



# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE DISEÑO DE HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL AREA DE PRODUCCION EN LA EMPRESA BERTONY TRAILERS E.I.R.L. – LAMBAYEQUE”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Bach. Arrunátegui Aguirre, Carlos Miguel

Bach. Tarrillo Cruz, Max Esleyther

**Asesor:**

Ing. Goicochea Ramírez, Oscar

Trujillo - Perú

**2018**

## DEDICATORIA

A Dios por darnos la vida y la oportunidad de realizar nuestras metas, nuestros padres y docentes por confiar en cada de uno de nosotros y ser parte de nuestra formación profesional.

## EPÍGRAFE

Afrontar un problema dificultoso a menudo requiere ver dónde se encuentra el punto de apalancamiento, un cambio que con mínimo esfuerzo llevaría a una mejora significativa y duradera.

(Peter Senge, 1990)

## AGRADECIMIENTO

Doy gracias a nuestro padre celestial, que gracias  
a él, estamos hoy aquí cumplimiento nuestras  
metas.

Agradecemos a nuestras familias por ser motivo de  
seguir adelante y cumplir nuestros sueños.

Gracias a los Ingenieros:

Pablo Burgos Zavaleta - Docente de Universidad Privada del Norte.

Carlos Jave Gutiérrez - Docente de Universidad Privada del Norte.

Finalmente a nuestro asesor al Ing. Oscar Goicochea Ramírez  
que sin él, no lo hubiéramos podido lograr nuestro objetivo.

## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuestra consideración la presente Proyecto intitulado:

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE HERRAMIENTAS DE LA MANUFACTURA ESBELTA EN LA PRODUCTIVIDAD DEL AREA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA BERTONY TRAILERS E.I.R.L. - LAMBAYEQUE.”**

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los primeros de Enero a Diciembre del año 2017, y espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otras Proyectos o Investigaciones.

---

Bach. Arrunátegui Aguirre, Carlos Miguel

---

Bach. Tarrillo Cruz, Max Esleyther

### LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

Asesor:

---

Ing. Goicochea Ramírez, Oscar

Jurado 1:

---

Ing. Alcalá Adrianzen, Miguel

Jurado 2:

---

Ing. Avendaño Delgado, Enrique

Jurado 3:

---

Ing. Baca López, Marcos

## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general aumentar la productividad de la línea de producción de furgón montable de 4 toneladas de la empresa Bertony Trailers E.I.R.L, aplicando herramientas de la Manufactura Esbelta.

En primer lugar se efectúa un diagnóstico situacional de la empresa, para identificar los problemas existentes en el área de producción, para este fin se utilizó el Diagrama Ishikawa; donde luego se exponen las causas raíz que inciden dichos problemas.

Una vez encontrado las causas raíces, se priorizó las causas más importantes; mediante la herramienta de un Diagrama de Pareto para dar paso a determinar el impacto económico que genera en la empresa éstas problemáticas representando pérdidas monetarias. Adicionalmente, en este trabajo de investigación se detalla el proceso productivo de Furgón de 4 toneladas incluido el tiempo de cada proceso y las herramientas que son utilizadas.

Para la solución de esta situación, se pretende diseñar con procedimientos de desarrollo, formatos normalizados que permiten controlar el proceso de producción. Es por ello, que se usaron las herramientas MRP, VSM, RCM II, TAK TIME (distribución de planta y balance línea) con la finalidad de mejorar la productividad en el área de producción.

Finalmente se realizó una evaluación económica, arrojando un VAN de S/. S/. 10,873,491.62, TIR 240.94% y un B/C de 2.074 de lo cual concluye que la propuesta es rentable para la empresa.

## ABSTRACT

The main objective of this work was to increase the productivity of the production line of the 4 tn. truckload truck of Bertony Trailers E.I.R.L, using Lean Manufacturing tools.

In the first place a situational diagnosis of the company is made, to identify the problems existing in the production area, for this purpose the Ishikawa Diagram was used; where then the root causes that affect these problems are exposed.

Once the root causes were found, the most important causes were prioritized; using the tool of a Pareto Diagram to make way to determine the economic impact generated in the company these problems representing monetary losses. Additionally, in this research work, the production process of the truck of 4 tons is detailed, including the time of each process and the tools that are used.

For the solution of this situation, it is intended to design with development procedures, standardized formats that allow controlling the production process. That is why the tools MRP, VSM, RCM II, TAK TIME (plant distribution and line balance) were used in order to improve productivity in the production area.

Finally, an economic evaluation was carried out, yielding a VAN of S /. S/. 10,873,491.62, TIR 240.94% and a B / C of 2.074 of which it concludes that the proposal is profitable for the company.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
EPÍGRAFE	iii
AGRADECIMIENTO	iv
LISTA DE ABREVIACIONES	v
PRESENTACIÓN	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I	17
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.1 Realidad problemática	18
1.2 Formulación del problema	22
1.3 Hipótesis	22
1.3.1 Hipótesis General	22
1.4 Objetivos	22
1.4.1 Objetivo General	22
1.4.2 Objetivos Específicos	22
1.5 Justificación del problema	23
1.5.1 Criterio teórico	23
1.5.2 Criterio aplicativo o práctico	23
1.5.3 Criterio valorativo	23
1.5.4 Criterio académico	23

1.6 Tipo de investigación	24
1.6.1 Por la orientación	24
1.6.2 Por el diseño	24
1.7 Diseño de la investigación	24
1.7.1 Población	24
1.7.2 Muestra	24
1.8 Variables	24
1.8.1 Variable Dependiente	24
1.8.2 Variable Independiente	24
1.9 Operacionalización de variables	24
CAPÍTULO II	26
MARCO REFERENCIAL	26
2.1 Antecedentes de la Investigación	27
2.1.1 Internacional	27
2.1.2 Nacional	27
2.1.3 Local	27
2.2 Base Teórica	28
2.3 Definición de Términos	46
CAPÍTULO III	46
DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL	47
3.1 Descripción general de la empresa	47
3.1.1 Datos Generales	48
3.1.2 Principales Productos	48
3.1.3 Estructura Organizacional	49
3.1.4 Descripción de las Áreas	50
3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis	51



3.2.1 Descripción del Proceso de Ventas	52
3.2.2 Descripción del Proceso de Producción	53
3.3 Identificación del problema e indicadores actuales	54
3.4 Resumen de Indicadores Actuales	55
CAPÍTULO IV	61
SOLUCIÓN PROPUESTA	61
4.1 Matriz de propuesta de metodología	62
4.2 Desarrollo	62
4.2.1 Aspectos Generales	63
4.2.2 Área de Producción	63
CAPÍTULO V	99
EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA	100
5.1 Inversión Inicial	105
5.2 Beneficios y Costos	108
5.3 Evaluación Económica y Financiera	109
CAPÍTULO VI	112
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	112
6.1 Resultados	113
CAPÍTULO VII	115
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
7.1 Conclusiones	118
7.2 Recomendaciones	118
BIBLIOGRAFÍA	118
A. Libros	119
B. Libros Virtuales	119
C. Tesis	121

C.1 Tesis Físicas	121
C.2 Tesis Virtuales	120
D. Direcciones Electrónicas	120
E. Otros	120
ANEXOS	121

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01.	Matriz de Operacionalización de variables	25
TABLA N° 02.	Tabla de Suplementos por Descanso (%)	33
TABLA N° 03.	Factor de Valoración	34
TABLA N° 04.	Tabla de criterios R/X	38
TABLA N° 05.	Distribución de colabora en sus respectivas estaciones	51
TABLA N° 06.	Productos-Precio	51
TABLA N° 07.	Proveedores	52
TABLA N° 08.	Causa Raíz Área Producción	57
TABLA N° 09.	Matriz de indicadores	59
TABLA N° 10.	Matriz de Propuesta de Metodologías	64
TABLA N° 11.	Registro de falla	66
TABLA N° 12.	Indicadores Actuales	67
TABLA N° 13.	Análisis de 7 preguntas clásicas	68
TABLA N° 14.	Hoja de información	72
TABLA N° 15.	Análisis de Criticidad	76
TABLA N° 16.	Tipos Áreas acuerdo Diagrama RCM II	82
TABLA N° 17.	Tareas Propuestas	83
TABLA N° 18.	Plan de Mantenimiento Preventivo	84
TABLA N° 19.	Resumen de costos	85
TABLA N° 20.	Indicadores Mejorados	86
TABLA N° 21.	Determinación Nuevo	88
TABLA N° 22.	Balance de Línea Mejorado	89
TABLA N° 23.	Tasa	90
TABLA N° 24.	Pronóstico 2017-2018	91
TABLA N° 25.	Resumen de costos	92

TABLA N° 26.	Plan Agregado de Producción	93
TABLA N° 27.	Resumen plazo	94
TABLA N° 28.	Resumen PMP	94
TABLA N° 29.	Boom Mejorado	95
TABLA N° 30.	MRP Mejorado	96
TABLA N° 31.	Costos operativos	101
TABLA N° 32.	Inversiones	102
TABLA N° 33.	Costo Ahorrado en Producción	103
TABLA N° 34.	Depreciación de computadora	103
TABLA N° 35.	Inversiones Intangibles	104
TABLA N° 36.	Estado Resultado sin financiamiento	105
TABLA N° 37.	Flujo de Caja sin financiamiento	106
TABLA N° 38.	Estado de resultado con financiamiento BCP	107
TABLA N° 39.	Flujo de caja con financiamiento BCP	108
TABLA N° 40.	Estado de Resultados con financiamiento Interbank	109
TABLA N° 41.	Flujo de caja con financiamiento Interbank	110
TABLA N° 42.	Comparación de Indicadores económicos	111
TABLA N° 43.	Resumen de pérdidas actuales beneficio propuesta	114
TABLA N° 44.	Registro de paradas por falta de mantenimiento	124
TABLA N° 45.	Resumen costos por falta de mantenimiento preventivo	125
TABLA N° 46.	Pronóstico 2017-2018 – MRP ACTUAL	130
TABLA N° 47.	Costos Diagnóstico	131
TABLA N°48	Plan Agregado de Producción	132
TABLA N°49	Resumen de plan	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01.	Diagrama de Ishikawa	21
FIGURA N° 02	Diagrama de Pareto	30
FIGURA N° 03.	Simbología VSM-Flujo de Materiales	35
FIGURA N° 04.	Simbología VSM-Flujo de Información	35
FIGURA N° 05.	Implementación de un VSM	36
FIGURA N° 06.	Mapa completo-VSM	37
FIGURA N° 07.	Diagrama de recorrido	44
FIGURA N° 08.	Organigrama General de la empresa Bertony Trailers E.I.R.L	49
FIGURA N° 09.	Diagrama de operaciones-fabricación de furgón 4 tn	53
FIGURA N° 10.	Proceso de estación de corte y doblado	55
FIGURA N° 11.	Proceso de estación de armado	55
FIGURA N° 12.	Proceso de estación de pintado	56
FIGURA N° 13.	Proceso de estación Sistema Eléctrico	56
FIGURA N° 14.	Diagrama de Pareto de las causas raíces del área producción	58
FIGURA N° 15.	Value Stream, Mapping- Actual	60
FIGURA N° 16.	Diagrama de Layout Actual	62
FIGURA N° 17.	Árboles de fallas	80
FIGURA N° 18.	Planeación Sistemática Distribución	86
FIGURA N° 19.	Diagrama Relacional de Actividades	87
FIGURA N° 20.	Eficiencia Global	99
FIGURA N° 21.	VSM Mejorado	100
FIGURA N° 22	Variabilidad de costos de mantenimiento	118
FIGURA N° 23.	Variabilidad de costos MRP	118
FIGURA N° 24.	Variabilidad de costos- Tak Time	119

FIGURA N° 25.	Variabilidad de B/C	119
FIGURA N° 26.	Encuesta Matriz de Priorización	123
FIGURA N° 27.	Preguntas Básicas RCM	125
FIGURA N° 28.	Análisis de Criticidad	126
FIGURA N° 29.	Análisis RCM II	128
FIGURA N° 30.	Balance Línea Actual	129
FIGURA N° 31.	Diagrama de Layout Mejorado	134

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día, se debe realizar un seguimiento y control en todas las empresas con la finalidad de aumentar la productividad en su línea de producción. En el presente trabajo de investigación se propondrá el diseño de herramientas de la manufactura esbelta en el área de producción. A continuación se describen los siguientes capítulos.

En el Capítulo I, se muestran los aspectos generales sobre el problema de la investigación, formulación del problema, estableciendo objetivos y definiendo el tipo de investigación.

En el Capítulo II, se describen los planteamientos teóricos relacionados con la presente investigación, desde los antecedentes hasta las bases teóricas.

En el Capítulo III, se describe la situación actual de la empresa, realizando un diagnóstico del área de producción, identificando las causas significativas y sus respectivos indicadores.

En el Capítulo IV, se describe las propuestas a plantearse, el uso de metodologías y el desarrollo de estas.

En el Capítulo V, se realiza la evaluación económica y financiera de las propuestas de mejora. Se identifican los beneficios obtenidos, los costos generados y la inversión requerida.

En el Capítulo VI, se analiza la variación de los indicadores actuales y propuestos. Además se muestra los resultados encontrados del desarrollo de las propuestas de mejora, asimismo se realiza de la discusión de la presente investigación.

En el Capítulo VII, se plantean las conclusiones y recomendaciones como resultado del presente estudio.

# **CAPÍTULO I: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN**

## 1.1 Realidad problemática

Las industrias metal mecánicas en el mundo, tiene bastante competencia en el ámbito comercial de sus productos, lo cual permite estar en un constante crecimiento y desarrollo con la tecnología. Según la Sociedad Nacional de Industrias (2012); estimó que la mejora de la economía mundial, la cual impulsará el precio de los metales, estimulará las ventas de la manufactura del sector metal mecánico, asegurando un incremento en su producción del 10% finalizando cada año, un promedio de US\$ 2,340 millones de años anteriores. Es por ello, que las economías más exportadoras son la Unión Europea (Alemania, Francia, Italia), China, Estados Unidos, Japón y los países sudeste asiático (principal Corea del Sur).

Además, las organizaciones del sector metal mecánico trabajan con los recursos necesarios enfocados a seguridad y salud ocupacional, para evitar accidentes en los colaboradores. Según la revista HSEC (2016), manifiesta que en el 2014, cerró una tasa de accidentabilidad de 5.66%, destacándose la evolución mostrada por las actividades de fabricación de productos metálicos, cuya tasa bajó de 10.45% en enero del 2013 a 5.66% en diciembre de 2014. Los accidentes cuando suceden, ocasionan pérdidas de trabajo, tiempo, que genera baja productividad, por inadecuado uso de insumos y herramientas, que no beneficia a la rentabilidad de la empresa.

Por otro lado, la Asociación Latinoamericana de Acero (2015), demuestra que en Latinoamérica; los países con mayor influencia son Brasil y México. No obstante en los últimos años las exportaciones crecieron a una tasa promedio anual cercana del 20%, mientras que el comercio mundial sectorial se incrementó a una tasa del 8.3%, debido, a que la industria metal mecánica fue una de las más dinámicas del comercio mundial de manufacturas, lo cual sitúa al desempeño local en una posición relativamente favorable.

En el Perú, cuenta con 111347 empresas manufactureras, de las cuales el 65% está compuesta por industria ligera (industria textil, maderera, papeles, agroindustria, otros), entendiéndose esta industria como aquella que tiene niveles bajos de densidad de capital (Capital fijo/ trabajadores). Otra característica marcada es el bajo desarrollo de la manufactura de bienes de capital (metal mecánica, siderometalúrgica, otros), que abarca cerca del 15% del universo de la

manufactura peruana. Además de presentar una escasa manufactura de los recursos naturales, en torno al 4% (Cárdenas Núñez, 2010, p.12). Esto se debe a que no le están dando mayor inversión en el sector metal mecánico, por lo que presenta un alto costo y falta de capacitación para los trabajadores.

Según INEI (2013), informó que se logró un crecimiento en 5.02% contabilizando 52 meses de crecimiento continuo y convirtiéndose así en una de las economías más pujantes y estables de América Latina a pesar de la persistente incertidumbre mundial.

Mientras que el Comité Gremial de Metal Mecánica de la Cámara de Comercio y Producción de Lambayeque (2016), estimó que en la región Lambayeque, cuenta con 2000 talleres de metal mecánica de pequeñas y grandes empresas, de lo cual el 40 por ciento son formales. Es por ello que las empresas de metal mecánica, no presenta una buena organización en sus procesos, por lo que no tienen buen manejo de gestión para poder formalizar y así acudir al desarrollo de su región.

Bertony Trailers E.I.R.L., integrado al rubro de metal mecánico, RUC: 20601350841, con la finalidad de cubrir la creciente demanda de empresas de transportes originándoles las garantías para brindar un servicio eficiente y fidelizándolos mediante sus construcciones metal mecánicas como: plataformas, tolvas, furgones, barandas, cisternas, cámaras frigoríficas, remolques, semirremolques, adaptaciones a doble y triple eje, chasis. La empresa cuenta con 14 trabajadores de las cuáles: 1 operario trabaja en la estación de corte, 1 operario en la estación de doblado, 4 operarios en la estación de ensamble: ensamble 1, ensamble 2, ensamble 3 y ensamble 4, 2 operarios en la estación de pintado: pintado base, pintado acabado, 2 personal en el área de almacén, 1 operario en la estación de montado, 1 operario en la estación de sistema eléctrico, 1 personal en el área administrativa. 1 jefe de producción, 1 asistente de logística. Además, en cuanto a producción son: Furgones de 4, 5, 6 toneladas, Plataforma de 13.5 metros, Adaptaciones a doble y triple eje, Tolva, Plataforma rebatible 5 toneladas, Baranda. Actualmente produce 15 a 20 furgones de 4 tn al mes, y los productos fabricados durante el año 2017, 10 plataforma de 13.5 metros; 4 adaptaciones de doble y triple eje; 3 baranda.

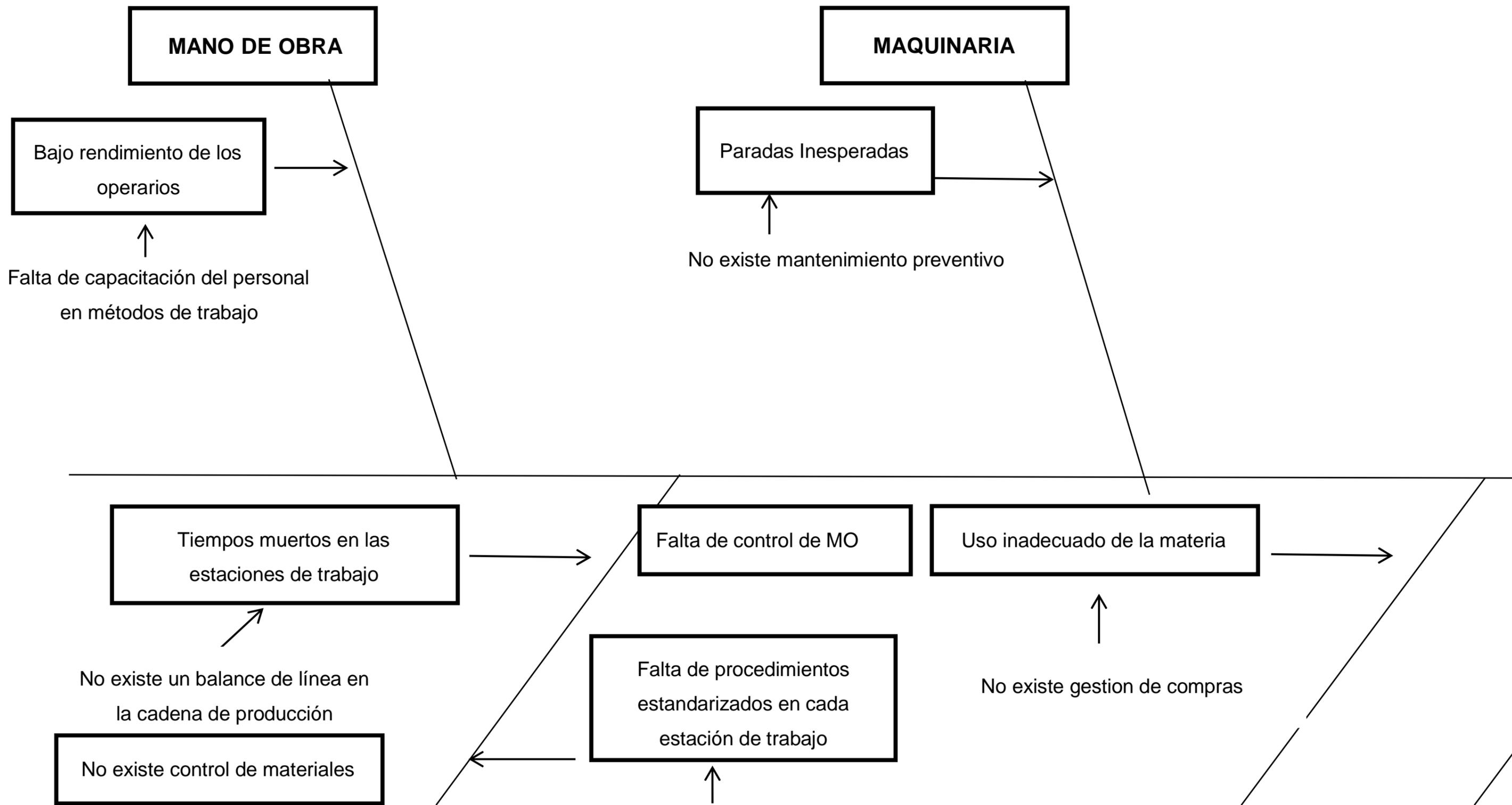
En el presente trabajo de investigación se diagnosticó diversos problemas dentro de la línea de producción de Furgón de 4 Tn. A continuación se presentan los costos generados por las causas encontradas en el Área de Producción.

Por falta de un plan de mantenimiento preventivo tiene un costo de S/. 650,353.97 anual; esto se debe a que presentan paradas por motivo de fallas. Asimismo, por falta de un sistema de MRP, pierde S/. 257,160.00 anual. También, se ha encontrado que por falta de Distribución de Planta y VSM (Tak Time), pierde S/. 38,905.38 anual.

Estas causas que se mencionaron, el costo total anual es de S/. 946,419.35 por lo que es conveniente proponer diseño de herramientas de la Manufactura Esbelta que permitirá mejorar el área de Producción.

**ISHIKAWA**

**Figura N° 01: Diagrama de Ishikawa**



## 1.2 Formulación del problema

### A. Problema General

¿Cuál es el impacto de la propuesta de diseño de herramientas de Manufactura Esbelta en la productividad del área de producción en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.?

## 1.3 Hipótesis

### 1.3.1 Hipótesis General

El diseño de herramientas de la Manufactura Esbelta aumenta en la productividad del área de producción en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L. a 35 %.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo General

#### A. Objetivo General

Aumentar la productividad de la línea de producción de furgón montable de 4 toneladas de la empresa Bertony Trailers E.I.R.L, aplicando herramientas de la Manufactura Esbelta

### 1.4.2 Objetivos Específicos

#### A. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del área de producción en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.
- Identificar las metodologías de la Ingeniería Industrial que se pueden aplicar para aumentar la productividad de la línea de producción de furgón montable de 4 toneladas de la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.
- Proponer el diseño de herramientas de la Manufactura Esbelta que se debe usar en el área de producción en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.
- Aplicar herramientas propuestas de la Manufactura Esbelta para aumentar la productividad de la línea de producción de furgón de 4 toneladas de la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.

- Establecer los indicadores para evaluar la factibilidad económica de aplicar las metodologías propuestas para aumentar la productividad de la línea de producción de furgón de 4 toneladas de la empresa Bertony Trailers.

## **1.5 Justificación del problema**

### **1.5.1 Criterio teórico**

El presente estudio se sustentará en la propuesta de diseño de herramientas de la Manufactura Esbelta (VSM, MRP, Tak Time) que sean necesarias para lograr un mejor estudio en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L. y aportar más información sobre la relevancia de estos temas en los sectores y empresas relacionadas a la producción de carrocerías-metal mecánica. Así mismo, se demostrará las ventajas de aplicar estos temas frente a Sistemas Empíricos.

### **1.5.2 Criterio aplicativo o práctico**

Las herramientas de la Manufactura Esbelta (VSM, MRP, Tak Time) se utilizarán métodos cuantitativos para ejercer posibles soluciones como:, aumentar la productividad en el proceso de producción y los problemas encontrados en los Diagramas de Ishikawa de Producción; con el fin de aumentar la productividad en la empresa.

### **1.5.3 Criterio valorativo**

Asimismo, con la propuesta de implementación de dichos temas se intenta asegurar el logro de objetivos que aumenten el valor de la empresa, desde el punto de vista económico, organizacional y social. Todo esto ayudará a una mejor aceptación por parte de los trabajadores como de los clientes de la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.

### **1.5.4 Criterio académico**

En este estudio, las empresas metal mecánica tienen poca acogida en el Perú y tienden a decrecer en estos últimos años. Por esta razón se ha creído conveniente aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería Industrial a este rubro y así comenzar la investigación presentada.

## 1.6 Tipo de investigación

### 1.6.1 Por la orientación

Por la orientación la investigación es Aplicada porque busca aplicar o utilizar los conocimientos que se adquirieron durante la universidad.

