

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Aplicación de un Proceso de Mejora Continua en un
Taller Mecánico Utilizando la Técnica de Mantenimiento
Productivo Total (TPM).”

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

PATRICIO ROBERTO GALARZA ESPINOZA

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

AGRADECIMIENTO

A Dios el Ser Supremo quien estuvo conmigo a lo largo de mis años de estudio, mi familia, mi esposa y a todas las personas que hicieron posible este trabajo al Dr. Kléber Barcia y al Ing. Víctor Guadalupe por sus invaluable conocimientos de ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Dr. Kléber Barcia V.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Víctor Guadalupe E.
VOCAL PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Patricio Roberto Galarza Espinoza

RESUMEN

La empresa es un Taller Mecánico-Eléctrico que pertenece a una institución educativa, el mismo que se utiliza para dos actividades, la primera es para la parte académica con la que se imparten clases prácticas a los alumnos y la otra actividad es para dar servicios de mantenimiento al sector industrial. Esta tesis se enfoca al área de mecánica, ya que ésta representa el 85% de los ingresos del taller con respecto al área eléctrica que es el 15%.

El taller cuenta con máquinas que han sido donaciones de organizaciones de los Gobiernos de: Alemania, Bélgica e Italia, tienen más de 65 años de utilización. Estas máquinas necesitan un mantenimiento con más frecuencia de lo normal, en muchas ocasiones la producción se ha detenido forzosamente con el fin de dar mantenimiento correctivo a las máquinas, porque no existen programas de mantenimiento preventivo.

Por otro lado, el control de los tiempos se analiza en base a la experiencia del Jefe del taller y no en base a estándares de tiempo, no existe supervisión total en los procesos productivos. La comunicación entre el Jefe del taller y los operarios no es muy buena, además los operarios para desarrollar sus actividades se tienen que desplazar largas distancias de una área a otra, ocasionándose tiempos improductivos. Además la bodega de repuestos y herramientas se encuentra desorganizada, tal es así que los operarios al buscar un repuesto se demoran demasiado tiempo para encontrarlo, generándose un clima de insatisfacción por

parte de la gerencia y un incumplimiento de las fechas de entrega lo que produce malestar en el cliente y por ende una reducción de ingresos económicos.

El objetivo de esta Tesis de Grado es optimizar el proceso de producción del Eje-piñón de acero en un Taller Mecánico mediante la aplicación de la técnica Mantenimiento Productivo Total (TPM).

La metodología que se emplea es la siguiente, como primer paso se hace la descripción de la situación actual del proceso de producción del Taller por medio del mapeo de la cadena de valor para entender cómo funcionan las cosas, luego se identifican los problemas y desperdicios del proceso de producción con el propósito de dar la respectiva solución a éstos, realizándose un plan de implementación de mejoras y por último se realiza un análisis y evaluación de los Indicadores para determinar la mejora del proceso en estudio.

Luego de realizar todo el análisis correspondiente se observa un incremento aproximadamente del 100%, en la productividad de la línea de construcción de Ejes-Piñones y por ende un aumento de la cantidad de piezas producidas al mes.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS.....	XI
SIMBOLOGÍA.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.....	3
1.1 Planteamiento de Problema.....	3
1.2 Objetivos de la Tesis.....	7
1.3 Metodología Usada para el Desarrollo de la Tesis.....	8
1.4 Estructura de la Tesis.....	9

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1 Conceptos de Producción Esbelta.....	12
2.2 Conceptos de Mapeo de la Cadena de Valor (VSM).....	27
2.3 Conceptos de Mantenimiento Productivo Total.....	44

CAPÍTULO 3

CAPÍTULO 3	
3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO.....	59
3.1	

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO

3.1 Antecedentes.....	59
3.2 Descripción del Proceso.....	66
3.3 Definición de los Problemas del Proceso.....	70
3.4 Mapa de la Cadena de Valor Actual (VSM).....	87
3.5 Identificación de Desperdicios.....	90

CAPÍTULO 4

4. MEJORAS EN EL PROCESO.....	103
4.1 Implementación del Mantenimiento Productivo Total.....	103
4.2 Fase 1, Identificación de las Condiciones Actuales del Equipo....	104
4.3 Fase 2, Mejoramiento de la Vida del Equipo.....	121
4.4 Fase 3, Planear el Mantenimiento para Mantener las Condiciones del Equipo.....	135
4.5 Fase 4, Predecir la Vida del Equipo.....	139
4.6 Cronograma de Implementación.....	140
4.7 Mapa de la Cadena de Valor Final (VSM).....	141

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS ESPERADOS.....	144
5.1 Medición y Evaluación de las Mejoras.....	144
5.2 Análisis de Costo-Beneficio.....	146

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	149
6.1 Conclusiones.....	149
6.2 Recomendaciones.....	151

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

H.	Hora
Min.	Minutos
Seg.	Segundos
OEE	Eficiencia Global del Equipo
IPF	Índice de Prevención de Fallas

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
#	Número
\$	Dólar
TC	Tiempo de ciclo
TCP	Tiempo de cambio entre productos
TF	Tiempo de funcionamiento de una máquina
CPC	Tamaño del lote de producción
Np	Número de pasadas
Ar	Área de revolución
Rpm	Revoluciones por minuto
mm	Milímetro

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Metodología de la Tesis.....	8
Figura 2.1	Pasos para Identificar y Eliminar Desperdicios.....	16
Figura 2.2	Mapa de la Cadena de Valor del Estado Actual.....	30
Figura 2.3	Mapa de la Cadena de Valor del Estado Futuro.....	32
Figura 3.1	Diagrama de Pareto Ventas del 2009.....	63
Figura 3.2	Análisis % Elementos Químicos Típico del Acero SAE 7210.....	64
Figura 3.3	Ejes-Piñones Cementados.....	65
Figura 3.4	Cilindrado.....	66
Figura 3.5	Refrentado.....	67
Figura 3.6	Segado o Tronzado.....	67
Figura 3.7	Fresa.....	68
Figura 3.8	Chavetero y Chaveta.....	69
Figura 3.9	Rectificadora Planeadora.....	70
Figura 4.1	Formato para el Análisis de la Condición Actual del Equipo.....	107
Figura 4.2	Fotografías Antes de la Mejora.....	116
Figura 4.3	Causas de Fallas en el Torno.....	117
Figura 4.4	Causas de Fallas en la Fresadora.....	118
Figura 4.5	Causas de Fallas en la Rectificadora.....	119
Figura 4.6	Tablero de Herramientas.....	126
Figura 4.7	Fotografías Después de la Mejora.....	132
Figura 4.8	Fallas más Sobresalientes.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	1	Rangos de Calificación del OEE.....	55
Tabla	2	Cantidad de productos Terminados.....	75
Tabla	3	Tiempo Promedio para Producto Terminado.....	75
Tabla	4	Productos en Proceso Después de un Día de Trabajo...	76
Tabla	5	Productos Rechazados en un Día.....	77
Tabla	6	Expectativas del Taller.....	78
Tabla	7	Frecuencia de Ocurrencia de los Problemas de Producción.....	86
Tabla	8	Agrupación de Datos.....	95
Tabla	9	Porcentajes de Presencia de Desperdicios.....	97
Tabla	10	Clasificación de las Técnicas Lean.....	101
Tabla	11	Selección de la Técnica Lean	102
Tabla	12	Tiempos Estándares de Operación.....	105
Tabla	13	Tiempos Estándares por Máquina.....	106
Tabla	14	Clasificación de Anomalías (Torno).....	109
Tabla	15	Clasificación de Anomalías (Fresadora).....	110
Tabla	16	Clasificación de Anomalías (Rectificadora).....	111
Tabla	17	Hoja de Calificación del Torno.....	112
Tabla	18	Hoja de Calificación de la Fresadora.....	113
Tabla	19	Hoja de Calificación de las Rectificadora.....	114
Tabla	20	Clasificación de Anomalías en Factor de Disponibilidad.....	120
Tabla	21	Hoja de Calificación del Torno.....	122
Tabla	22	Hoja de Calificación de la Fresadora.....	123
Tabla	23	Lista de Chequeo para el Torno y la Fresadora	128
Tabla	24	Hoja de Calificación Antes y Después (Torno).....	129
Tabla	25	Hoja de Calificación Antes y Después (Fresadora).....	130
Tabla	26	Record de Oportunidades para el Torno.....	133
Tabla	27	Record de Oportunidades para la Fresadora.....	134
Tabla	28	Frecuencia de Ocurrencia de Fallas Oct./2010.....	135
Tabla	29	Comparación del OEE Antes y Después.....	139
Tabla	30	Comparación del OEE Antes y Después de la Implantación del TPM.....	145
Tabla	31	Costos de Actividades TPM.....	147
Tabla	32	Costos vs Beneficios.....	148

INTRODUCCIÓN

La presente tesis se desarrolló en uno de los Talleres Mecánico-Eléctrico muy conocido en el mercado industrial dentro de la ciudad de Guayaquil, el mismo que está dedicado a la fabricación y elaboración de piezas para el sector industrial. En el presente trabajo se realizó un diagnóstico situacional de la empresa, se pudo notar que la producción de Ejes-Piñones no fluye de manera continua sino que se ve retrasada por ineficiencias en las máquinas, mucho de los trabajos no son adecuados, los tiempos de producción son elevados. Además la comunicación entre el Jefe Producción y los operarios no es muy buena.

El Taller cuenta con más de 50 máquinas herramientas entre Tornos, Fresadoras, Taladros, Soldadoras, etc, una parte de estos equipos es para dar servicio de reparaciones y la otra para la enseñanza académica, de manera que la ubicación de estos equipos no es estratégica porque las máquinas que son para servicio de reparaciones están muy distantes unas de otras, la bodega de repuestos se encuentra desorganizada. Todo esto lleva al incumplimiento de las fechas de entrega del producto terminado y una reducción de los ingresos económicos en el Taller.

El objetivo de esta Tesis es optimizar el proceso de producción de Ejes-piñones en el Taller Mecánico mediante la aplicación de la técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Fue necesario entonces, considerar la utilización de una metodología que garantice una buena implementación con el fin de identificar causas y determinar posibles soluciones a los problemas surgidos en el proceso de producción.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.

1.1. Planteamiento del Problema

El hombre, desde los albores mismos de su existencia, siempre buscó la manera de transformar y elaborar los productos brutos de la naturaleza a fin de aprovecharlos mejor. Sus primeras armas, herramientas y utensilios de uso doméstico nacieron de este afán creador. Hoy son innumerables los objetos fabricados por él que dan mayor bienestar y seguridad a su existencia.

Todo esto, ya se trate de un simple botón de una camisa o de un tren, representa el progreso material que ha alcanzado la sociedad en la cual se vive. Constituye el fruto de la inteligencia y del trabajo del hombre que, a través de los siglos, ha venido sumando sus conocimientos y experiencias hasta formar la actual civilización.

Cuando la elaboración y transformación de los productos naturales se realiza en el hogar o en un taller, en forma individual o por un grupo reducido de individuos, constituye la actividad económica llamada artesanía. Sus herramientas e instrumentos de trabajo son tradicionales; es decir, que no han variado a través del tiempo. Así, por ejemplo, se dice que el zapatero, el carpintero, el herrero o alfarero practican la artesanía.

Cuando esta actividad se realiza en grandes establecimientos en forma organizada y con medios mecánicos, recibe el nombre de industria y constituye el aspecto más importante de la economía de los países más desarrollados.

El Sector Metalmeccánico está conformado por una gran diversidad de industrias. Abarca desde la fabricación de elementos menores hasta la de material que demanda una base tecnológica sofisticada. Es a su vez un sector de gran potencial integrador, toda vez que la producción de bienes de mayor valor agregado requiere en gran medida de partes producidas por el mismo sector así, por ejemplo, pertenecen a la metalmeccánica tanto la industria automotriz como la de la producción de autopartes de todo tipo, muchas de ellas de origen metalmeccánico.

La industria en tanto en el país como en el mundo ha pasado por una serie de etapas como consecuencia de los diferentes avances tecnológicos suscitados como la Revolución Industrial, la invención de nuevas tecnologías y herramientas para el trabajo.

Justificación del Tema

Las pequeñas y medianas industrias ecuatorianas en general, así como las de América Latina, se encuentran ante un nuevo escenario económico, en el que situaciones tales como la liberación comercial, la disminución en las actividades de regulación de la actividad económica en

ciertos sectores, la revolución tecnológica en los procesos productivos, entre otros, han provocado un clima más competitivo.

Cada una de las empresas de un determinado sector debe desarrollar mecanismos que les permitan ser proactivas para adelantarse a los cambios y adaptarse a ellos adecuadamente. El entendimiento y adaptación a la nueva dinámica competitiva requiere de una evaluación sistemática, profunda y continua del entorno y sobre todo, transformar estos resultados en productos y servicios de calidad que ofrezcan un valor agregado a los consumidores.

Un caso puntual es el sector metalmecánico ecuatoriano, la cual no se ha preparado adecuadamente para asumir este nuevo escenario económico, provocando el cierre de numerosas empresas.

Por esta razón, es creciente la importancia de varias herramientas de mejoramiento continuo que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador es la estrategia adoptada en la mayoría de países desarrollados, a diferencia de los países en vías de desarrollo donde no existe una cultura de cooperación entre empresas suficientemente desarrolladas.

Existen problemas de fondo en el proceso productivo del taller tales como: tiempos muertos, retrasos en los tiempos de entrega, productos defectuosos, etc. creando todo esto malestar en los clientes y una disminución en los ingresos.

Por esto es que se propone implementar una mejora continua al proceso, a través de la aplicación de una de las técnicas de manufactura esbelta como es el Mantenimiento Productivo Total, que básicamente sus principios se fundamentan en la eliminación de todo tipo de desperdicio y el respeto por la gente.

1.2. Objetivos de la Tesis

Los objetivos están descritos a continuación en dos grupos:

Objetivo General

Aplicación de un Proceso de Mejora Continua en un Taller Mecánico Utilizando la Técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Objetivos Específicos

- Describir la situación actual del proceso de elaboración del producto.
- Identificar los problemas y desperdicios, para llegar a las causas y consecuencias del problema.
- Implementar un plan de mejoras al proceso, que ayude a mejorar la productividad.

- Realizar un análisis de los indicadores de productividad.

1.3. Metodología Usada para el Desarrollo de la Tesis

La metodología con la que se va a desarrollar el presente proyecto de tesis, se describe a continuación en la Figura 1.1.

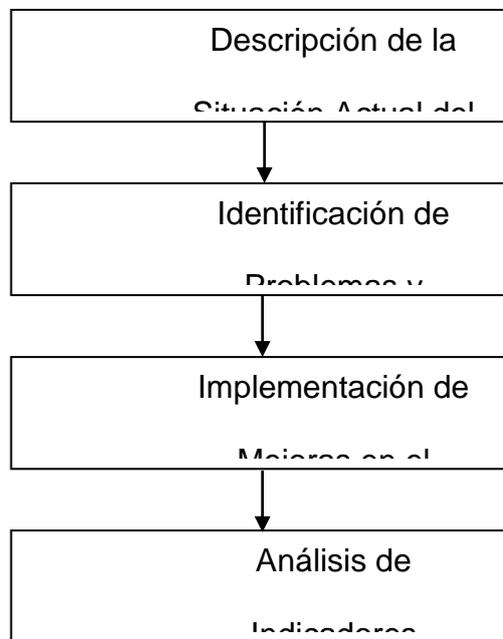


FIGURA 1.1 METODOLOGÍA DE LA TESIS

El desarrollo de ésta metodología se lleva a cabo de la siguiente manera:

Descripción de la Situación Actual del Proceso

Se analiza la situación actual del proceso a través de una reunión con el jefe del taller, se identifican fortalezas y debilidades, que darán una idea

clara para poder elaborar el diagrama de flujo del proceso y un VSM (Mapeo de la cadena de valor) paso a paso del proceso actual.

Identificación de Problemas y Desperdicios

Para identificar los problemas y desperdicios se realizan encuestas a los operarios de diferentes áreas del taller, la misma que ayuda a descubrir problemas potenciales, que luego son clasificados según el tipo de desperdicio, con el propósito de seleccionar los más críticos para ser mejorados.

Implementación de Mejoras

En esta etapa se desarrolla y se propone un plan para ser implementado con el propósito de dar solución a los problemas encontrados y nuevamente se realiza un VSM mejorado.

Análisis de Indicadores

Luego de haber aplicado la técnica de manufactura esbelta se realizan evaluaciones para medir la mejora del proceso en estudio.

1.4. Estructura de la Tesis

La Tesis consta de seis capítulos que se detallan a continuación:

Capítulo Uno: Generalidades

En este capítulo se muestran los ámbitos generales de la tesis, la justificación del trabajo de estudio, así como los objetivos general y específicos, los mismos que serán el termómetro para verificar las metas propuestas en el desarrollo de la tesis. En la metodología se describe los pasos de como se desarrollaron los objetivos específicos propuestos.

Capítulo Dos: Marco Teórico

En este capítulo se describe el sustento teórico para poder realizar este trabajo, donde se presentan algunos de los conceptos mas importantes de producción esbelta, filosofías, diagramas de flujo, y técnicas de mejoramiento continuo que se utilizan en el desarrollo de la tesis.

Capítulo Tres: Descripción de la Empresa y el Proceso

Se describe la situación actual en que se encuentra la empresa, la forma como fluye el proceso a través del uso de diagramas de flujo, así como también la identificación de los problemas y desperdicios.

Capítulo Cuatro: Mejoras en el Proceso

Se implementa la técnica más adecuada de producción esbelta que ayude a resolver los problemas potenciales encontrados, además se elabora un cronograma de implementación a través de diagramas de Gantt, y por último se desarrolla un VSM (Mapeo de la Cadena de Valor) final.

Capítulo Cinco: Resultados Esperados

Se presentan todos los resultados obtenidos durante el Desarrollo de este estudio y finalmente un análisis Costo-Beneficio respecto a la propuesta planteada.

Capítulo Seis: Conclusiones y Recomendaciones

Finalmente se presentan conclusiones sobre la aplicación de la técnica planteada de manufactura esbelta así también como los cambios implantados en el proceso y por último se dan algunas recomendaciones a futuro tanto para la empresa como para realizar estudios posteriores.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos de Producción Esbelta

Durante la primera mitad del siglo XX, la producción en masa fue la pauta a seguir por las empresas manufactureras. La producción en grandes volúmenes requería contar con extensas bodegas para almacenar enormes existencias de materia prima, componentes y producto terminado las cuales reducían el efecto de las interrupciones en el sistema de producción. Dichas interrupciones eran debido a fallas del sistema logístico, a las entregas atrasadas de los proveedores, a los materiales y productos de baja calidad y a la ineficiencia dentro del propio sistema de producción.

En los años sesenta y setenta los Japoneses identificaron, que tal como sucedía en occidente, en la industria manufacturera se iban a presentar altibajos que afectarían sus curvas de crecimiento económico e industrial. Los grandes espacios para almacenar los inventarios y la imposibilidad de responder rápidamente a cambios en las tendencias de compra, llevó a los dirigentes de los negocios a buscar metodologías para mejorar la flexibilidad de los procesos fabriles y encontrar la ventaja competitiva. Fue en esta búsqueda que la firma Toyota emerge como una filosofía

poderosa que todo negocio debía aprender. Cuando ocurre la crisis petrolera en 1973 y Toyota se destacaba por encima de las demás compañías, el gobierno japonés intenta copiar el modelo y pasarlo a las demás empresas. Las capacitaciones continúan y solo en año 1990 surge el término *producción esbelta*, citado en el libro "*The machine that changed the world*. (La máquina que cambió el mundo) [1].

¿Por qué adoptarla?

- Consideran los expertos que en solo 10 años las empresas que no la incorporen no les será posible subsistir.
- La globalización a causado una mayor competitividad en todas las actividades.
- La industria reduce constantemente márgenes de utilidad para poder permanecer en el mercado.
- Cada pequeño ahorro contribuye a mejorar la economía de la organización.
- Hay que hacer el mejor uso de todos los recursos.
- El recurso humano es el más esencial de todos.

Definición

Son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere [2].

Pensamiento Esbelto

Es una Filosofía de vida que induce a un buen régimen de relaciones humanas con la anulación de mandos, reemplazada por liderazgo donde la opinión de todos cuenta.

Características

Este sistema se distingue por los siguientes principios [2].

- Define el valor e identifica la cadena de valor para su producto.
- Elimina todos los pasos innecesarios en toda la cadena de valor.
- Crea flujo de valor: Que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
- Toda actividad es halada por el Cliente: Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.
- Persigue la perfección continuamente.
- Líder (pone el ejemplo).

Además hay que tener en mente que no hay proceso perfecto, que la flexibilidad es clave del éxito y que el éxito es progresivo.

Procedimiento

A continuación se describe mediante un gráfico cuatro pasos para identificar y eliminar desperdicios en los procesos de producción [3].

<p>PASO 1</p> <p>DEFINICIÓN DE LOS PROBLEMAS DEL PROCESO</p>	<p>1.1 Conversar con el Jefe de producción.</p> <p>1.2 Realizar medidas de referencia.</p> <p>1.3 Identificar los problemas del proceso.</p> <p>1.4 Priorizar y seleccionar problemas.</p>
<p>PASO 2</p> <p>IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS</p>	<p>2.1 Preparar entrevista.</p> <p>2.2 Entrevistar trabajadores de producción.</p> <p>2.3 Analizar datos.</p> <p>2.4 Interpretar resultados y clasificar desperdicios.</p>

<p style="text-align: center;">PASO 3</p> <p style="text-align: center;">ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS</p>	<p>3.1 Planear eliminación de desperdicios.</p> <p>3.2 Comunicar plan.</p> <p>3.3 Implementar plan.</p>
<p style="text-align: center;">PASO 4</p> <p style="text-align: center;">MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE MEJORAS</p>	<p>4.1 Realizar medidas después de mejoras.</p> <p>4.2 Comparar mediciones.</p> <p>4.3 Comunicar resultados.</p>

FIGURA 2.1 PASOS PARA IDENTIFICAR Y ELIMINAR DESPERDICIOS

Se realiza una breve síntesis de cada uno de los pasos descritos en la figura 2.1.

Paso 1. Definición de los Problemas del Proceso

Para definir problemas en el proceso de producción se debe conversar con el Jefe de producción o supervisor sobre los procesos de producción de la planta, luego se identifican los problemas del proceso y se los prioriza para ser seleccionados para su posterior análisis [3].

Paso 2. Identificación de Desperdicios

Este segundo paso analiza la parte operativa de la empresa, donde se elabora una entrevista dirigida a los operarios de producción, con el propósito de lograr identificar los diferentes desperdicios que pueden existir en el desarrollo de sus actividades, luego se analizan los datos, se interpretan los resultados y por último se clasifican los desperdicios [3].

Paso 3. Eliminación de Desperdicios

La eliminación de desperdicio en un ambiente de trabajo empieza con la planeación. Un plan es una guía para tomar futuras decisiones. Esto asegura que los procesos de producción realicen cambios sistemáticos encaminados al éxito. Sin embargo, los métodos para mejorar procesos deben ser evaluados para tomar la mejor acción. En general, un plan es un escrito de lo que se discute y acuerda durante el proceso de planeación. El plan puede ser simplemente una serie de acciones que tienen que ser claramente comunicadas [3].

Paso 4. Medición y Evaluación de Mejoras

Una vez que el proceso de producción ha sido mejorado, es tiempo de realizar nuevas mediciones, comparar estas mediciones con las anteriores y luego comunicar los resultados [3].

