

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS  
PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA DE SISTEMAS DE  
IZAJES PARA CENTROS MINEROS**

Tesis para optar el Título de **Ingeniería Industrial**, que presenta el bachiller:

**VANESSA SOFÍA, BENITES ALIAGA**

**Asesor: Ing. César Augusto Corrales Riveros**

Lima, 2017

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como principal objetivo eliminar o reducir las actividades que no añaden valor al producto; y que, en caso contrario, generan retrasos durante la ejecución de las operaciones. Esto se busca conseguir a partir de la implementación de las 5'S, Mantenimiento Autónomo, chequeos de autocontrol y redistribución de planta. Así garantizar la sostenibilidad de la empresa dentro de un mercado exigente; así mismo, las propuestas de mejora a implementar, aseguran crear una cultura de autonomía sobre los procesos y mayor compromiso del personal.

El alcance de las propuestas de mejora se enfocará, como prueba piloto, en la fabricación de uno de los productos más representativos de la empresa. No obstante, los beneficios impactarán en toda la planta y en el resto de los productos a fabricar, ya que existe mucha similitud en la secuencia de operaciones entre un producto y otro. Así mismo, se destinará el plazo de un año, para la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing y la propuesta de distribución de planta.

Lo primero que se realizará es el análisis de la situación actual de la empresa, el cual partirá de un VSM actual, seguido por diagrama causa-efecto a nivel macro y lo siguiente será enfocarse en aquellas causas seleccionadas como las más críticas. A continuación, se elaborará un diagrama de red con el que se identificarán las actividades críticas que en la actualidad surgen y deben ser eliminadas o corregidas. Así mismo, se emplea la teoría de estudio de métodos para poder diagramar las operaciones de dichas actividades. Finalmente, identificado las principales pérdidas del proceso, se procede a identificar las oportunidades de mejora en la que se emplearán las herramientas seleccionadas.

Como consecuencia de las mejoras implementadas, se espera obtener un 80% de OEE, 90% de Rendimiento, 100% de Calidad y 91% de Disponibilidad; así mismo, reducir a 2 y cero horas perdidas por máquina inoperativa y accidentes respectivamente. Todo esto acompañado de un  $TIR > COK$  y un indicador Beneficio/Costo mayor a 1.



TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial

ALUMNA : VANESSA SOFÍA BENITES ALIAGA

CÓDIGO : 2008.4088.12

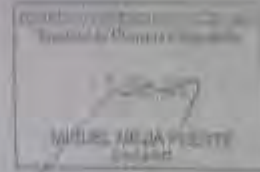
PROPUESTO POR : Ing. César A. Corrales Riveros

ASESOR : Ing. César A. Corrales Riveros

TEMA : ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA DE SISTEMAS DE IZAJE PARA CENTROS MINEROS

N° TEMA : # 4352

FECHA : San Miguel, 13 de febrero de 2017



**JUSTIFICACIÓN:**

En las últimas dos décadas América Latina ha vivido un notable crecimiento de empresas de servicios globales; este aumento de dichos negocios se notó tanto en países grandes como Argentina, Brasil y México como también en países medianos como lo son Colombia, Chile y Perú<sup>1</sup>. Este rápido desarrollo corresponde en gran parte a actividades que empresas multinacionales solían operar internamente y que se han ido externalizando en países emergentes. Así mismo, otro factor que facilitó dicho aumento fue la reducción de las barreras para el comercio internacional de servicios<sup>2</sup>.

Dentro del crecimiento de empresas de servicios globales, se encuentran aquellas dirigidas al sector minero e industrial. Siendo el Perú, país con mayor participación en el sector minero; por lo que, importantes empresas mineras requieren servicios dentro del rubro de la metalmecánica para la implementación de diferentes proyectos en la minería peruana.

No obstante, la demanda de trabajos de metalmecánica se ve afectada por la variabilidad de los precios de los metales y también por la baja de inversiones mineras en el país; por lo tanto, las micro y medianas empresas destinadas a satisfacer dichas necesidades de las compañías mineras se ven afectadas con notables caídas en sus respectivas utilidades<sup>3</sup>.

Debido a este acontecimiento, las empresas, hoy en día, buscan la diversificación en sus servicios, para así amortiguar el impacto generado por factores externos no controlables provenientes de la cotización del precio de los minerales.

<sup>1</sup> International Trade in Goods and Services Database (ITSD), 2016, revisada 2016 en los informes de política global, primer y segundo Semestre 2016. Consultado en 2017. <http://www.wto.org/english/press/pr/2016/pr160101.htm> y <http://www.wto.org/english/press/pr/2016/pr160201.htm>

<sup>2</sup> WACOTSAVAL, 2015. [www.wacotsaval.com](http://www.wacotsaval.com)

<sup>3</sup> OJARO GONZALEZ, 2015. [www.ojarogonzalez.com](http://www.ojarogonzalez.com)



Sin embargo, para poder cumplir con el deseo de diversificar los servicios, lo aconsejable es atacar a las pérdidas internas de la empresa, como lo es en mano de obra, maquinaria e infraestructura.

Por lo tanto, a partir del desafío que viven las empresas metalmeccánicas y la necesidad de cumplir con las exigencias del sector minero e industrial, las empresas deben enfocarse en aplicar metodologías y herramientas de mejora continua las cuales se encuentren debidamente adaptadas a las necesidades propias del negocio. Dentro de estas herramientas, se encuentra un nuevo modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor a los clientes llamado Lean Manufacturing (manufactura esbelta, producción limpia o producción sin desperdicios). Los beneficios obtenidos a partir de la aplicación de dichas herramientas y metodología ayudarán a entregar un servicio al cliente en un corto plazo, con la minimización de desperdicios, operarios más capacitados, equipos o maquinaria en buenas condiciones de operatividad, reducción de costos innecesarios, mayor calidad y eficiencia en cada actividad del flujo de producción y en el resultado final.

Por estos motivos se desarrollará un estudio que implique el diagnóstico, análisis y propuesta de mejora de procesos de una empresa metalmeccánica de sistemas de izajes para el sector minero.

#### OBJETIVO GENERAL:

Realizar el análisis y desarrollo de una propuesta de mejora en el flujo de procesos para la ejecución e implementación de proyectos mineros de una empresa metalmeccánica.

#### OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Elaborar el marco teórico, en el que se identifique las herramientas necesarias para el desarrollo de la propuesta de mejora.
- Desarrollar el análisis y diagnóstico del estado actual de la empresa y del servicio a enfocarse.
- Aplicar herramientas de Manufactura Esbelta y de mejora continua en una empresa de rubro metalmeccánico que trabaja por proyectos.
- Realizar una evaluación económica desde el punto de vista de Costo - Beneficio y su viabilidad de las propuestas establecidas.

#### PUNTOS A TRATAR:

##### 1. Marco teórico.

Se presentarán los conceptos de la filosofía Lean Manufacturing y sus respectivas herramientas; así mismo la descripción de metodologías y otras herramientas de soporte aplicables al caso de estudio.



- b. **Descripción y diagnóstico de la situación actual.**  
Se detallará el sector al cual los servicios de la empresa elegida van dirigidos; se mencionará a los proveedores y clientes de la compañía. Adicionalmente, se describirá la cadena de valor actual de la empresa y las pérdidas respectivas, y se analizarán las actividades críticas.
- c. **Propuestas de mejora.**  
En base al diagnóstico de la situación actual de la empresa, se propondrá y describirán las etapas para la implementación de las 5'S, la metodología de Mantenimiento Autónomo, Chequeos de autocontrol y redistribución de planta; así, eliminar y reducir pérdidas encontradas del mapeo de procesos de la empresa.
- d. **Evaluación económica.**  
Se desarrollará una evaluación técnica y de costo-beneficio de las propuestas de mejora elegidas, estableciendo así el alcance y la factibilidad de la implementación de las mismas a partir de las necesidades del servicio y empresa en estudio.
- e. **Conclusiones y Recomendaciones.**

*Máximo: 100 páginas*

  
ASESOR

*B*

## INDICE

RESUMEN .....	1
INDICE DE FIGURAS .....	2
INDICE DE TABLAS .....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
1. MARCO TEÓRICO .....	5
1.1. Definición de Proceso .....	5
1.1.1. Elementos y recursos de un proceso .....	5
1.1.2. Tipos de procesos .....	6
1.2. Mejora Continua de los procesos .....	7
1.2.1. Beneficios .....	8
1.2.2. Círculo de Deming .....	8
1.3. Lean Manufacturing .....	10
1.3.1. Definición .....	10
1.3.2. Objetivos .....	10
1.3.3. Concepto de despilfarros vs valor añadido .....	10
1.4. Técnicas de Lean Manufacturing .....	12
1.4.1. 5'S .....	13
1.4.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM) .....	14
1.4.3. Mantenimiento Autónomo .....	16
1.4.4. Kaizen .....	18
1.4.5. Técnicas de Calidad: Chequeos de autocontrol .....	19
1.4.6. Control Visual .....	19
1.5. Estudio de Métodos .....	20
1.5.1. Simbología .....	20
1.5.2. Metodología .....	20
1.6. Distribución de Planta .....	22
1.6.1. Tipos de Distribución de Planta .....	22
1.6.2. Factores que afectan la Distribución .....	23
1.6.3. Métodos de Distribución o Redistribución de planta .....	23
1.7. Teoría de Redes .....	25
1.7.1. CPM: Método de la ruta crítica .....	25
1.8. Herramientas de Calidad .....	27
1.8.1. Histograma .....	27
1.8.2. Gráficos de Pareto .....	27
1.8.3. Diagrama Ishikawa .....	28
1.8.4. Diagramas de Flujo .....	28

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	29
2.1. Sector y Actividad económica .....	29
2.2. Descripción general de la empresa .....	29
2.3. Principios Organizacionales .....	30
2.4. Estructura Organizacional de la empresa .....	31
2.4.1. Mapa de procesos de la empresa .....	32
2.5. Descripción de instalaciones de la empresa .....	33
2.6. Equipos y herramientas de trabajo .....	33
2.6.1 Materia prima y herramientas .....	33
2.6.2. Recurso Humano a nivel operativo .....	34
2.7. Productos ofrecidos por la empresa .....	34
2.8. Proceso de ejecución de un producto .....	35
3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO ACTUAL.....	37
3.1. Selección del producto principal de objeto de estudio .....	37
3.1.1. Cantidad de pedidos por producto al año.....	37
3.1.2. Plazo de entrega por producto .....	38
3.1.3. Ingreso neto por producto al año .....	38
3.1.4. Porcentaje de incidencias de accidentes o incidentes por producto .....	39
3.2. Problemática actual .....	40
3.2.1. Recursos para la fabricación de un Skip .....	44
3.2.2. Diagrama de red: CPM .....	45
3.2.3. Diagrama de Operaciones actividades críticas .....	48
3.2.4. Distribución actual de Planta.....	50
3.3. Diagnóstico de la situación actual .....	52
4. PROPUESTA DE MEJORA.....	56
4.1. Implementación de las 5'S y Mantenimiento autónomo .....	56
4.1.1. Planteamiento de la situación actual respecto a las 5'S y Mantenimiento Autónomo .....	57
4.1.2. Planteamiento de la situación propuesta respecto a las 5'S y a Mantenimiento Autónomo .....	59
4.3. Reordenación del área para fabricación y montaje .....	77
4.4. Beneficios esperados.....	84
5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO .....	86
5.1 Evaluación económica para la etapa Planear e implementación de SEIRI y SEITON .....	87
5.2. Evaluación económica de la implementación de Mantenimiento Autónomo y tres S's .....	92
5.3. Evaluación económica de la redistribución de planta y chequeos de autocontrol.....	97
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	100

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: "Mapa de Procesos" .....	7
Figura 2: "Ciclo PDCA" .....	9
Figura 3: "Casa Toyota Adaptada" .....	12
Figura 4: "¿Qué son las 5'S?" .....	13
Figura 5: "Esquema de componentes del OEE" .....	15
Figura 6: "Tipos de deterioro de un equipo " .....	17
Figura 7: "Simbología de mapa de procesos" .....	20
Figura 8: "Ejemplo de diagrama de red de actividades en una empresa" .....	25
Figura 9: "Ejemplo final CPM" .....	26
Figura 10: "Ejemplo de cronograma CPM" .....	26
Figura 11: "Ejemplo de Histograma" .....	27
Figura 12: ejemplo de grafico pareto .....	27
Figura 13: ejemplo de diagrama ishikawa .....	28
Figura 14: organigrama de la empresa.....	31
Figura 15: mapa de procesos de la empresa.....	32
Figura 16: Ejemplo sist izaje 1 .....	34
Figura 17: Fabricacion de un skip .....	34
Figura 18: Ejemplo sist. izaje 2 .....	35
Figura 19: ejemplo de jaula .....	35
Figura 20: Diagrama de Flujo del procedimiento de ejecución de un producto.....	36
Figura 21: Demanda de productos en los tres ultimos años.....	38
Figura 22: Plazo de entrega por productos en días.....	38
Figura 23: Ingreso neto por producto en promedio al año en miles de dolares.....	39
Figura 24: Porcentaje de ocurrencia de incidentes o accidentes por producto.....	39
Figura 25: Secuencia de montaje de un skip.....	40
Figura 26: VSM actual skip.....	41
Figura 27: Diagrama de causa y efecto para incumplimiento del plazo de entrega de skip .....	42
Figura 28: Diagrama Pareto de criticidad de causas identificadas.....	43
Figura 29: Diagrama de red de actividades.....	46
Figura 30: Avance real vs objetivo por día .....	46
Figura 31: Horas trabajadas por día.....	48
Figura 32: Avance real vs objetivo por dia act 52.....	48
Figura 33: Horas trabajadas por día.....	48
Figura 34: Diagrama de operaciones de cada componente.....	49
Figura 35: Porcentaje de ocurrencia por tipo.....	50

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Ejemplos de Control Visual .....	19
TABLA 2: Coeficiente constante por razon de empresa .....	24
TABLA 3: Asignación de recurso humano por operación .....	44
TABLA 4: Asignación de máquina por operación .....	44
TABLA 5: Características de equipo para maquinado .....	45
TABLA 6: Superficies Ss .....	50
TABLA 7: Superficies Sg .....	51
TABLA 8: Superficies Se .....	51
TABLA 9: Datos necesarios para el calculo de OEE .....	54
TABLA 10: Unidades a fabricar por operación .....	54
TABLA 11: Métricas actuales y a lograr .....	58
TABLA 12: Tabla de frecuencia de uso y ubicación correcta de elementos necesarios .....	64
TABLA 13: Ejemplo de tabla de tipos de anomalias .....	70
TABLA 14: Ejemplo Matriz de plan de acción para eliminar anomalias .....	70
TABLA 15: Ejemplo de formato estandar de limpieza e inspección .....	71
TABLA 16: Tabla de indicadores de mantenimiento autónomo .....	71
TABLA 17: Ejemplo de matriz de priorización de fuentes de contaminación .....	72
TABLA 18: Numero de operarios necesario para las siguiente operaciones .....	78
TABLA 19: Data necesaria para cálculos de análisis economico .....	86
TABLA 20: Data necesaria para cálculos de análisis economic .....	87
TABLA 21: Detalle de costos para la etapa planear .....	87
TABLA 22: Detalle de costos para implementación de SEIR y SEITON .....	88
TABLA 23: Beneficios de implantación inicial .....	89
TABLA 24: Datos para cálcuo de COK .....	90
TABLA 25: Mejoras obtenidas .....	90
TABLA 26: Flujo de caja economico del Beneficio 1 .....	91
TABLA 27: Detalle de costos para implementación de Mantenimiento autónomo .....	92
TABLA 28: Beneficios de mejora en Disponibilidad .....	93
TABLA 29: Beneficios de mejora en el Rendimiento .....	94
TABLA 30: Beneficios de mejora de calidad .....	95
TABLA 31: Flujo de caja económico del Beneficio 2 .....	96
TABLA 32: Detalle de costos para la redistribución de planta .....	97
TABLA 33: Beneficios de una redistribución de planta y chequeos de autocontrol .....	98
TABLA 34: Flujo de caja del Beneficio 3 y 4 .....	99

## INTRODUCCIÓN

La actividad económica minera es un rubro que representa una riqueza para el Perú, ya que ocupa el puesto siete de los TOP diez países con mayor producción de minerales a nivel mundial. Esta actividad representa un valor de 27,063 millones de dólares y tiene como principal ventaja competitiva la diversificación de sus minerales. Desde el punto de vista local, el sector minero, ha sido un detonante para el desarrollo de la economía peruana en la última década, debido a la inversión realizada, a su aportes económico y social. Adicionalmente, hasta fines del 2015, el PBI del sector de minería e hidrocarburos ha crecido 22.36% interanual y, en lo que va del año, el PBI de dicho sector se expandió un 9.27%<sup>1</sup>, indicador beneficioso para las empresas del rubro metal-mecánico. Sin embargo, cumplir con las exigencias, fundadas en el plazo de tiempo de duración de proyectos mineros, resulta complicado, ya que implica que las empresas respectivas tengan una gestión más eficiente de sus recursos; a su vez, buscando ser sostenible aun cuando factores externos como la variabilidad del precio de los metales puedan afectar a las empresas mencionadas.

Debido a dicha necesidad, el presente trabajo de tesis, presentará el estudio y análisis realizado a una empresa mediana del rubro metal-mecánico, con el objetivo de mejorar el desempeño de sus actividades eliminando las horas-hombre y horas-máquinas muertas. Esto se busca conseguir aplicando herramientas de Lean Manufacturing y redistribución actual de la planta.

En el primer capítulo se describirá el marco teórico, en el cual se detallará la teoría a ser utilizada como argumento al estudio. Como segundo capítulo, se contará con la descripción de la situación actual de la empresa y su organización. En el tercer capítulo, se analizarán las pérdidas actuales de la empresa; así mismo, se elaborará un diagnóstico de los problemas identificados, relacionándolos, tanto cuantitativa como cualitativamente, con las herramientas de Lean Manufacturing.

Dentro del cuarto capítulo, se presentarán las propuestas de mejora detallándolas cada una y describiendo los beneficios que éstas generarán al negocio. Por último, en el quinto capítulo, se realizará la evaluación económica, la cual se presentará como un análisis costo beneficio y, en general, ahorro económico para la empresa.

---

<sup>1</sup> "PBI minero sube a su mayor ritmo de los últimos 13 años"

<http://elcomercio.pe/economia/peru/pbi-minero-sube-su-mayor-ritmo-ultimos-13-anos-noticia-1875482>

Consulta hecha el 12 de mayo del 2016

# 1. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se definen los conceptos de las herramientas de la metodología Lean Manufacturing como las 5S's, TPM, el mantenimiento autónomo, chequeos de autocontrol y Kaizen; así mismo, conceptos relacionados con la distribución de planta; y, por último, se describen las herramientas de calidad, las cuales serán utilizadas en el análisis de la situación actual y en la propuesta de mejora.

## 1.1. Definición de Proceso

Definimos proceso, según Chang (1996), en términos generales, como una secuencia de pasos o actividades que interactúan entre sí para transformar elementos de entrada en bienes o servicios capaces de satisfacer las expectativas de distintas partes interesadas: clientes externos, clientes internos, accionistas, comunidad, etc. Por consiguiente, a partir de lo citado por un proceso es una serie de tareas que poseen un valor agregado, las cuales se vinculan entre sí, para transformar un insumo en un producto, ya sea este producto resultante un bien tangible o un servicio.

### 1.1.1. Elementos y recursos de un proceso

Según Maldonado (2011), los procesos implican una secuencia de actividades orientadas a generar un valor añadido sobre una ENTRADA para conseguir un resultado, y una SALIDA que a su vez satisfaga los requerimientos del cliente. Así mismo, las entradas o inputs se dividen en recursos e insumos; los primeros pueden ser tangibles o intangibles y pueden ser de distintos tipos: financieros, humanos, espacio físico, energía, informáticos, *know-how*, marco legal, etc. Por otro lado, los insumos son bienes materiales, los que serán procesados para la obtención de las salidas (outputs).

Por último, Pérez, 2010 menciona que, los outputs o salidas son los resultados o productos generados por la secuencia de actividades. "El producto del proceso ha de tener un valor intrínseco, medible o evaluable, para su cliente o usuario". Así mismo,

los procesos utilizan 6 recursos fundamentales para el desarrollo de las actividades secuenciales del proceso:

- **Mano de obra:** se compone del esfuerzo o las capacidades humanas (del trabajador), que pueden ser tanto físicas como intelectuales; en ambos casos, aplicadas a la materia prima.
- **Materiales o suministros:** incluye a todas las entradas a ser transformadas, es decir, las materias primas, las partes en proceso y la información para su correcto uso.
- **Maquinaria y equipo:** instalaciones, maquinaria, hardware y software que complementan al factor trabajo y permiten la realización de los procesos; así mismo, los niveles de precisión y exactitud dependen de su adecuada calibración, mantenimiento y oportuno remplazo.
- **Métodos:** definición formal y estandarizada de las políticas, procedimientos, normas e instrucciones empleadas para la ejecución de una determinada operación.
- **Medios de control:** herramientas utilizadas para evaluar el desempeño y los resultados de cada operación o de todo el proceso.
- **Medio Ambiente:** está constituido por las fuentes naturales; también consiste en un entorno en el cual se lleva a cabo el proceso, incluye el espacio, la ventilación, la seguridad, la iluminación, etc.

### **1.1.2. Tipos de procesos**

Según Pérez (2010), existen, a nivel más amplio, tres tipos de procesos, los cuales van acorde a los resultados finales que se consiguen en una organización; en la Figura 1 se muestran los tipos de procesos existentes en una empresa.

- **Procesos estratégicos:** son procesos vinculados al ámbito de las responsabilidades de la dirección y enfocadas a largo plazo; así mismo, están relacionados con la planificación, desarrollo de la misión, visión y valores de la

organización. Adicionalmente, éstos, al proporcionar directrices y límites a los demás, afectan e impactan en toda la empresa.



Figura 1: "Mapa de Procesos"  
Fuente: Pérez (2010)

- **Procesos clave (operativos):** son la razón de ser del negocio, son los principales responsables en poder lograr los objetivos trazados por la organización. Así mismo, son procesos ligados directamente a la transformación de los recursos para obtener un producto o brindar un servicio.
- **Procesos de soporte:** aquellos que proporcionan los recursos necesarios y apoyan al desarrollo de los procesos clave de la organización. Estos procesos son, en muchos casos, determinantes para que puedan conseguirse los objetivos de los procesos dirigidos a cubrir las necesidades y expectativas de los clientes (Pérez 2010)

## 1.2. Mejora Continua de los procesos

Se entiende por mejora de procesos al estudio y evaluación de todos los elementos de los mismos; es decir, la secuencia de actividades, sus entradas y salidas, con el objetivo de poder optimizarlos en función a la reducción de costos y el incremento de la calidad del producto y de la satisfacción del cliente (Krajewski, 2008). Así mismo,

mejora continua significa que el indicador más fiable de la mejora de la calidad de un servicio sea el incremento continuo y cuantificable de la satisfacción del cliente. Esto exige a la organización o empresa implementar un ciclo integrado anual de planificación de actividades y crear, a partir de un liderazgo firme y sostenido, una cultura de mejora continua. Así lograr participación activa de toda la organización y formar directores de línea, quienes se conviertan en los propietarios y conductores del proceso de mejora continua (Hernández, 2013).

Por lo tanto, la mejora continua de los procesos, es entonces, según Krajewski, 2008, una estrategia de gestión que consiste en el desarrollo de mecanismos que permitan mejorar el desempeño de los procesos y, a su vez, elevar la satisfacción de los clientes.

### **1.2.1. Beneficios**

La mejora continua de procesos no solo tiene sentido para empresas manufactureras, sino también para las dedicadas a ofrecer servicios; por lo que éstas últimas reciben los siguientes beneficios a partir de implementar este sistema en sus organizaciones:

- Contar con un proceso documentado; así, todas las personas que son partícipes de dicho proceso lo conozcan y todos lo apliquen de la misma manera cada vez
- Implementar algún tipo de sistema de medición que permita determinar si los resultados esperados de cierto proceso se están logrando (indicadores de gestión).
- Participación de todas o algunas personas relacionadas directamente con el proceso ya que son estas personas las que día a día tienen que lidiar con las virtudes y defectos del mismo.

### **1.2.2. Círculo de Deming**

También conocido como el ciclo de Deming o ciclo de mejora continua, cuyo nombre PDCA viene de las siglas PLANIFICAR, HACER, VERIFICAR Y ACTUAR. Este ciclo es una metodología, la cual describe los cuatro pasos esenciales que se deben llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua, entendiéndose como tal al mejoramiento permanente de la calidad (disminución de fallos, aumento de la

eficacia y eficiencia, solución de problemas, previsión y eliminación de riesgos potenciales)<sup>1</sup>.