### 1.6.2 Por el diseño

Por el diseño la investigación es Pre-experimental porque hay manipulación de la variable independiente y medición de la variable dependiente.

## 1.7 Diseño de la investigación

### 1.7.1 Población

La población es todos los procesos del área de producción: (1) corte, (1) doblado, (4) ensamblado, (2) pintado, (1) montado, (1) instalación eléctrica. Y el (1) jefe de producción.

### 1.7.2 Muestra

Es censar, todos los procesos del área de producción del área de corte, doblado, ensamblado, pintado, montado, instalación eléctrica y jefatura de producción

## 1.8 Variables

### A. Variables de Producción

#### A1. Variable Dependiente

Productividad en el área de producción de la empresa BERTONY TRAILERS E.I.R.L.

#### A2. Variable Independiente

Propuesta de diseño de herramientas de la Manufactura Esbelta (VSM, MRP, TAK TIME).

## 1.9 Operacionalización de variables

A continuación se muestran de manera resumida las variables con sus respectivos indicadores para el área de producción:

**Tabla Nº 01: Matriz de Operacionalización de variables**

PROBLEMA	HIPÓTESIS	VARIABLES	ÁREA	INDICADOR	FÓRMULA
¿Cuál es el impacto de la propuesta de diseño de herramientas de la Manufactura Esbelta en la productividad del área de producción de la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.?	El diseño de herramientas de la Manufactura Esbelta en la productividad del área de producción en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.	Manufactura Esbelta	Producción	Porcentaje de Tiempo Improductivo	$\% \text{ Tiempo improductivo del Taller} = \left( \frac{\text{Tiempo Improductivo}}{\text{Tiempo Total}} \right) \times 100$
				Eficiencia de Balance de Línea	$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Unidad Producida}}{\text{Unidad Disponible}}$
				Porcentaje de Producción alcanzada	$\text{Producción programada (real)} - \text{demanda actual}$
		Variabilidad de mantenimiento preventivo		$\% \text{ Var} = \frac{\text{Costos operativos después de la implementación}}{\text{Costos operativos antes de la implementación}}$	
		Tak time		$\text{tak time} = \frac{\text{Tiempo de ciclo}}{\text{Cantidad}}$	
		Stock de seguridad		$\text{tak time} = \frac{(\text{Plazo máximo de entrega}) \times \text{demanda}}{\text{Capacidad}}$	

# **CAPÍTULO II: REVISION DE LA LITERATURA**

## 2.1 Antecedentes de la Investigación

### 2.1.1 Producción

#### 2.1.1 Internacional

**Título:**

Implementación de un modelo de MRP en una planta de autopartes en Bogotá caso SAUTO LTDA. Pontificia Universidad Javeriana – Colombia, 2004.

**Autor:**

Bernal Saldarriaga, Andrés Felipe.

**Problema:**

Determinar el porcentaje de tiempos improductivos, calcular el índice de pérdidas monetarias, daño y/o desaparición de materiales.

**Método:**

Elaboración de un plan maestro de producción, MRP, y cálculos de lotes de compra.

**Logro:**

Con la aplicación de MRP determinó que el 25 % del tiempo total de operación corresponden a tiempos improductivos los cuales representan un valor de \$5597.86.

**Título:**

Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo. Universidad Tecnológica de Pereira - Colombia.

**Autores:**

Barros Chaparro, David Jesús; Valencia Ochoa, Guillermo; Vargas Henríquez, Lisandro.

**Problema:**

Determinar el nivel de confiabilidad (MTBF) mediante la implementación del RCM II.

**Método:**

Establecer un programa de mantenimiento constituido por tareas proactivas mediante la implementación del RCM II.

**Logro:**

Con la aplicación de RCM II, se logró incrementar la confiabilidad de la sección mediante el análisis del tiempo medio entre fallas (MTBF) en 39.6 %.

### 2.1.2 Nacional

**Título:**

Propuesta Gestión de Requerimientos de Materiales en el proceso productivo Semirremolques para reducir costos de producción en la empresa Metarquel S.A.C.

**Autor:**

Emilio Flores Bernabé, Claudio Enrique.

**Problema:**

Falla en los plazos de entrega del proveedor, falta de verificación de existencias en almacén, entrega errada de materiales para el proceso de producción.

**Método:**

Mediante la aplicación de MRP, hizo que la empresa construya 3 unidades semirremolques de capacidades 18 TM y 25 TM en día, se requerirá realizar 106 horas de actividades de preparación, 56 horas - hombre y 26 horas - máquina.

**Logro:**

Al evaluar el impacto económico de la propuesta de mejora en los costos de producción de la empresa Metarquel S.A.C. se ha calculado un TIR del 194 % y un VAN de S/. 276,818.43, lo que respalda que la propuesta generan un beneficio para la empresa.

**Título:**

Estudio de Tiempos y Métodos para mejorar el Proceso de Armado de Cisternas Semirremolques en la empresa L&S Nassi S.A.C. (2016).

**Autor:**

Arellano Zapata, Elena Marilí.

**Problema:**

Falta de orden y planeación de la producción en el retraso de proceso de armado, cuello de botella en el proceso de arenado, falta de programa de tiempo de entrega, falta de mantenimiento de máquinas

**Método:**

Se realizó la toma de tiempos en el área de armado, tomando 10 observaciones para hallar el número de muestras necesarias bajo un nivel de confianza del 95.45 % con un margen de error del 5 %. Asimismo, se logró disminuir el tiempo de armado en un 16.8 % equivalente a 4.8 días, logrando aumentar la productividad en un 20.2 % y reduciendo las actividades críticas en un 30.3 %.

**Logro:**

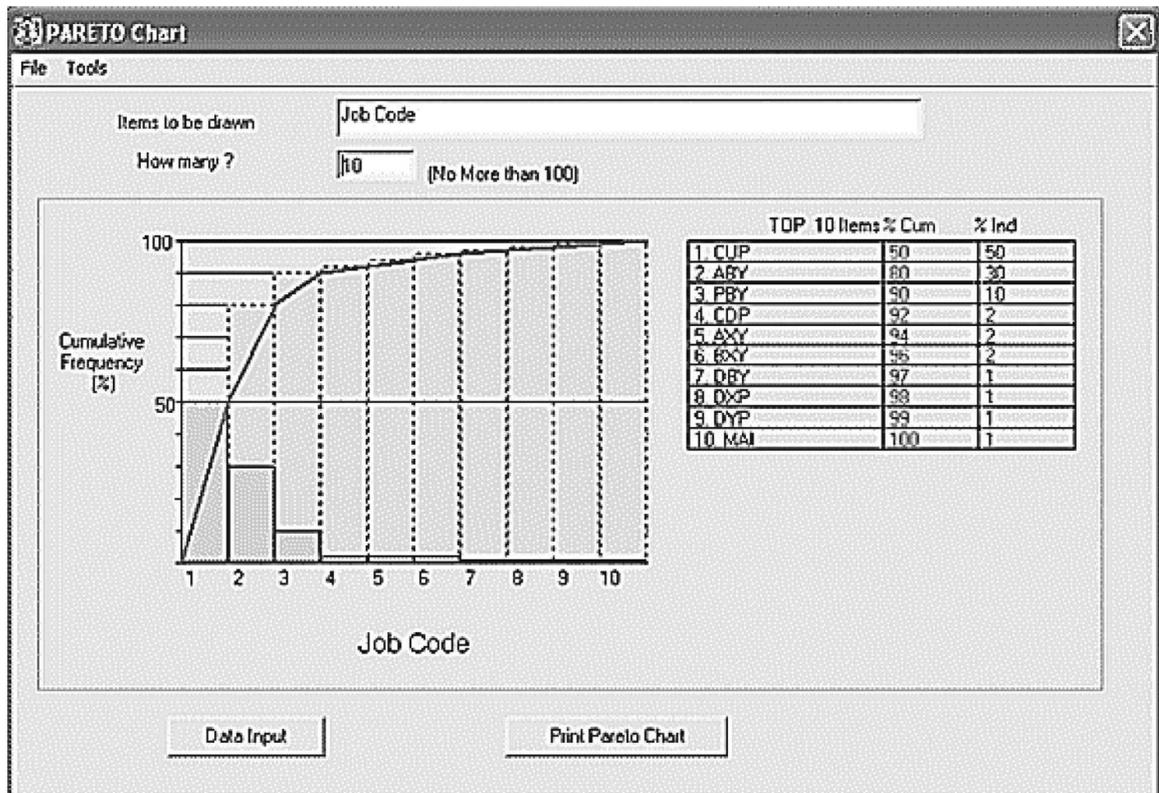
Se logró mejorar el proceso de armado de cisternas semirremolque al reducir el tiempo de trabajo y aumentar la productividad, para ello se realizó una secuencia de pasos que permitieron el resultado final.

## **2.2 Base Teórica**

### **Diagrama de Pareto**

Según Niebel, B. & Freivalds, A. (2009, p.18) señala que en el análisis de Pareto, los artículos de interés son identificados y medidos con una misma escala y luego se ordenan descendentes como una distribución acumulativa. Por lo general, 20% de los artículos evaluados representan 80% o más de la actividad total; como consecuencia, esta técnica a menudo se conoce como la regla 80-20.

**Figura N°02: Diagrama de Pareto**



**Fuente: Niebel, B. & Freivalds, A. (2009).**

### **Estudios de Tiempos y Movimientos**

Según Meyers (2000), menciona que las técnicas de estudios de tiempos y movimientos exigen todo esto, y es muy probable que quien adopte estos hábitos coseche mayores responsabilidades y premios. Asimismo, las técnicas del estudio de movimientos son:

- ✓ Diagrama de Procesos.
- ✓ Diagrama de Flujos.
- ✓ Diagramas de actividades múltiples.
- ✓ Diagramas de operación.
- ✓ Diagramas de proceso de flujo.
- ✓ Diagramas de análisis de operaciones.

- ✓ Diseño de estación de trabajo.
- ✓ Economía de movimientos.
- ✓ Patrones de flujo.

Por otro lado, las técnicas para el estudio de tiempos son:

- ✓ Sistema de estándares de tiempo predeterminados (PTSS, por sus siglas en inglés).
- ✓ Estudios de tiempos con cronómetros.
- ✓ Estándares de tiempo de fórmulas de datos estandarizados.
- ✓ Estándares de tiempo por muestreo de trabajo.
- ✓ Estándares de tiempos de opiniones expertas y de datos históricos.

Según Niebel, B. & Freivalds, A. (2009, p.327), señala que en el estudio de tiempos, los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible incrementar la eficiencia del equipo y el personal operativo, mientras que los estándares mal establecidos, aunque es mejor tenerlos que no tener estándares, conducen a costos altos, inconformidades del personal y posiblemente fallas de toda la empresa.

Por otro lado, Heizer, J. & Render, B. (2009, p.413), nos dice que el procedimiento de un estudio de tiempo implica medir el tiempo de una muestra del desempeño de un trabajador y usarlo para establecer un estándar. Una persona capacitada y experimentada puede establecer un estándar siguiendo estos ocho pasos:

- 1 Paso: Definir la tarea a estándar (después de realizar un análisis de métodos).
- 2 Paso: Dividir la tarea en elementos precisos (partes de una tarea que con frecuencia no necesitan más de unos cuantos segundos).
- 3 Paso: Decidir cuántas veces se medirá la tarea (el número de ciclos de trabajo o muestras necesarias).
- 4 Paso: Medir el tiempo y registrar los tiempos elementales y calificaciones del desempeño.
- 5 Paso: Calcular el tiempo promedio

6 Paso: Determinar la calificación del desempeño (paso del trabajo) y después calcular el tiempo normal para cada elemento.

$$. TN = TP \times FC$$

7 Paso: Sumar los tiempos normales a fin de determinar el tiempo normal de una tarea.

8 Paso: Calcular el tiempo estándar. Este ajuste al tiempo normal total proporciona las holguras por necesidades personales, demoras inevitables del trabajo, y fatiga del trabajador:

$$T. \text{ Estándar} = \frac{TN}{1 - FH}$$

Las holguras de tiempo personales, se establecen en un intervalo del 4% al 7% del tiempo total, dependiendo de la cercanía de baños, bebederos y otras instalaciones. Las holguras por demora suelen ser el resultado de estudios de las demoras reales que ocurren. Las holguras por fatiga se basan en el creciente conocimiento del gasto de energía humana en diversas condiciones físicas y ambientales.

**Tabla N°02: Tabla de Suplementos por Descanso (%).**

TABLA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO (en %)	
<b>A. Holguras constantes</b>	
1. Holgura personal	5
2. Holgura por fatiga básica	4
<b>B. Holguras variables</b>	
1. Holgura por estar parado	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda	0
b) Incómoda (flexionado)	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado)	7
3. Uso de fuerza o energía muscular: Peso levantado, lb:	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	6
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. Mala iluminación	
a) Un poco debajo de lo recomendado	0
b) Bastante debajo de lo recomendado	2
c) Muy inadecuada	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino	0
b) Trabajo fino o exacto	2
c) Trabajo muy fino o exacto	5
7. Nivel ruido:	
a) Continuo	0
b) Intermitente: fuerte	2
c) Intermitente: muy fuerte	5
d) De tono alto: fuerte	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo	1
b) Espacio de atención compleja o amplia	4
c) Muy complejo	8
9. Monotonía:	
a) Baja	0
b) Media	1
c) Alta	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso	0
b) Tedioso	2
c) Muy tedioso	5

Fuente: Niebel, B. y Freivalds, A. (2009)

**Tabla N°03: Factor de Valoración**

SISTEMA DE CALIFICACIÓN DE HABILIDAD DE WESTINGHOUSE			SISTEMA DE CALIFICACIÓN DE ESFUERZO		
0.15	A1	Superior	0.13	A1	Excesivo
0.13	A2	Superior	0.12	A2	Excesivo
0.11	B1	Excelente	0.1	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente	0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Buena	0.05	C1	Bueno
0.03	C2	Buena	0.02	C2	Bueno
0	D	Promedio	0	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.1	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala	-0.12	F1	Malo
-0.22	F2	Mala	-0.17	F2	Malo

SISTEMA DE CALIFICACIÓN DE CONDICIONES DE WESTINGHOUSE			SISTEMA DE CALIFICACIÓN DE CONSISTENCIA		
0.06	A	Ideal	0.04	A	Perfecta
0.04	B	Excelente	0.03	B	Excelente
0.02	C	Bueno	0.01	C	Buena
0	D	Promedio	0	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Malo	-0.04	F	Mala

Fuente: Niebel, B. y Freivalds, A. (2009)

### Value Stream Mapping (VSM)

Según Rajadell, M. (2010) demuestra que el VSM es una visión del negocio donde se muestra tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente.

### Implementación del VSM

Para establecer el VSM se dispone de un sistema formal de símbolos que permite representar en un papel todos los procesos encontrados en un sistema productivo. Para el caso del flujo de materiales, estos símbolos son los que se adjuntan a continuación.

**Figura N°03: Simbología de VSM – Flujo de Materiales**

Simbolos del Flujo de Materiales				
	Operación de Valor Añadido	Operación de Control	1000 piezas 1.3 días Material Parado	Movimiento de Materiales Empujado
		T/C: 45 seg. C/S: 400 seg. 2 Turnos OEE: 60%	máx. 30 Piezas FIFO	
	Movimiento de Material Tirado	Datos de Proceso	Flujo de Materiales en Secuencia	Localizaciones Externas
				
	Transporte por Camión	Transporte interno	Supermercado	

Fuente: Rajadell, M. (2010, p. 40.)

**Figura N°04: Simbología de VSM – Flujo de Información**

Simbolos del Flujo de Información				
	Flujo de Información Manual	Flujo de Información Electrónico	Plan de Producción	Caja de Nivelado
				
	Kanban de Lote de Producción	Kanban de Movimiento	Kanban de Producción	Movimiento de Kanban en Lote
				
	Secuenciador	Ajustes "Informales" del Plan de Producción		

Fuente: Rajadell, M. (2010, p.41.)

Por otro lado, Rajadell, M. (2010, p.48.), menciona que los pasos para construir un Mapa de Flujo de Valor son:

Paso 1: Flujo de materiales a partir del cliente

Paso 2: Representación gráfica de flujo de materiales.

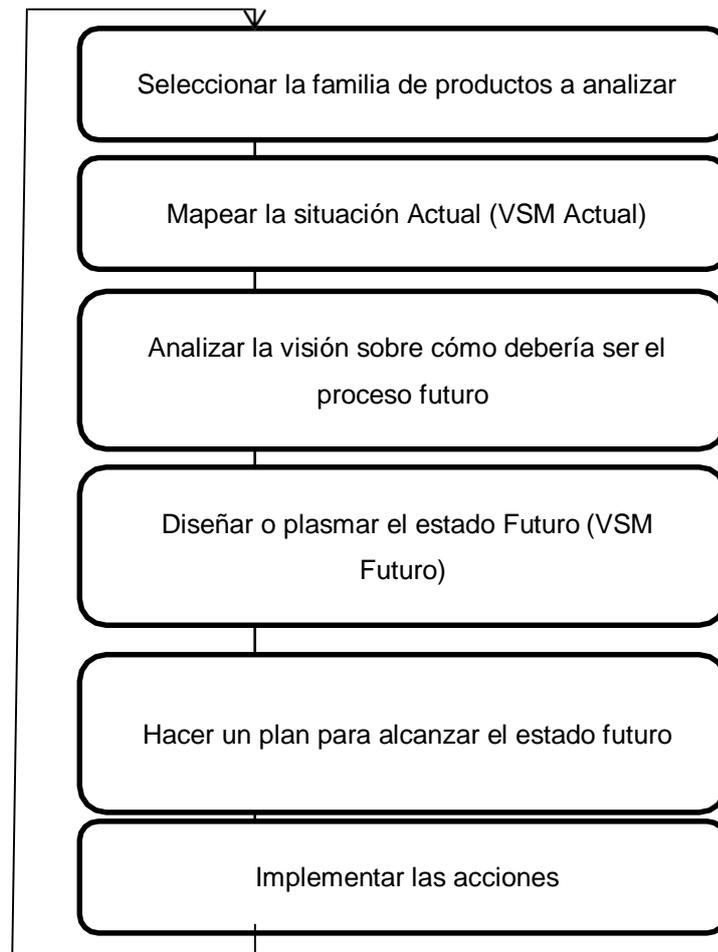
Paso 3. Representación gráfica de flujo de información

Paso 4: Se calcula y representa el lead time.

Paso 5: Se dispone del mapa completo.

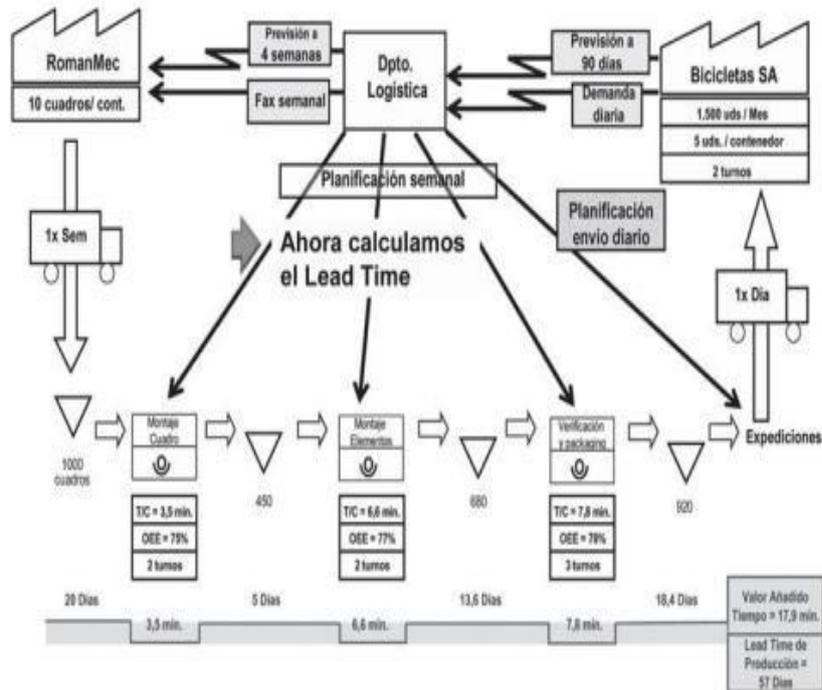
Finalmente, para dibujar el VSM que define la situación actual del sistema conviene tener presente las siguientes consideraciones:

**Figura N°05: Implementación de un VSM**



**Fuente: Rajadell, M. (2010, p.42.)**

**Figura N°06: Mapa Completo – VSM**



Fuente: Rajadell, M. (2010, p. 44.).

### Método de la Maytag- Company

Según Ingham (1983) afirma que el método Maytag – Company emplea el siguiente procedimiento para estimar el número de observaciones necesarias:

Paso 1: Análisis preliminar de toma de lecturas de tiempo: A) 10 lecturas para ciclos de dos minutos o menos. B) 5 lecturas para ciclos superiores a dos minutos.

Paso 2: Determinación del intervalo R, o sea, el valor máximo H, del estudio de tiempos, menos el valor mínimo L,  $(H-L) = R$ .

Paso 3: Determinación de la media  $\bar{X}$ , es decir, la suma de las lecturas dividida por el número de las (5 o 10). Esta media se obtiene aproximadamente dividiendo por 2 la suma de los valores mayor y menor, o sea  $(H+L)/2$ .

Paso 4: Determinación de  $R/\bar{X}$ , el intervalo dividido por la media.

Paso 5: Determinar Tiempo Estándar.

**Tabla N°04: Tabla de Criterio R/X**

$\frac{R}{\bar{X}}$	Data from Sample of		$\frac{R}{\bar{X}}$	Data from Sample of		$\frac{R}{\bar{X}}$	Data from Sample of	
	5	10		5	10		5	10
.10	3	2	.42	52	30	.74	162	93
.12	4	2	.44	57	33	.76	171	98
.14	6	3	.46	63	36	.78	180	103
.16	8	4	.48	68	39	.80	190	108
.18	10	6	.50	74	42	.82	199	113
.20	12	7	.52	80	46	.84	209	119
.22	14	8	.54	86	49	.86	218	125
.24	17	10	.56	93	53	.88	229	131
.26	20	11	.58	100	57	.90	239	138
.28	23	13	.60	107	61	.92	250	143
.30	27	15	.62	114	65	.94	261	149
.32	30	17	.64	121	69	.96	273	156
.34	34	20	.66	129	74	.98	284	162
.36	38	22	.68	137	78	1.00	296	169
.38	43	24	.70	145	83			
.40	47	27	.72	153	88			

**Fuente: Ingham, 1983**

## MRP I

Según Heizer, J. & Render, B. (2009, p.562), la planeación de requerimientos de materiales (MRP) lo define como técnica de demanda dependiente que usa una lista estructurada de materiales, inventario, facturación esperada y un programa de producción maestro para determinar los requerimientos de materiales. Asimismo, Nahmias, S. (2007), señala que el plan de producción se descompone en varias partes:

- ✓ El programa de maestro de producción (MPS): Según Heizer, J. & Render, B. (2009), dice que el MPS es una tabla de tiempo donde se especifica qué hacer y cuándo hacerlo.
- ✓ El sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP).
- ✓ El programa detallado de trabajos en el piso de producción.

## **Factores relacionados al proceso del MRP**

### **i. Dimensionamiento de Lote**

Puede realizarse cualquiera de las diferentes técnicas existentes para la determinación del lote; entre las técnicas clásicas se encuentran la Cantidad Fija de Pedido o Periodo Fijo que realizaban un pedido de requerimientos bajo la misma cantidad cada cierto periodo constante, sin considerar la demanda fluctuante. Sin embargo, se cuenta con diversas técnicas que se adecuan de mejor forma a los sistemas MRP, entre algunas de ellas tenemos:

**Pedido Lote a Lote:** Donde se realiza el pedido según la necesidad que presenta el período, reduciendo de esta manera el costo por posesión de inventarios y adaptándose a los cambios de períodos de tiempo entre pedido y pedido.

**Periodo Constante:** Este método fija un intervalo entre pedidos de manera intuitiva, realizando el pedido a inicio del mismo por la cantidad acumulada correspondiente a los periodos contenidos en dicho intervalo.

**Lote Económico de Pedido (EOQ):** En este método se obtiene la cantidad a pedir de cada período mediante una fórmula, considerando costos de emisión por pedido, demanda total, costo de posesión por producto y horizonte de planificación.

### **ii. Utilización de Stocks de Seguridad**

Este factor es importante en el MRP para los productos de demanda parcialmente independiente o para los productos finales, pues éstos presentan un consumo aleatorio y requieren de un Stock de Seguridad (SS) para evitar que paralice el continuo proceso productivo.

Es conveniente reducirlo considerablemente en los productos cuya demanda dependiente permite que se requieran en menor proporción; no dejando de lado la posibilidad de posibles defectos en la producción, paradas de máquinas, fallas en los operarios, cambio de personal, entre otros factores que puedan afectar el continuo proceso de los productos y se requiera del SS para hacerles frente, esto también dependerá del número de ítems con el que se trabaje, si es un número considerable pues es mejor contar con SS

para evitar posibles riesgos de ruptura en la producción y evitar su reducción.

