



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 Manufactura
Celular.”**

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

ROBERTO JAVIER JARAMILLO CALIZ

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2011

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi familia, mi novia,
en especial al Ing. Víctor
Guadalupe, al Dr. Kléber
Barcia y cada una de las
personas que contribuyeron
al desarrollo de este estudio
por sus valora-
bles conocimientos de ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Víctor Guadalupe E.
DIRECTOR DE TESIS



Dr. Andrés Abad R.
VOCAL

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)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roberto Jaramillo', with a horizontal line drawn through the middle of the signature.

Roberto Javier Jaramillo Caliz

RESUMEN

La organización es un Taller Mecánico-Eléctrico pertenece a una institución de educación de nivel medio, este Taller se utiliza en la parte académica a través de prácticas de mecanizado con estudiantes y también para la prestación de servicio como medio de autogestión. Este trabajo se enfoca al área de mecánica industrial, mecanizado de piezas mecánicas en vista de que representa el 85% de los ingresos del Taller.

El Taller cuenta con máquinas que han sido obtenidas mediante donaciones de organizaciones de los Gobiernos de: Alemania, Bélgica e Italia, las mismas tienen más de 65 años de utilización.

Lo que conllevó a realizar un estudio más riguroso sobre tiempos de operación, desperdicios de tiempo por transportación y otros, para minimizar o eliminar desperdicios de los procesos de fabricación del Taller Mecánico.

El objetivo de esta Tesis es la aplicación de un proceso de mejora continua en un Taller Mecánico utilizando la técnica de Manufactura Celular.

Para lograr este objetivo se realiza una recopilación de bibliografía la misma que sustenta el marco teórico que se necesita para el desarrollo de este trabajo, dentro de este marco teórico, se habla sobre conceptos de

producción esbelta, filosofías, diagramas de flujo, y técnicas de mejoramiento continuo.

Para identificar los problemas y desperdicios se utilizó diagrama de recorrido, encuesta al Jefe y operarios del Taller, tiempos estándares y mapa de la cadena de valor de la situación actual del proceso de producción del Eje-piñón.

En donde se determinó que la mayor cantidad de desperdicios se encontraba en el tiempo de transportación de estación de trabajo a estación de trabajo y dentro de ella, en los tiempos de operaciones para transformar el producto, también se observó el descontento entre operadores debido a la carga de trabajo.

Con el análisis anterior se procede a sugerir e implementar una metodología que ayude a eliminar o minimizar los desperdicios, esta ponderación realizada se determina que la herramienta más adecuada para corregir estos problemas es la Manufactura Celular.

Con la implementación de esta Manufactura Celular se necesita determinar el estado de cómo se encuentra el proceso y para ello se realiza una medición antes y después de la implementación, a través de dos indicadores como son: el de productividad y eficiencia.

Con la implementación obtenida se observó que los indicadores mejoraron en un 100% en productividad y el 3.27% en eficiencia, cabe recalcar que la medición de eficiencia no preocupa a los directores del Taller porque los equipos son utilizados en diferentes operaciones relacionada con la ejecución de otros productos.

De todo este trabajo se concluye indicando que se cumple con los objetivos de reducir de 7 máquinas de mecanizado a 5, el sistema de producción por celda de manufactura es más productivo y eficiente, el beneficio económico que se obtiene después de las mejoras se cubre en un mes los costos de la implementación y se obtiene un ingreso adicional en el Taller Mecánico de \$5.713 mensualmente

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ABREVIATURAS.....	XII
SIMBOLOGÍA.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.....	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Objetivos de la Tesis.....	5
1.3 Metodología Usada para el Desarrollo de la Tesis.....	6
1.4 Estructura de la Tesis.....	8

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	10
-----------------------	----

2.1 Marco Conceptual de Producción Esbelta.....	10
2.2 Conceptos Mapeo de la Cadena de Valor (VSM).....	25
2.3 Manufactura Celular.....	43
2.4 Indicadores.....	50
2.5 Tiempos Estándar.....	51
2.6 Balance de Líneas.....	57

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO.....	63
3.1 Antecedentes.....	63
3.2 Descripción del Proceso.....	69
3.3 Definición de los Problemas del Proceso.....	74
3.4 Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) Actual.....	90
3.5 Identificación de Desperdicios.....	93
3.6 Análisis de la Eficiencia Actual.....	106

CAPÍTULO 4

4. MEJORAS EN EL PROCESO.....	112
4.1 Implementación de Manufactura Celular.....	112
4.2 Cronograma de Implementación.....	130
4.3 Mapeo de la Cadena de Valor Final.....	133
4.4 Análisis de la Eficiencia de la Propuesta.....	136

