



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

## **“IMPLEMENTACIÓN DEL LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD EN LA COMPAÑIA PERUANA S.A.C., 2016”**

Tesis para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Industrial

**Autores:**

Br. Carlos Eduardo Mayuri Ferrer  
Br. Heyler Yuler Diaz Paredes

**Asesor:**

Mg. Máximo Huambachano

Lima – Perú

2016

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller de la Facultad de Ingeniería en la Carrera de Ingeniería Industrial, Carlos Eduardo Mayuri Ferrer, Heyler Yuler Diaz Paredes, denominada:

### **“IMPLEMENTACION DEL LEAN MANUFACTURING PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE REDUCTORES DE VELOCIDAD EN LA COMPAÑIA PERUANA S.A.C., 2016**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**ASESOR**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

**PRESIDENTE**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

## DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis llenos de alegría a nuestros padres, especialmente a nuestra madre, por su apoyo incondicional de cada día, recordando todo el tiempo pasado y vivido a su lado, gracias por su empuje, consejos, su mano dura para con nosotros, sin el gran aporte y amor que sembraron en nosotros no se hubiese podido llegar a cumplir nuestra meta.

A mis hermanos por darme apoyo moral y fuerzas cada día;

A mis profesores de la universidad, por sus enseñanzas y paciencia;

A mis compañeros de trabajo, por la convivencia de cada día y por ser mis amigos;

A mi hermano que está en el cielo que desde allí nos protege.

A todos ustedes, por su apoyo incondicional...

Muchas gracias

Carlos Eduardo Mayuri Ferrer

Heyler Yuler Diaz Paredes

## AGRADECIMIENTO

Es muy extensa la lista de las personas a las cuales debo agradecer su colaboración y cooperación en el desarrollo de mi tesis. Quiero agradecer de todo corazón a los Ingenieros Edinson Mata, Michelle Zelada y Máximo Huambachano por brindarnos todo su tiempo y ser nuestro soporte en cada duda de nuestro proyecto de mejora.

A mi compañero y colega Carlos Mayuri, por el trabajo en equipo que hemos realizado cada día para culminar nuestro estudio de investigación.

A todos los profesores de la universidad, gracias por sus enseñanzas.

A la empresa SKF del Perú S.A., por facilitarnos el tiempo necesario para el desarrollo de nuestra tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>12</b>
1.1. Antecedentes .....	12
1.2. Realidad Problemática .....	12
1.3. Formulación del Problema .....	13
1.3.1. <i>Problema General</i> .....	13
1.3.2. <i>Problema Específico</i> .....	13
1.3.2.1. <i>Problema específico 01</i> .....	13
1.3.2.2. <i>Problema específico 02</i> .....	13
1.3.2.3. <i>Problema específico 03</i> .....	13
1.3.2.4. <i>Problema específico 04</i> .....	14
1.4. Justificación.....	14
1.4.1. <i>Justificación Teórica</i> .....	14
1.4.2. <i>Justificación Práctica</i> .....	14
1.4.3. <i>Justificación Cuantitativa</i> .....	14
1.4.4. <i>Justificación Académica</i> .....	15
1.5. Objetivo .....	16
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	16
1.5.2. <i>Objetivo Específico</i> .....	16
1.5.2.1. <i>Objetivo específico 1</i> .....	16
1.5.2.2. <i>Objetivo específico 2</i> .....	16
1.5.2.3. <i>Objetivo específico 3</i> .....	16
1.5.2.4. <i>Objetivo específico 4</i> .....	16
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1. Variable independiente: Lean Manufacturing .....	17

2.3. Reductor de velocidad.....	23
Historia de los reductores.....	23
2.2.1. <i>Características del reductor – tamaño</i> .....	28
2.2.2. <i>Características del trabajo que realiza un reductor</i> .....	28
2.2.3. <i>Partes de un reductor de velocidad</i> .....	29
2.2.4. <i>Instalación</i> .....	29
2.2.5. <i>Mantenimiento</i> .....	30
2.2.6. <i>Lubricación de las transmisiones de engranajes encerrados</i> .....	31
2.2.7. <i>Localización de fallas</i> .....	31
2.2.8. <i>Lista de problemas</i> .....	31
2.3. Sinfín-corona.....	32
2.3.1. <i>Instalación y acoplamiento</i> .....	33
2.3.2. <i>Lubricación</i> .....	33
2.3.3. <i>Reductor planetario tipo “cyclo”</i> .....	33
2.3.3.1. <i>Historia</i> .....	33
2.3.3.2. <i>Aplicaciones</i> .....	34
2.3.3.3. <i>Ventaja</i> .....	37
2.3.4. <i>Reductor de velocidad tipo planetario</i> .....	38
2.3.5. <i>Reductor de velocidad de engranajes</i> .....	38
2.3.5.1. <i>Clasificación de engranajes</i> .....	39
2.1. Definición de términos básicos.....	41
<b>CAPÍTULO 3. DESARROLLO.....</b>	<b>44</b>
3.1. Desarrollo el Objetivo 1.....	44
3.1.1. <i>Conceptualización y análisis del proceso de fabricación de reductores</i> .....	44
3.1.2. <i>Compromiso de tiempos de entrega</i> .....	46
3.1.3. <i>Personal no calificado</i> .....	47
3.1.4. <i>Desventajas respecto a la competencia</i> .....	47
3.1.5. <i>Conclusión parcial</i> .....	47
3.2. Desarrollo el Objetivo 2.....	48
3.2.1. <i>Definiendo falencias del proceso</i> .....	48
3.2.2. <i>Planteamientos a la medida de las circunstancias</i> .....	50
3.2.3. <i>Conclusión parcial</i> .....	51
3.3. Desarrollo el Objetivo 3.....	52

3.3.1.	<i>Implementación de las herramientas Lean Manufacturing</i> .....	52
3.3.2.	<i>Aplicación de la metodología Lean Manufacturing</i> .....	53
3.3.2.1.	<i>Aplicación de las 5´s</i> .....	53
3.3.2.2.	<i>¿Por qué tener un programa 5s´s?</i> .....	54
3.3.2.3.	<i>Implementación de las 5S</i> .....	54
3.3.2.4.	<i>Implementación de 5´s – Sostener las mejoras</i> .....	55
3.3.2.5.	<i>TPM: Estrategia global de empresa</i> .....	55
3.3.2.6.	<i>Tiempo requerido para actividades de T.P.M.</i> .....	57
3.3.3.	<i>Conclusión parcial</i> .....	59
3.4.	<i>Desarrollo el Objetivo 4</i> .....	60
3.4.1.	<i>Impacto económico</i> .....	61
3.4.2.	<i>Cantidad de reductores de velocidad entregada en el año 2015</i> .....	62
3.4.3.	<i>Cantidad de reductores de velocidad a entregar luego de la implementación de Lean Manufacturing</i> .....	63
3.4.4.	<i>Conclusión parcial</i> .....	66
	<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b> .....	<b>67</b>
4.1.	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>67</b>
4.2.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>70</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>74</b>
	Anexo n°. 1 Layout actual - Mejorado.....	74
	Anexo n°. 2 Estudio económico de factibilidad.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°. 1 Modelos de reductores.....	46
Tabla N°. 2 Matriz de principales problemas .....	49
Tabla N°. 3 Las 5 ´S.....	53
Tabla N°. 4 De costos de mantenimiento.....	58
Tabla N°. 5 Gastos de capacitación de 5´ s.....	61
Tabla N°. 6 Gastos de capacitación de TPM. ....	61
Tabla N°. 7 Cantidad de reductores fabricados en el 2015 .....	62
Tabla N°. 8 Reductores fabricados después de la en el 2017 .....	64



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°. 1 Motor-Reductor .....	29
Figura N°. 2 Motor-Reductor .....	31
Figura N°. 3 Motor-Reductor .....	32
Figura N°. 4 Motor-Reductores .....	35
Figura N°. 5 Del programa 5 s ´s .....	54
Figura N°. 6 Estructura del TPM .....	55
Figura N°. 7 Estructura del TPM .....	56
Figura N°. 8 Elementos del TPM.....	57
Figura N°. 9 De costos del TPM.....	59
Figura N°. 10 Grafica de Pareto 2015.....	63
Figura N°. 11 Grafica de Pareto mejorado 2017.....	64

## RESUMEN

Con este proyecto de investigación se pretende generar un plan de implementación que permita a la gestión de fabricación de reductores de velocidad, realizar un cambio pasando de un sistema de manufactura convencional, hacia un sistema de manufactura con un enfoque de Lean Manufacturing. Basado en metodologías reportadas en la literatura, con este proyecto se desarrolla una metodología general para la implementación de Lean Manufacturing, adicionalmente y después de estudiar el estado actual de las operaciones se proponen actividades específicas de mejora que permitan la reducción de desperdicios, tiempos muertos y cuellos de botella a través del uso de algunas herramientas Lean.

En el análisis de las líneas de producción, se detectó como una de los principales problemas el no poder hacer las entregas de nuestros equipos (motor- reductor de velocidad) en el tiempo establecido a nuestros clientes, por lo cual recibíamos muchas quejas por parte de ellos y también penalidades económicas.

Otro factor era el descontento y la falta de compromiso de los colaboradores por la continua informalidad en los procesos por parte de los jefes.

Para disminuir el impacto de estas quejas así como para que los colaboradores estén más comprometido con la empresa, se propone implementar las herramientas de la filosofía Lean: *TPM* y las 5's. Esto se verá reflejado en una mejora y un ahorro de horas hombre, una mayor capacidad productiva, mejor tiempo de respuesta y cumplimiento de entregas, mayores ventas y una mejor rentabilidad, todo esto con una proyección a largo plazo.

**Palabras clave:** Lean Manufacturing, 5'S, productividad, fabricación de reductores de velocidad.

## ABSTRACT

Whit this research project is intended to generate an implementation plan that allows the management of manufacturing speed reducers, make a change from a conventional manufacturing system, to a manufacturing system with a Lean manufacturing approach. Based on methodologies reported in the literature, this project develops a general methodology for the implementation of lean manufacturing. In addition, after studying the current state of operations, specific improvement activities are proposed that allow the reduction of waste, downtime and bottlenecks through the use of some Lean tools.

In the analysis of the production lines, it was detected as one of the main problems being unable to make deliveries of our equipment (motor-reducers) in the time established to our customers, for which we received many complaints from them also economic penalties.

Another factor was the discontent and the lack of commitment of the collaborators by the continuous informality in the processes on the part of the bosses.

To reduce the impact of these complaints and to make the employees more committed to the company, it is proposed to implement the tools of the philosophy: TPM and the 5's. This will be reflected in an improvement and savings of person-hours, greater production capacity, better response time and delivery compliance, higher sales and better profitability, and with a long-term projection.

**Keywords:** Lean Manufacturing, 5'S, productivity, manufacture of speed reducers.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La empresa fue fundada en los años 80 por Hercilio Vara Varillas, que con un amplio conocimiento y experiencia en el rubro Electro-industrial y su visión emprendedora decide formar una empresa dedicada a prestar servicios eléctricos y fabricación de transformadores, bobinados, reductores de velocidad, etc. Así se crea la empresa Electro Vara S.A. como una empresa familiar al servicio de la industria en el Perú. Debido a la variedad de los servicios, el crecimiento de sus operaciones y al esfuerzo de todos sus colaboradores en el año de 1997 se forma CIA. Peruana de reductores S.A.C, empresa de los mismos inversionistas la cual se encargaría netamente de la fabricación, reparación de reductores de velocidad con la maquinaria especializada para poder atender a mayor cantidad de clientes y soportar la demanda que va en aumento.

### 1.2. Realidad Problemática

**A nivel nacional**, en los últimos años en el Perú a raíz del auge pesquero y minero, muchas empresas de servicio han aumentado su demanda de servicios industriales y proyectos, una de estas empresas nacionales es Compañía Peruana de Reductores S.A.C la cual empezó a realizar proyectos de gran envergadura y prestar servicios en la fabricación e instalación de moto reductores de velocidad.

Consecuentemente el presente trabajo de investigación científica permite analizar cada proceso en función al rendimiento con relación al empleo de personal debidamente capacitado en la aplicación de herramientas Lean Manufacturing que modifiquen conductas y actitudes permitiendo incrementar beneficios que la empresa requiere y mantener el sitio como líder en el mercado.

**A nivel empresarial**, actualmente la empresa cuenta con un proceso de fabricación deficiente que consiste en inspeccionar la materia prima para luego transportarla al área del taller donde según los requerimientos de diseño del producto a elaborar es transformada de acuerdo a sus especificaciones; una vez efectuada esta operación se realiza una inspección final para verificar si cumple con los requisitos planteados.

De ahí pasa a la instalación, este es el último paso del proceso, durante este se envían los correspondientes pedidos a los proveedores todo esto de acuerdo a lo que se haya estipulado en el pedido.

Consecuentemente el presente trabajo de investigación científica permite analizar cada proceso en función al rendimiento con relación al empleo de personal debidamente capacitado en la aplicación de herramientas Lean Manufacturing que modifiquen conductas y actitudes permitiendo incrementar beneficios que la empresa requiere y mantener el sitio como líder en el mercado.

### **1.3. Formulación del Problema**

#### **1.3.1. Problema General**

¿En qué medida la mejora en la gestión de procesos influye en la fabricación de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.?

#### **1.3.2. Problema Específico**

##### **1.3.2.1. Problema específico 01**

¿De qué manera la gestión de procesos en base a prácticas y estructuras tradicionales afecta la producción de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.?

##### **1.3.2.2. Problema específico 02**

¿En qué medida la informalidad en el ordenamiento secuencial de los trabajos influye en la oportunidad y cumplimiento de plazos en la fabricación de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.?

##### **1.3.2.3. Problema específico 03**

¿De qué manera la capacitación y mejora estructural influye en la gestión de procesos en la fabricación de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.?

#### **1.3.2.4. Problema específico 04**

¿De qué forma la capacitación y reordenamiento estructural influye en la oportunidad y satisfacción en la entrega de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.?

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Justificación Teórica**

La gestión actual de procesos actual de la empresa requiere mejoras al presentarse deficiencias en la supervisión adecuada en el tema de la secuencia de la línea de producción ya que el operario no termina su producción del día puesto que le cambian la orden de trabajo intempestivamente, retrasando de esta manera los tiempos establecidos o generando cuellos de botella en la producción.

Otro punto importante a resaltar es la utilización de maquinaria obsoleta y en mal estado esto es otro inconveniente porque toma mucho tiempo el realizarlas y también por el uso de herramientas inadecuadas para el trabajo. Todo esto afecta en la correcta realización de las tareas de fabricación de los reductores de velocidad.

#### **1.4.2. Justificación Práctica**

En estos tiempos se observa más los esfuerzos para adecuar a las empresas al difícil mundo en el que se mueven. Los constantes cambios de reglas de juego, aumento de las competencias, la globalización de la tecnología, hacen que los clientes sean mucho más exigentes y cambien sus necesidades constantemente.

A raíz de esto la gestión basada en los procesos, aparece como un enfoque que centraliza la atención sobre las diversas actividades de la empresa, con el fin de optimizarlas.

#### **1.4.3. Justificación Cuantitativa**

Mediante las herramientas del lean manufacturing se propondrá aplicar propuestas prácticas y de campo para solucionar los problemas específicos en la empresa con la obtención de datos en los procesos, control de almacenes, la generación de órdenes de compra y posteriormente las órdenes de trabajo las cuales generarán un orden en los procesos, disminución de tiempos muertos y generación de códigos para los materiales que se usan.

Está investigación beneficiará ampliamente al empleador disminuyendo costos en los procesos de fabricación y tener un producto de calidad al finalizar el proceso.

Para lograr un buen desempeño de las acciones implantadas y lograr unos buenos resultados en los indicadores, se tendrán que tomar en cuenta las siguientes acciones:

- ✓ Detectar la necesidad de capacitación, ya que cuando el personal deja de tener los conocimientos y ciertas habilidades para que se pueda realizar con éxito ciertos trabajos
- ✓ Esto ocurre generalmente con el personal que tiene más tiempo en la empresa ya que no se adaptan y no se actualizan a los nuevos retos laborales que se presentan.
- ✓ Renovar la maquinaria obsoleta por unas modernas o en la medida de lo posible en mejor estado esto dará paso a nuevas fuentes de trabajo.

#### **1.4.4. Justificación Académica**

La presente tesis servirá de referente para otras investigaciones. Durante este paso debemos revisar las expectativas de los clientes, principalmente con la entrega a tiempo de los productos. Para que la empresa logre el nivel exigido en este aspecto se ha listado una serie de posibles metas a lograr en un tiempo específico que son los siguientes:

- Implantar mejores programas de entrenamiento a los operadores.
- Renovar maquinarias obsoletas.
- Implantación de la hoja de seguimiento.

## **1.5. Objetivo**

### **1.5.1. Objetivo General**

Establecer en qué medida la mejora en la gestión de procesos influye en la fabricación de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.?

### **1.5.2. Objetivo Específico**

#### **1.5.2.1. Objetivo específico 1**

Definir de qué manera la gestión de procesos en base a prácticas y estructuras tradicionales afecta la producción de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.

#### **1.5.2.2. Objetivo específico 2**

Establecer en qué medida la informalidad en el ordenamiento secuencial de los trabajos influye en la oportunidad y cumplimiento de plazos en la fabricación de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.