Figura 2: "Ciclo PDCA"  
Fuente: Arverson (2014)

- **Planear:** En esta fase se logra ganar la aceptación del equipo en aquello que requiere nuestra atención.; así mismo, consiste en tener un sistema, tanto en planta como en las áreas administrativas, el que cuenta con canales para las oportunidades de mejora.
- **Hacer:** Esta etapa consiste en la ejecución de lo que se planeó; no obstante, se requiere de ensayos y ajustes hasta conseguir una implementación eficaz y sencilla de poder mantener en el tiempo.
- **Verificar:** En esta fase se verifica que los logros obtenidos no sean casuales, sino que realmente sean una consecuencia de los cambios realizados.
- **Actuar:** Fase en la que se trata de estandarizar la nueva situación mejorada; es decir, los cambios son incorporados como característica del sistema. Así mismo, en esta etapa se reflexiona sobre lo aprendido en todo el ciclo e iterar el ciclo PDCA. Adicionalmente, haciendo referencia al texto de Gabor (1990), el enfoque de Deming y el nivel de mejoras que buscaba estaba en procesos de producción industrial. En la sociedad post- industrial moderna, aún se necesitan este tipo de mejoras, pero los

<sup>1</sup> Balanced Scorecard Institute. 2014. "The Deming Cycle". Consulta 15 de agosto de 2015  
<<http://balancedscorecard.org/Resources/Articles-White-Papers/The-Deming-Cycle>>

controles reales de rendimiento a menudo se producen en el nivel de la estrategia empresarial. Por lo que la implementación estratégica es otro proceso, pero tiene relativamente variaciones a largo plazo; debido a que, las grandes empresas no pueden cambiar tan rápidamente como unidades de pequeñas empresas.

### 1.3. Lean Manufacturing

Toyota inventó la "producción lean", lanzado durante la última década, a prácticamente toda la industria; así, generar una transformación global del sistema de fabricación y de la cadena de proveedores a la filosofía de Toyota y sus métodos. El sistema de producción de Toyota es la base de cadenas de libros sobre *lean* como: "La máquina que cambió el mundo la historia de la producción lean" y "Lean Thinking". Gracias a la implementación de la filosofía Lean, Toyota obtuvo grandes resultados como su elevada calidad, alta productividad, rapidez en su fabricación y flexibilidad; por lo que, es copiada como lo mejor en su clase por sus competidores en todo el mundo<sup>2</sup>.

#### 1.3.1. Definición

Entonces, en qué consiste Lean Manufacturing; según Hernández (2013), es un sistema y filosofía de mejora de procesos de manufactura y servicios, basados en la eliminación de desperdicios y actividades que no añaden valor al proceso. Así, se alcanzará resultados inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad del negocio.

Adicionalmente, al implementar Lean Manufacturing como un proceso de mejora continua los beneficios específicos son los siguientes: reducción de los costos de producción, de los inventarios, del lead time, mejora en la calidad, menor uso de mano de obra, mayor eficiencia en los equipos, mayor flexibilidad para reaccionar ante cambios, eliminación sistemática de los desperdicios.

---

<sup>2</sup> Exceleant. Excellence in logistics consulting. 2010. Consulta 15 de agosto de 2015.  
<<http://leanlogisticsexecution.blogspot.pe/>>

### 1.3.2. Objetivos

- Aplicar métodos de organización de trabajo junto con técnicas dirigidos a problemas específicos; así, conseguir simplificación de operaciones y reducción de costes.
- Lograr el compromiso e involucramiento constante de la alta dirección, ejerciendo acciones de motivación y comunicación con todos los niveles de la empresa con mira a la mejora continua.
- Garantizar que el personal en producción sea el primero en intentar solucionar primero los problemas en su área de trabajo.
- Conseguir que la detección de fallos se realice en la fuente creando mecanismos sencillos que detecten inmediatamente los problemas.
- Garantizar que todos los colaboradores estén regularmente informados sobre las necesidades de los clientes, de su grado de satisfacción y de los métodos a utilizar para su satisfacción.

### 1.3.3. Concepto de despilfarros vs valor añadido

Según Hernández (2013), Lean Manufacturing propugna un cambio cultural a partir de analizar y medir la productividad y eficiencia de todos los procesos en términos de “despilfarros” y “valor añadido”. El autor menciona como caso la experiencia que viven muchas empresas al usar sus respectivos indicadores de productividad como medida clave del rendimiento de sus procesos; sin embargo, las mediciones se realizan sin plantearse si está bien o no, o si tiene o no “valor”. Por lo tanto, esta situación puede ocultar todo el potencial de mejora de competitividad y costes.

Por otro lado, este autor aclara que la filosofía Lean no se basa en los desperdicios, sino en el valor que se añade cuando todas las actividades tienen un único objetivo de transformar las materias primas del estado en que se han recibido a otro de superior acabado que algún cliente esté dispuesto a comprarlo. Por lo tanto, para Lean despilfarro consiste en todo aquello no añade valor al producto.

## 1.4 Técnicas de Lean Manufacturing

Según Hernández (2013), Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementando con éxito en empresas de muy diferentes sectores. Estas técnicas se pueden implementar independientemente o en conjunto, de tal manera que se atiende a las características específicas de cada caso.

Para Hernández (2013) las técnicas se deben agrupar en 3 grupos. El primer grupo está conformado por aquellas técnicas, cuyas características son aplicables a cualquier realidad de una empresa, producto o sector. El segundo grupo está formado por aquellas que son de mayor compromiso y cambio cultural de todas las personas. Por último, el tercer grupo, se encuentran las técnicas más específicas, las cuales cambian la manera de planificar, programar y controlar la producción. En la figura 3, muestra la “casa del sistema de producción Toyota”. Ésta demuestra que siempre y cuando las bases y las columnas sean sólidas, toda la casa Toyota también se mantendrá estable.



Figura 3: "Casa Toyota Adaptada"  
Fuente: Hernández (2013)

### 1.4.1. 5'S

Esta herramienta tiene mucha conexión con la aplicación de los principios de orden y limpieza en el área de trabajo. Así mismo, es la técnica del sistema Lean Manufacturing más utilizada y aplicada en todo el mundo, debido a los grandes resultados, sencillez y efectividad.

El acrónimo "5'S" corresponde a las iniciales de las cinco palabras en japonés que definen la herramienta, y son las siguientes: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Los resultados de esta herramienta son cuantificables y tangibles para todos; así mismo, utilizan gran componente visual y de alto impacto en un corto tiempo de plazo.

A continuación, en la Figura 4, se muestra gráficamente los cinco pasos; adicionalmente, se presentan los siguientes síntomas disfuncionales, los cuales las 5'S tiene como objetivo evitar:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, otros.
- Desorden: pasillos ocupados, técnicas sueltas, entre otros.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.
- Número de averías más frecuente de lo normal.
- Desinterés de los empleados por su área de trabajo.
- Movimientos y recorridos innecesarios por parte del personal.



Figura 4: "¿Qué son las 5'S?"  
Fuente: Hernández (2013)

#### 1.4.2. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Mantenimiento Productivo Total (TPM) consiste, según Hernández, 2013, en un conjunto de múltiples acciones las que persiguen eliminar las pérdidas por tiempo de parada de máquina; a su vez de fomentar la participación y motivación de todos los colaboradores. Por lo tanto, TPM propone los siguientes objetivos o estrategias:

- Maximizar la eficacia global que cubra la vida entera del equipo.
- Establecer un sistema de mantenimiento progresivo global que cubra la vida entera del equipo.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
- Implicar activamente a todos los colaboradores desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo mantenimiento autónomo de empleados y actividades en pequeños grupos.

Según Hernández (2013), la implantación de TPM se reduce a cuatro fases o etapas, las cuales funcionan como una metodología adecuada a las características de la empresa; mayor detalle se describe en el ANEXO A. A continuación, se describe cada una de estas fases.

##### A. Volver a situar la línea en su estado inicial

La meta es que las condiciones iniciales, al inicio del arranque de producción o al iniciar las actividades de la empresa por primera vez, sean las mismas al pasar el tiempo. Es una situación ideal, pero alcanzable.

##### B. Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso

La fuente de suciedad consiste en un lugar que, a pesar de que se limpie constantemente o se contenga de algún la suciedad, sigue generando contaminación. Por lo cual, se genera mal funcionamiento o anomalías en los equipos o maquinarias.

### C. Aprender a inspeccionar el equipo

Para el TPM es fundamental que los operarios, poco a poco, se encarguen de más tareas propias del mantenimiento. Por lo tanto, es imprescindible la formación de los operarios y así puedan conocer más el funcionamiento de las máquinas.

### D. Mejora continua

En esta fase, los operarios encargados de la fabricación o montaje realizan tareas de TPM de manera autónoma y, a su vez, proponen mejoras en las máquinas, las cuales beneficien el proceso ante cualquier situación. Así mismo, en esta etapa se define un sistema de indicadores accesible para poder medir, analizar y evaluar los resultados. Indicadores como el rendimiento de la mano de obra, horas dedicadas a trabajos críticos, costes de reparación y otros.

El índice de Eficiencia Global (OEE), ver Figura 5, es un indicador que se calcula diariamente para un grupo de máquinas. Se utilizan índices de Disponibilidad, Eficiencia y Calidad; de manera que el OEE es el producto de dichos tres índices.

- Disponibilidad (D): fracción de tiempo que el equipo está operando realmente reflejando las pérdidas por fallas o paradas.
- Eficiencia (E): Mide el nivel de funcionamiento del equipo viendo las pérdidas por tiempos muertos o paradas menores.
- Calidad (C): Mide la fracción de la producción que cumple los estándares de calidad reflejando la parte del tiempo utilizada en la producción de piezas defectuosas.



Figura 5: "Esquema de componentes del OEE"  
Fuente: Hernández (2013)

### 1.4.3. Mantenimiento Autónomo

Según Suzuki (2005), el TPM mejora los resultados empresariales y crea lugares de trabajos agradables y productivos cambiando el modo de pensar y trabajar con los equipos de todo el personal. El Mantenimiento Autónomo es uno de los pilares básicos más importantes del TPM. El departamento de producción es quien aplica el mantenimiento autónomo como base fundamental para conseguir mejoras y excelentes resultados. Uno de las funciones de dicho departamento es detectar y tratar con prontitud las anomalías del equipo, que es precisamente el objetivo de un buen mantenimiento. Es así que, según el Suzuki (2005), los objetivos del programa de mantenimiento autónomo son:

- Evitar el deterioro del equipo a través de una operación correcta y chequeos diarios.
- Llevar el equipo a su estado ideal a través de su restauración y una gestión apropiada.
- Establecer condiciones básicas necesarias para tener el equipo en buen estado constantemente.
- Utilizar el equipo como medio para enseñar nuevos modos de pensar y trabajar.

#### A. Generalidades

Es común que entre los departamentos de producción y mantenimiento existan conflictos, debido a fallos de los equipos que no son resueltos rápidamente o constantemente se averían a pesar de haber sido reparados. Por lo tanto, con el programa de Mantenimiento Autónomo los departamentos de mantenimiento facilitan instrucciones técnicas hacia los operarios (departamento de producción), de manera que éstos preparen y sigan estándares de inspección en sus equipos. (Suzuki, 2005).

Una de las actividades más resaltantes del Mantenimiento Autónomo es centrarse en la prevención del deterioro de equipos/maquinaria. Una parte de la prevención del deterioro forzado de los equipos es establecer y mantener las condiciones básicas de los equipos a través de la limpieza, lubricación y ajustes. En la siguiente Figura 6 se muestra los dos tipos de deterioro de un equipo y las acciones respectivas.

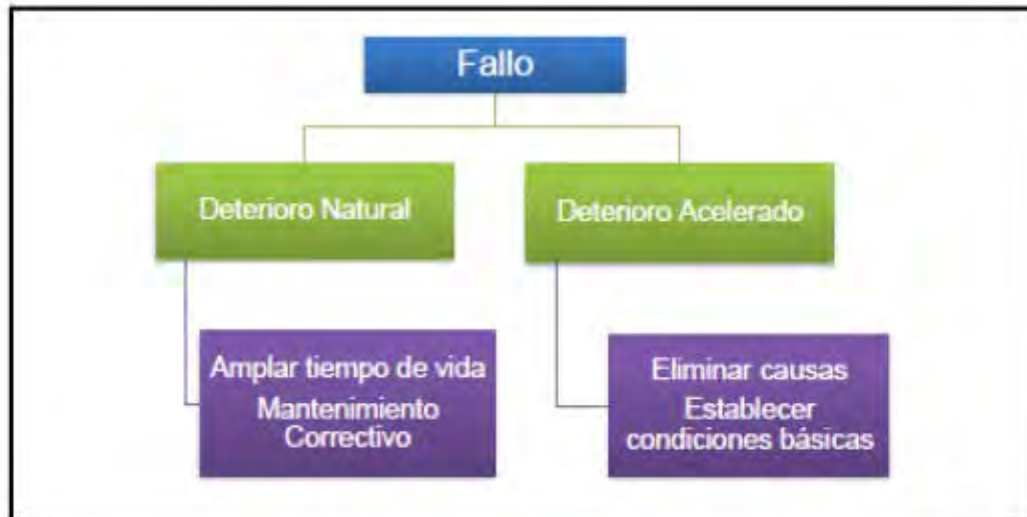


Figura 6: "Tipos de deterioro de un equipo "  
Fuente: Suzuki (2005)

## B. Metodología

Según el Suzuki (2005), la implementación del Mantenimiento Autónomo sigue siete pasos, empezando por la limpieza inicial y procediendo regularmente hasta la plena autogestión. Los pasos del 1 al 3 tienen como prioridad suprimir los elementos que causen el deterioro forzado o acelerado del equipo; además, de conseguir que los operarios se interesen y responsabilicen por sus máquinas.

En los pasos 4 al 5, los líderes de grupos enseñan procedimientos de inspección a sus miembros; así mismo, la inspección se amplía desde las unidades de equipos hasta procesos enteros. Por último, los pasos 6 y 7 están pensados para reforzar y elevar el nivel del mantenimiento autónomo y actividades de mejora; así logrando estandarizar sistemas y métodos. Así, se amplía la esfera de acción desde los equipos hacia otras áreas. El objetivo de todos estos pasos es lograr tener una organización sólida y una cultura en la que cada lugar de trabajo sea capaz de autogestionarse. Adicionalmente, en el ANEXO B, se describe con mayor detalle en qué consiste cada uno de estos siete pasos de la metodología.

#### 1.4.4. Kaizen

Según Maazaki (1995), Kaizen es más que una herramienta o técnica, es la denominación que se le da al ser el verdadero impulsor del éxito del sistema Lean. Kaizen significa "cambio para mejorar", deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN-bueno. En sí esta palabra es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar al sistema hasta llevarlo al éxito.

Las características esenciales de Kaizen son las siguientes:

- Requiere evaluación permanente y constante
- Requiere disciplina
- Enfatiza en el uso documentario
- Requiere estandarización
- Requiere la mejor solución
- Requiere el uso de tiempo administrativo
- Ayuda a la visualización del trabajo en grupo.

Como apoyo a la realización de Kaizen en la organización, se debe de contar con un círculo de actividades de mejora continua que permita involucramiento de todos con grandes beneficios. Dichas actividades consisten en los siguientes puntos:

- Trabajar como parte de un equipo, dirección, logística y resolución de problemas en equipo.
- Crear confianza entre los miembros del equipo cuando éstos se sienten que han contribuido al éxito de la compañía.
- Atacar los problemas críticos como si fueran "cientos de manos" disponibles.

#### 1.4.5. Técnicas de Calidad: Chequeos de autocontrol

Según Hernández (2013), la calidad es el compromiso de la empresa en hacer las cosas "bien a la primera"; así alcanzar la satisfacción plena de los clientes (internos como externos). Por lo tanto, el esfuerzo por asegurar la calidad debe ser continuo; es así que los operarios se convierten en inspectores de calidad. De tal forma que los defectos son inmediatamente identificados durante el proceso y reparados o solucionados.

#### 1.4.6. Control Visual

Según Womack (1991), las presentaciones visuales son un distintivo de manufactura esbelta. Estas presentaciones mantienen el flujo de la comunicación importante entre la gerencia de manufactura esbelta y los operarios. Así mismo, el control visual se convierte en la herramienta Lean, la cual convierte la dirección por especialistas, en una dirección simple.

Adicionalmente a lo mencionado en el párrafo anterior, el control visual incluye métodos de aplicación, cada uno adecuado a diferentes objetivos o problemas de gestión. A continuación, la tabla 1 muestra los diferentes ejemplos de control visual.

TABLA 1: Ejemplos de Control Visual

Control visual de espacios y equipos	Documentación visual en el puesto de trabajo
Identificación de espacios y equipos	Hojas de instrucciones, estudios de tiempos/movimientos, planificación del trabajo
Identificación de actividades, recursos y productos	
Marcas sobre el suelo	Instrucciones de mantenimiento, cambios y ajustes
Marcas sobre técnicas y estándares	
Áreas de comunicación y descanso	Especificaciones del producto, listas de piezas, identificación de defectos comunes en materiales y productos
Información e intrucciones	
Limpieza	
Control visual de producción	Control visual de la calidad
Programa de producción	Señales de monitorización de máquinas
Identificación de stocks	Control estadístico de proceso
Identificación de reprocesos	Registros de problemas
Identificación de trabajos en proceso	

Fuente: Hernández (2013)

## 1.5. Estudio de Métodos

Según el grupo Strategas Consultant (2007), es una de las técnicas más antiguas, más simples y más valiosas para la racionalización del trabajo. Un mapa o diagrama de procesos es la representación visual de la secuencia de eventos para construir un producto o producir un resultado. Adicionalmente, se puede incluir información adicional, como el tiempo de ciclo, el inventario y la información del equipo. Así mismo, los beneficios del proceso de mapeo son: Enfoque en los residuos, agilizar los procesos de trabajo, estandariza y promueve la comprensión minuciosa y profunda de los procesos

### 1.5.1. Simbología

Frank Gilbreth a inicios de los 1900's inventó un sistema original, simple y visual de simbología para entender el mapa de procesos de un producto o servicio. Dicha simbología permite mostrar la secuencia de acontecimientos, en la siguiente Figura 7 se presenta la simbología a ser utilizada en el presente estudio.















Process Chart Symbols				
Sym	Name	Action		Examples
	<b>Operation</b>	Adds Value		Saw, Cut, Paint, Solder, Package
	<b>Transport</b>	Moves Some Distance		Convey, Fork Truck, OTR Truck
	<b>Inspect</b>	Check For Defects		Visual Inspect, Dimension Inspect
	<b>Delay</b>	Temporary Delay/Hold		WIP Hold, Queue
	<b>Storage</b>	Formal Warehousing		Warehouse or Tracked Storage Location
	<b>Handle</b>	Transfer Or Sort		Re-Package, Transfer To Conveyor
	<b>Decide</b>	Make A Decision		Approve/Deny Purchase

Figura 7: "Simbología de mapa de procesos"  
Fuente: Strategas Consultants (2007)

### 1.5.2. Metodología

Para aplicar esta herramienta se sigue una serie de pasos o indicaciones generales, las cuales permitirán desarrollar un adecuado mapeo de procesos. A continuación, se describe cada paso a seguir. (Strategas Consultant, 2007)

#### A. Identificar el producto/servicio

A partir de factores se deberá de seleccionar el producto a analizar; adicionalmente, el equipo de trabajo debe de enfocarse en elegir un producto específico, el cual les permita encontrar actividades que agregan y no valor. Por lo tanto, la decisión de qué analizar se debe de llevar a cabo con mucho cuidado.

#### B. Flujo de información

A diferencia de un Value Stream Mapping, en el que se ve claramente el flujo de información tangible e intangible; en un mapeo de procesos la información circula en paquetes. Es decir, la información de las actividades es reducida a una orden de trabajo, o también a un componente necesario para completar una actividad.

#### C. El equipo

Se recomienda armar un equipo de todas las áreas y varios niveles; es importante incluir a los técnicos u operarios, porque son quienes conocen los detalles de lo que realmente sucede en la planta.

#### D. Dibujar o diagramar el mapa de trabajo

Durante una sesión en equipo se desarrolla el diagrama tanto para niveles de menor o mayor especificación; cabe resaltar que la mayoría de pérdidas están a nivel micro.

## 1.6. Distribución de Planta

Según Muther (1977), la disposición de planta se define como la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación sea industrial o de servicios. Esta ordenación comprende los espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, los colaboradores directos o indirectos y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación. Por último, esta disposición de planta puede ser una disposición física ya existente o una nueva disposición proyectada.

### 1.6.1. Tipos de Distribución de Planta

Según Muther (1977), existen tipos de distribución de planta de acuerdo a las actividades o procesos y recursos con los que cada empresa cuenta. A continuación, se describirán los diferentes tipos de distribución.

- Distribución por componente principal fijo

Esta distribución se utiliza en los casos en que el material sea voluminoso, pesado y se produzcan pocas unidades del mismo; por lo tanto, toda la maquinaria, mano de obra y demás equipos necesarios se llevan hacia él.

- Distribución por proceso

Esta es la distribución en la cual todas las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas; se utiliza frecuentemente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y de un volumen relativamente pequeño de cada producto.

- Distribución por producto o en línea

Este tipo de distribución comúnmente denominado "distribución de producción en cadena", corresponde al caso en el que toda la maquinaria y equipos necesarios para la fabricación de determinado producto estandarizado se agrupan en una misma zona y se ordena de acuerdo con el proceso secuencial de fabricación. Se emplea en los casos con una elevada demanda de uno o varios productos más o menos estandarizados, o en la fabricación de productos específicos que tienen como base un producto genérico.

### 1.6.2. Factores que afectan la Distribución

Los factores que influyen en una distribución o redistribución están muy ligados a los objetivos del mismo, ya que dichos factores indicarán las áreas y equipo a ordenar. Por lo tanto, se obtengan reducción de costos de fabricación, mayor productividad y, sobre todo, seguridad y satisfacción para los colaboradores de la organización.

- Riesgos de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo
- Satisfacción del trabajador
- La productividad
- Retrasos de operación
- Material en proceso

### 1.6.3. Métodos de Distribución o Redistribución de planta

Según García (2005), para una distribución por proceso existen dos métodos, los cuales son el método de los eslabones y el del algoritmo básico de transposición. A continuación se describirá cada uno de estos dos métodos.

#### A. Cálculo de las superficies

Este método consiste en mejorar la ordenación relativa de los elementos físicos que integran el sistema, a partir de las interrelaciones existentes entre ellos. Por lo que, se trata de hallar caminos cortos, haciendo que los cruces y retrocesos sean mínimos. Se definirán dos puntos importantes de este método, el primero es la unidad de manutención y el segundo, el cálculo de superficies.

- Unidad de manutención (u.m.): Unidad de medida que se considera en cada estudio para tratar de homogeneizar los diversos materiales.
- Superficie estática ( $S_e$ ): Espacio ocupado físicamente por las máquinas dadas sus dimensiones.
- Superficie de gravitación ( $S_g$ ): Es la superficie utilizada alrededor de los puestos de trabajo por el operario y por el material para las operaciones en curso. Ésta superficie se obtiene para cada elemento multiplicando la superficie estática por

el número de lados a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados.

$$S_g = S_s \times N$$

- Superficie de evolución ( $S_e$ ): Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y para la manutención.

$$S_e = (S_s + S_g)(K)$$

- Superficie total: Sumatoria de todas las superficies ya mencionadas.
- K coeficiente constante: Este coeficiente puede variar desde 0.05 a 3 dependiendo la razón de la empresa; ver tabla 2, la cual muestra los diferentes coeficientes (K).

Tabla 2: Coeficiente constante por razón de empresa

Razón de la empresa	Coficiente K
Gran industria alimenticia	0,05 - 0,15
Trabajo en cadena, transporte mecánico	0,10 - 0,25
Textil - Hilado	0,05 - 0,25
Textil - Tejido	0,05 - 0,25
Relojería, Joyería	0,75 - 1,00
Industria mecánica pequeña	1,50 - 2,00
Industria mecánica	2,00 - 3,00

Fuente: García (2005)

#### B. Método del algoritmo básico de transposición

Según García (2005), este método consiste en elegir aquella distribución que minimice el coste de transporte total asociado. El procedimiento de este método parte de una distribución inicial que se identifica, en general, como "ijmn". Estos subíndices indican que el departamento "i" se encuentra situado en el lugar denominado 1, el "j" en el 2 y así sucesivamente.

## 1.7. Teoría de Redes

Según Frederick (2002), la modelación de redes permite la resolución de múltiples problemas mediante la implementación de algoritmos como el de optimización de redes. Dentro de los problemas más comúnmente resueltos mediante la modelación de redes se encuentran los modelos de transporte, transbordo además de los muy conocidos modelos de determinación de cronograma de actividades para proyectos como lo son el PERT y el CPM.

### 1.7.1. CPM: Método de la ruta crítica

El método de la ruta crítica CPM es un algoritmo diseñado para facilitar la planificación de proyectos. El resultado final del CPM será un cronograma para el proyecto, en el cual se podrá conocer la duración total del mismo, y la clasificación de las actividades según su criticidad. El algoritmo CPM se desarrolla mediante intervalos determinísticos, lo cual lo diferencia del método PERT que supone tiempos probabilísticos (Ingenieriaindustrialonline.com, 2012).

A continuación, se explicarán las fases para la planificación de un proyecto con CMP

- Paso 1: Actividades del proyecto

La primera fase corresponde a identificar todas las actividades que intervienen en el proyecto, sus sucesiones y reglas de precedencia.