Entradas Fundamentales al Sistema MRP

### **Plan Agregada de Producción**

Los cinco pasos para realizar la planeación agregada de producción:  
(Fuente: Heizer, J. & Render, B. 2009, p.528)

Paso 1. Determinar la demanda en cada periodo.

Paso 2. Determinar la capacidad para el tiempo normal, el tiempo extra y la subcontratación en cada periodo.

Paso 3. Encontrar los costos de mano de obra, contratación y despido, así como los costos de mantener inventarios.

Paso 4. Considerar la política de la compañía que se aplica a los trabajadores o a los niveles de inventario.

Paso 5. Desarrollar planes alternativos y examinar sus costos totales.

El Programa Maestro de Producción (PMP)

Las compañías comenzaron a utilizar el Sistema MRP, se calculaba el requerimiento de materiales a partir de la multiplicación de las órdenes de demanda por las cantidades indicadas en la lista de materiales, sin considerar, como se ha mencionado anteriormente, la disponibilidad de los recursos de manufactura para fabricarlo. Pero éste problema fue identificado por los creadores del sistema MRP, al igual que el hecho de dejar que la computadora tome algunas decisiones importantes.

El Programa Maestro es el punto central en el negocio de manufactura, donde la demanda del mercado está balanceada con la habilidad y capacidad de la empresa.

Para obtener este programa se debe enlazar con otros dos planes: El plan de negocios, que contiene información del tipo económico-financiero acerca del proyecto; la introducción de nuevos productos al mercado en caso lo haya, y el monto destinado para la inversión. Es de utilidad para empresas con fines de lucro.

## **Lista de Materiales**

Este recurso nos permite conocer la estructura del producto a través de sus componentes, con las cantidades específicas de cada uno de ellos para la conformación del producto padre o producto final. Siendo este último el producto padre, pero no un componente.

Todo esto se puede llevar a cabo como resultado de una evaluación de los documentos de diseño del producto, el análisis del flujo de trabajo, etc.

Radicando la información más importante que otorga la Lista de Materiales como la estructura del producto.

## **Gestión de Inventarios**

Como parte del Sistema, también se debe contar con un archivo dedicado a la continua actualización del estado del inventario de cada uno de los artículos contenidos en la estructura del producto. Este archivo debe proporcionar data sobre la disponibilidad de los recursos controlados por el MRP. Contiene datos como: el número de identificación del producto, la cantidad disponible, el stock de seguridad que se debe considerar, la cantidad asignada para cada producto y el tiempo de espera para recibir el siguiente lote de artículos.

## **Salidas Fundamentales al Sistema MRP**

### **i. El Plan de Materiales**

Contiene los pedidos planificados de todos los ítems que lo conforman. Beneficia al departamento de operaciones, al igual que al de compras, ya que se puede reducir el tiempo de pedidos para proveedores.

### **ii. Los Informes de Acción**

Representan la necesidad de emitir un nuevo pedido o tratar de coincidir la fecha de llegada de un producto o algún pedido pendiente.

### **iii. Mensajes Individuales Excepcionales**

En caso el sistema presente algún error, se auto detecta para poder mantener los datos correctos.

### **iv. Informe de Material en Exceso**

El sistema se encarga de verificar las existencias que no serán utilizadas y las convierte a unidades monetarias para conocer su representación económica.

#### **v. Informe de Análisis de Proveedor**

Ayuda a tener una historia de la evaluación del comportamiento de los proveedores basado en el cumplimiento de los pedidos, precios de insumos, etc. que nos ayude a poder elegir un buen proveedor en el futuro.

#### **Balance de Línea**

Según Heizer, J & Render, B (2009), afirma que el Balance de Línea se realiza comúnmente para minimizar el desequilibrio entre máquinas y personal al mismo tiempo que se cumple con la producción requerida de la línea, con el fin de producir a una tasa especificada, la administración debe conocer las herramientas, el equipo y los métodos de trabajo empleados. Para realizar dicho balanceo se procede en tres pasos.

- a) Tomar las unidades requeridas (demanda o tasa de producción) por día y dividir entre el tiempo productivo disponible por día (en minutos o segundos). Esta operación nos proporciona lo que se denomina tiempo del ciclo a saber, el tiempo máximo permitido en cada estación de trabajo si debe lograrse la tasa de producción:

$$\text{Tiempo del ciclo} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Unidades requeridas por día}}$$

- b) Calcular el número mínimo teórico de estaciones de trabajo. Éste es el tiempo total de duración de las tareas (el tiempo que lleva hacer el producto) dividido entre el tiempo del ciclo. Las fracciones se redondean hacia arriba al siguiente número entero:

$$\text{Número mínimo de estaciones de trabajo} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Tiempo para la tarea } i}{\text{Tiempo del ciclo}}$$

Donde n es el número de tareas de ensamble.

- c) Balancear la línea asignando tareas de ensamble específicas a cada estación de trabajo. Un balanceo eficiente permite completar el ensamble requerido, seguir la secuencia especificada, y mantener al mínimo el tiempo

muerto en cada estación de trabajo. Un procedimiento formal para hacer esto es el siguiente:

Identificar una lista maestra de tareas

Eliminar las tareas que se han asignado

Eliminar las tareas cuya relación de precedencia no ha sido satisfecha

Eliminar las tareas para las que el tiempo disponible en la estación de trabajo es inadecuado.

Aspectos importantes en el balanceo de línea son la tasa de producción y la eficiencia.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{Tiempos de las tareas}}{\text{Número de estaciones de trabajo} \times \text{Tiempo ciclo}}$$

Pasos para el análisis del balance de línea según Niebel, B & Freivalds, A. (2009, pp.45-51) son:

Paso 1: Determinar la eficiencia de la línea de producción

Paso 2: Determinar la cantidad de unidades a producir.

Paso 3: Determinar el cuello de botella

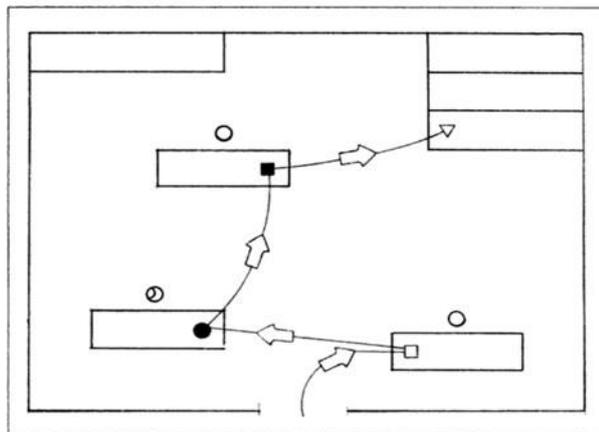
Paso 4: Reducir tiempos improductivos (transporte, demoras, almacén e inspección).

Paso 5: Diseñar un balance de línea mejorado.

## Redistribución de Planta

### Distribución de Recorrido

**Figura N°:07 Diagrama de Recorrido**



**Fuente: Kramis, J. (1994).**

Según (Kramis, J. 1994, p.86), señala que el diagrama de recorrido se da en el diagrama de hilos, en el cual, en vez de dibujar los movimientos efectuados con una línea, se indican éstos mediante hilos, lo cual le da gran flexibilidad. Ésta técnica sirve para la reducción de tiempos de transporte.

### **Mantenimiento Preventivo – RCM I – II**

#### **Mantenimiento Preventivo**

Según Heizer, J. & Render, B. (2009), define al mantenimiento preventivo como un plan que involucra una rutina de inspección y servicio, así como de mantenimiento de las instalaciones en buen estado para prevenir fallas.

#### **Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)**

Es un indicador que representa el tiempo promedio en el que un equipo funciona sin fallas, dicho de otra forma, el tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente. Se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Tiempo Productivo} = \text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de inactividad (por fallas)}$$

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Número de fallas}}$$

### **Tiempo Medio entre Reparaciones (MTTR)**

Es una medida que indica el tiempo estimado que un equipo estará parado mientras es reparado. Se obtiene de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo inactividad(por fallas)}}{\text{Número de fallas}}$$

Según Heizer, J. & Render, B. (2009, p.674), señala que para la implementación de Análisis RCM y plan de Mantenimiento Preventivo, se dan en los siguientes pasos:

Paso 1: Diagnosticar los números de fallas, mediante un registro.

Paso 2: Determinar los indicadores actuales (MTBF, MTTR, MTTF)

Para la Implementación de RCM:

Paso 3: Analizar las 7 preguntas claves: (Campos, 2005).

- ✓ ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
- ✓ ¿Cuáles son los estados de falla, (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
- ✓ ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
- ✓ ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
- ✓ ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
- ✓ ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
- ✓ ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva?

Paso 4: Determinar el costo por cada efecto de falla (Hoja de Información)

Paso 5: Determinar el Análisis de Criticidad.

Paso 6: Diseñar el árbol de fallas.

Para la Implementación de RCM II: (Moubray. J, 1997).

Paso 7: Determinar el tiempo de mantenimiento escogido, con el diagrama de decisión RCM II.

Paso 8: Determinar las tareas propuestas (Hoja de Decisión RCM II).

Paso 9: Elaborar un plan de mantenimiento preventivo

Paso 10: Determinar el costo del mantenimiento preventivo.

### 2.3 Definición de términos

#### Producción

**Proceso productivo:** Es un conjunto de operaciones que permite transformar el insumo primario en bienes o servicios para el consumo del cliente final.

**Producción:** La producción consiste en emplear factores en un proceso y obtener un producto en forma de bien o servicio.

**Productividad:** Es la relación entre la producción obtenida con los recursos utilizados.

**Ensamblar por pedido:** Ambiente de producción en el que los componentes, partes y módulos, todos ellos ensamblados de antemano, se arman en respuesta al pedido específico de un cliente.

**Línea de ensamble:** Es una estructura de proceso diseñada para fabricar piezas separas. Las piezas pasan, con un ritmo controlado, por un conjunto de estaciones de trabajo que tienen un diseño especial.

**Manufactura esbelta:** Es el intento por alcanzar altos niveles de servicio al cliente con mínimos niveles de inversión en inventario.

# **CAPITULO 3**

# **DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL**

### **3.1 Descripción General de la Empresa**

#### **3.1.1. La empresa**

Bertony Trailers E.I.R.L.

#### **3.1.2. Breve descripción general de la empresa**

La empresa Bertony Trailers E.I.R.L., es una empresa dedicada a la elaboración de carrocerías en el sector metal mecánico. La empresa inicia su funcionamiento en Enero del 2002, con la iniciativa del actual gerente y todo su personal de apoyo, administrativo y operativo es se convertirá en una de las empresas líderes en el rubro.

Es una empresa dedicada a la producción de carrocerías en el sector metal mecánico a partir de ahí es que empieza la importancia en este rubro al tener como objetivo mejorar continuamente la calidad, cumpliendo normas técnicas y de seguridad es el objetivo para satisfacer el requerimiento de los clientes.

Así mismo, la empresa cuenta con las siguientes áreas:

- Gerencia General
- Contabilidad
- Dpto. de Logística
- Producción

#### **3.1.3. Ubicación de la empresa**

Carretera a Lambayeque Km 7.74 Chiclayo-Lambayeque

- **Distrito:** Lambayeque
- **Provincia:** Chiclayo
- **Departamento:** Lambayeque

#### **3.1.4. Misión de la empresa**

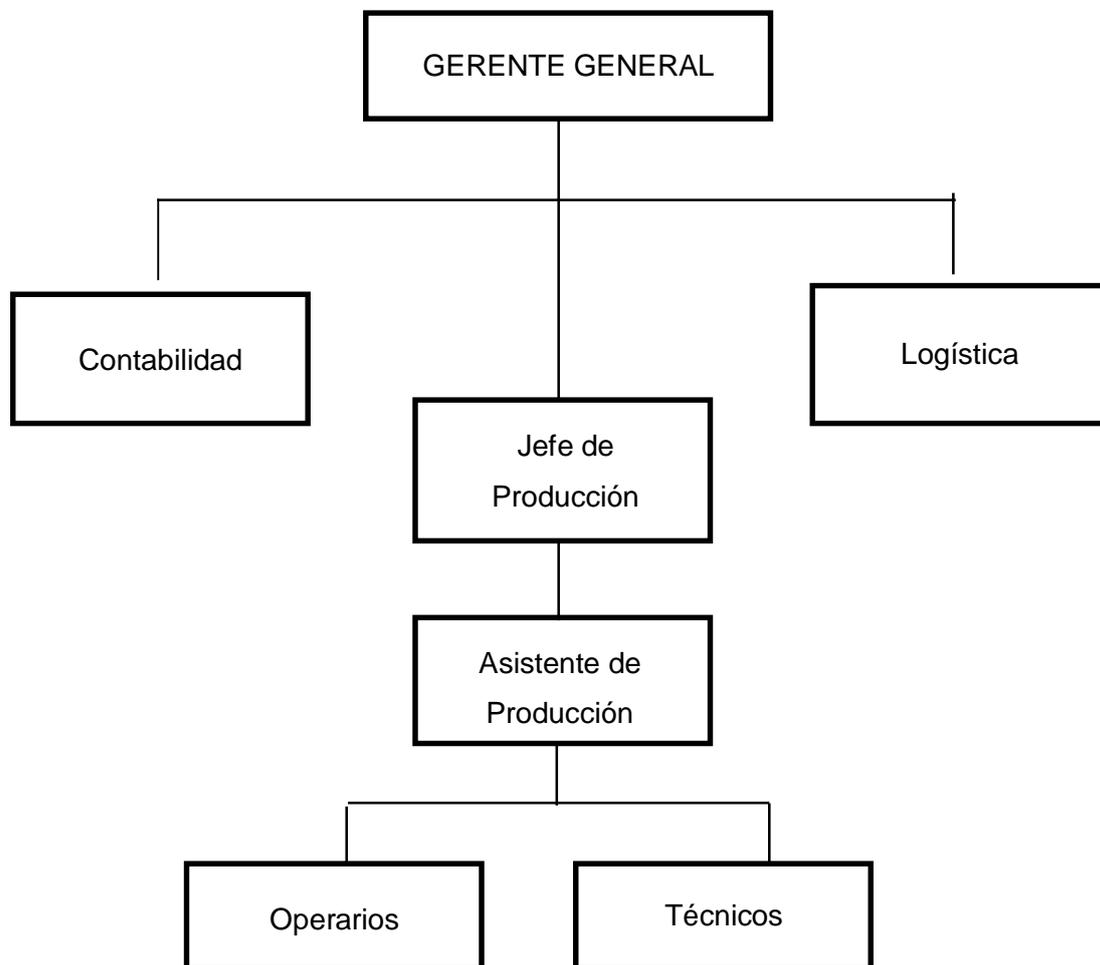
Fabricar todo tipo de carrocerías y ofrecer servicios de calidad con lo mejor en tecnología, diseño e innovación y que nuestro producto tenga durabilidad y garantía generando así satisfacción en nuestros clientes.

### 3.1.5. Visión de la empresa

Liderar en el mercado regional y nacional en la fabricación de carrocerías para el transporte de carga pesada contribuyendo al desarrollo del sector de transporte en todas las modalidades ofreciendo productos y servicios de alta calidad con reconocimiento de nuestros clientes y en beneficio de nuestra comunidad.

### 3.1.6. Organigrama de Bertony Trailers E.I.R.L.

**Figura N°08: Organigrama General de la Empresa Bertony Trailers E.I.R.L.**



**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

### 3.1.7. Número del Personal

A continuación en la siguiente tabla se demuestra:

**Tabla N°05: Distribución de Colaboradores en sus respectivas estaciones – Área de Producción**

ESTACION	COLABORADOR	CANTIDAD
Corte y Doblado	Cortador	1
	Doblador	1
Armado	Soldadores	4
Pintura	Pintores	2
Montaje	Operario	1
Sistema Eléctrico	Electricista	1

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

### 3.1.8. Principales Productos

**Tabla N° 06: Productos – Precios**

PRODUCTO	PRECIO
FURGÓN 4 TN	S/. 55,461.97
PLATAFORMA SEMIRREMOLQUE 14 M	S/. 130,500.00
FURGÓN SEMIRREMOLQUE 14 M	S/. 140,500.00
TOLVA 9 M	S/. 100,000.00

Fuente: Elaboración Propia, 2017

### 3.1.9. Clientes

- Inversiones Adventistas B-A E.I.R.L.
- A & B Representaciones.
- Tours Ángel Divino S.A.C.
- Ital Trans Perú S.R.L.
- Inversiones Agrícolas Olmos.

### 3.1.10. Proveedores

**Tabla N°07: Proveedores**

<b>RAZÓN SOCIAL</b>	<b>INSUMOS QUE ABASTECEN</b>	<b>RUC</b>
Comercio del Acero S.A.	Planchas	20100020361
Comercial RC S.A.C	Panchas y tubos	20131609290
Autopartes Ferrosos S.R.L.	Sistemas de Suspensión	20379927123
Indura Perú S.A.	Insumos para soldaduras	20473938929
Steel Mark S.A.	Llantas	20600849019
Epysa Perú S.A.C	Baterías	20600115562
Amseq S.A.	Insumos en soldaduras	20600853318

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

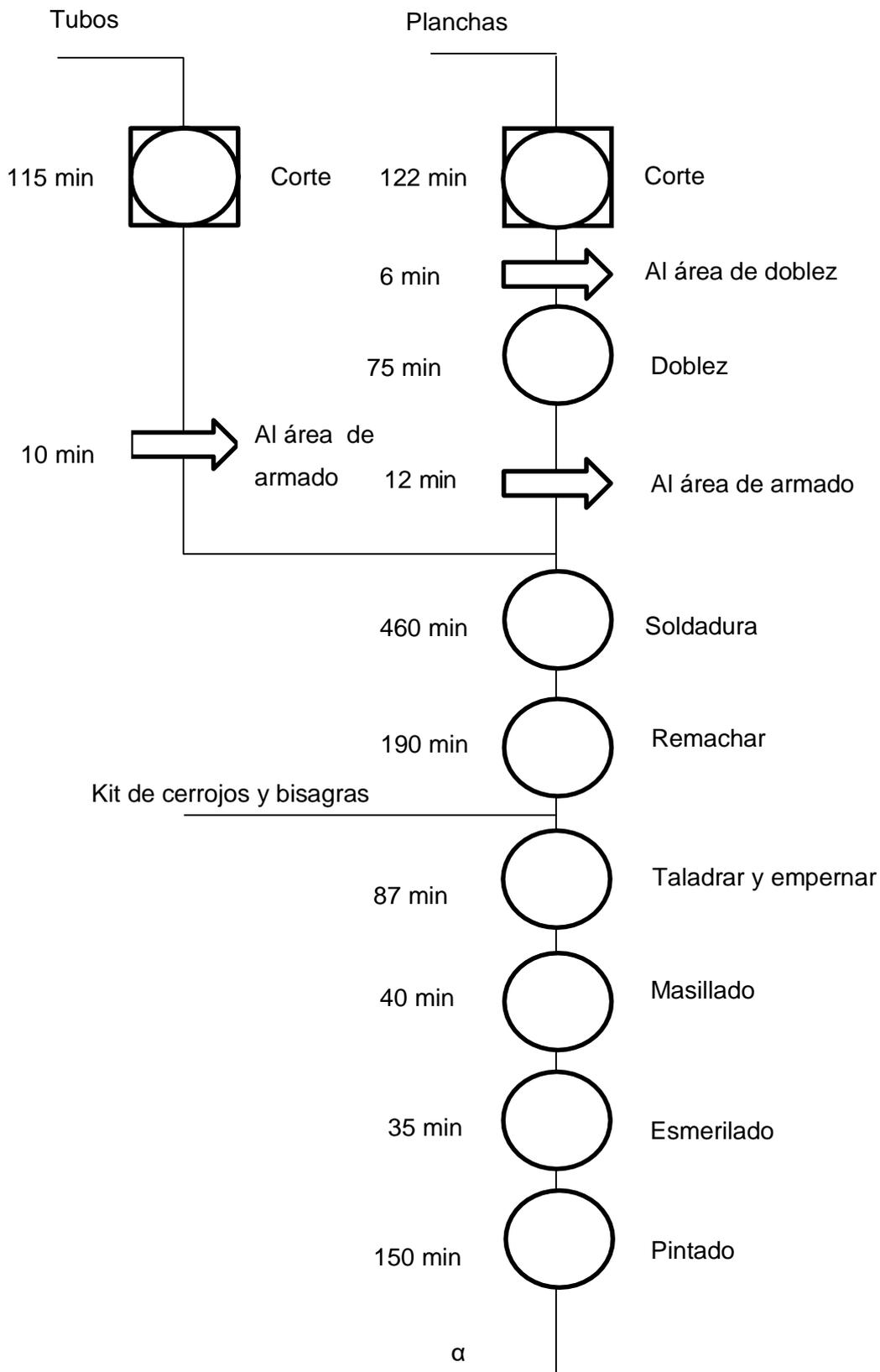
## 3.2 Descripción del Área del Objeto de Estudio

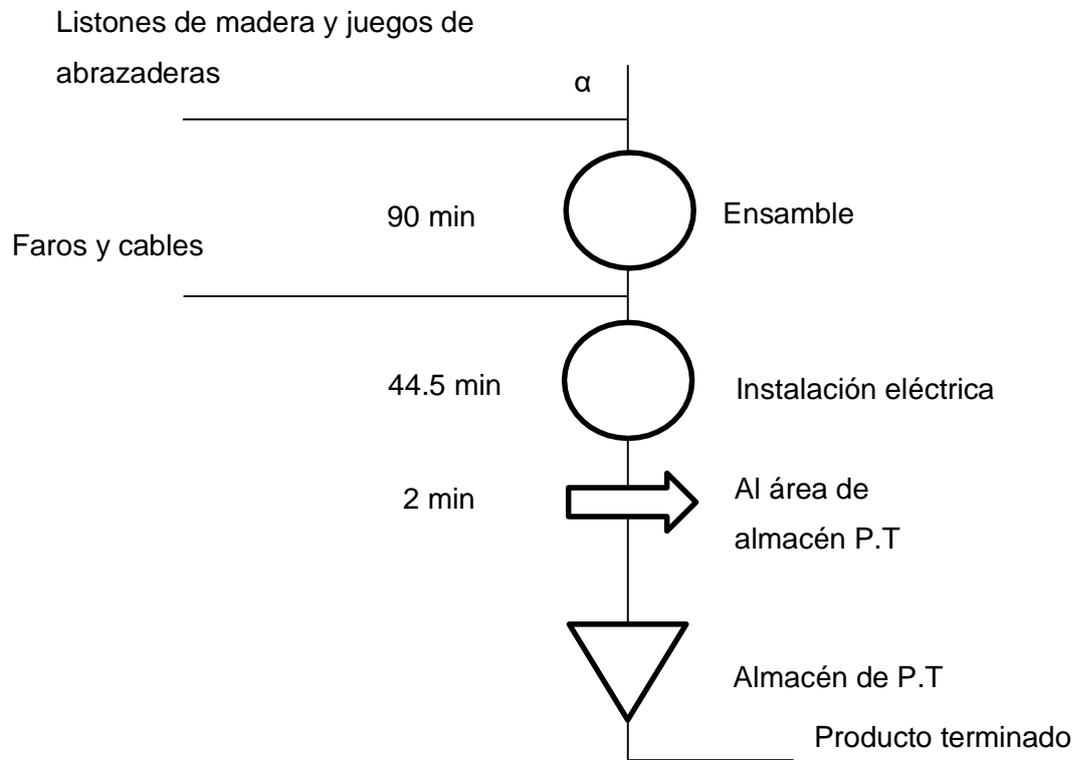
### 3.2.1. Diagrama de Procesos

A continuación se presenta el diagrama de procesos del área de Producción.

Por otro lado, se mostrarán la descripción de las estaciones de la línea de producción de furgón de 4 tn.

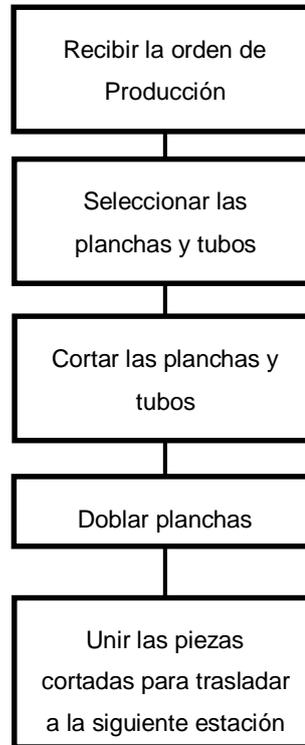
**Figura N°09: Diagrama de Operaciones - fabricación de Furgón de 4 tn**





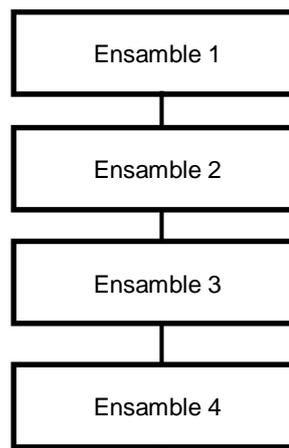
Fuente: Elaboración propia, 2017.