Beneficios

La implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que emplea diferentes herramientas. Algunos de los beneficios que genera son:

- Reducción de costos de producción.
- Reducción de inventarios.
- Reducción de tiempo de entrega.
- Mejor calidad.
- Menos mano de obra.
- Mayor eficiencia de equipo.
- Disminución de desperdicios.

Tipos de Desperdicios

Los desperdicios incrementan los costos sin aportar ningún beneficio reduciendo la competitividad en el mercado.

Existen 9 tipos de desperdicios en producción que son [3]:

- Sobreproducción.
- Inventario.
- Tiempo de Espera.
- Transporte.
- Defectos.
- Procesamiento Extra.

- Exceso de Movimientos.
- Gente Poco Utilizada.
- Materiales y Recursos Naturales.

Sobreproducción

Es hacer más de lo necesario. Es producir demás componentes, papeles, copias, llamadas telefónicas, formatos, informes que no son requeridos para su uso o venta y por lo tanto generan muy poco uso ó valor. Es una de las peores formas de desperdicio porque genera otra forma grave de desperdicio: el inventario por ejemplo es fabricar productos que no fueron ordenados, fabricar de acuerdo a la capacidad de la línea y no de acuerdo a la demanda del cliente, visitar dos veces al cliente para hacer un solo servicio [2].

Inventario

Es la acumulación de productos y/o materiales en cualquier parte del proceso, es un inventario “stock” de cualquier cosa, es especialmente dañino pues las compañías lo usan para ocultar problemas, lo que ocasiona que las personas no estén motivadas a realizar mejoras. No conforme con lo anterior el inventario genera otras formas de desperdicio como son: el tiempo de espera, el transporte, fallas y retrabajos. Por ejemplo es exceso de materia prima, material en proceso ó producto

terminado, documentos en espera de procesarse en el escritorio de alguien [2].

Tiempo de Espera

Indica el tiempo perdido entre operaciones o durante una operación, debido al material olvidado, líneas no balanceadas, errores de programación, etc.

Esperar por cualquier cosa que detenga el proceso (o dónde se detenga el trabajo) por alguien que ejecute un paso, por equipo, por información, por inventario de trabajo en fila, por una aprobación, por una copiadora, por un fax, por una computadora, por una impresora, etc. Por ejemplo sin material para producir, retraso en procesamiento de un lote, máquina descompuesta, cuellos de botella en producción, aprobación de trabajo por el cliente, etc [2].

Transporte

Se refiere a transportar el material más de lo necesario, ya sea desde un proveedor o un almacén hacia el proceso, entre proceso e incluso dentro de un mismo proceso. Temporalmente localizar o mover materiales, gente, información o papeles más allá de lo estrictamente necesario. Incluye archivar o ubicar cosas en sitios temporales. Por ejemplo largas distancias de transporte de material en proceso, transporte ineficiente, layout mal diseñado [2].

Defectos

Es producir partes defectuosas o manejar materiales de manera inadecuada. También incluye el desperdicio por volver a hacer un trabajo y pérdidas de productividad asociadas con las interrupciones en la continuidad del proceso. Afectan la capacidad del proceso, añaden costos y ponen en peligro la calidad de producto o servicio final. Por ejemplo el desperdicio, retrabajo, reemplazos en la producción, inspección [2].

Procesamiento Extra

Se genera cuando un producto o servicio se le hace más trabajo del necesario, que no es parte normal del proceso y que el cliente no está dispuesto a pagar. Esta forma de desperdicio es más difícil de identificar y eliminar. Reducirlo implica eliminar elementos innecesarios del trabajo mismo. Por ejemplo el procesamiento innecesario o incorrecto, exceso de firmas en documentos, verificaciones de los trabajos de otros, múltiples firmas de aprobación, etc [2].

Exceso de Movimientos

Se define como cualquier movimiento que no es necesario para completar de manera adecuada una operación o actividad. Cada vez que una persona se estira, inclina o gira, genera un desperdicio de movimiento, así como desplazarse para ir por material, herramientas, planos, formatos, copias, etc. Además también se considera movimientos no necesarios de

las máquinas. Un ejemplo es los movimientos humanos que no son necesarios o generan sobre esfuerzo [2].

Gente Poco Utilizada

También conocido como desperdicio de talento, que es no dar participación a la gente, no conocer los talentos de los compañeros y no poder administrar el conocimiento [2].

Materiales y Recursos Naturales

Cualquier cosa que no se pueda reciclar, volver a usar o vender. Por ejemplo el mal almacenamiento de materiales sensitivos a la temperatura, pobre mantenimiento en equipos (copiadoras), uso excesivo de agua y papel, mal uso del aire, etc [3].

Definiciones de Técnicas Lean

Es importante conocer el tipo de desperdicio ante el cual se encuentran, ya que de esta manera se podrá realizar una selección apropiada de las acciones y técnicas pertinentes y su correcta aplicación, a continuación se definen algunas técnicas lean.

5'S

Los cinco pasos para la organización del sitio del trabajo originalmente viene de 5 palabras usadas por las industrias manufacturera de Japón. Esta técnica busca lograr limpieza, organización y seguridad en el lugar de trabajo. Se la define de la siguiente manera:

Clasificar (Sort).- Realizar una clasificación interna y externa colocando etiquetas rojas en todas las partes y herramientas no necesitadas, moviéndolas a un área de almacenamiento temporal. Luego de un tiempo determinado, las partes y herramientas con etiquetas rojas son eliminadas, vendidas, enviadas a otro departamento o regaladas.

Ordenar (Set in Order).- Identificar la mejor ubicación de las partes y herramientas que se quedan en el sitio de trabajo, establecer los límites de inventario e instalar indicadores de ubicación temporal.

Limpiar (Shine).- Limpiar todo e inspeccionar las partes y herramientas limpiándolas para prevenir suciedad y contaminación.

Estandarizar (Standardize).- Crear reglas para mantener y controlar las primeras 3 S y usar control visual.

Sostener (Sustain).- Asegura el mantenimiento de las 5 S a través de la comunicación, entrenamiento y autodisciplina [3].

Almacenaje en el Punto de Uso (POUS)

Esta técnica lean establece que la ubicación de las partes, materias primas, herramientas y equipos tiene que estar lo más cerca posible del lugar en donde va a ser usada. En los procesos de producción la técnica POUS elimina el concepto de cuarto de almacenamiento, mejora la exactitud del inventario y controla y minimiza los desperdicios de transporte, procesos, recursos humanos, movimientos y esperas [3].

Trabajo en Grupo y Entrenamiento Cruzado.

Los grupos de trabajos deben tener un entrenamiento cruzado ya que son los responsables de detectar los desperdicios del proceso. Esta técnica elimina barreras departamentales y las reemplaza con equipos de funcionalidad cruzada para estudiar los diferentes problemas del proceso e inmediatamente implementar mejoras [3].

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Es una técnica sistemática que ayuda a eliminar paradas en las máquinas como factor de desperdicio. El TPM considera la inteligencia y habilidad de los operarios quienes están más familiarizados con las máquinas en el proceso [3].

Manufactura Celular.

Esta técnica ayuda a decidir la ubicación más apropiada de los equipos y maquinarias en el departamento de producción. Los beneficios de una buena distribución celular logran la reducción del inventario, trabajo en proceso, tiempo de puesta en marcha, manipulación de material, balancea el trabajo, mejora el uso de recursos humanos, mejora el control y la automatización, reduce el tiempo perdido por transporte y mejora el área de trabajo en general. La manufactura celular incluye principalmente el balanceo del trabajo relacionando el tiempo de ciclo con el tiempo takt [3].

Sistema Pull.

Otra técnica lean es mover el producto en base a la demanda del cliente (Pull). Esta técnica controla el flujo de recursos reemplazando solamente el material que se ha consumido en el proceso. El sistema Pull elimina desperdicios de manejo de almacenamiento, obsolescencia, reparación, reproducción, uso de instalaciones, usos de equipos y excesos de inventario (Inventario en proceso, inventario de producto terminado). El sistema Pull consiste en procesar lotes pequeños, inventarios bajos, mejor comunicación y administración directa. Este sistema transforma el proceso tradicional (Push) en Pull logrando que el proceso entero funcione de manera continua [3].

2.2 Conceptos de Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)

La cadena de valor es una herramienta muy poderosa que se usa para crear mapas de flujo de información y materiales que son muy útiles para los procesos de manufactura y procesos administrativos. Esta herramienta permite que las compañías mapeen desde el flujo de materiales que empieza desde la materia prima en su estado bruto y va pasando por diferentes procesos de transformación y manufactura, hasta llegar a ser un producto terminado. Se aprende a analizar el inicio de un producto hasta que éste haya terminado. Esto lleva a comenzar con un mapa de estado actual que indica en donde se encuentra un producto. Después de terminar el estado actual, continúa con el estado futuro el cual ayuda a ver hacia donde se dirige y como se va a lograr ese recorrido que se detalló en el mapa, con este proceso se eliminan costos y se reducen operaciones, cuando la materia prima va pasando por el proceso de transformación y manufactura [4].

Definición

Una cadena de valor son todas las acciones (tanto de valor agregado como de no valor agregado) que se requiere para llevar un producto a través de los canales esenciales para hacer que, el producto fluya desde

la materia prima hasta las manos del cliente y que se diseñe el flujo desde su concepto hasta su lanzamiento.

Valor agregado

Son todas aquellas operaciones que transforman el producto.

Valor no agregado

Son todas aquellas operaciones donde la materia prima no sufre alguna transformación [5].

Características

A continuación se presenta una descripción de lo que busca el Mapeo de la Cadena de Valor [5].

- Producir de acuerdo al “TAKT TIME” (Ritmo de Producción).
- Desarrollar un flujo continuo donde sea posible.
- Usar “SUPER MERCARDO” para controlar la producción donde no se pueda aplicar un flujo continuo.
- Tratar de enviar al cliente un programa para un solo proceso de producción.
- Distribuir la producción de los diferentes productos en una igual cantidad sobre el tiempo de trabajo del ritmo de producción del proceso (Nivele la mezcla de la producción).

- Desarrollar un “PULL INICIAL” liberando y retirando pequeños incrementos de trabajo en el ritmo de producción del proceso. (Nivele el volumen de producción).
- Desarrollar la habilidad de hacer cada parte todo los días (Después de cada turno, Después de cada hora, Después de cada tarima, etc.).

Procedimiento

Los pasos para elaborar un mapeo de la cadena de valor del estado actual son los siguientes [4]:

- 1) Dibuje el icono del proveedor, cliente y control de producción.
- 2) Coloque los requerimientos por día y por mes.
- 3) Colocar la producción diaria y sus requerimientos.
- 4) Dibuje el icono del envió que sale al cliente y anote la frecuencia de entrega.
- 5) Dibuje el icono de la entrega al proveedor y anote la frecuencia de entrega.
- 6) Agregar los iconos del proceso de izquierda a derecha.
- 7) Agregar los iconos de información abajo de cada proceso.
- 8) Agregar los iconos de comunicación e información y frecuencia en que se ejecuta.
- 9) Obtener la información del proceso y agregarla en la caja de texto correspondiente.
- 10) Agregar iconos y cantidad de operadores.

- 11) Agregar iconos de inventarios y días.
- 12) Agregar iconos de empuje y PEPS (Primero en entrar, primero en salir).
- 13) Agregar alguna otra información que sea útil al proceso.
- 14) Agregar las horas del proceso.
- 15) Revisar los ciclos del proceso esbelto.
- 16) Calcule el tiempo de ciclo total y los días requeridos.

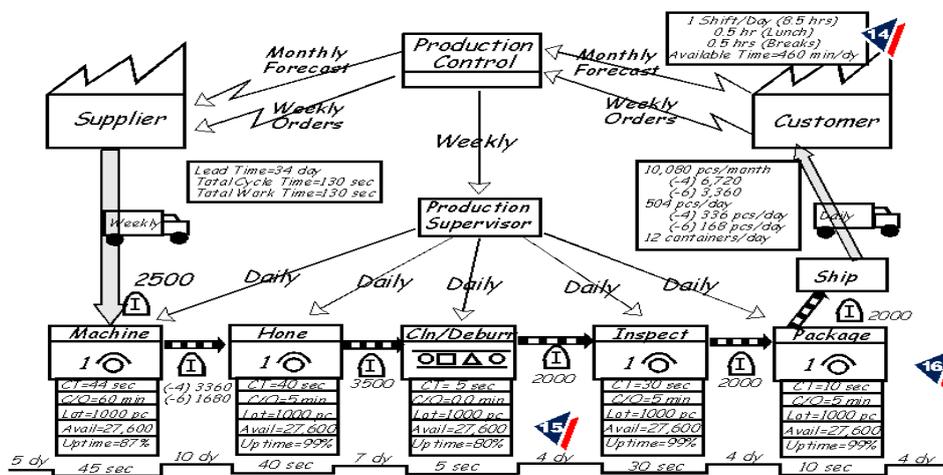


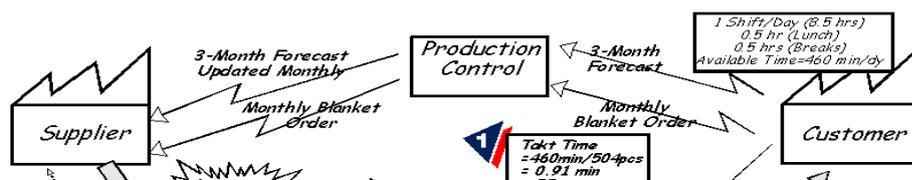
FIGURA 2.2 MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE “ESTADO ACTUAL”

Una vez bosquejado todo el mapa de estado actual, se procede a analizar todos los puntos anotados, para generar mejoras que ofrezcan a la empresa una reducción en tiempos de procesos o entrega de los productos, pero lo más importante, es disminuir o erradicar los desperdicios que hacen más lento el proceso y generan pérdidas de todo tipo a la empresa; con esto se está generando un mapeo de la cadena de

valor del estado futuro. Se llama futuro, porque es como en un futuro se desea que esté la empresa con los cambios aplicados [4].

Para elaborar un mapa de la cadena de valor del estado futuro se procede a realizar los siguientes pasos [4]:

- a. Primero se obtiene el Takt time para determinar el tiempo necesario para la fabricación de una pieza.
- b. Se identifican los cuellos de botella de las máquinas para poder efficientizar las mismas.
- c. Se anota la mejora donde se redujo la cantidad de operaciones y por consiguiente el nivel de inventario en proceso, determinando el tamaño del lote requerido.
- d. Identifique las estaciones de trabajo potenciales, caso necesario, se determina el uso de celdas de trabajo para efficientizar el mismo.
- e. Determine las situaciones del KANBAN. Se utiliza un supermercado al inicio del proceso en la recepción de la materia prima con la finalidad de disminuir los días de inventario.
- f. Establezca los métodos de planificación. Se anotan los nuevos datos arrojados en la aplicación de la mejora, en la caja de datos para realizar la operación en menor tiempo posible, mejor balanceo de operación y disminuir el personal operario.
- g. Se obtiene el nuevo tiempo de producción y tiempo de valor no agregado. En la parte inferior de la hoja se anotan los nuevos tiempos



de valor agregado y valor no agregado, donde se visualiza que mejoró de acuerdo a la situación anterior.

FIGURA 2.3 MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE “ESTADO FUTURO”

La simbología que se utiliza en el mapeo de cadena de valor no son estándares y hay muchas variaciones. Se crean de acuerdo a las necesidades de cada mapeo o empresa. Allí, su utilización si es estándar para que todos los que las utilicen o vean tenga el mismo patrón y las vean desde un mismo punto de vista. Los símbolos que se van a utilizar en esta tesis son los siguientes [4]:

Simbologías de Proceso

A continuación se presentan y se describen los diferentes iconos de proceso que se ubicarán en el mapa de la cadena de valor:

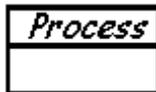
Cliente / Proveedor



Este ícono representa al proveedor y se coloca dentro del recuadro del mapeo, en la parte superior del lado izquierdo y el cliente está

representado también por este icono, pero éste se coloca en la parte superior en el lado derecho, representando o indicando el flujo de información.

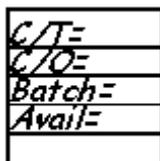
Caja de Procesos



Este icono es un proceso, operación, máquina o departamento, a través del cual fluye el material.

En caso de que se enlace con varias conexiones de estaciones de trabajo, aun cuando algunos WIP (Trabajo en proceso) inventario se acumula en medio de máquinas (o estaciones), la línea entera demostraría que es una sola caja.

Caja de Datos



Este icono se coloca abajo de la operación a realizar y contiene información importante y/o datos requeridos para el análisis y la aplicación del método. La información básica que se coloca en una caja de datos,

corresponde al ciclo de producción, lote de producción, la disponibilidad de la máquina, etc.

Celda de Trabajo

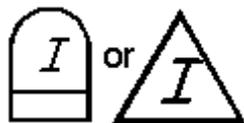


Este icono indica que múltiples procesos están adentro de una celda de trabajo. Tales celdas usualmente procesan productos limitados de familias o en caso un solo producto.

Simbologías de los Materiales

A continuación se presentan y se describen los diferentes iconos de materiales que se ubicaran en el mapa de la cadena de valor:

Inventario



Estos iconos demuestran inventario en medio de dos procesos. En el mapeo de los estados actuales, la cantidad de inventario puede ser aproximada o exacta, y esto se anota abajo del triángulo. Este icono también representa almacenamiento para materias primas y productos terminados.

Cargamentos o Fletes de Transportes



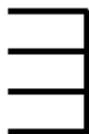
Este icono representa movimiento de materias primas desde los proveedores hasta el lugar de la fábrica, o el movimiento de embarques de productos terminados desde la fábrica hasta el cliente.

De Empuje Flecha



Este icono representa el " empuje " de material de una operación a otra o de un proceso al siguiente.

Supermercado



Esto es un inventario " supermercado " (kanban stockpoint). Es un inventario pequeño y disponible para cuando el cliente solicita algunos productos, se puede tomar de allí y automáticamente se genera una tarjeta de fabricación para reposición del material tomado del

supermercado. Un supermercado reduce sobreproducción y abate el inventario innecesario.

Jalar Material



Los supermercados se conectan con estos iconos y significa que el proceso siguiente “jala” a que el anterior trabaje para reposición de la cantidad jalada por el proceso posterior.

Línea de PEPS



Primeras Entradas, Primeras Salidas de inventario. Se usa este icono cuando los procesos se conectan con un PEPS método que limita la introducción de información. El producto que primero se fabrica o elabora es el que primero se va a enviar a su siguiente operación o embarque.

Cargamento Externo

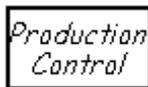


Se refiere al transporte, ya sea de servicio al cliente o bien del transporte del surtimiento de la materia prima a la empresa o fábrica.

Simbologías de Información

A continuación se presentan y se describen los diferentes iconos de información que se ubicarán en el mapa de la cadena de valor:

Control de Producción



Este icono señala que aquí existe un departamento de control de producción, del cual va a partir la información requerida para iniciar la fabricación de un producto.

Embarque Diario



Este icono señala que se proporciona información manual para la elaboración de productos, generalmente se enfoca en las órdenes de trabajo.

Información Mensual



Este icono en forma de rayo, significa que se está proporcionando información mensual vía electrónica, la cual va a determinar la cantidad de fabricación o respuesta de la empresa.

Producción Kanban



Este icono envía la señal para producción de un determinado número de partes.

Retirada Kanban



Este icono ilustra que un material se va a retirar hacia un supermercado, el cual envía una señal para que la operación anterior proceda a fabricar la cantidad de piezas retiradas.

Señales Kanban



Este icono señala el inventario que esta nivelado dentro de cada supermercado en medio de dos procesos.

Tarjeta Kanban



Es un icono en el cual se señala la cantidad a recoger. Con frecuencia se utilizan dos tarjetas, para el intercambio de retiro y ordenar producción.

Secuencia de Jalar



Este icono representa el retirar material de preferencias subensambles, para producir un determinado número de productos o artículos.

Balaneo de Cargas



Este icono es la herramienta que se utiliza en los kanban para nivelar la producción.

MRP/ERP

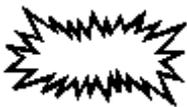


Este icono determina la utilización de los diferentes métodos para ordenar la programación de la producción requerida por el cliente u otros métodos centralizados.

Simbologías Generales

A continuación se presentan y se describen los diferentes iconos generales que se ubicaran en el mapa de la cadena de valor:

Mejora



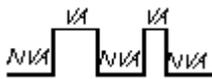
Este icono se emplea generalmente en el mapeo de la cadena de valor futura, ya que en él, se aplican las mejoras del proceso.

Operario



Con este símbolo se representa al personal operario en cada estación. Cuando en el proceso o estación se van a emplear a más de un operario, este se representa con un número adicional a la figura.

Valor Agregado y No Valor Agregado



Después del mapeo, en la parte inferior del mismo, se plasman los tiempos de cada operación, así como los de inventario. Los tiempos anotados en la parte superior de la cresta del icono se refieren a los tiempos de valor agregado; o sea son los tiempos en los cuales se realiza la transformación al producto. Los tiempos que se anotan en la parte inferior, corresponden a los que no generan valor agregado al producto (tiempos de espera).

Beneficios

Los beneficios que brinda el mapeo de la cadena de valor son los siguientes [4]:

- Se puede visualizar el flujo que va siguiendo la cadena de valor.
- Todos los productos se ven desde una perspectiva más amplia y abierta.

- Dibujas tu flujo de información y materiales, basado en tu cadena de valor inicial.
- Ayuda a formar y hacer tu mapa de estado futuro de la cadena de valor.
- Resalta las actividades necesarias para lograr el mapa de estado futuro.

Limitaciones

Las limitaciones del mapeo de la cadena de valor son las que se presentan a continuación [5]:

- Aspectos no técnicos de Lean.
- Definiciones confusas.
- Alta variedad de situaciones.
- La simbología afecta el pensamiento.
- Entrenamiento.
- Otras técnicas para el mapeo.

2.3 Conceptos de Mantenimiento Productivo Total

Descripción

En general se puede decir que los buenos hábitos de mantenimiento conducen a identificar los problemas con rapidez y prevenirlos. Se facilita el desplazamiento de piezas y materiales, y se reduce el peligro de

lesiones en los trabajadores. Puede ahorrarse tiempo si se organizan las herramientas de modo que las más usadas estén siempre a mano. Si las herramientas están bien organizadas, es fácil descubrir la falta de alguna. Estos principios de mantenimiento pueden resumirse como [6]:

- Un lugar para cada objeto.
- Cada objeto en su lugar.
- Cada objeto bien visible y
- Cada uno debe involucrarse en el aseo, la inspección de daños y la anticipación de problemas.

La clave del mantenimiento es que debe ser responsabilidad de los trabajadores de la planta y sus supervisores inmediatos, quienes deben tener gran influencia sobre dicho mantenimiento. De estos conceptos fundamentales se desprende la idea de mantenimiento productivo total.

El objetivo final del TPM es lograr llevar a la organización al cero defecto, cero desperdicio y en consecuencia a un bajo costo.

Evolución del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El origen del término "Mantenimiento Productivo Total" (TPM) se ha discutido en diversos escenarios. Mientras algunos afirman que fue iniciado por los manufactureros americanos hace más de cuarenta años, otros lo asocian al plan que se usaba en la planta "*Nippodenso*", una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón a fines de los

años sesentas. *Seiichi Nakajima* un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta, (JIPM, *Japan Institute for Plant Maintenance*), recibe el crédito de haber definido los conceptos del TPM en el año 1971 y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón [7].