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS ESPERADOS.....	139
5.1 Medición y Evaluación de las Mejoras.....	139
5.2 Análisis de Costo-Beneficio.....	147

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	151
6.1 Conclusiones.....	151
6.2 Recomendaciones.....	153

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

est	Estimado
PCs	Computadoras Personales
\$	Dólares Americanos
seg	Segundo
tpo	Tiempo
unid	Unidad
VSM	Mapa de la Cadena de Valor
%	Porcentaje
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices

SIMBOLOGÍA

h	Hora
HP	Caballo de Fuerza
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
min.	Minuto
rpm	Revolución por minuto
s	segundo

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Metodología de la Tesis.....	6
Figura 2.1	Pasos para Identificar y Eliminar Desperdicios.....	14
Figura 2.2	Mapa de la Cadena de Valor del Estado Actual.....	28
Figura 2.3	Mapa de la Cadena de Valor del Estado Futuro.....	30
Figura 2.4	Matriz de Familias de Productos.....	45
Figura 2.5	Balance de Línea de Producción.....	58
Figura 3.1	Diagrama de Pareto Ingresos del 2009.....	66
Figura 3.2	Análisis % Elementos Químicos Típico del Acero SAE 7210.....	68
Figura 3.3	Ejes-Piñones Cementados.....	68
Figura 3.4	Cilindrado.....	69
Figura 3.5	Refrentado.....	70
Figura 3.6	Segado o Tronzado.....	70
Figura 3.7	Fresa.....	71
Figura 3.8	Chavetero y Chaveta.....	72
Figura 3.9	Rectificadora Planeadora.....	73
Figura 3.10	Diagrama de Recorrido del Eje-piñón.....	95
Figura 3.11	Arreglo de Máquinas.....	96
Figura 4.1	Distribución Celda de Manufactura.....	131
Figura 4.2	Cronograma de Implementación de la Manufactura Celular.....	132
Figura 4.3	Mapa de la Cadena de Valor Final.....	135
Figura 5.1	Diagrama de Recorrido del Operario (Antes de Mejora).....	141
Figura 5.2	Diagrama de Recorrido del Operario en la Celda de Manufactura (Después de Mejora).....	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	1	Características de los Procesos.....	59
Tabla	2	Porcentajes de los Tiempos Ciclos Estándar de cada Proceso.....	60
Tabla	3	Números Personas Requeridas para cada Proceso.....	61
Tabla	4	Balance de la Línea Producción.....	62
Tabla	5	Cantidad de Productos Terminados.....	78
Tabla	6	Tiempo Promedio para Producto Terminado.....	79
Tabla	7	Productos en Proceso Después de un Día de Trabajo...	79
Tabla	8	Productos Rechazados en un Día.....	80
Tabla	9	Expectativas del Taller.....	81
Tabla	10	Frecuencia de Ocurrencia de los Problemas de Producción.....	89
Tabla	11	Distancias y Tiempos de Transporte.....	94
Tabla	12	Parte de Tabla de la Clasificación de Desperdicios....	100
Tabla	13	Agrupación de Datos.....	101
Tabla	14	Porcentajes de Presencia de Desperdicios.....	103
Tabla	15	Tiempos de Operación y Máximo Disponibles del Taller.....	107
Tabla	16	Selección de Técnicas Lean.....	110
Tabla	17	Clasificación de las Técnica Lean.....	111
Tabla	18	Matriz Familias Productos.....	114
Tabla	19	Diagrama de Flujo de Proceso Actual del Eje-piñón.....	119
Tabla	20	Diagrama de Flujo de Proceso Mejorado del Eje-piñón..	121
Tabla	21	Características de la Operaciones.....	123
Tabla	22	Porcentajes de los Tiempos Ciclos Estándar de Cada Operación.....	124
Tabla	23	Números de Personas Requeridas Para Cada Operación.....	126
Tabla	24	Balanceo de la Línea Producción de Eje-piñón.....	128
Tabla	25	Porcentajes de Utilización de Máquinas de la Línea de Eje-piñón.....	129
Tabla	26	Tiempos de Operación y Máximo Disponible del Taller...	137
Tabla	27	Comparación de la Productividad Antes y Después de la Implantación de la Manufactura Celular.....	143
Tabla	28	Tiempos de Ciclos del Taller (Antes de Mejora).....	144
Tabla	29	Tiempos de Ciclos del Taller (Después de Mejora).....	145
Tabla	30	Comparación de la Eficiencia Antes y Después de	

		la Implementación de la Manufactura Celular.....	146
Tabla	31	Costo de Implementación de la Manufactura Celular.....	148
Tabla	32	Costos vs Beneficios de la Implementación de la Manufactura Celular.....	150

INTRODUCCIÓN

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 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. 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 a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere.