#### **1.5.2.3. Objetivo específico 3**

Establecer de qué manera la capacitación y mejora estructural influye en la gestión de procesos en la fabricación de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.

#### **1.5.2.4. Objetivo específico 4**

Definir de qué forma la capacitación y reordenamiento estructural influye en la oportunidad y satisfacción en la entrega de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C.



## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Variable independiente: Lean Manufacturing

- **Manufactura Esbelta**

Según BRAVO, D. (2008), Manufactura Esbelta o Lean Manufacturing es una filosofía que se enfoca en el valor agregado para el cliente, la identificación y eliminación sistemática del desperdicio y la mejora continua en ambientes de fabricación u operación para aumentar la productividad.

- **Desperdicios**

Las siete categorías clásicas de desperdicios desarrolladas por Taiichi Ohno (1988) son:

**Cuadro16. Fuentes de Desperdicios**

Sobreproducción	<p>Producir cualquier cosa que no sea para usar o vender inmediatamente</p> <p>Es el peor tipo de desperdicio, debido a que ayuda a generar los demás desperdicios.</p>
Esperas	<p>Tiempo ocioso generado al esperar personal, materiales, mediciones, información entre operaciones o durante una operación.</p>
Transporte	<p>Trasladar materiales por distancias mayores a lo estrictamente necesario (normalmente por error de Layout) o por crecimiento no planificado de la empresa.</p>
Exceso de Inventario	<p>Stock excesivo de materia prima, material en proceso o producto acabado.</p>
Defectos	<p>Producir material defectuoso, lo que a su vez genera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Inspección</li> <li>○ Retrabajos</li> <li>○ Rechazos</li> <li>○ Pérdida de productividad</li> </ul>

Exceso de movimientos	Cualquier movimiento más allá de lo necesario para realiza una operación que agregue valor.
Sobre procesamiento	Realizar más operaciones que las necesarias para el producto (normalmente por error del proyecto del equipo o proceso).

Fuente: Bravo, D. (2008)

### 2.1.1. Herramientas del Lean Manufacturing

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

Este método se usa para maximizar la disponibilidad del equipo y maquinaria productiva de manufactura, evitando las fallas inesperadas y defectos generados; el mantenimiento se logra al conservar la máquina actualizada y en condiciones óptimas de operación a través de la participación de diversos departamentos en un esquema parecido al de Calidad Total, pero enfocado a los equipos de manufactura. (Nakajima, Seiichi. 1988).

Bajo este método, el mantenimiento productivo es realizado en diferentes etapas: mantenimiento correctivo de fallas sólo en casos muy raros; mantenimiento autónomo realizado por operadores, haciendo actividades simples de mantenimiento en sus equipos; mantenimiento preventivo para prevenir desgaste prematuro; mantenimiento predictivo para anticipar fallas mayores en los equipos y programar el reemplazo de partes críticas; y el mantenimiento proactivo enfocado a actualizar y hacer mejoras en los equipos.

#### 2. Las 5 “S”

Según Gutiérrez, P., Humberto (2010) en el libro “Calidad y Productividad”, dice: Es una metodología que, con la participación de los involucrados, permite organizar los lugares de trabajo con el propósito de mantenerlos funcionales, limpios, ordenados, agradables y seguros. El enfoque primordial de esta metodología desarrollada en Japón es que para que

haya calidad se requiere antes que todo orden, limpieza y disciplina. Con esto se pretende atender problemáticas en oficinas, espacios de trabajo e incluso en la vida diaria, donde las mudas (desperdicio) son relativamente frecuentes y se generan por el desorden en el que están útiles y herramientas de trabajo, equipos, documentos, etc., debido a que se encuentran en los lugares incorrectos y entremezclados con basura y otras cosas innecesarias.

**La Metodología de las 5 S**, proviene de los siguientes términos japoneses:

**Seiri** (seleccionar). Seleccionar lo necesario y eliminar del espacio de trabajo lo que no sea útil.

**Seiton** (ordenar). Cada cosa en su sitio y un sitio para cada cosa. Organizar el espacio de trabajo.

**Seiso** (limpiar). Esmerarse en la limpieza del lugar y de las cosas.

**Seiketsu** (estandarizar). Cómo mantener y controlar las tres primeras S. Prevenir la aparición de desorden.

**Shitsuke** (auto disciplinarse). Convertir las 4 S en una forma natural de actuar.

En inglés también se han encontrado las palabras que inician con S y que describen la idea de cada etapa de la metodología. Éstas son: Sort, Set in order, Shine, Standardize y Sustain. A continuación se explican con detalle cada una de las actividades de las 5 S.

### **Seiri (seleccionar)**

Según Gutiérrez, P., Humberto (2010) en el libro "Calidad y Productividad" dice: Este principio implica que en los espacios de trabajo los empleados deben si acaso". Sin embargo, esta duda, sensación y, en última instancia, decisión están distorsionadas por la tendencia de los seres humanos a atesorar cosas (el instinto material). Por ejemplo, la mayoría de las personas no usan la mitad de su guardarropa, porque ya no les queda, no les gusta o ya no les sirve, y sólo está en los cajones o en el clóset arrugando lo que sí se usa. Otro ejemplo típico se da en la oficina, en la que se tienen cantidades de papeles y archivos de dudosa utilidad presente y futura; esto contribuye a que no sea fácil encontrar lo que en realidad se necesita, por lo que se pierde tiempo en la búsqueda o de plano se tienen que hacer de nuevo las cosas.

Por lo tanto, la aplicación de esta primera S implica aprender y desarrollar el arte de librarse de las cosas. Para ello habrá que tomar riesgos y aplicar algunos criterios de sentido común, como:

“Si no lo usé o necesité en el último año, seguramente no lo volveré a necesitar.” Esto no está peleado con archivar adecuadamente los documentos de valor. De esta manera, habrá que empezar por lo cotidiano en casa, continuar en las oficinas y espacios de trabajo, en la planta, los almacenes, los laboratorios, etc., hasta liberarse de lo que no es necesario en cada uno de esos lugares.

En un programa de 5 S, una forma efectiva de identificar los elementos que habrán de eliminarse es etiquetarlos en rojo, es decir, cada objeto que se considera innecesario se identifica mediante una tarjeta o adhesivo rojo (de expulsión). Enseguida, estas cosas se llevan a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que en realidad eran innecesarias, se dividirán en dos clases: las que son utilizables para otra necesidad u operación, y las que son inútiles y serán descartadas.

Los beneficios para el ambiente de trabajo y la productividad de esta primera S se reflejan en la liberación de espacios, la reutilización de las cosas en otro lugar y el desecho de objetos que en la práctica son estorbo y basura seleccionar lo que es realmente necesario e identificar lo que no sirve o tiene una dudosa utilidad para eliminarlo de los espacios laborales. Por lo tanto, el objetivo final es que los espacios estén libres de piezas, documentos, muebles, herramientas rotas, desechos, etc., que no se requieren para efectuar el trabajo y que sólo obstruyen su flujo.

Por lo general, hacer tal selección puede complicarse cuando existe la posibilidad de que en el futuro se necesite algo que ahora se decide eliminar, y la tendencia natural es conservarlo “por.

### **Seiton (ordenar)**

Según Gutiérrez, P., Humberto (2010) en el libro “Calidad y Productividad” dice: Con la aplicación de esta segunda S habrá que ordenar y organizar un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, de tal forma que minimice el desperdicio de movimiento de empleados y materiales.

La idea es que lo que se ha decidido mantener o conservar en la primera S se organice de tal modo que cada cosa tenga una ubicación clara y, así, esté disponible y accesible para que cualquiera lo pueda usar en el momento que lo disponga. No hay que olvidar qué tan importante es localizar algo y poder regresarlo al lugar que le corresponde. La clave es fácil: uso y acceso, así como buena imagen o apariencia del lugar. Para clasificar se deben emplear reglas sencillas como: etiquetar para que haya coincidencia entre las cosas y los lugares de guardar; lo que más

se usa debe estar más cerca y a la mano, lo más pesado abajo, lo liviano arriba, etc. Lo anterior implica entonces que “todo esté en su lugar”: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular o gabinetes para tener las cosas en su sitio, desde un bote de basura o una escoba hasta una carpeta. Por último, la máxima es: “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”. Sin duda, esto contribuye al orden y a la buena utilización del tiempo y los espacios, lo que implica menores desperdicios (mudas)

### **Seiso (limpiar)**

Según Gutiérrez, P., Humberto (2010) en el libro “Calidad y Productividad” dice: Esta S consiste en limpiar e inspeccionar el sitio de trabajo y los equipos para prevenir la suciedad implementando acciones que permitan evitar, o al menos disminuir, la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo. Por lo tanto, esta S no sólo consiste en “tomar el trapo y sacudir el polvo”, implica algo más profundo; se trata de identificar las causas por las cuales las cosas y los procesos no son como deberían ser (limpieza, orden, defectos, procesos, desviaciones, etc.), de forma tal que se pueda tener la capacidad para solucionar estos problemas de raíz, evitando que se repitan. Para identificar las causas y decidir qué acciones se deben llevar a cabo, las herramientas básicas son los diagramas de Ishikawa y los gráficos de Pareto, entre otros. Los beneficios de tener limpios los espacios no sólo es el agrado que causa a la vista y en general al ambiente de trabajo (menos contaminación), sino que también ayuda a identificar con más facilidad algunas fallas; por ejemplo, si todo está limpio y sin olores extraños es más probable que se detecte a tiempo un principio de incendio por el olor a humo o un mal funcionamiento de un equipo por una fuga de fluidos, etc. Por lo tanto, el reto es integrar la limpieza como parte del trabajo diario.

### **Seiketsu (estandarizar)**

Según Gutiérrez, P., Humberto (2010) en el libro “Calidad y Productividad” dice: Estandarizar pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con el uso de las primeras 3 S, mediante la aplicación continua de éstas. En esta etapa se pueden utilizar diferentes herramientas; una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que todos los trabajadores puedan verlas y así recordarles que ése es el estado en el que debería permanecer; otra herramienta es el desarrollo de normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo.

De manera adicional, es posible diseñar procedimientos y desarrollar programas de sensibilización, involucramiento y convencimiento de las personas, para que las tres primeras S sean parte de los hábitos, acciones y actitudes diarias.

### **Shitsuke (disciplina)**

Según Gutiérrez, P., Humberto (2010) en el libro “Calidad y Productividad” dice: Significa evitar a toda costa que se rompan los procedimientos ya establecidos. Sólo si se implementan la autodisciplina y el cumplimiento de normas y procedimientos adoptados será posible disfrutar de los beneficios que éstos brindan. La disciplina es el canal entre las 5 S y el mejoramiento continuo. Implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismos y por los demás, así como una mejor calidad de vida laboral.

### **SMED**

Este método se usa para reducir los tiempos de cambios de modelo en las máquinas o líneas de producción. El método fue desarrollado por Shigeo Shingo y lo denominó: “Cambio de dados en menos de diez minutos”, cuyo objetivo es hacer efectivamente los cambios de herramientas en menos de diez minutos (Shingo, Shigeo. 1985).

El tiempo de cambio es el tiempo entre la última parte o pieza del lote anterior y la primera pieza o parte buena del próximo lote.

Se puede hacer una analogía con las actividades que suceden en los pits de autos de carreras. Se descubrió que las mejores plantillas de mecánicos preparan previamente todo lo necesario antes de que llegue el coche (preparación externa con el coche en la pista), de tal forma que cuando entra el coche, los cambios de llantas y llenado del tanque de combustible toma sólo 15 segundos (preparación interna con los coches en los pits). (McGraw, Jim. 2001)

## **2.2. Variable dependiente: Productividad**

Según Gutiérrez, P., Humberto (2010) en el libro “Calidad y Productividad” dice: La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas máquina, etc.

En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados.

Es usual ver la productividad a través de dos componentes: **eficiencia y eficacia**. La primera es simplemente la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados, mientras que la eficacia es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados. Así, buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicio de recursos; mientras que la eficacia implica utilizar los recursos para el logro de los objetivos trazados (hacer lo planeado). Se puede ser eficiente y no generar desperdicio, pero al no ser eficaz no se están alcanzando los objetivos planeados.

Adicionalmente, por **efectividad** se entiende que los objetivos planteados son trascendentes y éstos se deben alcanzar.

## 2.3. Reductor de velocidad

### Historia de los reductores

A pesar de la infinidad de avances tecnológicos del mundo moderno, las industrias siguen haciendo uso intensivo de los motores (como fuente energía), acoplados a un reductor de velocidad. Sea cual sea el tipo de motor (eléctrico, diesel, gasolina, hidráulico, etc.) la necesidad del reductor es casi universal, con el propósito de transformar la velocidad angular y el par de salida del motor a unos valores adecuados a las diferentes aplicaciones.

A pesar de que comercialmente se dispone de numerosas marcas, modelos, tamaños y calidades de reductores de velocidad del tipo sinfín-corona, el presente proyecto es importante por los fines académicos que persigue, es decir, se constituye un proyecto integrador Profesores – estudiantes de Tecnología Mecánica, con el fin de apropiarse y documentar una metodología completa dibujo, diseño y fabricación, que sirva de respaldo para posteriores estudios de similar estructura y naturaleza.

Es difícil establecer una fecha exacta que revele el inicio y el lugar donde se realizaron los primeros diseños de engranajes y de sus aplicaciones en diferentes maquinarias, sin embargo, es factible que provengan de la antigua China, Grecia y Turquía; esta teoría está basada en los textos de esa época donde hacen referencia a las batallas o guerras de conquistas, no obstante, no es posible identificar hasta qué punto esos relatos dejan de ser mitológicos y comenzaron a ser reales, relatos que fueron basados en la descripción de civilizaciones que

implementaron máquinas rudimentarias pero de gran potencia para derrotar a sus enemigos y conquistar nuevos territorios; a pesar de esto, dichos textos en ningún momento hacen referencia a la utilización de engranajes en estas maquinarias como elementos de transmisión de movimiento.

Hacia el año 4500 a.C. en el sureste Asiático, cuando comienza la edad del bronce, periodo en el cual se perfeccionó el trabajo con el mismo, por lo tanto, es probable que se utilizara para su fabricación este elemento; también es necesario tener en cuenta que los objetos de bronce creados en este periodo eran limitados debido a la forma rudimentaria de obtención, a la escasez de dicho metal y por consiguiente a su alto valor, debido a esto dicho metal era 16 destinado principalmente a la fabricación de armas y de objetos personales de adorno. Hallazgos posteriores indican que entre los años 3500 a. C y 3000 a. C fueron construidas las primeras ruedas en la antigua Mesopotamia, “En su forma más simple la rueda era un disco sólido de madera fijado a un eje redondo mediante espigas de madera. Luego se eliminaron secciones del disco para reducir el peso y los radios empezaron a emplearse en torno al año 2000 antes de Cristo.

Este gran hallazgo aceleró el proceso evolución de las civilizaciones de la época, considerándose este descubrimiento como la base principal para el diseño y construcción de los engranajes. Ya para el año 2000 a.C. cuando la civilización Asiría empezaba a formarse, la metalurgia del hierro comenzaba a desarrollarse con mayor fuerza y en gran escala, lo que nos puede indicar que ya existía la mano de obra calificada y la materia prima para la construcción de engranajes. Sin embargo hasta este punto de la historia no se ha encontrado evidencia textual y mucho menos física de la existencia de engranajes. Cerca al año 335 a.C. es en este punto de la historia donde se encuentra la evidencia física del diseño de engranajes gracias al filósofo y científico griego Aristóteles, creador de su propia escuela llamada el Liceo, de la que data el trabajo titulado “PROBLEMAS DE LA MECANICA” en el cual describe un mecanismo de ruedas entrelazadas con ondulaciones grandes en las superficies de contacto, para asegurar una mayor fricción, este principio es el que rige las ruedas dentadas que encontramos en nuestros tiempos.

Ya para el año 300 a. C se encuentran escritos con evidencia clara y concisa que los engranes ya existían y su uso era bien entendido y empleado por los habitantes de la época. Sin embargo, el hallazgo arqueológico más antiguo encontrado data del año 80 a.C., que evidencia la existencia de esta tecnología en épocas antiquísimas que al paso de los siglos ha evolucionado y ha encontrado un lugar muy destacado dentro del desarrollo industrial de nuestra era. Es más, se cree que hacia el año 25 a. C ya se estaban fabricando relojes de agua que empleaban cremalleras y engranajes para su funcionamiento.



El mecanismo más antiguo del que se tiene conocimiento, y que aún sobrevive en nuestra era, es el mecanismo de Anticitera, denominado así por la zona donde fue encontrado.

Es un dispositivo de precisión probablemente fabricado hacia el 80 a.C. Este instrumento permaneció intacto desde hace siglos en las orillas de Anticitera, una diminuta isla del Mediterráneo, en un navío naufragado cargado de mármol, estatuas de bronce y otros tesoros.

Durante mucho tiempo permaneció en duda su uso, actualmente se sabe que éste era un instrumento astronómico o carta celeste. Por su complejidad no fue sino hasta 1974 que se escribió el reporte definitivo de su uso y su diseño total. Este dispositivo 17 contiene más de 30 engranajes arreglados en un complejo tren diferencial y fue utilizado para calcular la posición solar y lunar. Cerca al año 60 d.C. el matemático y físico egipcio Herón de Alejandría describió el uso de los trenes de engranaje para transmitir potencia especialmente para levantar cargas muy pesadas. Luego diseñó un dispositivo para medir distancias reales recorridas en un mapa a partir del mecanismo de tornillo sinfín de Arquímedes. Leonardo Da Vinci puede ser considerado como el inventor más destacado en el arte de fabricar engranajes.