Definición de Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El mantenimiento productivo total es el sistema Japonés de mantenimiento industrial; la letra "M" representa acciones de *management* y mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. La letra "P" está vinculada a la palabra "productivo" o "productividad" de equipos pero se ha considerado que se puede asociar a un término con una visión más amplia como "perfeccionamiento". La letra "T" de la palabra "total" se interpreta como "*Todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa*" [7].

Una definición adecuada para el mantenimiento productivo total es: "*sistema intensivo de personas a bajo costo para maximizar la efectividad del equipo al comprometer a toda la compañía en un programa de mantenimiento preventivo*" [7].

Es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la

empresa "El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos".

Pilares del TPM

Los procesos fundamentales han sido llamados por el JIPM como “*pilares*”. Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son [6]:

Mejoras Enfocadas o *Kobetsu Kaizen*. Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto de maximizar la efectividad global de equipos procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales que emplean metodologías específicas y centran su atención en la eliminación de cualquiera de las seis mayores pérdidas existentes en las plantas industriales.

Mantenimiento Autónomo o *Jishu Hozen*. Una de las actividades del sistema TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de la productividad. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipo a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación,

conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden.

Mantenimiento Planificado. El objetivo del mantenimiento planificado es el de eliminar los problemas del equipo a través de acciones de mejora, prevención y predicción.

Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnología de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

Mantenimiento de Calidad o *Hinshitsu Hozen*. Esta clase de mantenimiento tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tiene directo impacto en las características de calidad del producto.

Gestión Temprana de Equipos. Son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la etapa de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costes de mantenimiento durante su explotación. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que

posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías.

Capacitación y Entrenamiento. Las habilidades tienen que ver con la correcta formación de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. El TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades [6]:

- Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- Comprender el funcionamiento de los equipos.
- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- Poder de analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
- Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.

TPM en Áreas Administrativas. Los departamentos administrativos y de apoyo juegan un papel importante como soporte de la producción.

Relación entre Pilares. Los procesos fundamentales o “pilares” del TPM se deben combinar durante el proceso de implantación, debe existir una cierta lógica para la implantación del TPM en la empresa y esta dependerá del grado de desarrollo que la compañía posea en su función productiva y de mantenimiento en relación a cada uno de los procesos fundamentales, a continuación en la Figura 2.4 se presentan los pilares del TPM [6].

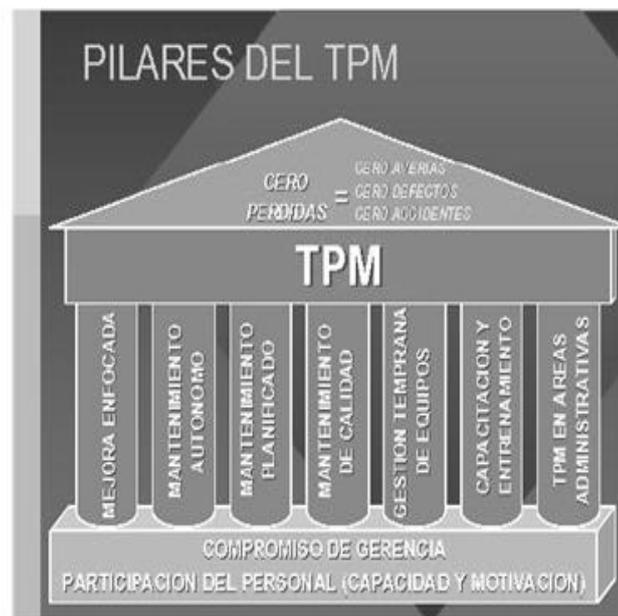


FIGURA 2.4 PILARES DEL TPM

Ventajas y Desventajas

A continuación se enumeran algunos de los beneficios tangibles del TPM.

- Aumento de la productividad neta.
- Descenso del número de averías súbitas.
- Descenso de tasa de defectos del proceso.
- Descenso de reclamaciones de clientes.
- Reducción de costes de producción.
- Aumento de las sugerencias de mejora de 5 a 10 veces más que antes.
- Reducción de accidentes.

Beneficios Intangibles

- Logro de autogestión plena, los operarios asumen la responsabilidad del equipo.
- Se eliminan averías y defectos y se infunde confianza en “puedo hacerlo”.
- Los lugares antes sucios y grasientos son ahora brillantes, limpios y vivos.
- Se ofrece una mejor imagen a los visitantes y clientes.

Las desventajas que presenta en su implementación el TPM son:

- El proceso de implantación toma de 3 a 5 años.

- La formación y capacitación a todos los empleados de la organización es costosa.
- Se requiere de un cambio de cultura en toda la organización para tener éxito.
- No puede ser introducido por imposición, sino a través de convencer a toda la organización de que es un beneficio.

Eficiencia Total del Equipo

Uno de los indicadores de la metodología TPM es el OEE, por sus siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness), Eficiencia Total del Equipo [9].

Tener un OEE de, por ejemplo, el 40%, significa que de cada 100 piezas buenas que la máquina podría haber producido, sólo ha producido 40.

Con el análisis del OEE, es posible saber si lo que falta hasta el 100% se ha perdido por disponibilidad (la maquinaria estuvo cierto tiempo parada), eficiencia (la maquinaria estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o calidad (se han producido unidades defectuosas).

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

El OEE es la mejor medida disponible para optimizar los procesos de fabricación, se deben multiplicar los tres factores antes mencionados, a continuación se detalla como calcularlo.

$$\text{OEE} = F * J * L * 100 \quad (\text{Eficiencia Global del Equipo})$$

Índice de Disponibilidad

A = Tiempo Total (min).

B = Tiempo de Paros Planeados (min).

C = A – B Tiempo Disponible (min).

D = Tiempo de Paros no Planeados (min).

E = Tiempo de Operación (min).

F = E/C Índice de Disponibilidad.

Índice de Rendimiento

K = Unidades Defectuosas.

UB = Unidades Buenas.

G = UB+ K Producción Total (und.).

H = Producción Técnica (min/und).

I = E / H Producción Técnica en Unidades.

J = G / I Índice de Rendimiento.

Índice de Calidad

K = Producción Rechazada en Unidades.

$L = (G - K) / G$ Índice de Calidad.

Calificación OEE

La Tabla 1 ilustra los diferentes rangos en que pueden estar los equipos medidos a través del OEE.

TABLA 1

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL OEE

Valor OEE	Calificación
OEE < 65 %	Inaceptable
65% < OEE < 75%	Regular
75% < OEE < 85%	Aceptable
85% < OEE < 95%	Buena
OEE > 95%	Excelente

Implementación del TPM

El TPM se implanta normalmente en cuatro Fases las mismas que deben ser elaborados cuidadosamente [8].

FASE 1

IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL EQUIPO

El TPM se promueve a través de una estructura de pequeños grupos en cada nivel que se encargan de analizar las condiciones actuales de los equipos u otros problemas en toda la organización. En esta etapa los grupos descubren y analizan los problemas para luego darles la mejor solución.

FASE 2

MEJORAMIENTO DE LA VIDA DEL EQUIPO

Para formular un plan maestro de implantación, hay primero que decidir las actividades a poner en práctica para lograr los objetivos, en base a las cuatro actividades básicas del TPM.

➤ *Mejoramiento de la Efectividad del Equipo.*

Se realizan cálculos con uno de los indicadores del TPM, el OEE, para determinar la efectividad de los equipos, y a partir de esto proponer las mejoras necesarias.

➤ *Establecimiento del Mantenimiento Autónomo.*

Se establecen claramente las actividades a seguir por el departamento de producción y mantenimiento.

➤ *Aseguramiento de la Calidad de los Productos.*

Una de las formas para asegurar la calidad de los productos es tener los equipos siempre en condiciones óptimas de operación, esto se logra a través de una aplicación consciente del TPM en toda la organización.

➤ *Capacitación y Entrenamiento.*

La alta dirección debe estar consciente que la capacitación juega un papel primordial para el mejor manejo de los equipos o de las instalaciones.

FASE 3

PLANEAR EL MANTENIMIENTO PARA MANTENER LAS CONDICIONES DEL EQUIPO

Con el propósito de mantener a los equipos en su condición óptima el departamento de mantenimiento debe planificar junto con el departamento de producción el mantenimiento de los equipos.

Los operarios del departamento de producción deben de quitarse de su mente el “Yo produzco y Tú reparas”, sino que deben de realizar tareas de mantenimiento básicas, esto debe ser apoyado desde la alta dirección.

La carga de mantenimiento se reduce cuando los operarios se encargan de las actividades de rutina en los equipos, esto aporta para que los del departamento de mantenimiento puedan planificar mejor sus actividades.

Además se debe promover el entrenamiento para el departamento de producción y mantenimiento de acuerdo a las necesidades particulares de cada organización. Esta inversión permitirá que los trabajadores gestionen adecuadamente los equipos.

FASE 4

PREDECIR LA VIDA DEL EQUIPO

A partir del concepto de anticiparse al futuro, se han creado nuevas disciplinas en mantenimiento que buscan protocolizarse y normalizarse dentro de un esquema denominado Mantenimiento Basado en la Confiabilidad, este tipo de mantenimiento genera una información muy valiosa a través de la aplicación de técnicas que predicen la vida de los equipos con el fin de disminuir las paradas no programadas.

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO

3.1 Antecedentes

El taller mecánico en estudio se encuentra en el sector sur de la ciudad de Guayaquil, tiene aproximadamente 30 años dando servicio de construcción y elaboración de piezas a la industria privada y pública, cuenta con un área de 855 m² de construcción, con 8 operarios en taller y 2 administrativos.

Desde su fundación el taller mecánico su misión principal fue dedicada a la docencia de estudiantes de ciclos superiores de una institución de educación media, ya que este se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de un colegio fiscomisional, que es dirigido por la comunidad salesiana, es decir que el taller brinda dos tipos de servicios: docencia y construir piezas para el área de mantenimiento al sector privado.

El taller mecánico se ha equipado a través de donaciones de países extranjeros y actualmente cuenta con los siguientes equipos y máquinas herramientas:

Máquinas Convencionales

- 15 Tornos paralelos
 - Distancia entre punto 1000 - 2000 mm.
 - Volteo 350 - 850 mm.
- 10 Fresadoras:
 - 9 Universales
 - 1 de torreta con visualizador digital y mesa de 850 x 1310
- 1 Limadora: Carrera 500 mm.
- 1 Electroerosionadora por electrodo:
 - Mesa 600 x 300 mm. y amperaje hasta 30^a.
- 1 Creadora de Engranaje :
 - Juegos de fresa madre del 1 a 6 módulo.
 - Para engranajes: hasta diámetro 400m.
- 1 Rectificadora cilíndrica interior – exterior
 - Para diámetros hasta 120 y longitud 400 mm.
- 1 Rectificadora hidráulica plana:
 - Mesa de 300 x 500 mm
- 1 Afiladora de cuchillas
 - Mesa de 400mm y longitud 600 mm.

- 10 Soldadoras eléctricas de arco
- 4 Soldadoras arco continuo
- 4 Equipos de Soldaduras autógena
- 2 Máquinas de soldar MIG con argón
- 2 Máquinas de soldar TIG
- 1 Cortadora de plasma
- 1 Pantógrafo para plasma y oxi – acetileno
- 1 Máquina dobladora de plancha hasta 2,5mm x 2440 mm
- 1 Cizalla de corte eléctrica hasta 2mm x 2440 mm
- 2 Troqueladoras (de 25 toneladas y 8 toneladas)
- 1 Prensa Hidráulica (de 30 tonelada)
- 1 Máquina CNC Horizontal
 - Volteo 450mm
 - Distancia entre punto 150mm
- 1 Máquina CNC Vertical
 - Mesa 1000x450
- 1 Electroerosionadora por hilo
 - Mesa de 1000 x 600 x 500mm

Los productos que más se fabrican según su orden en el taller mecánico son los siguientes:

- Eje-Piñón
- Rueda Dentada
- Ejes
- Otros

De acuerdo al historial estadístico que se obtuvo del año 2009, el producto que más se elaboró fue el Eje-piñón con \$76.933 con 42/100, seguido de las Ruedas Dentadas, Ejes y Otros productos de diferentes formas de mecanizados que no son repetitivos como se puede observar en la Figura 3.1

El ingreso mensual promedio del Eje-Piñón es de \$ 6.411 con 12/100, cada unidad tiene un costo de \$ 192,00. El mercado industrial demanda de éste producto 60 unidades por mes, ver ANEXO 1.

El taller trabaja un solo turno de 8 horas de lunes a viernes, en la desde las 7H30 a 13H00, en la tarde de 14H00 a 16H30 y sábados de 7H30 a 12H00.

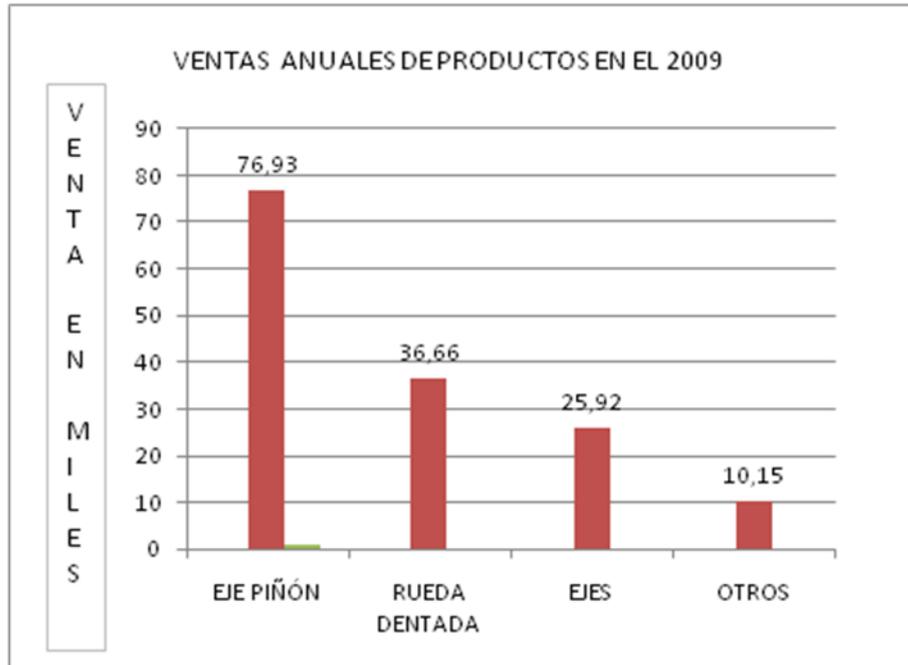


FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE PARETO VENTAS 2009

Justificación del Producto

Según investigaciones y visitas que se realizaron a los clientes que utilizan en sus equipos esta pieza, se determinó que los Ejes-Piñones sirven para cajas reductoras de velocidad con una potencia de 10HP, de marca NORD. Las que utilizan las empresas criadoras de tilapia, camarón y otras, con el fin de oxigenar el agua de las piscinas.

Existe una gran demanda en el medio de éste producto debido a que estas cajas reductoras trabajan 24 horas al día y los 365 días del año.

Descripción del Producto

Los Ejes-piñones son contruidos en acero SAE 7210, este es un acero utilizado para cementación, debido a que su núcleo es de alta resistencia.

Se utiliza para casos donde se requiere alta dureza y resistencia al desgaste superficial, combinado con buena tenacidad del núcleo.

El acero SAE 7210 tiene un grano fino tratado, del cual se aprovecha tenacidad y seguridad en el temple directo.

Se suministra con una buena dureza natural, dando óptima maquinabilidad, a continuación se presenta los porcentajes de composición química del acero SAE 7210, Figura 3.2.

ACERO	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
SAE 7210	0.15	0.25	0.90	0.80	1.20	0.10

**FIGURA 3.2 ANÁLISIS % ELEMENTOS QUÍMICOS TÍPICOS
DEL ACERO SAE 7210**

Luego que se ha construido el Eje-Piñón en su parte de mecanizado mecánico se lo envía al proceso de cementación para que las piezas adquieran mucha tenacidad y ductibilidad en el núcleo.

La Cementación consiste básicamente en Carburizar (Adherir carbono) a la pieza calentándola dentro de un ambiente rico en carbono para que este se adhiera a la superficie de la pieza.

Una vez realizada la carburización se procede a templar y revenir el acero adquiriendo este la mayor dureza en la parte superficial en donde se encuentra el mayor contenido de carbono.

En la Figura 3.3 se puede apreciar Ejes-piñones ya cementados y rectificadas.



FIGURA 3.3 EJES-PIÑONES CEMENTADOS

3.2 Descripción del Proceso

A continuación se describe teóricamente cada uno de las operaciones en la fabricación de Ejes-Piñones.

Cilindrado

Se cilindra cuando se produce una superficie exterior de revolución por desplazamiento de una herramienta, paralelamente a la línea determinada por los puntos del torno como se muestra en la Figura 3.4.

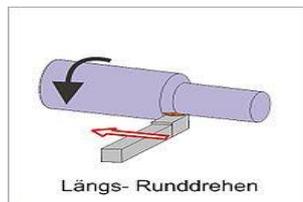


FIGURA 3.4 CILINDRADO

Refrentado

Refrentar una pieza es producir una superficie exterior que sea plana por desplazamiento de una herramienta especial perpendicularmente al eje del torno, formando un ángulo de 90° con las generatrices del cuerpo de revolución como se muestra en la Figura 3.5.

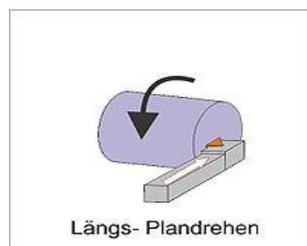


FIGURA 3.5 REFRENTADO

Segado o Tronzado

Se llama segado o tronzado a la operación de torneado que se realiza cuando se trabaja con barra y al finalizar el mecanizado de la pieza es necesario cortar la barra para separar la pieza de la misma. Para esta operación se utilizan herramientas muy estrechas con un saliente de acuerdo al diámetro que tenga la barra y permita con el carro transversal llegar al centro de la barra. Es una operación muy común en tornos revólver y automáticos, ver Figura 3.6.

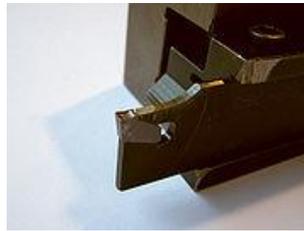


FIGURA 3.6 SEGADO O TRONZADO

Fresado

El fresado consiste principalmente en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que ejecuta movimientos de

avance programados de la mesa de trabajo en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza, en la Figura 3.7 se muestra una fresa.



FIGURA 3.7 FRESA

Porta Chaveta

Se utilizan fresas cilíndricas con mango, que pueden cortar tanto en dirección perpendicular a su eje como paralela a este, a continuación se presenta una pieza ya construida su chaveta y chavetero como se indica en la Figura 3.8.

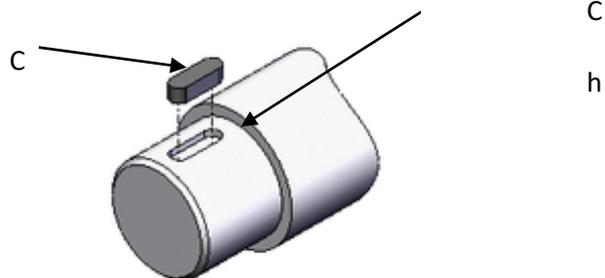


FIGURA 3.8 CHAVETERO Y CHAVETA

Tratamiento Térmico del Acero

Este proceso de tratamiento térmico es tercerizado, en vista de que el taller no cuenta con las máquinas para realizar este proceso. El tratamiento térmico en el material es uno de los pasos fundamentales para que pueda alcanzar las propiedades mecánicas para las cuales está creado.

Rectificado

La rectificadora es una máquina herramienta, utilizada para conseguir mecanizados de precisión tanto en dimensiones como en acabado superficial, a veces a una operación de rectificado le sigue otra de pulido. Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante tratamiento térmico, utilizando para ello discos abrasivos robustos, llamados muelas.

Las partes de las piezas que se someten a rectificado han sido mecanizadas previamente en otras máquinas herramientas antes de ser endurecidas por tratamiento térmico y se ha dejado solamente un pequeño excedente de material para que la rectificadora lo pueda eliminar con facilidad y precisión, a continuación se presenta una rectificadora planeadora Figura 3.9.



FIGURA 3.9 RECTIFICADORA PLANEADORA

Seguidamente se definen los problemas de mayor afectación en el taller mecánico, para luego determinar los diferentes tipos de desperdicios que existen en la elaboración de ejes piñones.

3.3 Definición de los Problemas del Proceso

Con el fin de identificar los diferentes problemas dentro del taller mecánico se realiza una entrevista al Jefe del Taller, la misma que dura aproximadamente cincuenta minutos, para esta entrevista se elabora un banco de preguntas relacionadas con el proceso de producción, cultura y tecnología, ver ANEXO 2.

Durante la entrevista con el Jefe del taller se obtuvo información de primera fuente sobre problemas internos que atraviesa el taller, los cuales están clasificados más adelante, y además se constató estos problemas a través de la observación.

A continuación se explican cada una de las respuestas que proporciona el Jefe del Taller a la encuesta, la misma que se detalla en el ANEXO 2.

1. *¿Cómo es el proceso de producción?*

El proceso de producción se lo realiza en nueve etapas, donde se utilizan equipos de mecanizado como: Cortadora Semiautomática, Torno, Fresadora y Rectificadora.

2. *¿Quién toma la decisión en el proceso de producción?*

El Jefe del taller toma la decisión después de llegar a un consenso con el personal, pero el jefe frecuentemente no se encuentra en el taller porque tiene demasiadas responsabilidades, lo cual muchas veces paraliza el proceso producción.

3. *¿Existe flujo de información en el ambiente de trabajo?*

El flujo de información entre el Jefe del Taller y operarios es pobre, porque el Jefe del Taller tiene otras responsabilidades que son parte de la institución educativa y no son parte del Taller.

4. *¿Están siendo correctamente utilizados los trabajadores de planta?*

Los trabajadores no están siendo utilizados correctamente porque no se optimiza el tiempo disponible de trabajo en cada una de sus actividades asignadas.

5. *¿Tiene algún problema con la obtención o el uso de las herramientas de trabajo?*

Los operarios para obtener las herramientas se demoran más de lo normal porque encuentran en desorden la Bodega de Repuestos y Herramientas.

6. *¿Cómo fluye el trabajo a través de las áreas de producción?*

A través de las áreas de producción el trabajo fluye de forma lenta porque las máquinas **para este proceso** se encuentran muy distantes, haciendo que el operario haga recorridos excesivo.

7. *¿Qué tan bien balanceada esta la línea de producción?*

La línea de producción en estudio no está balanceada, porque los tiempos de ciclos de producción de cada estación de trabajo se encuentran entre sí desfasadas.

8. *¿Existen unidades esperando a ser procesadas en la línea de producción?*

Si existen varias unidades esperando a ser procesadas, ya que en cada estación de trabajo se tiene que terminar las unidades que indica el pedido para pasar todas a la siguiente estación de trabajo y también cuando entra algún otro producto diferente de emergencia.