- Paso 2: Diagrama de Red

Con la información obtenida en el paso 1 y utilizando los conceptos para diagramar la red, se podrá obtener el gráfico del proyecto, similar a la siguiente figura 8.

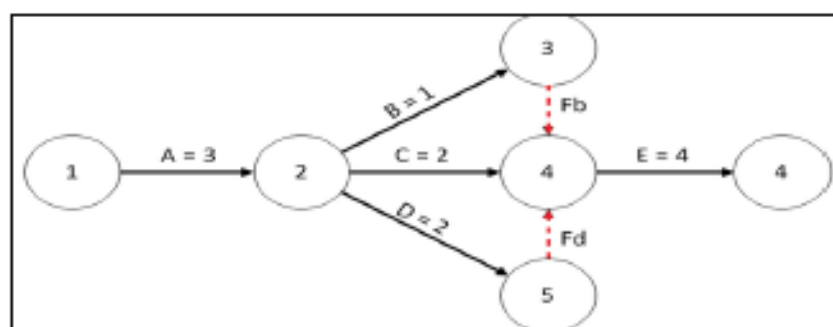


Figura 8: "Ejemplo de diagrama de red de actividades en una empresa"  
Fuente: Ingenieriaindustrialonline.com (2012)

- Paso 3: Calcular la Red

Para el cálculo de la red se consideran 3 indicadores, T1, T2 y H. Estos indicadores se calculan en cada evento o nodo. T1 es el tiempo más temprano de realización de un evento, T2 es el tiempo más tardío de realización del evento y H es la holgura. La interpretación de la holgura corresponde al valor en el que la ocurrencia de un evento puede tardarse. Por último, las holguras cuyo valor sea "cero" dichas actividades corresponden a la ruta crítica.

- Paso 4: Establecer Cronograma

Para establecer un cronograma deberán considerarse varios factores, el más importante de ellos es la relación de precedencia, y el siguiente corresponde a escalonar las actividades que componen la ruta crítica de tal manera que se complete el proyecto dentro de la duración estimada. La Figura 9 muestra un ejemplo de diagrama de red CPM y en la Figura 10, muestra un cronograma post el diagrama de red.

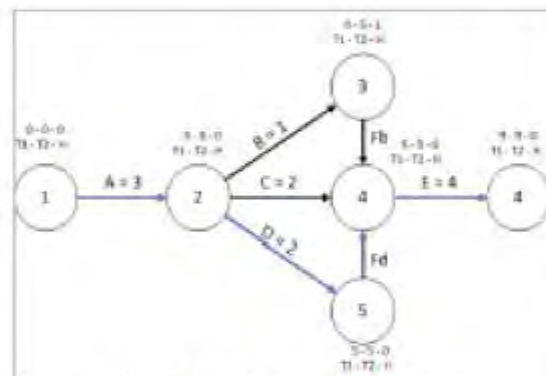


Figura 9: "Ejemplo final CPM"  
Fuente: Ingenieriaindustrialonline.com (2012)

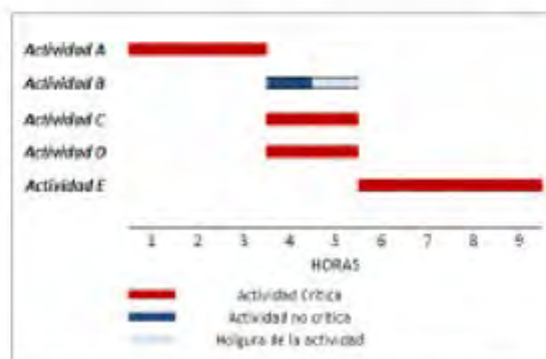


Figura 10: "Ejemplo de cronograma CPM"  
Fuente: Ingenieriaindustrialonline.com (2012)

## 1.8. Herramientas de Calidad

Según Hitoshi (2002), las herramientas de calidad son un conjunto fijo de técnicas gráficas identificadas como las más útiles en la solución de problemas relacionados con la calidad.

### 1.8.1. Histograma

Los histogramas son una representación gráfica de un conjunto de datos, los cuales son generados en las hojas de control. En la Figura 11, se muestra un ejemplo de histograma, el cual refleja el modelo y forma de distribución que sigue la población de la que se extrajeron los datos.

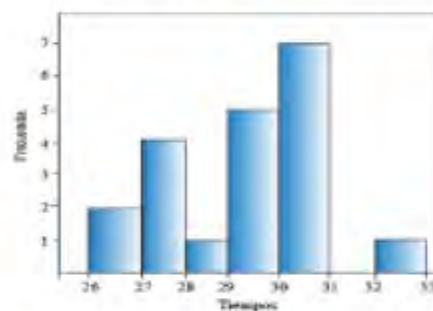


Figura 11: "Ejemplo de Histograma"  
Fuente: Sosa (1998)

### 1.8.2. Gráficos de Pareto

Según el economista Wilfredo Pareto estableció que el 80% de las cosas que ocurren es gracias a un 20% de ellas; de modo que, ayuda a concentrar los esfuerzos en lo más beneficioso y fácil para dichas soluciones (Sosa, 1998). Adicionalmente, en la Figura 12 se muestra un ejemplo de dicho gráfico.

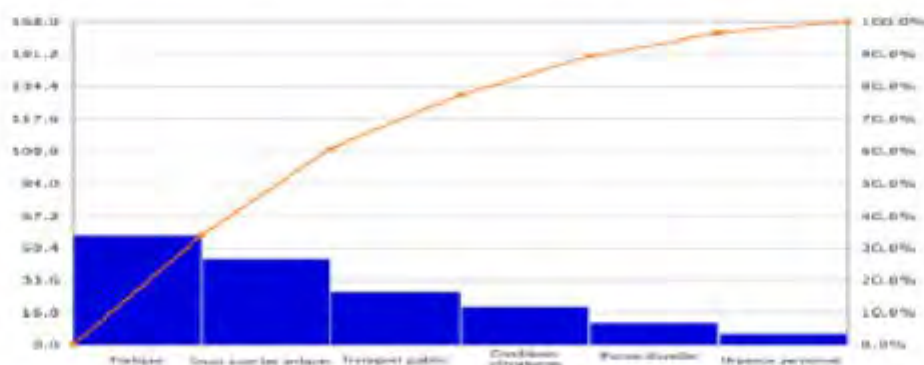


Figura 12: "Ejemplo de Gráfico de Pareto"  
Fuente: Sosa (1998)

### 1.8.3. Diagrama Ishikawa

También conocido como diagrama causa-efecto, consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, representando el problema a analizar a la cabeza de esa espina. Según Sosa (1998), el diagrama de causa – efecto, el cual se presenta en la Figura 13, tiene como beneficios ayudar a detectar las causas reales del efecto, ayuda a prevenir defectos, desarrolla el trabajo en equipo, y contribuye a la adquisición de nuevos conocimientos, así como a la documentación de los mismos.

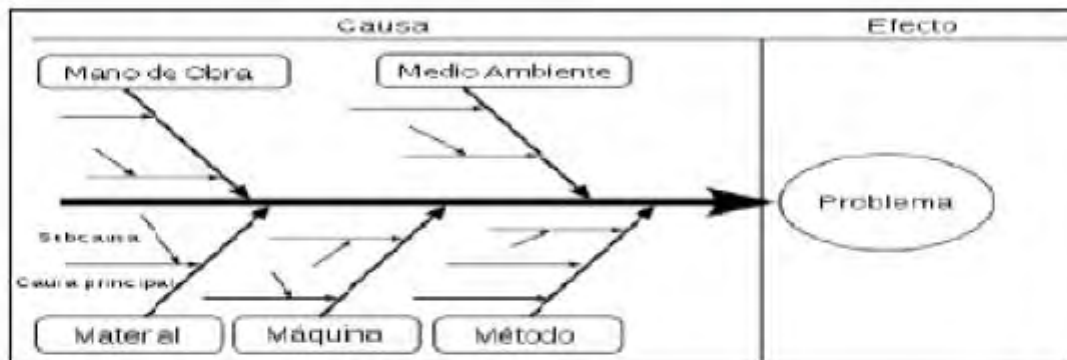


Figura 13: "Ejemplo de Diagrama Ishikawa"  
Fuente: Sosa (1998)

### 1.8.4. Diagramas de Flujo

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de etapas, operaciones, movimientos, esperas, decisiones y otros eventos que ocurren en un proceso. Su importancia consiste en la simplificación de un análisis preliminar del proceso y las operaciones.

Según Sosa (1998) existen tres tipos de diagrama de flujo:

- Formato Vertical: La secuencia de las operaciones va de arriba hacia abajo.
- Formato Horizontal: El flujo de las operaciones va de izquierda a derecha.
- Formato Panorámico: Implica el formato vertical y el horizontal, presenta acciones simultáneas y la participación de más de un puesto o departamento que formato vertical no registra.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

Empresa metalmecánica con 25 años de trayectoria y experiencia como proveedor o empresa tercera de compañías mineras del país. Participando en diferentes proyectos a nivel nacional y en algunas oportunidades internacionalmente.

### **2.1. Sector y Actividad económica**

La empresa pertenece al rubro de metalmecánica, la cual realiza las siguientes actividades:

- CIU 0990: Actividades de apoyo para otras actividades de explotación de minas y canteras.
- CIU 2511: Fabricación de productos metálicos para uso estructural.
- CIU 2814: Fabricación de cojinetes, engranajes, trenes de engranajes y piezas de transmisión.
- CIU 2829: Fabricación de otros tipos de maquinaria de uso especial.
- CIU 3320: Instalación de maquinaria y equipo industriales.

### **2.2. Descripción general de la empresa**

La empresa pertenece al rubro Metalmecánico y desde hace ya 15 años viene efectuando proyectos electromecánicos, tanto dentro del Perú como en el extranjero, en los sectores industrial, minero y alimentario.

En la empresa también se lleva a cabo asesoría de proyectos, diseño, fabricación, mantenimiento preventivo y puesto en operación de los equipos electromecánicos fabricados. Así mismo, dentro de las actividades con mayor relevancia que realiza la empresa, se encuentra la fabricación e instalación de Sistemas de Izaje y Skips, con un 30% y 40% respectivamente de solicitudes por parte de los clientes, quienes, en su mayoría, pertenecen al rubro minero.

Por otro lado, la empresa cuenta con un completo laboratorio de investigación metalúrgica, el cual permite a los clientes mejorar sus operaciones y ejecutar proyectos de instalación de plantas de beneficios de minerales e industriales.

### **2.3. Principios Organizacionales**

La gerencia de la empresa fueron los encargados de diseñar la estructura organizacional, por lo que siguieron ciertos lineamientos como la unidad organizacional, la especialización y jerarquía. Estos puntos contribuyeron a que se establecieran los siguientes principios organizacionales.

- a) **Misión:** Desarrollar, brindar, mantener e innovar la calidad y el buen servicio. Así mismo, la empresa busca generar buenas relaciones entre sus clientes y proveedores; como también incrementar la confianza y satisfacción con los mismos.
- b) **Visión:** Desarrollar productos acordes a las necesidades de los clientes; sin dejar de lado el bienestar integral del equipo. Así, la empresa busca convertirse en una importante opción en el mercado por calidad, agilidad, innovación y por flexibilidad del sistema.
- c) **Valores**
  - Velar por las necesidades del cliente y por el entorno en el que se realiza la instalación del equipo elaborado.
  - Solidaridad entre todos los colaboradores.
  - Respeto entre todos para lograr así el éxito.
  - Honestidad
  - Puntualidad
  - Política Ambiental de la empresa: La empresa cuenta con un plan de segregación de residuos de todo tipo, originados a partir de las operaciones tanto a nivel de planta como por el lado administrativo.

## 2.4. Estructura Organizacional de la empresa

La estructura organizacional de la empresa está encabezada por el Gerente General, soportado por la Gerencia Administrativa; como siguiente nivel se encuentran la gerencia de proyectos, jefatura de planta, calidad y finanzas, cada una de estas cuentas con sub-áreas de soporte. La Figura 14, muestra el organigrama de la empresa.

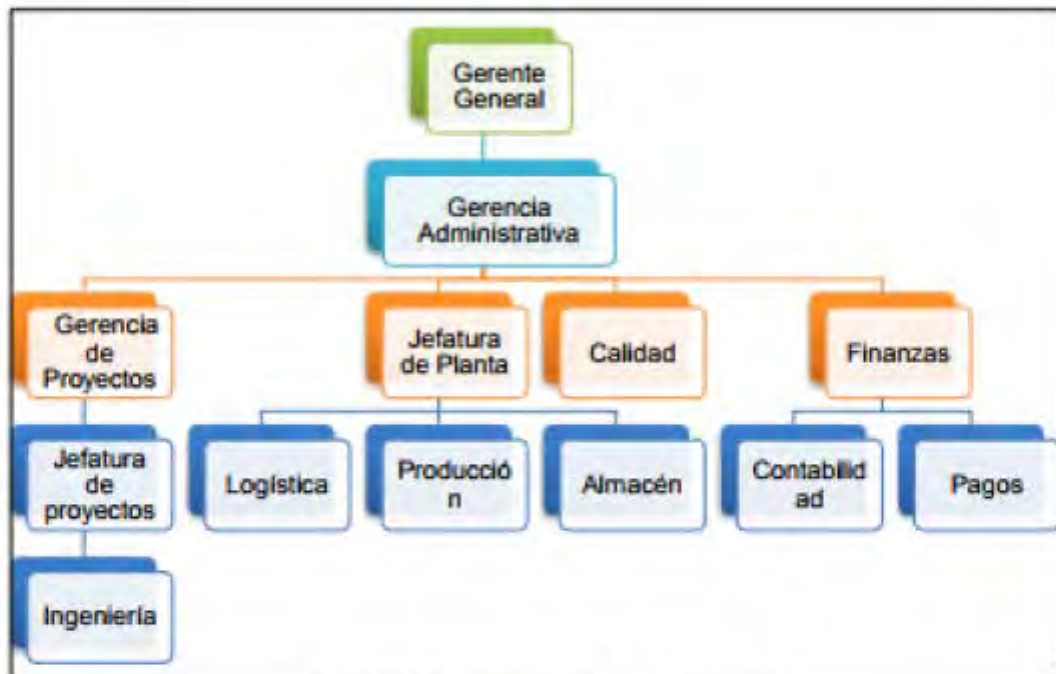


Figura 14: "Organigrama de la empresa"

Fuente: La empresa  
Elaboración Propia

- Gerencia General

Su función es liderar la gestión empresarial, encaminando a la empresa por el camino del éxito. Así mismo, se encarga de idear políticas que la empresa va a seguir a futuro y de desarrollar actividades de estrategia comercial, logrando entablar sólidos lazos entre sus clientes actuales y los potenciales.

- Gerencia de Proyectos

Esta área está conformada por un ingeniero mecánico, quien es el encargado de presentar e informar a la gerencia general el expediente del proyecto o servicio antes y después de la ejecución del mismo.

- Gerencia Administrativa

Está conformada por el área de contabilidad, la cual contribuye a contar con información veraz y confiable.

- Jefatura de Planta

Esta jefatura está dividida en tres funciones; la primera es logística, la cual se encarga de planear, coordinar y organizar los procesos internos y externos para la producción. Luego, se encuentra el área de producción, en ésta se llevan a cabo todas las operaciones correspondientes al producto que se realizará. Y, por último, se cuenta con un almacén, responsable del despacho de materiales y equipos adquiridos.

- Área de Calidad

En esta área se encarga de realizar las pruebas pertinentes de las piezas o sistema en general elaborado y precisar si se encuentran bajo el estándar o bajo el requerimiento del cliente.

#### 2.4.1. Mapa de procesos de la empresa

Según Porter (1985), los procesos constan de diversas actividades, las cuales tiene un valor diferente para el cliente final. Estas pueden ser actividades primarias o secuenciales, que se refieren a la creación física del producto, diseño, fabricación, venta y servicio post-venta. La empresa clasifica sus procesos en tres categorías; en la Figura 15, se grafican estas categorías.



Figura 15: "Mapa de procesos de la empresa"

Fuente: La empresa  
Elaboración Propia

## **2.5. Descripción de instalaciones de la empresa**

La empresa se encuentra ubicada en el distrito de Puente Piedra en la provincia de Lima, dicha infraestructura cuenta con un primer nivel el cual tiene un área de 350 m<sup>2</sup>. En dicho nivel se distribuyen las máquinas o equipos para la fabricación de elementos, almacenes, maestranza, taller eléctrico y una oficina del jefe de planta. En el segundo nivel se cuenta con un área de 160 m<sup>2</sup> destinada a oficinas administrativas, sala de reuniones y área de proyectos.

Así mismo, la distribución es por proceso; es decir, los equipos están agrupados de acuerdo sus respectivas características y también bajo esta distribución es posible fabricar cualquier elemento con las limitaciones inherentes a la propia instalación. Por otro lado, cuando el trabajo a realizar consiste en el montaje de todo un Sistema de Izaje, esto implica el ensamble de componentes de diversos tamaños, la distribución inicial (por proceso) varía a una por posición fija. Así mismo, en el Anexo D, se muestra el plano actual de la primera planta de la empresa.

## **2.6. Equipos y herramientas de trabajo**

La empresa clasifica en tres categorías los equipos o maquinaria que utilizan, las cuales son las siguientes: equipos estacionarios, equipos de corte, para soldar, esmeriles y vehículos. En el Anexo E se detallan los equipos utilizados en la empresa. Dichos equipos se agrupan en tres categorías, máquinas de soldadura, estacionarias y de corte.

### **2.6.1 Materia prima y herramientas**

La materia prima que se utiliza en la empresa se clasifica según el requerimiento que por máquina se solicita. Es decir, de acuerdo a las especificaciones del producto a fabricar se requerirá como materia prima y/o herramientas de trabajo diferentes materiales; tales como los electrodos para soldadura, brocas, artículos para limpieza de máquina y otros. En el ANEXO F, se detallan la materia prima y herramientas que la empresa tiene en almacén.

## 2.6.2. Recurso Humano a nivel operativo

A nivel operativo, la empresa cuenta con un jefe de planta, un técnico mecánico, dos ayudantes del técnico mecánico, dos técnicos electricistas, un ayudante electricista, un responsable calderero, 5 soldadores, dos trabajadores torneros, dos responsables de aplicar pintura a los equipos fabricados, un jefe de almacén y tres ayudantes del mismo.

## 2.7. Productos ofrecidos por la empresa

La empresa con más de 25 años en el mercado, ofrece una variada cartera de servicios y productos. Dichos servicios parten desde la fabricación o del análisis de lo que el cliente requiere hasta el montaje en el mismo lugar en el que funcionará el producto. A continuación, se describirán los productos que brinda la empresa hoy en día.

### A. Winche de Izaje

Es una máquina que se usa para izar minerales y desmontes, y/o bajar de niveles profundos en zonas mineras. En la empresa se fabrican Winches de una tambora, de dos tamboras y de materiales.



Figura 16: "Ejemplo Sist. Izaje 1"  
Fuente: La empresa

### B. Skips

Es una vasija metálica, donde se almacena mineral y desmonte para luego ser izados de pozos profundos mediante un winche de izaje. Existen skips de diferentes formas de descarga tales como el tipo **Anaconda** (descarga por el fondo), el tipo **Kiberly** (descarga del material por la parte superior de la vasija), tipo **rolla shute**.



Figura 17: "Fabricación de un Skip"  
Fuente: La empresa

### C. Sistemas de Izaje

Es el conjunto de máquinas que conforman el equipo de izaje, tales como motores, reductores, tamboras, paneles de mando, tableros eléctricos de alta, baja y mediana tensión, transformadores. Así mismo, este sistema se obtiene a partir de la instalación mecánica, eléctrica e hidráulica de diversos componentes que forman parte de todo un sistema de izaje.



Figura 18: "Ejemplo Sist. Izaje 2"  
Fuente: La empresa

### D. Jaulas

Equipo similar a los ascensores para trasladar personas o materiales de superficies al subsuelo o viceversa.



Figura 15: "Ejemplo de Jaula"  
Fuente: La empresa

## 2.8. Proceso de ejecución de un producto

Los procesos para la fabricación de los equipos, es decir, los trabajos en el taller son regidos por normas internacionales, las cuales deben de cumplir para así mantener un alto estándar de calidad. En la Figura 20, se presenta el diagrama de flujo del procedimiento que se sigue para la entrega de un producto. Así mismo, las bases de referencia son las siguientes:

- NTP ISO 9001:2008 Sistemas de calidad
- MTP IDO 8402: 1995 Gestión de la calidad y aseguramiento de la calidad
- D.S. 055-2001 MEM
- Normas de soldadura AWS, perfiles planchos ASTM, tolerancias de acabado DIN.



### **3. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO ACTUAL**

En este capítulo se determina la selección del servicio principal de la empresa en estudio, a partir del análisis de factores. Así mismo, mediante la metodología de mapeo de procesos y VSM se identificarán y analizarán actividades que añadan o no valor al servicio. Así, detectar los puntos a mejorar y, por último, elaborar el diagnóstico respectivo.

#### **3.1. Selección del producto principal de objeto de estudio**

Para la selección del producto principal se realizará una ponderación de factores principales con un respectivo Pareto. La empresa cuenta con los principales servicios:

- Fabricación y montaje equipos de Winches para la minería
- Fabricación y montaje de Jaulas
- Fabricación de Skips

Los factores a ser analizados son los siguientes; por otro lado, para el presente análisis, los productos ejecutados por la empresa también son conocidos como proyectos:

- Cantidad de pedidos por proyectos al año.
- Plazo de entrega por proyecto.
- Ingreso neto por proyecto al año.
- Incidencias de accidentes o incidentes por proyecto.

##### **3.1.1. Cantidad de pedidos por producto al año**

A la fecha, la empresa no cuenta con un competidor directo a nivel nacional, ya que los servicios que se ofrecen no consisten en sólo la fabricación de los equipos, sino también en el montaje y asesoría para los mismos. La demanda de los trabajos/equipos por año se muestra en la Figura 21.



Figura 21: "Demanda de productos en los tres últimos años"  
Fuente: La Empresa

### 3.1.2. Plazo de entrega por producto

El cumplir con el plazo de entrega de los equipos, para clientes dentro del sector minero, es un indicador muy importante de cumplimiento con las exigencias del sector. En la figura 22 se muestran los días de plazo de entrega de cada proyecto a los clientes.



Figura 22: "Plazo de entrega por producto en días"  
Fuente: La Empresa

### 3.1.3. Ingreso neto por producto al año

La empresa es la única especializada en la fabricación y montajes de Skips para el sector minero de nuestro país. Por lo tanto, la mayor fuerza de venta de la empresa radica en ejecución de proyectos de skips. En la figura 23, se muestra la situación actual de ingresos, en miles de dólares, al año por proyecto.



Figura 23: "Ingreso neto por producto, en promedio, al año en miles de dólares"  
Fuente: La Empresa

### 3.1.4. Porcentaje de incidencias de accidentes o incidentes por producto

En los últimos tres años, en la empresa se han suscitado, en su gran mayoría, incidentes; éstos a causa de incumplimiento de uso de equipos de protección personal, por falta de señaléticas, movimientos innecesarios y falta de un plan de mantenimiento preventivo. En la Figura 24 se muestra, en porcentajes, el nivel de ocurrencia de incidentes o accidentes por cada proyecto ejecutado en los últimos tres años.



Figura 24: "Porcentaje de ocurrencia de incidentes o accidentes por producto"  
Elaboración Propia

A partir de los factores analizados, se concluye que, por tener mayor demanda anual, corto plazo de entrega, mayor ingreso anual para la empresa y por el mayor porcentaje de nivel de ocurrencias de incidentes o accidentes, se selecciona al proyecto fabricación de un Skip. En los puntos siguientes del presente capítulo, se analizará cada uno de los procesos parte de la fabricación y montaje de un equipo de Skip.

### 3.2. Problemática actual

Como se definió en el punto anterior, la fabricación de un Skip será el seleccionado para realizar el mapeo de procesos respectivo. Para esto primero se explicará la secuencia de fabricación y montaje de los componentes, ANEXO H, para obtener un Skip; por lo cual, en la Figura 25 se detalla la secuencia para el armado del skip.