El dedicó mucho tiempo a diseñar engranajes que transmitían potencia y movimiento en muchas direcciones, ya sea entre ejes paralelos, ejes perpendiculares y ejes que forma diferentes ángulos entre sí. Los primeros datos que existen sobre la transmisión de rotación con velocidad angular uniforme por medio de engranajes, corresponden al año 1674, cuando el famoso astrónomo danés Olaf Roemer (1644-1710) propuso la forma o perfil del diente en epicicloide. Robert Willis (1800-1875), considerado uno de los primeros ingenieros mecánicos, fue el que obtuvo la primera aplicación práctica de la epicicloide al emplearla en la construcción de una serie de engranajes intercambiables.

De la misma manera, de los primeros matemáticos fue la idea del empleo de la evolvente de círculo en el perfil del diente, pero también se deben a Willis las realizaciones prácticas. A Willis se le debe la creación del odontógrafo, aparato que sirve para el trazado simplificado del perfil del diente de evolvente. Es muy posible que fuera el francés Phillipe de Lahire el primero en concebir el diente de perfil en evolvente en 1695, muy poco tiempo después de que Roemer concibiera el epicicloidal.

De la misma manera, de los primeros matemáticos fue la idea del empleo de la evolvente de círculo en el perfil del diente, pero también se deben a Willis las realizaciones prácticas. A Willis se le debe la creación del odontógrafo, aparato que sirve para el trazado simplificado del perfil del diente de evolvente. Es muy posible que fuera el francés Phillipe de Lahire el primero en concebir el diente de perfil en evolvente en 1695, muy poco tiempo después

de que Roemer concibiera el epicicloidal. La primera aplicación práctica del diente en evolvente fue debida al suizo Leonhard Euler (1707). En 1856, Christian Schiele descubrió el sistema de fresado de engranajes rectos por medio de la fresa madre, pero el procedimiento no se llevaría a la práctica hasta 1887, a base de la patente Grant. En 1874, el norteamericano William Gleason inventó la primera fresadora de engranajes cónicos y gracias a la acción de sus hijos, especialmente su hija Kate Gleason (1865-1933), convirtió a su empresa Gleason Works, radicada en Rochester (Nueva York, EEUU) en una de los fabricantes de máquinas herramientas más importantes del mundo.

En 1897, el inventor alemán Robert Hermann Pfauter (1885-1914), inventó y patentó una máquina universal de dentar engranajes rectos y helicoidales por fresa madre. A raíz de este invento y otros muchos inventos y aplicaciones que realizó sobre el mecanizado de engranajes, fundó la empresa Pfauter Company 18 que, con el paso del tiempo, se ha convertido en un multinacional fabricante de todo tipo de máquinas-herramientas. En 1906, el ingeniero y empresario alemán Friedrich Wilhelm Lorenz (1842- 1924) se especializó en crear maquinaria y equipos de mecanizado de engranajes y en 1906 fabricó una talladora de engranajes capaz de mecanizar los dientes de una rueda de 6 m de diámetro, módulo 100 y una longitud del dentado de 1,5 m. A finales del siglo XIX, coincidiendo con la época dorada del desarrollo de los engranajes, el inventor y fundador de la empresa Fellows Gear Shaper Company, Edwin R. Fellows (1846-1945), inventó un método revolucionario para mecanizar tornillos sin fin glóbulos tales como los que se montaban en las cajas de dirección de los vehículos antes de que fuesen hidráulicas.

En 1905, M. Chambon, de Lyon (Francia), fue el creador de la máquina para el dentado de engranajes cónicos por procedimiento de fresa madre. Aproximadamente por esas fechas André Citroën inventó los engranajes helicoidales dobles. (1) "Y es con la revolución industrial (Mediados del XIX) cuando la ciencia de los engranajes alcanza su máximo esplendor. A partir de este momento, la aparición de nuevos inventos conlleva el desarrollo de nuevas aplicaciones para los engranajes, y con la llegada del automóvil -por ejemplo- la preocupación por una mayor precisión y suavidad en su funcionamiento se hace prioritaria. Ya en nuestros días, los métodos de desarrollo de mecanismos constituidos por engranajes han avanzado de forma considerable. Así, por ejemplo, nos podemos encontrar con aplicaciones aéreas en las que se utilizan engranajes de materiales ligeros, sometidos a condiciones de gran velocidad y que a su vez deben soportar una carga importante. Al mismo tiempo, por poner un ejemplo, las técnicas de análisis estructural basadas en la aplicación del MEF permiten resolver los problemas de tensiones y esfuerzos dinámicos, así como el cálculo de las frecuencias de resonancia para este

tipo de engranajes.  
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/4073/621833C957.pdf?sequence=1>

Casi podría decirse que los motores son como el 'corazón de la industria'. Pero ese corazón tiene diferentes ritmos y funciona a distintas velocidades, dependiendo del uso que se le quiera dar. Por eso los reductores de velocidad son indispensables en todas las industrias del país, desde los que producen cemento hasta los laboratorios de medicamentos requieren en sus máquinas estos mecanismos. Los reductores son diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor. Sin la correcta fabricación de los motorreductores, las máquinas pueden presentar fallas y deficiencias en su funcionamiento. La presencia de ruidos y recalentamientos pueden ser aspectos que dependan de estos mecanismos, de allí la importancia del control de calidad. "El desarrollo de esta máquina y del sistema inteligente de medición le permite a las empresas ser mucho más competitivas y aumentar sus conocimientos. En pocas palabras los reductores son sistemas de engranajes que permiten que los motores eléctricos funcionen a diferentes velocidades para los que fueron diseñados. Rara vez las máquinas funcionan de acuerdo con las velocidades que les ofrece el motor, por ejemplo, a 1.800, 1.600 o 3.600 revoluciones por minuto. La función de un motorreductor es disminuir esta velocidad a los motores (50, 60, 100 rpm) y permitir el eficiente funcionamiento de las máquinas, agregándole por otro lado potencia y fuerza. Reductor de velocidad: Los Reductores o Motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente. Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes. Al emplear REDUCTORES O MOTORREDUCTORES se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- ✓ Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- ✓ Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- ✓ Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- ✓ Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- ✓ Menor tiempo requerido para su instalación.

Los reductores de velocidad se suministran normalmente acoplando a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asincrónico tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz. Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo Motorreductor

un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor. Normalmente los motores empleados responden a la clase de protección IP-44 (Según DIN 40050). Bajo pedido se puede mejorar la clase de protección en los motores y unidades de reducción.

### **2.2.1. Características del reductor – tamaño**

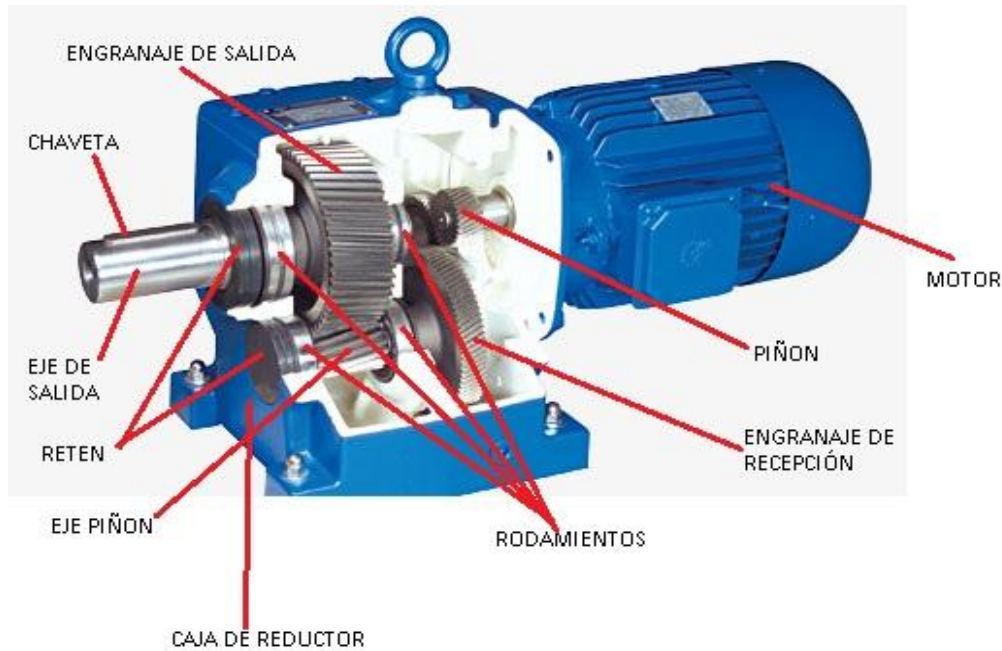
- ✓ Potencia, en HP, de entrada y de salida.
- ✓ Velocidad, en RPM, de entrada y de salida.
- ✓ PAR (o torque), a la salida del mismo, en KG/m.
- ✓ Relación de reducción: índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

### **2.2.2. Características del trabajo que realiza un reductor**

- ✓ Tipo de máquina motriz.
- ✓ Tipos de acoplamiento entre máquina motriz, reductor y salida de carga.
- ✓ Carga: uniforme, discontinua, con choque, con embrague, etc. • - Duración de servicio: horas/día.
- ✓ Nº de Arranques/hora.

### 2.2.3. Partes de un reductor de velocidad

Figura N°. 1 Motor-Reductor



Fuente: <http://www.delcrosa.com.pe/>

### 2.2.4. Instalación

La gran variedad de tipos y tamaños de los engranajes y de las transmisiones a base de engranajes hace impráctico indicar la instalación y mantenimiento con detalles específicos. El usuario debe consultar los folletos publicados por el fabricante y observar con cuidado los datos que se dan en la placa de identificación y en los marbetes. Esa información tiene prioridad sobre los comentarios generalizados que siguen:

- ✓ Instalación y puesta en marcha de las transmisiones de engranajes encerrados
- ✓ El manejo, instalación y servicio de una transmisión encerrada nueva a base de engranaje merecen atención especial para evitar daños y asegurar la operación necesaria.

Para un buen funcionamiento de las unidades de reducción es indispensable tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ Las unidades deben montarse sobre bases firmes para eliminar vibraciones y desalineamientos en los ejes.
- ✓ Si la transmisión de la unidad a la máquina es por acople directo entre ejes, es indispensable garantizar una perfecta alineación y centrado. Si la transmisión se hace por cadenas o correas, la tensión dada a estos elementos debe ser recomendada por el fabricante, previas una alineación entre los piñones o poleas.
- ✓ Las unidades de acoplamiento deben montarse cuidadosamente sobre los ejes para no dañar los rodamientos y lo más cercanas a la carcasa para evitar cargas de flexión sobre los ejes.
- ✓ Antes de poner en marcha los reductores de velocidad, es necesario verificar que la conexión del motor sea la adecuada para la tensión de la red eléctrica.

### 2.2.5. Mantenimiento

Los engranajes, casquillos y rodamientos de los reductores de velocidad, están lubricados habitualmente por inmersión o impregnados en la grasa lubricante alojada en la carcasa principal. Por lo tanto, el Mantenimiento pasa por revisar el nivel de aceite antes de la puesta en marcha. La carcasa tendrá visibles los tapones de llenado, nivel y drenaje del lubricante, que deben estar bien sellados. Debe mantenerse especialmente limpio el orificio de ventilación; también debe respetarse el tipo de lubricante recomendado por el fabricante, que suele ser el más adecuado a su velocidad, potencia y materiales constructivos.

Según el tipo del reductor, se suele recomendar una puesta en marcha progresiva, en cuanto a la carga de trabajo, con unas 50 horas hasta llegar al 100%. Asimismo, es muy recomendable el sustituir el aceite la primera vez tras 200 horas de trabajo, pudiendo incluso el decidir en ese momento un "lavado" del Reductor.

A partir de ese momento, los cambios del lubricante deberán hacerse SIEMPRE de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, siendo plazos habituales cambios cada 2.000 horas de trabajo.

En caso de disponer de Reductores de repuesto, estos deben permanecer completamente llenos del lubricante recomendado, para prevenir la oxidación de los elementos internos, así como protegidos los acoplamientos. Es importante "marcar" en el mismo Reductor la necesidad de vaciar el lubricante sobrante ANTES de ser puesto en servicio.

Para finalizar, reiterar que los consejos aquí dados son solo recomendaciones GENERALES, y que siempre que sea posible y conocidas, deben atenderse las recomendaciones específicas del Fabricante para el modelo en cuestión.

### **2.2.6. Lubricación de las transmisiones de engranajes encerrados**

La lubricación inapropiada es una de las causas principales de falla en las transmisiones a base de engranajes, deben seguirse las instrucciones del fabricante de los engranajes para asegurar la operación apropiada. La unidad de engrane debe drenarse y limpiarse con un aceite lavador, después de transcurridos 4 semanas de operación inicial. Para volver a llenarla puede utilizarse el lubricante original filtrado, o bien un lubricante nuevo. Para operación normal los cambios de aceite deben hacerse después de cada 2500 horas de servicio. Deben llevarse a cabo verificaciones periódicas de los niveles del aceite, aceiteras y accesorios para grasa. Si se está utilizando lubricación a presión, debe vigilarse con frecuencia el funcionamiento apropiado de la bomba, del filtro y del enfriador.

*Figura n°. 2 Motor-Reductor*



*Fuente:* [http://blog.teclubin.mx/wp-content/uploads/2014/12/lubricante\\_industrial.jpg](http://blog.teclubin.mx/wp-content/uploads/2014/12/lubricante_industrial.jpg)

### **2.2.7 Localización de fallas**

La observación constante de los fallos que se presenten en las características de operación, como la elevación exagerada de la temperatura por encima del ambiente, ruido y vibración, y fuga de aceite, puede evitar paralizaciones costosas.

### **2.2.8 Lista de problemas**

Calentamiento, falla del árbol, falla de los cojinetes, fuga de aceite, desgaste, ruido y vibración. Aplicación de los engranajes y de las transmisiones de engranajes enconados.

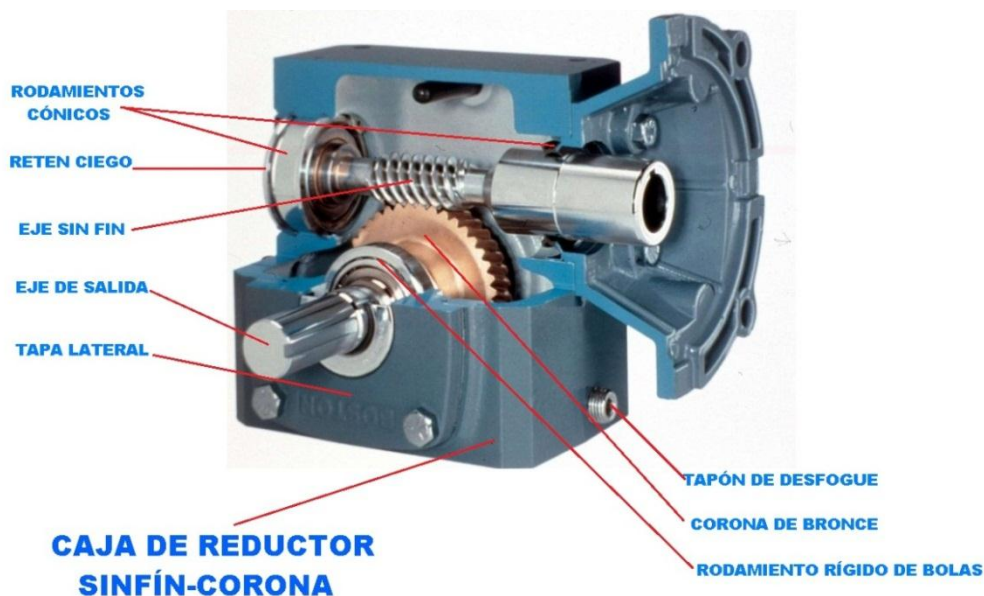
El interés principal referente al sonido y a la vibración de las transmisiones de engranaje es la contribución al nivel del ruido industrial. Un segundo interés es que pueden ser el síntoma de un desgaste anormal y una falta inminente.

### 2.3. Sinfín-corona

La carcasa y las tapas del Reductor son de fundición de hierro de grano fino, distencionadas y normalizadas. El sinfín se fábrica de acero aleado, cementado y rectificado, y está apoyado con dos rodamientos cónicos y uno de rodillos cilíndricos.

La corona se fabrica de bronce de bajo coeficiente de fricción está embutida atornillada a un núcleo de función de hierro. La corona está generada con fresas especiales que garantizan exactitud en el engranaje. El eje de salida es fabricado en acero al carbono, resistente a la torsión y trabaja apoyado en dos rodamientos de bolas. La refrigeración del equipo se realiza por radiación. La temperatura externa no puede sobrepasar los 70 grados centígrados.

*Figura n°. 3 Motor-Reductor*



*Fuente: [http://blog.teclubin.mx/wp-content/uploads/2014/12/lubricante\\_industrial.jpg](http://blog.teclubin.mx/wp-content/uploads/2014/12/lubricante_industrial.jpg)*



### 2.3.1. Instalación y acoplamiento

Los aditamentos deben montarse cuidadosamente sobre los ejes para evitar daños en los cojinetes (no deben golpearse al entrar en los ejes).