9. *¿Cree que el tiempo de puesta a punto de las máquinas es un problema?*

Si es un problema el tiempo de puesta a punto de las máquinas porque no existe todo el herramental en cada estación de trabajo de manera que los operarios tienen que ir a buscar el herramental faltante a las otras estaciones de trabajo.

10. *¿La parada no programada de máquina es un problema?*

La parada de máquina si es un problema, porque incrementa el tiempo de entrega del producto, aunque se pueda utilizar otras máquinas pero éstas son lentas. Además no cuentan con un programa de mantenimiento preventivo.

11. *¿Todo el personal usa las mismas políticas de producción?*

No hay políticas e instructivos de trabajos.

12. *¿Tienen suficiente espacio para el inventario de partes y materia prima?*

El espacio para el inventario de partes y materia prima es reducido porque en el taller hay más de 50 máquinas y estas están ubicadas bien cerca unas de otras.

13. *¿Se usa en el proceso los equipos correctos, herramientas y maquinarias?*

No se usa en el proceso los equipos, herramientas y maquinarias correctos porque éstos se los identifica sin ningún previo análisis de necesidad técnica para el proceso.

Medidas de Referencia

Con el propósito de conocer la situación actual del taller mecánico en sus diferentes variables como: la producción, tiempo de ciclo, trabajo en proceso y calidad, se realizan las siguientes preguntas:

- *¿Cuántos productos terminados por día de trabajo son procesados completamente en la línea de producción?*

TABLA 2

CANTIDAD DE PRODUCTOS TERMINADOS

Medida	Actual
Producción	1.4 Ejes-piñones/ día

- *¿Cuál es el tiempo promedio para procesar un producto terminado?*

TABLA 3

TIEMPO PROMEDIO PARA PRODUCTO TERMINADO

Medida	Actual
Tiempo de ciclo	11.376,84 min/Eje-piñón

- ¿Cuántos productos quedan en la línea de proceso después de un día de trabajo?

TABLA 4

PRODUCTOS EN PROCESO DESPUÉS DE UN DÍA DE TRABAJO

Medida	Actual
Trabajo en Proceso	6 Ejes-piñones/día

- ¿Cuántos productos por día son rechazados?

Los productos con defectos tienen una tasa de ocurrencia nula, debido a que se trabaja con la muestra original, además la experiencia de la mayoría de los operarios incluido el supervisor es de 10 años laborando en mecanizado de piezas, lo que se convierte en una fortaleza, y si algún producto llegara a tener defecto y es negligencia del operario, éste tiene que responder por el producto, de manera que

los operarios son más cautos en el momento de ejercer su trabajo y siempre consultan con el supervisor.

TABLA 5

PRODUCTOS RECHAZADOS EN UN DÍA

Medida	Actual
Calidad	0 Ejes-piñones/día son rechazados

Expectativas

En el siguiente cuadro se propone las expectativas de la empresa, donde se resalta la condición actual y la proyección futura del taller, generando esto un camino para mejorar el proceso de producción, ver Tabla 6.

Identificación de los Problemas del Proceso

Los problemas en los procesos son condiciones o conjunto de circunstancias que se considera que deben de ser analizados y de preferencia ser cambiados. Existen cinco categorías de problemas. La primera ocurre cuando el proceso no está definido, es decir que no se tiene una idea clara de mejoras específicas o cambios.

TABLA 6

EXPECTATIVAS DEL TALLER

Medidas	Actual	Expectativa	Futuro
Productividad	1.4 Ejes- piñones/día	Incrementar 100%	2.8 Ejes- piñones/día
Tiempo Total	11.376,84 min/Eje- piñón	Disminuir 10%	10.239,16 min/Eje- piñón

La segunda categoría de problemas ocurre cuando el proceso está definido para un propósito específico, pero no es confiable. Este proceso no produce los resultados deseados de una manera consistente. La tercera categoría es cuando el proceso produce consistentemente el mismo resultado; sin embargo este resultado no es el deseado. La cuarta categoría de problemas es cuando el proceso cumple con los resultados deseados, pero algo **ha** ocurrido y no se está alcanzando las expectativas. La última categoría de problemas ocurre cuando todo se realiza de acuerdo a las normas de producción pero el proceso aun busca cambios para mejorar.

Todos estos problemas en el proceso de producción son clasificados de la siguiente manera:

- Problemas de Cultura

- Problemas de Proceso
- Problemas de Tecnología

Identificación de Problemas

Luego de haber realizado la entrevista con el jefe del taller referente a los tres tipos de problemas Cultura, Proceso y Tecnología, se pudo obtener un mejor enfoque a los diferentes tipos de problemas que se encuentran en la línea de producción.

En el ANEXO 3 se presentan dos columnas, la primera con las respuestas obtenidas en la entrevista, y la segunda columna se clasifican los problemas según las categorías mencionadas anteriormente como son: problemas de cultura, proceso y tecnología.

Respuestas del Jefe del Taller

A continuación se explica la manera de clasificar las respuestas del Jefe del Taller con cada una de las categorías de los problemas antes mencionados.

El Proceso de Producción no es Eficiente

Problema de proceso: Porque existen retrasos en fechas de entrega de los productos.

Problema de Tecnología: Porque la mayoría de las máquinas son de más de 65 años y han perdido precisión, haciendo que el operario se base en su experiencia para poder ajustar las piezas en las máquinas.

El Jefe del Taller toma la decisión en el proceso de producción después de un consenso con el personal

Problema de proceso: Cuando son trabajos especiales y el jefe no se encuentra en el taller nadie toma la decisión si es que tienen alguna duda del proceso de producción.

Problema de cultura: Porque no se le da al personal la autoridad para tomar sus propias decisiones en ausencia del jefe lo que provoca retrasos en la entrega de la producción.

El flujo de información entre Jefe del Taller y operarios es pobre

Problema de cultura: Porque el Jefe del taller tiene demasiadas responsabilidades, ya que ocupa los siguientes cargos: profesor en diferentes materias, coordinador de cursos técnicos dictados a particulares, coordinador del taller de electricidad, coordinador de actividades eclesíásticas, visitador a las empresas privadas para coordinar los trabajos en el taller mecánico y de actividades varias como fiestas, cumpleaños, etc.

No se optimiza el tiempo disponible de los trabajadores

Problema de proceso: Porque hacen actividades que no agregan valor como por ejemplo conversar demasiado tiempo con sus compañeros.

Problema de cultura: Despreocupación por parte del jefe del taller en no tener tiempos estandarizados de operación para poder controlar mejor a los operarios.

Los operarios para obtener las herramientas se demoran más de lo normal

Problema de proceso: Porque la bodega de repuestos y herramientas se encuentra en desorden.

El trabajo fluye de forma lenta a través de las áreas de producción

Problema de proceso: Porque existe demasiada distancia entre estaciones de trabajo incurriendo en un desperdicio de transporte.

Problema de tecnología: El torno y la fresadora son las máquinas que mayormente se utilizan en el proceso de producción de mecanizado de piezas, estas máquinas presentan desgaste en diferentes lugares, por lo que se requiere de la habilidad y la pericia del operario para tratar de corregir dichas falencias.

No está balanceada la línea de producción

Problema de proceso: Porque existen diferencias de tiempos de operación en cada estación de trabajo, lo que provoca un desbalance en la línea de producción.

Existen varias unidades esperando a ser procesadas

Problema de proceso: Porque la producción es por lote y no en forma continua.

Problema de cultura: Porque el jefe del taller cree que producir por lote es más barato que producir de forma continua, ya que por lote ocupa uno o máximo dos operarios.

No existe el herramental completo en cada estación de trabajo

Problema de proceso: Porque frecuentemente tienen que ir a prestar a sus compañeros las herramientas.

Problema de cultura: Porque algunos operarios pierden las herramientas.

Problema de tecnología: Porque la mayoría de las herramientas tienen desgastes, lo que provoca que las partes y piezas de las máquinas sufran de a poco daños severos.

No se tiene programa de mantenimiento

Problema de proceso: Porque al no tener un programa de mantenimiento preventivo, las máquinas se paran afectando la producción.

Problema de cultura: Porque se tiene la cultura de llevar un mantenimiento correctivo y no un preventivo que es lo más recomendado.

No se tiene tiempos de producción estandarizados y no hay instructivos de trabajos

Problema de proceso: Al no tener los tiempos estandarizados de las actividades más relevantes, se pierde el control de tiempos durante el proceso de mecanizado de las piezas y en muchas ocasiones los operarios se aprovechan de esta falta de control para realizar otras actividades ajenas a la orden de producción y al no existir un instructivo de trabajo se pierde la correcta dirección del proceso.

Problema de cultura: Los operarios están acostumbrados a llevar un registro del tiempo de trabajo en un cuaderno de manera muy general, y no un formato donde se registren los tiempos de parada de máquina o tiempos muertos para poder ser analizados por el jefe del taller.

La distribución del taller es más con fines académicos

Problema de proceso: El arreglo actual dificulta que el operario se desplace rápidamente de una estación a otra.

No usa el proceso los equipos, herramientas y maquinarias correctas

Problema de proceso: Porque la falta de precisión en el torno y en la fresadora, retrasan el trabajo del operario, incurriendo en demoras involuntarias durante el proceso.

Problema de tecnología: Porque los equipos adquiridos por el taller han sido donaciones internacionales, de manera que son equipos de segunda mano, que han perdido precisión.

Priorización y Clasificación de Problemas

En la tabla 5 se encuentran clasificados los diferentes problemas, pero es necesario priorizarlos según su criticidad, para reducirlos o eliminarlos del ambiente de trabajo.

- Se ordenó los problemas de cultura, proceso y tecnología de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia, desde alta hasta baja frecuencia.
- Se considera la ocurrencia de un problema si este ocurre por lo menos unas vez.
- Los problemas de alta prioridad son problema de alta frecuencia.

Son problemas de alta frecuencia los que existen igual o más del 50 % del total de problemas existentes en el proceso.

Frecuencia de Problemas en el Proceso de Producción

Como se puede observar en la Tabla 7, los Problemas de Proceso tienen una frecuencia de ocurrencia de 12 veces, lo que representa un 52%, ubicándose en los problemas de alta prioridad según la regla antes mencionada, ver ANEXO 3.

TABLA 7

FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LOS PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN

Clasificación de los problemas	Frecuencia	%
Problema de Proceso	12	52
Problema de Cultura	7	30
Problema de Tecnología	4	18
TOTAL	23	100%

3.4 Mapa de la Cadena de Valor Actual (VSM)

En el mapa de la cadena de valor, se toman en cuenta dos cosas muy elementales como son: el flujo de información y de materiales.

Con este mapa se identifica de manera gráfica los diferentes desperdicios que se producen al procesar el Eje-piñón, se observa el comportamiento del producto desde el ingreso de la materia prima al taller hasta llegar a ser producto terminado.

En el ANEXO 4, se observa una producción de 33 Ejes-Piñones en un mes. Si en el mes se trabajan 24 días, se obtiene un ritmo de producción de 349.01 min/und.

$$\frac{24 \text{ días}}{33 \text{ und.}} \times \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ día}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 349.01 \frac{\text{min}}{\text{und.}}$$

Es de considerar que el taller no se dedica a fabricar solamente los Ejes-Piñones, sino que el trabajo es compartido con otras actividades dando prioridad a la fabricación del Eje-Piñón.

Tiempo compartido = Ritmo de producción – Tiempo de operación

$$\text{Tpo Compartido de Fresadora} = 349.01 - 147.95 = \mathbf{201.01 \text{ min.}}$$

$$\text{Tpo Compartido de Torno} = 349.01 - 91.37 = \mathbf{257.64 \text{ min.}}$$

$$\text{Tpo Compartido de la Rectificadora} = 349.01 - 60 = \mathbf{289.01 \text{ min.}}$$

Como se observa en el VSM actual, el cuello de botella se encuentra en la etapa número 3 y es el que marca el ritmo de producción.

$$147.95 + 201.01 = 349.01 \frac{\text{min}}{\text{und}}$$

Donde los 147.95 min representan el tiempo efectivo por unidad y los 201.01 min representan el tiempo compartido por unidad.

La demanda de éste producto es de 60 unidades por mes. Lo que implica que existe una demanda insatisfecha de 27 unidades. El cálculo del ciclo de producción de la demanda, que es el ritmo que debe producir el Taller, se lo obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{24 \text{ días}}{60 \text{ und.}} \times \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ día}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 192 \frac{\text{min}}{\text{und}}$$

Al comparar el ritmo de producción del Taller (349.01 min/und), con el ciclo de producción de la demanda (192 min/und), se observa que a este ritmo el Taller no cumple con los plazos de entrega de los productos.

Problemas en el VSM Actual

Los problemas que se pueden observar en el VSM son comparados con la encuesta realizada al Jefe de Taller, donde se corrobora lo expuesto con lo ejecutado, a continuación, se explican los mismos.

- Los equipos y los trabajadores no están siendo utilizados de manera eficiente ya que se hizo un cálculo de tiempos estándares de operación y las operaciones están muy por encima de este tiempo, debido a las paras no programadas [10], ver ANEXO 5.
- El desorden que existe en la bodega de repuestos y herramientas, hace que le cueste trabajo al operario ubicar rápidamente lo que va a buscar.
- Las largas distancias que existen entre estaciones de trabajo, hace que los tiempos de recorrido se eleven demasiado cayendo el operario muy posiblemente en la fatiga y el cansancio.
- Los tiempos de operación en cada estación de trabajo son diferentes, de manera que antes de que el producto salga a ser cementado el cuello de botella es la operación de fresado, lo que provoca un desbalance en la línea de producción.
- Los equipos por tener más de 65 años tienen desgastes en la mayoría de sus partes principales, pero por el conocimiento que tienen los operarios de sus máquinas y su experiencia en mecanizado de piezas, hacen que no se afecte la calidad del producto, en cambio su tiempo de operación se incrementa.
- Para realizar el análisis en el VSM, se toman en cuenta las etapas del 1 al 7 y la 9, la etapa 8 no, porque es una operación tercerizada, el cuello de botella es la etapa 3 Fresado con 147.95 min efectivos de operación, a esto hay que sumarle el tiempo compartido 201.01 min.

3.5 Identificación de Desperdicios

Para realizar la identificación de desperdicios se entrevista a los trabajadores del proceso de producción, porque ellos son los que conocen mejor el proceso y además se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Observar el proceso a ser mejorado.
- Seleccionar las preguntas a usar en la entrevista.
- Seleccionar a los participantes de la entrevista.
- Hacer una cita para la entrevista.

Observar el Proceso a ser Mejorado

El método de la observación es muy importante corrobora algunas respuestas que se dieron en la entrevista con el jefe del taller.

Al observar el proceso de construcción de Ejes piñones, se identificaron otros desperdicios, que fueron revelados en la entrevista con el jefe del taller como situaciones optimas. Por ejemplo la ubicación de los tornos y fresadoras están ordenados más con fines didácticos ya que el taller funciona dentro de una institución educativa, ocasionando este arreglo un desperdicio de tiempo en recorrido que tienen que realizar los operarios para poder acceder a herramientas para sus labores, en la figura 3.10 se muestra el arreglo de las máquinas.

ÁREA TORNOS ÁREA FRESADORAS



FIGURA 3.5 ARREGLO DE MÁQUINAS

Selección de las Preguntas para la Entrevista con Operarios

Las preguntas se seleccionan de acuerdo a las tres categorías de problemas cultura, proceso y tecnología. Lo que se busca a través de ésta entrevista es tratar de encontrar las causas de los problemas, ya que los operarios como se ha mencionado antes conocen el proceso, pero también conocen donde hay problemas dentro de las actividades que ellos realizan diariamente, estas preguntas que se les realizó a los operarios abrió el camino para poder encontrar la causa raíz del problema y tratar de eliminarlo o reducirlo. En el ANEXO 6, se detallan las preguntas según su categoría.

Para realizar las preguntas a los operarios se observa lo tabulado en la Tabla 5, donde la categoría de problema de proceso tiene un porcentaje de 52%, de cultura un 30% y de tecnología un 18%, lo que indican estos

porcentajes es que se debe incrementar más las preguntas sobre proceso, seguido de cultura y luego de tecnología.

Selección de los Participantes de la Entrevista

Se seleccionaron 5 operarios para la entrevista, quienes tienen una amplia experiencia aproximadamente de 10 años en tareas de mecanizado de partes y piezas para máquinas, algunas de estas personas son jefes de área que conocen muy bien el proceso de mecanizado.

Cita para la Entrevista

Primeramente se coordina con el Jefe del Taller el día y la hora para la entrevista con los operarios, explicándole que se les iba a entregar hojas impresas con preguntas sobre las tres categorías de problemas que existen en un proceso de producción.

Entrevista a los Operarios del Área de Producción

Cumpliendo con el cronograma señalado se procede a dar inicio a la entrevista, previamente explicándoles a los operarios de lo que se trataba, la misma que dura aproximadamente una hora, se les entrega hojas impresas con las preguntas sobre problemas de cultura, proceso y tecnología. Además se les pide que hicieran todas las preguntas

necesarias sobre alguna duda que tuvieran, con el fin de poder acercarse lo más posible a la causa raíz de los problemas.

Luego se les explica brevemente las preguntas de cada una de las tres categorías de problemas, y como deberían ir llenando el instrumento de entrevista.

El tiempo promedio de cada operario fue de 40 min, luego se concluye la entrevista agradeciéndoles a los participantes.

Clasificación de los Datos Obtenidos

El paso siguiente es reunir todos los datos obtenidos, en una tabla de datos, la misma que se detalla a continuación:

- En la columna “Número de Pregunta” se escribe el número de pregunta que se realizó en la entrevista.
- En la columna “Respuesta” se escribe la respuesta que el entrevistado dio.
- En la columna “Desperdicio” se escribe la categoría de desperdicio que concuerde con la respuesta.
- En la columna “Entrevistados” se escribe el número “0” si el participante no identifica causas de desperdicio y escribe el “1” si el participante identifica causas de desperdicio.
- En la columna “Total” se escribe el total de la suma de cada respuesta.

En el ANEXO 7, se clasifican los desperdicios según análisis de las entrevistas con los operarios.

Análisis de los Resultados

Luego de haber organizado y clasificado los datos, se procede a realizar otra tabla que se la denomina “Agrupación de datos”, en la cual se resume el número total de veces que una categoría de desperdicio ha sido identificada en la entrevista por el participante como se muestra en la Tabla 8.

TABLA 8

AGRUPACIÓN DE DATOS

Taller mecánico		Entrevistados					
	DESP ERDI CIO						
PROCESO							
	Proc eso						
	Espe ra						
	RRH H						
CULTURA							
	RRH H						
	Proc eso						
	Espe ra						

TECNOLOGÍA							
	Proc eso						
	Espe ra						

Interpretación de los Resultados y Clasificación de los Desperdicios

Se sigue una regla muy simple que ayuda a interpretar los resultados. Además se clasifican los resultados en dos grupos: desperdicios de alta prioridad y desperdicios de baja prioridad.

Si el porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio es mayor o igual al 50% de la presencia del desperdicio, se considera como desperdicio de alta prioridad para ser eliminado. Si el porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría es menor del 50% de la presencia del desperdicio, se considera como desperdicio de baja prioridad.

El porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio se calculará utilizando la siguiente fórmula.

$$\frac{(\text{Total})}{(\text{Participantes})(\text{Respuestas})} * 100$$

Total: Número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicios en cultura, proceso y tecnología.

Participantes: Números de entrevistados.

Respuestas: Número de respuestas que identifican una categoría de desperdicio en cultura, proceso y tecnología.

Por ejemplo: El desperdicio de PROCESO-espera tiene el siguiente porcentaje del total de número de veces que ha sido identificada una categoría.

$$\frac{(13)}{(5)(4)} * 100 = 65.00\%$$

Entonces el desperdicio Proceso-espera 56 %, tiene alta prioridad en el proceso de eliminación, seguido del desperdicio Proceso-proceso 56%, y en tercer lugar el desperdicio Proceso-Recursos Humanos tiene baja prioridad con

TABLA 9

DESPERD ICIO	T O T AL	%	40%.
PROCES			

PORCENTAJES DE PRESENCIA DE DESPERDICIOS

O		
Proceso	14	56 .0 0
Espera	13	65 .0 0
Recurso Humano	2	40 .0 0
CULTUR A		
RRHH	14	46 .6 7
Proceso	8	80 .0 0
Espera	3	60 .0 0
TECNOL OGÍA		
Proceso	6	60 .0 0
Espera	5	50 .0 0

En la Tabla 9, se presenta el total de veces que se repite un desperdicio según las respuestas obtenidas en las encuestas, con sus respectivos porcentajes, los mismos son calculados de acuerdo a la fórmula antes mencionada.

Identificación de Desperdicios de Proceso

El desperdicio de proceso en un ambiente de producción es el esfuerzo que no agrega valor al producto o servicio. De acuerdo al estudio

realizado las categorías de desperdicio que tienen alta prioridad en la línea de producción son:

- Desperdicio de PROCESO-Proceso, se presenta por no haber un programa de mantenimiento preventivo provocando que las máquinas se paren intempestivamente y además los operarios interrumpen el proceso cuando les hace falta alguna herramienta porque al ir a la bodega y encontrarla en desorden se demoran demasiado al no ubicar rápido las herramientas que necesitan.
- Desperdicio de PROCESO-Espera, se presenta por recorridos excesivos de una máquina a otra, además al no haber instructivo de trabajo no se optimizan los pasos que se deben seguir para disminuir el tiempo de elaboración del producto.

La categoría de desperdicio que tuvo baja prioridad en este análisis fue PROCESO-Recursos Humanos.

Identificación de Desperdicios de Cultura

El desperdicio de cultura en un proceso de producción es el uso ineficiente de las actitudes, creencias, expectativas y costumbres de los trabajadores del proceso. Según el estudio realizado las categorías de desperdicios que tienen alta prioridad son:

- Desperdicio de CULTURA-Proceso, se presenta porque no se cuenta con tiempos estándares de operación de las actividades y además existe un flujo de información pobre entre los operarios.
- Desperdicio de CULTURA-Espera, se presenta porque se tiene la cultura de producir por lote, como son lotes de aproximadamente 10 unidades la última unidad producida debe esperar que se elaboren las nueve para luego pasar a la siguiente estación, este desperdicio de espera de unidades es lo que el jefe del taller no se concientiza.

En este caso solo el desperdicio de CULTURA-Recursos Humanos tuvo baja prioridad.

Identificación de Desperdicio de Tecnología

El desperdicio de tecnología en un ambiente de producción es la aplicación inadecuada de conocimientos en la realización de una actividad. La categoría de desperdicios de alta prioridad para ser eliminados es:

- Desperdicio de TECNOLOGÍA-Proceso, se presenta porque los operarios se demoran más de lo normal en ejecutar las operaciones, debido a los desgastes que tienen las máquinas.

La categoría de desperdicio que tuvo baja prioridad es:

- Desperdicio de TECNOLOGÍA-Espera, se presenta porque son máquinas que tienen algunos años como se menciona anteriormente y han perdido varias de sus características como por ejemplo la velocidad de maquinado que es un parámetro muy importante.

En la Tabla 10, la primera columna describe las causas de desperdicios encontrados, en la segunda columna se clasifican los desperdicios de alta prioridad y en la tercera columna se presentan las mejores técnicas lean, para luego seleccionar aquella que ataca la mayor cantidad de problemas.