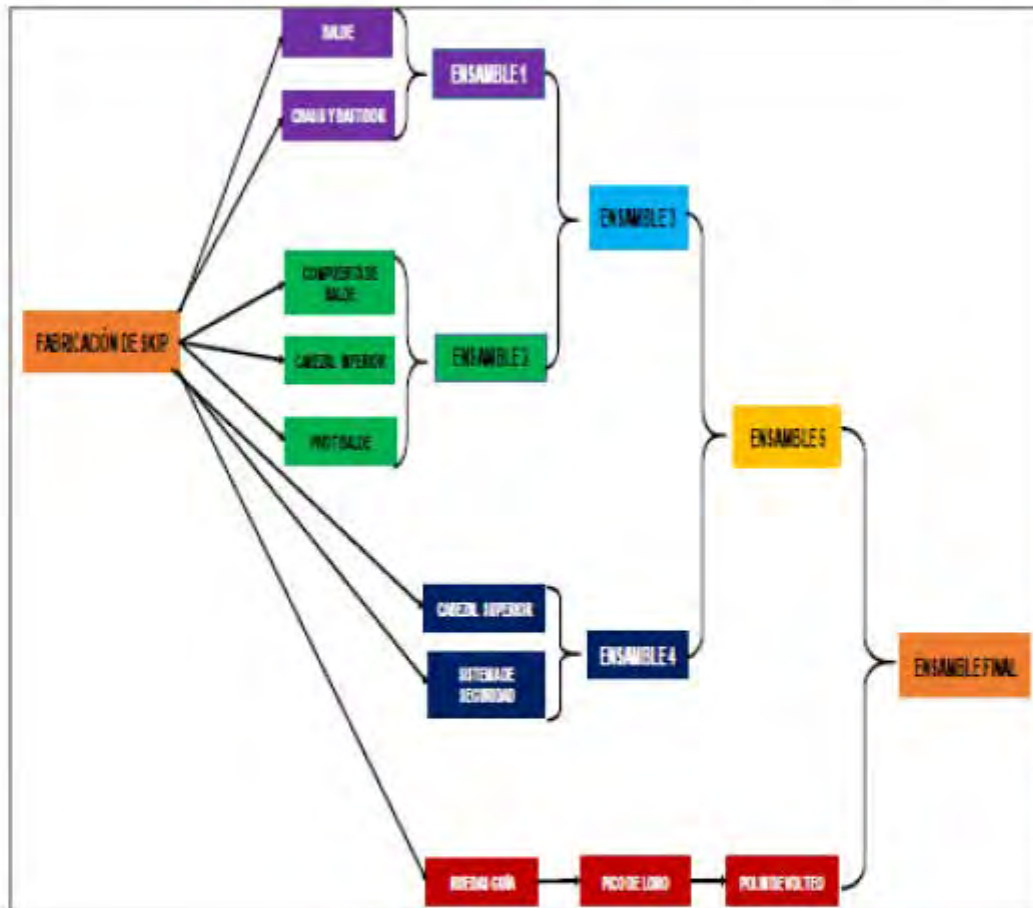


Figura 25: "Secuencia de montaje de un Skip"  
Elaboración Propia

En la Figura 26 se grafica el VSM de operaciones y los tiempos de espera para pasar de una activada a otra. Adicional, en la Figura 27, se presenta también como herramienta de análisis de la situación actual y medida inicial el diagrama de causa-efecto (Ishikawa). El cual permitirá plasmas por categorías las posibles causas. Así centrarse en los motivos principales del problema y éste no vuelva a ocurrir.



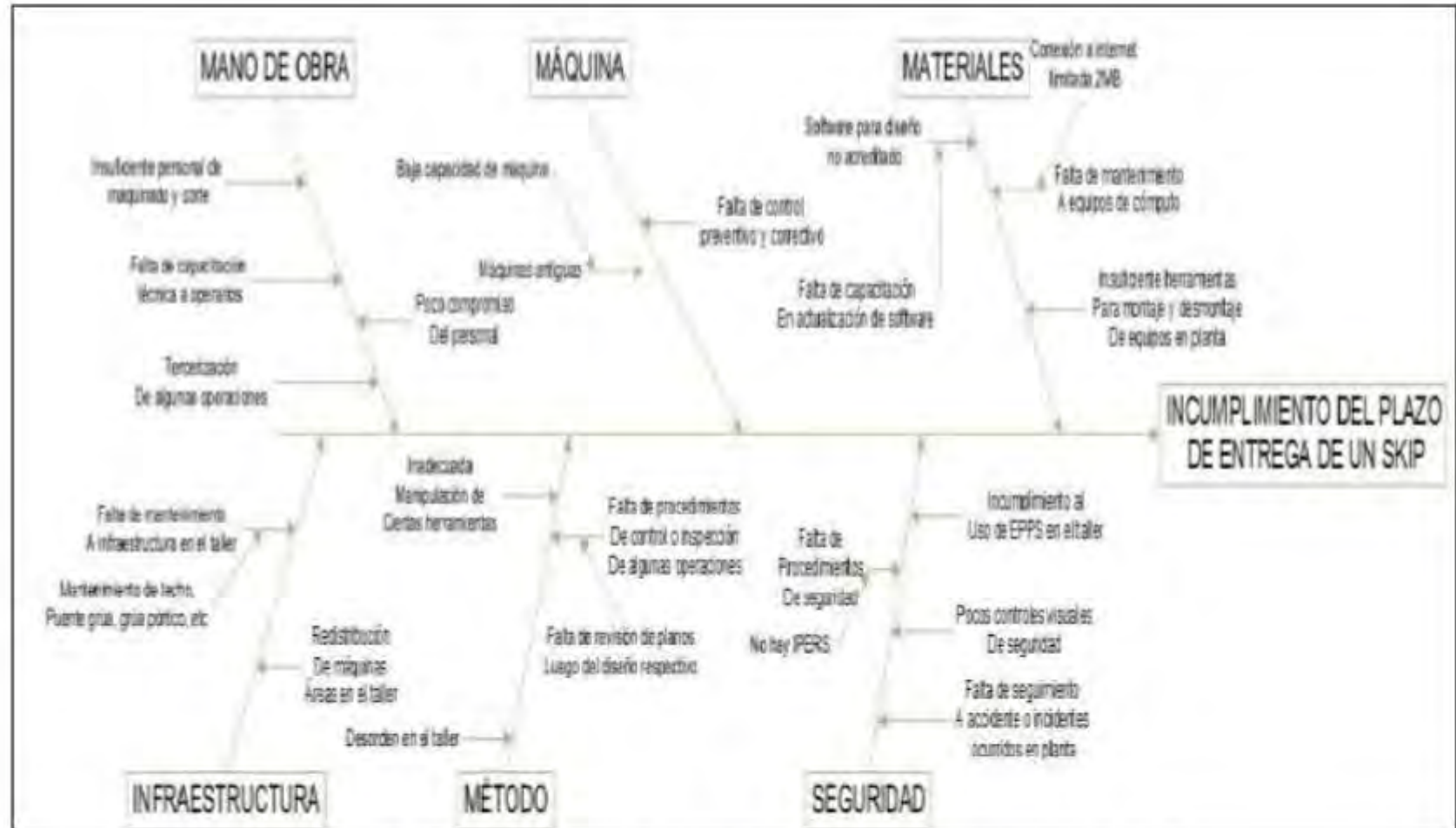


Figura 27: "Diagrama de causa y efecto para Incumplimiento del plazo de entrega de Skip"  
 Elaboración Propia

A partir de lo descrito hasta el momento, empezado por la funcionalidad del producto elegido; el cual consiste en transportar rocas fragmentadas con o sin presencia de minerales del sub-suelo a superficie o niveles superiores. Seguido por su proceso de fabricación, el cual se da a partir de 48 sub componente, los mismo que pasan por el área de diseño, ingeniería de fabricación, maquinado y finalmente ensamblaje.

Así mismo, una vez finalizado el VSM Actual y el diagrama Ishikawa, herramientas iniciales para el diagnóstico de la situación actual, se prosigue a realizar un diagrama de Pareto. En la Figura 28 se muestra esta gráfica, cuyo eje de ordenada indicaba el nivel de criticidad, para el cual se definió una escala del 1 al 5, y el eje abscisa indican las causas del incumplimiento al plan de fabricación del skip y las pérdidas identificadas. En el ANEXO I, se detallan cada una de los motivos del Ishikawa.

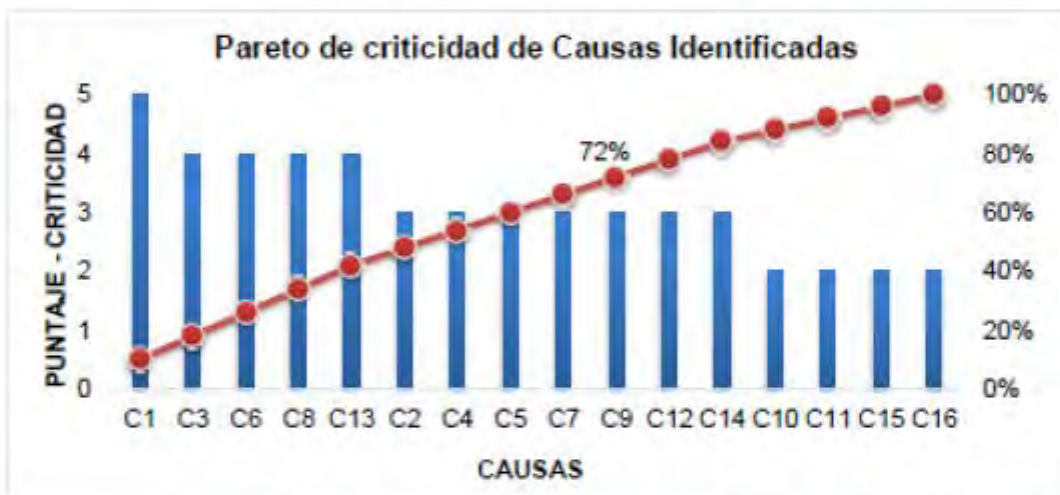


Figura 150: "Diagrama Pareto de criticidad de causas identificadas"  
Elaboración Propia

El 80% de las causas a eliminar corresponden a falta de mantenimiento preventivo, distribución de planta, falta de procedimientos estandarizados y controles de inspección, desorden, maquinaria antigua, falta de procedimientos de seguridad, horas hombre y máquina muertas y falta de revisión en los planos iniciales a fabricación. Para profundizar en el desarrollo de las operaciones más adelante se mostrará el diagrama de Red correspondiente a fabricación del Skip.

### 3.2.1. Recursos para la fabricación de un Skip

#### A. Distribución del Recurso Humano

Para el área operativa o de producción, se cuenta con técnicos e ingenieros responsables de la fabricación y montaje del componente. Se muestra en la tabla 3, la asignación del recurso humano por operación a realizar.

Tabla 3: Asignación de recurso humano por operación

Técnico encargado	Trazado	Corte	Armad o	Maquinado			Solda dura	Habilit ado	Ensa mble	Cantida
				Taladrado	Tomeado	Cepillado				
Mecanico-Armador			X					X	2	
Mecanico-Soldador		X					X		2	
Tomero				X	X	X			2	
Armador - Soldador			X				X	X	3	
Soldador							X		2	
Calderero	X								1	
Mecanico de mantenimiento							X		1	

*Elaboración Propia*

#### B. Maquinarias

En lo que respecta a las máquinas necesarias, en la tabla 4, se detallará la asignación por máquina para cada operación. Así mismo, en la tabla 5, se dará detalle a las características de cada máquina enfocado en la eficiencia de los mismos a partir de su tiempo de vida.

Tabla 4: Asignación de máquina por operación

Máquina	Corte	Armado	Maquinado			Soldadura
			Taladrado	Tomeado	Cepillado	
Torno Paralelo TOZ 500 x 2000 mm				X		
Torno Paralelo TOZ 600 x 2500 mm				X		
Torno Paralelo 2MM 650 x 3000 mm				X		
Torno Paralelo PR 1200 x 1500				X		
Cepilladora					X	
Taladro de columna			X			
Taladro Radial			X			
Sierra eléctrica	X					
Máquina de soldar MIG						X
Máquina de soldar TUBOLAR						X

*Elaboración Propia*

Tabla 5: Características de equipos para maquinado

Características de equipos para maquinado de componentes						
Máquina	Marca	Características	Peso (kg)	Motor Principal	Horas producción por día	Capacidad actual (%)
Tomo Paralelo	FOG TRENZ	Volteo: 450 MM Volteo max: 500 MM	8000	5 Hp. 220 V, 20 A	12	75%
Tomo Paralelo	TOD	Volteo: 500 MM Volteo max: 600 MM	8000	5 Hp. 220 V, 20 A	12	75%
Tomo Paralelo	ZMM	Volteo: 650 MM Volteo max: 700 MM	8000	5 Hp. 220 V, 20 A	12	75%
Tomo Paralelo	PR	Volteo: 1 100 MM Volteo max: 1200 MM	8000	5 Hp. 220 V, 20 A	12	75%
Cepilladora	KLOPP	Avance autom: 2 posic Caja de veic: 3 posic y 6 variac.	500	220/380 V, 4.8/5.4 A, 2.2/2.5 Kw	8	50%
Taladro de columna	FAMUP	Caja norton: 3 variac.	400	25 HP. 3600 rpm, 60 Hz	8	75%
Taladro de mesa	BAUTAR	-	2500	1200 rpm, 60 Hz	4	75%
Sierra eléctrica	GOLLY	Carrera de válvén: 10 pulgadas	250	1 HP, 220 V, 60 Hz	8	50%

*Elaboración Propia*

Como se ve en la tabla 8, ninguna de las máquinas utilizadas para la fabricación de componentes, llegan al 100% de su capacidad. Esto debido a falta de mantenimiento preventivo, deterioro forzado y falta de uso de herramientas de eliminación de perdidas.

### 3.2.2. Diagrama de red: CPM

Para el desarrollo del método CPM, se considera las operaciones o actividades a partir del maquinado, es decir, todo el procedimiento de fabricación, ensamblaje parcial y el final. El proceso de diseño e ingeniería de fabricación son actividades que deben ser concluidas antes de iniciar el maquinado de cualquier componente; por lo que ya está establecido un tiempo determinado para dichas actividades.

#### A. Listado de actividades

Se elabora un listado de actividades con su respectiva duración (días) y actividad predecesora para la fabricación del balde, Chasis, bastidor, compuerta de balde, cabezal inferior, pivot balde, cabezal superior, sistema de seguridad, rueda guía, pico de loro y polín de volteo. En el ANEXO J, se detallan las 67 actividades para la fabricación de un Skip.

#### B. Diagrama de Red

A partir de la lista de actividades se elabora el diagrama de red, véase Figura 29, en el que se encontró que las actividades críticas fueron las siguientes:

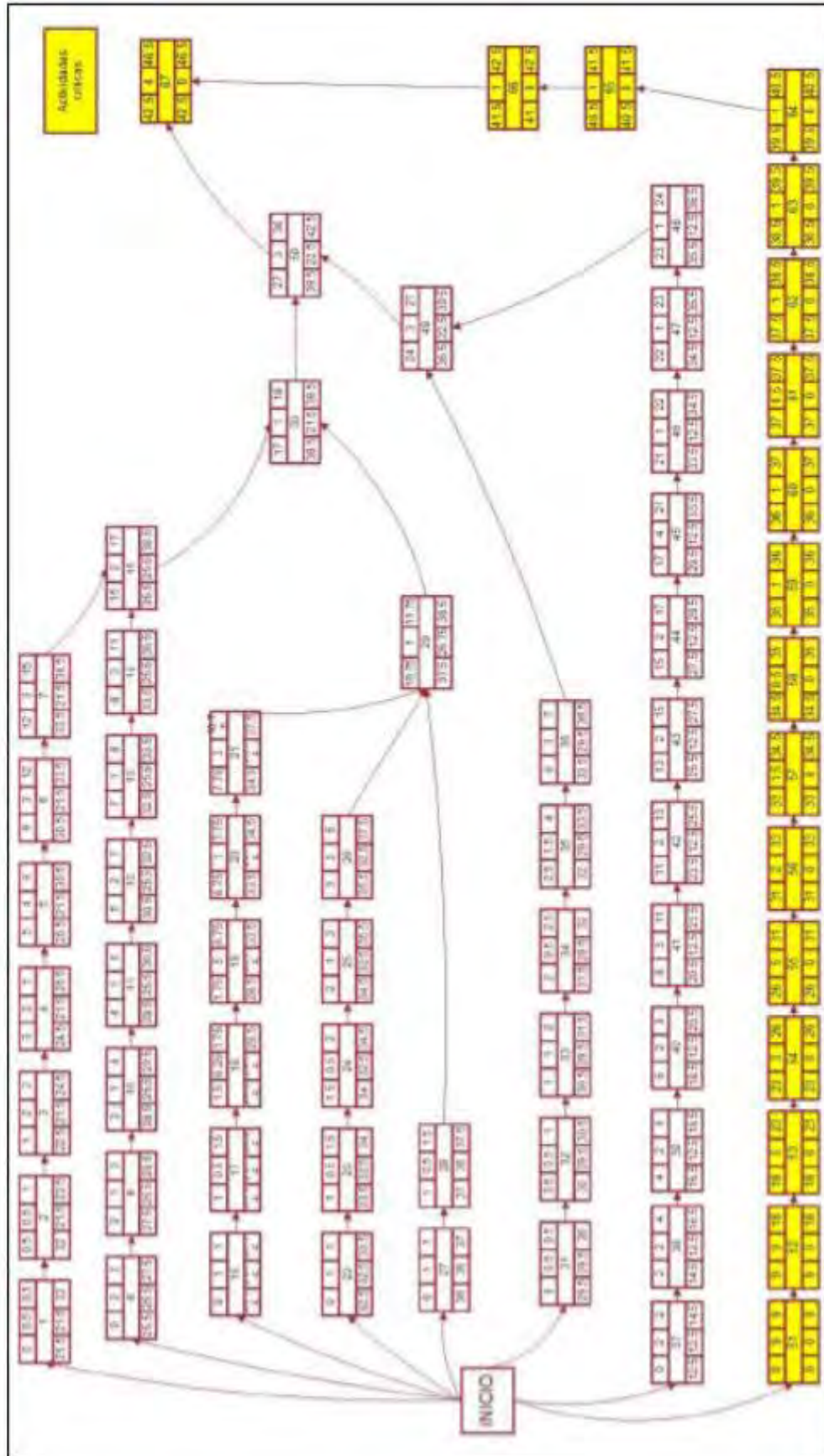


Figura 29: "Diagrama de red de actividades"  
Elaboración Propia

- Actividades para la fabricación de la Rueda Guía
- Actividades para la fabricación del Pico de Loro
- Actividades para la fabricación del Polín de volteo
- Ensamble N° 5
- Ensamble Final

Las actividades comprenden del número 51 a la 67, siendo las de mayor probabilidad de retraso las actividades 51 y 52, debido a que existen otras actividades de maquinado en paralelo. Así mismo, se conoce que dos operarios técnicos son los encargados de todas las operaciones de maquinado (tomo, cepillado y taladrado). Se identifica que algunos días de estas actividades críticas entran en conflicto simultáneamente con otras, en el ANEXO L, se detalla el análisis para la eficacia del cumplimiento de dichas actividades. A continuación, en la Figura 30 se grafica el avance real diario comparado al ideal.



Figura 30: "Avance real vs objetivo por día – Act. 51"  
Elaboración Propia

En la gráfica anterior, se observa que por día no se alcanza al porcentaje estimado; esto genera que se necesiten más días para concluir dicha actividad. Por otro lado, en la Figura 31, se muestra cómo los 2 operarios no llegan al 100% de cumplimiento de tareas en base a las horas totales por día de trabajo.



Figura 31: "Horas trabajadas por día"  
Elaboración Propia

A continuación, en la Figura 32 y 33, se muestran el porcentaje de avance por día y la eficiencia de los operarios en base a las horas totales de trabajo diarias para cumplir con las tareas y tiempos estimados.

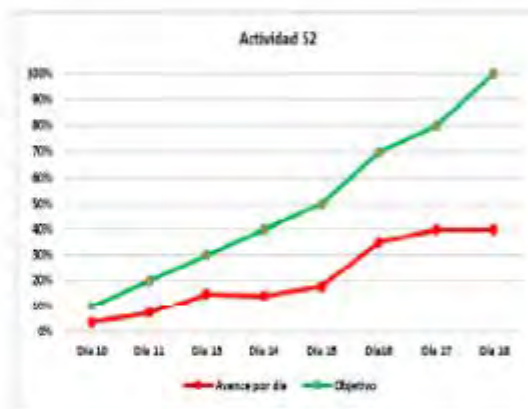


Figura 32: "Avance real vs objetivo por día – Act. 52"  
Elaboración Propia

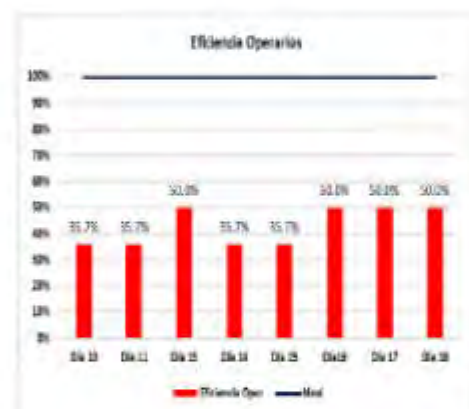


Figura 33: "Horas trabajadas por día"  
Elaboración Propia

En el ANEXO M se detalla el análisis a las actividades no críticas, pero con deficiencia de mano de obra y eficiencia de máquinas.

### 3.2.3. Diagrama de Operaciones actividades críticas

Las actividades no críticas utilizan los mismos recursos que las críticas; por lo que, lo siguiente será realizar un diagrama de operaciones, véase Figura 34, de dichas actividades críticas. Así identificar los tiempos muertos por cada operación.

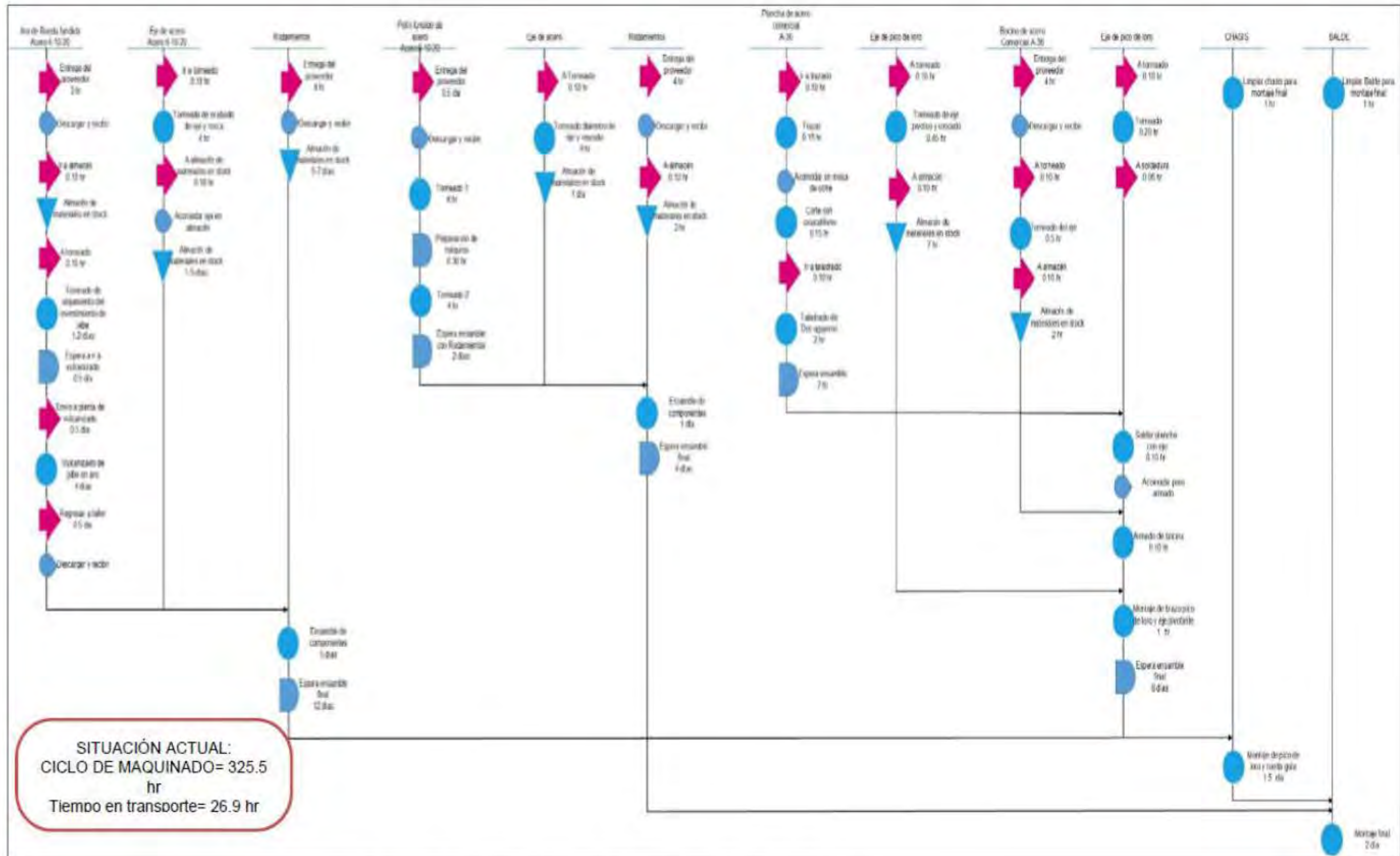


Figura 34: "Diagrama de operaciones del proceso de cada componente" – Elaboración Propia

En la Figura 35 se muestra el porcentaje de ocurrencia o repetición de cada movimiento del diagrama de operaciones. Siendo los más recurrentes, transporte y operación.



Figura 35: "Porcentaje de ocurrencia por tipo de símbolo"  
Elaboración Propia

### 3.2.4. Distribución actual de Planta

Actualmente en el taller, lugar de mecanizado de los componentes, existen dos tipos de movimiento; el primero es el de mover materiales y operarios. El segundo movimiento presente en el taller es el de mover material, hombre y maquinaria. Así mismo, el tipo de distribución que sigue es el de proceso, ya que las operaciones de la misma naturaleza están agrupadas; de esta manera permite maquinar diferentes componentes de diversas características paralelamente y el volumen de producción es mínimo, ya que se fabrica de acuerdo a lo que el proyecto específico lo solicita.