El reductor debe mantenerse rígidamente sobre las bases para evitar vibraciones que puedan afectar la alineación de los ejes.

### 2.3.2. Lubricación

El aceite a usar debe contener aditivos de extrema presión del tipo azufre-fósforo, los cuales le dan características anti desgaste de reducción a la fricción, disminuyendo así la elevación de temperatura en los engranajes. Adicionalmente aditivos contra la formación de herrumbre y la corrosión, así como agentes especiales para aumentar la estabilidad a la oxidación y resistencia a la formación de espuma.

Bajo condiciones extremas de temperatura o humedad deben emplearse aceites adecuados.

En algunas ocasiones, donde hay un cierto desgaste del conjunto y donde además hay pérdidas de lubricantes, se puede colocar una grasa 00 con muy buena eficiencia. Recordemos que la lubricación de la grasa está dada por el aceite base con que está formulada.

### 2.3.3. Reductor planetario tipo “cyclo”

#### 2.3.3.1. Historia

El ingeniero alemán Lorenz Konrad Braren nació el 30 de mayo de 1886 en Borgholz-Alemania. Sus padres, Brar e Ida Braren, eran naturales de la isla Fohr. Lorenz formaba parte de una familia numerosa (tuvo 12 hermanos) y era el único que hablaba el idioma frisón (idioma local de la isla) con la que siempre mantuvo una relación de cercanía.

En el año 1922 Lorenz Braren era diseñador de Deckel Company en Munich. La compañía Deckel producía dispositivos de precisión, entre otros el obturador compur (para máquinas fotográficas). Fueron las partes móviles de este obturador las que inspiraron a Lorenz a crear ese nuevo tipo de trenes planetarios.

El concepto se basaba en una leva de disco cuyo perfil describía una curva de tipo cicloide. Así fue como el reductor “Compur”, predecesor del reductor “Cyclo” vio la luz. Con el fin de concentrarse en el desarrollo ininterrumpido de este reductor, Lorenz Braren dejó la compañía Deckel y después de patentar su invento fundó su propia compañía “Cyclo”. Un año más tarde (1932), en la feria de Leipzig, dio a conocer su

nuevo reductor con el nombre de “Cyclo”. El reductor provocó el interés de los visitantes, entre ellos la delegación de un consorcio japonés. Una compañía de este consorcio (Sumitomo Heavy Industries Ltd., una de las mayores empresas de ingeniería mecánica en Japón) solicitó la licencia para la construcción del engranaje “Cyclo” en Japón. Sumitomo comenzó 5 años más tarde (1937) con la producción de una serie de este engranaje bajo la denominación “Cyclo Drive”. En poco tiempo se volvió el líder en el mercado en Japón. En 1974, Sumitomo tomó parte en el capital y en la administración de la compañía “Cyclo” de Lorenz. La compañía alemana fue absorbida completamente por Sumitomo Heavy Industries en 1994 y se extendió por toda Europa. Trabaja desde 2003 en todo el mundo bajo la marca paraguas Sumitomo Drive Technologies.

Lorenz Braren murió en 1953 y su hijo Rodolfo Braren se hizo cargo de la dirección de la compañía. La modernizó, se adquirieron nuevas máquinas, un sistema informático y se construyó un gran complejo de oficinas.





#### **2.3.3.2. Aplicaciones**

El campo de las aplicaciones reales y potenciales del tren de engranajes planetario “Cyclo” es inmenso. Algunas de ellas son:





1. Sistemas de transporte.
2. Mezcladores y agitadores.
3. Centrifugadoras.
4. Máquinas metalúrgicas.
5. Plantas de tratamiento de agua.
6. Maquinaria de construcción.
7. Robótica.
8. Industria alimentaria.
9. Industria textil.
10. Industria de la madera.
11. Industria Química.
12. etc., etc.

Ilustremos algunas de esas aplicaciones con imágenes.

Figura n°. 4 Motor-Reductores

<p>Centrifugadoras de separación sólido-liquido: amplia gama para adaptarse a la aplicación concreta (tipo de árbol de salida, velocidades, par de salida, etc)</p>	
<p>Robótica: operaciones de precisión, con inercia reducida gran rigidez y gran capacidad de sobrecarga.</p>	
<p>Mesas rotativas en uno de los microscopios más grandes del mundo: suavidad de acción, diseño compacto y funcionamiento compacto eran sus principales características.</p>	
<p>Industria de la madera: Reductores para accionamiento del transportador. La gran capacidad de sobrecarga, funcionamiento sin mantenimiento y seguridad contra las averías fueron ventajas decisivas.</p>	

Fuente: [http://blog.teclubin.mx/wp-content/uploads/2014/12/lubricante\\_industrial.jpg](http://blog.teclubin.mx/wp-content/uploads/2014/12/lubricante_industrial.jpg)

<p>Planta depuradora: diseño compacto, capacidad de absorción de impactos y mínimo mantenimiento.</p>			
<p>Industria alimenticia: control de agitadores</p>			
<p>Tratamiento de mezclas (soluciones): control de centrifugadoras de decantación</p>			
<p>Industria aeroespacial y telecomunicaciones: movimiento de antenas de telecomunicaciones</p>			

### 2.3.3.3. Ventaja.

La mayoría de las siguientes ventajas provienen del hecho de tratarse de un engranaje sin dientes convencionales y por tanto se evitan los inconvenientes asociados a este tipo de engranajes (roturas, sobrecargas, ruido, vibraciones, etc). De forma esquemática, algunas de las ventajas más importantes que ofrece este tipo de engranajes se pueden resumir en los siguientes puntos:

1. Construcción compacta y ligera. En muchas aplicaciones la falta de espacio es una variable de diseño principal. En comparación con las transmisiones convencionales, este tipo de reductores son más ligeros y compactos.
2. Grandes relaciones de reducción. Es una de las características que se persigue con los trenes de engranajes y que “Cyclo” ofrece. En una sola etapa desde 6:1 a 87:1 incluso 119:1 Dos etapas desde 102:1 a 7569:1 Con tres etapas 658503:1 (87x87x87).
3. Gran rendimiento al no haber pérdidas por fricción (no hay fricción por deslizamiento).
4. Gran capacidad para absorber sobrecargas: no es posible la rotura de dientes. En comparación con los reductores de engranajes cilíndricos convencionales, en los que engranan de uno a dos pares de dientes como máximo, en los reductores “Cyclo” son varias las secciones que hacen contacto con los pivotes o pernos externos. De esa forma la carga se distribuye de forma uniforme y permite una carga de impacto de hasta el 500% del par nominal, por lo que son aconsejables cuando existen grandes picos de carga. Además, no es posible un fallo catastrófico como pudiera aparecer en engranajes de ruedas dentadas convencionales.
5. Funcionamiento silencioso. Al eliminar los dientes de engranajes que continuamente engranan y desengranan se elimina el ruido producido.
6. Equilibrio dinámico. Momento de inercia pequeño. Como solo el eje motriz excéntrico gira a alta velocidad, el impulso angular es extraordinariamente bajo. Se traduce en una práctica ausencia de vibraciones y en tiempos de respuesta cortos (en puesta en marcha, paradas e inversiones de giro)
7. Fácil mantenimiento.
8. Fiabilidad y longevidad. Las bajas pérdidas por fricción y una distribución compensada de la carga protegen a los reductores “Cyclo” contra el desgaste, que unido al uso de materiales robustos y de mínimo mantenimiento contribuyen a la fiabilidad y longevidad del producto.

Por tanto desde el punto de vista económico, la larga vida en servicio hace de estos reductores una inversión rentable.

#### 2.3.4. Reductor de velocidad tipo planetario

El reductor planetario está compuesto por tres elementos: un engranaje central y múltiples engranajes denominados satélites o planetas situados alrededor del eje central (de aquí la denominación de reductor planetario) y una corona interna.

El eje de entrada se encuentra conectado con el engranaje central, el cual transmite movimiento rotacional a los engranajes planetarios, estos a la vez rotan sobre la corona interna del reductor, transmitiendo movimiento al eje de salida del reductor.

Los reductores planetarios pueden ser de una o dos etapas con ratios de reducción de 3:1 a 200:1.

Las principales características de los reductores planetarios son:

- Engranajes helicoidales: incrementan la superficie de contacto en un 33% respecto al engranaje recto consiguiendo así un juego reducido y un bajo ruido.
- Tratamiento térmico de los engranajes propio de nitruración por plasma que permite aumentar la dureza de los flancos de los dientes logrando una gran resistencia al desgaste y manteniendo la dureza del núcleo a 30 HRC consiguiendo una mayor tenacidad y resistencia al impacto.
- Sistema porta planetarios monoblock y rodamientos de rodillos cónicos proporcionan una gran capacidad de carga radial y axial, incrementándola fiabilidad y solidez del sistema. De esta manera se minimiza el desalineamiento del engranaje y se logra mayor precisión.
- Sistema de sujeción de triple ranura y anillo de acoplamiento equilibrado para una transmisión de potencia sin juego, ni deslizamiento. Total concentricidad del eje que proporciona suavidad de giro y permite soportar mayor velocidad de entrada.

#### 2.3.5. Reductor de velocidad de engranajes

Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica entre las distintas partes de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y al menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas.

Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un

trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocido como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido. Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes.

La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.

### 2.3.5.1. Clasificación de engranajes

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes.

- Engranajes de dientes rectos: Los engranajes cilíndricos rectos son el tipo de engranaje más simple y corriente que existe. Se utiliza generalmente para velocidades pequeñas y medias; a grandes velocidades, si no son rectificadas, o ha sido corregido su tallado, producen ruido cuyo nivel depende de la velocidad de giro que tengan.
- Engranajes de dientes helicoidales: Están caracterizados por su dentado oblicuo con relación al eje de rotación. En estos engranajes el movimiento se transmite de modo igual que en los cilíndricos de dentado recto, pero con mayores ventajas. Los ejes de los engranajes helicoidales pueden ser paralelos o cruzarse, generalmente a  $90^\circ$ . Para eliminar el empuje axial el dentado puede hacerse doble helicoidal.

Lo más característico de un engranaje cilíndrico helicoidal es la hélice que forma, siendo considerada la hélice como el avance de una vuelta completa del diámetro primitivo del engranaje. De esta hélice deriva el ángulo  $\beta$  que forma el dentado con el eje axial. Este ángulo tiene que ser igual para las dos ruedas que engranan pero de orientación contraria, o sea: uno a derechas y el otro a izquierda. Su valor se establece a priori de acuerdo con la velocidad que tenga la transmisión, los datos orientativos de este ángulo son los siguientes:

Velocidad lenta:  $\beta = 5^\circ - 10^\circ$

Velocidad normal:  $\beta = 15^\circ - 25^\circ$

Velocidad elevada:  $\beta = 30^\circ - 45^\circ$

- Dobles helicoidales: Este tipo de engranajes fueron inventados por el fabricante de automóviles francés André Citroën, y el objetivo que consiguen es eliminar el empuje axial que tienen los engranajes helicoidales simples. Los dientes de los dos engranajes forman una especie de V.
- Engranajes de ejes perpendiculares: Se fabrican a partir de un tronco de cono, formándose los dientes por fresado de su superficie exterior. Estos dientes pueden ser rectos, helicoidales o curvos. Esta familia de engranajes soluciona la transmisión entre ejes que se cortan y que se cruzan. Los datos de cálculos de estos engranajes están en prontuarios específicos de mecanizado.
- Cónicos de dientes rectos: Efectúan la transmisión de movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, generalmente en ángulo recto, por medio de superficies cónicas dentadas. Los dientes convergen en el punto de intersección de los ejes. Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en  $90^\circ$ . Estos engranajes generan más ruido que los engranajes cónicos helicoidales. Se utilizan en transmisiones antiguas y lentas. En la actualidad se usan muy poco.
- Cónicos de dientes helicoidales: Se utilizan para reducir la velocidad en un eje de  $90^\circ$ . La diferencia con el cónico recto es que posee una mayor superficie de contacto. Es de un funcionamiento relativamente silencioso. Además pueden transmitir el movimiento de ejes que se corten. Los datos constructivos de estos engranajes se encuentran en prontuarios técnicos de mecanizado. Se mecanizan en fresadoras especiales
- De rueda y tornillo sinfín: Es un mecanismo diseñado para transmitir grandes esfuerzos, y como reductores de velocidad aumentando la potencia de transmisión. Generalmente trabajan en ejes que se cortan a  $90^\circ$ . Tiene la desventaja de no ser reversible el sentido de giro, sobre todo en grandes relaciones de transmisión y de consumir en rozamiento una parte importante de la potencia. En las construcciones de mayor calidad la corona está fabricada de bronce y el tornillo sin fin, de acero templado con el fin de reducir el rozamiento. Este mecanismo si transmite grandes esfuerzos es necesario que esté muy bien lubricado para matizar los desgastes por fricción. El número de entradas de un



tornillo sin fin suele ser de una a ocho. Los datos de cálculo de estos engranajes están en prontuarios de mecanizado.

- Tornillo sin fin y corona glóbcicos: Con el fin de convertir el punto de contacto en una línea de contacto y así distribuir mejor la fuerza a transmitir, se suelen fabricar tornillos sin fin que engranan con una corona glóbica. Otra forma de distribuir la fuerza a transmitir es utilizar como corona una rueda helicoidal y hacer el tornillo sin fin glóbico, de esta manera se consigue aumentar el número de dientes que están en contacto. Finalmente también se produce otra forma de acoplamiento donde tanto el tornillo sin fin como la corona tienen forma glóbica consiguiendo mejor contacto entre las superficies.
- Interiores: Los engranajes interiores o anulares son variaciones del engranaje recto en los que los dientes están tallados en la parte interior de un anillo o de una rueda con reborde, en vez de en el exterior. Los engranajes interiores suelen ser impulsados por un piñón, un engranaje pequeño con pocos dientes. Este tipo de engrane mantiene el sentido de la velocidad angular. El tallado de estos engranajes se realiza mediante talladoras mortajadoras de generación.
- De cremallera: El mecanismo de cremallera aplicado a los engranajes lo constituye una barra con dientes la cual es considerada como un engranaje de diámetro infinito y un engranaje de diente recto de menor diámetro, y sirve para transformar un movimiento de rotación del piñón en un movimiento lineal de la cremallera. Quizás la cremallera más conocida sea la que equipan los tornos para el desplazamiento del carro longitudinal.

*Fuente: [http://blog.teclubin.mx/wpcontent/uploads/2014/12/lubricante\\_industrial.jpg](http://blog.teclubin.mx/wpcontent/uploads/2014/12/lubricante_industrial.jpg)*

## 2.1. Definición de términos básicos

- RETEN: Es un retén es una pieza fabricada habitualmente de un compuesto de caucho sintético que se utiliza para evitar fugas o el intercambio no deseado de fluidos, gases o sólidos desde un elemento que los contiene al adyacente. Un ejemplo puede ser el de evitar fugas de lubricante desde las cajas de cambios o motores de explosión hacia el exterior.
- MOTOR: máquina que transforma el trabajo mecánica otras formas de energía.
- PAR NOMINAL: Es el par que se produce en un motor eléctrico para que pueda desarrollar sus condiciones de diseño.

- **HELICE:** Mecanismo compuesto por varias palas o aspas ladeadas que al girar con fuerza alrededor de un eje desplazan el fluido en el que están.
- **MORTAJADORAS:** Es una máquina cuya herramienta, dotada de movimiento rectilíneo alternativo, arranca viruta. Al moverse sobre piezas fijadas sobre la mesa de la máquina. Las mortajadoras se utilizan principalmente para mecanizar ranuras, pero también se emplean para contornear levas, placas, palancas, tallar engranajes, etc.
- **VELOCIDAD ANGULAR:** Es la magnitud física de carácter vectorial que expresa la distancia recorrida de un objeto por unidad de tiempo.
- **ANTICITERA:** El más antiguo sistema mecánico de computación conocido, tal mecanismo es un conjunto de engranajes de bronce que permite calcular la posición exacta de los astros en un calendario solar a modo de un astrolabio.
- **EPICLOIDE:** Es la curva generada por la trayectoria de un punto de una circunferencia que rueda, sin deslizamiento, por el exterior de una circunferencia directriz. Es un tipo de rueda cicloide.
- **ODONTOGRAFO:** Instrumento para moldear las formas de los dientes.
- **ENVOLVENTE:** Que rodea una cosa de modo que cubre todas sus partes.
- **TALLADORA DE ENGRANAJE:** Es una herramienta utilizada para efectuar el mecanizado de los dientes de los engranajes a partir de un cilindro base.
- **MOTORREDUCTOR:** Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor, ya sea eléctrico, de explosión u otro, necesita que la velocidad se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimiento mecánico estático y dinámico.
- **RUIDO INDUSTRIAL:** Es un sonido estridente y carente de articulación que, por lo general resulta molesto al oído, en lo laboral es aquello vinculado con el trabajo (el esfuerzo físico o intelectual que es remunerado).
- **CASQUILLO:** Es una pieza de bronce, acero o plástico con forma tubular, que esta mecanizado en su interior y exterior tiene una tolerancia ajustada para insertarla en otra pieza donde tendrá diferentes aplicaciones.
- **COJINETE:** Es la pieza o conjunto de ellas sobre las que se soporta y gira el árbol transmisor de momento giratorio de una máquina, el cojinete puede ser un cojinete de deslizamiento o rodamiento.