TABLA 10

CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS LEAN

Causas de Desperdicios	Desperdicios Identificados	Mejor técnica Lean
Alta Prioridad		
Falta de programas de mantenimiento preventivo, bodega de herramientas en desorden.	PROCESO- Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • TPM. • 5'S. • Punto de Uso (POUS).
Recorridos excesivos entre máquinas, falta de sincronización en pasos a seguir para la producción.	PROCESO- Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Manufactura Celular. • Sistema Pull. • 5'S. • TPM
Pobre comunicación entre jefe de taller y operarios, entre supervisor y operarios.	CULTURA- Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en Equipo. • Manufactura Celular. • TPM

Falta de tiempos estándares de operación, pobre flujo de información entre operarios	CULTURA- Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Manufactura Celular. • TPM.
Pobre supervisión de los productos y falta de habilidades.	TECNOLOGÍA- Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en Equipo • Entrenamiento cruzado. • TPM
No a tiempo las piezas en la siguiente estación e información retrasada.	TECNOLOGÍA- Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema Pull. • Punto de Uso (POUS).

A continuación se realiza una de las partes más importantes en la metodología de mejoramiento de procesos que se planteo al inicio, se trata de determinar la técnica de manufactura esbelta más apropiada para la eliminación o reducción de los desperdicios encontrados.

En la Tabla 11, se tabulan las técnicas Lean para escoger aquella que tenga el mayor impacto en reducción de desperdicios.

TABLA 11

SELECCIÓN DE LA TÉCNICA LEAN

Técnica Lean	Total	%
<u>TPM</u>	<u>5</u>	<u>29</u>
5'S	2	12
Punto de Uso (POUS)	2	12
Manufactura Celular	3	17
Sistema Pull	2	12

Trabajo en Equipo	2	12
Entrenamiento Cruzado	1	6

Según la Tabla 11 la técnica seleccionada para eliminar o reducir los desperdicios encontrados es el Mantenimiento Productivo Total (TPM), por tener el mayor porcentaje 29%, para esto se hará uso de la literatura anotada en el capítulo 2 y así descubrir las bondades de esta metodología y como su aplicación ayuda a eliminar los desperdicios del proceso.

CAPÍTULO 3

4. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO

4.1 Antecedentes

El taller mecánico en estudio se encuentra en el sector sur de la ciudad de Guayaquil, tiene aproximadamente 30 años dando servicio de construcción y elaboración de piezas a la industria privada y pública, cuenta con un área de 855 m² de construcción, con 8 operarios en taller y 2 administrativos.

Desde su fundación el taller mecánico su misión principal fue dedicada a la docencia de estudiantes de ciclos superiores de una institución de educación media, ya que este se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de un colegio fiscomisional, que es dirigido por la comunidad salesiana, es decir que el taller brinda dos tipos de servicios: docencia y construir piezas para el área de mantenimiento al sector privado.

El taller mecánico se ha equipado a través de donaciones de países extranjeros y actualmente cuenta con los siguientes equipos y máquinas herramientas:

Máquinas Convencionales

- 15 Tornos paralelos
 - Distancia entre punto 1000 - 2000 mm.
 - Volteo 350 - 850 mm.
- 10 Fresadoras:
 - 9 Universales
 - 1 de torreta con visualizador digital y mesa de 850 x 1310
- 1 Limadora: Carrera 500 mm.
- 1 Electroerosionadora por electrodo:
 - Mesa 600 x 300 mm. y amperaje hasta 30^a.
- 1 creadora de Engranaje:
 - Juegos de fresa madre del 1 a 6 módulo.
 - Para engranajes: hasta diámetro 400m.

- 1 Rectificadora cilíndrica interior – exterior
 - Para diámetros hasta 120 y longitud 400 mm.
- 1 Rectificadora hidráulica plana:
 - Mesa de 300 x 500 mm
- 1 Afiladora de cuchillas
 - Mesa de 400mm y longitud 600 mm.
- 10 Soldadoras eléctricas de arco
- 4 Soldadoras arco continuo
- 4 Equipos de Soldaduras autógena
- 2 Máquinas de soldar MIG con argón
- 2 Máquinas de soldar TIG
- 1 Cortadora de plasma
- 1 Pantógrafo para plasma y oxi – acetileno
- 1 Máquina dobladora de plancha hasta 2,5mm x 2440 mm
- 1 Cizalla de corte eléctrica hasta 2mm x 2440 mm
- 2 Troqueladoras (de 25 toneladas y 8 toneladas)
- 1 Prensa Hidráulica (de 30 toneladas)
- 1 Máquina CNC Horizontal
 - Volteo 450mm
 - Distancia entre punto 150mm
- 1 Máquina CNC Vertical
 - Mesa 1000x450
- 1 Electroerosionadora por hilo

- Mesa de 1000 x 600 x 500mm

Los productos que más se fabrican según su orden en el taller mecánico son los siguientes:

- Eje-Piñón
- Rueda Dentada
- Ejes
- Otros

De acuerdo al historial estadístico que se obtuvo del año 2009, el producto que más se elaboró fue el Eje-piñón con \$76.933 con 42/100, seguido de las Ruedas Dentadas, Ejes y Otros productos de diferentes formas de mecanizados que no son repetitivos como se puede observar en la Figura 3.1

El ingreso mensual promedio del Eje-Piñón es de \$ 6.411 con 12/100, cada unidad tiene un costo de \$ 192,00. El mercado industrial demanda de éste producto 60 unidades por mes, ver ANEXO 1.

El taller trabaja un solo turno de 8 horas de lunes a viernes, en la desde las 7H30 a 13H00, en la tarde de 14H00 a 16H30 y sábados de 7H30 a 12H00.

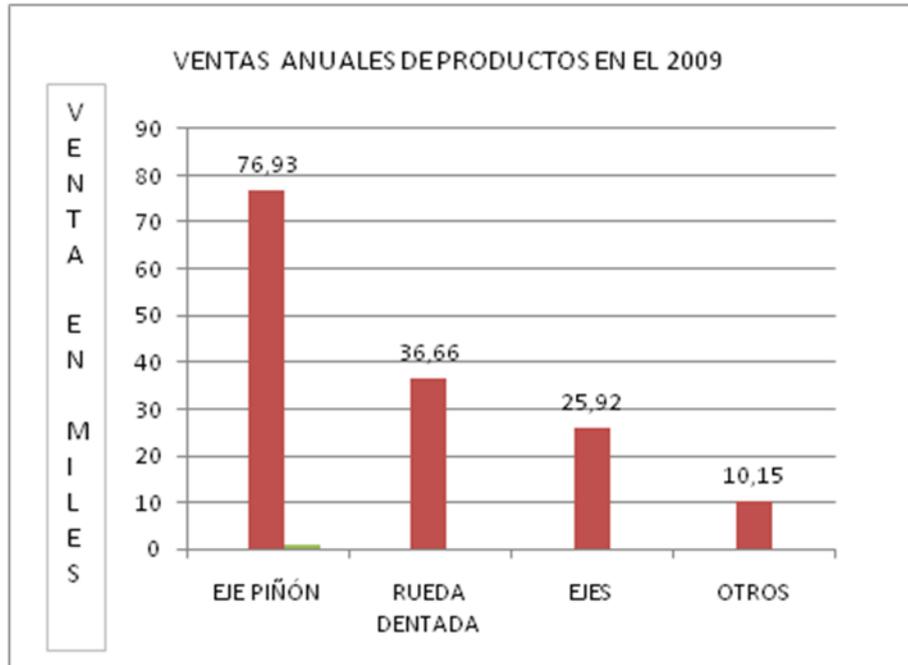


FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE PARETO VENTAS 2009

Justificación del Producto

Según investigaciones y visitas que se realizaron a los clientes que utilizan en sus equipos esta pieza, se determinó que los Ejes-Piñones sirven para cajas reductoras de velocidad con una potencia de 10HP, de marca NORD. Las que utilizan las empresas criadoras de tilapia, camarón y otras, con el fin de oxigenar el agua de las piscinas.

Existe una gran demanda en el medio de éste producto debido a que estas cajas reductoras trabajan 24 horas al día y los 365 días del año.

Descripción del Producto

Los Ejes-piñones son construidos en acero SAE 7210, este es un acero utilizado para cementación, debido a que su núcleo es de alta resistencia.

Se utiliza para casos donde se requiere alta dureza y resistencia al desgaste superficial, combinado con buena tenacidad del núcleo.

El acero SAE 7210 tiene un grano fino tratado, del cual se aprovecha tenacidad y seguridad en el temple directo.

Se suministra con una buena dureza natural, dando óptima maquinabilidad, a continuación se presenta los porcentajes de composición química del acero SAE 7210, Figura 3.2.

ACERO	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
SAE 7210	0.15	0.25	0.90	0.80	1.20	0.10

**FIGURA 3.2 ANÁLISIS % ELEMENTOS QUÍMICOS TÍPICOS
DEL ACERO SAE 7210**

Luego que se ha construido el Eje-Piñón en su parte de mecanizado mecánico se lo envía al proceso de cementación para que las piezas adquieran mucha tenacidad y ductibilidad en el núcleo.

La Cementación consiste básicamente en Carburizar (Adherir carbono) a la pieza calentándola dentro de un ambiente rico en carbono para que este se adhiera a la superficie de la pieza.

Una vez realizada la carburización se procede a templar y revenir el acero adquiriendo este la mayor dureza en la parte superficial en donde se encuentra el mayor contenido de carbono.

En la Figura 3.3 se puede apreciar Ejes-piñones ya cementados y rectificados.



FIGURA 3.3 EJES-PIÑONES CEMENTADOS

4.2 Descripción del Proceso

A continuación se describe teóricamente cada uno de las operaciones en la fabricación de Ejes-Piñones.

Cilindrado

Se cilindra cuando se produce una superficie exterior de revolución por desplazamiento de una herramienta, paralelamente a la línea determinada por los puntos del torno como se muestra en la Figura 3.4.

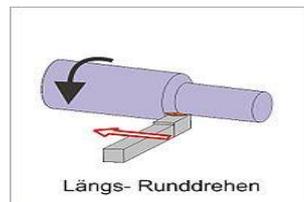


FIGURA 3.4 CILINDRADO

Refrentado

Refrentar una pieza es producir una superficie exterior que sea plana por desplazamiento de una herramienta especial perpendicularmente al eje del torno, formando un ángulo de 90° con las generatrices del cuerpo de revolución como se muestra en la Figura 3.5.

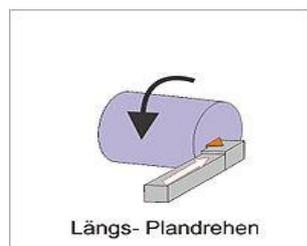


FIGURA 3.5 REFRENTADO

Segado o Tronzado

Se llama segado o tronzado a la operación de torneado que se realiza cuando se trabaja con barra y al finalizar el mecanizado de la pieza es necesario cortar la barra para separar la pieza de la misma. Para esta operación se utilizan herramientas muy estrechas con un saliente de acuerdo al diámetro que tenga la barra y permita con el carro transversal llegar al centro de la barra. Es una operación muy común en tornos revólver y automáticos, ver Figura 3.6.

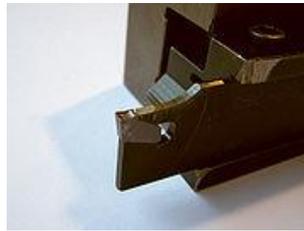


FIGURA 3.6 SEGADO O TRONZADO

Fresado

El fresado consiste principalmente en el corte del material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos, que se llaman dientes, labios o plaquitas de metal duro, que ejecuta movimientos de

avance programados de la mesa de trabajo en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza que se mecaniza, en la Figura 3.7 se muestra una fresa.



FIGURA 3.7 FRESA

Porta Chaveta

Se utilizan fresas cilíndricas con mango, que pueden cortar tanto en dirección perpendicular a su eje como paralela a este, a continuación se presenta una pieza ya construida su chaveta y chavetero como se indica en la Figura 3.8.

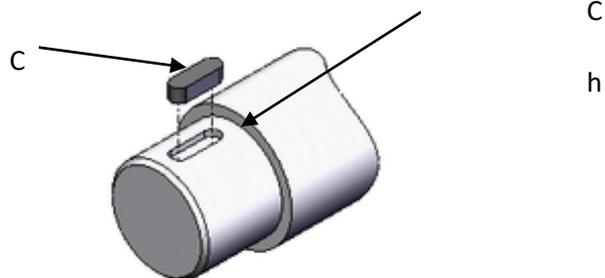


FIGURA 3.8 CHAVETERO Y CHAVETA

Tratamiento Térmico del Acero

Este proceso de tratamiento térmico es tercerizado, en vista de que el taller no cuenta con las máquinas para realizar este proceso. El tratamiento térmico en el material es uno de los pasos fundamentales para que pueda alcanzar las propiedades mecánicas para las cuales está creado.

Rectificado

La rectificadora es una máquina herramienta, utilizada para conseguir mecanizados de precisión tanto en dimensiones como en acabado superficial, a veces a una operación de rectificado le sigue otra de pulido. Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante tratamiento térmico, utilizando para ello discos abrasivos robustos, llamados muelas.

Las partes de las piezas que se someten a rectificado han sido mecanizadas previamente en otras máquinas herramientas antes de ser endurecidas por tratamiento térmico y se ha dejado solamente un pequeño excedente de material para que la rectificadora lo pueda eliminar con facilidad y precisión, a continuación se presenta una rectificadora planeadora Figura 3.9.



FIGURA 3.9 RECTIFICADORA PLANEADORA

Seguidamente se definen los problemas de mayor afectación en el taller mecánico, para luego determinar los diferentes tipos de desperdicios que existen en la elaboración de ejes piñones.

4.3 Definición de los Problemas del Proceso

Con el fin de identificar los diferentes problemas dentro del taller mecánico se realiza una entrevista al Jefe del Taller, la misma que dura aproximadamente cincuenta minutos, para esta entrevista se elabora un banco de preguntas relacionadas con el proceso de producción, cultura y tecnología, ver ANEXO 2.

Durante la entrevista con el Jefe del taller se obtuvo información de primera fuente sobre problemas internos que atraviesa el taller, los cuales están clasificados más adelante, y además se constató estos problemas a través de la observación.

A continuación se explican cada una de las respuestas que proporciona el Jefe del Taller a la encuesta, la misma que se detalla en el ANEXO 2.

14. ¿Cómo es el proceso de producción?

El proceso de producción se lo realiza en nueve etapas, donde se utilizan equipos de mecanizado como: Cortadora Semiautomática, Torno, Fresadora y Rectificadora.

15. ¿Quién toma la decisión en el proceso de producción?

El Jefe del taller toma la decisión después de llegar a un consenso con el personal, pero el jefe frecuentemente no se encuentra en el taller porque tiene demasiadas responsabilidades, lo cual muchas veces paraliza el proceso producción.

16. ¿Existe flujo de información en el ambiente de trabajo?

El flujo de información entre el Jefe del Taller y operarios es pobre, porque el Jefe del Taller tiene otras responsabilidades que son parte de la institución educativa y no son parte del Taller.

17. ¿Están siendo correctamente utilizados los trabajadores de planta?

Los trabajadores no están siendo utilizados correctamente porque no se optimiza el tiempo disponible de trabajo en cada una de sus actividades asignadas.

18. ¿Tiene algún problema con la obtención o el uso de las herramientas de trabajo?

Los operarios para obtener las herramientas se demoran más de lo normal porque encuentran en desorden la Bodega de Repuestos y Herramientas.

19. ¿Cómo fluye el trabajo a través de las áreas de producción?

A través de las áreas de producción el trabajo fluye de forma lenta porque las máquinas **para este proceso** se encuentran muy distantes, haciendo que el operario haga recorridos excesivo.

20. ¿Qué tan bien balanceada esta la línea de producción?

La línea de producción en estudio no está balanceada, porque los tiempos de ciclos de producción de cada estación de trabajo se encuentran entre sí desfasadas.

21. ¿Existen unidades esperando a ser procesadas en la línea de producción?

Si existen varias unidades esperando a ser procesadas, ya que en cada estación de trabajo se tiene que terminar las unidades que indica el pedido para pasar todas a la siguiente estación de trabajo y también cuando entra algún otro producto diferente de emergencia.

22. ¿Cree que el tiempo de puesta a punto de las máquinas es un problema?

Si es un problema el tiempo de puesta a punto de las máquinas porque no existe todo el herramental en cada estación de trabajo de manera que los operarios tienen que ir a buscar el herramental faltante a las otras estaciones de trabajo.

23. ¿La parada no programada de máquina es un problema?

La parada de máquina si es un problema, porque incrementa el tiempo de entrega del producto, aunque se pueda utilizar otras máquinas pero éstas son lentas. Además no cuentan con un programa de mantenimiento preventivo.

24. ¿Todo el personal usa las mismas políticas de producción?

No hay políticas e instructivos de trabajos.

25. ¿Tienen suficiente espacio para el inventario de partes y materia prima?

El espacio para el inventario de partes y materia prima es reducido porque en el taller hay más de 50 máquinas y estas están ubicadas bien cerca unas de otras.

26. *¿Se usa en el proceso los equipos correctos, herramientas y maquinarias?*

No se usa en el proceso los equipos, herramientas y maquinarias correctos porque éstos se los identifica sin ningún previo análisis de necesidad técnica para el proceso.

Medidas de Referencia

Con el propósito de conocer la situación actual del taller mecánico en sus diferentes variables como: la producción, tiempo de ciclo, trabajo en proceso y calidad, se realizan las siguientes preguntas:

- *¿Cuántos productos terminados por día de trabajo son procesados completamente en la línea de producción?*

TABLA 2

CANTIDAD DE PRODUCTOS TERMINADOS

Medida	Actual
Producción	1.4 Ejes-piñones/ día

- *¿Cuál es el tiempo promedio para procesar un producto terminado?*

TABLA 3

TIEMPO PROMEDIO PARA PRODUCTO TERMINADO

Medida	Actual
Tiempo de ciclo	11.376,84 min/Eje-piñón

- ¿Cuántos productos quedan en la línea de proceso después de un día de trabajo?

TABLA 4

PRODUCTOS EN PROCESO DESPUÉS DE UN DÍA DE TRABAJO

Medida	Actual
Trabajo en Proceso	6 Ejes-piñones/día

- ¿Cuántos productos por día son rechazados?

Los productos con defectos tienen una tasa de ocurrencia nula, debido a que se trabaja con la muestra original, además la experiencia de la mayoría de los operarios incluido el supervisor es de 10 años laborando en mecanizado de piezas, lo que se convierte en una fortaleza, y si algún producto llegara a tener defecto y es negligencia del operario, éste tiene que responder por el producto, de manera que

los operarios son más cautos en el momento de ejercer su trabajo y siempre consultan con el supervisor.

TABLA 5

PRODUCTOS RECHAZADOS EN UN DÍA

Medida	Actual
Calidad	0 Ejes-piñones/día son rechazados

Expectativas

En el siguiente cuadro se propone las expectativas de la empresa, donde se resalta la condición actual y la proyección futura del taller, generando esto un camino para mejorar el proceso de producción, ver Tabla 6.

Identificación de los Problemas del Proceso

Los problemas en los procesos son condiciones o conjunto de circunstancias que se considera que deben de ser analizados y de preferencia ser cambiados. Existen cinco categorías de problemas. La primera ocurre cuando el proceso no está definido, es decir que no se tiene una idea clara de mejoras específicas o cambios.

TABLA 6

EXPECTATIVAS DEL TALLER

Medidas	Actual	Expectativa	Futuro
Productividad	1.4 Ejes- piñones/día	Incrementar 100%	2.8 Ejes- piñones/día
Tiempo Total	11.376,84 min/Eje- piñón	Disminuir 10%	10.239,16 min/Eje- piñón

La segunda categoría de problemas ocurre cuando el proceso está definido para un propósito específico, pero no es confiable. Este proceso no produce los resultados deseados de una manera consistente. La tercera categoría es cuando el proceso produce consistentemente el mismo resultado; sin embargo este resultado no es el deseado. La cuarta categoría de problemas es cuando el proceso cumple con los resultados deseados, pero algo **ha** ocurrido y no se está alcanzando las expectativas. La última categoría de problemas ocurre cuando todo se realiza de acuerdo a las normas de producción pero el proceso aun busca cambios para mejorar.

Todos estos problemas en el proceso de producción son clasificados de la siguiente manera:

- Problemas de Cultura
- Problemas de Proceso
- Problemas de Tecnología

Identificación de Problemas

Luego de haber realizado la entrevista con el jefe del taller referente a los tres tipos de problemas Cultura, Proceso y Tecnología, se pudo obtener un mejor enfoque a los diferentes tipos de problemas que se encuentran en la línea de producción.

En el ANEXO 3 se presentan dos columnas, la primera con las respuestas obtenidas en la entrevista, y la segunda columna se clasifican los problemas según las categorías mencionadas anteriormente como son: problemas de cultura, proceso y tecnología.

Respuestas del Jefe del Taller

A continuación se explica la manera de clasificar las respuestas del Jefe del Taller con cada una de las categorías de los problemas antes mencionados.

El Proceso de Producción no es Eficiente

Problema de proceso: Porque existen retrasos en fechas de entrega de los productos.

Problema de Tecnología: Porque la mayoría de las máquinas son de más de 65 años y han perdido precisión, haciendo que el operario se base en su experiencia para poder ajustar las piezas en las máquinas.

El Jefe del Taller toma la decisión en el proceso de producción después de un consenso con el personal

Problema de proceso: Cuando son trabajos especiales y el jefe no se encuentra en el taller nadie toma la decisión si es que tienen alguna duda del proceso de producción.

Problema de cultura: Porque no se le da al personal la autoridad para tomar sus propias decisiones en ausencia del jefe lo que provoca retrasos en la entrega de la producción.

El flujo de información entre Jefe del Taller y operarios es pobre

Problema de cultura: Porque el Jefe del taller tiene demasiadas responsabilidades, ya que ocupa los siguientes cargos: profesor en diferentes materias, coordinador de cursos técnicos dictados a particulares, coordinador del taller de electricidad, coordinador de actividades eclesíásticas, visitador a las empresas privadas para coordinar los trabajos en el taller mecánico y de actividades varias como fiestas, cumpleaños, etc.

No se optimiza el tiempo disponible de los trabajadores

Problema de proceso: Porque hacen actividades que no agregan valor como por ejemplo conversar demasiado tiempo con sus compañeros.

Problema de cultura: Despreocupación por parte del jefe del taller en no tener tiempos estandarizados de operación para poder controlar mejor a los operarios.

Los operarios para obtener las herramientas se demoran más de lo normal

Problema de proceso: Porque la bodega de repuestos y herramientas se encuentra en desorden.

El trabajo fluye de forma lenta a través de las áreas de producción

Problema de proceso: Porque existe demasiada distancia entre estaciones de trabajo incurriendo en un desperdicio de transporte.

Problema de tecnología: El torno y la fresadora son las máquinas que mayormente se utilizan en el proceso de producción de mecanizado de piezas, estas máquinas presentan desgaste en diferentes lugares, por lo que se requiere de la habilidad y la pericia del operario para tratar de corregir dichas falencias.

No está balanceada la línea de producción

Problema de proceso: Porque existen diferencias de tiempos de operación en cada estación de trabajo, lo que provoca un desbalance en la línea de producción.

Existen varias unidades esperando a ser procesadas

Problema de proceso: Porque la producción es por lote y no en forma continua.

Problema de cultura: Porque el jefe del taller cree que producir por lote es más barato que producir de forma continua, ya que por lote ocupa uno o máximo dos operarios.