#### A. Superficie Estática (Ss)

En la siguiente tabla 6, se presenta las máquinas a utilizar y sus respectivas dimensiones.

Tabla 6: Superficies Ss (m<sup>2</sup>)

Cantidad	Máquina	Ss (m <sup>2</sup> )	N
4	Tomo Paralelo	14	2
1	Cepilladora	2	2
1	Taladro de columna	1	1
1	Taladro de mesa	1	1
1	Sierra eléctrica	1.5	1
1	Máquina de soldar Mig	2	1
1	Máquina de soldar	2	1
-	Herramientas para tomo	2.5	1
Total		26	

Elaboración Propia

### B. Superficie de gravitación (Sg)

En esta parte se calcula el producto entre cada superficie estática con el número de lados por el que el operario puede maquinarse, en la tabla 7, se detalla los valores y la suma total de la superficie de gravitación.

Tabla 7: Superficies Sg (m<sup>2</sup>)

Cantidad	Máquina	Ss (m <sup>2</sup> )	N	Sg(m <sup>2</sup> )
4	Tomo Paralelo	14	2	28
1	Cepilladora	2	2	4
1	Taladro de columna	1	1	1
1	Taladro de mesa	1	1	1
1	Sierra eléctrica	1.5	1	1.5
1	Máquina de soldar Mig	2	1	2
1	Máquina de soldar	2	1	2
-	Herramientas para tomo	2.5	1	2.5
	Total	26		42

Elaboración Propia

### C. Superficie de evolución (Se)

Se reserva cierta superficie para el paso o desplazamiento del personal y para que éstos realicen el mantenimiento de la máquina. La tabla 8, detalla las superficies Se. Adicionalmente, se considera un coeficiente constante (K), el cual para este caso corresponde al valor 1.5 (valor correspondiente al tipo de empresa que se estudia).

Tabla 8: Superficies Se (m<sup>2</sup>)

Cantidad	Máquina	Ss (m <sup>2</sup> )	N	Sg(m <sup>2</sup> )	Se(m <sup>2</sup> )
4	Tomo Paralelo	14	2	28	63
1	Cepilladora	2	2	4	9
1	Taladro de columna	1	1	1	3
1	Taladro de mesa	1	1	1	3
1	Sierra eléctrica	1.5	1	1.5	4.5
1	Máquina de soldar Mig	2	1	2	6
1	Máquina de soldar	2	1	2	6
-	Herramientas para tomo	2.5	1	2.5	7.5
	Total	26		42	102

Elaboración Propia

Por lo tanto, la superficie total sería:  $St = Ss + Sg + Se$

$$St = 26 + 42 + 102 = 170 m^2$$



Así mismo, luego de haber identificado las mayores pérdidas o circunstancias que afectan al cumplimiento a tiempo de entrega de un Skip al cliente, se identificará y priorizará las herramientas de Lean Manufacturing a utilizarse como propuesta de mejora a la situación actual. En la Figura 37, se grafican en un Pareto los motivos causantes de dichas pérdidas.

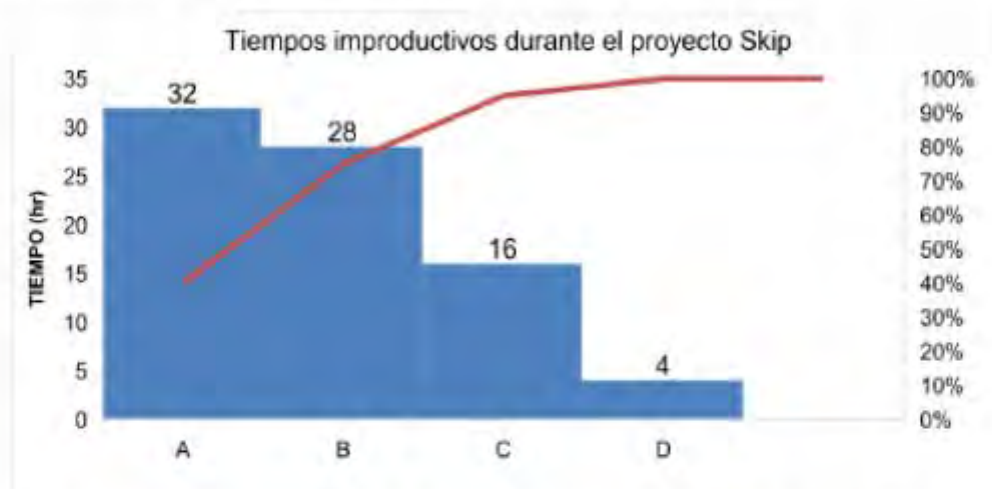


Figura 37: "Diagrama Pareto de tiempos improductivos durante el proyecto Skip"  
Elaboración Propia

Tiempos muertos por máquina/ mano de obra	Mov. Innecesarios y desorden	Tiempo en almacén de componente terminado	Tiempo perdido por accidentes
A	B	C	D

Los dos problemas principales son tiempos muertos por máquina o mano de obra, los movimientos innecesarios y desorden. Estos representan el 80% de tiempos que no agregan valor. Para la eliminación de dichas pérdidas se empleará Mantenimiento Autónomo (Pilar del Mantenimiento productivo total), 5S's, Chequeos de auto control; éstos apoyados por Kaizen y controles visuales y distribución de planta. Por otro lado, cabe mencionar que, hoy en día, el costo de tercerización de actividades representa un 5% del costo total de un Skip; lo cual es un monto de \$ 2,000.

Finalmente, como parte esencial del diagnóstico de la situación actual, se calcula el OEE (eficiencia global) del producto seleccionado. Cabe resaltar que los avances de cada proyecto sí pueden ser medidos a partir de los índices de la eficiencia global, los cuales son: disponibilidad, rendimiento y calidad. Por lo tanto en la tabla 9, se detallan los datos necesarios para el cálculo del OEE.

Tabla 9: Datos necesarios para el cálculo del OEE

Datos necesarios para el cálculo del OEE					
Horas	Tiempo disponible	336	Unid.	Prod. Prevista	274
	Ajustes de producción	11		Prod. Real	239
	Fallos de equipos	32		Defectos de Calidad	0
	Fallos de proceso			Reprocesamiento	0
	Tiempo de operación	293		Horas	Tiempo previsto
%	Porcentaje aprox. de hr. Perdidas	12.8%		Tiempo Real	1106

Elaboración Propia

#### A. Disponibilidad

Para el cálculo de la disponibilidad se consideró que el tiempo disponible corresponde a los 48 días de duración de la fabricación de un skip multiplicado por 7 horas laborales por día. Así mismo, el tiempo de operación se obtiene de la diferencia entre el tiempo disponible y las fallas de equipo, ajustes de producción y fallos de proceso.

$$\frac{[\text{Tiempo disponible} - (\text{ajustes de produc.} + \text{fallos de equipo} + \text{fallos de proceso})]}{\text{Tiempo disponible}} * 100\%$$

$$Disp = \frac{[336 - (11 + 32)]}{336} * 100\% = 87\%$$

87% es la capacidad de uso del equipo durante el tiempo programado a operar

#### B. Rendimiento

Para obtener este indicador, se tomará en cuenta las unidades a producir por la operación de trazado, corte y las de maquinado; en la tabla 10, se muestra las unidades y horas necesarias a fabricar por operación.

Tabla 10: Unidades a fabricar por operación

	Traza	Corte	Maquinado	Totales
Unid. A fabricar por operación	60	68	140	274
Horas Requeridas Totales	120	271	876	1268
Unid. / hr	2	4	6	12

Elaboración Propia

Se conoce que las unidades previstas a fabricar son en total 274 unidades y que, las horas necesarias programadas para cumplir con las unidades previstas, son en total 1,268 horas. Por consiguiente, aplicando un porcentaje aproximado de horas perdidas de un 12.8% al total de las horas previstas, se obtiene un monto de 1105 horas realmente utilizadas. Ahora se calcula el número de unidades que realmente se han fabricado:

$$X = \frac{1105 * 274}{1268} = 239 \text{ Unidades}$$

Lo siguiente será calcular el indicador de rendimiento, la ecuación necesaria es la siguiente:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Prodc. Real}}{\text{Prodc. Prevista}} * 100\% = \frac{239}{274} * 100\% = 87.2\%$$

**87.2% es el nivel de eficiencia**

### C. Calidad

Durante el desarrollo de las operaciones de fabricación de componentes del Skip, acontece que aproximadamente un 3%<sup>3</sup> de lo fabricado presenta defectos, básicamente, de control dimensional. Por lo tanto, el cálculo de este indicador procede de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de producción real} &= 239 \\ \text{Cantidad de piezas malas} &= 3\% * 239 = 8 \text{ unidades} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{Calidad} = \frac{239 - 8}{239} * 100 = 96.6\%$$

Por último, se calcula el OEE:

$$\text{OEE} = \text{Disp.} * \text{Rend.} * \text{Calid.} = (0.87 * 0.872 * 0.966) * 100 = 73\%$$

---

<sup>3</sup> Porcentaje aproximado de pérdidas por defectos de calidad, dato proporcionado por el jefe de planta de la empresa en estudio.

## 4. PROPUESTA DE MEJORA

En este capítulo, se desarrollará la propuesta de implementación de herramientas de manufactura esbelta seleccionadas, las cuales tienen un alcance desde el diseño de componentes, pasando por la fabricación o maquinado de las mismas, hasta el ensamble final. Así mismo, los puntos relevantes a tener en cuenta en la adaptación de dichas herramientas son los siguientes:

- A. Capacitar y educar, a los involucrados en el proceso, acerca de la filosofía y fundamentos del pensamiento Lean Manufacturing, dando a conocer los lineamientos generales que permitan lograr la sensibilización de los colaboradores ante la propuesta de apropiación e interiorización de los conocimientos básicos requeridos.
- B. Conformar equipos de trabajo de mejora continua, constituidos por integrantes de las diferentes etapas del proyecto y por un líder de grupo, quien guiará al equipo hacia la implementación de una o más herramientas *lean* en la planta.
- C. Comunicar los objetivos de cada herramienta de Lean Manufacturing en términos de los procesos de la empresa en estudio, con el fin de que todas las personas los conozcan y los grupos de trabajo tengan un solo objetivo común.

### 4.1. Implementación de las 5'S y Mantenimiento autónomo

Para que el proyecto de fabricación y montaje de un Skip se lleve a cabo con éxito; se necesitará implementar una cultura de mejora continua; a partir de la implementación de las herramientas de Lean Manufacturing, tales como las 5's, Mantenimiento autónomo y, más adelante, técnicas de calidad.

Para el presente trabajo de tesis, se iniciará implementando las dos primeras S's, las cuales son Seiri (Clasificación) y Seiton (Organizar); estos dos primeros principios permitirán dar inicio a la implementación de mantenimiento autónomo. Adicionalmente, para que la implementación sea efectiva se deben de considerar los siguientes puntos:

- a) Definir equipo responsable: Equipo responsable que coordinará la implementación y mantenimiento del sistema 5S.
- b) Capacitación y difusión: Capacitar y difundir a todos los colaboradores de la organización la cultura de mejoramiento continuo a ser implementada.
- c) Implementación 5S's y mantenimiento autónomo: Eliminar lo necesario, ordenar, identificar, clasificar, limpiar, mantener, lubricar y ajustar.
- d) Auditorías correspondientes al sistema implementado.
- e) Acciones Correctivas: Elaboración de planes para corregir y prevenir no conformidades.
- f) Seguimiento: Monitoreo y revisiones internas del área, cierre de auditorías.

#### **4.1.1. Planteamiento de la situación actual respecto a las 5'S y Mantenimiento Autónomo**

##### **A. Respecto a las 5'S**

Si bien la empresa en estudio se dedica a la transformación del acero a través de diferentes operaciones de maquinado y soldadura; por lo que, constantemente se obtiene residuos de dicho material. Ésto no implica que el área disponible para dichas actividades no tenga que estar limpia y ordenada; de manera que se generen accidentes y horas-hombre muertas.

Adicionalmente, un punto también crítico dentro del taller, es el almacén de insumos para las operaciones de maquinado, corte, soldadura y montaje. Dicho espacio también debe estar ordenado y limpio para que así sea más ágil el proceso de entrega de insumos hacia el operario técnico. Así mismo, los almacenes, ubicados en los lados laterales al taller y de material sobrante de las operaciones, deben estar bien organizados y señalizados; así evitar accidentes en el área.

Por último, y no menos importante, la visión de las 5'S también se dirige hacia la generación de un grato ambiente de trabajo. Para esto se debe facilitar herramientas para el desarrollo de oportunidades de mejora. En la figura 38, se muestra la condición actual de la planta metalmecánica de la empresa en estudio.



Figura 38: "Serie de fotografías de la condición actual de la planta"  
Fuente: La Empresa

### B. Respecto a Mantenimiento Autónomo

El único mantenimiento que se le da a los equipos, es el correctivo; por lo que los operarios no tienen establecido un plan de mantenimiento preventivo a sus máquinas. A continuación, en la tabla 11, se muestran las métricas realistas tanto de la situación actual y la meta a la que se propone alcanzar a partir de las propuestas de mejora seleccionadas.

Tabla 11: Métricas actuales y a lograr

Indicadores	Actual	Meta
OEE	73%	80%
Disponibilidad	87%	91%
Rendimiento	87.20%	90%
Calidad	96.60%	100%
Hr. Perdidas por mov. Innecesarios	28	2
Hr. Perdidas en espera del elemento terminado	16	2
Hr. Perdidas por accidentes	4	0

Fuente: La empresa  
Elaboración Propia

Las métricas a lograr han sido asignadas a partir de casos de éxito en empresas de rubro similar al que se dedica la organización presente en estudio. La disponibilidad como meta de un 91% se conseguirá a través de la reducción de un 30%<sup>4</sup> de las horas perdidas por falla de máquina y ajuste de máquina. Las métricas a lograr de los indicadores de rendimiento y calidad son 90% y 100%<sup>5</sup> respectivamente; las cuales también son referencia de casos de éxito de una empresa con actividad económica semejante a la cual se está analizando.

#### **4.1.2. Planteamiento de la situación propuesta respecto a las 5'S y a Mantenimiento Autónomo**

Con el fin de lograr un cambio positivo y corregir problemas actuales durante la fabricación y montaje de un Skip se planifica la implementación de las 5'S y mantenimiento autónomo, las mismas que seguirán las cuatro etapas del *ciclo de Deming*

##### **A. Primera etapa: Planear**

En esta primera etapa, básicamente, se enfocará en la preparación y comunicación a la organización con respecto a las 5'S y Mantenimiento autónomo. Dicha preparación se le impartirá, en primer lugar, a la gerencia general y a los jefes de cada área; quienes, seleccionarán un equipo responsable de la implementación. Así mismo, en esta etapa se elaborará el cronograma de actividades a desarrollar en cada etapa del programa a implementar en la organización; a continuación, se presentan los puntos a llevar a cabo en la etapa planear.

- a. Capacitación introductoria por parte de un equipo tercero especialista y certificado en Lean Manufacturing, capacitación dirigida al administrador, jefe de planta, jefe de proyectos y secretaria general. (2hr)
- a. Comunicación de la introducción de las 5S y el mantenimiento autónomo a través de la declaración por parte de la gerencia a toda la planta. (30 min)

---

<sup>4</sup> Reducción de un 30% de horas perdidas por fallos de máquina en un caso de éxito en el país de España. *Business Performance Consulting*. <bpc.es>. Consulta 10 de mayo del 2016.

<sup>5</sup> Informe final de implementación de TPM en la empresa Aceros Arequipa, Lima, Perú. Consulta 10 de mayo del 2016.

- b. Establecimiento y capacitación profunda al equipo *Lean*<sup>6</sup> seleccionado y encargado de guiar y asesorar durante la implementación de las 5'S y mantenimiento autónomo; dicho equipo deberá de trabajar a tiempo completo durante el desarrollo de las mencionadas herramientas de Lean. (3 hr)
- c. Establecimiento y aprobación de indicadores de productividad, calidad, costo, entrega, seguridad y moral, ésto lo decidirá el equipo lean. (1hr)
- d. Diseño y aprobación del cronograma de implementación de 5'S y del mantenimiento autónomo. (1 hr)

#### B. Segunda etapa: Hacer

Esta segunda etapa iniciará con la implementación de las dos primeras 5'S (clasificar y orden), debido a que éstas son requisito inicial para luego empezar con el desarrollo del programa de mantenimiento autónomo. Así mismo, esta implementación previa buscará generar expectativa en la planta, ya que se utilizarán controles visuales o afiches referidos a los principios de 5'S, generando así mayor curiosidad a los operarios por el programa a desarrollarse.

Así mismo, cabe resaltar que el equipo Lean tendrá una participación constante, tanto sea capacitando al personal como también proporcionando material teórico a los participantes. Incluso, el gerente general tendrá activa participación en las reuniones tanto de apertura como durante el cierre de las mismas. A continuación, en la Figura 39 y 40 se muestra el cronograma de implementación respectiva.

---

<sup>6</sup> El equipo Lean estará conformado por el ingeniero jefe de planta, jefe de proyectos, técnico asistente del jefe de planta y un ingeniero contratado con alta experiencia en implementación de herramientas Lean.





## 1. Implementación de SEIRI: Clasificar

Se retira o elimina de los puestos de trabajo todos los elementos que no son necesarios para las operaciones de manufactura. De manera que lo necesario se mantenga cerca de la actividad a ejecutar.

### a. Reunión apertura

El equipo asignado llevará a cabo la explicación de los objetivos específicos del principio *SEIRI* y las actividades propias de la implementación que se ejecutarán en el lapso de dos semanas y estará dirigido a todos los operarios que laboran en el área de maquinado y soldadura.

### b. Elaborar lista de elementos innecesarios

Elaborar la lista de elementos innecesarios, la cual permite registrar su ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su eliminación. Esta lista se realiza en un plazo de una semana; en el ANEXO M, se muestra el formato a ser completado en esta actividad.

### c. Identificar con tarjetas de color

Para los elementos innecesarios, véase ANEXO N, se identificará con tarjetas de color rojo, para elementos que sí son necesarios identificar con una tarjeta verde; así ubicarlo a simple vista del operario.

### d. Plan de acción para retiro de elementos

Se plantearán las siguientes acciones: Mover el elemento a una nueva ubicación dentro de la planta, almacenar al elemento fuera del área de trabajo o eliminar el elemento. Para esto se hará uso de un formato sencillo en el ANEXO O, en dicho formato, se pedirá breve descripción del elemento y seleccionar la decisión a tomar para corregir dicha situación

## 2. Implementación de SEITON: Orden

Se dispondrá de una reubicación o eliminación de elementos innecesarios. Este principio ayudará en gran medida a una deficiencia que se tiene actualmente en el almacén; y consiste en mejorar el control de stock de repuestos e insumos.

### a. Reunión de apertura

Se elabora un formato, tal como lo indica en el ANEXO P, con el que se completará la lista de elementos con los que necesitan contar permanentemente en cada zona de trabajo

### b. Implementar control visual

En este punto ya se cuenta únicamente con lo que es útil; por lo tanto, se implementarán controles visuales de acuerdo a cada situación de necesidad de los insumos, materiales o herramientas a utilizar en cada zona de trabajo. En la tabla 12 se muestra el registro adecuado para la identificación necesaria.

Tabla 12: Tabla de frecuencia de uso y ubicación correcta de elementos necesarios.

ELEMENTO	FRECUENCIA DE USO	COLOCAR / CONTROL VISUAL
Caja de herramientas auxiliares para tornos paralelos	MUCHAS VECES AL DÍA	

Fuente: Elaboración Propia

#### c. Mapa de 5'S: marcación de la ubicación

En el ANEXO Q, se muestra el modelo de mapa 5'S o de ubicación de elementos que se utilizará para esta actividad. Así mismo, para dicha elaboración se deben de considerar ciertos criterios para encontrar la mejor localización y un modo adecuado para la identificación de dichas localizaciones, los criterios son los siguientes:

- Localizar los elementos en el sitio de trabajo de acuerdo con su frecuencia de uso.
- Los elementos usados con más frecuencia se colocan cerca del lugar de uso.
- Almacenar las herramientas de acuerdo con su función y si los elementos se utilizan juntos se almacenan juntos, y en la secuencia con que se usan.

#### d. Marcación y codificación con colores

Se destinará una hora a la semana para la marcación de cada zona de trabajo, zona de elementos de seguridad, delimitación de los estantes de herramientas e insumos necesarios para la fabricación. Los colores que se utilizarán para la marcación serán de color amarillo y blanco. Así mismo, tal como se ve en la Figura 41, se aplicará la marcación de colores para la estantería ubicada en la parte inferior del taller, de manera que se diferencie lo que contiene en cada nivel de dicha estantería.



Figura 41: "Zonas con necesidad de Marcación y codificación de colores"  
Fuente: La Empresa

#### e. Reunión de cierre y entrega de informe final

Elaboración y entrega de un informe conciso con fotografías de antes y después de cada cambio ejecutado.

### 3. Implementación de Mantenimiento Autónomo

Una vez culminada la implementación de los dos primeros principios de las 5'S, la organización será capaz de iniciar con la metodología del Mantenimiento Autónomo; así mismo se continuará desarrollando la implementación de los otros tres principios de las 5'S.

Por otro lado, el enfoque de paso a paso<sup>7</sup>, para la implantación del mantenimiento autónomo, delimita claramente las actividades de cada fase; facilitando la ejecución de auditorías regulares que dan fe de los avances hechos en cada paso y da a los operarios un sentimiento de logro conforme avanza el programa.

#### Preparación: paso cero

Esta etapa consiste en establecer las pautas generales y fechas para el desarrollo adecuado de las actividades, formar el equipo de Mantenimiento Autónomo y estandarizar los tipos de anomalías presentes en las máquinas. Adicional, para un mayor énfasis en Mantenimiento Autónomo, en el ANEXO R, se detalla el estado actual de las máquinas luego de 22 años de operatividad y los efectos de una falta de control preventivo del equipo. El resultado del análisis elaborado del estado actual de las máquinas se muestra en la figura 42, en donde se observa las horas reales consumidas desde la adquisición hasta la fecha para cada máquina.

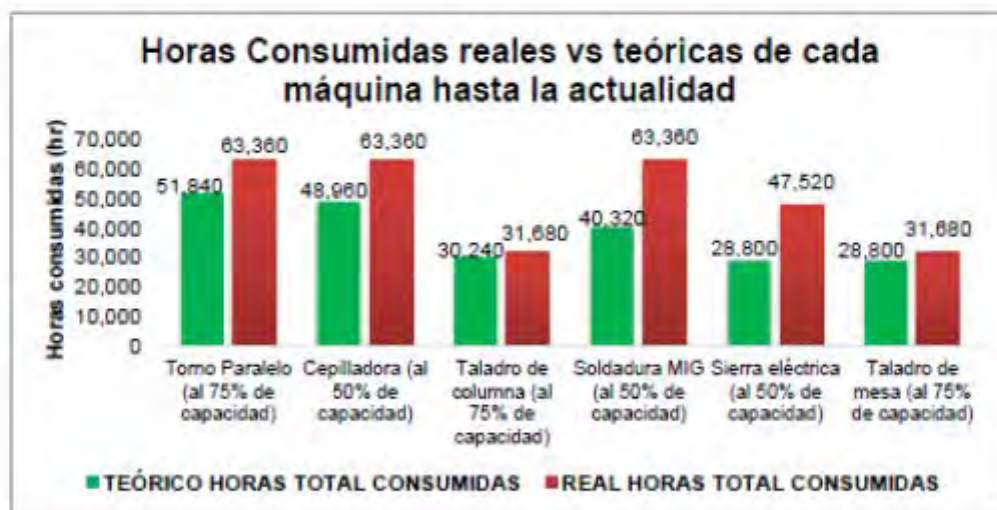


Figura 42: "Horas consumidas reales vs teóricas de cada máquina"  
Elaboración Propia

<sup>7</sup> Suzuki, 1992. TPM en Industrias de proceso

De la anterior gráfica se concluye que, en cada uno de los equipos de maquinado, corte y soldadura se ha consumido mayor número de horas de su máxima capacidad permitida, parte de la condición básica del equipo. Por lo tanto, de la Figura 43, se grafica el Pareto de deterioro acelerado de los equipos utilizados.

