de pirograbado no hace parte de la planta de fabricación de empaques, sin embargo, hace parte del proceso de producción, por lo cual se muestra el área del puesto de trabajo.

#### 4.5 GRÁFICO DE RELACIONES

Como parte del método SLP se desarrolla el gráfico de relaciones entre los puestos de trabajo, para lo cual, es necesario conocer las razones que pueden dar importancia a la cercanía entre estos, como las relaciones de precedencia o la cantidad de flujo. El gráfico de relaciones se desarrolla en forma triangular, en donde se incluyen los puestos de trabajo y se dividen sus intersecciones para asignar un código de proximidad y la razón del mismo.

Se establecen las razones de relaciones, tomando como las de mayor importancia la continuidad en el flujo del proceso, el costo de manejo de materiales y el equipo usado para el manejo de los mismos entre áreas.

Tabla 18. Razones de relaciones

Razón	
1	Flujo del proceso
2	Costo de manejo de materiales
3	Equipo usado para manejar materiales
4	Necesidad de comunicación estrecha
5	Necesidad de compartir algo del personal
6	Necesidad de compartir algún equipo
7	Separación necesaria por ruido, peligro, sustancias químicas, humos, explosivos.

(Elaboración propia)

A continuación, se presenta el gráfico de relaciones para el proceso de fabricación de empaques en Indumetcol S.A.:

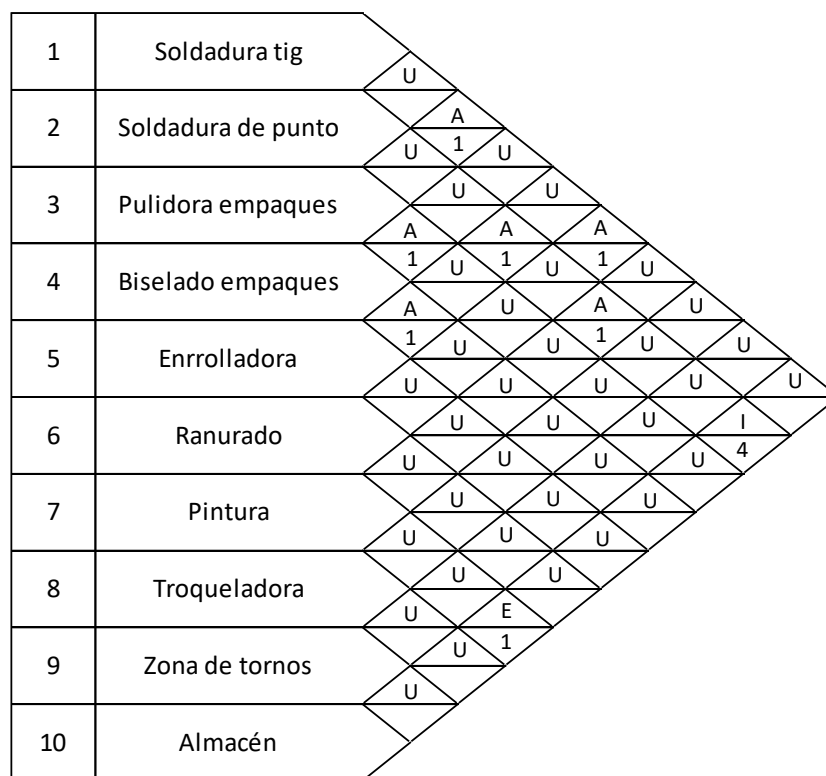


Figura 9. Gráfico de relaciones Indumetcol S.A. (Elaboración propia)

### 4.6 DIAGRAMA DE RELACIONES

Posteriormente, tomando como base el gráfico de relaciones, se desarrolla el diagrama de relaciones, que presenta mediante una red la importancia de cercanía entre departamentos. De forma general los departamentos son representados mediante nodos y los arcos representan la importancia de acuerdo con la letra clave:

Tabla 19. Relaciones de proximidad

Código	Proximidad	Arco
A	Absolutamente necesario	=====
E	Especialmente necesario	=====
I	Importante	=====
O	Normal u ordinario	=====
U	Sin importancia	=====
X	No recomendable	~~~~~

(Elaboración propia)

A continuación, se presenta el diagrama de relaciones para el proceso de fabricación de empaques en Indumetcol S.A.:

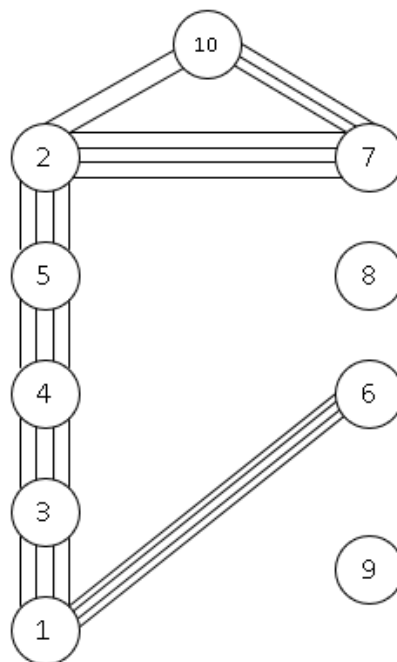


Figura 10. Diagrama de relaciones Indumetcol S.A. (Elaboración propia)