No existe el herramental completo en cada estación de trabajo

Problema de proceso: Porque frecuentemente tienen que ir a prestar a sus compañeros las herramientas.

Problema de cultura: Porque algunos operarios pierden las herramientas.

Problema de tecnología: Porque la mayoría de las herramientas tienen desgastes, lo que provoca que las partes y piezas de las máquinas sufran de a poco daños severos.

No se tiene programa de mantenimiento

Problema de proceso: Porque al no tener un programa de mantenimiento preventivo, las máquinas se paran afectando la producción.

Problema de cultura: Porque se tiene la cultura de llevar un mantenimiento correctivo y no un preventivo que es lo más recomendado.

No se tiene tiempos de producción estandarizados y no hay instructivos de trabajos

Problema de proceso: Al no tener los tiempos estandarizados de las actividades más relevantes, se pierde el control de tiempos durante el proceso de mecanizado de las piezas y en muchas ocasiones los operarios se aprovechan de esta falta de control para realizar otras actividades ajenas a la orden de producción y al no existir un instructivo de trabajo se pierde la correcta dirección del proceso.

Problema de cultura: Los operarios están acostumbrados a llevar un registro del tiempo de trabajo en un cuaderno de manera muy general, y no un formato donde se registren los tiempos de parada de máquina o tiempos muertos para poder ser analizados por el jefe del taller.

La distribución del taller es más con fines académicos

Problema de proceso: El arreglo actual dificulta que el operario se desplace rápidamente de una estación a otra.

No usa el proceso los equipos, herramientas y maquinarias correctas

Problema de proceso: Porque la falta de precisión en el torno y en la fresadora, retrasan el trabajo del operario, incurriendo en demoras involuntarias durante el proceso.

Problema de tecnología: Porque los equipos adquiridos por el taller han sido donaciones internacionales, de manera que son equipos de segunda mano, que han perdido precisión.

Priorización y Clasificación de Problemas

En la tabla 5 se encuentran clasificados los diferentes problemas, pero es necesario priorizarlos según su criticidad, para reducirlos o eliminarlos del ambiente de trabajo.

- Se ordenó los problemas de cultura, proceso y tecnología de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia, desde alta hasta baja frecuencia.
- Se considera la ocurrencia de un problema si este ocurre por lo menos unas vez.

- Los problemas de alta prioridad son problema de alta frecuencia.

Son problemas de alta frecuencia los que existen igual o más del 50 % del total de problemas existentes en el proceso.

Frecuencia de Problemas en el Proceso de Producción

Como se puede observar en la Tabla 7, los Problemas de Proceso tienen una frecuencia de ocurrencia de 12 veces, lo que representa un 52%, ubicándose en los problemas de alta prioridad según la regla antes mencionada, ver ANEXO 3.

TABLA 7

FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LOS PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN

Clasificación de los problemas	Frecuencia	%
Problema de Proceso	12	52
Problema de Cultura	7	30
Problema de Tecnología	4	18
TOTAL	23	100%

4.4 Mapa de la Cadena de Valor Actual (VSM)

En el mapa de la cadena de valor, se toman en cuenta dos cosas muy elementales como son: el flujo de información y de materiales.

Con este mapa se identifica de manera gráfica los diferentes desperdicios que se producen al procesar el Eje-piñón, se observa el comportamiento del producto desde el ingreso de la materia prima al taller hasta llegar a ser producto terminado.

En el ANEXO 4, se observa una producción de 33 Ejes-Piñones en un mes. Si en el mes se trabajan 24 días, se obtiene un ritmo de producción de 349.01 min/und.

$$\frac{24 \text{ días}}{33 \text{ und.}} \times \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ día}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 349.01 \frac{\text{min}}{\text{und.}}$$

Es de considerar que el taller no se dedica a fabricar solamente los Ejes-Piñones, sino que el trabajo es compartido con otras actividades dando prioridad a la fabricación del Eje-Piñón.

Tiempo compartido = Ritmo de producción – Tiempo de operación

$$\text{Tpo Compartido de Fresadora} = 349.01 - 147.95 = \mathbf{201.01 \text{ min.}}$$

$$\text{Tpo Compartido de Torno} = 349.01 - 91.37 = \mathbf{257.64 \text{ min.}}$$

$$\text{Tpo Compartido de la Rectificadora} = 349.01 - 60 = \mathbf{289.01 \text{ min.}}$$

Como se observa en el VSM actual, el cuello de botella se encuentra en la etapa número 3 y es el que marca el ritmo de producción.

$$147.95 + 201.01 = 349.01 \frac{\text{min}}{\text{und}}$$

Donde los 147.95 min representan el tiempo efectivo por unidad y los 201.01 min representan el tiempo compartido por unidad.

La demanda de éste producto es de 60 unidades por mes. Lo que implica que existe una demanda insatisfecha de 27 unidades. El cálculo del ciclo de producción de la demanda, que es el ritmo que debe producir el Taller, se lo obtiene de la siguiente manera:

$$\frac{24 \text{ días}}{60 \text{ und.}} \times \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ día}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 192 \frac{\text{min}}{\text{und}}$$

Al comparar el ritmo de producción del Taller (349.01 min/und), con el ciclo de producción de la demanda (192 min/und), se observa que a este ritmo el Taller no cumple con los plazos de entrega de los productos.

Problemas en el VSM Actual

Los problemas que se pueden observar en el VSM son comparados con la encuesta realizada al Jefe de Taller, donde se corrobora lo expuesto con lo ejecutado, a continuación se explican los mismos.

- Los equipos y los trabajadores no están siendo utilizados de manera eficiente ya que se hizo un cálculo de tiempos estándares de operación y las operaciones están muy por encima de este tiempo, debido a las paras no programadas [10], ver ANEXO 5.
- El desorden que existe en la bodega de repuestos y herramientas, hace que le cueste trabajo al operario ubicar rápidamente lo que va a buscar.
- Las largas distancias que existen entre estaciones de trabajo, hace que los tiempos de recorrido se eleven demasiado cayendo el operario muy posiblemente en la fatiga y el cansancio.
- Los tiempos de operación en cada estación de trabajo son diferentes, de manera que antes de que el producto salga a ser cementado el cuello de botella es la operación de fresado, lo que provoca un desbalance en la línea de producción.
- Los equipos por tener más de 65 años tienen desgastes en la mayoría de sus partes principales, pero por el conocimiento que tienen los operarios de sus máquinas y su experiencia en mecanizado de piezas,

hacen que no se afecte la calidad del producto, en cambio su tiempo de operación se incrementa.

- Para realizar el análisis en el VSM, se toman en cuenta las etapas del 1 al 7 y la 9, la etapa 8 no, porque es una operación tercerizada, el cuello de botella es la etapa 3 Fresado con 147.95 min efectivos de operación, a esto hay que sumarle el tiempo compartido 201.01 min.

4.5 Identificación de Desperdicios

Para realizar la identificación de desperdicios se entrevista a los trabajadores del proceso de producción, porque ellos son los que conocen mejor el proceso y además se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Observar el proceso a ser mejorado.
- Seleccionar las preguntas a usar en la entrevista.
- Seleccionar a los participantes de la entrevista.
- Hacer una cita para la entrevista.

Observar el Proceso a ser Mejorado

El método de la observación es muy importante corrobora algunas respuestas que se dieron en la entrevista con el jefe del taller.

Al observar el proceso de construcción de Ejes piñones, se identificaron otros desperdicios, que fueron revelados en la entrevista con el jefe del

taller como situaciones optimas. Por ejemplo la ubicación de los tornos y fresadoras están ordenados más con fines didácticos ya que el taller funciona dentro de una institución educativa, ocasionando este arreglo un desperdicio de tiempo en recorrido que tienen que realizar los operarios para poder acceder a herramientas para sus labores, en la figura 3.10 se muestra el arreglo de las máquinas.

ÁREA TORNOS

ÁREA FRESADORAS



FIGURA 3.5 ARREGLO DE MÁQUINAS

Selección de las Preguntas para la Entrevista con Operarios

Las preguntas se seleccionan de acuerdo a las tres categorías de problemas cultura, proceso y tecnología. Lo que se busca a través de ésta entrevista es tratar de encontrar las causas de los problemas, ya que los operarios como se ha mencionado antes conocen el proceso, pero también conocen donde hay problemas dentro de las actividades que ellos realizan diariamente, estas preguntas que se les realizó a los

operarios abrió el camino para poder encontrar la causa raíz del problema y tratar de eliminarlo o reducirlo. En el ANEXO 6, se detallan las preguntas según su categoría.

Para realizar las preguntas a los operarios se observa lo tabulado en la Tabla 5, donde la categoría de problema de proceso tiene un porcentaje de 52%, de cultura un 30% y de tecnología un 18%, lo que indican estos porcentajes es que se debe incrementar más las preguntas sobre proceso, seguido de cultura y luego de tecnología.

Selección de los Participantes de la Entrevista

Se seleccionaron 5 operarios para la entrevista, quienes tienen una amplia experiencia aproximadamente de 10 años en tareas de mecanizado de partes y piezas para máquinas, algunas de estas personas son jefes de área que conocen muy bien el proceso de mecanizado.

Cita para la Entrevista

Primeramente se coordina con el Jefe del Taller el día y la hora para la entrevista con los operarios, explicándole que se les iba a entregar hojas impresas con preguntas sobre las tres categorías de problemas que existen en un proceso de producción.

Entrevista a los Operarios del Área de Producción

Cumpliendo con el cronograma señalado se procede a dar inicio a la entrevista, previamente explicándoles a los operarios de lo que se trataba, la misma que dura aproximadamente una hora, se les entrega hojas impresas con las preguntas sobre problemas de cultura, proceso y tecnología. Además se les pide que hicieran todas las preguntas necesarias sobre alguna duda que tuvieran, con el fin de poder acercarse lo más posible a la causa raíz de los problemas.

Luego se les explica brevemente las preguntas de cada una de las tres categorías de problemas, y como deberían ir llenando el instrumento de entrevista.

El tiempo promedio de cada operario fue de 40 min, luego se concluye la entrevista agradeciéndoles a los participantes.

Clasificación de los Datos Obtenidos

El paso siguiente es reunir todos los datos obtenidos, en una tabla de datos, la misma que se detalla a continuación:

- En la columna “Número de Pregunta” se escribe el número de pregunta que se realizó en la entrevista.
- En la columna “Respuesta” se escribe la respuesta que el entrevistado dio.
- En la columna “Desperdicio” se escribe la categoría de desperdicio que concuerde con la respuesta.

- En la columna “Entrevistados” se escribe el número “0” si el participante no identifica causas de desperdicio y escribe el “1” si el participante identifica causas de desperdicio.
- En la columna “Total” se escribe el total de la suma de cada respuesta.

En el ANEXO 7, se clasifican los desperdicios según análisis de las entrevistas con los operarios.

Análisis de los Resultados

Luego de haber organizado y clasificado los datos, se procede a realizar otra tabla que se la denomina “Agrupación de datos”, en la cual se resume el número total de veces que una categoría de desperdicio ha sido identificada en la entrevista por el participante como se muestra en la Tabla 8.

TABLA 8

AGRUPACIÓN DE DATOS

Taller mecánico			Entrevistados				
	DESP ERDI CIO						
PROCESO							
	Proc eso						
	Espe ra						

	RRH H						
CULTURA							
	RRH H						
	Proc eso						
	Espe ra						
TECNOLOGÍA							
	Proc eso						
	Espe ra						

Interpretación de los Resultados y Clasificación de los Desperdicios

Se sigue una regla muy simple que ayuda a interpretar los resultados. Además se clasifican los resultados en dos grupos: desperdicios de alta prioridad y desperdicios de baja prioridad.

Si el porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio es mayor o igual al 50% de la presencia del desperdicio, se considera como desperdicio de alta prioridad para ser eliminado. Si el porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría es menor del 50% de la presencia del desperdicio, se considera como desperdicio de baja prioridad.

El porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio se calculará utilizando la siguiente fórmula.

$$\frac{(\text{Total})}{(\text{Participantes})(\text{Respuestas})} * 100$$

Total: Número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicios en cultura, proceso y tecnología.

Participantes: Números de entrevistados.

Respuestas: Número de respuestas que identifican una categoría de desperdicio en cultura, proceso y tecnología.

Por ejemplo: El desperdicio de PROCESO-espera tiene el siguiente porcentaje del total de número de veces que ha sido identificada una categoría.

$$\frac{(13)}{(5)(4)} * 100 = 65.00\%$$

Entonces el desperdicio Proceso-espera 56 %, tiene alta prioridad en el proceso de eliminación, seguido del desperdicio Proceso-proceso 56%, y en tercer lugar el desperdicio Proceso-Recursos Humanos tiene baja prioridad con 40%.

TABLA 9

PORCENTAJES DE PRESENCIA DE DESPERDICIOS

En la Tabla 9, se presenta el total de veces que se repite un desperdicio según las respuestas obtenidas en las encuestas, con sus respectivos porcentajes, los mismos son calculados de acuerdo a la fórmula antes mencionada.

Identificación de Desperdicios de Proceso

DESPERDICIO	TOTAL	%
PROCESO		
Proceso	14	56 .0 0
Espera	13	65 .0 0
Recurso Humano	2	40 .0 0
CULTURA		
RRHH	14	46 .6 7
Proceso	8	80 .0 0
Espera	3	60 .0 0
TECNOL		

OGÍA		
Proceso	6	60 .0 0
Espera	5	50 .0 0

El desperdicio de proceso en un ambiente de producción es el esfuerzo que no agrega valor al producto o servicio. De acuerdo al estudio realizado las categorías de desperdicio que tienen alta prioridad en la línea de producción son:

- Desperdicio de PROCESO-Proceso, se presenta por no haber un programa de mantenimiento preventivo provocando que las máquinas se paren intempestivamente y además los operarios interrumpen el proceso cuando les hace falta alguna herramienta porque al ir a la bodega y encontrarla en desorden se demoran demasiado al no ubicar rápido las herramientas que necesitan.
- Desperdicio de PROCESO-Espera, se presenta por recorridos excesivos de una máquina a otra, además al no haber instructivo de trabajo no se optimizan los pasos que se deben seguir para disminuir el tiempo de elaboración del producto.

La categoría de desperdicio que tuvo baja prioridad en este análisis fue PROCESO-Recursos Humanos.

Identificación de Desperdicios de Cultura

El desperdicio de cultura en un proceso de producción es el uso ineficiente de las actitudes, creencias, expectativas y costumbres de los trabajadores del proceso. Según el estudio realizado las categorías de desperdicios que tienen alta prioridad son:

- Desperdicio de CULTURA-Proceso, se presenta porque no se cuenta con tiempos estándares de operación de las actividades y además existe un flujo de información pobre entre los operarios.
- Desperdicio de CULTURA-Espera, se presenta porque se tiene la cultura de producir por lote, como son lotes de aproximadamente 10 unidades la última unidad producida debe esperar que se elaboren las nueve para luego pasar a la siguiente estación, este desperdicio de espera de unidades es lo que el jefe del taller no se concientiza.

En este caso solo el desperdicio de CULTURA-Recursos Humanos tuvo baja prioridad.

Identificación de Desperdicio de Tecnología

El desperdicio de tecnología en un ambiente de producción es la aplicación inadecuada de conocimientos en la realización de una

actividad. La categoría de desperdicios de alta prioridad para ser eliminados son:

- Desperdicio de TECNOLOGÍA-Proceso, se presenta porque los operarios se demoran más de lo normal en ejecutar las operaciones, debido a los desgastes que tienen las máquinas.

La categoría de desperdicio que tuvo baja prioridad es:

- Desperdicio de TECNOLOGÍA-Espera, se presenta porque son máquinas que tienen algunos años como se menciona anteriormente y han perdido varias de sus características como por ejemplo la velocidad de maquinado que es un parámetro muy importante.

En la Tabla 10, la primera columna describe las causas de desperdicios encontrados, en la segunda columna se clasifican los desperdicios de alta prioridad y en la tercera columna se presentan las mejores técnicas lean, para luego seleccionar aquella que ataca la mayor cantidad de problemas.

TABLA 10

CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS LEAN

Causas de Desperdicios	Desperdicios Identificados	Mejor técnica Lean
Alta Prioridad		

Falta de programas de mantenimiento preventivo, bodega de herramientas en desorden.	PROCESO- Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • TPM. • 5'S. • Punto de Uso (POUS).
Recorridos excesivos entre máquinas, falta de sincronización en pasos a seguir para la producción.	PROCESO- Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Manufactura Celular. • Sistema Pull. • 5'S. • TPM
Pobre comunicación entre jefe de taller y operarios, entre supervisor y operarios.	CULTURA- Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en Equipo. • Manufactura Celular. • TPM
Falta de tiempos estándares de operación, pobre flujo de información entre operarios	CULTURA- Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Manufactura Celular. • TPM.
Pobre supervisión de los productos y falta de habilidades.	TECNOLOGÍA- Proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en Equipo • Entrenamiento cruzado. • TPM
No a tiempo las piezas en la siguiente estación e información retrasada.	TECNOLOGÍA- Espera	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema Pull. • Punto de Uso (POUS).

A continuación se realiza una de las partes más importantes en la metodología de mejoramiento de procesos que se planteo al inicio, se trata de determinar la técnica de manufactura esbelta más apropiada para la eliminación o reducción de los desperdicios encontrados.

En la Tabla 11, se tabulan las técnicas Lean para escoger aquella que tenga el mayor impacto en reducción de desperdicios.

TABLA 11

SELECCIÓN DE LA TÉCNICA LEAN

Técnica Lean	Total	%
<u>TPM</u>	<u>5</u>	<u>29</u>
5'S	2	12
Punto de Uso POUS)	2	12
Manufactura Celular	3	17
Sistema Pull	2	12
Trabajo en Equipo	2	12
Entrenamiento Cruzado	1	6

Según la Tabla 11 la técnica seleccionada para eliminar o reducir los desperdicios encontrados es el Mantenimiento Productivo Total (TPM), por tener el mayor porcentaje 29%, para esto se hará uso de la literatura anotada en el capítulo 2 y así descubrir las bondades de esta metodología y como su aplicación ayuda a eliminar los desperdicios del proceso.

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS ESPERADOS

5.1 Medición y Evaluación de las Mejoras

Eficacia del Taller Mecánico

Medir la mejora lograda con el TPM evaluado como un proceso global, es difícil. En tal caso, al proceso global se lo dividió en dos subprocesos o máquinas, y se midió y evaluó el rendimiento de cada una.

Para ponderar el rendimiento de la aplicación del TPM se selecciona el indicador de eficacia global el más bajo de cada subproceso o máquina. Antes de la implantación de la metodología el OEE global fue de 28% y después de la implantación 41%, realizando la diferencia entre estos dos porcentajes se tiene un incremento del 13% en la eficacia global del Taller, ver Tabla 30.

TABLA 30

**COMPARACIÓN DEL OEE ANTES Y DESPUÉS DE LA
IMPLANTACIÓN DEL TPM**

SUBPROCESOS	OEE			INCREMENTO
	MÁQUINAS	ANTES	DESPUÉS	
Subproceso 1	Torno			13 %
Subproceso 2	Fresadora			

Índice de Prevención de Fallas (IPF)

Este indicador demuestra como al disminuir los paros no planeados disminuye el índice de prevención de fallas.

Para calcular este índice se dividen los paros no planeados para los paros planeados según la siguiente ecuación.

TORNO

$$\text{IPF (ANTES)} = \frac{1441.86}{360} = 4$$

$$\text{IPF (DESPUÉS)} = \frac{153.30}{360} = 0.42$$

FRESADORA

$$\text{IPF (ANTES)} = \frac{1709.4}{168} = 10.17$$

$$\text{IPF (DESPUÉS)} = \frac{86.1}{168} = 0.51$$

Para determinar la variación de este indicador se compara el antes y después de la mejora en las dos máquinas y como resultado se tiene que IPF para el Torno de 4 disminuyó a 0.42 puntos y para la Fresadora de 10.17 a 0.51 puntos, estos datos son tomados del ANEXO 9 y 17.

5.2 Análisis de Costo-Beneficio

Una forma de medir los beneficios de la implantación de la técnica TPM, es realizar un análisis Costo-Beneficio, se suman los costos totales y los beneficios. Luego se aplica una relación donde los beneficios son el numerador y los costos el denominador. La mejor solución en términos financieros es aquella con la relación más alta de beneficio con respecto al costo.

$$\text{Costo} - \text{Beneficio} = \frac{\text{BENEFICIOS}}{\text{COSTOS}}$$

En el caso del análisis de la técnica TPM, los costos incurridos por mes se los detalla en la Tabla 31.

TABLA 31

COSTOS DE ACTIVIDADES TPM

ACTIVIDAD	Tpo utilizado (H)	Costo H/hombre (\$)	# de Operarios	Total costos (\$)
Salario de experto mensual				400
Material didáctico				30
Publicidad TPM				60
Pérdidas de horas por operario	22	2	8	352
Compra de repuestos				500
			Total (\$)	1.342

Costo: \$2.357

Luego de la implantación de la metodología TPM se logró un incremento de 27 Ejes-Piñones por mes, si cada unidad se vende aproximadamente en \$192,00 se obtiene una ganancia bruta de \$ 5.184, a este valor se le resta el costo de materiales y mano de obra que asciende a \$1.015, se obtiene el siguiente beneficio:

$$\text{Beneficio} = 5.184 - 1.015 = \$ 4.169$$

Beneficio: \$ 4.169

Aplicando la ecuación antes mencionada y analizando el resultado, la relación de beneficios a costos es de \$ 3.10 de retorno por cada dólar gastado, generándose un retorno positivo, y la recuperación de la inversión en un mes, ver Tabla 32.

$$\frac{\$ 4.169}{\$ 1.342} = \$ 3.10$$

Costo-Beneficio= \$3.10

El TPM trae consigo también beneficios intangibles como aumento de la moral de los empleados, responsabilidad en cada una de las máquinas, y ofrece una mejor imagen a los visitantes y clientes.

TABLA 32

COSTOS VS BENEFICIOS

COSTO MENSUAL		BENEFICIO MENSUAL	
Costos de TPM		Beneficios de TPM	
Salario de experto mensual	400	Venta de Ejes-Piñones	\$4.169
Material de didáctico	30		
Publicidad de TPM	60		
Pérdida de horas por operario	352		
Compras de repuestos indispensables	500		
COSTOS TOTALES	\$1.342	BENEFICIOS TOTALES	\$4.169

Se concluye que con el beneficio en un mes se pueden cubrir los costos de implantación del TPM.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El enfoque tradicional de las empresas es “Yo opero y tú reparas”, con la implementación de la metodología TPM en el Taller Mecánico, este tipo de pensamiento cambió por el de “Yo soy responsable de mi equipo”, ya que este sistema de mantenimiento ayudo a reducir las averías en los equipos, aumentando la disponibilidad y disminuyendo las paradas por reparaciones menores. Todo esto tiene como resultado que los productos sean entregados con calidad, en el día y hora señalada según la programación de producción. Además los lugares de trabajo son limpios y agradables creando un clima de positivismo en los operarios.

El producto que se fabrica en el Taller Mecánico es el Eje-Piñón, el mismo que se elabora en 9 etapas, para el análisis de esta línea no se tomó en cuenta la etapa 8, cementado por ser tercerizada, en base a esto se desarrolló la metodología del Mapeo de la Cadena de Valor (VSM), donde se determinó que la etapa 3, Fresado es el cuello de botella.