En el caso de los talleres mecánicos que ofertan servicios de maquinado al sector público e industrial en la ciudad de Guayaquil y en particular el Taller en estudio se puede notar que la producción no fluye de manera continua, existe ineficiencia y mala ubicación de las máquinas, mucho de los trabajos no son óptimos, los tiempos de producción son elevados. Además la comunicación entre el Jefe Producción y los operarios no es adecuada, excesivo recorrido de los operarios y desorganización de la bodega de repuestos para minimizar estos problemas se plantea el objetivo de Tesis el mismo que consiste en la aplicación de un proceso de mejora continua en un Taller Mecánico utilizando la técnica de Manufactura Celular.

Para cumplir con las metas trazadas se propone utilizar la siguiente metodología: primero se realizó la descripción de la situación actual del proceso de producción del Taller por medio del mapeo de la cadena de valor para entender cómo funciona el sistema de producción, segundo se identificó los problemas y desperdicios del proceso de producción con el propósito de dar la respectiva solución, tercero se implementa las mejoras que consiste en la aplicación de la Manufactura Celular, cuarto se efectuó un análisis y evaluación de los Indicadores para determinar el avance del proceso en estudio, quinto se entregó Conclusiones y recomendaciones.

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 Metalmecánico 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 metalmecánica tanto la industria automotriz como la de la producción de autopartes de todo tipo, muchas de ellas de origen metalmecánico.

La industria 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

En el Taller Mecánico se propone implementar una mejora continua al proceso a través de la aplicación de una técnica de manufactura esbelta, su principio se fundamenta en la eliminación de todo tipo de desperdicio o variables que no se han estudiado en ésta organización y a su vez sirve como referencia para su respectiva aplicación en los diferentes talleres mecánicos, creando un efecto positivo en la disminución de los tiempos de producción, en el incremento de la productividad y por ende generando más ingresos económicos en el Taller para su permanencia en el mercado.

1.2 Objetivos de la Tesis

Objetivo General

Aplicar un proceso de mejora continua en un Taller Mecánico utilizando la técnica de Manufactura Celular.

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 optimizar 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.

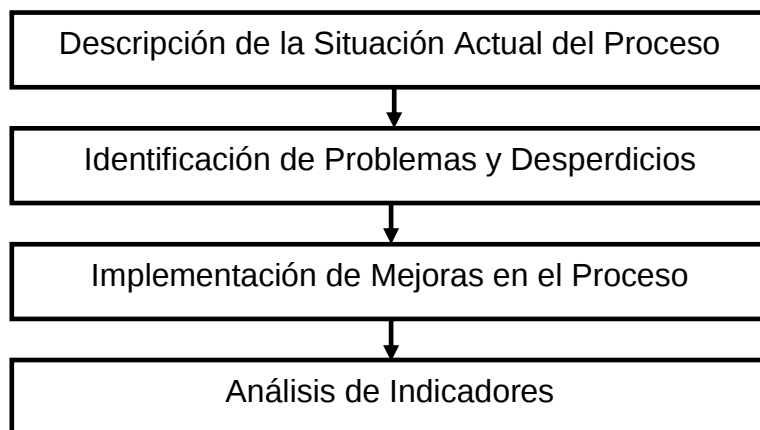


FIGURA 1.1. METODOLOGÍA DE LA TESIS

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

Descripción de la Situación Actual del Proceso

El análisis de la situación actual del proceso se realiza a través de una reunión con el Jefe del Taller, en donde se identifican fortalezas y debilidades, que dará 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

Se realiza encuestas a los operarios de diferentes áreas para 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 parte 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 el avance 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 muestra el problema a ser tratado en la tesis, la justificación del porque se escogió el tema, así como el objetivo general y los objetivos específicos que permitirán alcanzar las metas propuestas en el desarrollo de la tesis. En la metodología se describen los pasos para el desarrollo del presente proyecto de la Tesis.

Capítulo Dos: Marco Teórico

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

Capítulo Tres: Descripción de la Empresa y el Proceso

Describe la situación actual de la organización, la forma como fluye el proceso a través del uso de diagramas de flujo, así como también la identificación de los problemas y desperdicios, además

se implementa indicadores para medir el proceso y por último se selecciona la técnica más adecuada de producción esbelta que ayude a resolver los problemas potenciales encontrados.