#### 4.7 CÁLCULO DE LA NUEVA CAPACIDAD

Debido a que la nueva distribución en planta busca reducir los desplazamientos y movimientos innecesarios que deben llevar a cabo los operarios a lo largo de la planta de producción, es de esperarse que el tiempo empleado para fabricar una unidad de producto terminado se reduzca en alrededor del 9,8%; de esta manera, el nuevo tiempo de fabricación de una unidad de producto terminado sería de 30,67 minutos, y la nueva capacidad promedio sería de:

$$\frac{2.026 \text{ horas/año}}{0.511 \text{ horas/unidad}} = 3963,74 \frac{\text{unidades}}{\text{año}}$$

Lo que representa un incremento promedio de 388.44 unidades por año.

# Capítulo 5

---

## Análisis de la viabilidad económica de la propuesta



## 5 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

### 5.1 DISTRIBUCIÓN ACTUAL

Tomando como base los datos históricos de demanda, así como la capacidad promedio actual, se evidencia que la producción de la empresa se ha encontrado por debajo de las cantidades demandadas en el mercado a lo largo de los años, por lo cual, ha dejado de recibir ganancias adicionales año tras año. En lo que respecta a 2020 y el pronóstico para 2021, el análisis muestra que la empresa se encontrará por debajo de las unidades demandadas, en promedio en 442 unidades, así:

Tabla 20. Demanda Vs Capacidad de producción

Año	Demanda	Capacidad	Diferencia
2020	3973	3575	-398
2021	4061	3575	-485
<b>PROMEDIO</b>			<b>-442</b>

(Elaboración propia)

Adicionalmente, con la capacidad de producción actual y conociendo que la utilidad promedio por unidad vendida es de 10.000 pesos colombianos, se tiene que año tras año la utilidad neta generada por esta línea de producción ha sido de:

Tabla 21. Utilidad neta capacidad actual

Año	Demanda	Capacidad	Utilidad promedio	Utilidad neta
2020	3973	3575	\$ 10,000.00	\$ 35,750,000.00
2021	4061	3575	\$ 10,000.00	\$ 35,750,000.00

(Elaboración propia)

### 5.2 DISTRIBUCIÓN PROPUESTA

Teniendo en cuenta que la nueva distribución en planta permitiría una capacidad promedio de 3963 unidades por año, se esperaría que la utilidad neta por la venta de las mismas fuera de:

Tabla 22. Utilidad neta nueva capacidad

Año	Demanda	Nueva Capacidad	Utilidad promedio	Utilidad neta
2020	3973	3963	\$ 10,000.00	\$ 39,630,000.00
2021	4061	3963	\$ 10,000.00	\$ 39,630,000.00

(Elaboración propia)

De esta manera, la nueva distribución en planta permitiría un incremento promedio en la capacidad en 388 unidades por año, generando una utilidad neta adicional cada año.

Tabla 23. Utilidad adicional con la propuesta de distribución en planta

Año	Utilidad neta anterior	Nueva utilidad neta	Utilidad adicional
2020	\$ 35,750,000.00	\$ 39,630,000.00	\$ 3,880,000.00
2021	\$ 35,750,000.00	\$ 39,630,000.00	\$ 3,880,000.00

(Elaboración propia)

### 5.3 INVERSIÓN NECESARIA

Para llevar a cabo la redistribución en la planta 3 de la empresa Indumetcol S.A., es necesario reubicar algunas de las máquinas del área de producción, como se muestra a continuación:

Tabla 24. Cambios en el lugar de los puestos de trabajo,

Puesto de trabajo	Cambio
Soldadura Tig	Toma el lugar de la troqueladora
Soldadura de punto	Toma el lugar del módulo de biselado
Pulidora empaques	Toma el lugar del puesto de enrollado
Biselado empaques	El puesto de soldadura se separa y toma parte de su área.
Enrolladora	El puesto de soldadura se separa y toma parte de su área.
Ranurado	Se mantiene su lugar
Pintura	Se mantiene su lugar
Troqueladora	Toma el lugar de las pulidoras
Zona de tornos	Se mantiene su lugar
Almacén	Se mantiene su lugar

(Elaboración propia)

De manera general no se incurriría en costos generados por adecuación en las instalaciones, debido a que la planta cuenta con las conexiones requeridas en cada uno de los puestos de trabajo, con lo cual, el costo estaría asociado únicamente a la reubicación de las máquinas, tal y como se muestra a continuación:

Tabla 25. Costo por máquina reubicada

Ítem	Descripción	No. Máquinas	Costo unitario	Costo total
1	Reubicación de máquinas	6	\$ 1,500,000.00	\$ 9,000,000.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 9,000,000.00</b>

(Elaboración propia)

Teniendo en cuenta lo anterior, se esperaría que la empresa realice una inversión de aproximadamente 9'000.000 de pesos colombianos con el fin de llevar a cabo la reubicación de las máquinas, de acuerdo con la propuesta de distribución en planta; de esta manera se obtendría una reducción en el tiempo de fabricación por unidad de producto, de alrededor de 3,33 minutos, lo cual se vería reflejado en una utilidad adicional anual de 3'880.000 pesos colombianos para los años 2020 y 2021.