**Figura N°10: Proceso de la estación de Corte y Doblado**



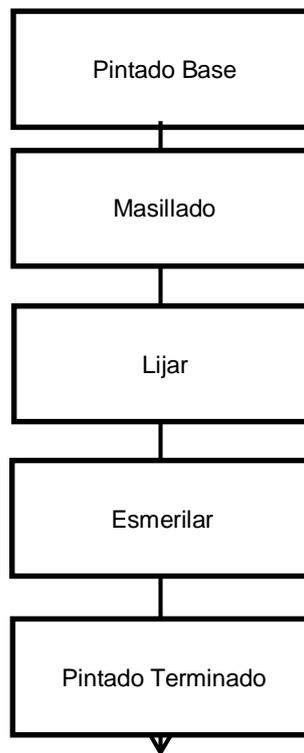
**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

**Figura N°11: Proceso de la estación de Armado**



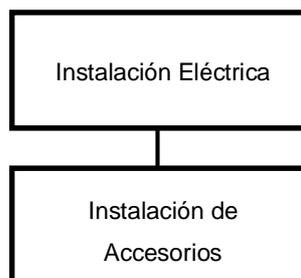
**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

**Figura N° 12: Proceso de la estación de Pintado**



**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

**Figura N° 13: Proceso de la estación Sistema Eléctrico**



**Fuente: Elaboración Propia, 2017**

### 3.3. Identificación del problema e indicadores actuales

#### 3.3.1. Priorización de causas y raíces

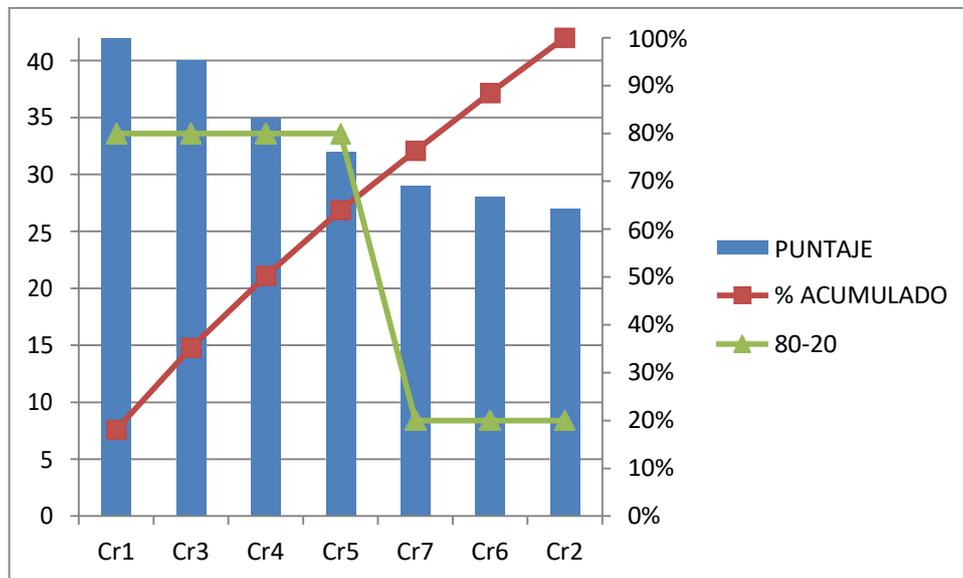
Luego de haber identificado las causas y raíces del área de producción, se realizó una encuesta (Ver Anexo N° 01) hacia los colaboradores de la empresa, con el fin de priorizar los principales problemas para nuestro trabajo de investigación. Así mismo, se utilizó la herramienta de Diagrama de Pareto, para evaluar según su puntuación. De 7 causas raíces, se llegó a priorizar 4 causas según el resultado de las encuestas aplicadas.

**Tabla N°08: Causa raíz del área de producción**

ITEM	CAUSAS	PUNTAJE	% ACUMULADO		80-20
Cr1	No existe programa de producción	42	18%	42	80%
Cr3	Falta de control de mano de obra	40	35%	82	80%
Cr4	No existen procedimientos estandarizados en cada estación de trabajo	35	50%	117	80%
Cr5	No existe mantenimiento preventivo	32	64%	149	80%
Cr7	Falta de orden y limpieza	29	76%	178	20%
Cr6	Inadecuada gestión de compras	28	88%	206	20%
Cr2	Falta de capacitación del personal en métodos de trabajo	27	100%	233	20%
TOTAL		233			

Fuente: Elaboración propia, 2017.

**Figura N°14: Diagrama de Pareto de las causa raíces del área de producción**



**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

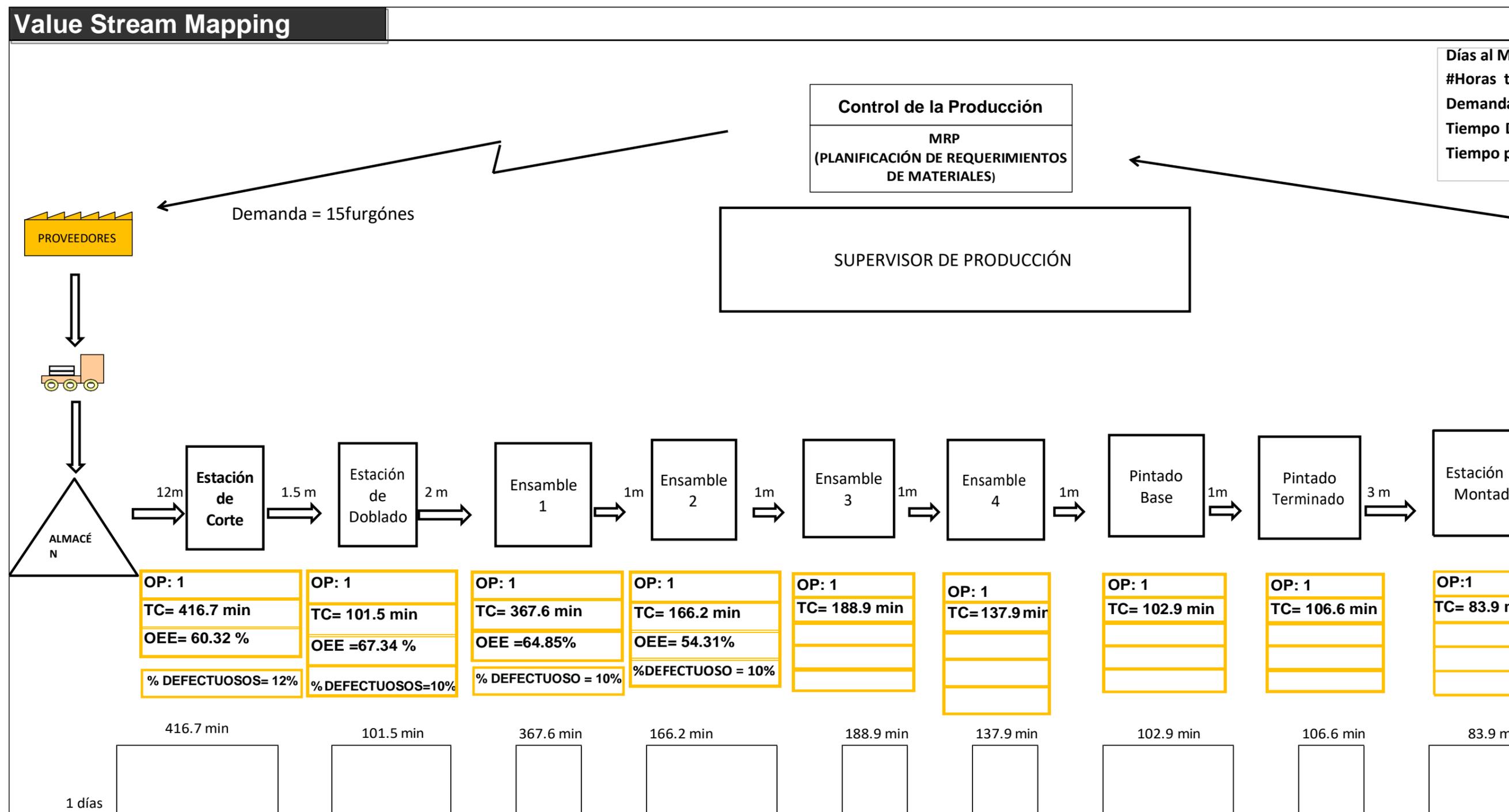
### 3.3.2. Identificación de los indicadores

**Tabla N°09: Matriz de indicadores**

ÍTEM	CAUSA	INDICADOR	FÓRMULA	PÉRDIDAS (S/. AÑO)	PERDIDA LUEGO DE LA PROPUESTA
C1	No existe programa de producción	Productividad	$Eficiencia = \frac{Unid. producidas}{Unid. planificadas} * 100$	S/. 38,905.38	S/. 32,262.88
C4	No existen procedimientos estandarizados en cada estación de trabajo				
C3	Falta de control de mano de obra	% Utilization de la Mo	$(H-H)/(unid.)=(Horas Hombre requerido)/(Unidades producidas)$	S/. 257,160.00	S/.132,571.03
C5	Falta de mantenimiento preventivo	OEE	$OEE= Disp. * Tasa de Rendimiento * Tasa de Calidad$	S/. 650353.97	S/. 447,002.94

## Diagnóstico del Área de Producción

Figura N°15: Value Stream Mapping – Actual



## **Interpretación**

Para realizar el VSM, se realizó con los siguientes pasos del autor Rajadell, M. 2010.

Así mismo, se diagnosticó la confiabilidad de las máquinas, el tiempo de ciclo, el % defectuosos de cada estación.

Esta potente herramienta nos permite visualizar la situación actual de la empresa, y así poder analizar con criterio que tipo de metodología de Ingeniería Industrial podemos utilizar para mejorar.

Las siguientes metodologías que se van a proponer son: Análisis RCM, Tak Time y Sistema MRP.

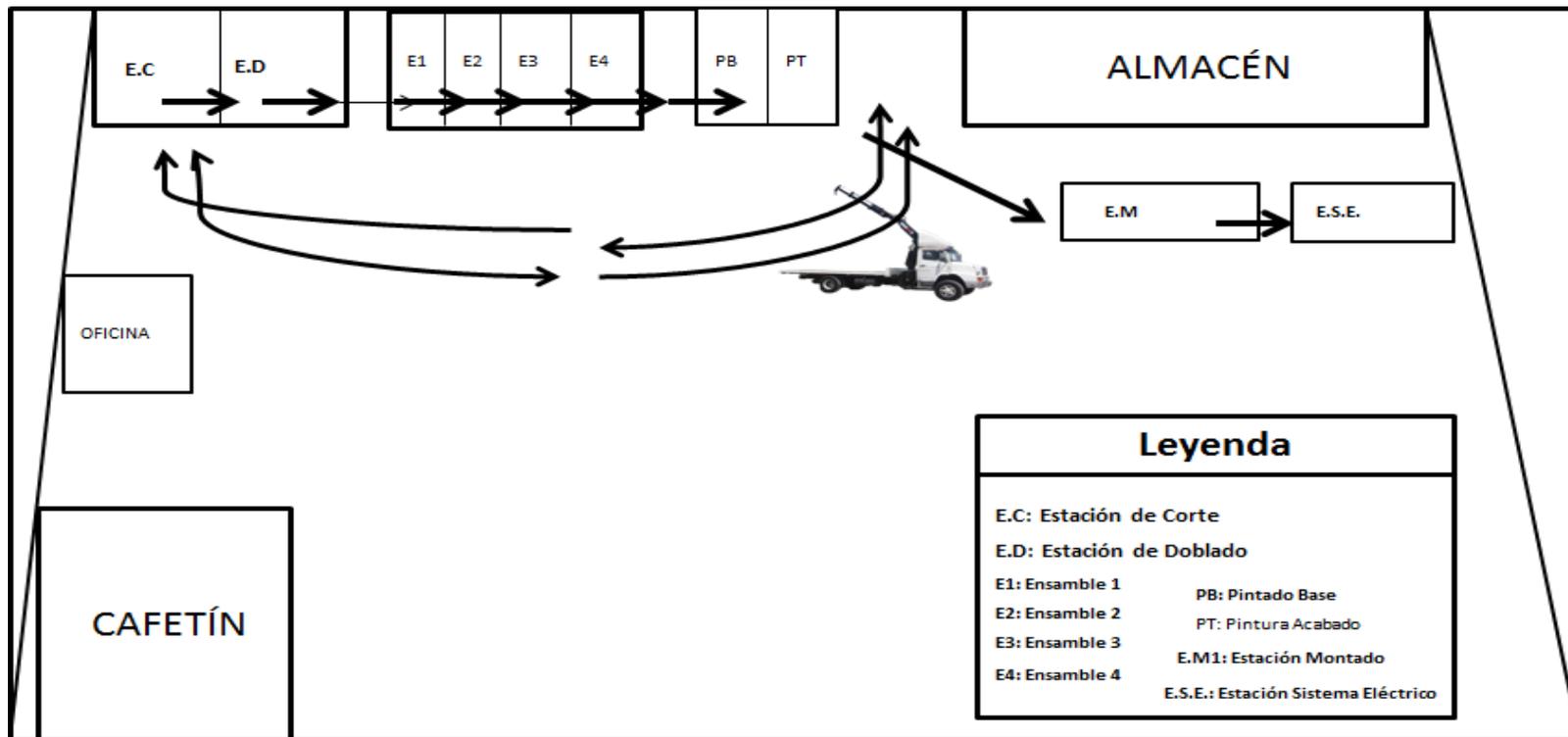
Actualmente, la empresa cuenta con una capacidad real de 15 furgones de 4 tn y trabajan 10 operarios.

Las máquinas se encuentran en condiciones de fallas, lo cual no están siendo eficaces con respecto a su capacidad estándar.

Ineficiente distribución de planta:

Diagrama de Recorrido

Figura N°16: Diagrama de Layout Actual



Fuente: Elaboración Propia. 2017

# **CAPITULO 4**

## **SOLUCION**

### **PROPUESTA**

#### 4.1 Matriz de Propuesta de Metodología

Tabla N°10 Matriz de Propuesta de Metodología

AREA	AUTORES	PROBLEMA	CAUSAS	METODOLOGIAS	TECNICA Y/O HERRAMIENTAS	LOGROS	INDICADORES	
							DESCRIPCIÓN	
PRODUCCIÓN	Bach. Arrunátegui Aguirre, Carlos Miguel Bach. Tarrillo Cruz, Max Esleyther	Baja productividad en la línea de producción de furgón de 4 tn de la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.	Falta de Mantenimiento Preventivo de las maquinarias	Gestión de Mantenimiento	ANÁLISIS RCM I - II	Se logró reducir en un 69 % del costo de mantenimiento para las maquinarias.	Variabilidad de mantenimientos preventivo	$\Delta\%COST$
			Falta de un Sistema MRP, VSM	Manufactura esbelta	VSM (Value Stream Mapping)  MRP (Material Requirement Planning) <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de la demanda</li> <li>P.A</li> <li>PMP</li> <li>BOM</li> </ul>	Se logró reducir los altos costos operativos en un 52 % de los materiales requeridos.	Porcentaje de desabastecimientos	%E  %P
			No existe un balance de línea en la cadena de				Se logró reducir en un 79 % de los tiempos p r o d u c i o n e n g e r í a d e	Eficiencia de Métodos

Balance de Línea Estudio de tiempos

improductivos

Se logró  
aumentar la  
productividad  
en un 35 % en  
el balance de  
línea.

B  
a  
l  
a  
n  
c  
e  
Lí  
n  
e  
a  
P  
o  
r  
c  
e  
n  
t  
a  
j  
e  
d  
e  
t  
i  
e  
m  
p  
o  
i  
m  
p  
r  
o  
d  
u  
c  
t  
i  
v  
o

## 4.2 Desarrollo

### 4.2.1 Producción

#### **Método: Análisis RCM I – II**

**CAUSA N°01:** Falta de un mantenimiento preventivo de las máquinas

Según Heizer, J. & Render, B. (2009, p.674) afirma que para la propuesta de implementación de Análisis RCM y plan de Mantenimiento Preventivo, se dan en los siguientes pasos:

Paso 1: Diagnosticar los números de fallas, mediante un registro.

Paso 2: Determinar los indicadores actuales (MTBF, MTTR, MTTF, Disponibilidad Inherente, OEE).

Para la Implementación de RCM:

Paso 3: Analizar las 7 preguntas claves: Moubray (1997)

- ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
- ¿Cuáles son los estados de falla, (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
- ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
- ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
- ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
- ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva?

Paso 4: Determinar el costo por cada efecto de falla (Hoja de Información)

Paso 5: Determinar el Análisis de Criticidad. Moubray (1997).

Paso 6: Diseñar el árbol de fallas (Campos, 2005)

#### **Para la Implementación de RCM II:**

Paso 1: Seleccionar una falla o error para ser analizado.

Paso 2: Identificar las causas críticas asociadas con el error.

Paso 3: Identificar las causas del segundo nivel de desagregación relacionadas con las anteriores

Paso 7: Determinar el tiempo de mantenimiento escogido, con el diagrama de decisión RCM II.

Paso 8: Determinar las tareas propuestas (Hoja de Decisión RCM II).

Paso 9: Elaborar un plan de mantenimiento preventivo

Paso 10: Determinar el costo del mantenimiento preventivo.

A continuación, se realizará de acuerdo a los pasos respectivos por los autores mencionados.

Paso 1: Diagnosticar los números de fallas (Registro).

**Tabla N°11: Registro de Fallas Anual**

MÁQUINA	Tiempo de Funcionamiento	N° Fallas Anual
Máquina de soldar pequeña	1354.2	13
Máquina de soldar	1312.35	18
Cortadora	1668	12
Dobladora	1906	10

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Paso 2:** Determinar los indicadores actuales (MTBF, MTTR, MTTF, Disponibilidad Inherente, OEE).

**Tabla N°12: Indicadores Actuales**

MÁQUINA	Tiempo de Funcionamiento	N° Fallas Anual	Tiempo Paradas	MTBF (HR/FALLA)	MTTR (HR/N° FALLA)	MTTF (hr/falla)	Disponibilidad Inherente
Máquina de soldar pequeña	1354.2	13	507	104.17	39.0	65.17	72.76%
Máquina de soldar	1312.35	18	738	72.91	41.0	31.91	64.01%
Cortadora	1668	12	576	139.00	48	91.00	74.33%
Dobladora	1906	10	400	190.60	40.000	150.60	82.65%
COSTO LA INTERVENCIÓN PREDICTIVA Y LOS INTERVALOS DE INSPECCIÓN			Unidad				
		Valor					
F	Factor de Falla	120					
C	Factor de costo	S/. 0.00004891					
A	Factor de ajuste	1					
Ci	Costo de Inspección Predictiva	S/. 300.00					
Cf	Costo por no detectar falla	S/. 6,134,083.20	soles				
Fi	Cantidad de modos de falla	S/. 40.00					
Ratio de Fallas		0.33					
I		135.1609985	insp/año				
MÁQUINA	MARCA	Disponibilidad máquina	Tasa de Rendimiento	Tasa de Calidad	OEE		
Máquina de soldar pequeña	INDURA	79.69%	90.42%	90.00%	64.85%		
Máquina de soldar	SOLANDINA	67.52%	89.38%	90.00%	54.31%		
Cortadora	max Schneidleistung 6mm	76.92%	89.10%	88.00%	60.32%		
Dobladora	TYPE CTO 250 A - 1990	83.97%	89.10%	90.00%	67.34%		

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Paso 3:** Analizar las 7 preguntas claves: Moubray (1997)

**Tabla N°13: Análisis de las 7 preguntas claves**

MÁQUINA	PREGUNTAS CLAVES	MARCA
Máquina de soldar pequeña		INDURA
<b>1. ¿ Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?</b>		
Las funciones principales deseadas es mantener con frecuencia el amperaje para hacer un buen uso de la soldadura		
<b>2. ¿ Cuáles son los estados de falla, (fallas funcionales) asociados con estas funciones?</b>		
Tablero de conexiones (donde se escoge el tipo de voltaje que va a trabajar), Clavija, Porta electrodo. Fallas en el ventilador		
<b>3. ¿ Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?</b>		
El tablero de conexiones, al no verificar la corriente, tiende a sobre calentar los electrodos de soldadura; esto perjudica también al porta electrodo y a la clavija. Así mismo, por falta de limpieza, el ventilador tiende a parar por la presencia de polvo .		
<b>4. ¿ Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?</b>		
Costo de oportunidad por no soldar, tiempos muertos por parada en la línea de producción.		
<b>5. ¿ Cuál es la consecuencia de cada falla?</b>		
Retraso en la línea de producción.		
<b>6. ¿ Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?</b>		
Realizar un plan de mantenimiento preventivo.		
<b>7. ¿ Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva?</b>		
Comprar nuevas máquinas o tercerizar.		

MÁQUINA	PREGUNTAS CLAVES	MARCA
Máquina de Soldar		SOLANDINA
<b>1. ¿ Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?</b>		
Las funciones principales deseadas es mantener con frecuencia el amperaje para hacer un buen uso de la soldadura		
<b>2. ¿ Cuáles son los estados de falla, (fallas funcionales) asociados con estas funciones?</b>		
Tablero de conexiones (donde se escoge el tipo de voltaje que va a trabajar), Clavija, Porta electrodo. Fallas en la bomba del ventilador		
<b>3. ¿ Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?</b>		
El tablero de conexiones, al no verificar la corriente, tiende a sobre calentar los electrodos de soldadura; esto perjudica también al porta electrodo y a la clavija. Así mismo afecta al motor, ya que no llega corriente por medio de los cables.		
<b>4. ¿ Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?</b>		
Costo de oportunidad por no soldar, tiempos muertos por parada en la línea de producción.		
<b>5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?</b>		
Retraso en la línea de producción.		
<b>6. ¿ Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?</b>		
Realizar un plan de mantenimiento preventivo.		
<b>7. ¿ Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva?</b>		
Comprar nuevas máquinas o tercerizar.		

MÁQUINA	PREGUNTAS CLAVES	MARCA
Cizalladora Hidráulica Guillotina		max Schneidleistung 6mm
<b>1. ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?</b>		
Las funciones deseadas son: cortar con exactitud las planchas,		
<b>2. ¿Cuáles son los estados de falla, (fallas funcionales) asociados con estas funciones?</b>		
Nivelación, arranque del motor, falta de lubricación		
<b>3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?</b>		
Debido a la nivelación, las planchas no son cortadas correctamente y origina deformación que permite mayormente no ser útiles		
<b>4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?</b>		
Tiempo improductivo, piezas mal cortadas		
<b>5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?</b>		
Retraso en la línea de producción.		
<b>6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?</b>		
Realizar un plan de mantenimiento preventivo.		
<b>7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva?</b>		
Comprar nuevas máquinas o tercerizar.		

MÁQUINA	PREGUNTAS CLAVES	MARCA
Plegadora Hidráulica		TYPE CTO 250 A - 1990
<b>1. ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?</b>		
Las funciones deseadas son nivelar las cuchillas. Nivelar el manómetro		
<b>2. ¿Cuáles son los estados de falla, (fallas funcionales) asociados con estas funciones?</b>		
Nivelación, arranque del motor, falta de lubricación, sincronizar los topes mecánicos		
<b>3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?</b>		
Debido a la nivelación, falta de lubricación y sincronización, las planchas no son cortadas correctamente y origina deformación que permite mayormente no ser útiles		
<b>4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?</b>		
Tiempo improductivo, atascamiento de los insumos		
<b>5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?</b>		
Retraso en la línea de producción.		
<b>6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?</b>		
Realizar un plan de mantenimiento preventivo.		
<b>7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva?</b>		
Comprar nuevas máquinas o tercerizar.		