Capítulo Cuatro: Mejoras en el Proceso

Se implementa la técnica seleccionada de producción esbelta, además se elabora un cronograma de implementación, luego se desarrolla un VSM (Mapeo de la Cadena de Valor) final y para concluir se implementa indicadores para medir el proceso mejorado.

Capítulo Cinco: Resultados Esperados

Se presentan todos los resultados obtenidos durante el Desarrollo de este estudio, y al final se efectúa 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 y los cambios implantados en el proceso. Posteriormente se dan algunas recomendaciones para mejorar el proceso en base a los estudios realizados.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual 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 a las empresas que no la incorporen no les será posible subsistir.
- La globalización ha 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, la flexibilidad es la clave del éxito y éste es progresivo.

Procedimiento

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

PASO 1 DEFINICIÓN DE LOS PROBLEMAS DEL PROCESO	1.1 Conversar con el Jefe de producción. 1.2 Realizar medidas de referencia. 1.3 Identificar los problemas del proceso. 1.4 Priorizar y seleccionar problemas.
--	---

PASO 2 IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS	2.1 Preparar entrevista. 2.2 Entrevistar trabajadores de producción. 2.3 Analizar datos. 2.4 Interpretar resultados y clasificar desperdicios.
PASO 3 ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS	3.1 Planear eliminación de desperdicios. 3.2 Comunicar plan. 3.3 Implementar plan.
PASO 4 MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE MEJORAS	4.1 Realizar medidas después de mejoras. 4.2 Comparar mediciones. 4.3 Comunicar resultados.

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 desperdicios 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 porque 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 duplica el trabajo. 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 a material olvidado, líneas no balanceadas, errores de programación, etc.

Esperar por cualquier cosa que detenga el proceso (o dónde se detenga el trabajo): alguien que ejecute un paso, equipo, información, inventario de trabajo en fila, una aprobación, una copiadora, un fax, una computadora, una impresora, etc.

Otra forma de esperar es la falta de material para producir, retraso en el procesamiento de un lote, máquinas descompuestas, cuellos de botella, aprobación de trabajos 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, entre o incluso dentro de un mismo proceso. Temporalmente localizar y mover materiales, gente, información o papeles más allá de lo estrictamente necesario. Incluye archivar o ubicar cosas en sitios temporales. Por ejemplo transportar el material en proceso a largas distancias, transportación ineficiente y 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 e inspección [2].

Procesamiento Extra

Se genera cuando se extiende el proceso de elaboración de un producto o servicio más de lo necesario y que el cliente no está dispuesto a pagar. Esta forma de desperdicio es más difícil de identificar y eliminar. Reducirlo implica excluir elementos innecesarios del trabajo mismo. Por ejemplo el procesamiento 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 son los movimientos humanos que no son necesarios o generan sobre esfuerzo [2].

Gente Poco Utilizada

También conocido como desperdicio de talento, 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 [3]

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

5'S

Los cinco pasos para la organización del sitio de trabajo originalmente viene de 5 palabras usadas por las industrias manufactureras 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 una 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, dentro y fuera. 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.

Almacenaje en el Punto de Uso (POUS)

Esta técnica Lean establece que la ubicación de las partes, materia prima, herramientas y equipos tienen 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, controla y minimiza los desperdicios de transporte, procesos, recursos humanos, movimientos y esperas.

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. Estos equipos tienen la responsabilidad de estudiar los problemas del proceso e inmediatamente implementar mejoras.

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Es una técnica sistemática que ayuda a eliminar las paradas de 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.

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 de la producción con el tiempo Takt de la demanda.

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 equipos y excesos de inventario (Inventario en proceso, inventario de producto terminado). El sistema Pull consiste en procesar lotes pequeños, bajo inventarios, mejor comunicación y administración directa. Este sistema transforma el

proceso tradicional (Push) en Pull logrando que el proceso entero funcione de manera continua.

2.2 Conceptos 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 el flujo de materiales que empieza desde la materia prima en su estado bruto, 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 detallo 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 valor no 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 MERCADO” 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.