## CAPÍTULO 3. DESARROLLO

### 3.1. Desarrollo el Objetivo 1

#### 3.1.1 Conceptualización y análisis del proceso de fabricación de reductores.

La empresa CIA. Peruana, cuyo rubro es la fabricación de reductores ha mantenido por años el siguiente proceso:

1. Recibida la orden de trabajo (para el caso se tomará el modelo **EV 100** que es el más comercial), se hace el pedido al proveedor (Bohler) del material (acero para cementar E80 y acero H) especificando las dimensiones con sobre medida para su maquinado.

Las cajas, bridas, escudos bridas y tapas de las cajas son pedidas a la fundición.

2. El material de Bohler llega y en **una primera fase** se verifican las medidas solicitadas así como **la centricidad** de la misma en el torno, ya que en ocasiones el jefe de planta solicita el material con una medida casi exacta y al momento de maquinar si no está centrado no se realizara un buen torneado concéntrico y al pasar al siguiente proceso que es el tallado habrá retraso ya que en algunos casos se debe proceder a centrar las piezas. En este contexto y dado que presentando el material de la parte que no se torne características de dureza y siendo las herramientas de mala calidad, estas pierden rápidamente el filo y el producto terminado presenta un mal acabado, para solucionar este impase hay que lijar la parte de los flancos de los dientes lo cual es pérdida de tiempo en el proceso.
3. La generadora de engranajes es la máquina donde se realiza **la segunda fase del proceso**, la cual se encarga de **tallar los engranajes** según se solicite para cada tipo de reductor que puede ser helicoidal o recto así como también realiza el tallado de corona sin-fin. Para esto se tiene que realizar una previa programación y cálculo en sus trenes tanto de división, diferencial (ángulo de inclinación) y avance, las herramientas de corte (fresas madres) no tienen la suficiente dureza, la empresa renovó varias de estas pero de marca china. Esto ocasiona que los engranajes salgan con una mala calidad en el acabado. Al haber una informalidad en las ordenes de trabajo, es decir el cambio inoportuno de una orden de trabajo por otro, hace que no se culmine los trabajos ya planificados y se tiene que volver a reprogramar la maquina en su totalidad perdiendo de esta manera tiempo. Otro contratiempo es no contar con una afiladora de herramientas la empresa envía todas sus herramientas en este caso: fresas madres, discos para tallado de ejes sinfín y pantógrafos para tallara la corona sinfín, se hizo la solicitud de comprar esta máquina que es necesaria, pero se hizo caso omiso al mismo, por el contrario decidieron llevar las herramientas a un taller de servicio de

- afilado donde no lo realizan bien y se tiene que estar reenviando constantemente generando pérdidas tanto económicas como de tiempo.
4. Una vez que se termina el tallado de un engranaje se deben limar las rebabas propias del maquinado, a continuación se procede a maquinar los canales chaveteros en el cepillo (limadora) y la fresadora, hecho este proceso se empaca y se manda a Bohler para su respectivo tratamiento pero como ya se ha dicho anteriormente también en este *proceso hay paradas inesperadas* por el cambio de órdenes de trabajo y no se puede realizar el envío a tiempo hacia Bohler porque tienen un horario fijo de recepción de los engranajes y se tiene que esperar hasta el día siguiente para el envío.
  5. Para el *torneado de las piezas de fundición también se presentan tiempo de demora* debido a que las maquinas realizan trabajos defectuosas por falta de mantenimiento y los operarios realizan deficientes procedimientos que derivan en disminución de las reales capacidades de los equipos. *Otro problema es la falta de estandarización* de medidas en los maquinados de las cajas, asientos de rodamientos, diámetros exteriores e interiores de los engranajes así como en el acabado final de algunos elementos maquinados para los reductores.
  6. *Al retorno de los engranajes con el tratamiento térmico* su proceso continúa en *el rectificado de sus diámetros interiores y exteriores* según sea el tipo de engranaje. Aquí se tiene una pérdida de tiempo ya que el operario que realiza este trabajo está asignado al torno y al no haber otro personal capacitado se tiene que esperar que termine su trabajo en la máquina estancando la producción.
  7. Una vez terminado esta fase, se deriva al montaje y prueba del reductor, para esto se realiza el armado de los engranajes en las cajas del reductor previamente torneadas, es aquí donde ocurren también cuellos de botella ya que generalmente no se cumple con entregar todos los elementos que lleva el reductor de velocidad al encargado de este proceso como son: rodamientos, retenes, tapones, pernos de sujeción, placas para el reductor, los supervisores no llevan un control de los que se tiene que comprar y lo hacen elemento por elemento y también hay falta comunicación y conflictos entre el colaborador y el jefe de planta ya que no coordinan las compras en el momento oportuno.
  8. Realizadas todas las pruebas necesarias y dado el visto bueno, se procede al *pintado del reductor* de velocidad y embalaje

*Tabla n°. 1 Modelos de reductores*

PRODUCCION ACTUAL						
PEDIDO	MODELO	PEDIDO DE MATERIAL / DURACIÓN	MAQUINADO	COMPONENTES	HORAS	TIEMPO TOTAL
1	EV 100	DIÁMETRO 170 x 50	TORNEADO	ENGRANAJE DE SALIDA	2	72.00
		DIÁMETRO 160 x 40	TORNEADO	ENGRANAJE DE ENTRADA	2.0	
		DIÁMETRO 60 x 40	TORNEADO	PIÑÓN	0.50	
		DIÁMETRO 40 x 260	TORNEADO	EJE PIÑÓN	0.50	
		DIÁMETRO 65 X 235	TORNEADO	EJE DE SALIDA	2.50	
		EJE HUECO DIÁMETRO 60 X 40	TORNEADO	DISTANCIADOR	0.50	
		EJE HUECO DIÁMETRO 80 X 50	TORNEADO	BOCINA SELLO	0.50	
		CAJA FUNDIDA	TORNEADO	CAJA DE REDUCTOR	4.0	
		BRIDA FUNDIDA	TORNEADO	BRIDA	2.0	
		ESCUDO BRIDA FUNDIDA	TORNEADO	ESCUDO BRIDA	2.0	
		TAPA DE SALIDA FUNDIDA	TORNEADO	TAPA DE SALIDA	1.0	
			TALLADO	ENGRANAJE DE SALIDA	4.0	
			TALLADO	ENGRANAJE DE ENTRADA	3.0	
			TALLADO	PIÑÓN	0.50	
			TALLADO	EJEPIÑÓN	1.00	
	CANALES CHAVETEROS	ENGRANAJES Y EJES	3.0			
	RECTIFICADO	ENGRANAJES Y EJES	3.0			
	TRATAMIENTO TÉRMICO		24			
	MONTAJE Y PRUEBA		16			

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.1.2. Compromiso de tiempos de entrega

Otro punto importante son los tiempos de entrega, los cuales no se cumplen por retrasos en las diferentes fases del proceso, particularmente en los cuellos de botellas originados por la informalidad de las órdenes de trabajo, no llevar a tiempo los engranajes para su tratamiento térmico y también en la última fase que es el montaje y prueba del equipo. Esto ha generado reclamos aireados de nuestros clientes quienes expresan su molestia por falta de seriedad en el cumplimiento de las fechas de entrega, en algunos casos al presentarse contratos con penalidades no solo perdemos ingresos sino también a los clientes.

### **3.1.3. Personal no calificado**

El personal con el que cuenta la empresa no es calificada en su totalidad, la mayoría son empíricos esta situación crea una desventaja ya que hay ocasiones en las que nos contactan empresas para que le realicemos servicios de alta gama y al no tener el personal técnico adecuado no se puede asumir estos trabajos, como resultado a esto se terceriza, lo cual nos genera pérdidas en los ingresos por contar con mano de obra no calificada.

### **3.1.4. Desventajas respecto a la competencia**

Las desventajas que se presentan respecto a la competencia son variadas, particularmente a lo referido al personal capacitado, maquinaria (moderna y en buen estado) que permiten realizar los trabajos con fluidez, presentar mejor acabado y precio competitivo.

En este sentido la empresa necesita renovar, entre otros los instrumentos de medición como son: Pie de rey, micrómetros (exterior e interior), goniómetros y relojes comparadores.

Estas falencias generan en la corporación laboral frustraciones por las limitaciones en la generación de ciertos trabajos sin contar con el apoyo de los responsables de las mejoras estructurales en la empresa así como de los jefes inmediatos, esto ha derivado en el mantenimiento de un paradigma de conformidad del personal hacia el modelo de proceso que se mantiene hasta la fecha en la empresa. Esto también ha ocasionado que varios colaboradores abandonen la empresa creando vacíos, difíciles de remplazar, siendo en muchos casos llenados con personal vigente sin la calificación adecuada.

### **3.1.5. Conclusión parcial**

Podemos llegar a la conclusión de que el método tradicional de la empresa no le ha dado buenos resultados, por el contrario con el pasar de los años esto ha generado de que los trabajadores no estén comprometidos y que haya muy poca motivación e iniciativa. La falta de capacitación del personal, falta de mantenimiento de la maquinaria, son impedimentos para que los trabajadores no puedan cumplir con los trabajos establecidos, tanto como la informalidad por parte del jefe de planta quienes cambian las ordenes de trabajo en cualquier momento atrasando los procesos en consecuencia no se puede cumplir con las entregas a tiempo del producto.

## 3.2. Desarrollo el Objetivo 2

### 3.2.1. Definiendo falencias del proceso

Tradicionalmente ha sido una constante la preocupación de las administraciones el incrementar su eficiencia organizacional, sin embargo actualmente esto no es condición suficiente para garantizar el éxito debido al incremento, cada vez mayor, de la interrelación de la organización con el entorno turbulento. La experiencia demuestra que el éxito y la supervivencia, a largo plazo, de las organizaciones dependen también de los progresos de su *eficacia*, mientras que los cambios internos afectan fundamentalmente su *eficiencia*.

Una organización sometida a los efectos del entorno turbulento puede fracasar a pesar de ser muy eficiente. Según Drucker, “no es hacer las cosas correctamente, hay que hacer las cosas correctas”.

El mayor y principal problema que encontramos en la empresa es la demora de la entrega del producto, ya que no se cumple con las ordenes de trabajo es decir cuando el operario está realizando su labor le cambian la orden por otra, es aquí donde se presenta una inflexión, aceptada normal, presentado esta una importante afectación en la secuencia en la programación de trabajos, esta actitud motiva pérdida de tiempo y oportunidades pues se tiene que volver a reprogramar completamente la máquina en cuestión para realizar la nueva tarea propuesta, esto genera cuellos de botella en la producción, cabe resaltar también la falta de estandarización, sumado todo esto, se presentan retrasos en los productos y servicios que ya cuentan con fecha de entrega.



*Tabla n°. 2 Matriz de principales problemas*

MATRIZ DE PRINCIPALES PROBLEMAS					
EMPRESA CIA. PERUANA DE REDUCTORES S.A.C					
N°	PROBLEMAS	P	C	T	TOTAL
1	FALTA DE COMUNICACIÓN	2	2	2	6
2	FALTA DE SEGUIMIENTO	3	3	2	8
3	FALTA DE REGISTROS	2	2	2	6
4	CUELLOS DE BOTELLA	3	3	3	9
5	RETRASO EN LAS ENTREGAS	3	3	3	9
VALORACIÓN					
P=	PRODUCCION	1	POCO IMPORTANTE		
C=	COSTO	2	IMPORTANTE		
T=	TIEMPO	3	MUY IMPORTANTE		

*Fuente: elaboración propia.*

Luego de analizar las distintas fases en el proceso de fabricación de productos, se procedió a identificar las siguientes falencias:

- Falta de comunicación.

Normalmente ocurre debido a la falta de un supervisor que se encargué de realizar esa labor regularmente, esas labores son realizadas por otras personas encargadas de otras labores que normalmente no tienen que ver en el proceso de fabricación y que tienen poco conocimiento del mismo.

- Falta de seguimiento de la producción.

La empresa no posee información completa sobre los distintos procesos de producción, sin la ayuda de estos datos no se pueden realizar los estudios de costos y factibilidad que se requieren para: optimizar procesos, reducir costos, etc.

- Falta de registros sobre el seguimiento del proceso.

La empresa no posee los medios para realizar el seguimiento del proceso (falta de hoja de seguimiento) al no tener esos medios se originan retrasos en la elaboración del producto generando una gran pérdida de tiempo durante la producción.

- Cuellos de botella.

Son problemas que aparecen a lo largo de la cadena de suministro y de producción que ralentizan está y hacen que el output de existencias, productos y mercancías se amontonen originando así, perdidas económicas y tiempos improductivos.

**Fuente:** [http://blog.teclubin.mx/wp-content/uploads/2014/12/lubricante\\_industrial.jpg](http://blog.teclubin.mx/wp-content/uploads/2014/12/lubricante_industrial.jpg)

- Retraso en la entrega del producto a los clientes

Generado por el inexistente control de la producción, cambios inesperados en las órdenes de trabajo y cuellos de botella son de los problemas más generales existentes.

### 3.2.2. Planteamientos a la medida de las circunstancias

Las soluciones pretendidas deben ser implantadas de acuerdo el nivel de importancia de la manera siguiente:

- La contratación o capacitación de un personal que se encargue de la supervisión de producción, para que realice los seguimientos correspondientes tanto a la materia prima para la fabricación, como al personal para que realice eficientemente su trabajo.
- La implementación de la hoja de seguimiento debe ser inmediata pues el control de la producción es completamente deficiente y eliminar así gradualmente los retrasos en la producción.
- Los cursos de capacitación deben ser llevados cada seis meses para tener actualizado al personal además de motivado
- Los proyectos serán terminados más rápidamente así como la moral y efectividad en el equipo mejorarán porque estarán trabajando en un medio ambiente sin incertidumbres además la gerencia tendrá un método simple, muy efectivo para evaluar el desempeño del proyecto y tomar decisiones de recursos utilizando herramientas sencillas.

- La administración tendrá una herramienta efectiva para tomar decisiones de proyectos basados en la prioridad de los mismos y en la capacidad organizacional utilizando las capacidades de sincronización de proyectos.

### **3.2.3. Conclusión parcial.**

De acuerdo a lo establecido en la matriz de los principales problemas se puede establecer que los cuellos de botella son los que tienen mayor injerencia así como retrasos en entrega, luego la falta de seguimiento tiene también un valor alto y la falta de registro influye tan igual como la falta de comunicación.

### **3.3. Desarrollo el Objetivo 3**

#### **3.3.1. Implementación de las herramientas Lean Manufacturing**

Durante este paso debemos tener en cuenta las expectativas de los clientes, principalmente en la entrega a tiempo de los productos. De esta forma se busca que la empresa alcance el nivel exigido,

En este aspecto se listaron una serie de posibles metas a lograr en un tiempo específico que son las siguientes:

- Estar al día con la entrega de los productos a los clientes.
- Implementación mejores programas de entrenamiento a los operadores.
- Implementación nueva programas de mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos.
- La implementación de la hoja de seguimiento
- Es conveniente señalar el impacto que tendrían los nuevos programas de mantenimiento puesto que:
  - La empresa muchas veces no está en capacidad de realizar el mantenimiento de los equipos.
  - No poseen datos actuales de mantenimiento.
  - Equipos obsoletos.
- Para lograr el buen desempeño de las acciones implantadas y lograr unos buenos resultados en los indicadores, se tendrán que tomar cuenta las siguientes acciones:
  - Llevar datos estadísticos de los procesos de producción.
  - Mantener estrecha comunicación con el personal de la empresa.
  - Comunicación estrecha con los clientes.
  - Documentar los datos de los procesos.
  - Realizar evaluaciones periódicas a los operadores de las maquinarias

### 3.3.2. Aplicación de la metodología Lean Manufacturing

- Aplicación de las 5´s
- Metodología TPM
- Mejora de tiempos (SMED)

#### 3.3.2.1. Aplicación de las 5´s.

Es una técnica que se aplica en todo el mundo con muy buenos resultados por su sencillez y efectividad, esta herramienta fundamental Lean debe ser una de las primeras en ponerse en práctica, su aplicación mejora básicamente los niveles de:

- Personas: Mayor seguridad, ambiente de trabajo más limpio, mayor responsabilidad y orgullo y mantenimiento más simple.
- Desempeño: Aumento de la productividad, menor tiempo de configuración, menos fallas, menos pérdidas de tiempo, crea las bases para el trabajo estandarizado.
- Calidad: Mejor visibilidad de errores y fácil estandarización del trabajo.

Su aplicación requiere de un compromiso personal y duradero para que la empresa se convierta en un modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene.

Los primeros en asumir este primer compromiso es la gerencia y los jefes y su aplicación de esta herramienta es el ejemplo más claro de un resultado a corto plazo.