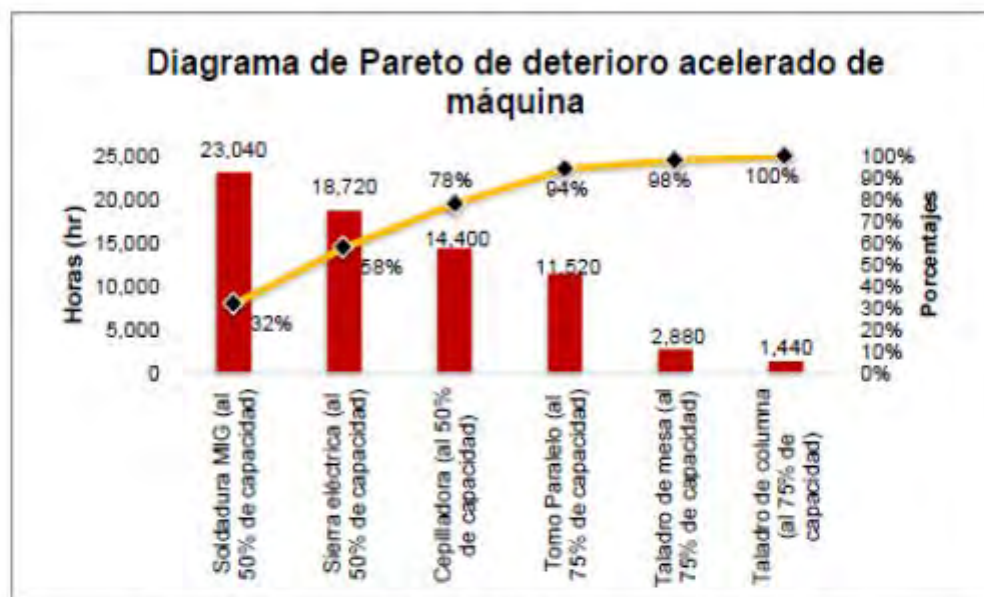


Figura 43: "Diagrama de Pareto de deterioro acelerado de máquina"  
Elaboración Propia

a. Formación de equipo TPM autónomo

El equipo encargado seguirá siendo responsable de gestionar y establecer las pautas necesarias para la realización de las actividades de implementación de la metodología de Mantenimiento Autónomo.

b. Establecer fechas de reunión del equipo autónomo y actualización de avances de actividades

Se establece posteriores reuniones para revisión del avance de actividades según el cronograma y evaluando oportunidades de mejora que los operarios o demás miembros de la organización puedan aportar durante el desarrollo del programa.

c. Identificar y codificar las máquinas en cada zona de trabajo

Codificación de cada zona de trabajo; en el ANEXO T se muestra un ejemplo de la codificación de las máquinas con las que cuenta la organización.

d. Estandarizar los tipos de anomalías presentes en las máquinas

Según Suzuki (2005), una anomalía o anomalía es una deficiencia, desorden, ligera irregularidad, defecto, falla o fisura. Estas anomalías se dividen en siete tipos, véase en ANEXO U, por lo tanto, los operarios serán instruidos por el equipo TPM autónomo para que puedan responder, como ejemplo, las siguientes preguntas:

- ¿Qué problemas pueden ocurrir si esta tuerca o perno falta o está flojo?
- ¿Qué problemas pueden ocurrir si este aceite está sucio o es usado?

**Implementación PASO 1: limpieza como inspección (SEISO)**

Este paso 1 del programa de mantenimiento autónomo, según Suzuki (2005), tiene como principal objetivo elevar la confiabilidad de los equipos a través de la limpieza e inspección profunda para poder llevar a la máquina a sus condiciones básicas.

a. Reunión apertura

Se coordina campaña de limpieza en los puestos de trabajo y en las máquinas, dándole prioridad a las de mayor desgaste acelerado (máquina soldadora MIG, sierra eléctrica, cepilladora y torno paralelo); así mismo, los objetivos son los siguientes.

- Establecer una rutina de limpieza e inspección
- Llevar los equipos a condiciones básicas mediante la identificación y solución de anomalías.
- Medir un tiempo base de limpieza.
- Identificar los siete tipos de anomalías en todas las máquinas.
- Incrementar el conocimiento que los operarios tienen sobre sus equipos e incentivarlos a dar ideas para la solución de problemas.

b. Elaboración de mapa de seguridad de máquina

Se elaborará un mapa de seguridad por cada tipo de máquina; así las actividades de limpieza e inspección serán conducidas o ejecutadas con el mayor cuidado y preocupación por evitar algún accidente o incidente. En el ANEXO V se muestra un modelo de mapa de seguridad,

c. Limpieza inicial: equipo y puesto de trabajo

El primer es el de remover la suciedad y desperdicios de la máquina y del puesto de trabajo, ya que pueden deteriorar, desgastar o hasta impedir el correcto funcionamiento del equipo. Así mismo, por la alta toxicidad de los insumos que se utilizan en el taller, si no existiera limpieza frecuente, los operarios podrían, por descuido, ingerir o manipular sin protección estos insumos; y así provocar algún daño en su piel, ojos, manos, etc.

d. Identificar y clasificar anomalías

El objetivo principal del paso 1 de esta metodología no solo consiste en la limpieza minuciosa, sino en inspeccionar y detectar tipos de anomalías presentes en el equipo y solucionarlas. A continuación, en la figura 44, se muestran dos tarjetas<sup>8</sup> que serán utilizadas en esta actividad.

<p>MAQUINA: Sierra Eléctrica      FECHA: 10/12/2016</p> <p>COD. MAQ: BM-03-EEISA-00-13</p> <p>REPORTADA POR: Elias Sanchez</p> <p>SOLUCIONADA POR: Elias Sanchez</p> <p>TIPO DE ANOMALIA</p> <p>1 <input checked="" type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/></p>	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>La sierra eléctrica presenta 2 pernos hexagonales flojos o desajustados.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>MAQUINA: Máquina soldadora MIG      FECHA: 10/12/2016</p> <p>COD. MAQ: BM-M5M-21-08</p> <p>REPORTADA POR: Emilio Mandujano</p> <p>SOLUCIONADA POR: Roger Sandoval</p> <p>TIPO DE ANOMALIA</p> <p><input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>DESCRIPCIÓN</p> <p>Se encontró que el cable de la máquina soldadora MIG está roto en una terna de este.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>

Figura 44: "Tarjeta azul y amarilla de identificación de anomalías"  
Fuente: Elaboración Propia

La tarjeta azul identifica una anomalía que puede ser solucionada por el operador; la de color amarillo es exclusivamente para anomalías de seguridad y deberán ser solucionadas en el menor tiempo posible. En la tabla 13, se muestra un listado de posibles anomalías que se pueden llegar a encontrar en cada máquina o sitio de trabajo.

<sup>8</sup> Tarjetas de identificación de anomalías cuyo modelo de referencia es a partir del utilizado en Mondelez International, empresa que ha desarrollado Mantenimiento autónomo.

Tabla 13: Ejemplo de Tabla de tipos de anomalías identificadas

Tipo de Anomalía	Máquina/Lugar	Descripción	Reportado por	Fecha
Pequeñas deficiencias	Torno paralelo	Se encontró 3 pernos tipo hexagonal desajustados		
	Torno paralelo	Faja de transmisión sucia		
	Torno paralelo	Ruido inusual en sist. Transmisión		
	Cepilladora	Acumulación de viruta o residuos en el rodillo		
Falta de condición básica	Torno paralelo	Entrada para lubricación sucia		
	Cepilladora	Tuerca pasada de rosca		
	Taladro de mesa	Guía de mesa sucia y falta lubricar		
Elementos innecesarios	Máquina de soldar	Cables de repuesto innecesario en zona de trabajo		
Lugares Inseguros	Suelo del taller	Falta de líneas de paso en el taller		
	Máquina de soldar	Rotura de máscara de protección de soldadura		

Fuente: Elaboración propia

e. Eliminar anomalías básicas del paso 1

A partir de las anomalías identificadas, se elaborará una matriz de los planes de acción para la eliminación de anomalías encontradas. A continuación, en la tabla 14, se muestra un ejemplo de lo que sería dicha matriz.

Tabla 14: Ejemplo Matriz de plan de acción para eliminar anomalías

ANOMALIA	TIPO	Máquina/Lugar	PLAN DE ACCIÓN	RESPONSABLE	Fecha de ejecución
Se encontró 3 pernos tipo hexagonal desajustados	1	Torno paralelo	Ajuste de pernos utilizando la llave N° 3		
Faja de transmisión sucia	1	Torno paralelo	Limpiar faja utilizando paños		
Entrada para lubricación sucia	2	Torno paralelo	Limpiar entrada para lubricación		

Fuente: Elaboración propia

f. Elaborar un estándar inicial de limpieza e inspección

Una vez concluidas las actividades de limpieza, identificación de anomalías y corrección o eliminación de pequeñas deficiencias en cada una de las máquinas y puestos de trabajo, se procede a la elaboración de un estándar de limpieza e

inspección por cada máquina. En la Tabla 15, se muestra un ejemplo del formato de estándar de limpieza e inspección a elaborar.

Tabla 15: Ejemplo de formato de estándar de limpieza e inspección

ESTÁNDAR DE LIMPIEZA CON INSPECCIÓN - MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PASO 1									
Equipo/Máquina:					Revisado:				
#	Componente	Estándar de Inspección	Método	Acción en caso de anomalías	Herramientas	Tiempo (min)	Semanal	Quincenal	Mensual
1.1	Faja de transmisión	Limpia y sin rayaduras		Limpieza con paño poco tunado e inspeccionar que esté en		5		X	

Fuente: Elaboración propia

La primera columna, indica la enumeración de los componentes a inspeccionar, la siguiente columna, ubica al nombre del componente; en la tercera, se completa con la condición ideal en la que se debe de encontrar el componente. Por último, se establecen las herramientas a utilizar, el tiempo de duración y frecuencia de la inspección por componente.

g. Monitoreo de resultados y de actividades de limpieza e inspección

La semana siguiente a la finalización de la elaboración del estándar inicial, se llevará a cabo el monitoreo de los resultados obtenidos hasta este momento. Esto se evidenciará con fotografías de la situación anterior y la actual, con el nivel de conocimiento de los operarios con respecto al paso 1 del mantenimiento autónomo y el dominio de los formatos o herramientas de la metodología. Los resultados se van midiendo a partir de cuatro indicadores: participación de Kaizen por persona, participación de Lección punto a punto por persona, cantidad de anomalías resueltas por los operarios y el tiempo de limpieza e inspección (estándar inicial elaborado). A continuación, la tabla 16, muestra el formato de indicadores para el monitoreo de resultados.

Tabla 16: Tabla de indicadores de Mantenimiento Autónomo

Indicadores de AM	Períodos por año				
	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16
Anomalías Reportadas					
Anomalías Solucionadas					
Participación de Kaizen por persona					
Participación de Lup por persona					
Tiempo de limpieza e inspección					

Fuente: Elaboración propia

#### h. Auditoría de AM paso 1

Se deberá de realizar una auditoría, encargado por el especialista en Lean Manufacturing junto con el gerente de la empresa. En esta auditoría, se evaluará el cumplimiento de las cuatro actividades: remover la suciedad y desperdicios, detectar anomalías, corregir pequeñas deficiencias y crear un estándar de limpieza con inspección que aseguran la confiabilidad del equipo.

### Implementación del PASO 2: Eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso

#### a. Reunión de apertura

En esta actividad inicial, se explicará a los operarios, que el paso 2 se centra en la eliminación del tipo de anomalía tres y cuatro. Así mismo, se coordinarán entrenamientos en herramientas de identificación de la causa principal de las anomalías, tales como: principio de trabajo, check list y análisis causa raíz.

#### b. Elaborar matriz de priorización de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso

Identificación de anomalías con respecto a fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso, elaboración del diagrama Pareto respectivo; de tal manera que se priorice la eliminación de las anomalías más críticas. En la siguiente tabla 17, se muestra un ejemplo de matriz de priorización de fuentes de contaminación identificadas.

Tabla 17: Ejemplo de matriz de priorización de fuentes de contaminación

Item	Fecha	Encontrado por	Año	Zona / Máquina	Fuente de contaminación	Contaminante	Severidad	Frecuencia	Protección Actual	RPN
1	enero	Juan Pérez	2016	Tomo Paralelo	Fisura en la entrada para lubricación de engranajes	Grasa mineral	5	16	3	240
2	enero	Eliás Sánchez	2016	Tomo Paralelo	Rotura en válvula del sistema de refrigeración	Caída de líquido refrigerante al suelo	7	8	2	112

Fuente: Elaboración propia

En la matriz de priorización se encontrarán campos como la fecha de reporte de anomalía, la zona o máquina en la que se detectó dicha anomalía; así mismo, se

precisa la diferencia entre fuente de contaminación y contaminante. Asignación de puntaje a partir de tres indicadores: severidad, el cual indica el nivel de impacto negativo que puede ocasionar a la empresa; frecuencia de ocurrencia y si actualmente la fuente de contaminación está siendo contenida.

c. Identificar causa raíz de anomalías encontradas

Para poder encontrar el origen del problema, inicialmente, se elabora un principio de trabajo (véase en ANEXO V), en caso esta herramienta no sea suficiente, se procede a elaborar el análisis de causa raíz de la problemática

d. Eliminar anomalías: fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso

Ejecución de planes de acción correctivos y preventivos antes planificados, adicionalmente, las propuestas se reforzarán con lecciones de punto a punto, en los que se retro alimentará al operario a cerca del modo correcto de mantener la mejora implementada. Por último, actualizar el estándar de limpieza e inspección.

e. Auditoría AM de paso 2

La auditoría del paso 2 consistirá en la evaluación del cumplimiento de eliminación de por lo menos el 80% de las fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso identificados. Como evidencia de haber comprendido el objetivo esencial del paso 2, el auditor solicitará a los auditados la matriz de priorización de anomalías del tipo 3 y 4, las herramientas o formatos de análisis de la causa raíz del problema, las propuestas de mejora para eliminar dichas anomalías y la gráfica final del estatus de los resultados.

### **Implementación del PASO 3**

a. Reunión de apertura

Explicación de los objetivos del paso 3 y planificación de capacitación de lubricación. Adicionalmente, en esta reunión se precisará que a medida que se desarrolle las actividades del paso 3 también se irá consolidando el principio SEIKETSU.

b. Entrenamiento en lubricación

El entrenamiento de lubricación estará a cargo de un técnico conocedor del tema y miembro de la empresa en estudio. A partir de ejemplos sencillos y cotidianos se explicará la importancia de la lubricación para poder mantener la máquina en condición básica. Posteriormente, se elaborará el mapeo de los puntos de lubricación por máquina; lo siguiente será identificar el tipo de lubricante que corresponde a cada punto. Por último, utilizar las herramientas adecuadas y definir la frecuencia de lubricación.

c. Eliminar anomalías relacionadas a la lubricación

Una vez identificados los puntos que necesitan ser lubricados regularmente, se debe corregir cualquier condición anormal que impida hacerlo simple y rápida. En el presente paso se trabajará para mejorar dicha situación.

d. Establecer controles visuales

Para poder facilitar las tareas de lubricación se debe establecer controles visuales, los cuales pueden ser etiquetas o dispositivos que faciliten visualmente una condición anormal o no (Hernández, 2013). En la figura 45, muestra ejemplos de controles visuales que serán utilizados para facilitar las tareas y reducir tiempos de inspección, limpieza y lubricación.

Para Motores	Manómetros Termómetros	Sentido de flujo	Nivel	Tuercas
				
Power	Tuberías	Correas-fajas	Válvulas	Inspección
				

Figura 45: "Ejemplo de controles visuales a implementar"  
Fuente: Hernández, 2013

e. Actualizar el estándar anterior a uno que añada lubricación

En el paso 3, se volverá actualizar el estándar, al agregar tareas de lubricación indicando cómo y con qué herramientas se debe de realizar dicha tarea.

f. Establecer valores a parámetros de los procesos

Lo que se busca, al finalizar la implementación de los tres primeros pasos del Mantenimiento Autónomo, es conservar o garantizar la sostenibilidad de los logros obtenidos; es decir, asegurar que los equipos y puestos de trabajo conserven sus condiciones básicas.

Por lo tanto, este punto de la implementación del paso 3 consistirá en establecer valores para los parámetros de los procesos. Las herramientas para estandarizar procesos son los *CENTERLINE* y *LÍNEAS TESTIGO*<sup>9</sup>. Según Suzuki (2005), un Centerline es un conjunto de especificaciones cuyo objetivo es minimizar y eliminar la variabilidad de los procesos; adicionalmente, asegura que la máquina funcione en condición básica.

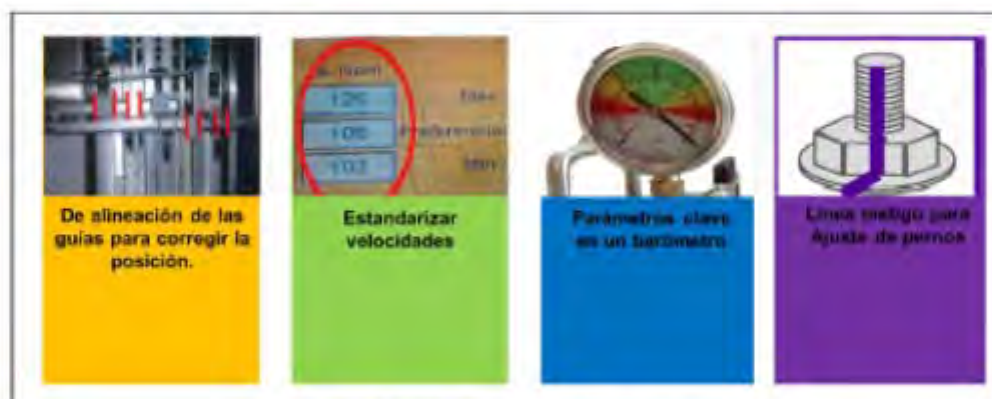


Figura 46: "Aspectos que incluye un Centerline"  
Fuente: Hernández, 2013  
Elaboración Propia

g. Auditoría AM paso 3

La auditoría del paso 3 consistirá en la evaluación del nivel de conocimientos en cuanto a la teoría y tareas de lubricación ejecutadas de acuerdo a lo que los mismos operarios establecieron en el estándar de limpieza, ajuste y lubricación.

<sup>9</sup> Ceroaverias.com. "TPM Knowledge Center", 2013. Consulta 26 junio de 2016.  
<<http://www.ceroaverias.com/quesMTBQF.htm>>

### **Implementación del principio *SHITSUKE* (Disciplina)**

Este principio al ser implementado permitirá realizar el monitoreo y medición de las actividades planeadas que están relacionadas con la creación del hábito al interior del personal con el objetivo de que se vuelva parte cotidiana de sus actividades. Por lo tanto, la práctica de la disciplina pretendrá lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados. Para poder mantener la disciplina del cumplimiento de las 5'S; Vargas (2005) menciona las siguientes condiciones que estimulen estas buenas prácticas:

- **Formación:** Las 5 S no se trata de ordenar en un documento la implementación. Sino es necesario educar e introducir el entrenamiento de aprender haciendo, de cada una de la S's.
- **El papel de la gerencia general:** también tienen la responsabilidad de educar a los operarios en principios de 5'S y mantenimiento autónomo; así mismo, brindar los recursos necesarios para la implantación y motivar al equipo.

#### **4.2. Chequeos de autocontrol**

Los productos finales y entregados a los clientes, no han presentado disconformidad alguna con respecto a la calidad del resultado obtenido. No obstante, durante el desarrollo de la fabricación y montaje, se ha tenido exceso en el consumo de insumos y generación de merma de acero procesado. Adicionalmente, hoy en día, el control dimensional se cumple en un 60%, debido a que se realizan proyectos en simultáneo y se cuenta con solo un responsable para esta tarea.

Debido a lo descrito líneas arriba y según Hernández (2013), Lean Manufacturing propugna el uso de técnicas de calidad, destacando entre ellos, los chequeos de autocontrol. Éstas técnicas serán apropiadas para mejorar el punto débil de seguimiento y control dimensional de las piezas en fabricación, ya que, el operario al lograr ser más autónomo en el conocimiento exacto y ejecución de sus tareas, podrá ser crítico con el maquinado de los componentes. En el ANEXO X, se muestra un ejemplo del manejo de los chequeos de autocontrol.

### 4.3. Reordenación del área para fabricación y montaje

Luego de casi 25 años en funcionamiento, la empresa presenta un problema ineludible, el cual consiste en la disposición de la maquinaria y áreas de trabajo en el taller principal para maquinado y montaje de elementos. Adicionalmente, a partir del diagnóstico elaborado en el capítulo tres del presente trabajo, se encontró factores que afectaban a la eficiencia en el desarrollo de las actividades críticas del proceso de fabricación y montaje de un Skip.

#### A. Pre Planeamiento

Según Muther (1977), la experiencia ha demostrado que, conociendo los factores, no se pasará por alto ninguna característica que deba ser incluida en la redistribución.

##### 1. Factor Material

Para obtener un Skip como producto final se requiere de la previa fabricación de diez componentes, los cuales pasan por la operación de diseño, ingeniería del producto, maquinado y sub-montaje. Como materia prima principal son piezas de acero ya transformado en planchas, ángulos, barras perfiladas, perfiles de acero en general. No obstante, dicho material suele ser dificultoso de mover de una estación a otra

Para la reordenación se deberá de tomar en cuenta lo siguiente:

- Se debe de considerar que, las piezas metálicas a desplazar entre una operación y otra, son grandes y difíciles de transportar. Así mismo, considerar un espacio apropiado para dichas piezas y ordenarlas de acuerdo a su forma.
- Al tener que maquinarse varios tipos de piezas o elementos simultáneamente, en la mayoría de los casos, se requerirá una distribución por proceso.
- Las zonas de trabajo deberán estar ordenadas siguiendo la secuencia de operaciones del DOP

## 2. Factor Maquinaria

Actualmente, la empresa cuenta con maquinarias antiguas, grandes y pesadas; por lo que, el movimiento será dificultoso. Por otro lado, si es que la organización decide adquirir nuevas máquinas, éstas deberán de tener ya un espacio asignado a partir de las superficies ya calculadas para cada equipo. Así mismo, se establecen las siguientes consideraciones para la nueva ordenación:

- Al contar con pocas máquinas, se espera lograr una buena utilización efectiva de las mismas; por lo que, seguir una distribución por procesos, será la mejor opción.
- Contar con un ambiente ventilado, debido a las emisiones que resultan de las máquinas de soldar y de corte.

## 3. Factor Hombre

Todas las personas que tengan obligaciones o responsabilidades de transitar, en el taller, deberán ser consideradas en el proceso de la reordenación de dicha área. Para este factor también se deberá de tomar en cuenta lo siguiente:

- Condiciones adecuadas de seguridad y por el número bajo de operarios, se requerirá que éstos tengan conocimiento de un mayor número de operaciones y mayor entrenamiento.
- La cantidad de operarios con los que se cuenta en la empresa, tal como se resume en la tabla 18, son: 5 operarios para armado y ensamble, uno para habilitado, 4 para soldadura, 2 para corte, 1 encargado de trazado y 2 para maquinado producto final.

Tabla 18: Número de operarios necesarios para las siguientes operaciones: trazo, corte y maquinado

Item	Trazo	Corte	Maquinado
# Actual de operarios	1	2	2
# Elementos a operar	60	68	140
Hombre-hora por elemento	2	4	6
Hombre-hora necesario	120	272	876
Jornal (hr)	7	7	7
Días programados por operación	6	13	67
# de operarios requeridos	2	3	3

*Elaboración propia*

Según Muther (1977), los cálculos necesarios son los siguientes:

***Hombre – hora necesario = elementos a operar \* hombre – hora por elemento***

$$\# \text{ ope. requeridos} = \frac{H - H}{\text{Jornal} * \text{días programados por operación}}$$

#### 4. Factor Movimiento

Según Meyers (2006), generalmente, el elemento a estar en constante movimiento es el material (materia prima, material en proceso o producto acabado); así mismo, este autor menciona que el manejo de material es el responsable del 90% de los accidentes en la organización. También, es el responsable del 80% de costos de mano de obra indirecta y de otros inconvenientes.

#### 5. Factor Espera

Para el caso en estudio, no se puede precisar un flujo definido del material; ya que las diversas tareas no corresponden a un único producto por día. Así mismo, las esperas, durante el desarrollo de actividades críticas para la elaboración del Skip, ocurren al solicitar al proveedor las planchas o perfiles de acero, ya que el tiempo de llegada al taller suele estar entre un lapso de 1 a 4 días de espera.

### B. Planeamiento de la reordenación

Muther (1977), precisa un procedimiento metódico para abordar la re-distribución, el cual consistirá en primero elaborar un diagrama de proceso múltiple de los elementos a maquinar. Lo siguiente será realizar el diagrama relacional de actividades (DRA), luego, elaborar un layout de bloques unitarios y finalmente llevar a cabo un diagrama relacional de espacios (DRE).

#### 1. DOP Multiproducto

Este diagrama de operaciones Multiproducto (véase Figura 47) para la fabricación de un Skip mostrará la secuencia de operaciones que deberá seguir cada material; dicha información servirá para elaborar, posteriormente, la tabla relacional de actividades.



## 2. Tabla relacional de actividades: TRA

En la figura 48, se muestra las relaciones de cada actividad con las demás; según Muther (1977), en una tabla relacional de actividades o TRA, podremos evaluar la necesidad de proximidad entre cada par de actividades atendiendo a diferentes motivos (código y motivo).