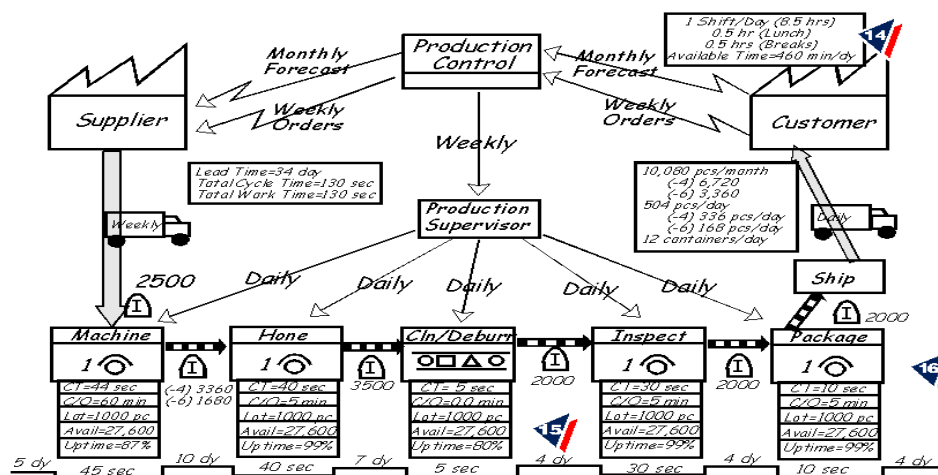
- Distribuir la producción de los diferentes productos en iguales cantidades sobre el tiempo de trabajo del ritmo de producción del proceso (nivele la mezcla de la producción).
- Desarrollar un “PULL INICIAL” liberando y retirando pequeños incrementos de trabajo en el ritmo de producción del proceso. (nivele el volumen de producción).
- Desarrollar la habilidad de hacer cada parte todo los días (después de cada turno, hora y tarima, etc.).

Procedimiento

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

- 1) Dibujar el icono del proveedor, cliente y control de producción.
- 2) Colocar los requerimientos por día y por mes.
- 3) Ubicar la producción diaria y sus requerimientos.
- 4) Diseñar el icono de envío que sale al cliente y dentro de la frecuencia de entrega.
- 5) Bosquejar el icono de entrega al proveedor y dentro de la frecuencia de entrega.
- 6) Agregar los iconos del proceso de izquierda a derecha.
- 7) Añadir los iconos de información abajo de cada proceso.

- 8) Adicionar los iconos de comunicación, información y frecuencia en que se ejecuta.
- 9) Obtener la información del proceso y agregarla en la caja de texto correspondiente.
- 10) Añadir iconos y cantidad de operadores.
- 11) Aumentar iconos de inventarios y días.
- 12) Incrementar iconos de empuje y PEPS (primero en entrar, primero en salir).
- 13) Agregar alguna otra información que sea útil al proceso.
- 14) Adicionar las horas del proceso.
- 15) Revisar los ciclos del proceso esbelto.
- 16) Calcule el tiempo de ciclo total y los días requeridos.



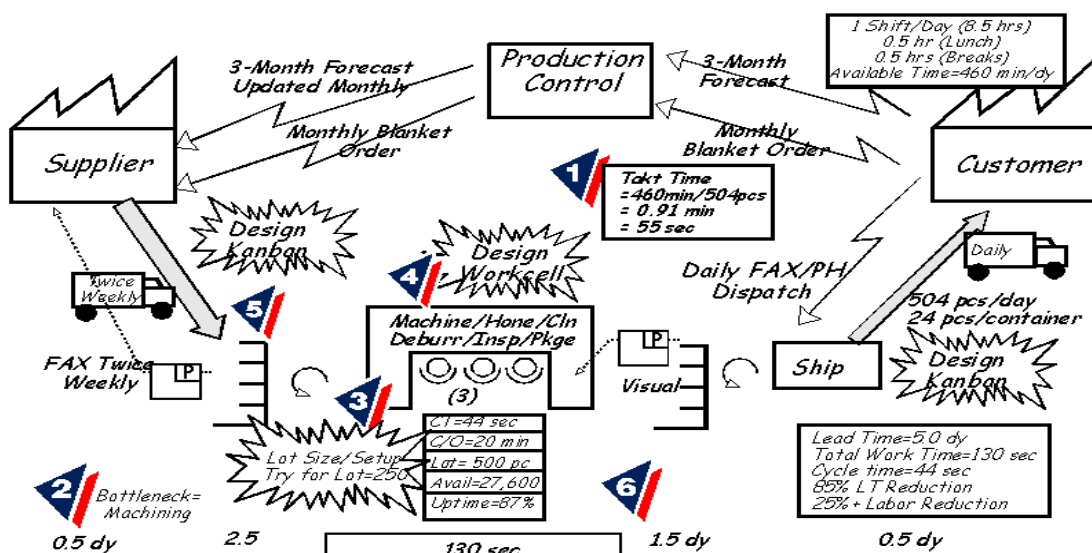
**FIGURA 2.2. MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE
“ESTADO ACTUAL”**

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 genera pérdidas de todo tipo a la empresa; con esto se está generando un mapeo de la cadena de valor del estado futuro, se llama así porque es como se desea que esté la empresa con los cambios aplicados a futuro [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 optimizar 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. Identificar las estaciones potenciales de trabajo, si es necesario se determina el uso de celdas de trabajo para perfeccionar el mismo.