Se determina que la mayor cantidad de problemas fueron encontrados en los equipos de mecanizado Torno, Fresadora y en el área de la Bodega de repuestos y herramientas, en esta bodega se aplicó la técnica ABC, para clasificar los repuestos según su criticidad y para las máquinas se implantó un programa de mantenimiento autónomo.

Se especificaron las actividades tanto para el departamento de producción como para el departamento de mantenimiento, quedando establecido que los del departamento de producción harán actividades básicas como limpieza, lubricación y ajustes menores como apriete de pernos y tuercas. Todas estas actividades son parte del mantenimiento autónomo pilar fundamental de la metodología TPM, en cambio el departamento de mantenimiento realizará actividades donde se necesita tener un conocimiento más especializado sobre los equipos.

Para controlar los procesos se implantaron indicadores como el OEE y el Índice de Prevención de Fallas. El cálculo del OEE antes de la implementación de la mejora fue 28%, y después de la mejora 41%, incrementándose un 13% la productividad del Taller.

El Índice de Prevención de Fallas, para los equipos de mecanizado, Torno disminuyó de 4 a 0.42 puntos y para la Fresadora de 10.17 a 0.51 puntos, observándose como los paros no planificados disminuyen drásticamente a causa de las mejoras implantadas.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda que se siga con el Equipo TPM, para que se de seguimiento a las actividades, porque un sistema de este nivel requiere de una característica muy importante que es la paciencia y el compromiso de todo el Recurso Humano que labora en el Taller.

La alta dirección se debe comprometer a entregar los recursos necesarios para sostener todas las actividades TPM, considerando que este esfuerzo es una inversión y no un gasto, esto le permitirá al Taller mejorar los índices de producción y ser más competitivos.

Dividir el Taller en dos secciones, la una para servicios y la otra para actividades académicas, en vista de que los estudiantes pueden dañar los equipos y disminuir la confianza de los clientes en el momento de realizar sus trabajos.

Para seguir mejorando se debe implantar otras metodologías descritas en la Tabla 10, las mismas que ayudarán a reducir aún más los desperdicios.

ANEXOS

ANEXO 1

DEMANDA DEL EJE PIÑÓN EN EL 2009

DESCRIPCIÓN	MESES												TOTAL (\$)
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	NOV.	DIC.	
EJE-PIÑÓN	6827.39	5226.445	7339.215	7528.44	5266.49	5806.28	4671.405	6327.45	8160.88	8716.325	5836.86	5226.245	76933.42
RUEDA													
DENTADA	3100.16	2166.45	1993.83	2766.44	3716.44	4228.46	3971.73	3966.42	3214.76	2969.76	2446.25	2118.675	36659.34
EJES	2289.17	1988.16	1638.28	2339.47	1988.19	2844.73	3162.93	2283.75	1993.76	1394.79	1836.93	2164.47	25924.60
OTROS	726.43	493.28	392.42	617.425	493.80	799.26	672.965	437.42	3771.69	669.84	644.77	428.42	10147.70
SUB-TOTAL	12943.15	9874.33	11363.735	13251.8	11464.905	13678.7	12479.03	13015	17141.08	13750.705	10764.8	9937.81	149665.055

PRODUCTOS	VENTAS ANUAL (\$)	PROMEDIO MENSUAL (\$)	COSTO UNITARIO DEL PRODUCTO.	PRODUCCIÓN MENSUAL (UND)	DEMANDA MENSUAL (UND)
EJE PIÑÓN	76.93	6411.12	192,00	33	60
RUEDA DENTAD	36.66	3054.95	96,00	-	-
EJES	25.92	2160.38	75,00	-	-
OTROS	10.15	845.64	-	-	-
TOTAL (\$)	149.7				

ANEXO 2

PREGUNTAS PARA ENTREVISTA AL JEFE DE PRODUCCION

1. ¿Cómo es el proceso de producción?
2. ¿Quién toma la decisión en el proceso de producción?
3. ¿Existe flujo de información en el ambiente de trabajo?
4. ¿Están siendo correctamente utilizados los trabajadores de planta?
5. ¿Tiene algún problema con la obtención o el uso de las herramientas de trabajo?
6. ¿Cómo fluye el trabajo a través de los departamentos de producción?
7. ¿Qué tan bien balanceada esta la línea de producción?
8. ¿Existen partes esperando a ser procesadas en la línea de producción?
9. ¿Cree que el tiempo de puesta a punto de las maquinas es un problema?
10. ¿La parada de maquinas es un problema?
11. ¿Todo el personal usa las mismas políticas de producción?
12. ¿Tienen suficiente espacio para el inventario de partes y materia prima?
13. ¿Usa el proceso los correctos equipos, herramientas y maquinarias?

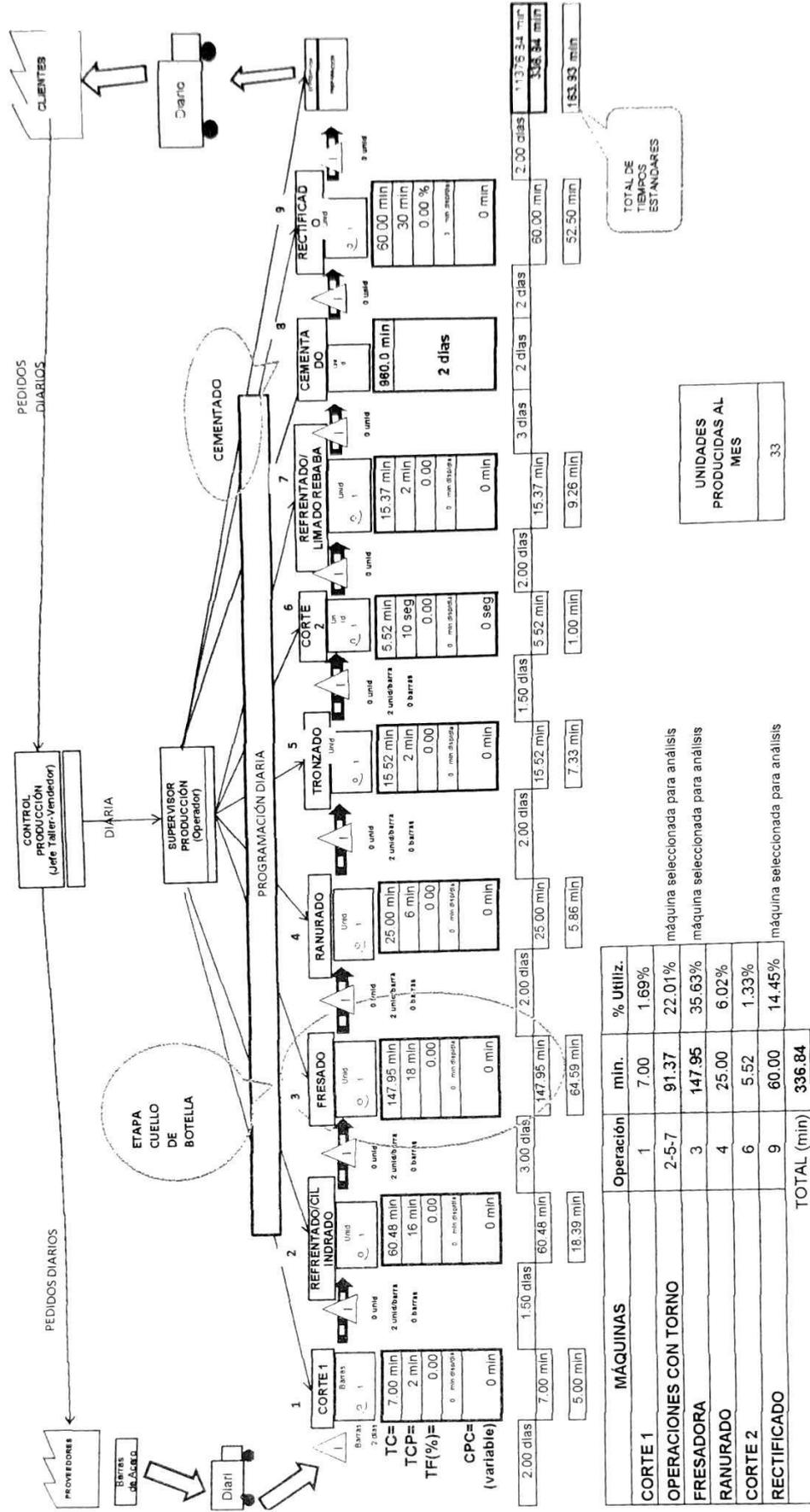
ANEXO 3

CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

# Pregunt	Respuesta del Jefe del Taller	Clasificación de los Problemas
1	El proceso de producción no es eficiente.	Problema proceso y Problema tecnología
2	El Jefe del Taller toma la decisión en el proceso producción después de un consenso con el personal pero el jefe frecuentemente no se encuentra lo cual paraliza el proceso de producción.	Problema proceso y Problema cultura.
3	El flujo de información entre Jefe del Taller y operarios es pobre	Problema cultura
4	No se optimiza el tiempo disponible de los trabajadores	Problema proceso y Problema cultura.
5	Los operarios para obtener las herramientas se demoran más de lo normal	Problema proceso
6	El trabajo fluye de forma lenta a través de las áreas de producción.	Problema proceso y Problema tecnología.
7	No está balanceada la línea de producción	Problema proceso
8	Existen varias unidades esperando a ser procesadas.	Problema proceso y Problema cultura.
9	No existe el herramental completo en cada estación de trabajo.	Problema proceso, Problema cultura y Problema tecnología.
10	No se tiene programa de mantenimiento	Problema proceso y Problema cultura.
11	No se tiene tiempos producción estandarizados y no hay instructivos de trabajos.	Problema proceso y Problema cultura.
12	La distribución del taller es más con fines académicos	Problema proceso.
13	No usa el proceso los equipos, herramientas y maquinarias correctos	Problema proceso y Problema tecnología.

ANEXO 4

MAPEO DE LA CADENA DE VALOR ACTUAL (VSM)



ANEXO 5

TIEMPOS ESTANDARES DE OPERACIÓN

PROCESO	Tiempo total (min)
Corte 1	5

PROCESO	Tiempo total (min)
Corte 2	1

VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES										
PROCESO	R (radio)	e (mm)	Np (# pasadas)	Ar de avc. (mm)	Ar de acab. (mm)	Rpm avance	Rpm acabado	Tiempo de desb. (min)	Tiempo de acab. (min)	Tiempo total (min)
Refrentado	19	2	9	0.1	0.25	227.36	369.23	8.31	0.23	8.54

VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES									
PROCESO	L (mm)	Np (# pasadas)	V. avance (m/min)	V. acabado (mm)	Rpm avance	Rpm acabado	Tiempo de desb. (min)	Tiempo de acab. (min)	Tiempo total (min)
Cilindrado	300	2.5	0.5	0.25	227.36	369.24	6.60	3.25	9.85

VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES						
PROCESO	L (mm)	Np (# pasadas)	V. avance (m/min)	Tiempo de desb. (min)	Tpo camb. (min)	Tiempo total (min)
Tronzado	4	2	0.1	0.35	6.98	7.33

VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES								
PROCESO	R (radio)	e (mm)	Np (# pasadas)	Ar de avc. (mm)	Rpm avance	Tiempo de desb. (min)	Limado de rebaba	Tiempo total (min)
Refrentado y limado de rebaba	18	1.5	10	0.3	227.36	3.96	5.3	9.26

VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES												
PROCESO	π	D (mm)	L (mm)	Va (m/min)	Z (# dlient)	Ad (avac.)	constante	Cant. Rev.	Tpo/dlient (min)	N° dlient. (# pasadas)	Np (# pasadas)	Tiempo Total(min)
Fresado	3.14	32	75	45	14	0.1	1000	10.00	1.20	12	4.5	64.59

VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES												
PROCESO	π	D (mm)	L (mm)	Va (m/min)	Z (# dlient)	Ad (avac.)	constante	Cant. Rev.	Tpo/dlient (min)	N° dlient. (# pasadas)	Np (# pasadas)	Tiempo Total(min)
Chaveteado	3.14	5	40	45	4	0.1	1000	42.00	1.47	1	4	5.86

VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES						
PROCESO	L (mm)	constante	Np (# pasadas)	Rpm	a (m/min)	Tiempo total (min)
Rectificado	90	21	32	227.36	0.5	52.50

OPERACIONES	Tiempo de operación en min
Corte 1	5.00
Corte 2	1
Refrentado	8.54
Cilindrado	9.85
Tronzado	7.33
Refrentado y Limado de Rebabas	9.26
Fresado	64.59
Chaveteado	5.86
Rectificado	52.50
TOTAL (min)	163.93

ANEXO 6

INSTRUMENTO DE ENTREVISTA

PROCESO

1. ¿Existe un programa formal de mantenimiento preventivo?
a. Pobre Mediano Bueno
b. _____
2. ¿Qué nivel de conocimiento tiene sobre tiempos estándares de operación?
a. Pobre Satisfactorio Bueno
b. _____
3. ¿Para realizar sus actividades utilizan instructivos de trabajo?
a. Nunca A veces Siempre
b. _____
4. ¿Sus trabajos cumplen estándares de Calidad?
a. Nunca A veces Siempre
b. _____
5. ¿Se demora mucho tiempo para encontrar repuestos y/o herramientas para seguir con su proceso de producción?
a. Nunca A veces Siempre
b. _____
6. ¿Considera que es un problema el tiempo de recorrido entre máquinas?
a. Nunca A veces Siempre
b. _____
7. ¿Existen productos en la línea que necesitan reproceso?
a. Nunca A veces Siempre
b. _____
8. ¿Con que frecuencia terminan una orden de producción?
a. Nunca A veces Siempre
b. _____
9. ¿Con que frecuencia el producto tiene que esperar por estar la máquina dañada?
a. Nunca A veces Siempre
b. _____
10. ¿Existen interrupciones del proceso entre estaciones de trabajo?
a. Nunca A veces Siempre
b. _____

ANEXO 7

CLASIFICACIÓN DE DESPERDICIOS

TALLER MECÁNICO								
NÚMERO PREGUNTA	RESPUESTAS	DESPERDICIO	ENTREVISTADOS					TOTAL
			1	2	3	4	5	
PROCESO								
1	Existe a medias un programa de mantenimiento preventivo	Proceso	1	1	1	0	0	3
3	A veces utilizan instructivos de trabajo para realizar sus actividades	Proceso	1	0	0	1	0	2
4	A veces cumplen los estándares de calidad	Proceso	1	1	0	0	1	3
7	Si existen productos que necesitan reproceso	Proceso	1	1	0	0	0	2
10	Hay interrupciones en el proceso entre estaciones de trabajo	Proceso	1	0	1	1	1	4
5	Existe demora para encontrar repuestos y/o herramientas para seguir con el proceso de producción	Espera	1	1	0	1	1	4
6	El tiempo de recorrido entre máquinas es muy largo	Espera	1	0	1	1	1	4
8	Las ordenes de producción se retrasan	Espera	1	1	1	0	1	4
9	A veces se espera por estar la máquina dañada	Espera	0	0	1	0	0	1
2	No tenemos conocimiento de tiempos estándares de operación	RRHH	1	1	0	0	0	2
CULTURA								
2	Nunca se realizan estudios de tiempos del proceso de producción	RRHH	1	1	0	0	0	2
3	No se desarrollan instructivos para realizar los trabajos	RRHH	1	1	0	0	0	2
7	A veces estamos supervisados muy de cerca y no tenemos ordenes exactas para realizar los trabajos en el proceso de producción.	RRHH	1	1	1	1	0	4
8	Estamos sobrecargados de trabajo	RRHH	0	1	0	0	1	2
9	Es pobre el flujo de información entre el jefe y los operarios.	RRHH	1	0	1	1	1	4
10	Se cambia frecuentemente de orden de trabajo	RRHH	1	0	1	1	1	4
1	Las máquinas son medianamente confiables	Proceso	1	1	1	1	1	5

6	No estamos de acuerdo con la distribución de las máquinas.	Proceso	1	1	0	1	0	3
4	No se realizan inspecciones de calidad en los trabajos	Defecto	1	1	0	1	1	4
5	A veces están disponibles los repuestos y herramientas para realizar un trabajo continuo en el proceso.	Espera	1	1	1	0	0	3
TECNOLOGÍA								
1	Los equipos de control de calidad están en buen estado	Proceso	1	1	0	0	0	2
4	La producción de piezas fluye rápidamente.	Proceso	1	1	1	1	0	4
2	A veces se entregan a tiempo las órdenes de trabajo.	Espera	1	1	1	1	0	4
3	Las máquinas no están disponibles debido a fallas de funcionamiento	Espera	0	0	0	0	1	1

ANEXO 8

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DE LOS EQUIPOS

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL EQUIPO

Grupo: 1 Descripción del Equipo Bodega de Herramientas
Fecha: 08/10/2010 Evaluado por: Equipo TPM

Condición General: La bodega se encuentra totalmente en desorden, los repuestos y herramientas no estan clasificados, a demás se observa que el área es muy pequeña.

Apariencia/Limpieza: El área no se encuentra limpia

Comodidad de operación: Incomodo
Seguridad: Buena

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL EQUIPO

Grupo: 1 Descripción del Equipo Torno
Fecha: 08/10/2010 Evaluado por: Equipo TPM

Condición General: Manguera de refrigerante goteando, virutas regadas sobre la máquina y en el piso, desorden en su armario de herramientas cerca del torno, pernos flojos en la carcasa del torno, cables expuestos sin tener algun tubo de recubrimiento.

Apariencia/Limpieza: Suciedad en toda la máquina y en el piso

Comodidad de operación: Buena
Seguridad: Regular, con riesgo de accidentes

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL EQUIPO

Grupo: 1 Descripción del Equipo Fresadora
Fecha: 08/10/2010 Evaluado por: Equipo TPM

Condición General: Refrigerante salpica cuando la pieza esta girando,
aceite derramado por filtro, en el piso tienen puesto
aserrin para no resbalarse, cables expuestos sin
tubo o manguera de recubrimiento.

Apariencia/Limpieza: Suciedad en el piso

Comodidad de operación: Buena
Seguridad: Regular, con riesgo de accidentes

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN ACTUAL DEL EQUIPO

Grupo: 1 Descripción del Equipo Rectificadora
Fecha: 08/10/2010 Evaluado por: Equipo TPM

Condición General: Pernos flojos en protector de piedra de pulir, bandas
de transmisión flojas y sin protección, cables
expuestos y sin recubrimiento de alguna manguera,
manguera de refrigerante parchada con liga de caucho

Apariencia/Limpieza: El área está limpia

Comodidad de operación: Buena
Seguridad: Crítico

ANEXO 9

CÁLCULO DEL OEE ANTES DE LAS MEJORAS

MÁQUINA TORNO

CÁLCULO DE EFICIENCIA						
TIEMPOS	SEMANAS					
	Cod	1	2	3	4	Total
Tiempo Total min	A	1125.6	1125.6	1125.6	1125.6	4502.4
Tiempo de Paros Planeados min	B	90	90	90	90	360
Tiempo Disponible min	C = A-B	1035.6	1035.6	1035.6	1035.6	4142.4
Tiempo de Paros no Planeados	D	346.5	422.9	374.2	298.2	1441.86
Tiempo de Operación min	E = C- D	689.1	612.66	661.38	737.4	2700.54
ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD	F = E/C	0.67	0.59	0.64	0.71	0.65
Producción Total (Unidades)	G= Buena +K	9	8	8	8	33
Producción Técnica (min/und)	H	34.98	34.98	34.98	34.98	34.98
Producción Técnica unidades	I = E/H	19.70	17.51	18.91	34.98	77.20
ÍNDICE DE RENDIMIENTO	J = G/I	0.46	0.46	0.42	34.98	0.43
Producción Rechazada Unidades	K	0	0	0	0	0
ÍNDICE DE CALIDAD	L= (G-K)/G	1	1	1	1	1.00
OEE TOTAL (porcentaje)	OEE = F*J*L*100	0.30	0.27	0.27	24.91	28%
Paros no planeados (min)						
Ajuste, calibración		18.9	50.82	24.36	17.22	111.3
Busqueda de Herramientas		121.8	109.2	113.4	96.6	441
Afilado de Cuchillas		16.38	21	34.86	28.56	100.8
Falta de Materia Prima		39.9	12.6	18.48	14.7	85.68
Averías Mecánicas		97.02	163.8	105	85.26	451.08
Fallas Eléctricas		35.7	46.62	60.48	39.9	182.7
Falta de Ordenes de Producción		16.8	18.9	17.64	15.96	69.3
Total Paros no Planeados (min)		346.5	422.94	374.22	298.2	

MÁQUINA FRESADORA

CÁLCULO DE EFICIENCIA						
TIEMPOS	SEMANAS					
	Cod	1	2	3	4	Total
Tiempo Total min	A	1125.6	1125.6	1125.6	1125.6	4502.4
Tiempo de Paros Planeados min	B	42	42	42	42	168
Tiempo Disponible min	C = A-B	1083.6	1083.6	1083.6	1083.6	4334.4
Tiempo de Paros no Planeados	D	399	483	462	365.4	1709.4
Tiempo de Operación min	E = C- D	684.6	600.6	621.6	718.2	2625
ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD	F = E/C	0.63	0.55	0.57	0.66	0.61
Producción Total (Unidades)	G= Buena +K	9	8	8	8	33
Producción Técnica (min/und)	H	64.59	64.59	64.59	64.59	258.36
Producción Técnica unidades	I = E/H	10.60	9.30	9.62	11.12	40.64
ÍNDICE DE RENDIMIENTO	J = G/I	0.85	0.86	0.83	0.72	0.81
Producción Rechazada Unidades	K	0	0	0	0	0
ÍNDICE DE CALIDAD	L= (G-K)/G	1	1	1	1	1.00
OEE TOTAL (porcentaje)	OEE = F*J*L*100	0.54	0.48	0.48	0.48	49%
Paros no planeados (min)						
Ajuste, calibración		23.1	25.2	29.4	27.72	105.42
Busqueda de Herramientas		125.16	134.4	108.36	131.04	498.96
Derramen de Refrigerante		79.8	90.3	83.16	59.64	312.9
Falta de Materia Prima		10.08	18.9	26.04	22.68	77.7
Averías Mecánicas		67.2	136.92	120.54	46.62	371.28
Fallas Eléctricas		32.76	14.28	23.1	26.46	96.6
Cambio de Utillaje		60.9	63	71.4	51.24	246.54
Total Paros no Planeados (min)		399	483	462	365.4	

MÁQUINA RECTIFICADORA

CÁLCULO DE EFICIENCIA						
TIEMPOS	SEMANAS					
	Cod	1	2	3	4	Total
Tiempo Total Min	A	1125.6	1125.6	1125.6	1125.6	4502.4
Tiempo de Paros Planeados min	B	20	20	20	20	80
Tiempo Disponible min	C = A-B	1105.6	1105.6	1105.6	1105.6	4422.4
Tiempo de Paros no Planeados	D	40	27	35	52	154
Tiempo de Operación min	E = C- D	1065.6	1078.6	1070.6	1053.6	4268.4
ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD	F = E/C	0.96	0.98	0.97	0.95	0.97
Produccion Total (Unidades)	G= Buena +K	9	8	8	8	33
Producción Técnica (min/und)	H	52.50	52.50	52.50	52.50	52.50
Producción Técnica unidades	I = E/H	20.30	20.54	20.39	20.07	81.30
ÍNDICE DE RENDIMIENTO	J = G/I	0.44	0.39	0.39	0.40	0.41
Producción rechazada unidades	K	0	0	0	0	0
ÍNDICE DE CALIDAD	L= (G-K)/G	1	1	1	1	1.00
OEE TOTAL (porcentaje)	OEE = F*J*L*100	0.43	0.38	0.38	0.38	39%
Paros no Planeados (min)						
Ajuste, calibracion		40	27	35	52	154
Averías Mecánicas		0	0	0	0	0
Fallas Eléctricas		0	0	0	0	0
Total Paros no Planeados (min)		40	27	35	52	