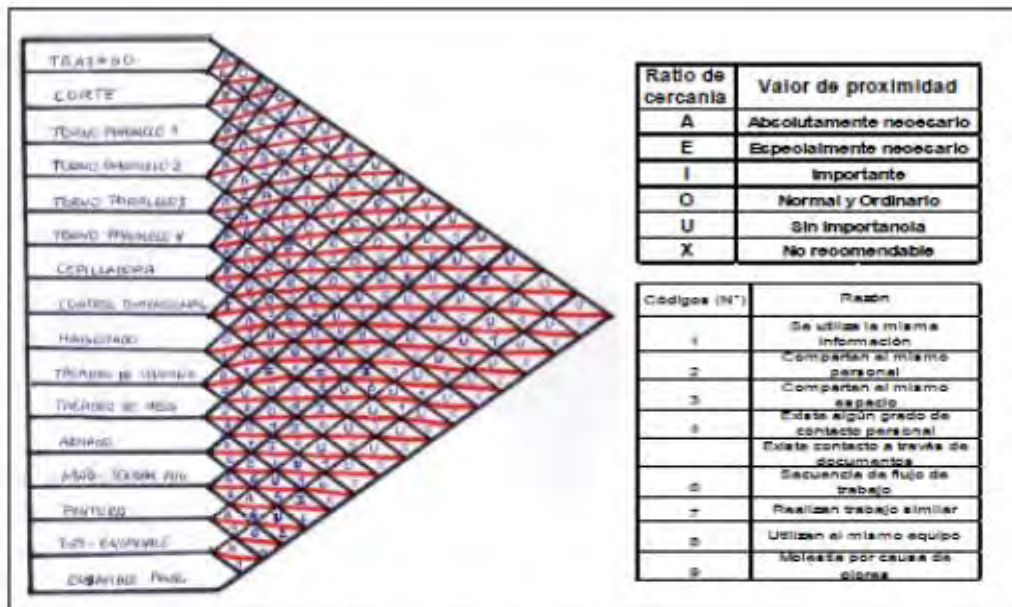


Figura 48: Tabla relacional de actividades TRA  
Elaboración Propia

## 3. Diagrama relacional de actividades: DRA

Según Meyers (2006), el diagrama relacional de actividades permitirá observar gráficamente las actividades en estudio, de acuerdo con su grado o valor de proximidad entre ellos. Para esto se ha considerado dos puntos esenciales para el trazado entre dichas actividades; lo primero a considerar es utilizar un conjunto adecuado y sencillo de símbolos para identificar cualquier actividad. Para el presente caso se ha utilizado cuadrados como simbología para cada actividad. Lo segundo a considerar es un método que permita indicar la proximidad relativa de las actividades y la intensidad relativa del recorrido de los materiales y piezas en proceso. Con respecto a este punto, en la figura 49, se muestra una pequeña tabla en la que por cada código se asigna un color específico y un número de líneas para cada código.

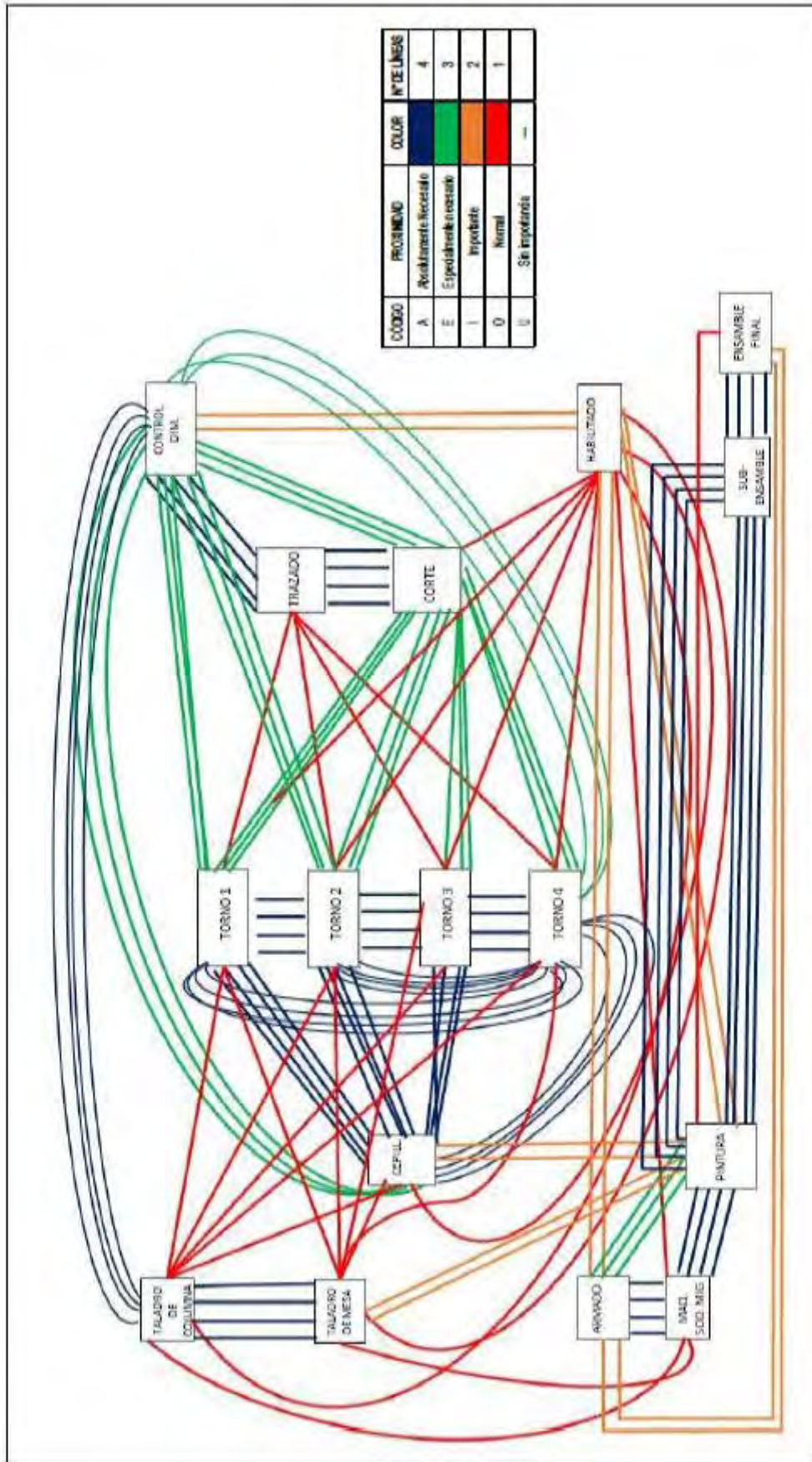


Figura 49: Diagrama relacional de actividades (DRA)  
Fuente: La Empresa  
Elaboración Propia

#### 4. Diagrama relacional de espacios: DRE

En el punto 3.2.5 se calculó la superficie de 170 m<sup>2</sup>, a ser necesaria para la distribución de las máquinas. A continuación, en la figura 50, se muestra una propuesta de reordenación de las áreas y máquinas implicadas en la fabricación y montaje de un Skip; no obstante, esta nueva distribución también favorecerá a la ejecución de otros productos

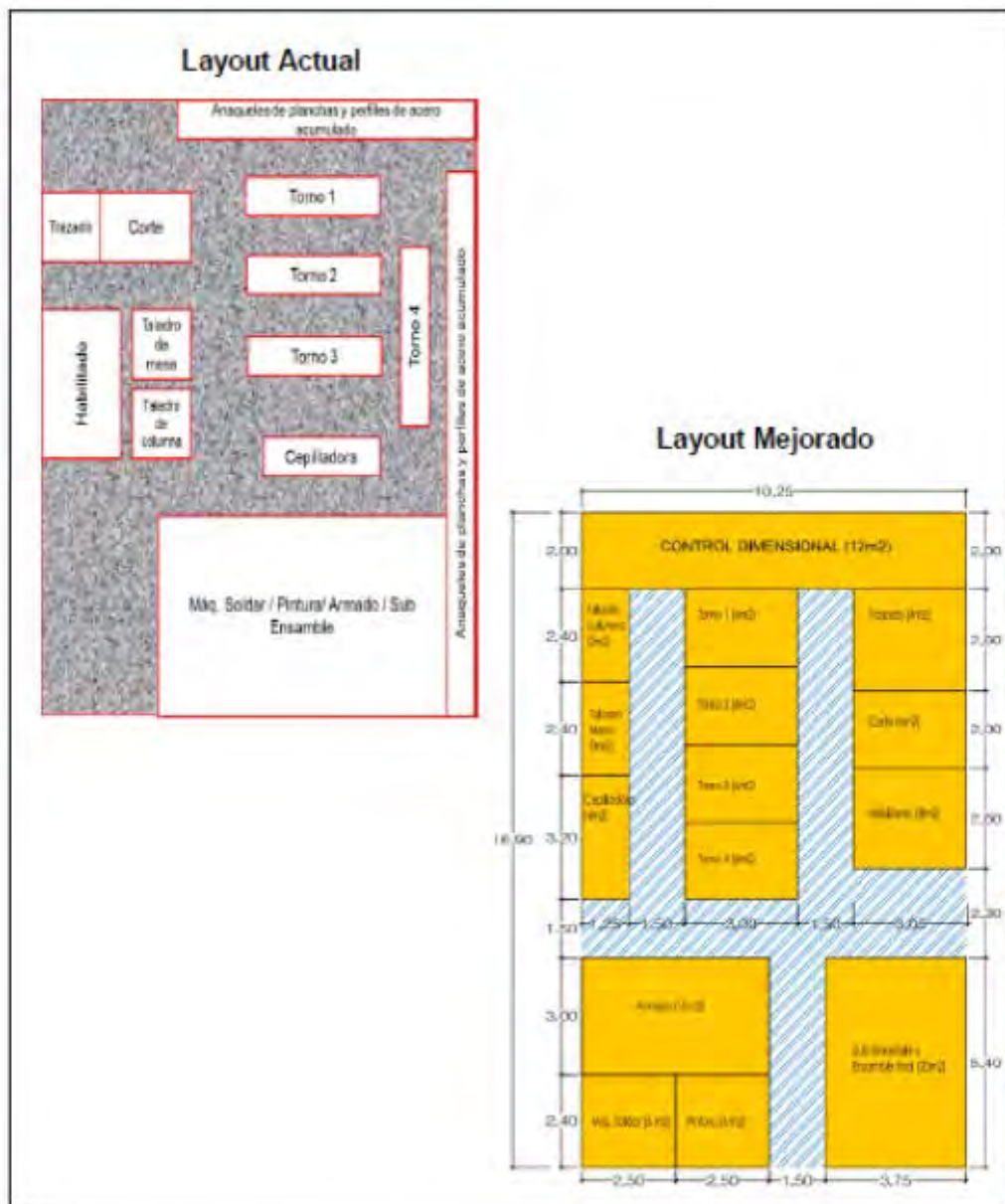


Figura 50: Diagrama relacional de espacios (DRE) propuesta  
Fuente: La Empresa  
Elaboración Propia

#### 4.4. Beneficios esperados

A partir de la implementación de herramientas Lean y la reordenación de las zonas de trabajo en la planta de fabricación de elementos y componentes, se logrará obtener los siguientes beneficios:

- Eliminación de residuos, sobrantes o material defectuoso de acero procesado que obstaculiza el tránsito de operarios y son principal causa de incidentes en la planta.
- A partir del principio *SEIRO* implementado, los elementos identificados con tarjeta roja serán eliminados mediante un eficiente y eficaz plan de acción. Así mismo, los materiales e insumos identificados con tarjetas verdes, serán reubicados cerca a cada zona de trabajo, debido a su constante uso durante la operación. Así reducir o hasta eliminar tiempos perdidos por ir a buscar las herramientas necesarias para ajustar la máquina y fabricar.
- Eliminar los riesgos de accidentes a partir de mejoras simples y rápidas (*Kaizen*), codificación por colores de los diferentes tipos de insumos inflamables con los que se trabaja en planta y mapa de 5's del área.
- Los operarios seguirán de forma ordenada un procedimiento para detectar la causa raíz de un problema identificado en sus puestos de trabajo.
- La limpieza inicial profunda ejecutada, siguiendo el principio *SEISO* y el paso 1 de mantenimiento autónomo, permitirá dar el primer paso, en toda la implementación de herramientas Lean.
- El seguimiento al estándar de limpieza, inspección y lubricación mensual, elaborado en el paso 3 de la metodología de AM, permitirá que las horas programadas para el trazado, corte, maquinado y ensamblado de elementos, no se vea interrumpida por fallas en las máquinas o fallas en el proceso.
- Reducir las pérdidas de mano de obra; es decir, eliminar el desperdicio de trabajo humano que se produce por una deficiente condición de la planta. Tal como convivir con anomalías, averías, ajustes innecesarios y otros.

- Los chequeos de autocontrol, permitirán que no se necesite contratar a una persona específicamente y se le cargue de trabajo para inspeccionar cada elemento. En caso contrario, cada operador será responsable de seguir el formato de Control dimensional para la pieza que está maquinando.
- La nueva reordenación de áreas, reducirá las horas o el tiempo perdido por movimientos innecesarios dentro de la planta y permitir que el flujo del acero, como materia prima esencial, sea menos complicado y dificultoso.

## 5. EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO

A partir de las propuestas de mejora, es necesario verificar un análisis costo-beneficio respectivo. Estas mejoras son medidas a partir de métricas ya establecidas, las cuales son: disponibilidad, rendimiento, calidad, tiempo perdido por movimientos innecesarios, tiempo perdido por esperas para el elemento terminado o en proceso y tiempo perdido por accidentes. Así mismo, evaluar lo que representaría económicamente el incremento de participación, autosuficiencia y moral de los operarios. Es evidente que dichas métricas requerirán de cierta inversión en capacitaciones y activos, en general, para la empresa.

Los costos incurridos en la implementación de las mejoras, serán considerados como egresos y se evaluarán en un horizonte de 4 años, a través de un flujo de caja económico. Así mismo, el costo de la implementación de las herramientas y la redistribución serán analizados desde el punto de vista de costo – beneficio; es decir, se evaluará si se puede lograr mejores resultados al menor gastos previsto. En la tabla 19, se detallan datos iniciales necesarios para los cálculos posteriores del análisis económico. Así mismo, los flujos de caja económico a elaborar, será por cada uno de los siguientes beneficios obtenidos (véase en tabla 20):

Tabla 19: Data necesaria para cálculos de análisis económico

Peso total de Skip	7.85 Ton	Ratio neto (costo/peso neto)	13.172 S/. / Kg
Costo unitario de Skip en dólares	\$30,718.00	Cantidad trabajada por día	0.163 Ton/día
Tipo de cambio a la fecha	3.369 <sup>10</sup>	Cantidad trabajada por hora	21.189 Kg/Hr
Costo unitario de Skip en soles	S/. 103,488.94	Costo de operatividad de más. por hora	279.123 S/. / Hr
Gastos Generales (10%)	S/. 10,348.89	Costo de M.O por hora	9.00 S/. / Hr
Utilidad (15%)	S/. 15,523.34		
Costo total	S/. 129,361.18	I.G.V (18%)	S/. 23,285.01
<b>Precio de venta del Skip = S/. 152,646.19</b>			

Elaboración Propia

<sup>10</sup> Tipo de cambio oficial. Consulta realizada el 05 de junio del 2016.  
<www.sunat.gob.pe>

Tabla 20: Data necesaria para cálculos de análisis económico

Beneficio 1	Capacitaciones introductorias de Lean e implementación de SEIRI y SEITON
Beneficio 2	Implementación de AM y 3'S
Beneficio 3	Redistribución de Planta y Chequeos de auto control
Beneficio 4	

Fuente: Elaboración Propia

## 5.1 Evaluación económica para la etapa Planear e implementación de SEIRI y SEITON

Como paso preliminar a la implementación de las 5'S se lleva a cabo la etapa Planear, en la tabla 21, se muestran los costos involucrados en las reuniones iniciales.

Tabla 21: Detalle de costos para la etapa Planear

ITEM	Descripción	Cantidad	S/. / hr	S/. / unid	Total (S/.)
<b>Costos para la etapa: Planear</b>					
Reunión Introductoria general (2 hr)	Administrador	1	40	-	80
	Jefe de Planta	1	30	-	60
	Jefe de proyectos	1	30	-	60
	Secretaria general	1	20	-	40
	Ing. Contratado	1	40	-	80
Capacitación profunda de 5'S y mantenimiento autónomo (3hr)	Administrador	1	40	-	120
	Jefe Planta	1	30	-	90
	Jefe Proyectos	1	30	-	90
	Ing. Contratado	1	40	-	120
	Tec. Asistente	1	12	-	36
Diseño y establecimiento del cronograma de implementación (1 hr)	Jefe Planta	1	30	-	30
	Jefe Proyectos	1	30	-	30
	Tec. Asistente	1	12	-	12
	Ing. Contratado	1	40	-	40
<b>Sub Total</b>					<b>S/.900.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Continuando con lo establecido en el cronograma, elaborado en el acápite 4.1.2, se procede a elaborar un detalle de costos para la implementación del primer y segundo principio de las 5'S (véase tabla 22).

Tabla 22: Detalle de costos para implementación de SEIRI y SEITON

ITEM	Descripción	Cantidad de hr	Cantidad	Si. / hr	Total (Si.)
<b>Costos de implementación de SEIRI y SEITON</b>					
Reunión apertura (1 hr)	Operarios	-	13	9	117
	Jefe de Planta	-	1	30	30
	Jefe de Proy.	-	1	30	30
	Ing. Contrat.	-	1	40	40
Costo por horas dedicadas a la implementación	Operarios	8	13	9	936
	Jefe de Planta	8	1	30	240
	Jefe de Proy.	2	1	30	60
	Ing. Contrat.	4	1	40	160
Tarjetas de color	Material para clasificar elementos	-	100	-	15
Papelería	varios	-	-	-	80
Baldes de Pintura	varios	-	3	35	105
Controles Visuales	Elaborados en la misma organización	-	-	-	80
Reparación de estantería	Trabajo de soldadura	1	1	9	9
<b>Sub Total</b>					<b>Si. 1,902.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Como beneficios se tiene que no se perderá tiempo buscando los insumos o materiales necesarios para poder efectuar el maquinado; así mismo, ya no se generarán retrasos, durante la operación, por recurrir constantemente al almacén. Esto, económicamente, se representa en ahorro en el sueldo de dichos operarios; el pago es de 9 soles por hora y las horas, estimadas, a recuperar por estos retrasos detectados representan unas 54 horas.

Por otro lado, gracias a la implementación inicial de los principios SEIRI y SEITON, se reducirá el consumo de planchas y perfiles estructurales adquiridos como materia

prima principal para la fabricación de todos los productos que fabrica la empresa. El beneficio, por consiguiente, corresponde en un ahorro económico por reducción de materia prima; se conoce que, el 3% del material acero transformado, resulta no utilizable debido a fallas generadas sobre él. Por lo tanto, en la tabla 23, se muestra los beneficios obtenidos a partir de las capacitaciones iniciales y la implementación de SEIRI y SEITON.

Tabla 23: Beneficios de implantación inicial

BENEFICIOS POR IMPLEMENTACIÓN INICIAL	
Ahorro en sueldo de los operarios de maquinado	S/.792.00
Ahorro por reducción en consumo de Planchas estructurales	S/.237.80
Ahorro por reducción en consumo de Perfiles estructurales	S/.366.68
Total ahorro	S/. 1,396.48

Fuente: Elaboración Propia

Para obtener los valores de ahorro por reducción de consumo de planchas y perfiles estructurales se ha considerado como tipo de cambio la tasa vigente en el mercado, la cual es de 3.369 (SBS, 2016) para convertir de dólares a soles. Según al CAPM (Capital Asset Pricing Model, 2016), el costo de oportunidad de la empresa, COK, se calculará de la siguiente manera:

$$\beta_p = \left( 1 + \left( \frac{D}{E} \right) * (1 - T) \right) * \beta \dots \text{Ec. (1)}$$

$$COK = RF + \beta_p * (RM - RF) + \text{RIESGO DEL PAÍS} \dots \text{Ec. (2)}$$

En la tabla 24, se muestran los valores a utilizar para el cálculo correspondiente al COK de la empresa; así mismo, se precisa que los valores de ratio Deuda/Capital y el  $\beta$  (coeficiente de riesgo de mercado) son obtenidos como referencia del mercado de Estados Unidos (Betas by Sector, 2016) y el sector a considerar es el Steel (acero). Por último, el coeficiente de riesgo específico será ajustado para el país por la ecuación (Ec. (1)).

Tabla 24: Datos para cálculo del COK

D/E (Ratio deuda/capital)	91.75% <sup>11</sup>
$\beta$ (Coeficiente de riesgo de mercado)	1.43%
T (Impuesto a la renta)	27% <sup>12</sup>
$\beta_p$	2.002
RF (Tasa de riesgo)	4.05% <sup>13</sup>
$\beta_p$ (Coeficiente de riesgo específico)	2.002
RM-RF (Prima de riesgo promedio del mercado)	4.54% <sup>14</sup>
RIESGO DEL PAÍS	2.22% <sup>15</sup>
COK	15.36%

Fuente: Varios, 2016

Considerando los egresos y beneficios representados por ahorro generados tanto por la ejecución de la etapa preliminar de capacitaciones y la implementación inicial de los dos primeros principios de las 5'S; dicho ahorro será de S/. 1,396.48 al año. Este monto se calculó y se obtuvo los siguientes resultados, los cuales, posteriormente, se cuantificaron en soles ahorrados por la reducción de los siguientes puntos (véase tabla 25):

Tabla 25: Mejoras obtenidas

H-H Ganadas	88	Equivalente a 13 días productivos para dos operarios de maquinado
Menor uso de Planchas Estructurales	87 Kg	Material que ya no sería dañado gracias a la implementación de SEIRI y SEITON
Menor uso de Perfiles Estructurales	128 Kg	

Fuente: Elaboración Propia

<sup>11</sup> Betas by Sector (US), 2016. Consulta 15 de junio del 2016.

< [http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html) >

<sup>12</sup> Diario La República, 2016. Consulta 15 de junio del 2016

<<http://larepublica.pe/impresa/economia/730212-desde-hoy-baja-el-impuesto-la-renta-27-y-uit-sube-s-3950>>

<sup>13</sup> Annual Returns on stock, 1928 –current. Consulta 15 de junio del 2016

<[http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/histretSP.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/histretSP.html)>

<sup>14</sup> SBS, 2016. Consulta 15 de junio del 2016.

< <http://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEP/Portal/Paginas/TIPasivaMercado.aspx?tip=B> >

<sup>15</sup> Diario Gestión, 2016. Riesgo de país bajó tres puntos básicos a 2.22%. Consulta 15 de junio del 2016.

< <http://gestion.pe/economia/riesgo-pais-peru-bajo-tres-puntos-basicos-222-puntos> >

A continuación, en la tabla 26, se elaboró un flujo de caja económico correspondiente a los egresos y beneficios obtenidos en esta parte inicial de las propuestas de mejora.

Tabla 26: Flujo de caja económico del Beneficio 1

	AÑOS				
	0	1	2	3	4
<b>COSTOS</b>					
Etapa Planear	-S/.900.00				
Implementación SEIRI y SEITON	-S/.1,902.00				
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>-S/.2,802.00</b>				
<b>BENEFICIOS</b>					
Ahorro en sueldo de los operarios de maquinado	S/. -	S/.792.00	S/.792.00	S/.792.00	S/.792.00
Ahorro por reducción en consumo de Planchas estructurales	S/. -	S/.237.80	S/.237.80	S/.237.80	S/.237.80
Ahorro por reducción en consumo de Perfiles estructurales	S/. -	S/.366.68	S/.366.68	S/.366.68	S/.366.68
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>	<b>S/.0.00</b>	<b>S/.1,396.48</b>	<b>S/.1,396.48</b>	<b>S/.1,396.48</b>	<b>S/.1,396.48</b>
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-S/.2,802.00</b>	<b>S/.1,396.48</b>	<b>S/.1,396.48</b>	<b>S/.1,396.48</b>	<b>S/.1,396.48</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>-S/.2,802.00</b>	<b>-S/.1,405.52</b>	<b>-S/.9.04</b>	<b>S/.1,387.43</b>	<b>S/.2,783.91</b>
<b>VPN POR AÑO</b>	<b>-S/.2,802.00</b>	<b>S/.1,192.44</b>	<b>S/.1,018.22</b>	<b>S/.869.45</b>	<b>S/.742.42</b>
<b>VPN</b>	<b>S/.1,020.54</b>				
<b>COK</b>	<b>17.11%</b>				
<b>TIR</b>	<b>35%</b>				
<b>TASA DE DESCUENTO</b>	<b>2.65%</b>	<b>TASA DE INTERÉS PASIVA PROMEDIO DE MERCADO EFECTIVA (SBS,2016)</b>			
<b>RATIO B/C</b>	<b>1.87</b>				

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la tabla 34, el valor presente neto positivo (VPN) obtenido indica que esta primera implementación de la herramienta Lean, 5'S, y las capacitaciones introductorias resultarán ser rentable para el negocio. Así mismo, el valor del TIR (35%) es mayor al COK calculado en la tabla 41 y el ratio de beneficio – costo es mayor a 1 (1.87). Por lo tanto, dicho ratios (B/C) indica que por cada sol invertido se obtendrá 1.87 nuevos soles de beneficio; demostrando que estas dos iniciales implementaciones, parte del plan de implementación Lean, es económicamente rentable.