Pero ¿Por qué se les llama 5S´s?, está basada en palabras japonesas que comienzan con una "S", esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo. 5S´s simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

Tabla n°. 3 Las 5 ´S

整理・整頓・清掃・清潔・躰				
Seiri	Seiton	Seiso	Seiketsu	Shitsuke
Sort	Shine	Sweep	Standardise	Sustain
Seleccionar	Organizar	Limpiar	Estandarizar	Disciplina

*Fuente: Kimberly Clark*

### 3.3.2.2. ¿Por qué tener un programa 5s's?

Figura n°. 5 Del programa 5 s 's



Fuente: Kimberly Clark

### 3.3.2.3. Implementación de las 5S

Para la implementación de esta herramienta Lean seguiremos el siguiente procedimiento:

- Seiri (Selección): Como principal objetivo será el eliminar los ítems que no son necesarios para las operaciones actuales de la producción. Separar lo útil de lo inútil. Podemos citar como ejemplos: Equipos o materiales antiguos, herramientas obsoletas mesas y gabinetes sin uso.
- Seiton (Organización): Su objetivo será, ordenar los ítems necesarios de modo que podamos hallarlos y usarlos con facilidad. Colocar lo útil en su sitio. Como ejemplo: Mala disposición y las herramientas centralizadas no ubicadas en su lugar de uso.
- Seiso (Limpieza): Limpiar el lugar de trabajo y los equipos en su totalidad una vez realizada las labores diarias. Ejemplo: Suciedad y grasa sobre equipos y superficies de trabajo y la basura en el piso.
- Seiketsu (estandarización): Definir e implementar medidas para mantenerlas condiciones del lugar de trabajo y establecer los procesos según las normas.
- Shitsuke (Disciplina): Monitorear 5S's y verificar su cumplimiento en todo momento. Disciplina, respetar las reglas. Actuar sistemáticamente respetando los criterios establecidos.

### 3.3.2.4. Implementación de 5's – Sostener las mejoras

- Integrarlas al negocio, integrar las 5S's a los planes de mejora.
- Definir metas de mejora, cuantificar los beneficios de una mejor organización del lugar de trabajo y fijar metas de mejora.
- Ser minucioso en la implementación, aplicar 5S's en forma segmentada y en profundidad, seleccionar un área específica donde aplicar los 5 pasos antes de pasar a la siguiente.
- Ser persistente, concentrarse en 5S's hasta completar el proceso y enfocarse en cambiar mentalidades y conductas; de lo contrario los efectos se desvanecerán con el paso del tiempo.

### 3.3.2.5. TPM: Estrategia global de empresa

*Figura n°. 6 Estructura del TPM*

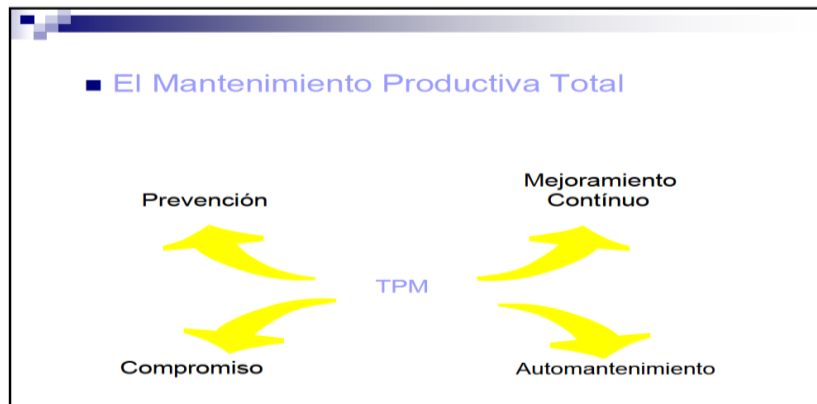


*Fuente: Kimberly Clark*

- ¿Qué es el mantenimiento productivo total TPM?

Es una filosofía de mantenimiento que optimiza la eficiencia de los equipos, reduce las pequeñas averías y promueve el mantenimiento autónomo del operador, involucrando a toda la planilla. Se fundamenta en la búsqueda permanente de la mejora de los rendimientos de los procesos y los medios de producción con la activa participación de todas las personas que participan en el proceso productivo.

*Figura n°. 7 Estructura del TPM*



*Fuente: Kimberly Clark*

- **¿Para qué sirve?**

Para lograr un nivel de productividad lo más alto posible en el uso de la maquinaria, este nivel de productividad se mide con un indicador llamado OEE o eficiencia global de los equipos.

OEE= Producción hecha / Producción tecnológicamente factible.

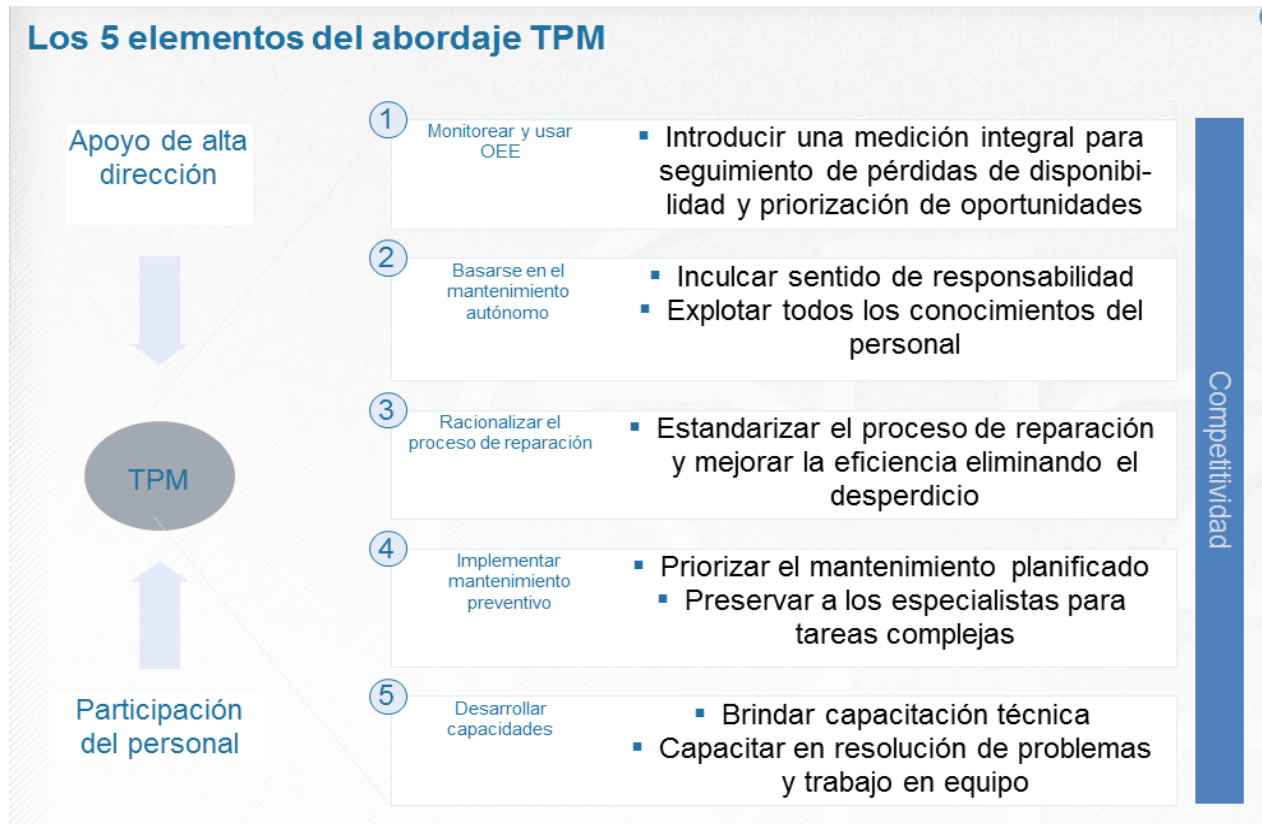
- **¿Cómo funciona?**



TPM, se dirige directamente a la obtención de una mayor productividad en planta, con la eliminación o disminución de la causa que la limitan.

Es fundamental la participación de todo el personal, empezando desde la dirección.

*Figura n°. 8 Elementos del TPM*



*Fuente: Kimberly Clark*

### 3.3.2.6. Tiempo requerido para actividades de T.P.M.

Proponemos que el tiempo mínimo dedicado a actividades de T.P.M sea inicialmente de 2 horas por semana: 1 hora en actividades de Mantenimiento Autónomo y 1 Hora en reuniones de grupo. Algunas Empresas dedican hasta un turno semanal de

8 horas durante el primer mes de Implementación para consolidar el programa, luego fijan un tiempo programado semanal, de acuerdo a los volúmenes de producción. Sea cual sea el tiempo asignado, se deberá respetar y por ningún motivo incumplir el programa, pues esta es la causa principal por la cual algunas empresas terminan abandonado el programa de T.P.M. antes de ver los frutos tangibles y todo el esfuerzo de muchas personas se pierde.

*Tabla n°. 4 De costos de mantenimiento*

Costos por mantenimiento de la maquinaria				Maquinaria		Nro de máquinas		Operarios	
Máquinas	Costo - Soles		Nro de máquinas						
MOLADORA	S/. 10.0		S/. 20.0		MOLADORA	2			
TORNO PARALELO	S/. 800.0		S/. 2,400.0		TORNO PARALELO	3	A		3
MANDRINADORA	S/. 1,100.0		S/. 1,100.0		MANDRINADORA	1	B		1
GENERADORAS DE ENGRANES	S/. 500.0		S/. 1,000.0		GENERADORAS DE ENGRANES	2	C		1
TALADRO RADIAL	S/. 300.0		S/. 300.0		TALADRO RADIAL	1	D		1
RECTIFICADORA	S/. 600.0		S/. 600.0		RECTIFICADORA	1	E		1
FRESADORA	S/. 800.0		S/. 1,600.0		FRESADORA	2	F		1
CEPILLO	S/. 400.0		S/. 400.0		CEPILLO	1	G		1
ESMERIL DE COLUMNA	S/. 20.0		S/. 20.0		ESMERIL DE COLUMNA	1			
MAQUINA DE SOLDAR	S/. 80.0		S/. 160.0		MAQUINA DE SOLDAR	2	B		
OXICORTE	S/. 100.0		S/. 100.0		OXICORTE	1	B		
PRENSA HIDRAULICA	S/. 500.0		S/. 500.0		PRENSA HIDRAULICA	1			
<b>Precio Total</b>	<b>S/. 5,210.0</b>		<b>S/. 8,200.0</b>		<b>Total</b>	<b>18</b>			<b>9</b>

**OBSERVACION:**

La cantidad de trabajadores no va acorde a la cantidad de máquinas de la planta, es por ello que los colaboradores B,C y D, realizan trabajos en las máquinas de los operarios A, E, F, y G, Retrasando los avances. (Cuello de botella)

*Fuente: Elaboración propia*

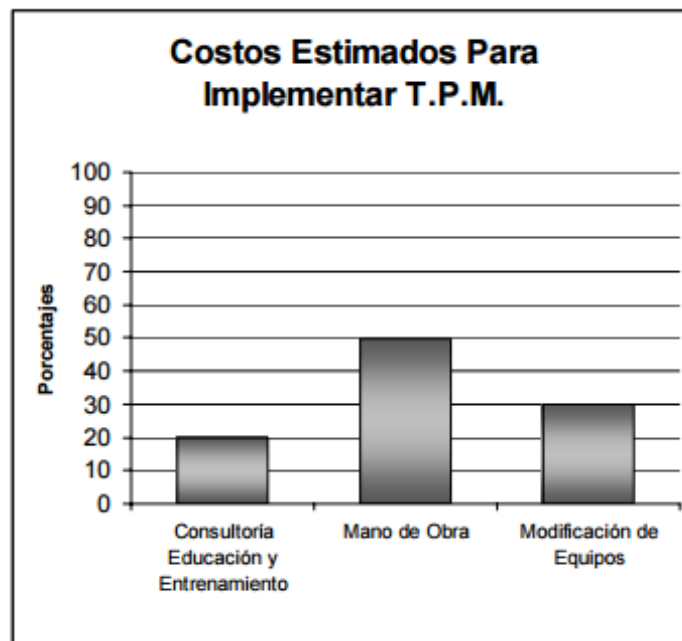
- **Costos estimados para implementar T.P.M.**

Una forma muy empírica de estimar los costos que ocasionará la implementación de un programa de T.P.M. es considerar el tiempo asignado a los empleados para desarrollar labores de T.P.M, por ejemplo 2 horas diarias y multiplicarlas por el número de

empleados involucrados: esto constituirá el 50% del Costo. Se asume otro costo igual, o sea, otro 50% distribuido en 30% para gastos de materiales para modificación de equipos, o sea, corrección de daños y un 20% para gastos de consultaría, educación y entrenamiento.

En la figura se muestra la distribución los costos según lo explicado.

*Figura n°. 9 De costos del TPM*



Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com/>

### 3.3.3. Conclusión parcial

De este objetivo podemos concluir que las 5´ s consiste en 5 pasos que son: Selección, organización, limpieza, estandarización, y disciplina. Este es un método para eliminar desperdicio y organizar el lugar de trabajo además, si nuestro lugar de trabajo está bien organizado tendrá un fuerte impacto en el desempeño e impulsara mejoras en la seguridad, productividad y calidad de nuestros productos finales.

En cuanto a la implementación de la herramienta TPM, si la aplicamos correctamente las ventajas que obtendremos será que reduciremos los defectos del proceso de fabricación de los reductores de velocidad reduciremos costos de mantenimiento, conservaremos la energía, la productividad se incrementará paulatinamente tanto de la planta como del equipo de colaboradores y reduciremos los tiempos que no agregan valor a la producción.

### **3.4. Desarrollo el Objetivo 4**

A continuación detallamos algunos aspectos donde la capacitación y reordenamiento estructural y que influirá notablemente en la oportunidad y satisfacción en la entrega de reductores de velocidad en la empresa.

### 3.4.1. Impacto económico

En este objetivo evaluaremos cual será el impacto económico al implementar las herramientas Lean Manufacturing en la empresa, haremos un pequeño análisis y tomaremos en cuenta algunos gastos implicados en esta implementación de estas.

Finalmente veremos la proyección a la que estamos enfocados en cuanto al aumento de productividad en la fabricación de reductores de velocidad.

**Tabla n°. 5 Gastos de capacitación de 5's.**

CAPACITACION	HORAS	COSTOS	COLABORADORES	COSTO TOTAL
CAPACITACION DE LAS 5'S	4	700	1	700
TOTAL				700

IMPLEMENTOS DE LA CAPACITACIÓN	40
--------------------------------	----

COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACION (S./.)	740
---	-----

*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla n°. 6 Gastos de capacitación de TPM.**

CAPACITACION	HORAS	COSTOS	COLABORADORES	COSTO TOTAL
CAPACITACION DE TPM	4	700	2	1400
TOTAL				1400

IMPLEMENTOS DE LA CAPACITACIÓN	80
--------------------------------	----

COSTO TOTAL DE LA IMPLEMENTACION (S./.)	1480
---	------

*Fuente: Elaboración propia*

Para alcanzar esta capacitación con certificación se contrató a la empresa Pegasus Consultora S.A.C. empresa peruana que brinda servicios de asesoría, consultoría y capacitación.

### 3.4.2. Cantidad de reductores de velocidad entregada en el año 2015.

La cantidad de reductores de velocidad que se verá en la siguiente gráfica, es la correspondiente al año 2015 en la que no se pudo cumplir con la meta de los pedidos que son de 15 equipos mensuales. Por los problemas ya mencionados anteriormente.

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de reductores de velocidad entregada mensualmente.

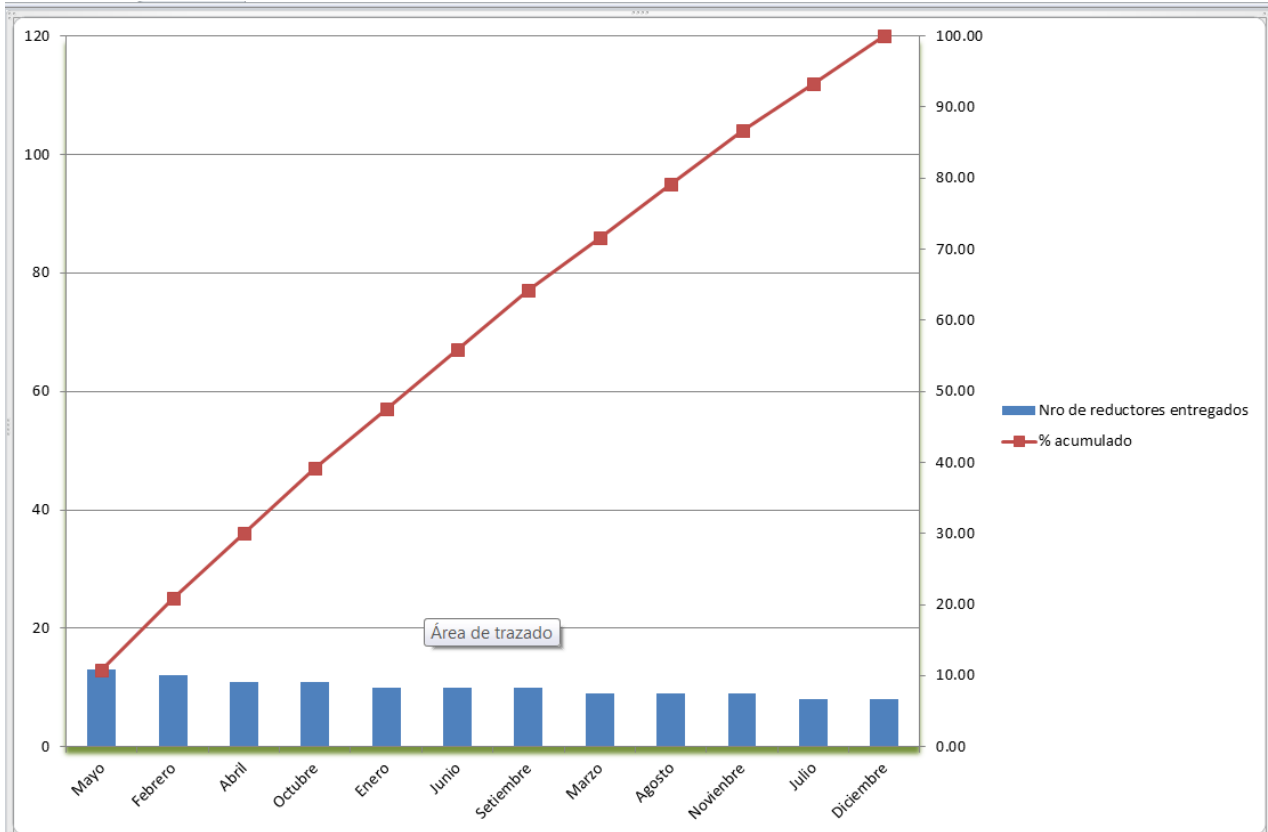
*Tabla n°. 7 Cantidad de reductores fabricados en el 2015*

Fabricación de reductores 2015	Nro de reductores entregados	% acumulado	%
Mayo	13	10.83	10.83
Febrero	12	20.83	10.00
Abril	11	30.00	9.17
Octubre	11	39.17	9.17
Enero	10	47.50	8.33
Junio	10	55.83	8.33
Setiembre	10	64.17	8.33
Marzo	9	71.67	7.50
Agosto	9	79.17	7.50
Noviembre	9	86.67	7.50
Julio	8	93.33	6.67
Diciembre	8	100.00	6.67
<b>Total</b>	<b>120</b>		<b>100.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Presentamos su respectiva grafica de Pareto:

Figura n°. 10 Grafica de Pareto 2015



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar los meses de julio y diciembre son los meses donde solo se pudo entregar casi el 60% de los pedidos, generando insatisfacción y muchos reclamos por parte de nuestros clientes.