ANEXO 10

HOJA DE INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Máquina Torno

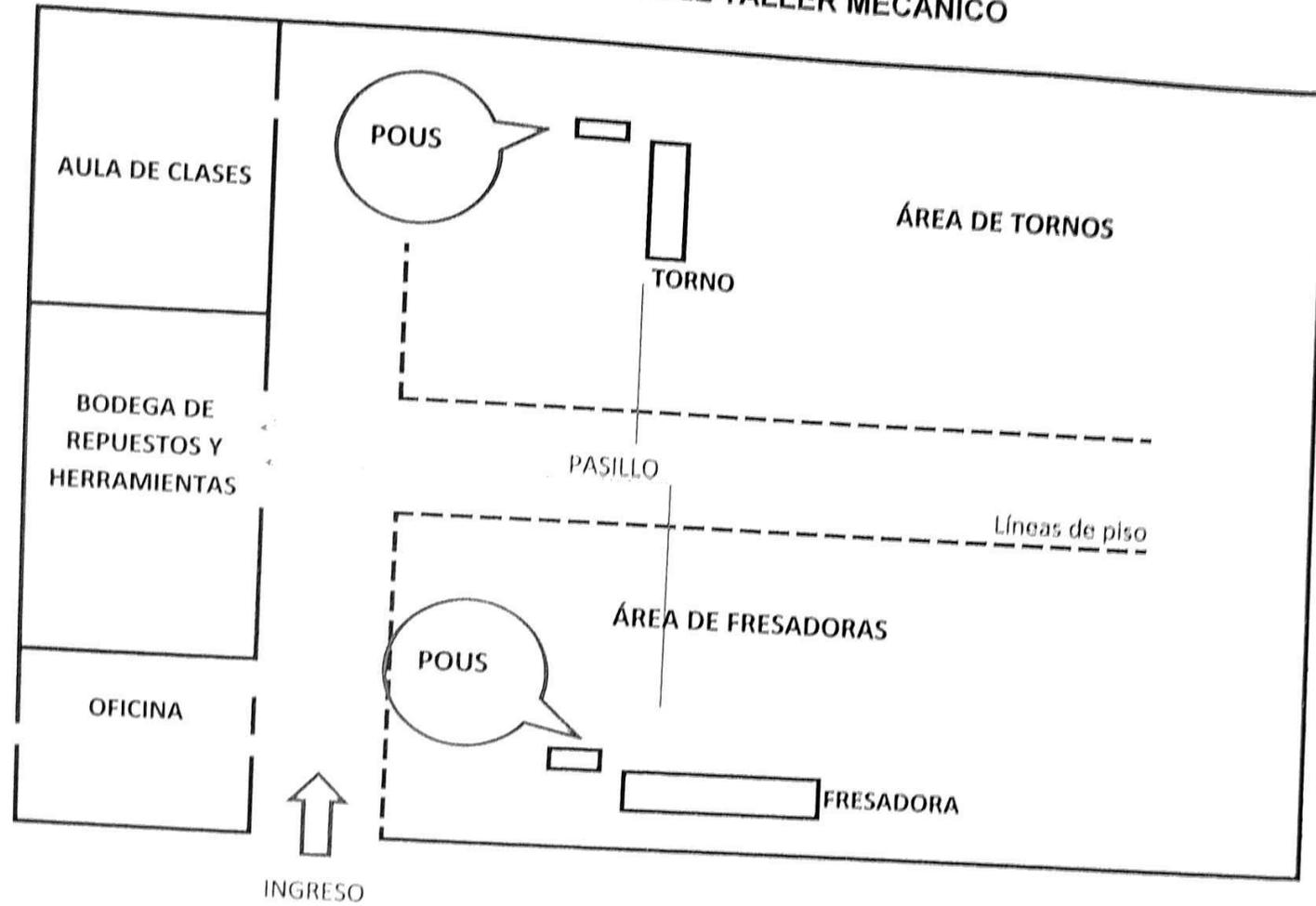
CATEGORÍA	INSTRUCTIVO	RECURSOS UTILIZADOS	RESPONZABLE
GENERAL	Limpie el equipo después de usarlo, devuelva los materiales y herramientas a la bodega al final de la jornada, ajuste pernos y tuercas cada semana y revise mensualmente las bandas.	Franela y llaves más utilizadas	Operario
ELÉCTRICO	Desconecte primero el equipo y ponga un cartel con aviso de mantenimiento, realice los ajustes al sistema eléctrico como reparación de protectores de cables, limpieza y revisión de los paneles eléctricos y de lamparas de aviso de emergencia cada mes.	Repuestos y llaves	Mantenimiento
LUBRICACIÓN	Mantenga los lubricantes y grasas en la bodega siempre limpios, clasificados y ordenados. Después de lubricar la máquina asegúrese de limpiar con franela las boquillas, aplique solo la cantidad necesaria y el lubricante correcto para cada parte de la máquina, aceite SAE 40 para la bancada y gasa de alta resistencia para rodamientos y engranajes.	Engrasador y aceitera	Operario
LUGAR DE TRABAJO	Limpie el piso de su área de trabajo dos veces al día, mantenga siempre ordenadas sus herramientas y si hay material innecesario devuelvalo a su sitio.	Escoba y recogedor de basura	Operario
CONTROL	El supervisor al final del día, debe realizar un check list para verificar el fiel cumplimiento de las actividades.	Tablero con check list	Supervisor

Máquina Fresadora

HOJA DE INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
CATEGORÍA	INSTRUCTIVO	RECURSOS UTILIZADOS	RESPONZABLE
GENERAL	Limpie el equipo después de usarlo, ajuste pernos y tuercas cada semana, revise mensualmente las bandas y limpie la maya metálica antes y después de usar el equipo.	Franela y llaves mas utilizadas	Operario
ELÉCTRICO	Desconecte primero el equipo y ponga un cartel con aviso de mantenimiento, realice los ajustes al sistema eléctrico como reparación de protectores de cables, limpieza y revisión de los paneles eléctricos mensualmente.	Repuestos y llaves	Mantenimiento
LUBRICACIÓN	Mantenga los lubricantes y grasas en la bodega siempre limpios, clasificados y ordenados. Después de lubricar la máquina asegurese de limpiar con franela las boquillas, aplique solo la cantidad necesaria y el lubricante correcto para cada parte de la máquina, aceite SAE 40 para la bancada y gasa de alta resistencia para rodamientos y engranajes.	Engrasador y aceitera	Operario
LUGAR DE TRABAJO	Coloque la protección alrededor de la boquilla del refrigerante para evitar que salpique el líquido, limpie el piso de su área de trabajo dos veces al día y mantenga siempre en orden sus herramientas en el lugar indicado.	Escoba y recogedor de basura	Operario
CONTROL	El supervisor al final del día, debe realizar un check list para verificar el fiel cumplimiento de las actividades.	Tablero con check list	Supervisor

ANEXO 11

VISTA SUPERIOR DEL TALLER MECÁNICO



ANEXO 12

FRECUENCIAS DE FALLAS EN EL MES DE OCTUBRE/2010

FALLAS	DÍAS																															TOTAL
	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	
Búsqueda de Herramientas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	23
Averías Mecánicas	1				2	1		1				2	1		2	1		1	1	1		1										18
Derrame de Refrigerante				1	1		1					1	1			1				1												10
Cambio de Utillaje	1			1			1					1	1							1												8
Fallas Eléctricas					1				1							1					1				1							6

ANEXO 13

LISTA CRÍTICA DE REPUESTOS

Nombre de la parte	Stock mínimo (Anual)	Uso	Proveedor	Costo Unitario (\$)	Costo Total Anual	Frecuencia	Acumulada	Calificación
Juego de contrapuntos giratorios	2	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	1800,00	3600,00	21,00	21,00	A
Adaptador para mandril	2	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	1000,00	2000,00	11,67	32,66	A
Engranajes de 220mm	3	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	600,00	1800,00	10,50	43,16	A
Mandril universal	1	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	1300,00	1300,00	7,58	50,74	A
Engranajes de 110mm	3	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	400,00	1200,00	7,00	57,74	A
Fresa elicoidal	2	Fresadora	Ivan Bohoman	550,00	1100,00	6,42	64,16	A
Rodamientos cónicos	2	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	480,00	960,00	5,60	69,76	A
Luneta	2	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	440,00	880,00	5,13	74,89	A
Fresa dientes rectos	2	Fresadora	Ivan Bohoman	390,00	780,00	4,55	79,44	A
Barra de mandrilado	2	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	340,00	680,00	3,97	83,41	B
Rodamientos de Aguja	2	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	320,00	640,00	3,73	87,14	B
Husillo simple	1	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	500,00	500,00	2,92	90,06	B
Bandas	6	Fresadora	Ivan Bohoman	80,00	480,00	2,80	92,86	B
Leva de placa ranurada	1	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	390,00	390,00	2,27	95,13	B
Leva cilíndrica	1	Cabezal fijo Torno	Ivan Bohoman	300,00	300,00	1,75	96,88	C
Polea de propulsión de paso variable	1	Fresadora	Ivan Bohoman	220,00	220,00	1,28	98,16	C
Abrazadera de avance transversal	1	Fresadora	Ivan Bohoman	180,00	180,00	1,05	99,21	C
Poleas	1	Fresadora	Ivan Bohoman	120,00	120,00	0,70	99,91	C
Aceite para lubricación (gal)	1	Todas las máquinas	Ivan Bohoman	15,00	15,00	0,09	100,00	C
					17145,00	100,00		

FORMATO PARA MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

ANEXO 14

MÁQUINA: TORNO

Pieza	Condición Óptima	Método	Herramienta	Acción en caso anormal	Intervalo				Responsable
					D	S	M	A	
1 Cabezal móvil	No suciedad	Limpiar	-	-					Operador
1-1 Bolante	Suave	 		Lubricar					Operador
1-2 Palanca	Suave	 		Lubricar					Operador
1-3 Contra cabezal	No suciedad/ruido anormal	 		Informe al supervisor					Operador
1-4 Desgaste de contracabezal	Nivelado	Rectificar		Informe al Dpto. mante.					Operador
2 Cabezal fijo	Limpio	Limpiar		-					Mantenimiento
2-1 Engranajes	Sin fugas	Apretar		Apretar o reemplazar					Operador
2-2 Poleas	No ruido inusual			Informe al supervisor					Operador
2-3 Bandas	No fisuradas			Informe al Dpto. mante.					Operador
2-4 Motor	No sobrecalentamiento			Informe al Dpto. mante.					Mantenimiento
3 Carro portaherramientas	Limpio	 		-					Operador
3-1 Carro principal	No suciedad	Limpiar		-					Operador
3-2 Carro transversal	No suciedad	Limpiar		-					Operador
3-3 Carro orientable	No suciedad	Limpiar		-					Operador
4 Cadena cinemática	Sin fugas	Ajustar		Informe al supervisor					Operador
4-1 Caja de velocidades	Sin sobrecalentamiento			Informe al Dpto. mante.					Operador
4-2 Caja de avance	Cantidad especificada de aceite			Llenar hasta la marca					Mantenimiento
4-3 Ejes de avance	Sin fisuras			Informe al supervisor					Operador

Tocar = 

Escuchar = 

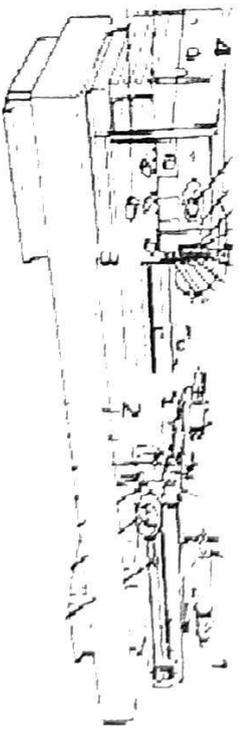
Mirar = 

D = Día

S = Semana

M = Mes

A = Año



FORMATO PARA MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

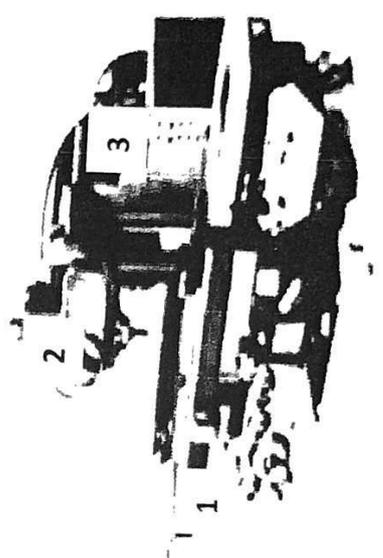
Pieza	Condición Óptima	Método	Herramienta	Acción en caso anormal	MÁQUINA FRESADORA																
					Intervalo			Responsible	D	S	M	A									
					D	S	M														
1 Mesa	No suciedad	Limpiar		-																	
1-1 Manivela de avance	Suave																				Operador
1-2 Guías	Limpias			Lubricar																	Operador
1-3 Carátula de avance	Suave			Lubricar																	Operador
2 Bastidor Giratorio	Limpio			Informe al supervisor																	Operador
2-1 Engranajes	Sin fugas	Limpiar																			Operador
2-2 Poleas	No ruido inusual	Apretar																			Operador
2-3 Bandas	No fisuradas			Apretar o reemplazar																	Operador
2-4 Motor	No sobrecalentamiento			Informe al supervisor																	Operador
3 Husillo	Limpio			Informe al Dpto. mante.																	Mantenimiento
3-1 Brazo Superior	Suave	Limpiar		Informe al Dpto. mante.																	Mantenimiento
3-2 Brazo inferior	Suave																				Operador
3-3 Carátula de velocidad	Limpia																				Operador

Tocar =

Escuchar =

Mirar =

D = Día
S = Semana
M = Mes
A = Año



ANEXO 17

CÁLCULO DEL OEE DESPUÉS DE LA MEJORA

MÁQUINA: TORNO

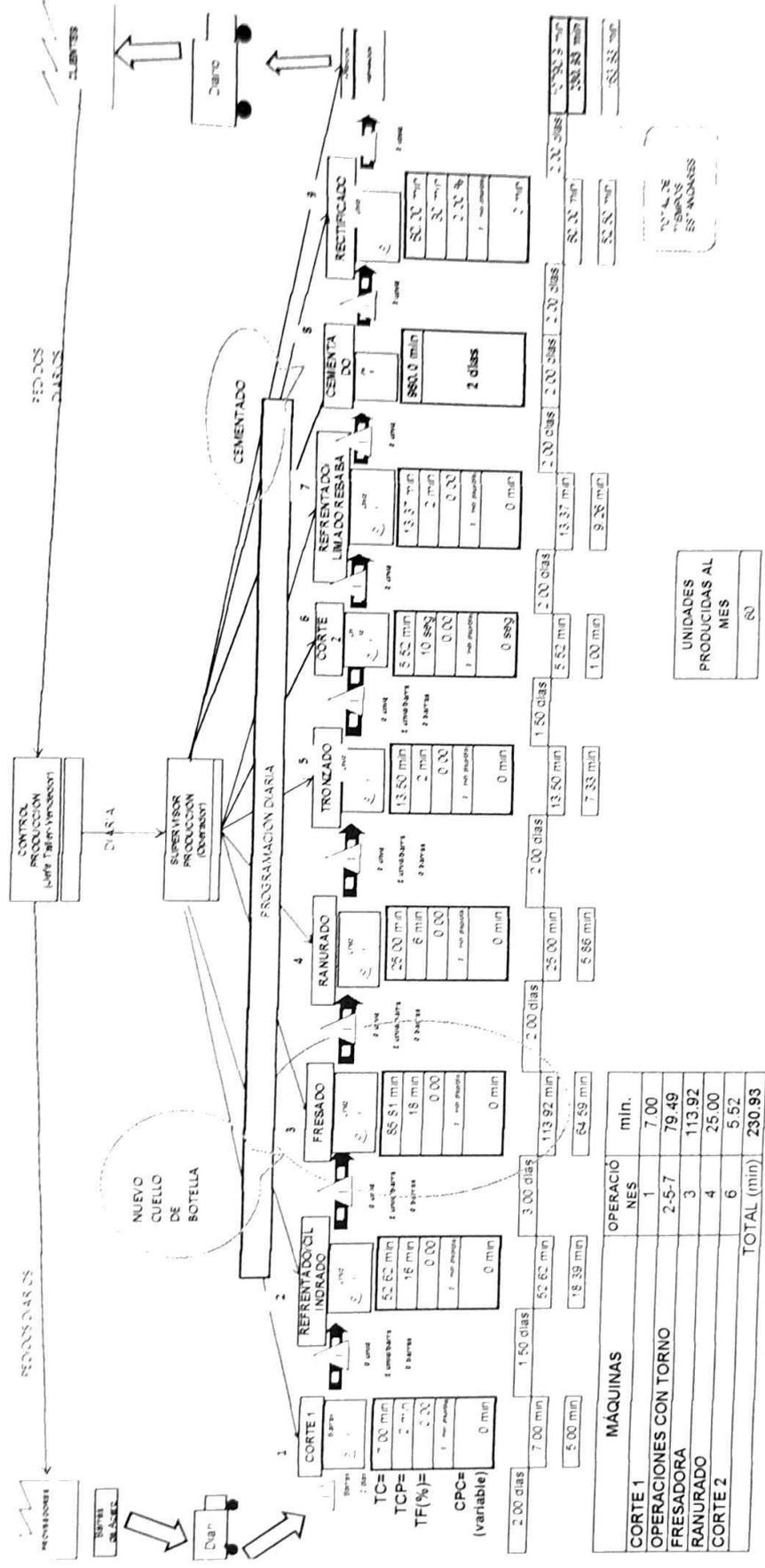
CÁLCULO DE EFICIENCIA						
TIEMPOS	SEMANAS					
	Cod	1	2	3	4	Total
Tiempo Total min	A	1125.6	1125.6	1126	1125.6	4502.4
Tiempo de Paros Planeados min	B	90	90	90	90	360
Tiempo Disponible min	C = A-B	1035.6	1035.6	1036	1035.6	4142.4
Tiempo de Paros no Planeados	D	36.96	37	36.12	43	153.3
Tiempo de Operación min	E = C- D	998.64	998.64	999.5	992.34	3989.1
ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD	F = E/C	0.96	0.96	0.97	0.96	0.96
Produccion Total (Unidades)	G= Buena +K	12.00	12.00	12.00	12.00	48
Producción Técnica (min/und)	H	34.98	34.98	34.98	34.98	34.98
Producción Técnica Unidades	I = E/H	28.55	28.55	28.57	28.37	114.04
ÍNDICE DE RENDIMIENTO	J = G/I	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Producción Rechazada Unidades	K	0	0	0	0	0
ÍNDICE DE CALIDAD	L= (G-K)/G	1	1	1	1	1.00
OEE TOTAL (porcentaje)	OEE = F*J*L*100	0.41	0.41	0.41	0.41	41%
Paros no Planeados (min)						
Ajuste, calibración		2.1	2.1	2.1	2.1	8.4
Busqueda de Herramientas		0	0	0	0	0
Afilado de Cuchillas		1.26	1.26	1.26	1.26	5.04
Falta de Materia Prima		25.2	27.3	23.1	29.4	105
Averías Mecánicas		0	0	0	0	0
Fallas Eléctricas		0	0	0	0	0
Falta de Ordenes de Producción		8.4	6.3	9.66	10.5	34.86
Total Paros no Planeados (min)		36.96	37	36.12	43.26	

MÁQUINA: FRESADORA

CALCULO DE EFICIENCIA						
TIEMPOS	SEMANAS					
	Cod	1	2	3	4	Total
Tiempo Total Min	A	1125.6	1125.6	1126	1125.6	4502.4
Tiempo de Paros Planeados min	B	42	42	42	42	168
Tiempo Disponible min	C = A-B	1083.6	1083.6	1084	1083.6	4334.4
Tiempo de Paros no Planeados	D	12.18	21	28.14	24.78	86.1
Tiempo de Operación min	E = C- D	1071.4	1062.6	1055	1058.82	4248.3
ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD	F = E/C	0.99	0.98	0.97	0.98	0.98
Producción Total (Unidades)	G= Buena +K	12.00	12.00	12.00	12.00	48
Producción Técnica (min/und)	H	64.59	64.59	64.59	64.59	64.59
Producción Técnica Unidades	I = E/H	16.59	16.45	16.34	16.39	65.77
ÍNDICE DE RENDIMIENTO	J = G/I	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73
Producción Rechazada Unidades	K	0	0	0	0	0
ÍNDICE DE CALIDAD	L= (G-K)/G	1	1	1	1	1.00
OEE TOTAL (porcentaje)	OEE = F*J*L*100	0.72	0.72	0.72	0.72	72%
Paros no planeados (min)						
Ajuste, calibración		2.1	2.1	2.1	2.1	8.4
Busqueda de Herramientas		0	0	0	0	0
Derramen de Refrigerante		0	0	0	0	0
Falta de Materia Prima		10.08	18.9	26.04	22.68	77.7
Averías Mecánicas		0	0	0	0	0
Fallas Eléctricas		0	0	0	0	0
Cambio de Utillaje		0	0	0	0	0
Total Paros no Planeados (min)		12.18	21	28.14	24.78	

ANEXO 19

MAPA DE LA CADENA DE VALOR FINAL (VSM)



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Womack J. P., Jones D. T. y Roos D. "The Machine that Changed the World. (La Máquina que Cambió el Mundo)", www.revecap.com/revista/números/03/pdf/fernandez.pdf, Noviembre 10, 2009.
- [2] Fernández. "7 Formas del Desperdicios", <http://www.slideshare.net/jcfdezmx2/7-formas-del-desperdicio-presentation>, Noviembre 21, 2009.
- [3] Barcia, K., "*Manual para Mejorar Sistemas de Producción y Servicio*", ESPOL, Ecuador, octubre 2007.
- [4] Rojas, J. "Manual de Mapeo de Cadena de Valor", www.gestiopolis.com, <http://www.gestiopolis.com/recursos5/docs/ger/mapeoca.htm>, Noviembre 18, 2009.
- [5] Martínez, C. "Desarrollo de Modelos Industriales. Cadena de Valor", www.monografias.com, <http://www.monografias.com/trabajos28/cadena-de-valor/cadena-de-valor.shtml?monosearch>, Noviembre 18, 2009.
- [6] Suzuki T, *TPM en Industrias de Proceso*, Márquez de Cuba 1^{era} Edición, Madrid, España 1995.

- [7] Fernández, G., Conceptos de TPM, www.elprisma.com/ingenieria/Industrial/tpmmantenimientoproductivototal.asp
- [8] NAKAJIMA, S. *Introducción al TPM. Japan Institute for Plant Maintenance*, 1^{era} Edición, Año 1991.
- [9] _____ " Mantenimiento Productivo Total ".
Wikipedia.com, [http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_productivo_tota](http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento_productivo_total)
l, Octubre del 2010.
- [10] Steve, F. *Tecnología de las Máquinas-Herramientas*, Alfaomega 5^{ta} Edición, México Octubre 2001.