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Paso 4:** Determinar el costo por cada efecto de falla (Hoja de Información)

**Tabla N°14: Hoja de Información**

HOJA DE INFORMACIÓN BERTONY TRAILERS E.I.R.L.	Proceso		Soldar		
	Máquina	Máquina de Soldar	INDURA	Cantidad	1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿Pérdida de función?	MODODE FALLA ¿Qué causa la falla?	EFFECTO DE LA FALLA ¿Qué ocurre cuando falla?	COSTO	FRECUENCIA DE FALLA
1. Soldar piezas metálicas	1.1 Incapaz de soldar	1.1.1 Falla en la corriente eléctrica	Paro en la producción	S/. 80.00	3
		1.1.2 Falla de la bomba del ventilador	Paro en la producción	S/. 400.00	2
		1.1.3 Desgaste de clavija	Impedimento de encendido de la máquina	S/. 12.00	4
	1.2 Mal soldado de la máquina	1.2.1 Desgaste de porta electrodos	Quemadura de soldado en las piezas	S/. 35.00	5
		1.2.2 Desgaste de tablero de conexiones	Impide regularizar el amperaje para su correcto uso en soldar	S/. 70.00	2

HOJA DE INFORMACIÓN BERTONY TRAILERS E.I.R.L.	Proceso	Soldar			
	Máquina	Máquina de Soldar	SOLANDINA	Cantidad	1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿Pérdida de función?	MODO DE FALLA ¿Qué causa la falla?	EFECTO DE LA FALLA ¿Qué ocurre cuando	COSTO	FRECUENCIA DE FALLA
1. Soldar piezas metálicas	1.1 Incapaz de soldar	1.1.1 Falla en la	Paro en la producción	S/. 80.00	2
		1.1.2 Falla de la bomba del ventilador	Paro en la producción	S/. 350.00	3
		1.1.3 Desgaste de clavija	Impedimento de encendido de la máquina	S/. 12.00	5
	1.2 Mal soldado de la máquina	1.2.1 Desgaste de porta electrodos	Quemadura de soldado en las piezas	S/. 35.00	4
		1.2.2 Desgaste de tablero de conexiones	Impide regularizar el amperaje para su correcto uso en soldar	S/. 70.00	3

HOJA DE INFORMACIÓN BERTONY TRAILERS E.I.R.L.	Proceso	Cortar			
	Máquina	Cizalladora Hidráulica Guillotina	max Schneidleistung 6mm	Cantidad	1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿Pérdida de función?	MODO DE FALLA ¿Qué causa la falla?	EFFECTO DE LA FALLA ¿Qué ocurre cuando falla?	COSTO	FRECUENCIA DE FALLA
1. Cizallar piezas	1.1 Incapaz de cortar	1.1.1 Falla en la cuchilla	Oxido de la máquina	S/. 120.00	4
		1.1.2 Falla en el motor	Paro en la producción	S/. 1,200.00	5
		1.1.3 Calibración del manómetro	Paro en la producción	S/. 150.00	3
	1.2 Mal corte de las piezas	1.2.1 Falta de limpieza cilindros hidráulicos	Paro en la producción	S/. 250.00	5
		1.2.2 Desgaste de tablero eléctrico	Impide regularizar el amperaje para poder cizallar las piezas	S/. 450.00	3
2. Nivelar las piezas	2.1 Incapaz de nivelar	2.1.1 Desgaste de resortes	Atascamiento de piezas	S/. 110.00	4
		2.1.2 Desgaste de pistones	Atascamiento en la máquina	S/. 350.00	3

HOJA DE INFORMACIÓN BERTONY TRAILERS E.I.R.L.	Proceso	Doblar			
	Máquina	Plegadora Hidráulica	TYPE CTO 250 A - 1990	Cantidad	1
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL ¿Pérdida de función?	MODO DE FALLA ¿Qué causa la falla?	EFFECTO DE LA FALLA ¿Qué ocurre cuando falla?	COSTO	FRECUENCIA DE FALLA
1. Doblar piezas	1.1 Incapaz de plegar	1.1.1 Falla en la cuchilla	Oxido de la máquina	S/. 120.00	3
		1.1.2 Falla en el motor	Paro en la producción	S/. 1,200.00	4
		1.1.3 Calibración del manómetro	Paro en la producción	S/. 140.00	2
	1.2 Mal plegado de las piezas	1.2.1 Falta de limpieza cilindros hidráulicos	Paro en la producción	S/. 200.00	3
		1.2.1 Desgaste de tablero eléctrico	Impide regularizar el amperaje para poder cizallar las piezas	S/. 350.00	2
2. Nivelar las piezas	2.1 Incapaz de nivelar	2.1.1 Desgaste de resortes	Atascamiento de piezas	S/. 120.00	3
		2.1.2 Desgaste de cuchilla	Atascamiento en la máquina	S/. 100.00	3

Fuente: Elaboración Propia, 2017

**Paso 5:** Determinar el Análisis de Criticidad. Moubray (1997).

**Tabla N°15: Análisis de Criticidad**

Bertony Trailers E.I.R.L.		Proceso: Soldar		Máquina	Máquina de Soldar	INDURA	Cantidad	1		
		CONSECUENCIAS								
FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	TIEMPO DE REPARACIÓN (HR)	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO PERSONAL	IMPACTO POBLACIONAL	DAÑOS A LA INSTALACIÓN	IMPACTO DE PRODUCCIÓN	IMPACTO TOTAL	FRECUENCIA DE FALLAS	CRITICIDAD
1.1	1.1.1Falla en la corriente eléctrica	1	1	2	2	1	1	7	3	21
	1.1.2Falla de la bomba del ventilador	1.5	1	1	1	1	1	5	2	10
	1.1.3Desgaste de clavija	0.5	1	1	1	1	1	5	4	20
1.2	1.2.1 Desgaste de porta electrodos	0.5	1	2	2	1	1	7	5	35
	1.2.2 Desgaste de tablero de conexiones	1	1	2	2	1	1	7	2	14

Bertony Trailers E.I.R.L.		CONSECUENCIAS								
		Proceso: Soldar			Máquina	Máquina de Soldar	SOLANDINA	Cantidad	1	
FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	TIEMPO DE REPARACIÓN (HR)	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO PERSONAL	IMPACTO POBLACIONAL	DAÑOS A LA INSTALACIÓN	IMPACTO DE PRODUCCIÓN	IMPACTO TOTAL	FRECUENCIA DE FALLAS	CRITICIDAD
1.1	1.1.1Falla en la corriente eléctrica	1	1	2	2	1	1	7	2	14
	1.1.2Falla de la bomba del ventilador	1.5	1	1	1	1	1	5	3	15
	1.1.3Desgaste de clavija	0.5	1	1	1	1	1	5	5	25
1.2	1.2.1 Desgaste de porta electrodos	0.5	1	2	2	1	1	7	4	28
	1.2.2 Desgaste de tablero de conexiones	1	1	2	2	1	1	7	3	21

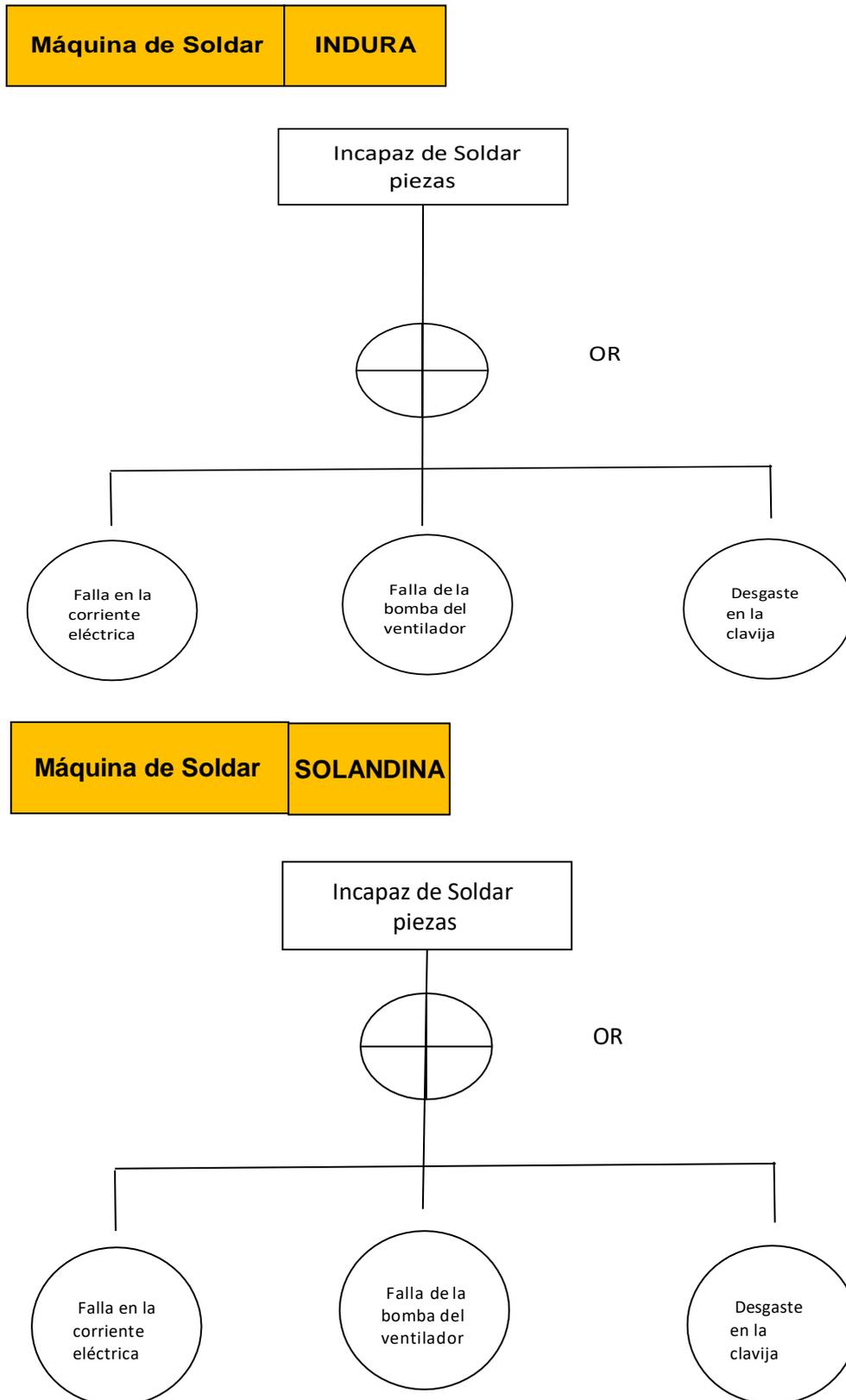
Bertony Trailers E.I.R.L.		CONSECUENCIAS								
		Proceso: Cortar			Máquina	Cizalladora Hidráulica Guillotina	max Schneidleistung 6mm	Cantidad	1	
FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	TIEMPO DE REPARACIÓN (HR)	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO PERSONAL	IMPACTO POBLACIONAL	DAÑOS A LA INSTALACIÓN	IMPACTO DE PRODUCCIÓN	IMPACTO TOTAL	FRECUENCIA DE FALLAS	CRITICIDAD
1.1	1.1.1Falla en la cuchilla	0.5	2	2	2	2	2	10	4	40
	1.1.2Falla en el motor	20	2	3	1	2	2	10	5	50
	1.1.3Calibración del manómetro	1.5	2	1	1	1	1	6	3	18
1.2	1.2.1Falta de limpieza cilindros hidráulicos	1	2	1	1	1	1	6	5	30
	1.2.2Desgaste de tablero eléctrico	3	2	2	2	1	1	8	3	24
2.1	2.1.1Desgaste de resortes	10	2	3	2	2	2	11	4	44
	2.1.2Desgaste de pistones	5	2	3	2	2	2	11	3	33

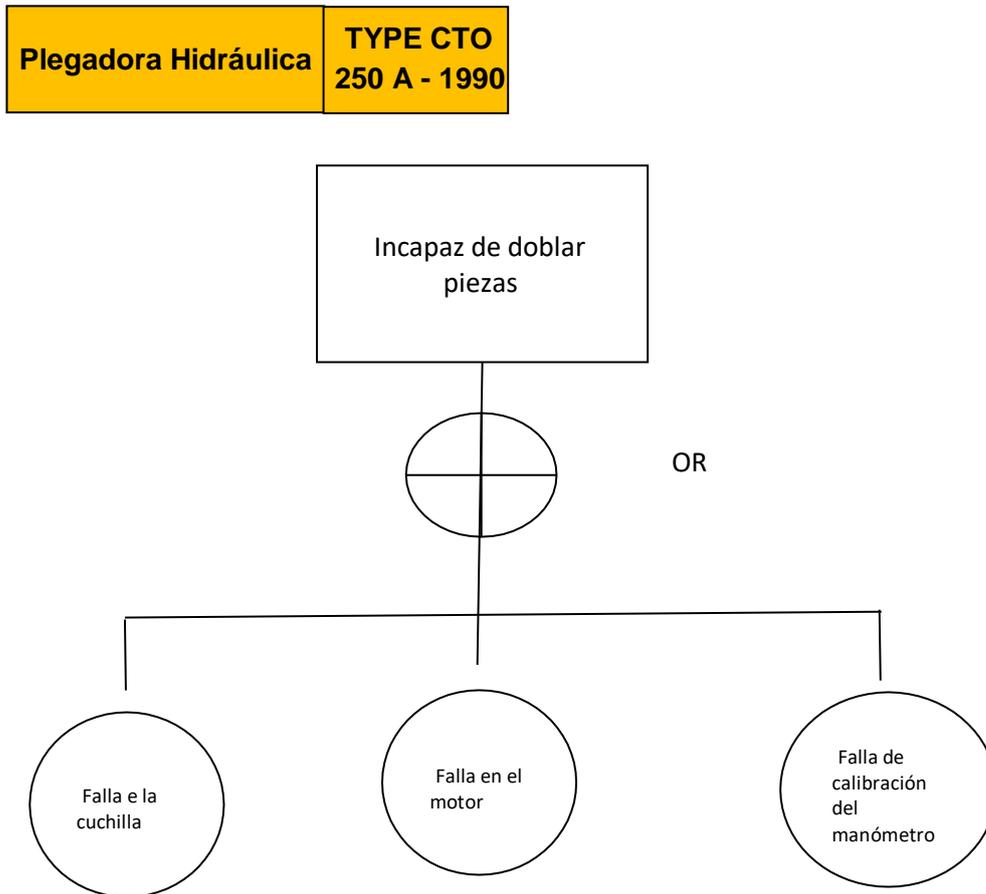
Bertony Trailers E.I.R.L.		Proceso: Doblar		Máquina	Plegadora Hidráulica	TYPE CTO 250 A - 1990	Cantidad	1	CONSECUENCIAS	
FUNCIÓN	MODOS DE FALLA	TIEMPO DE REPARACIÓN (HR)	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO PERSONAL	IMPACTO POBLACIONAL	DAÑOS A LA INSTALACIÓN	IMPACTO DE PRODUCCIÓN	IMPACTO TOTAL	FRECUENCIA DE FALLAS	CRITICIDAD
1.1	1.1.1Falla en la cuchilla	0.5	2	2	2	2	2	10	3	30
	1.1.2Falla en el motor	20	2	3	1	2	2	10	4	40
	1.1.3Calibración del manómetro	1.5	2	1	1	1	1	6	2	12
1.2	1.2.1Falta de limpieza cilindros hidráulicos	1	2	1	1	1	1	6	3	18
	1.2.1Desgaste de tablero eléctrico	3	2	2	2	1	1	8	2	16
2.1	2.1.1Desgaste de resortes	10	2	3	2	2	2	11	3	33
	2.1.2Desgaste de cuchilla	5	2	3	2	2	2	11	3	33

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Paso 6: Diseñar el árbol de fallas (Campos, 2005)**

**Figura N°17: Árboles de Fallas copiar y pegar d nuevo**





**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Paso 7:** Determinar el tiempo de mantenimiento escogido, con el diagrama de decisión RCM II.

**Tabla N°16: Tipos de Tareas de acuerdo al Diagrama RCM II**

<b>MODOS DE FALLAS</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO ESCOGIDO</b>	
<b>Máquina: Máquina de soldar INDURA</b>																					
Falla en la corriente eléctrica	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	REACONDICIÓN CÍCLICA												
Falla de la bomba del ventilador	NO	NO	NO	NO	SI	NO	CONDICIÓN														
Desgaste de clavija	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	REACONDICIÓN CÍCLICA												
<b>MODOS DE FALLAS</b>																					
<b>Máquina: Máquina de soldar SOLANDINA</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO ESCOGIDO</b>	
Falla en la corriente eléctrica	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	REACONDICIÓN CÍCLICA												
Falla de la bomba del ventilador	NO	SI	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	CONDICIÓN									
Desgaste de clavija	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	REACONDICIÓN CÍCLICA												
<b>MODOS DE FALLAS</b>																					
<b>Máquina: Cizalladora Hidráulica Guillotina</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO ESCOGIDO</b>	
Falla en la cuchilla	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	REACONDICIÓN CÍCLICA	
Falla en el motor	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	CONDICIÓN	
Falla en la calibración del manómetro	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	REACONDICIÓN CÍCLICA												
<b>MODOS DE FALLAS</b>																					
<b>Máquina: Plegadora Hidráulica</b>	<b>H</b>	<b>S</b>	<b>E</b>	<b>O</b>	<b>H1</b>	<b>H2</b>	<b>H3</b>	<b>H4</b>	<b>H5</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>O1</b>	<b>O2</b>	<b>O3</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO ESCOGIDO</b>	
Falla en la cuchilla	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	REACONDICIÓN CÍCLICA	
Falla en el motor	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	CONDICIÓN	
Falla en la calibración del manómetro	SI	NO	NO	SI	NO	SI	NO	NO	REACONDICIÓN CÍCLICA												

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Paso 8:** Determinar las tareas propuestas (Hoja de Decisión RCM II).

**Tabla N°17: Tareas Propuestas**

Máquina de Soldar	INDURA		Cizalladora Hidráulica Guillotina	max Schneidleistung 6mm	
<b>MODOS DE FALLA</b>	<b>TIPO DE TAREA</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO ESCOGIDO</b>	<b>MODOS DE FALLA</b>	<b>TIPO DE TAREA</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO ESCOGIDO</b>
Falla en la corriente eléctrica	REACONDICIÓN CÍCLICA	PREVENTIVO Y SUSTITUCIÓN	Falla en la cuchilla	REACONDICIÓN CÍCLICA	PREVENTIVO Y SUSTITUCIÓN
Falla de la bomba del ventilador	CONDICIÓN	PREDICTIVO	Falla en el motor	CONDICIÓN	PREDICTIVO
Desgaste de clavija	REACONDICIÓN CÍCLICA	PREVENTIVO Y SUSTITUCIÓN	Falla en la calibración del manómetro	REACONDICIÓN CÍCLICA	PREVENTIVO Y SUSTITUCIÓN
Máquina de Soldar	SOLANDINA		Plegadora Hidráulica	TYPE CTO 250 A - 1990	
<b>MODOS DE FALLA</b>	<b>TIPO DE TAREA</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO ESCOGIDO</b>	<b>MODOS DE FALLA</b>	<b>TIPO DE TAREA</b>	<b>TIPO DE MANTENIMIENTO ESCOGIDO</b>
Falla en la corriente eléctrica	REACONDICIÓN CÍCLICA	PREVENTIVO Y SUSTITUCIÓN	Falla en la cuchilla	REACONDICIÓN CÍCLICA	PREVENTIVO Y SUSTITUCIÓN
Falla de la bomba del ventilador	CONDICIÓN	PREDICTIVO	Falla en el motor	CONDICIÓN	PREDICTIVO
Desgaste de clavija	REACONDICIÓN CÍCLICA	PREVENTIVO Y SUSTITUCIÓN	Falla en la calibración del manómetro	REACONDICIÓN CÍCLICA	PREVENTIVO Y SUSTITUCIÓN

Fuente: Elaboración Propia, 2017

**Paso 9:** Elaborar un plan de mantenimiento preventivo

**Tabla N°18: Plan de Mantenimiento Preventivo**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PROPUESTO - EMPRESA BERTONY TRAILERS E.I.R.L.		ELABORADO: CARLOS ARRUNÁTEGUI AGUIRE		MESES 2017											
		FRECUENCIA	REALIZADA POR:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>MÁQUINAS</b>	<b>TAREAS PROPUESTAS</b>														
<b>Máquina: Máquina de soldar INDURA</b>															
Falla en la corriente eléctrica	Verificación del circuito e interruptor	SEMESTRAL	O												
Falla en la bomba del ventilador	Monitoreo de la bomba eléctrica a través de prueba vibracional	SEMESTRAL	O												
Desgaste de clavija	Revisión de componentes de la máquina	SEMESTRAL	O												
<b>Máquina: Máquina de soldar SOLANDINA</b>															
Falla en la corriente eléctrica	Verificación del circuito e interruptor	SEMESTRAL	O												
Falla en la bomba del ventilador	Monitoreo de la bomba eléctrica a través de prueba vibracional	SEMESTRAL	O												
Desgaste de clavija	Revisión de componentes de la máquina	SEMESTRAL	O												
<b>Máquina: Cizalladora Hidráulica Guillotina</b>															
Falla en la cuchilla	Revisión y limpieza de componentes de la máquina	MENSUAL	T												
Falla en el motor	Monitoreo del motor eléctrico a través de prueba vibracional	TRIMESTRAL	T												
Falla en la calibración del manómetro	Revisión y limpieza de componentes de la máquina	TRIMESTRAL	T												
<b>Máquina: Plegadora Hidráulica</b>															
Falla en la cuchilla	Revisión y limpieza de componentes de la máquina	MENSUAL	T												
Falla en el motor	Monitoreo del motor eléctrico a través de prueba vibracional	TRIMESTRAL	T												
Falla en la calibración del manómetro	Revisión y limpieza de componentes de la máquina	TRIMESTRAL	T												

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Paso 10:** Determinar el costo del mantenimiento preventivo.

**Tabla N°19: Resumen de Costos**

<b>COSTO DEPRECIACIÓN ANUAL</b>	S/. 85.81
<b>CLC</b>	S/. 434,821.87
<b>G.GENERALES</b>	
<b>Luz</b>	S/. 579.33
<b>Agua</b>	S/. 57.93
<b>Máquinas</b>	
Máquina de soldar INDURA	S/. 319.00
Máquina de soldar SOLANDINA	S/. 325.00
Cizalladora	S/. 5,427.00
Plegadora Hidráulica	S/. 5,387.00
<b>C. MANT. PREVENTIVO</b>	S/. 447,002.94
<b>C.MANT CORRECTIVO</b>	S/. 650,353.97
<b>C. MANT. PREVENTIVO DESP. DE MEJORA</b>	S/. 203,351.03

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Interpretación:**

- Es importante diagnosticar las máquinas, porque nos va a permitir determinar los indicadores actuales en las que se encuentran.
- En el desarrollo del análisis de falla, se tuvo que conocer la ficha técnica de cada máquina para poder justificar las fallas detectadas. Ver Anexo Figura N°30.
- Por otro lado, en el análisis de criticidad, se basa en los criterios dados por el autor Moubray, 1997.
- En el análisis de árbol de falla, se tuvo en cuenta la falla más significativa para poder ejercer tareas de mantenimiento.
- En el Análisis de tipos de tareas, se desarrolló analizando las preguntas del diagrama RCM II (Moubray, 1997). (Ver Anexo Figura N°30, p.127).
- Cuando se da a conocer los tipos de tareas, se debe realizar un plan de mantenimiento preventivo, lo cual nos ayuda a identificar rápidamente las tareas establecidas para su correcta aplicación.
- Finalmente, se hizo una comparación del nuevo Costo de Mantenimiento Preventivo, debido a que la empresa Bertony Trailers E.I.R.L., generaba un

costo de S/: 650,353.97; mientras con el Costo de Mantenimiento Preventivo mejorado es de S/. 447,002.94; esto genera un reducción de S/. 203,351.03.

**Tabla N°20: Indicadores Mejorados**

MÁQUINA	MARCA	Disponibilidad máquina	Tasa de Rendimiento	Tasa de Calidad	OEE
Máquina de soldar pequeña	INDURA	91.35%	94.87%	100.00%	86.66%
Máquina de soldar	SOLANDINA	99.01%	96.47%	100.00%	95.52%
Cortadora	max Schneidleistung 6mm	96.31%	90.54%	100.00%	87.21%
Dobladora	TYPE CTO 250 A - 1990	96.31%	87.66%	100.00%	84.43%

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Método Re Distribución de Planta**

**CAUSA N°01: Ineficiente Distribución de Planta**

Según Muther, R. (2016), afirma que la distribución de planta involucra la manera física de los recursos. Esto incluye los espacios para el movimiento de la materia prima, mano de obra y el almacenamiento. Influye también en los tiempos que toma realizar los desplazamientos para las diferentes operaciones. Los pasos son:

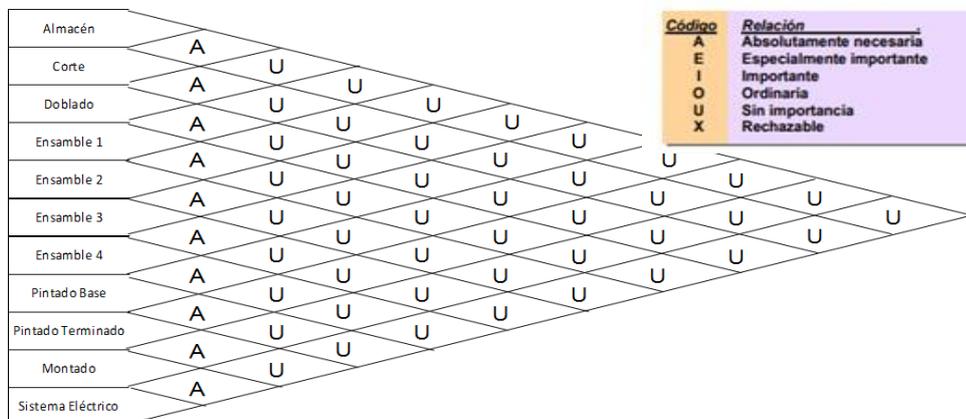
Paso 1: Planeación Sistemática de la Distribución

Paso 2: Diseñar el Diagrama relacional de actividades

A continuación se aplicará los siguientes pasos:

**Paso 1: Planeación Sistemática de la Distribución**

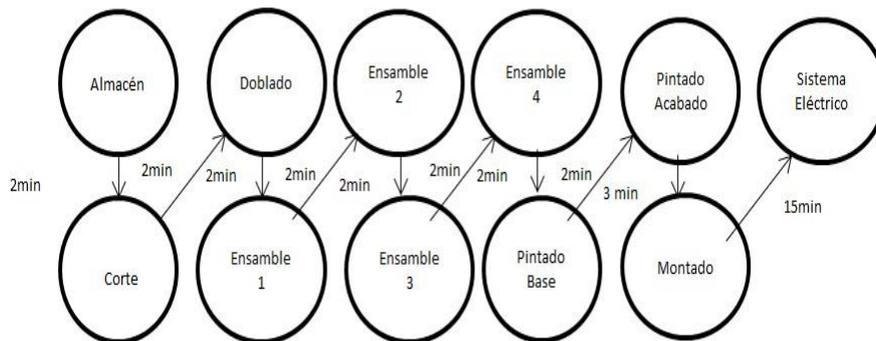
**Figura N°18 Planeación Sistemática de la Distribución**



Fuente: Muther, R. 2016.