### 3.4.3. Cantidad de reductores de velocidad a entregar luego de la implementación de Lean Manufacturing.

La proyección que se propone es a partir del año 2017, las mejoras serán de manera paulatina conforme vaya progresando la implementación de las herramientas Lean y de la capacidad del personal para aplicarlas.

En la siguiente tabla se puede observar a detalle la mejora mensual en la entrega de los reductores de velocidad.

*Tabla n°. 8 Reductores fabricados después de la mejora en el 2017*

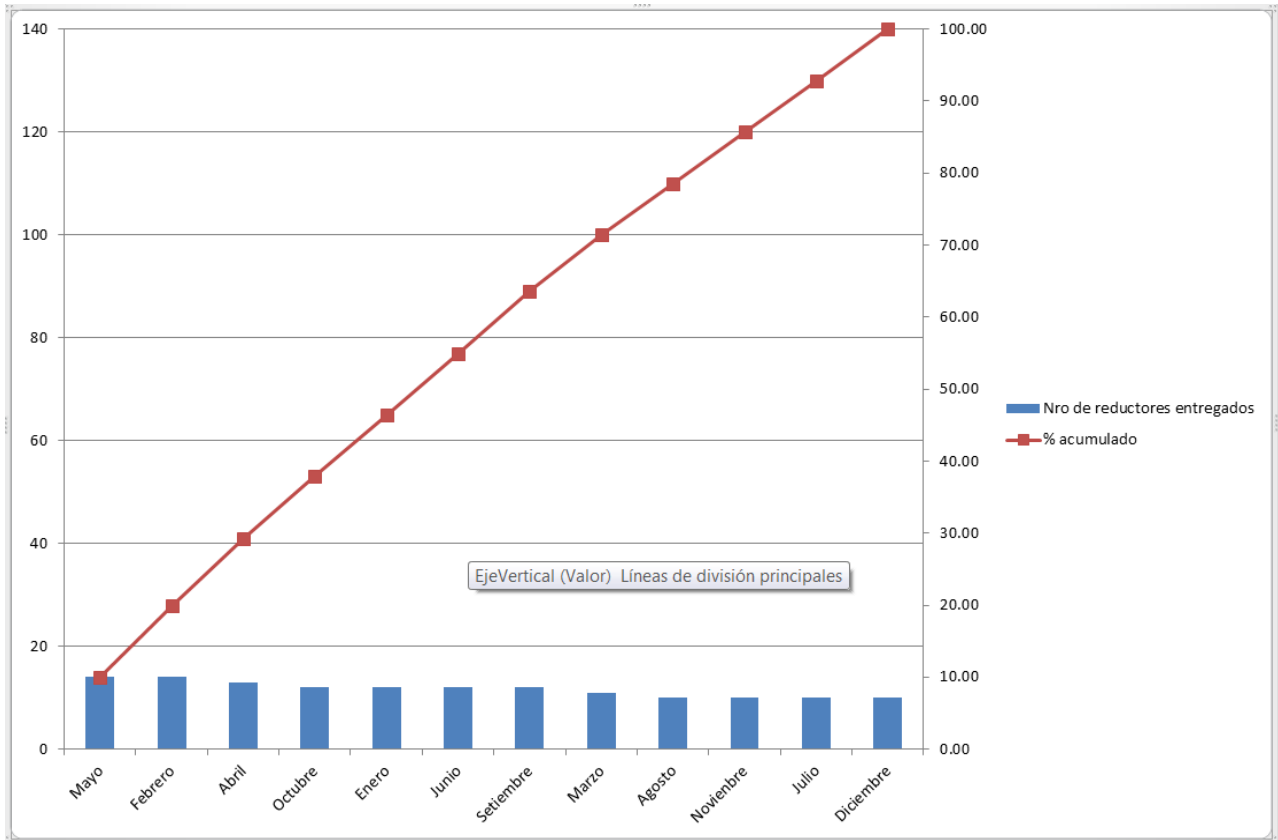
Fabricación de reductores 2017	Nro de reductores entregados	% acumulado	%
Mayo	14	10.00	10.00
Febrero	14	20.00	10.00
Abril	13	29.29	9.29
Octubre	12	37.86	8.57
Enero	12	46.43	8.57
Junio	12	55.00	8.57
Setiembre	12	63.57	8.57
Marzo	11	71.43	7.86
Agosto	10	78.57	7.14
Noviembre	10	85.71	7.14
Julio	10	92.86	7.14
Diciembre	10	100.00	7.14
<b>Total</b>	<b>140</b>		<b>100.00</b>

*Fuente: Elaboración propia*

A continuación su respectiva gráfica de Pareto:

*Figura n°. 11 Grafica de Pareto mejorado 2017*





*Fuente: Elaboración propia*

Se puede observar que con la implementación y capacitación de los colaboradores se logrará una mejora en cuanto a la cantidad de productos a entregar, ya que se proyecta en un total de 20 reductores más anualmente y así disminuir el tiempo de entrega de nuestros productos, alcanzando una mejora inicial del 8%.

En la siguiente tabla se detalla lo antes mencionado:

Año	Cantidad	%
2015	120	46%
2017	140	54%
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>8%</b>

Mejora de producción	20 reductores de velocidad
----------------------	----------------------------

#### 3.4.4. Conclusión parcial.

En este objetivo podemos observar como la implementación de las herramientas Lean Manufacturing, así como el cambio y compromiso de parte de los colaboradores hará que la empresa comience a funcionar de una manera distinta, la inversión para las capacitaciones y la generación de un ambiente de trabajo más agradable para los colaboradores estimulara su compromiso y pro actividad en las metas que se propondrá la empresa, esto se reflejará en la disminución de quejas por parte del cliente en cuanto las entregas de sus pedidos y la empresa vera esto reflejado en sus utilidades.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### 4.1. RESULTADOS

El desarrollo de la presente tesis, ha permitido establecer las características unitarias de las fases del proceso tradicional, la cual presenta peculiaridades y serias falencias, las cuales han venido afectando los diversos ámbitos del accionar de la empresa como retraso en los tiempos de entrega de los reductores, pérdida de tiempo en regulaciones de las máquinas herramientas, comunicación impropia de parte de los supervisores con los operarios, al presentarse continuas modificaciones en las órdenes de fabricación de los reductores de velocidad, generándose de esta forma constantes retrasos y confusiones.

Con la mejora aplicando las herramientas de lean manufacturing (TPM, 5's), en lo concerniente a, las mejoras de implementarán en el taller de producción, las mejoras tendrán un orden detallado.

- Seleccionando detalladamente cada herramienta de maquinado
- Ordenando las piezas y ordenes de trabajo para no tener tiempos muertos
- Limpiando el área de trabajo para tener un ambiente agradable
- Estandarizando cada herramienta según sus usos y medidas
- Creando disciplinas en los colaboradores del taller y oficinas.

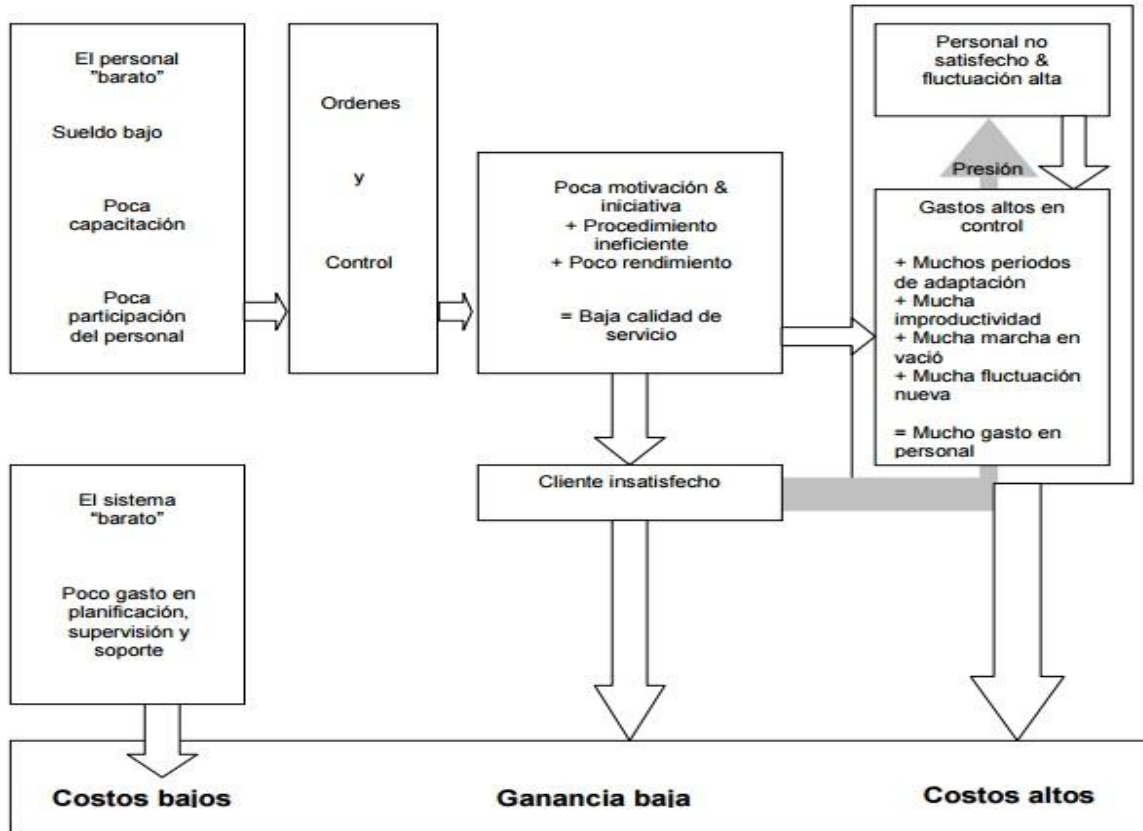
Se buscara establecer mejoras sustantivas, organizando el área de trabajo, simplificando tareas ordenando, reciclando y buscando reducir los tiempos de entrega, dirigida a la satisfacción de nuestros clientes.

En la gráfica 1, se expresa secuencialmente los aspectos fundamentales que fueron identificados y que sustentan las razones de las falencias en el proceso, de las cuales se resaltan los principales:

- a. Mano de obra barata, desmotivada y sin capacitación.
- b. Informalidad en las ordenes de trabajo
- c. Planificación inadecuada.
- d. Insatisfacción del cliente.

Y que en función de los resultados invocan a la puesta en marcha de una mejora de procesos.

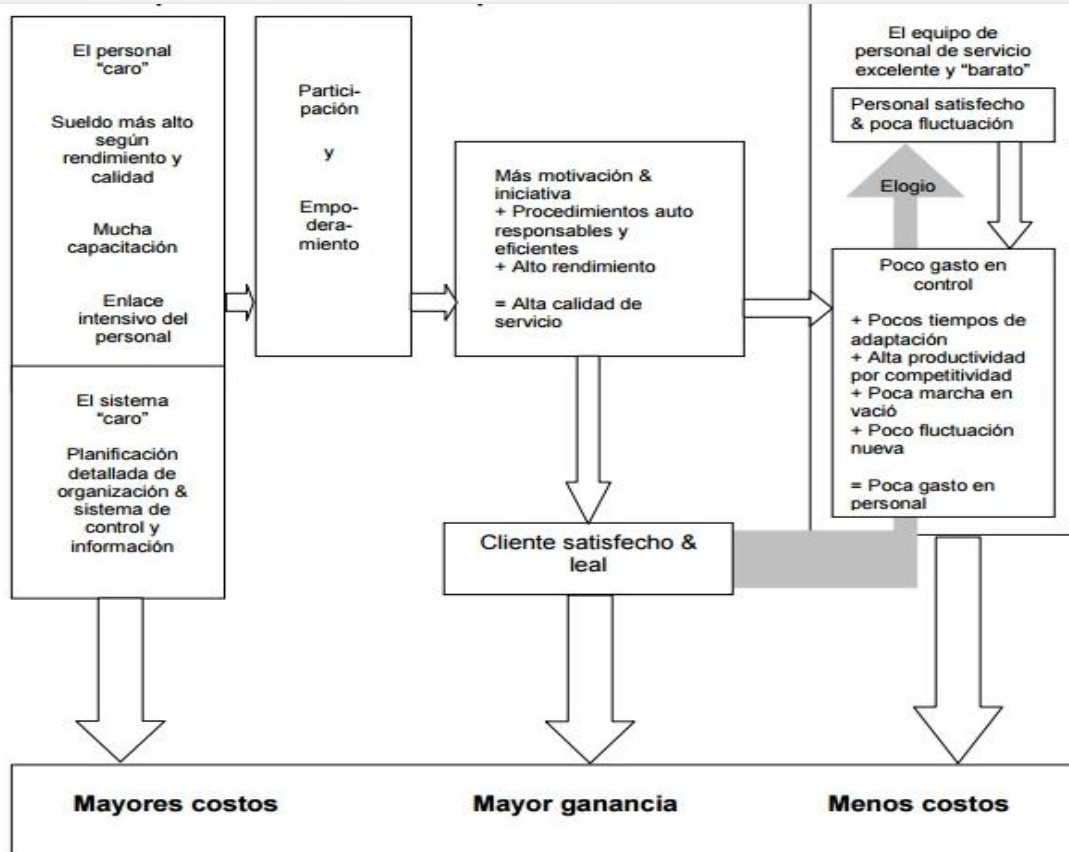
**Gráfica 1: La empresa sin orientación al personal**



Fuente: Rasner/Ángel, 1993, p. 183<sup>24</sup>

Por lo tanto se pudo notar que la falta de capacitación, motivación, informalidad, mano de obra barata, así como la presentación de ambientes laborales inapropiados, influye en la producción y obviamente al final del proceso en la disminución de utilidades.

En la gráfica 2, se expresa las ventajas a la que nos estamos proyectando y que se generará con la capacitación del personal, la motivación, el orden en la generación de trabajos, dando resultados positivos a nuestros clientes.



Fuente: Rasner/Ángel, 1993, p. 184<sup>25</sup>

Se percibe con claridad que la comparación de procesos definitivamente aporta consideraciones sustantivas antes y después de la mejora de procesos, influyendo en la productividad de la empresa, así como en los estándares de competitividad a través de mejores técnicos y administración., consecuentemente se estima una elevación de los niveles de aceptación clientelista. Está demostrado que los ingresos han mejorado en un inicio en un 8% anual lo que permitirá continuar con mejoras en la línea de producción y atención del personal.