## 5.2. Evaluación económica de la implementación de Mantenimiento Autónomo y tres S's

Lo siguiente a la implementación de los dos primeros principios de las 5'S, es la metodología de Mantenimiento autónomo y el desarrollo de los principios limpieza, estandarización y disciplina en simultáneo. A continuación, se muestra en la tabla 27, el detalle de costos para las actividades correspondientes.

Tabla 27: Detalle de costos para implementación de Mantenimiento Autónomo

ITEM	Descripción	Cantidad de hr	Cantidad	\$/ hr	Total (\$.)
Reunión de apertura y formación de equipo AM	Operarios	2	3	9	54
	Ing. Diseño	2	1	30	60
	Ing. Contrat.	2	1	40	80
	Jefe de Planta	2	1	30	60
Horas dedicadas a la implementación de AM	Operarios	84	3	9	2268
	Ing. Contrat.	84	1	40	3360
	Jefe de Planta	84	1	30	2520
Reunión de apertura para paso 1	Operarios	1	3	9	27
	Ing. Diseño	1	1	30	30
	Ing. Contrat.	1	1	40	40
	Jefe de Planta	1	1	30	30
Reunión de apertura para paso 2	Operarios	1	3	9	27
	Ing. Diseño	1	1	30	30
	Ing. Contrat.	1	1	40	40
	Jefe de Planta	1	1	30	30
Reunión de apertura para paso 3	Operarios	1	3	9	27
	Ing. Diseño	1	1	30	30
	Ing. Contrat.	1	1	40	40
	Jefe de Planta	1	1	30	30
Reunión de auditoría de cada paso	Ing. Contrat.	3	1	40	120
	Administrador	3	1	40	120
Papelería	Varios	-	-	-	200
Controles Visuales	Varios	-	-	-	200
Formatos para actividades AM	Documentos o tarjetas	-	-	-	120
Reunión de monitoreo y revisión general	Ing. Contrat.	2	1	40	80
	Jefe de Planta	2	1	30	60
	Administrador	2	1	40	80
<b>Sub Total</b>					<b>\$/ 9,763.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Al ser, la metodología de mantenimiento autónomo, el principal pilar de TPM (Mantenimiento Productivo Total) se debe de considerar el cálculo del OEE; cuyo fin es medir la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de los equipos, nivel de producción o fabricación y el cumplimiento de los estándares de calidad del producto respectivamente. A continuación, se describen los ahorros (en miles de soles) obtenidos para cada indicador a mejorar.

#### A. Disponibilidad

Como se definió en capítulos previos, el indicador de disponibilidad muestra qué tanto se ha tenido la máquina en funcionamiento o en operatividad sobre el tiempo disponible o programado para la ejecución de las tareas respectivas. Por lo tanto, en este punto, se mostrará el ahorro obtenido (en términos monetarios) a partir de la reducción de horas perdidas y aumento del porcentaje de disponibilidad (91%); este ahorro (véase en tabla 28) se obtiene tanto a nivel de máquinas como de mano de obra.

*Tabla 28: Beneficios de mejora en Disponibilidad*

H-H Ganadas	13
H-Maq. Ganadas	13
Ahorro económico en H-Maq.	S/.3,628.60
Ahorro económico en H-H	S/.117.00

*Fuente: La Empresa  
Elaboración Propia*

De la tabla anterior, se muestra que las horas productivas recuperadas, al incrementar la disponibilidad de 87% a 91%, es de 13 horas. Lo cual equivale a un monto de ahorro económico total de S/. 3,745.60.

#### B. Rendimiento

Este indicador refleja la cantidad real producida o fabricada con respecto a la prevista; dichas cantidades se ven afectadas por la cantidad de horas perdidas por fallas en máquina y procesos. Por lo tanto, las mejoras ejecutadas para aumentar el rendimiento de la producción, se interpretarán en ahorro económico a beneficio de la

empresa. En la tabla 29, se muestra el ahorro económico logrado a partir de la implementación del mantenimiento autónomo.

*Tabla 29: Beneficios de mejora en el Rendimiento*

Rendimiento obtenido	90%
Aumento de producción en	5%
Horas productivas ganadas	1153
Ahorro obtenido en soles	S/.13,397.90

*Fuente: La Empresa  
Elaboración Propia*

### C. Calidad

El indicador de calidad demuestra el porcentaje de piezas buenas respecto al total real fabricado. Así mismo, se conoce que actualmente la empresa presenta un margen de 3% de defectos por el incumplimiento del control dimensional en las piezas producidas. No obstante, para el caso del análisis económico de este indicador, se evaluará la pérdida económica obtenida por material principal defectuoso, el cual, para un Skip, representa el acero transformado adquirido en planchas estructurales y en perfiles. A continuación, se detalla la cantidad representativa de material defectuoso tanto para planchas como para perfiles.

*Peso del Skip = 7.85 Ton*

*Porcentaje aproximado de material defectuoso = 3%*

*Toneladas de material defectuoso = 0.236 Ton*

*Material defectuoso en Kg = 214.096 Kg*

*Planchas estructurales = 40.2% \* 214.096 = 86.067 Kg*

*Costo de Kg de acero para Planchas = 0.82 \$/Kg<sup>16</sup>*

*Perfiles estructurales = 59.8% \* 214.096 = 128.029 Kg*

*Costo de Kg de acero para perfiles = 0.85 \$/Kg<sup>17</sup>*

<sup>16</sup> Valor del Kg de acero para planchas estructurales en el mercado actual.  
<<http://www.portalminero.com/display/bols/Bolsa+de+Metales>>

<sup>17</sup> Valor del Kg de acero para perfiles estructurales en el mercado actual.  
<<http://www.portalminero.com/display/bols/Bolsa+de+Metales>>

En la tabla 30, se muestra el monto económico por material defectuoso que se recuperará a partir de la implementación de mantenimiento autónomo y de los chequeos de autocontrol.

*Tabla 30: Beneficios de mejora de calidad*

Nivel de calidad	100%
Reducción de M.P; planchas estructurales	86 kg
Reducción de M.P; perfiles estructurales	128 Kg
Ahorro en M.P	S/.366.30

*Elaboración Propia*

Como se puede apreciar en la tabla 31, adicionalmente, a los costos de implementación y de los tres restantes principios de 5'S, se considerarán costos anuales por mantenimiento de infraestructura, papelería (utilizada en controles visuales u otra herramienta necesaria para la metodología de AM y 5'S) y un egreso anual destinado a eventos Kaizen (corto plazo y sencillas). Esto a favor de lograr mantener el equipo en condiciones básicas y al personal comprometido con el cumplimiento de metas de herramientas Lean. Por otro lado, se implementarán un software RS TALLER, para la mejor gestión y seguimiento de órdenes de trabajo y, así mismo, el software de BOBCAD CAM, el cual permitirá mejorar la calidad de diseño de los productos y evitar errores durante el maquinado de la materia prima. Adicionalmente, en el año tres también se invertirá en un torno CNC, con el cual se reducirá el tiempo de operación de tomeado y el nivel de precisión durante el maquinado aumentará (menor regulaciones y ajustes).

En esta misma tabla 31, se muestra que en el tercer año, la empresa reducirá su nivel económico en el monto de S/. 15,535.63; esto debido al fuerte gasto que se hará por un torno CNC. No obstante, se estima que, en los siguientes años, se podrá recuperar dicha inversión. Adicionalmente, se observa que la TIR (55%) de este beneficio obtenido es mayor al COK calculado; y además, el ratio de beneficio-costo es mayor a 1 (1.04), lo cual representa que implementar esta metodología y acompañarlo de los tres principios restantes de 5'S resulta ser rentable para la empresa.

Tabla 31: Flujo de caja económico del Beneficio 2

	AÑOS				
	0	1	2	3	4
<b>COSTOS</b>					
Implementación AM y 3's	-S/.9,763.00				
Monto destinado a mejoras en máquina		-S/.2,000.00	-S/.2,000.00	-S/.2,000.00	-S/.2,000.00
Mantenimiento de estantería y repintado de pase peatonal y delimitación de máquinas		-S/.300.00	-S/.300.00	-S/.300.00	-S/.300.00
Papelería		-S/.400.00	-S/.400.00	-S/.400.00	-S/.400.00
Implementar sist. ERP: Software RS TALLER®					-S/.5,000.00
Software de Manufactura Asistida por Computadora (CAM): Software BOBCAD CAM			-S/.3,000.00		
Torno CNC				-S/.40,000.00	
<b>TOTAL COSTOS</b>	-S/.9,763.00	-S/.2,700.00	-S/.5,700.00	-S/.42,700.00	-S/.7,700.00
<b>BENEFICIOS</b>					
Ahorro en horas-máquina productivas recuperadas	S/. -	S/.3,628.60	S/.3,628.60	S/.3,628.60	S/.3,628.60
Ahorro en horas-hombre productivas recuperadas	S/. -	S/.117.00	S/.117.00	S/.117.00	S/.117.00
Ahorro por rendimiento	S/. -	S/.13,397.90	S/.13,397.90	S/.13,397.90	S/.13,397.90
Recuperado por mejorar la calidad	S/. -	S/.603.86	S/.603.86	S/.603.86	S/.603.86
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>	S/.0.00	S/.17,747.36	S/.17,747.36	S/.17,747.36	S/.17,747.36
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-S/.9,763.00</b>	<b>S/.15,047.36</b>	<b>S/.12,047.36</b>	<b>-S/.24,952.64</b>	<b>S/.10,047.36</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	-S/.9,763.00	S/.5,284.36	S/.17,331.72	-S/.7,620.92	S/.2,426.44
<b>VPN POR AÑO</b>	<b>-S/.9,763.00</b>	S/.12,848.85	S/.8,784.16	<b>-S/.15,535.63</b>	S/.5,341.56
VPN	S/.1,675.95				
COK	17.11%				
TIR	55%				
<b>TASA DE DESCUENTO</b>	2.65%	TASA DE INTERÉS PASIVA PROMEDIO DE MERCADO EFECTIVA (SBS,2016)			
<b>RATIO B/C</b>	<b>1.04</b>				

Elaboración Propia

### 5.3. Evaluación económica de la redistribución de planta y cheques de autocontrol

Para la reordenación de la planta, los gastos serán destinados a conseguir las herramientas o materiales necesarios para mover las máquinas y ordenar cada zona de trabajo. Además, de gastos que implican la mejora en parte de la infraestructura y el pintado o acabado de los puestos de trabajo. Cabe precisar que, para estas actividades correspondientes, se dispondrá de tres operarios, dos de ellos serán soldadores y un mecánico armador. A continuación, en la tabla 32, se muestra el detalle de costos implicados en la redistribución del área de fabricación de elementos.

Tabla 32: Detalle de costos para la redistribución de planta

ITEM	Descripción	Cantidad de hr	Cantidad	\$/ hr	Total (\$/.)
Alquiler de Montacarga	Para reordenar equipos	8	1	60	480
Horas Extras dedicadas a la reordenación	Ing. Planta	8	1	35	280
	Operario	8	3	11	264
Pintura	Cebras peatonales	-	2	25	50
Soldadura	Horas extras para soldadura de nueva estantería (encargado por dos soldadores)	4	2	11	88
Reunión de coordinación	Ing. Planta	1	1	30	30
	Operarios	1	3	9	27
	Administrador	1	1	40	40
<b>Sub Total</b>					<b>\$/ 1,259.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

En el capítulo tres, se determinó, a partir de un diagrama de Pareto, las horas que se pierden por movimiento innecesarios, esperas de material o producto final o en proceso y horas hombre perdidas por accidentes ocurridos; es necesario precisar que, todos estos indicadores, han sido obtenidos a partir del análisis de la fabricación

del producto más solicitado (Skip). Sin embargo, los beneficios obtenidos generarán impacto para todos los productos a fabricar en la empresa.

Por otro lado, la propuesta de chequeos de autocontrol se verá fortalecida por el desarrollo de la cultura de mantenimiento autónomo, ya que, lo que se conseguirá es que los operarios sean responsables de realizar chequeos sucesivos y eviten, en el mismo momento del maquinado, no cumplir con las especificaciones del producto (control dimensional). En la tabla 33, se muestra los beneficios obtenidos a partir de estas mejorar desarrolladas.

*Tabla 33: Beneficios de una redistribución de planta y chequeos de autocontrol*

H-H Ganadas por reducción de mov. Innesarios	26	S/.234.00
H-H Ganadas por reducción de esperas	14	S/.126.00
H-H Ganadas por eliminar condiciones inseguras	4	S/.36.00
Ahorro por reducción de defectos de calidad		S/.603.00

*Fuente: Elaboración Propia*

En la siguiente tabla 34, se muestra el flujo de caja económico para la redistribución de planta y los chequeos de auto control; así mismo, adicionalmente, al gasto general por el desarrollo de estas mejoras, se generarán costos por adquisición de nuevos EPP (S/. 200.00) y nuevos equipos de medición para el correcto control dimensional de las piezas a fabricar (S/. 600.00).

Tabla 34: Flujo de caja del beneficio 3 y 4

	AÑOS				
	0	1	2	3	4
<b>COSTOS</b>					
Redistribución de planta	-S/.1,259.00				
Adquisición de nuevos EPP		-S/.200.00			
Adquisición de nuevos equipos de medición				-S/.600.00	
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>-S/.1,259.00</b>	<b>-S/.200.00</b>	<b>S/.0.00</b>	<b>-S/.600.00</b>	<b>S/.0.00</b>
<b>BENEFICIOS</b>					
H-H Ganadas por reducción de mov. Incesarios	S/. -	S/.234.00	S/.234.00	S/.234.00	S/.234.00
H-H Ganadas por reducción de esperas	S/. -	S/.126.00	S/.126.00	S/.126.00	S/.126.00
H-H Ganadas por eliminar condiciones inseguras	S/. -	S/.36.00	S/.36.00	S/.36.00	S/.36.00
Ahorro por reducción de defectos de calidad	S/. -	S/.603.00	S/.603.00	S/.603.00	S/.603.00
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>	<b>S/.0.00</b>	<b>S/.999.00</b>	<b>S/.999.00</b>	<b>S/.999.00</b>	<b>S/.999.00</b>
<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>-S/.1,259.00</b>	<b>S/.799.00</b>	<b>S/.999.00</b>	<b>S/.399.00</b>	<b>S/.999.00</b>
<b>FLUJO DE CAJA ACUMULADO</b>	<b>-S/.1,259.00</b>	<b>-S/.460.00</b>	<b>S/.539.00</b>	<b>S/.938.00</b>	<b>S/.1,937.00</b>
<b>VPN POR AÑO</b>	<b>-S/.1,259.00</b>	<b>S/.682.26</b>	<b>S/.728.41</b>	<b>S/.248.42</b>	<b>S/.531.11</b>
<b>VPN</b>	<b>S/.931.19</b>				
<b>COK</b>	<b>17.11%</b>				
<b>TIR</b>	<b>52%</b>				
<b>TASA DE DESCUENTO</b>	<b>2.65%</b>	<b>TASA DE INTERÉS PASIVA PROMEDIO DE MERCADO EFECTIVA (SBS,2018)</b>			
<b>RATIO B/C</b>	<b>1.86</b>				

Fuente: Elaboración Propia

Del flujo de caja económico (tabla 34), se muestra que el TIR (52%) es mayor al COK, lo cual indica que la tasa de interés de retorno es mayor al costo de capital esperado. Así mismo, se consiguió un ratio de beneficio/costo de 1.86.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- La estructura y el orden a seguir para la implementación de las herramientas Lean seleccionadas resulta ser estratégica, ya que cada etapa cumple con objetivos, los cuales son requisito para la siguiente etapa. Así mismo, seguir el orden establecido permitirá que el personal, sobre todo los vinculados al área productiva, desarrollen progresivamente una cultura de pertenencia de su propio proceso; y por ende, autonomía y responsabilidad por mantener sus equipos en condiciones básicas, fabricar una pieza sin defectos y entregar el producto final en un corto plazo.
- La implementación y el desarrollo de los buenos hábitos proporcionados por las 5'S, logró convertir 88 horas-hombre, perdidas en búsqueda de insumos y constantes visitas innecesarias al almacén, en horas productivas. Así mismo, se redujo en un 20% el consumo del material principal; así, no sólo se logró obtener un ahorro por adquisición de acero transformado para la fabricación de un producto, sino que las 5'S favorecerá a los demás trabajos ejecutados en la planta. Por último, las 5'S proporcionó el medio para que junto con la redistribución de planta se elimine al 100% las condiciones inseguras en el taller y por consecuencia no se generen ausentismos o costos adicionales por daños a operarios.
- La condición de deterioro forzado en el que se encontraban las máquinas en la planta, gracias al Mantenimiento Autónomo, tienen un plan de mantenimiento preventivo, el cual permitió aumentar el indicador de Disponibilidad a un 91% y generó un ahorro de casi S/. 4,000.00 por horas-máquina y horas-hombre ahora productivas.
- Otro punto a favor del Mantenimiento Autónomo es que permitió incrementar a 90% el rendimiento de la planta; es decir, se podrá fabricar más piezas en menos tiempo y consumiendo lo necesario de materia prima. Por lo tanto, para el caso de la fabricación de un Skip, anteriormente el plazo de entrega de dicho producto consistía en 48 días; hoy en día el plazo será de 39 días.
- Si bien, el precio en el mercado de los metales es muy variable y dependiente de la economía global, la metodología del Mantenimiento Autónomo y en sí la implementación de la nueva cultura Lean en la empresa, permitirá amortizar ese

gran impacto que hasta hace un año atrás ponía a la organización en apuros. Por lo tanto, controlar y mantener el indicador de calidad en un 100%, como es el que se ha logrado por el momento, permitirá tener gastos excesivos de adquisición de acero transformado (planchas y perfiles estructurales); así, el costo de producción disminuirá y la empresa podrá ser más sostenible en el tiempo.

- La redistribución de la planta permitió recuperar 44 horas, antes perdidas por movimientos innecesarios, esperas del material o producto en proceso y también por condiciones inseguras detectadas; y ahora dichas horas sean productivas. Por otro lado, si bien cada producto tiene diferentes características, el proceso de maquinado sigue, en su mayoría de oportunidades, la misma secuencia indistintamente a las características del producto. Por lo tanto, gracias a la nueva distribución, las zonas de trazado, corte, tomo, cepilladora y taladro están ordenadas por proceso y cercanas unas con otras; así, los operarios no tendrán que caminar entre obstáculos para llegar de un puesto a otro.
- Los chequeos de autocontrol sucesivos permitieron reducir la tasa de defectos de un 3% a su quinta parte<sup>18</sup> en tan solo dos semanas. Así mismo, y de la mano con el mantenimiento autónomo, se logró cumplir a un 100% los controles dimensionales, siendo los responsables lo propios operarios, dueños de sus procesos; así, se logró obtener piezas bien hechas a la primera.
- Cada uno de los cuatro beneficios obtenidos resultaron ser económicamente rentables con un TIR > COK y un indicador Beneficio/Costo mayor a 1, en todos los casos.
- Aplicar un estudio de métodos (DOP y DOP Multiproducto), para el capítulo de análisis y diagnóstico de la situación actual, permitió hacer un zoom en cada operación e identificar las actividades que implicaban retraso en la fabricación de un Skip y también se logró documentar dichos diagramas de operaciones y utilizarlos en un futuro para estandarizar métodos de trabajo.

---

<sup>18</sup> Reducción Benchmarking con casos similares en empresas de metalmecánica que aplican la filosofía Lean.

## 6.2. Recomendaciones

- La limpieza y orden logrado en la planta, por la implementación de 5'S reforzado por Mantenimiento Autónomo, deberá ser sostenible y respetada por toda la organización. Por lo tanto, el equipo Lean propio de la empresa deberá de incentivar a la participación activa del personal y realizar auditorías frecuentemente; así, conservar un entorno de trabajo agradable y seguro.
- Durante el segundo año de haber sido ya implementado el Mantenimiento Autónomo, es recomendable asignar un operario que sea encargado de hacer seguimiento al formato de estándar de limpieza, inspección y lubricación de las máquinas. Y así mismo, asignar un responsable de anomalías, de manera que ambos operadores motiven a todo el equipo de operarios a participar con propuestas de mejoras y sostener la autonomía en sus puestos de trabajo; esto funcionará si se sigue un estándar de trabajo y no trabajar más empíricamente.
- La empresa deberá de asignar un monto específicamente para la sostenibilidad de las herramientas Lean, sobre todo, para futuras capacitaciones y/o entrenamientos.
- Con la finalidad de direccionar las áreas de la empresa hacia un mismo objetivo, dicha organización deberá de re plantear el significado de valor para la compañía y re estructurar la cadena de valor.
- Las actividades ejecutadas en cada uno de los principios de las 5'S deberán ser replicadas en las demás áreas de la empresa; así la organización completa guarde la armonía de vivir la cultura Lean.
- Documentar desde el planeamiento hasta la ejecución de cada una de las propuestas de mejoras establecidas; es recomendable también, adicionar fotografías y formatos de evidencia de la implementación de dichas mejoras y registros de acontecimientos suscitados durante el desarrollo de dichas propuestas de mejora.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Annual Returns on Stock 2015 Consulta 16 de junio del 2016  
<<http://pages.stern.nyu.edu>>
- Arverson, P  
2014 Balanced Scorecard Institute,  
Management Group Company
- Betas by Sector, US 2016 Consulta 15 de junio del 2016  
<<http://pages.stern.nyu.edu>>
- Cantú, D. 2001 Desarrollo de una cultura de calidad  
México
- Chang, R 1996 Mejora Continua de Procesos: Guía Práctica para mejorar  
procesos y lograr resultados medibles. Barcelona
- Ciclo de Deming Consulta 10 agosto del 2015  
<<http://www.implementacionsig.com/index.php/generalidades-sig/55-ciclo-dedeming>>
- Diario Gestión 2016 Consulta 16 junio del 2016  
< <http://gestion.pe/economia/riesgo-pais-peru-bajo-tres-puntos-basicos-222-puntos-porcentuales-2163422>>
- Diario La República 2016 Consulta 16 junio del 2016  
< <http://larepublica.pe/empresa/economia/730212-desde-hoy-baja-el-impuesto-la-renta-27-y-uit-sube-s-3950>>
- Excelean, Excellence in Logistics  
2010 Consulta 20 de agosto del 2015  
<<http://leanlogisticsexecution.blogspot.pe/>>
- Francis,R. 1992 *Facility layout and location: an analytical approach*  
New Jersey,USA
- Gabor 1990 The man who discovered the Quality
- García, D 2005 Distribución en planta

- Hartmann,E    *Cómo instalar con éxito el TPM en una planta no japonesa.*  
1992
- Hernández, JC.    *Lean Manufacturing conceptos, técnicas e implementación*  
2013    España, Madrid
- Hitoshi, K    *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la*  
2002    *calidad*
- Hotosani, K    *The QC problem - solving approach: solving workplace*  
1989    *problems the Japanese way*
- Ingenieriaindustrialonline  
2012    <[www.ingenieriaindustrialonline.com](http://www.ingenieriaindustrialonline.com)>
- Krajewski    *Administración de operaciones: procesos y cadena de valor*  
2008    *México*
- Kume, H    *Herramientas básicas para el mejoramiento de la calidad*  
1992
- Lean Solutions Colombia  
2011    <<http://www.leansolutions.co>>
- Maazaki    *Kaizen: la clave de la ventaja competitiva Japonesa*  
1995
- Maldonado, J.    *Gestión de procesos: Diagrama de Ishikawa*  
2011    *España*
- Mañes, Nagore    *Las claves del éxito de Toyota Lean, más que un conjunto de*  
2009    *herramientas y técnicas.*
- MaquinaPlus    < <http://www.maquinaplus.com/products/tomos-segunda-mano>>  
2016    *Perú*

- Meyers, F. 2006      Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales  
México, DF
- Morales, J      Estudio sobre el estado de situación de la Implementación del 2010  
TPM en Chile
- Muther, R 1977      Distribución en planta
- Pérez, J 2010      *Gestión de procesos*  
Madrid
- Porter 1985      Ser Competitivo: nuevas aportaciones y conclusiones
- Real Systems S.A 2016      < <http://www.realsystems.com.pe/rs-taller>>  
Perú
- SBS 2016      Tasa de interés pasiva promedio de mercado  
efectiva  
<<http://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPPortal/Paginas/TIPasivaMercado.aspx?tip=B>>
- Sosa, D. 1998      Conceptos y herramientas para la mejora continua  
México
- Strategas Consultants 2007      Consulta 14 marzo del 2016  
<[www.strategosinc.com](http://www.strategosinc.com)>
- Sunat 2016      Tipo de Cambio Oficial  
<[www.sunat.gob.pe](http://www.sunat.gob.pe)>
- Suzuki 2005      *Japan Institute of plant Maintenance. TPM en industrias de proceso*  
Oregon, Usa

Womack, J *Lean Thinking*  
1991 Consultada 14 de marzo del 2016  
< <http://www.ingenieriaindustrialonline.com>>

Womack, J *The Machine that Changed the World*  
1990

3D CAD PORTAL  
2016 < <http://www.3dcadportal.com/bobcad-cam.html>>  
Perú