Así mismo, de acuerdo con el comportamiento histórico de la demanda, se ha evidenciado que año tras año esta ha sido superior a la capacidad de la empresa, con lo cual podría esperarse que la utilidad adicional se mantenga en los años siguientes.

## 6 CONCLUSIONES

- La caracterización del sector y de la empresa permitió identificar los factores que pueden afectar de manera directa o indirecta el correcto funcionamiento de la empresa, entre los cuales resalta la variación del peso colombiano en los mercados internacionales y el decrecimiento del valor agregado en lo que relacionado a la fabricación de productos metalúrgicos básicos.
- Se identificaron las áreas o puestos de trabajo que conforman el proceso productivo para la fabricación de empaques, y que se verían afectadas con la nueva distribución en planta, de manera tal que debe ser ajustada su ubicación física dentro de la bodega.
- Para la realización de una adecuada distribución en planta se debe hacer uso de modelos o técnicas que permitan optimizar los factores que intervienen de manera directa en la distribución de una planta de producción, con el fin de lograr una organización eficaz y eficiente en lo que respecta al uso de recursos, herramientas y espacios
- Se hizo uso del método SLP con el fin de elaborar una propuesta de distribución en planta que permita mejorar el proceso de producción, disminuyendo el tiempo de fabricación por unidad, mediante la reducción de movimientos y desplazamientos innecesarios.
- Se desarrolló el análisis de viabilidad financiera de la propuesta de mejora en cuanto a la distribución en planta y se estableció que la inversión a realizar por concepto de reubicación de las máquinas permitirá obtener una utilidad adicional año tras año, debido a que el incremento en la capacidad de producción se vería reflejado en mayores ventas.
- Es un error considerar como únicos objetivos de una distribución en planta, el incremento de productividad y la reducción de costos, ya que una correcta distribución presentará beneficios también para el factor hombre al mejorar sus condiciones en el trabajo.

## **6.1 LIMITACIONES Y PROSPECTIVA**

Se evidenció que la empresa año tras año ha tenido una capacidad inferior a la requerida para cumplir con la demanda del mercado; sin embargo, al ser la línea de producción más nueva y más pequeña, no se han llevado a cabo esfuerzos que permitan incrementar el volumen de producción. Así mismo, la empresa cuenta con la limitante de espacio, debido a la zona geográfica de la ciudad de Bogotá en la que se encuentra ubicada, por lo que no es posible llevar a cabo una ampliación de la planta.

Por otra parte, con la propuesta de mejora en la distribución en planta, se espera un incremento en las unidades producidas por mes, pero deben ejecutarse estrategias complementarias como turnos adicionales ya que continúa siendo inferior a la requerida.

En lo que respecta a los puestos de trabajo, la empresa cuenta con maquinaria que no participa en el proceso de producción de empaques y que son utilizadas de forma ocasional, por lo que podría evaluarse la posibilidad de reemplazar dichas máquinas con otras que permitan incrementar la capacidad de producción.

## 7 REFERENCIAS

### 7.1 BIBLIOGRAFÍA

Hernandez, G., & Gunther, W. (1986). *Fundamentos de la proyección de fábricas*. Pueblo y educación.

Muther, R. (1968). *Planeación y proyección de la empresa industrial: Método SLP*. Editores técnicos asociados.

Muther, R. (1970). *Distribución en planta. 2da Edición*. Barcelona - España: Hispano Europea.

Núñez, A. (2014). *Dirección de operaciones, Decisiones tácticas y estratégicas*. España: UOC.

Socconini, L. V. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Barcelona: Marge Books. Obtenido de <https://bv.unir.net:3555/es/lc/unir/titulos/117567>.

### 7.2 WEBGRAFÍA

DANE. (30 de Abril de 2020). *Exportaciones*. Recuperado el 16 de Mayo de 2020, de Información marzo 2020: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/exportaciones>

DANE. (21 de Abril de 2020). *Importaciones*. Recuperado el 16 de Mayo de 2020, de Información febrero 2020: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/importaciones>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (14 de Febrero de 2020). *Producto Interno Bruto (PIB) Base 2015*. Recuperado el 16 de Mayo de 2020, de Información IV trimestre y año 2019: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales>

Pérez, P., Diéguez, E., & Gómez, O. (2008). *Metodologías para la resolución de problemas de distribución de planta*. Obtenido de <https://www.virtualpro.co/biblioteca/metodologias-para-la-resolucion-de-problemas-de-distribucion-de-planta>