**Paso 2:** Diseñar el Diagrama relacional de Actividades

**Figura N°19: Diagrama Relacional de Actividades**



**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Interpretación:**

- En el presente método (Muther, R. 2016), se reduce los tiempos improductivos de transporte, también se implementará 3 carros de transporte que ayude a mejorar la calidad de trabajo del operario.
- En el diagnóstico, en la estación de Corte generaba más recorrido, lo cual implica demoras. Al analizar y mejorar el diseño de la re distribución de planta se incrementará la productividad como se puede observar en el Balance de Línea Mejorado; mejorando la eficiencia de la empresa.

## Método Balance de Línea

### CAUSA N°02: Falta de Indicadores de Producción

Con las mejoras establecidas del Análisis RCM y la Re Distribución de Planta, se mejora el balance de línea de la Situación Actual (Ver Anexo Figura N°31, p.128). A continuación se realizará los siguientes pasos.

Pasos para el análisis del balance de línea según Niebel, B. & Freivalds, A. (2009) son:

Paso 1: Determinar la eficiencia de la línea de producción con el nuevo tiempo estándar.

Paso 2: Determinar la cantidad de unidades a producir.

Paso 3: Determinar el cuello de botella

Paso 4: Diseñar un balance de línea mejorado

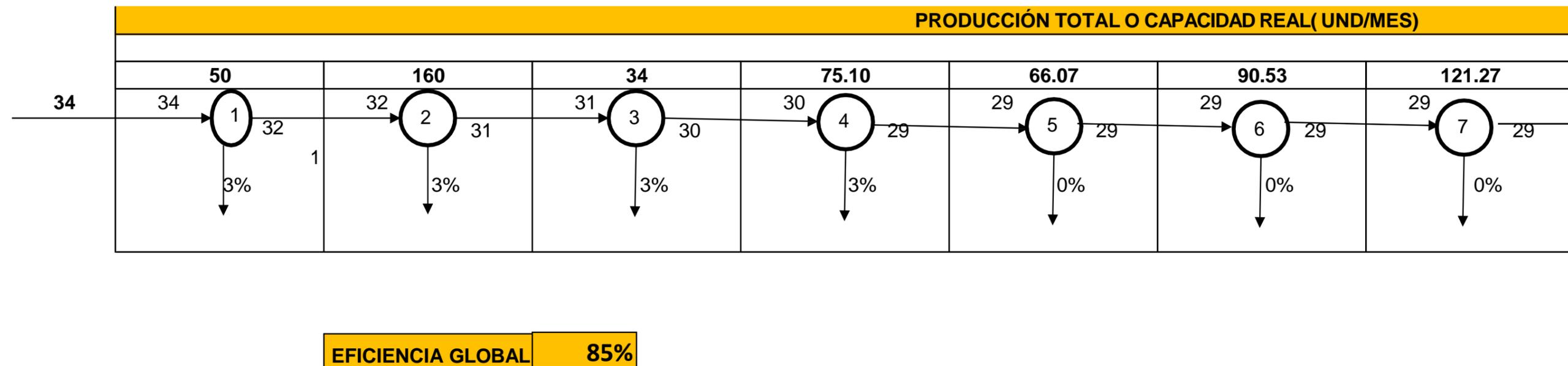
**Paso 1:** Determinar la eficiencia de la línea de producción con el nuevo tiempo estándar.

**Tabla N°21: Determinación del Nuevo Tiempo Estándar**

DETERMINACIÓN TIEMPOS ESTÁNDAR			
ESTACIÓN	N°	Operario	Tiempo Estándar
			min/ UND
CORTE	1	CORTADOR	250
DOBLADO	1	DOBLADOR	78
ENSAMBLE 1	1	MAESTRO 1	368
ENSAMBLE 2	1	MAESTRO 2	166
ENSAMBLE 3	1	PRACTICANTE 1	189
ENSAMBLE 4	1	PRACTICANTE 2	138
PINTADO BASE	1	PINTOR 1	103
PINTADO FINAL	1	PINTOR 2	107
MONTAJE	1	OPERARIO 1	33
S. ELÉCTRICO	1	ELECTRICISTA	48

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Figura N°20: Eficiencia Global**



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Paso 3:** Determinar el cuello de botella

**Tabla N°22: Balance de Línea Mejorado**

Actividad	Tiempo Estandar (Min /und)	Tasa de Producción (und / min)	Cuadro de Balance de Línea ACTUAL			Tiempo de Producción
			Tasa de Producción (und / día)	Número de Operarios	Producción Total o Capacidad	
CORTE	250	0.00399468	1.917447474	1	50	
DOBLADO	78	0.01285111	6.168530407	1	160	
ENSAMBLE 1	368	0.00272029	1.305740065	1	34	
ENSAMBLE 2	166	0.00601778	2.888535551	1	75	
ENSAMBLE 3	189	0.00529374	2.54099757	1	66	

**Tabla N°23: Tasa de Defectuosos**

% TASA DEFECTUOSA			
CORTE	Por Máquina	0%	3%
	Por Operario	3%	
DOBLADO	Por Máquina	0%	3%
	Por Operario	3%	
ENSAMBLE 1	Por Máquina	0%	3%
	Por Operario	3%	
ENSAMBLE 2	Por Máquina	0%	3%
	Por Operario	3%	
ENSAMBLE 3	Por Máquina	0%	0%
	Por Operario	0%	
ENSAMBLE 4	Por Máquina	0%	0%
	Por Operario	0%	
PINTADO BASE	Por Máquina	0%	0%
	Por Operario	0%	

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Interpretación:**

- Aplicando las mejoras de RCM y Re Distribución de Planta, la eficiencia de la empresa aumenta de un 50 % (situación actual) a un 85 % (situación mejorada)
- El tiempo estándar reduce de un 28.7 horas a 24.64 horas; un 9 %; permitiendo así ampliar su capacidad real de la empresa.

**ASPECTO: Método**

**Método: MRP Mejorado**

**CAUSA N°01:** Falta de un Sistema MRP

Según Heizer, J. & Render, B. (2009). Los siguientes pasos son:

**Paso 1: Determinar el Pronóstico**

**Tabla N°24: Pronóstico 2017 – 2018**

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AG
FURGON DE 4 TN	16	18	16	13	13	19	21	
DEMANDA REAL (CLIENTES)	12	10	11	14	14	9	6	
<b>Ponostico demanda agregada</b>	28	28	27	27	27	28	27	

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

## Paso 2: Plan Agregado de Producción

Los cinco pasos para realizar la planeación agregada de producción: (Fuente: Heizer, J & Render, B. 2009)

1. Determinar la demanda en cada periodo.
2. Determinar la capacidad para el tiempo normal, el tiempo extra y la subcontratación en cada periodo.
3. Encontrar los costos de mano de obra, contratación y despido, así como los costos de mantener inventarios.
4. Considerar la política de la compañía que se aplica a los trabajadores o a los niveles de inventario.
5. Desarrollar planes alternativos y examinar sus costos totales.

**Tabla N°25: Costos**

Costos		
Materiales	S/.36,445.56	und
Costo de mantenimiento del inventario	S/.16.7	s/./m2
Costo marginal del agotamientos de las reservas	S/.35,796.21	und/mes
Costo de contratación	S/.40.00	s/./por trabajador
Costo de despido	S/.200.00	s/./por trabajador
Horas por unidad	71.72	hora-Hombre/und
Unidades por Hora	0.0139	und/hora
Costo Horas Ordinarias	S/. 5.63	S/./hora
Costo Horas Extraordinarias	S/.6.5	S/./hora
N° trabajadores al inicio	10	
N° horas trabajadas por día	8	
<b>Inventario</b>		
Inventario inicial	0	unidades
Reservas de seguridad	0%	de la demanda mensual

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Tabla N°26: Plan Agregado de Producción**

Plan de Producción 1 : Persecución(A)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AG
Producción Requerida	28	28	27	27	27	28	27	
Horas de Producción Requerida	2,008	2,008	1,937	1,937	1,937	2,008	1,937	
Días trabajados por mes	26	24	26	26	26	26	26	
Horas mensuales por trabajador	208	192	208	208	208	208	208	
Trabajadores Necesarios	10	11	10	10	10	10	10	
N° Trabajadores Disponibles	10	10	11	10	10	10	10	
N° Trabajadores a Contratar	0	1	0	0	0	0	0	
Costo de contratación	S/.0.00	S/.40.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
Trabajadores despedidos	0	0	1	0	0	0	0	
Costo del despido	S/.0.00	S/.0.00	S/.200.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
Costo de Horas Ordinarias	S/.11,296.55	S/.11,296.55	S/.10,893.10	S/.10,893.10	S/.10,893.10	S/.11,296.55	S/.10,893.10	S/.
<b>Total</b>	S/.11,296.55	S/.11,336.55	S/.11,093.10	S/.10,893.10	S/.10,893.10	S/.11,296.55	S/.10,893.10	S/.

Plan de Producción 2 : Persecución (B)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AG
Producción requerida	28	28	27	27	27	28	27	
Horas de Producción Requerida	2,008	2,008	1,937	1,937	1,937	2,008	1,937	
Días trabajados por mes	26	24	26	26	26	26	26	
Horas mensuales por trabajador	208	192	208	208	208	208	208	
Trabajadores Necesarios	10	11	10	10	10	10	10	
Trabajadores Disponibles	10	10	11	10	10	10	10	
Trabajadores estables	10	10	10	10	10	10	10	
N° Trabajadores a Contratar	0	1	0	0	0	0	0	
Costo de contratación	S/.0.00	S/.40.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	
Trabajadores despedidos	-	-	-	-	-	-	-	
Costo del despido	S/.0.00							
N° trabajadores activos	10	11	10	10	10	10	10	
Costo de Horas Ordinarias	S/.11,700.00	S/.11,880.00	S/.11,700.00	S/.11,700.00	S/.11,700.00	S/.11,700.00	S/.11,700.00	S/.
<b>Total</b>	S/.11,700.00	S/.11,920.00	S/.11,700.00	S/.11,700.00	S/.11,700.00	S/.11,700.00	S/.11,700.00	S/.

2. - Nivelación: Fuerza laboral constante: variar el inventario y permitir faltantes solamente

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AG
Días trabajados por mes	26	24	26	26	26	26	26	

**Tabla N°27: Resumen de Plan**

Costo	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Contratación	S/.40.00	S/.40.00	
Despido	S/.200.00	S/.0.00	
Inventario excesivo			S/.316.67
Escasez(unidades faltantes/agotamiento de reservas)			S/.44,056.88
Subcontratación			
Tiempo extra			
Tiempo ordinario	S/.132,331.03	S/.140,580.00	S/.139,500.00
<b>Costo Total</b>	<b>S/.132,571.03</b>	<b>S/.140,620.00</b>	<b>S/.183,873.54</b>
<b>Plan Seleccionado</b>	S/.132,571.03	Plan 1	

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Paso 3: Programa Maestro de Producción**

**Tabla N°28: Resumen PMP**

**Resumen Programa Maestro de Producción**

Productos	ENERO				Total (und)
	1	2	3	4	
FURGÓN 4 TN	7	7	7	7	28
<b>Total Producción (UND)</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>28</b>
Total Lotes de producción x día	0	0	0	0	0

**Plan de Capacidad (horas-hombres)**

Productos	ENERO				Total (HH)
	1	2	3	4	
<b>HORAS DE PRODUCCIÓN REQUERIDA</b>	502	502	502	502	2008.28
<b>Total HH</b>	<b>502</b>	<b>502</b>	<b>502</b>	<b>502</b>	<b>2008.28</b>
Total HH disponibles	520.00	520.00	520.00	520.00	2080.00
HH Sobrantes/Faltantes	18	18	18	18	71.72

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Paso 4: BOOM Mejorado**

**Tabla N°29: BOOM MEJORADO**

Niveles	Descripción (1 Furgón de 4 tn)	Cantidades	U.M
N0	FURGÓN 4 TN	1	
N1	Tracto	1	
N1	Carcasa Terminada	1	
Insumos	Tuercas altas 3/14" (pz)	12	pz
Insumos	Abrazaderas en forma de U 14" (pz)	3	pz
Insumos	Soporte de 2" (pz)	12	pz
Insumos	Listones de madera (und)	12	m
N2	Instalación eléctrica	1	
Insumos	Precintos 3.6 x 150 mm (und)	15	pz
Insumos	Precintos 7.6 x 350 mm (und)	3	pz
Insumos	Tuerca de stoboles 3/16" (pz)	15	pz
Insumos	Tubo corrugado 5/16" (m)	1	m
Insumos	Tubo corrugado negro 1/4" (m)	16	m
Insumos	Cable amarillo N°16 (m)	19	m
Insumos	Faro intermitente (Blanco, Rojo, Ambar) (pz)	2	pz
Insumos	Faros redondos Rojo 2" (pz)	2	pz
Insumos	Faros redondos Blanco 2" (pz)	2	pz
Insumos	Faros redondos Ambar 2" (pz)	4	pz
N2	Carcasa Pintada	1	
Insumos	Masilla (und)	1	pote
Insumos	Thiner acrílico (gl)	0.5	gl
Insumos	Base Eschin Primer (gl)	1	gl
Insumos	Thinner Eschin Primer (gl)	1	gl
Insumos	GLOSS X 3 Blanco (gl)	1	gl
Insumos	GLOSS X 3 Negro (gl)	2	gl
Insumos	Base Zincromato (gl)	1	gl
Insumos	Base sika primer (frasco plomo de 1000 ml) negro (lt)	0.5	gl
Insumos	Base sika primer (frasco plomo de 1000 ml) blanco (lt)	0.5	gl
N3	1 carcasa en proceso	1	
N4	1 ensamble de vigas	1	
Insumos	Tubo Rectangular de 4" x 2" cortado (m)	7.2	m
Insumos	Tubo Rectangular de 2" x 1" (m)	24	m
N4	1 ensamble de marco	1	
Insumos	Sika Salchicha (und)	3	und
Insumos	Plancha negra A36 (m2)	2	plancha
Insumos	Plancha galvanizada 2.5 mm (m2)	1	plancha
N4	1 ensamble de puerta	1	
Insumos	Tubos Cuadrados de 1 1/2" x 1 1/2" espesor de 1.5 mm (m)	7.2	m
Insumos	Pernos de 3/8" x 1" (pz)	10	pz
Insumos	Pernos de 3/8" x 2" (pz)	15	pz
Insumos	tuerca 3/8" (pz)	25	pz
Insumos	Pernos de 5/16" x 1" (pz)	23	pz
Insumos	Pernos de 5/16" x 2 1/2" (pz)	10	pz
Insumos	Tuerca 5/16" (pz)	33	pz
Insumos	Visagra #280 (pz)	4	pz
Insumos	Visagra #240 (pz)	2	pz
N4	1 ensamble de techo	1	
Insumos	Plancha galvanizada 1/27" (pz)	3	plancha
Insumos	rollos de alambre (caja)	2	cajas
C1	Disco de corte 7" (pz)	2	pz
C2	Tubos Cuadrados de 1 1/2" x 1 1/2" espesor de 2 mm (m)	38.8	m
C3	Planchas Galvanizadas 2mm (m2)	1	plancha
C4	Disco de corte 14" (pz)	2	pz
C5	Electrodo 6011 (kg)	8	kg
C6	Anillos planos 3/16" (pz)	300	pz
C7	Remache 3/16" (pz)	200	pz

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

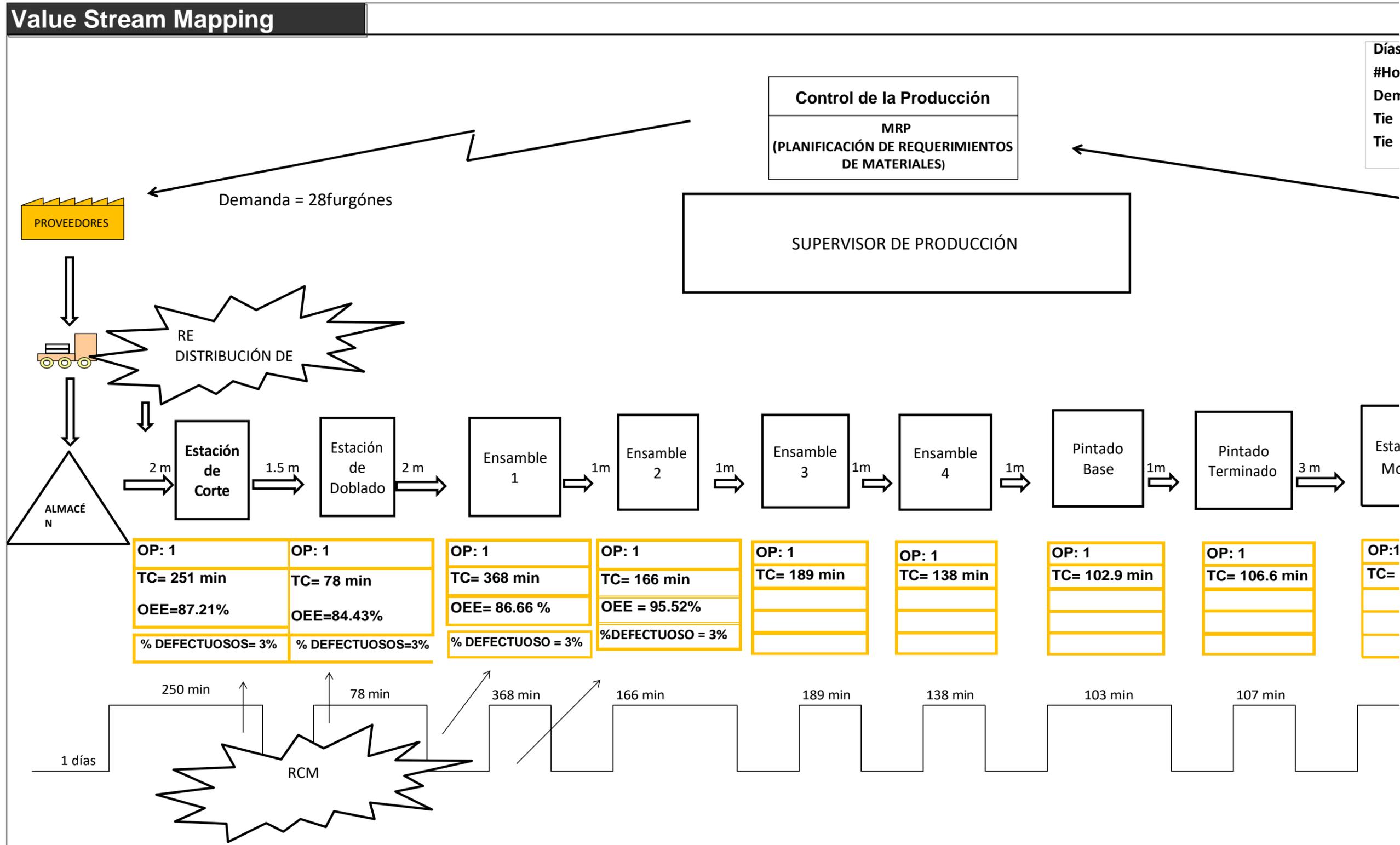


		ENERO														
		Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Miercoles
<b>N3</b>	<b>1 carcasa en proceso</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
<b>N4</b>	<b>1 ensamble de vigas</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Insumos</b>	<b>Tubo Rectangular de 4" x 2" cortado (m)</b>	0	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>Tubo Rectangular de 2" x 1" (m)</b>	0	0	0	0	120	0	0	0	120	0	0	0	120	0	0
<b>N4</b>	<b>1 ensamble de marco</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Insumos</b>	<b>Sika Salchicha (und)</b>	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>Plancha negra A36 (m2)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>Plancha galvanizada 2.5 mm (m2)</b>	0	0	0	0	0	28.8	0	0	0	0	0	28.8	0	0	0
<b>N4</b>	<b>1 ensamble de puerta</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Insumos</b>	<b>Tubos Cuadrados de 1 1/2" x 1 1/2" espesor de 1.5 mm (m)</b>	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	60
<b>Insumos</b>	<b>Pernos de 3/8" x 1 (pz)</b>	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>Pernos de 3/8" x 2" (pz)</b>	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>tuerca 3/8" (pz)</b>	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>Pernos de 5/16" x 1" (pz)</b>	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>Pernos de 5/16" x 2 1/2" (pz)</b>	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>Tuerca 5/16" (pz)</b>	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>Visagra #280 (pz)</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Insumos</b>	<b>Visagra #240 (pz)</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>N4</b>	<b>1 ensamble de techo</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>Insumos</b>	<b>Plancha galvanizada 1/27" (pz)</b>	0	0	0	10	0	0	10	0	0	0	10	0	0	0	10
<b>Insumos</b>	<b>rollos de alambre (caja)</b>	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
<b>C1</b>	<b>Disco de corte 7" (pz)</b>	50	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>C2</b>	<b>Tubos Cuadrados de 1 1/2" x 1 1/2" espesor de 2 mm (m)</b>	60	60	0	60	60	0	60	60	0	60	60	0	60	60	
<b>C3</b>	<b>Planchas Galvanizadas 2mm (m2)</b>	0	0	0	115.2	0	0	6	115.2	0	0	115.2	0	0	0	11
<b>C4</b>	<b>Disco de corte 14" (pz)</b>	20	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	20	
<b>C5</b>	<b>Electrodo 6011 (kg)</b>	60	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	60	
<b>C6</b>	<b>Anillos planos 3/16" (pz)</b>	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0	1
<b>C7</b>	<b>Remache 3/16" (pz)</b>	1000	1000	0	1000	0	1000	1000	0	1000	0	1000	1000	0	1000	

### **Interpretación:**

- En el MRP mejorado, se sumó el pronóstico proyectado y la demanda real del próximo año, porque al aplicar las mejoras de las metodologías Análisis RCM y Re Distribución de Planta; la capacidad real aumentó en un 85 % con respecto a la situación actual.
- Por otro lado, en el Análisis de las persecuciones el costo disminuyó de un S/. 257,160.00 (Situación del MRP actual) a un S/. 132,571.03, equivalente 51.55 % del costo con respecto a Persecución A.
- Se mejoró el boom mejorado, con respecto a la tasa defectuosa detectada en la situación actual; es importante porque ya no se va a pedir de más, solo lo necesario que se encuentra en el MRP.
- Finalmente, el lanzamiento de pedido se daba anteriormente cada 4 días; y ahora cada 3 días; por lo que se propuso mejorar el lead time y tiempo de producción del Furgón de 4 tn.

**Figura N°21: VSM Mejorado**



# **CAPITULO 5**

# **EVALUACION**

# **ECONOMICA Y**

# **FINANCIERA**

### 5.3 Factibilidad Económica y Financiera

Al concluir la propuesta de mejora del presente trabajo de investigación, presentando en el Capítulo 4, se determinará la viabilidad financiera, rentabilidad y beneficios en términos económicos empleando el análisis económico, tomando como referencia el Valor Actual Neto (VAN), la tasa de Interna de Retorno (TIR), Indicador Beneficio y Costo, y finalmente el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI).

A continuación para establecer el flujo de caja se dará en los siguientes aspectos:

**Tabla N°31: Costos Operativos**

PRODUCCIÓN		
	10	Operarios
<b>Total Personal</b>	<b>S/. 10,400.00</b>	

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Tabla N°32: Inversiones**

ELEMENTO		Costo		INVERSION	
Descripción	Cantidad				
Computadora	03	S/.	4,000.00	S/.	12,000.00
capacitacion	03	S/.	1,500.00	S/.	4,500.00
materiales de limpieza	05	S/.	200.00	S/.	1,000.00
Escritorio	02	S/.	345.00	S/.	690.00
Silla oficina	02	S/.	235.00	S/.	470.00
Estante documentos de oficina	02	S/.	787.00	S/.	1,574.00
Diseño de VSM (PRODUCCIÓN)	01	S/.	150.00	S/.	150.00
Software Sap Business One	01	S/.	3,000,000.00	S/.	3,000,000.00
Estocas	03	S/.	1,500.00	S/.	4,500.00
Montacarga	01	S/.	40,000.00	S/.	40,000.00
Carretillas Industriales de 4 ruedas (PRODUCCIÓN)	03	S/.	500.00	S/.	1,500.00
		<b>TOTAL</b>		<b>S/.</b>	
				<b>3,066,384.00</b>	

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

**Tabla N°33: Costo Operativos en Producción**

Metodología - PRODUCCIÓN	Costos Operativos
MRP Y VSM	S/. 21,446.67
ANÁLISIS RCM	S/. 54,196.16
TAK TIME( DISTRIC PLANTA Y BALANCE LINEA	S/. 285.45
<b>Total</b>	<b>S/. 75,928.28</b>

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Tabla N°34: Depreciación de Computadora**

Computadora	
Costo inicial (B)=	S/. 12,000.00
Valor de Salv amento (Vs)=	S/. 4,800.00
Periodos (n) =	5

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Tabla N°35: Inversión Intangibles**

<b>INVERSIÓN DE INTANGIBLES</b>	<b>COSTO</b>	
Gastos de Estudios y Proyectos	S/. 13,278.50	<b>20% amortizacion</b>
SoftwareERP (SAP Business One)	S/. 3,000,000.00	
Montacarga Caterpillar 3.5 tn	S/. 40,000.00	
<b>TOTAL</b>	S/. 3,053,278.50	<b>S/. 305,327.85</b>

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

Con los datos obtenidos, se calculará el estado de resultados y flujo de caja sin financiamiento para los próximos 5 años.