## 4.2. CONCLUSIONES

- La gestión de procesos en base a prácticas y estructuras tradicionales ha venido afectando la producción de reductores de velocidad en la compañía Peruana S.A.C. Esta aseveración se sustenta porque el método tradicional aplicada en la empresa no ha dado buenos resultados, por el contrario con el pasar de los años esto ha generado que los trabajadores no estén comprometidos y que haya relativa motivación e iniciativa. La falta de capacitación del personal, falta de mantenimiento de la maquinaria, son aspectos limitantes que influyen en el desempeño de los trabajadores, los cuales incumplen la planificación original inicial de los tareas asignadas y en un entorno informal se aceptan modificaciones, al amparo de los jefes de planta, quienes sin mediar justificación avalan cambios inopinados en cualquier momento, motivando atrasos de los procesos y consecuentemente no se puede cumplir con las entregas a tiempo.
- La informalidad en el ordenamiento secuencial de los trabajos influye negativamente en la oportunidad y cumplimiento de plazos en la fabricación de reductores de velocidad en la compañía peruana de reductores, asimismo la empresa no cuenta con un plan de ordenamiento (las 5's), por tanto no aplica los considerandos referidos a selección, organización, limpieza, estandarización, y disciplina que permitiría mejorar sustantivamente el proceso en sus diversas facetas.
- Se conoce y está demostrado que la capacitación y mejora estructural influye positivamente en la gestión de procesos en la fabricación de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C. La adecuada implementación de la herramienta TPM, y su correcta aplicación permitirá alcanzar importantes ventajas en la competitividad y rendimientos empresariales, puesto que reduciremos sustancialmente defectos en el proceso de fabricación, costos de mantenimiento y conservación de la energía, logros sustantivos que devengará en el incremento de la productividad tanto de la planta como del equipo de los colaboradores, asimismo reduciremos periodos de tiempos que permiten agregar valor a la producción.
- La capacitación y aplicación de las herramientas Lean Manufacturing, así como el cambio y compromiso de parte de los colaboradores permitirá que la empresa promueva una modificación de la conciencia corporativa de la mejora continua, iniciándose secuencialmente la generación de un ambiente de trabajo más agradable para los colaboradores, estimulando su compromiso y proactividad de las metas y objetivos planteados por la empresa, estas modificaciones se reflejarán en una elevación de la productividad y en la disminución de procesos ejecutados, así la cantidad mensual de reductores de velocidad tendrá un incremento inicial previsto de un **8%**, este margen irá en aumento conforme el personal siga aplicando y creando conciencia acerca de la filosofía de las herramientas lean manufacturing, asimismo se presentará un incremento de la competitividad,

al optimizarse los periodos de producción y entrega, lográndose definitivamente una sustancial mejora en los cuadros de balance anual de la empresa.

### 4.3 RECOMENDACIONES

- El éxito de la empresa depende en gran medida del buen desempeño y del bienestar de su personal. Si los colaboradores concuerdan con la visión y misión de la empresa, el rendimiento laboral será el óptimo y repercutirá en el aumento de la productividad, paralelamente promover una publicación empresarial que divulgue las mejoras y modernidad de la empresa, esto conllevará definitivamente a elevar la imagen de la empresa y se posiciona mejor en el mercado laboral.
- Realizar intercambios tecnológicos, ya que se podrá transferir habilidades, conocimientos, métodos de fabricación, tecnologías así como muestras de fabricación. Esto se podría lograr gestionando visitas a empresas.
- Establecer un programa de capacitación del personal en temas de Lean Manufacturing. Básicamente estas capacitaciones harán que el colaborador tenga una mentalidad enfocada a reducir desperdicios, entregar de calidad deseada “a la primera” sin variabilidad, que los procesos flexibles que producen en el momento y la cantidad necesaria y que la organización sea energizada e involucrada en la mejora continua.
- Al realizar esta implementación se optimizará y minimizará los movimientos de materiales entre estaciones o máquinas, como se proyecta que la demanda será continua y estarán equilibradas las tareas o secuencias de trabajo, esto en la práctica significa que el movimiento y la producción de piezas de los reductores de velocidad se efectuarán a un ritmo programado casi fijo.



## REFERENCIAS

BRAVO, D. (2010 3 Ed.). "Lean Manufacturing".

CUATRECASAS, Lluís. (2010). Libro. "Lean Management". España. Ed. Mc Graw Hill

GUTIERREZ, Humberto. Libro. "Calidad y Productividad". México. Ed. Mc Graw Hill

JUANES, Bruno

2005 Lean Sigma. Consultada: 23 de Junio de 2012.

<http://www.cel-logistica.org/subidasArticulos/39.pdf>

KOGYO, Nikkan

1987 Poka - Yoke. Mejorando la calidad de los productos evitando los defectos.

Madrid: Tecnología de Gerencia y Producción

LEAN SOLUTIONS

S.f Pizarra semáforo Kanban. Consultada: 16 de Octubre de 2013.

<http://www.leansolutions.es/productos/1/9/gestion-visual/sistema-kanban/>

SHINGO, Shingeo

1990 Sistema de Producción Toyota desde el punto de vista de la ingeniería.

Madrid: Tecnología de gerencias y Producción

SUSUKI, Tokutaru

1995 TPM en industrias en proceso

Madrid: TGP Hoshin

VENEGAS, Rolando

2005 Manual de las 5 S's. Consultada: 15 de Junio de 2013.

<http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/ger/cincos.htm>

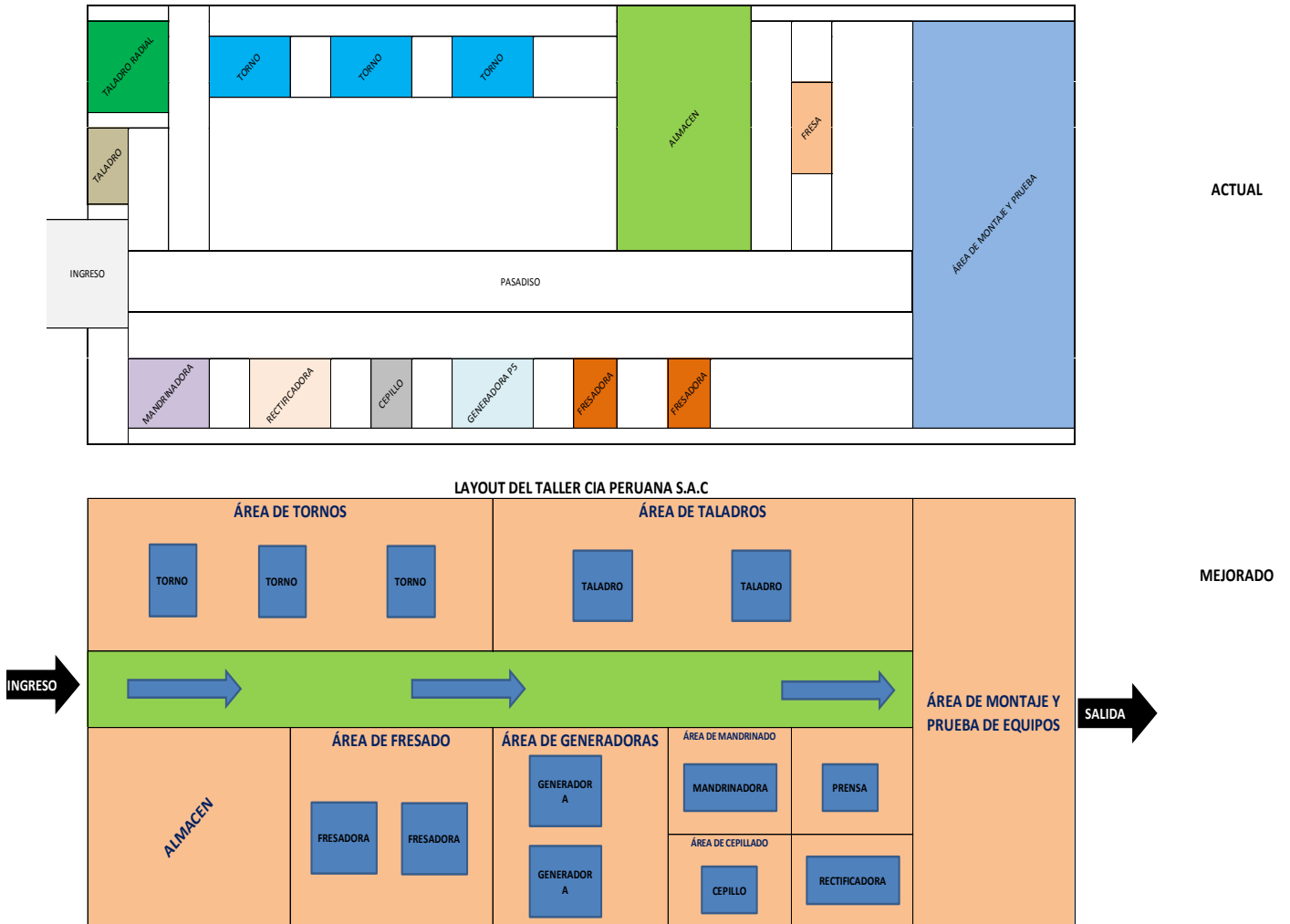
VILLASEÑOR, Alberto

2007 Manual de Lean Manufacturing. Guía Básica.

México: Editorial Limusa.

**ANEXOS**

Anexo n°. 2 Layout actual - Mejorado



*Fuente: elaboración propia.*

**ANEXO 2: Estudio económico de factibilidad**

**Análisis económico**

El análisis económico para la implementación de la mejora nos indica si disponemos del capital en efectivo o de créditos de financiamiento para invertir en el desarrollo del proyecto, por lo cual debe probarse que sus beneficios son superiores a sus costos del proyecto, tales ingresos y costos únicamente del proyecto se reflejan en el flujo de caja proyectado.

El análisis económico de factibilidad económica incluye análisis de costos y beneficios. Se incluyen el Flujo de caja del proyecto el Coeficiente Beneficio / Costo, Tasa Interna de Retorno (TIR) y finalmente Valor Neto Actual (VAN).

### **Flujo de caja**

Para determinar y evaluar la factibilidad económica del proyecto, se realizará un flujo de caja para la implementación de la propuesta donde se reflejan los egresos por concepto de las inversiones que realizará la empresa.

El flujo de caja está proyectado en un período de 6 meses, ya que se considera factible recuperar la inversión en ese transcurso de tiempo. ([Ver anexo Flujo de caja](#))

### **Coeficiente Beneficio / Costo (B/C)**

El índice ó beneficio/costo se obtiene de la suma del flujo total de los beneficios o ingresos entre la sumatoria del flujo de los costos y se determina en la siguiente formula:

$$\text{Beneficio/Costo} = \frac{\text{Flujo Total de los Ingresos}}{\text{Flujo Total de los Egresos}}$$

- Si el coeficiente BC > 1 el proyecto se considera rentable
- Si el coeficiente BC = o cercano a 1 el proyecto es postergado
- Si el coeficiente BC < 1 el proyecto no es aceptado

Calculando:

$$B/C = \frac{\text{Flujo Total de los Ingresos}}{\text{Flujo Total de los Egresos}}$$

$$B/C = \frac{13,500.93}{9,219.90} = 1.46$$

Se considera que el proyecto de mejora es rentable ya que el coeficiente  $B/C > 1$  (Ver anexo – Flujo de caja).

### **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La TIR se define como la tasa de descuento o tipo de interés que iguala a el VAN en cero. Para este caso la tasa descuento ( $r$ ) es el 10%, por ello, la TIR debe cumplir las siguientes consideraciones:

- Si  $TIR > \text{tasa de descuento } (r)$ : El proyecto es aceptable.
- Si  $TIR = r$ : El proyecto es postergado.
- Si  $TIR < \text{tasa de descuento } (r)$ : El proyecto no es aceptable.

En el cuadro de los flujos de caja, la TIR del proyecto es 31.71 %, en donde:

$(TIR = 31.71\%) > 10\%$  de la tasa de descuento de la empresa, entonces el proyecto se considera rentable. (Ver anexo – Flujo de caja)

### **Valor Actual Neto (VAN)**

Así mismo, el VAN se considera en actualizar a valor presente los futuros flujos de cajas que va generar el proyecto, en donde el VAN debe cumplir las siguientes especificaciones:

- Si  $VAN > 0$ : El proyecto es rentable.
- Si  $VAN = 0$ : El proyecto es postergado.
- Si  $VAN < 0$ : El proyecto no es rentable.

El flujo de caja, se demuestra el VAN del proyecto el cual es de S/. 7,700.03; en donde se considera el proyecto  $(VAN = 7,700.03) > 0$ , por lo tanto el proyecto es rentable. (Ver anexo – Flujo de caja).

COMPAÑÍA PERUANA DE REDUCTORES S.A.C.	FLUJO DE CAJA (ANTES) DE IMPLEMENTACION DE LA MEJORA							
	Meses							Totales
	0	1	2	3	4	5	6	
<b>1. INGRESOS</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>1.1. Ventas</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1.1. Aumento en los pedidos despachados(Ventas)	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>1.2. Supresión o eliminación de problemas</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1.2.1. Demoras en proceso y rechazos fabricación	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2.2. Demoras en el despacho de productos	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>2. EGRESOS</b>	<b>5,519.00</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>10,619.00</b>
<b>2.1. Inversiones</b>	5,519.00	850	850	850	850	850	850	10,619.00
2.1.1. Estudio del Proyecto	2,369.00	-	-	-	-	-	-	2,369.00
2.1.2. Capacitación del personal 5"5"	740	-	-	-	-	-	-	740
2.1.3. Implementación del TPM	1,480.00	-	-	-	-	-	-	1,480.00
2.1.4. Contratación de nuevos cargos		-	-	-	-	-	-	
2.1.4.1. Operario	850	850	850	850	850	850	850	5,950.00
2.1.5. Materiales		-	-	-	-	-	-	
2.1.5.1. Impresión de documentación	50	-	-	-	-	-	-	50
2.1.5.2. Artículos de oficina y otros materiales	30	-	-	-	-	-	-	30
<b>Flujo (ingresos - egresos)</b>	<b>-5,519.00</b>	<b>-850</b>	<b>-850</b>	<b>-850</b>	<b>-850</b>	<b>-850</b>	<b>-850</b>	<b>-10,619.00</b>
<b>Flujo acumulado</b>	<b>-5,519.00</b>	<b>6,369.00</b>	<b>7,219.00</b>	<b>8,069.00</b>	<b>8,919.00</b>	<b>9,769.00</b>	<b>10,619.00</b>	
Tasa de descuento 10%	1	0.909	0.826	0.751	0.683	0.621	0.564	10%

*Fuente: elaboración propia.*

COMPAÑÍA PERUANA DE REDUCTORES S.A.C.	FLUJO DE CAJA - DESPUES DE LA IMPLEMENTACION DE MEJORA							
	Meses							Totales
	0	1	2	3	4	5	6	
<b>1. INGRESOS</b>	<b>1,050.00</b>	<b>1,657.00</b>	<b>2,262.00</b>	<b>2,769.00</b>	<b>3,349.00</b>	<b>3,879.00</b>	<b>4,079.00</b>	<b>19,045.00</b>
<b>1.1. Ventas</b>								
1.1.1. Aumento en los pedidos despachados(Ventas)	1,050.00	1,250.00	1,450.00	1,650.00	1,850.00	2,050.00	2,250.00	
<b>1.2. Supresión o eliminación de problemas</b>	<b>0</b>	<b>407</b>	<b>812</b>	<b>1,119.00</b>	<b>1,499.00</b>	<b>1,829.00</b>	<b>1,829.00</b>	
1.2.1. Demoras en proceso y rechazos fabricación	0	223	445	618	840	1,012.00	1,012.00	
1.2.2. Demoras en el despacho de productos	0	184	367	501	659	817	817	
<b>2. EGRESOS</b>	<b>5,519.00</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>10,619.00</b>
<b>2.1. Inversiones</b>	<b>5,519.00</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>850</b>	<b>10,619.00</b>

2.1.1. Estudio del proyecto	2,369.00	-	-	-	-	-	-	2,369.00
2.1.2. Capacitación del personal 5"S"	740	-	-	-	-	-	-	740
2.1.3. Implementación del TPM	1,480.00	-	-	-	-	-	-	1,480.00
2.1.4. Contratación de nuevos cargos		-	-	-	-	-	-	
2.1.4.1. Operario	850	850	850	850	850	850	850	5,950.00
2.1.5. Materiales		-	-	-	-	-	-	
2.1.5.1. Impresión de documentación	50	-	-	-	-	-	-	50
2.1.5.2. Artículos de oficina y otros materiales	30	-	-	-	-	-	-	30
<b>Flujo (ingresos - egresos)</b>	<b>-4,469.00</b>	<b>807</b>	<b>1,412.00</b>	<b>1,919.00</b>	<b>2,499.00</b>	<b>3,029.00</b>	<b>3,229.00</b>	
<b>Flujo acumulado</b>	<b>-6,259.00</b>	<b>5,452.00</b>	<b>4,040.00</b>	<b>2,121.00</b>	<b>378</b>	<b>3,407.00</b>	<b>6,636.00</b>	
Tasa de descuento 10%	1	0.909	0.826	0.751	0.683	0.621	0.564	10%
<b>Costos actualizados</b>	<b>5,519.00</b>	<b>772.65</b>	<b>702.1</b>	<b>638.35</b>	<b>580.55</b>	<b>527.85</b>	<b>479.4</b>	<b>9,219.90</b>
<b>Beneficios actualizados</b>	<b>1,050.00</b>	<b>1,506.21</b>	<b>1,868.41</b>	<b>2,079.52</b>	<b>2,287.37</b>	<b>2,408.86</b>	<b>2,300.56</b>	<b>13,500.93</b>

TIR	%	31.71	Se acepta	VAN= - A +	Q1	+	Q2	.....
VAN		S/. 7,700.03	Se acepta		<u>(1+ K)<sub>1</sub></u>		<u>(1+ K)<sub>2</sub></u>	
BENEFICIO /COSTO		1.46	Se acepta					

-5519	+	4469	733.56	1166.31	1441.17	1706.82	1881.01	1821.16	13219.03
	=	55,519	+	13219.03	=	<b>7,700.03</b>			

*Fuente: elaboración propia.*