**Tabla N°36: Estado de Resultados sin Financiamiento**

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/. 11,436,390.24	S/. 12,465,665.36	S/. 13,587,575.24	S/. 14,810,457.02	S/. 16,143,398.15
Costos operativos		S/. 3,648,829.88	S/. 3,831,271.37	S/. 4,022,834.94	S/. 4,223,976.69	S/. 4,435,175.52
Depreciación activos		S/. 7,367.66	S/. 6,133.97	S/. 5,106.85	S/. 1,932.60	S/. 6,435.98
Amortizacion intangibles		S/. 305,327.85	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50
GAV		S/. 364,882.99	S/. 383,127.14	S/. 402,283.49	S/. 422,397.67	S/. 443,517.55
Utilidad antes de impuestos		S/. 7,109,981.87	S/. 5,191,854.39	S/. 6,104,071.46	S/. 7,108,871.56	S/. 8,204,990.59
Impuestos (30%)		S/. 2,132,994.56	S/. 1,557,556.32	S/. 1,831,221.44	S/. 2,132,661.47	S/. 2,461,497.18
Utilidad después de impuestos		S/. 4,976,987.31	S/. 3,634,298.07	S/. 4,272,850.02	S/. 4,976,210.09	S/. 5,743,493.41

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Tabla N°37: Flujo de Caja sin Financiamiento**

Año	0	1	2	3	4	5
Utilidad después de impuestos		S/. 4,976,987.31	S/. 3,634,298.07	S/. 4,272,850.02	S/. 4,976,210.09	S/. 5,743,493.41
Más depreciación		S/. 7,367.66	S/. 6,133.97	S/. 5,106.85	S/. 1,932.60	S/. 6,435.98
Más amortización intangibles		S/. 305,327.85	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50
Inversión	S/. -3,066,384.00					
	<b>S/. -3,066,384.00</b>	<b>S/. 5,289,682.81</b>	<b>S/. 6,693,710.54</b>	<b>S/. 7,331,235.37</b>	<b>S/. 8,031,421.19</b>	<b>S/. 8,803,207.90</b>

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

De igual manera, se calculará el estado de resultado y flujo de caja tomando en cuenta el financiamiento de los bancos BCP e InterBank.

**Tabla N°38: Estado de Resultado con Financiamiento de BCP**

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/. 11,436,390.24	S/. 12,465,665.36	S/. 13,587,575.24	S/. 14,810,457.02	S/. 16,143,398.15
Costos operativos		S/. 3,648,829.88	S/. 3,831,271.37	S/. 4,022,834.94	S/. 4,223,976.69	S/. 4,435,175.52
Depreciación activos		S/. 7,367.66	S/. 6,133.97	S/. 5,106.85	S/. 1,932.60	S/. 6,435.98
Amortización intangibles		S/. 305,327.85	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50
GAV		S/. 364,882.99	S/. 383,127.14	S/. 402,283.49	S/. 422,397.67	S/. 443,517.55
Interés préstamo BCP		S/. 107,323.44	S/. 85,858.75	S/. 64,394.06	S/. 42,929.38	S/. 21,464.69
Utilidad antes de impuestos		S/. 7,002,658.43	S/. 5,105,995.63	S/. 6,039,677.39	S/. 7,065,942.18	S/. 8,183,525.90
Impuestos (30%)		S/. 2,100,797.53	S/. 1,531,798.69	S/. 1,811,903.22	S/. 2,119,782.65	S/. 2,455,057.77
Utilidad después de impuestos		S/. 4,901,860.90	S/. 3,574,196.94	S/. 4,227,774.17	S/. 4,946,159.53	S/. 5,728,468.13

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Tabla N°39: Flujo de Caja con Financiamiento de BCP**

Año	0	1	2	3	4	5
Utilidad después de impuestos		S/. 4,901,860.90	S/. 3,574,196.94	S/. 4,227,774.17	S/. 4,946,159.53	S/. 5,728,468.13
Más depreciación		S/. 7,367.66	S/. 6,133.97	S/. 5,106.85	S/. 1,932.60	S/. 6,435.98
Menos amortización BCP		S/. 153,319.20				
Más amortización intangibles		S/. 305,327.85	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50
Inversión	S/. -3,066,384.00					
Prestamo	S/. 766,596.00					
	<b>S/. -2,299,788.00</b>	<b>S/. 5,061,237.21</b>	<b>S/. 6,480,290.21</b>	<b>S/. 7,132,840.33</b>	<b>S/. 7,848,051.43</b>	<b>S/. 8,634,863.41</b>

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Tabla N°40: Estado de Resultados con Financiamiento de INTERBANK**

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/. 11,436,390.24	S/. 12,465,665.36	S/. 13,587,575.24	S/. 14,810,457.02	S/. 16,143,398.15
Costos operativos		S/. 3,648,829.88	S/. 3,831,271.37	S/. 4,022,834.94	S/. 4,223,976.69	S/. 4,435,175.52
Depreciación activos		S/. 7,367.66	S/. 6,133.97	S/. 5,106.85	S/. 1,932.60	S/. 6,435.98
Amortizacion intangibles		S/. 305,327.85	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50
GAV		S/. 364,882.99	S/. 383,127.14	S/. 402,283.49	S/. 422,397.67	S/. 443,517.55
Interés prestamo INTERBANK		S/. 103,490.46	S/. 82,792.37	S/. 62,094.28	S/. 41,396.18	S/. 20,698.09
Utilidad antes de impuestos		S/. 7,006,491.41	S/. 5,109,062.02	S/. 6,041,977.18	S/. 7,067,475.37	S/. 8,184,292.50
Impuestos (30%)		S/. 2,101,947.42	S/. 1,532,718.61	S/. 1,812,593.15	S/. 2,120,242.61	S/. 2,455,287.75
Utilidad después de impuestos		S/. 4,904,543.98	S/. 3,576,343.41	S/. 4,229,384.03	S/. 4,947,232.76	S/. 5,729,004.75

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Tabla N°41: Flujo de Caja con Financiamiento de InterBank**

Año	0	1	2	3	4	5
Utilidad después de impuestos		S/. 4,904,543.98	S/. 3,576,343.41	S/. 4,229,384.03	S/. 4,947,232.76	S/. 5,729,004.75
Más depreciación		S/. 7,367.66	S/. 6,133.97	S/. 5,106.85	S/. 1,932.60	S/. 6,435.98
Menos amortización BCP		S/. 153,319.20				
Más amortización intangibles		S/. 305,327.85	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50	S/. 3,053,278.50
Inversión	S/. -3,066,384.00					
Prestamo	S/. 766,596.00					
	<b>S/. -2,299,788.00</b>	<b>S/. 5,063,920.29</b>	<b>S/. 6,482,436.68</b>	<b>S/. 7,134,450.18</b>	<b>S/. 7,849,124.66</b>	<b>S/. 8,635,400.03</b>

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

Finalmente, se analizará las comparaciones de los indicadores económicos de VAN, TIR y PRI. En el resultado obtenido como mejor indicador es la inversión con financiamiento de BCP.

**Tabla N°42: Comparaciones de los Indicadores Económicos**

FNE SIN FINANCIAMIENTO		FNE CON FINANCIAMIENTO DEL BCP CON UNA TASA DEL 14%		FNE CON FINANCIAMIENTO DE INTERBANK CON UNA TASA DEL 13.4%	
VAN	S/. 10,526,316.61	VAN	S/. 10,888,891.31	VAN	S/. 10,892,454.49
TI R	190.62%	TI R	242.03%	TI R	242.10%
B/C	S/. 2.067	B/C	S/. 2.075	B/C	S/. 2.074
PRI (años)	1.128	PRI (años)	0.872	PRI (años)	0.872

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

### Interpretación:

- La tasa de Inversión de Retorno es de 242.10%, representa la viabilidad positiva de la propuesta de implementación de las metodologías de manufactura esbelta (VSM, MRP, RCM, DISTRIBUCION DE PLANTA Y BALANCE DE LINEA) en la área de Producción en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L., con el financiamiento del banco INTERBANK.
- El VAN siendo este S/. 10,873,491.62 la interpretación de este monto mayor que cero, indica que la propuesta de investigación del presente estudio de trabajo de investigación generará un beneficio económico positivo para la empresa Bertony Trailers E.I.R.L., en los próximos 5 años.
- Para el análisis de Beneficio Costo para la mejora es 2.074; lo cual indica que es mayor a 1, se puede concluir que la propuesta de mejora será rentable en los próximos 5 años.

# **CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 6.1 Resultados

Se puede llegar a la siguiente deducción: el costo de pérdida del área de Producción de la empresa en estudio se aprecia en el cuadro N° 28. Asimismo en dicho cuadro se muestra el costo perdido meta y el beneficio generado por la inversión realizada.

**Tabla N° 43: Resumen de costos perdidos actual, meta y beneficio de la propuesta.**

ITEM	CAUSAS	COSTO ANUAL
Cr1	No existe programa de producción	S/. 38,905.38
Cr4	No existen procedimientos estandarizados en cada estación de trabajo	
Cr3	Falta de control de mano de obra	S/. 257,160.00
Cr5	No existe mantenimiento preventivo	S/. 650,353.97
		S/. 946,419.35

**Fuente: Elaboración propia, 2017.**

Se concluye que las herramientas de Manufactura Esbelta, reduce los altos costos operativos en un 63 % del total; y así mismo se incrementa la productividad en un 35 % en la línea de producción de furgón de 4 tn.

## IV. Discusión

Para el desarrollo de MRP, se obtuvo que hallar y estandarizar los nuevos tiempos para generar un control tanto en los materiales como en la mano de obra. Esto se analizó con metodologías de Estudios de Tiempo y Balance de Línea. Además, optamos por desarrollar una planificación de mantenimiento preventivo para las maquinarias. Se generó muchas dudas con metodologías enfocadas al mantenimiento. Se realizó una comparación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Durante la discusión, se pudo investigar que el TPM es un sistema integrado que tiene varios pilares de mantenimiento; mientras el RCM era una estrategia que permite solucionar cualquier tipo de pilar de mantenimiento. Finalmente, se evaluó los tipos de financiamiento: Sin financiamiento, BCP e INTERBANK, analizando el VAN, TIR y Beneficio Costo. Adicionalmente, mediante la implementación RCM II, según los autores Barros Chaparro, David Jesús; Valencia Ochoa, Guillermo; Vargas

Henríquez, Lisandro. Se logró incrementar la confiabilidad en 39.4 %. Es por ello, que en nuestro trabajo de investigación al aplicar RCM II, se pudo determinar el aumento de la confiabilidad de las máquinas.

De acuerdo a los resultados, las herramientas de Manufactura Esbelta son viables para mejorar los problemas en el área de producción en una empresa. En los antecedentes encontrados; el autor Bernal, A. (2004) en su trabajo de investigación “Implementación de un modelo de MRP en una planta de autopartes en Bogotá caso SAUTO LTDA. Pontificia Universidad Javeriana – Colombia, 2004”; da a conocer que con la aplicación de MRP determinó que el 25 % del tiempo total de operación corresponden a tiempos improductivos lo cual estamos de acuerdo porque al planificar los requerimientos de materiales analizamos que el 70 % del tiempo total de operación se deben a tiempos improductivos. Es por ello que es importante estandarizar los tiempos para poder realizar una adecuada planificación.

Por otro lado, el autor Arellano, E. (2016). En su investigación científica “Estudio de Tiempos y Métodos para mejorar el Proceso de Armado de Cisternas Semirremolques en la empresa L&S Nassi S.A.C.”. Da a conocer que se realizó la toma de tiempos en el área de armado, tomando 10 observaciones para hallar el número de muestras necesarias bajo un nivel de confianza del 95.45 % con un margen de error del 5 %. Asimismo, se logró disminuir el tiempo de armado en un 16.8 % equivalente a 4.8 días, logrando aumentar la productividad en un 20.2 % y reduciendo las actividades críticas en un 30.3 %.. Por lo tanto, al realizar la metodología de Estudio de Tiempos, nuestra productividad aumentó en un 35 %, permitiendo balancear la línea de producción del furgón de 4 toneladas, y así reducir los tiempos improductivos encontrados.

# **CAPITULO VII**

# **CONCLUSIONES y**

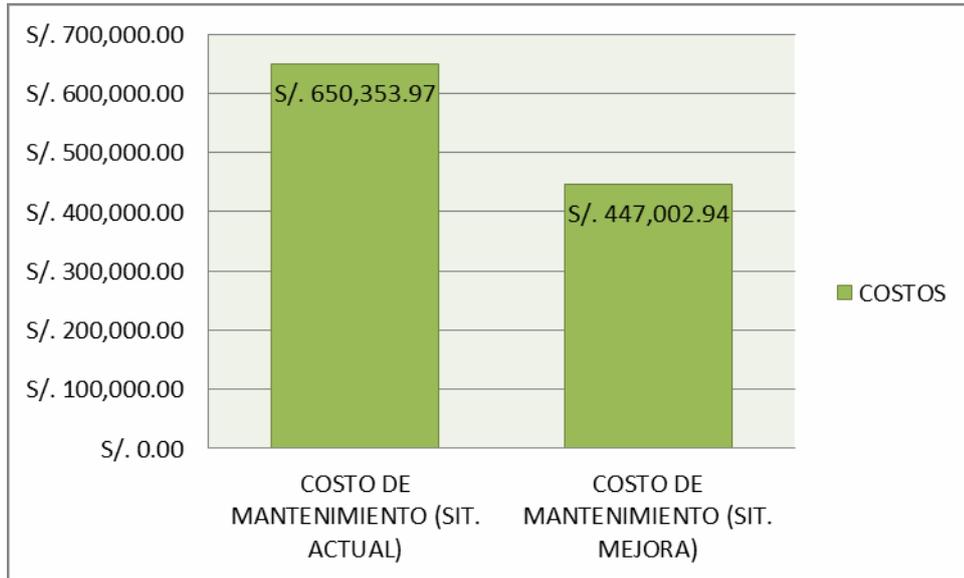
# **RECOMENDACIONES**

## 7.1 Conclusiones

### Aspecto: Producción

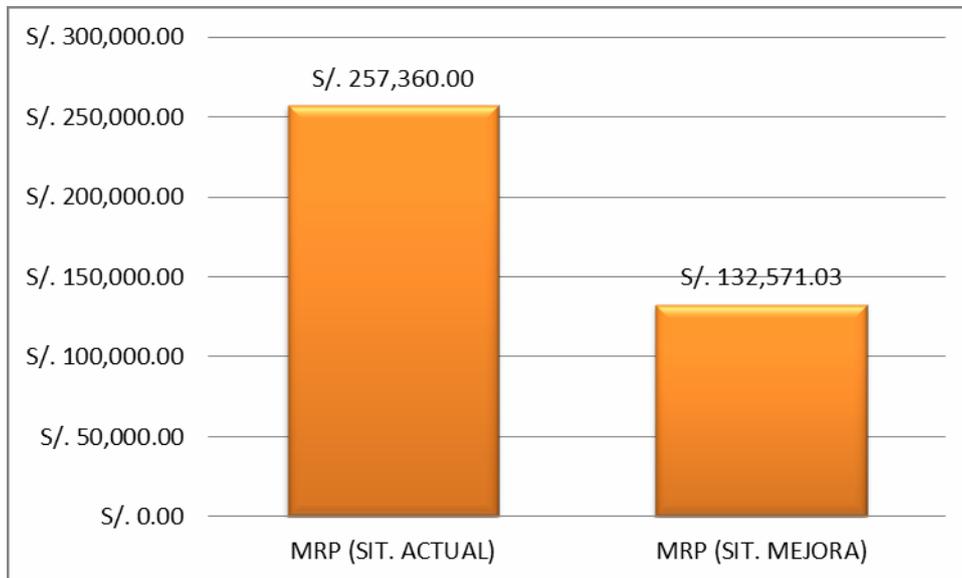
- Se logró aumentar la productividad en la línea de producción del furgón montado de 4 tn en 35 %, aplicando herramientas de la Manufactura Esbelta (VSM, MRP, RCM I – II) en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.
- Se Identificó las metodologías de la Ingeniería Industrial que se pueden aplicar para aumentar la productividad en la línea de producción del furgón montado de 4 tn. de la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.
- Se Propone la implementación de herramientas de la Manufactura Esbelta (VSM, MRP, RCM I – II ) en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.
- Se estableció los indicadores para evaluar la factibilidad económica de aplicar las metodologías propuestas para aumentar la productividad en la empresa Bertony Trailers E.I.R.L.
- Se propuso la implementación de las metodologías Re Distribución de Planta, lo cual reduce en un 79 % de tiempo improductivo (transporte) y aumenta la eficiencia de la línea de producción del furgón de 4 tn en 35 %. Asimismo, el Análisis de RCM, permitió reducir los altos costos operativos de mantenimiento en 31 % y aumentar el OEE de las máquinas. Ver Anexo Tabla N° 43. Finalmente, el MRP permitió reducir en 48 % de los costos de plan agregada de producción.
- Se determinó el Beneficio Costo para la mejora es 2.0743; lo cual indica que es mayor a 1, se puede concluir que la propuesta de mejora será rentable en los próximos 5 años. Así mismo, VAN es S/. 10,873,491.61 ; TIR es 240.94%; PRI es 0.8729.

**Figura N°22: Variabilidad de Costos de Mantenimiento**



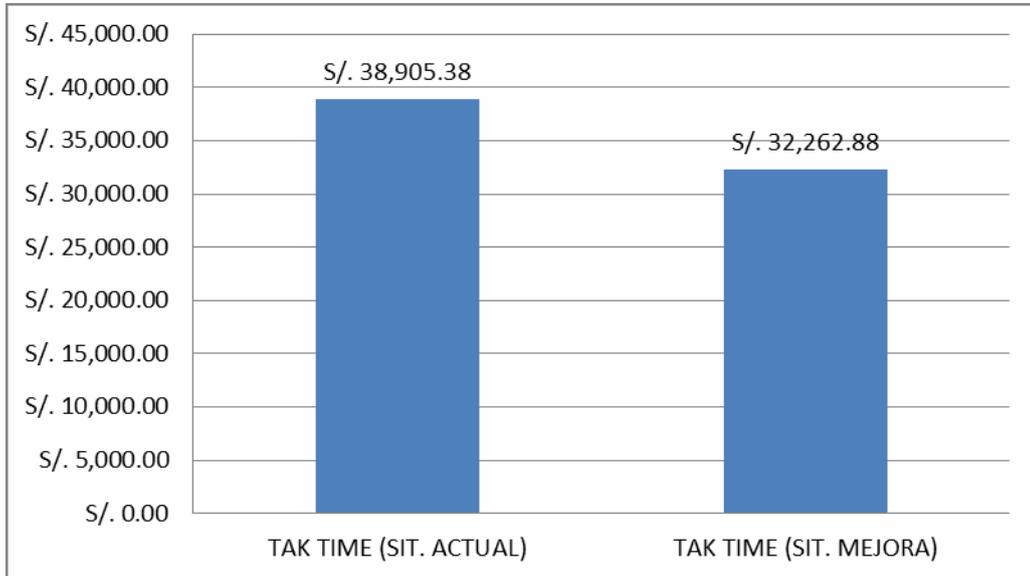
Fuente: Elaboración propia, 2017.

**Figura N°23: Variabilidad de Costos de MRP**



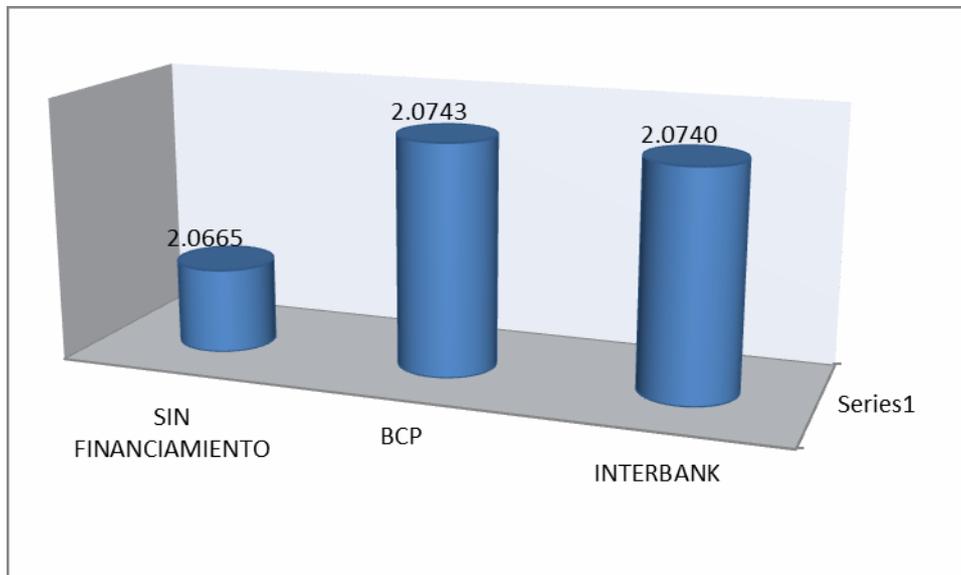
Fuente: Elaboración propia, 2017.

**Figura N°24: Variabilidad de Costos – Tak Time**



Fuente: Elaboración propia, 2017.

**Figura N°25: Variabilidad de B/C**



Fuente: Elaboración propia, 2017.

## 7.2 Recomendaciones

- ✓ En el caso de implementar alguna técnica de las metodologías expuesta, se deberá estar informado acerca de que en consiste este proceso, también tener una base sólida de conocimiento acerca de la empresa,
- ✓ Al llevar a la práctica el desarrollo de alguna metodología desarrollada en el presente proyecto se deberá tomar datos ajustados a la realidad para que de esta forma no afecte a la parte vital del proyecto
- ✓ Es fundamental que se continúe fomentando la investigación en la universidad, para poder contribuir con el desarrollo profesional de sus alumnos y de esa manera puedan tener mayores ventajas competitivas en el mercado laboral.
- ✓ Se recomienda comprar software de ERP, para poder tener un mayor control en la planificación de requerimientos de materiales.
- ✓ Así mismo, se debe comprar carretillas de 4 ruedas para disminuir el tiempo de transporte.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### A. Producción

#### 5.1. Libros

- Carreras, M. & García, J. (2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. (2ª edición). Madrid: Editorial Díaz de Santos, S.A.
- Heizer, J & Render, B. (2008). Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones tácticas, 8.ª edición. PEARSON EDUCACIÓN, S.A., Madrid.
- Heizer, J & Render, B. (2009). Principios de ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES. Decisiones Séptima edición. PEARSON EDUCACIÓN, México.

## 5.2. Libros virtuales

- Rajadell, M. & Sánchez, J. (2010). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. Ediciones Díaz de Santos. Albasanz, 2. 28037 Madrid.
- Robbins S. y Coulter M. (2005), Administración, Octava Edición. Pearson Educación. Pág. 8.
- Moubray John, Reliability – centered – maintenance, Second Edition 1997.
- Ingham, J. (1983), Biographical Dictionary of American Business Leaders H-M.
- Kramis, J, (1994). Sistemas y procedimientos administrativos; Cuarta edición, México.
- Cárdenas, N.(2010). Características de las MYPES de metalmecánica y carpintería. En V. Vilela Panta. Colección de Investigación y Desarrollo. (p.12). Lima – Perú.
- Niebel, B. & Freivalds, A. (2009). Ingeniería Industrial y Métodos Estándares y Diseño del trabajo. 12 ed. México. McGrawHill. (p.18).
- Adalberto Zambrano Barrios, Planificación Estratégica, Presupuesto y Control de la Gestión Pública. Caracas, Universidad Católica Andrés Bello, 2006.
- CDI Lean. (s.f.). CDI Lean. Madrid: Asociación Española para la Calidad. [Versión electrónica], Recuperado en Mayo de 2013, de <http://www.cdiconsultoria.es/indicadores-lean-manufacturing-cuadros-demando-QCDSM>.

## 5.3. Tesis

- Barros Chaparro, David Jesús; Valencia Ochoa, Guillermo; Vargas Henríquez, Lisandro. (2014). Implementación del RCM II en planta de producción de lingotes de plomo. Universidad Tecnológica de Pereira – Colombia.
- Bernal Saldarriaga, Andrés Felipe (2004). Implementación de un modelo de MRP en una planta de autopartes en Bogotá caso SAUTO LTDA. Pontificia Universidad Javeriana-Colombia, 2004.

- Flores Bernabé, Claudio Enrique (2015). Propuesta Gestión de Requerimientos de Materiales en el proceso productivo semirremolques para reducir costos de producción en la empresa Metarquiel S.A.C. Universidad Privada del Norte.
- Arellano Zapata, Elena Marilí (2013). Estudio de Tiempo y Métodos para mejorar el proceso de armado de Cisternas Semirremolques en la empresa L&S Nassi S.A.C. Universidad César Vallejo.

#### 5.4. Direcciones electrónicas

- Planeación y Control de Operaciones /.Carlos Romero, 28 de enero 2012.<http://caromeroshpc.blogspot.pe/2012/01/capitulo-5-planeación-maestra-de-la-html>
- América Latina (2015). América Latina: Crece 4% la producción y consumo de acero laminado en enero de 2018. Recuperado de <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/america-latina-crece-4-la-produccion-y-consumo-de-acero-laminado-en-enero-de>.

#### 5.5. Artículos periodísticos

- Sociedad Nacional de Industria (SIN). (05 de octubre del 2012). Producción metal mecánica crecería hasta en un 10% este año. Comercio, Lima, p.A1. <https://gestion.pe/economia/sni-produccion-metalmechanica-creceria-10-ano-21723>.
- Revista HSEC. (5 de Mayo del 2018, p.1). Trabajando para reducir los riesgos en el lugar de trabajo. Lima, 2018. <http://www.emb.cl/hsec/articulo.mvc?xid=779&edi=34&xit=industria-metalurgica-metalmechanica-trabajando-para-reducir-los-riesgos-en-el-lugar-de-trabajo>.

**ANEXOS:**

**FIGURA N°26: ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN**

ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN				
Área de Aplicación	Producción			
Problema	Elevados costos operativos			
Nombre:				
Califique las causas con una (x) ,según a su criterio, de acuerdo al nivel de prioridad que afecte a su trabajo.				
Valorización	Puntaje			
Alto	3			
Regular	2			
Bajo	1			
ITEM	CAUSAS	Calificación		
		Alto	Regular	Bajo
Cr1	No existe programa de producción			
Cr2	Falta de capacitación del personal en métodos de trabajo			
Cr3	Falta de control de materia prima			
Cr4	No existen procedimientos estandarizados en cada estación de trabajo			
Cr5	No existe mantenimiento preventivo			
Cr6	Inadecuada gestión de compras			
Cr7	Falta de orden y limpieza			

**Fuente: Elaboración propia, 2017.**

**TABLA N°44: REGISTRO DE PARADAS POR FALTA DE MANTENIMIENTO**

2016-2017	MAYO JUNIO JULIO AGOSTO SEPTIEMBRE OCTUBRE NOVIEMBRE DICIEMBRE ENERO FEBRERO MARZO ABRIL MAYO													HR OPERATIVA	HORAS OP. TOTALES	HR. PERDIDAS ANUAL		
MÁQUINA	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	HR/MES	ANUAL	ANUAL	ANUAL	
Máquina de soldar pequeña	M1	143	169	M2	156	182	M3	156	182	130	117	M4	221	1456	1892	760		
Máquina de soldar	130	182	156	M1	169	143	M2	195	169	208	M3	221	195	1768	2190	462		
Cortadora	PARADO			M1	117	104	M2	91	78	117	M3	91	598	826	1826			
Dobladora	PARADO			M1	130	117	78	104	M2	104	M3	117	117	767	1025	1627		
<b>TOTAL</b>																		4675

COSTO DE OPORTUNIDAD	HORAS OP. TOTALES ANUAL	HR. PERDIDAS ANUAL	HR PERDIDA	CAP. PRODUCCIÓN FURGÓN 4 TN	PÉRDIDA	UTILIDAD PERDIDA	UTILIDAD PERDIDA	UTILIDAD PERDIDA
MAQUINA			HR/SEM	HR/SEM	FURGON/SEM	SEM	MES	ANUAL
Máquina de soldar pequeña	1892	760	97	20	5	S/. 277,365.80	S/. 1,109,463.19	S/. 13,313,558.25
Máquina de soldar	2190	462			FURGÓN/MES			
CIZALLADORA	826	1826						
PLEGADORA HIDRÁULICA	1025	1627						
<b>TOTAL</b>		4675						

COSTO DE DEPRECIACIÓN	HR. PERDIDAS ANUAL	VALOR DE COMPRA	VIDA ÚTIL	DEPRECIACIÓN MÁQ.	DEPREC. HORA	COSTO DEPRECIACIÓN	COSTO DEPRECIACIÓN	COSTO DEPRECIACIÓN
MAQUINA		S/.	ANO	S/. /ANO	S/. / HORA	S/. SEM	S/. /MES	S/. ANO
Máquina de soldar pequeña	760	S/. 4,000.00	5	S/. 800.00	S/. 0.30	S/. 4.83	S/. 19.00	S/. 228.05
Máquina de soldar	462	S/. 3,500.00	5	S/. 700.00	S/. 0.26	S/. 2.64	S/. 10.29	S/. 123.53
CIZALLADORA	1826	S/. 10,000.00	12	S/. 833.33	S/. 0.31	S/. 11.94	S/. 47.76	S/. 573.15
PLEGADORA HIDRÁULICA	1627	S/. 12,000.00	10	S/. 1,200.00	S/. 0.45	S/. 15.38	S/. 61.54	S/. 738.46
<b>TOTAL</b>	4675	<b>HORAS/AÑO</b>	2652	<b>TOTAL</b>	S/. 1.33	S/. 34.79	S/. 138.60	S/. 1,663.20

Fuente: Elaboración propia, 2017.

**Tabla N°45: Resumen de Costo por falta de mantenimiento preventivo**

<b>CMOD</b>	S/. 60.00
<b>CMOE</b>	S/. 4,800.00
<b>C.MATERIALES</b>	S/. 321.00
<b>COSTO DE INSUMOS</b>	
<b>C.CIZALLA</b>	S/. 3,360.00
<b>C.PLEGADORA</b>	S/. 2,525.00
<b>C.MAQUINA DE SOLDAR</b>	S/. 642.00
<b>G.GENERALES</b>	<b>S/. 6,527.00</b>
Luz	S/. 0.00
Agua	S/. 71.39
<b>COSTO DE LUCRO CESANTE</b>	S/. 0.00
<b>COSTO POR FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>	<b>S/. 650,353.97</b>

Fuente: Elaboración propia, 2017.

**FIGURA N°27: Preguntas básicas del proceso RCM**

*Según la norma SAE JA 1011 las 7 preguntas básicas del proceso RCM son:*

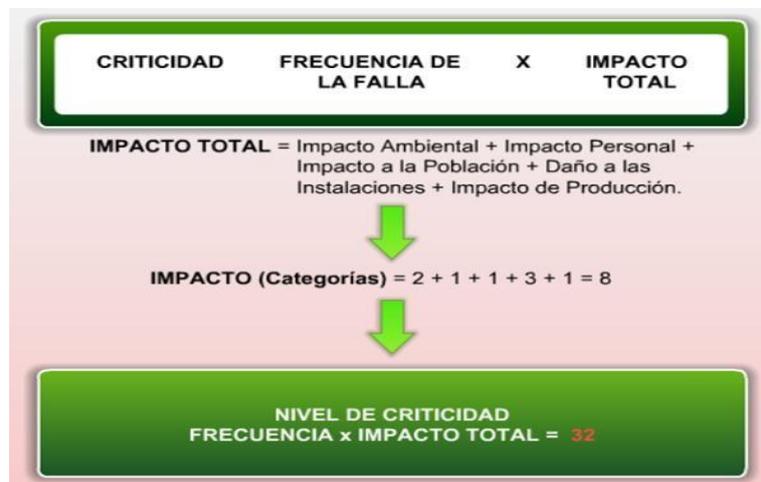
1. **¿Cuál es la función?**, Lo que el usuario desea que la máquina haga.
2. **¿Cuál es la falla funcional?**, Razones por las que deja de hacer lo que el usuario desea que haga.
3. **¿Cuál es el modo de falla?**, Que pudo causar la falla funcional.
4. **¿Cuál es el efecto de la falla?**, Que ocurre cuando la falla se produce.
5. **¿Cuál es la consecuencia de la falla?**, Razones por las que importa que falle.
6. **¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?**
7. **¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?**

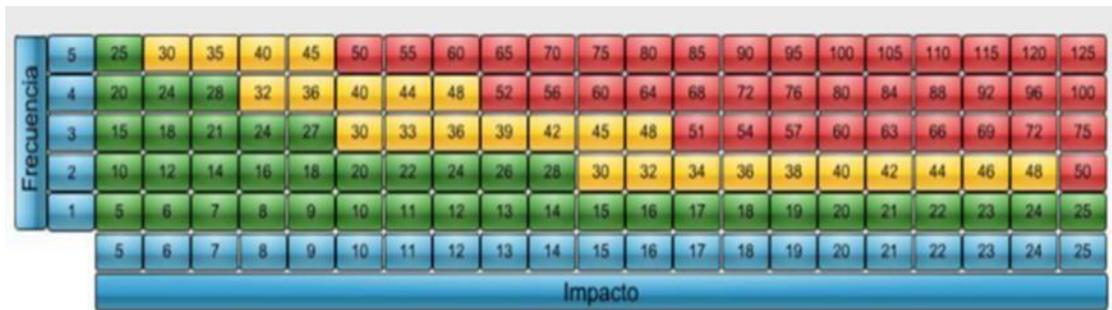
Fuente: Campos (2005, pág. 10).

**Figura N°28: Análisis de Criticidad**

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

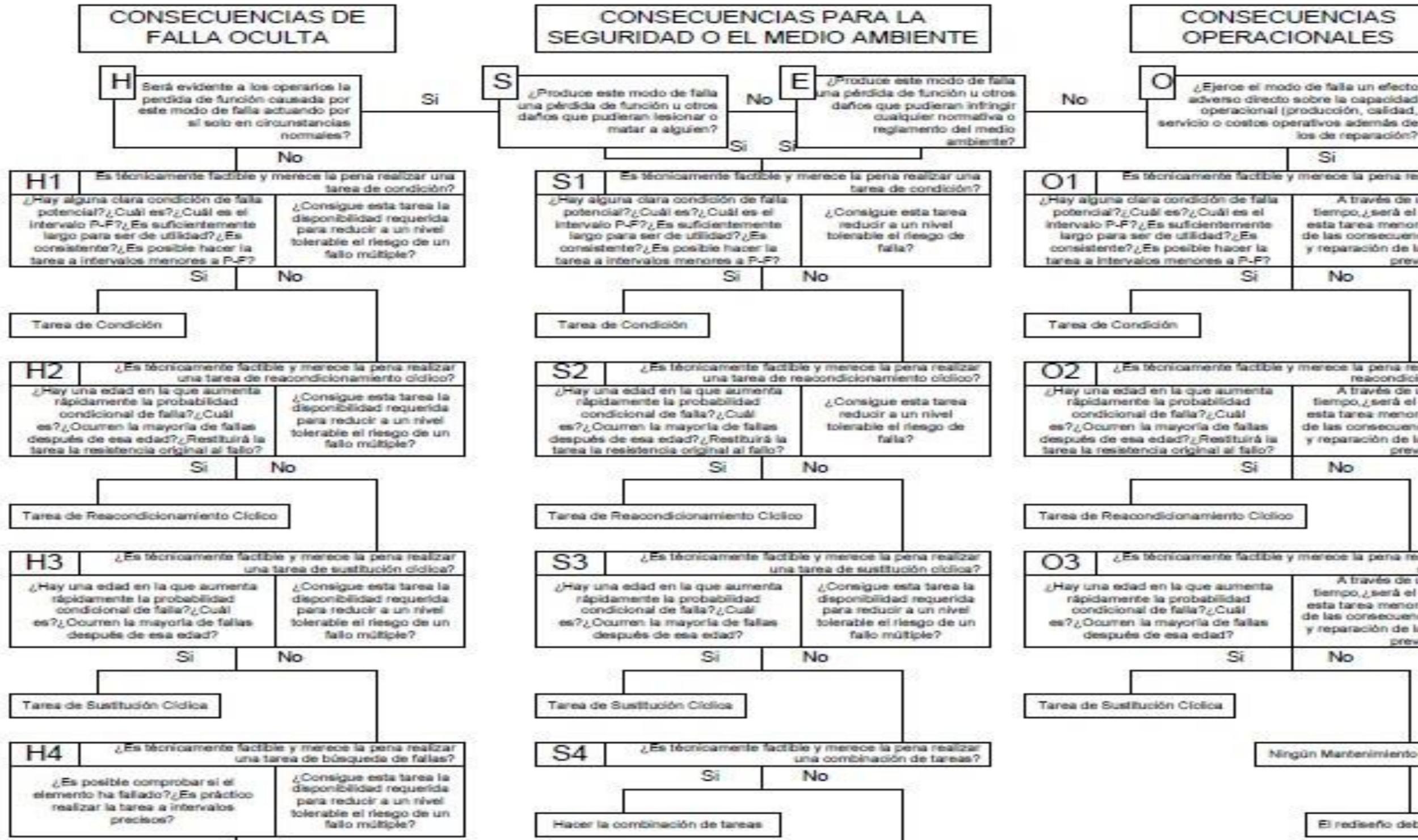




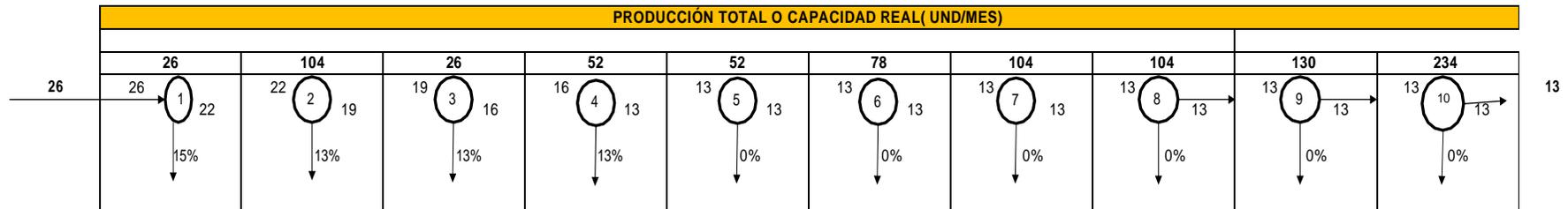
**Criticidad Alta**    (A)    color rojo     $50 \leq \text{Criticidad} \leq 125$   
**Criticidad Media**    (B)    color amarillo     $30 \leq \text{Criticidad} \leq 49$   
**Criticidad Baja**    (C)    color verde     $5 \leq \text{Criticidad} \leq 29$

Fuente: Moubray, J (1997).

**FIGURA N°29: ANALISIS RCM II**



**Figura N°30: Balance de Línea Actual**



**EFICIENCIA GLOBAL 50%**

<b>Cuadro de Balance de Línea ACTUAL</b>								
Actividad	Tiempo Estandar (Min / und)	Tasa de Producción (und / min)	Tasa de Producción (und / día)	Número de Operarios	Producción Total o Capacidad Real (und/ mes)	Tiempo de Producción total de operarios (min /und)	Cuello Botella	% Tiempo Máximo
<b>CORTE</b>	<b>417</b>	0.002399546	1.151782055	1	26	<b>416.7455101</b>	416.74551	<b>100%</b>
DOBLADO	102	0.009848844	4.727445124	1	104	101.5347587	416.74551	24%
ENSAMBLE 1	368	0.002720292	1.305740065	1	26	367.6076217	416.74551	88%
ENSAMBLE 2	166	0.006017782	2.888535551	1	52	166.1741708	416.74551	40%
ENSAMBLE 3	189	0.005293745	2.54099757	1	52	188.9021877	416.74551	45%
ENSAMBLE 4	138	0.007254256	3.482043028	1	78	137.8501059	416.74551	33%
PINTADO BASE	103	0.009716815	4.664070989	1	104	102.9143856	416.74551	25%
PINTADO FINAL	107	0.009380463	4.502622378	1	104	106.6045428	416.74551	26%
MONTAJE	84	0.011923611	5.723333333	1	130	83.86721025	416.74551	20%
S. ELÉCTRICO	49	0.020608327	9.891997159	1	234	48.52407378	416.74551	12%

**Fuente: Elaboración propia, 2017.**

**Paso 1: Determinar el Pronóstico**

**Tabla N°46: Pronóstico 2017 – 2018 – MRP Actual**

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AG
FURGON DE 4 TN	16	18	16	13	13	19	21	
DEMANDA REAL (CLIENTES)	12	10	11	14	14	9	6	
<b>Ponostico demanda agregada</b>	28	28	27	27	27	28	27	

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

## Paso 2: Plan Agregado de Producción

Los cinco pasos para realizar la planeación agregada de producción: (Fuente: Heizer & Render, 2009)

1. Determinar la demanda en cada periodo.
2. Determinar la capacidad para el tiempo normal, el tiempo extra y la subcontratación en cada periodo.
3. Encontrar los costos de mano de obra, contratación y despido, así como los costos de mantener inventarios.
4. Considerar la política de la compañía que se aplica a los trabajadores o a los niveles de inventario.
5. Desarrollar planes alternativos y examinar sus costos totales.

**Tabla N° 47: Costos Diagnóstico**

Costos		
Materiales	S/.36,445.56	und
Costo de mantenimiento del inventario	S/.16.7	s/./m2
Costo marginal del agotamientos de las reservas	S/.35,796.21	und/mes
Costo de contratación	S/.40.00	s/./por trabajador
Costo de despido	S/.200.00	s/./por trabajador
Horas por unidad	138.67	hora-Hombre/und
Unidades por Hora	0.0072	und/hora
Costo Horas Ordinarias	S/. 5.63	S/./hora
Costo Horas Extraordinarias	S/.6.5	S/./hora
N° trabajadores al inicio	10	Operarios
N° horas trabajadas por día	8	
<b>Inventario</b>		
Inventario inicial	0	unidades
Reservas de seguridad	0%	de la demanda mensual

**Fuente: Elaboración Propia, 2017.**

**Tabla N°48: Plan Agregado de Producción**

Plan de Producción 1 : Persecución(A)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AG
Producción Requerida	28	28	27	27	27	28	27	
Horas de Producción Requerida	3,883	3,883	3,744	3,744	3,744	3,883	3,744	
Días trabajados por mes	26	24	26	26	26	26	26	
Horas mensuales por trabajador	208	192	208	208	208	208	208	
Trabajadores Necesarios	19	21	18	18	18	19	18	
N° Trabajadores Disponibles	10	19	21	18	18	18	19	
N° Trabajadores a Contratar	9	2	0	0	0	1	0	
Costo de contratación	S/.360.00	S/.80.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.40.00	S/.0.00	
Trabajadores despedidos	0	0	3	0	0	0	1	
Costo del despido	S/.0.00	S/.0.00	S/.600.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.0.00	S/.200.00	
Costo de Horas Ordinarias	S/.21,840.00	S/.21,840.00	S/.21,060.00	S/.21,060.00	S/.21,060.00	S/.21,840.00	S/.21,060.00	S/.
<b>Total</b>	<b>S/.22,200.00</b>	<b>S/.21,920.00</b>	<b>S/.21,660.00</b>	<b>S/.21,060.00</b>	<b>S/.21,060.00</b>	<b>S/.21,880.00</b>	<b>S/.21,260.00</b>	<b>S/.</b>

Plan de Producción 2 : Persecución (B)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AG
Producción requerida	28	28	27	27	27	28	27	
Horas de Producción Requerida	3,883	3,883	3,744	3,744	3,744	3,883	3,744	
Días trabajados por mes	26	24	26	26	26	26	26	
Horas mensuales por trabajador	208	192	208	208	208	208	208	
Trabajadores Necesarios	19	21	18	18	18	19	18	
Trabajadores Disponibles	10	19	21	18	18	18	19	
Trabajadores estables	10	10	10	10	10	10	10	
N° Trabajadores a Contratar	9	2	6	2	6	3	5	
Costo de contratación	S/.360.00	S/.80.00	S/.240.00	S/.80.00	S/.240.00	S/.120.00	S/.200.00	
Trabajadores despedidos	-	-	-	-	-	-	-	
Costo del despido	S/.0.00							
N° trabajadores activos	19	21	18	18	18	19	18	
Costo de Horas Ordinarias	S/.22,230.00	S/.22,680.00	S/.21,060.00	S/.21,060.00	S/.21,060.00	S/.22,230.00	S/.21,060.00	S/.
<b>Total</b>	<b>S/.22,590.00</b>	<b>S/.22,760.00</b>	<b>S/.21,300.00</b>	<b>S/.21,140.00</b>	<b>S/.21,300.00</b>	<b>S/.22,350.00</b>	<b>S/.21,260.00</b>	<b>S/.</b>

2. - Nivelación: Fuerza laboral constante: variar el inventario y permitir faltantes solamente

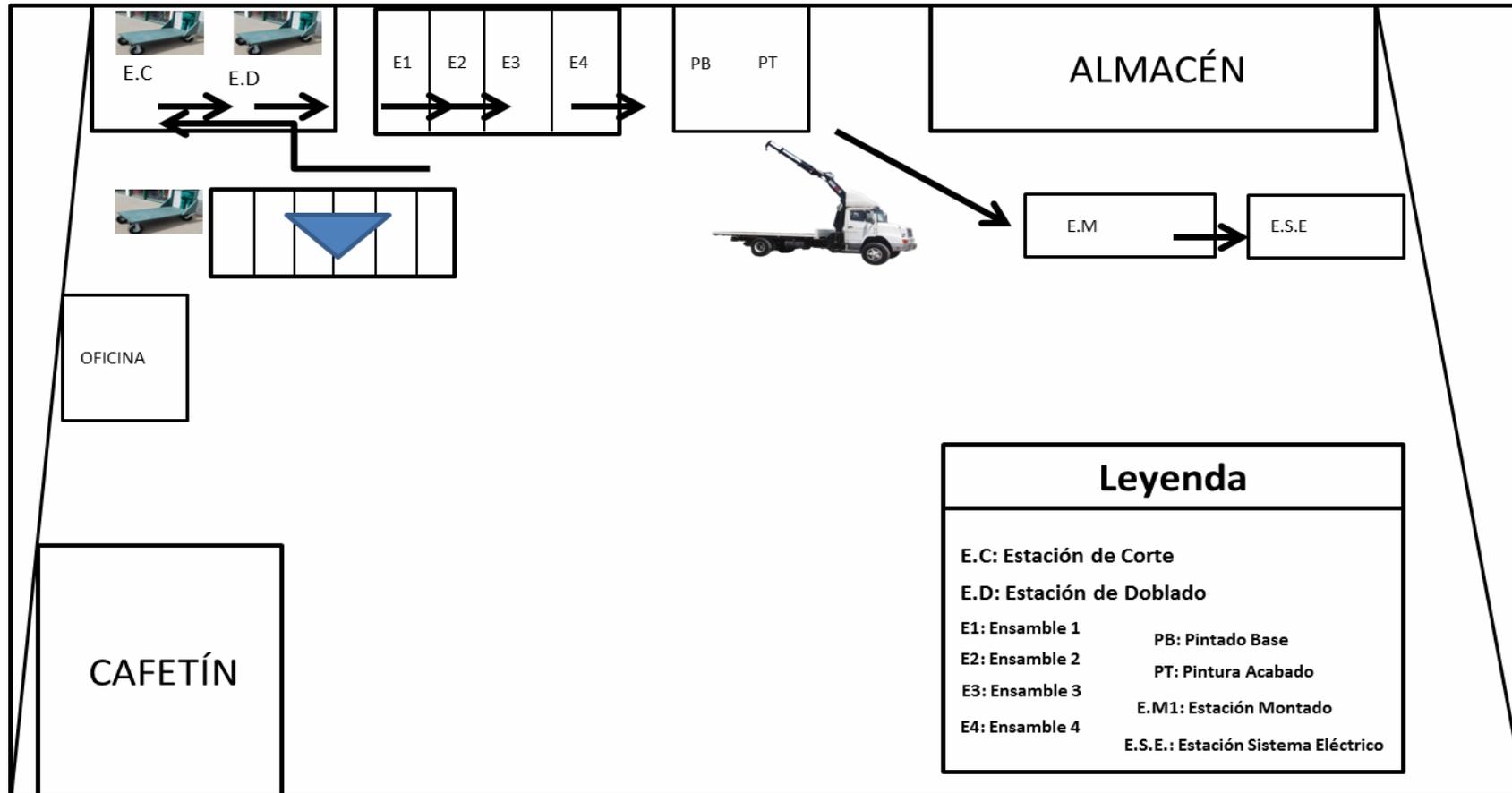
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AG
Días trabajados por mes	26	24	26	26	26	26	26	

**Tabla N°49: Resumen de Plan**

Resumen			
Costo	Plan 1	Plan 2	Plan 3
Contratación	S/.520.00	S/./2,120.00	
Despido	S/.800.00	S/./0.00	
Inventario excesivo			S/./0.00
Escasez(unidades faltantes/agotamiento de reservas)			S/./5,339,142.70
Subcontratación			
Tiempo extra			
Tiempo ordinario	S/./255,840.00	S/./257,850.00	S/./139,500.00
<b>Costo Total</b>	<b>S/./257,160.00</b>	<b>S/./259,970.00</b>	<b>S/./5,478,642.70</b>
<b>Plan Seleccionado</b>	S/./257,160.00	Plan 1	

**Fuente: Elaboración propia, 2017.**

**Figura N°31: Diagrama de Layout Mejorado**



Fuente: Elaboración propia, 2017.