- e. Determinar 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. Establecer 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 el menor tiempo posible, mejor balanceo de operación y disminuir el personal operativo.
- 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, en el cual 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 es estándar y hay muchas variaciones. Se crean de acuerdo a las necesidades de cada mapeo o empresa. Allí su utilización es estándar para que todos los que la usen o vean tengan el mismo patrón y la vean desde un mismo punto de vista. Los símbolos que se van a utilizar en esta tesis son los siguientes [4]:

Simbologías de Proceso

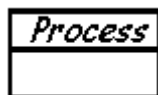
A continuación se presentan y describen los diferentes iconos de proceso que se ubicarán en el mapa de la cadena de valor:

Cliente / Proveedor



Este ícono representa al proveedor y se coloca dentro del recuadro del mapeo, en la parte superior del lado izquierdo, el cliente también está representado por este icono, pero éste se coloca en la parte superior derecha indicando el flujo de información.

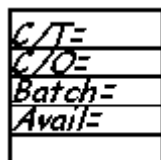
Caja de Procesos



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, aún cuando algunos WIP (Trabajo en Proceso) en inventario se acumulan 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

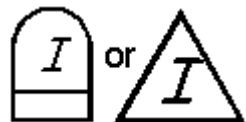


Este icono indica que múltiples procesos están adentro de una celda de trabajo. Tales celdas usualmente procesan productos limitados de familias o en caso un solo producto.

Simbologías de los Materiales

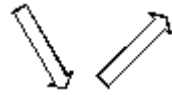
A continuación se presentan y se describen los diferentes iconos de materiales que se ubicarán en el mapa de la cadena de valor:

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 está 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 éste icono 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 éste icono cuando los procesos se conectan con un PEPS método que limita la introducción de información. El producto que primero se fábrica o elabora es el que primero se va a enviar a su siguiente operación o embarque.

Cargamento Externo

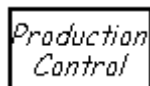


Se refiere al transporte, ya sea de servicio al cliente o bien del transporte del surtimiento de la materia prima a la empresa o fábrica.

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



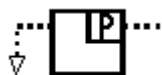
Este icono señala que se proporciona información manual para la elaboración de productos, generalmente se enfoca en las órdenes de trabajo.

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 preferencia sub-ensambles, para producir un determinado número de productos o artículos.

Balanceo 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 ubicarán 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 en el 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.

Caso Estudio

En una ensambladora de PCs, se tenía el objetivo de mejorar el proceso de ensamble de PCs, implementando una metodología basada en el mapeo de la cadena de valor (VSM) se analizó la situación actual de la empresa lo que ayudo a detectar algunos problemas y desperdicios que fue el resultado del análisis del VSM [6].

2.3 Manufactura Celular

La denominación de Manufactura Celular es un término relativamente nuevo que se refiere a la distribución de procesos de producción en una planta industrial. Existen algunas definiciones a continuación se las nombran unas de ellas.

Definición

Es un sistema en el que se agrupa gran números de piezas comunes y se producen en una célula compuesta de todas las máquinas que se necesitan para producir ese grupo [7].

Unión de operaciones manuales y mecánicas en la combinación más efectiva para maximizar el valor agregado y minimizar el desperdicio [8].

Característica

A continuación se presentan las características de la Manufactura Celular [9].

- Flujo continuo – una sola pieza.
- Mínima interacción y movimientos.
- Mínimo espacio.
- Cero almacenamientos de partes.

- Mínimo inventario.
- Control visual.

Procedimiento

Los pasos para aplicar la técnica de Manufactura Celular son 5 que son los siguientes [10]:

Paso 1: Agrupar productos (Group Technology).

Paso 2: Medir la demanda – Establecer tiempo Takt.

Paso 3: Revisar secuencia de trabajo (Process Flow Analysis).

Paso 4: Combinar trabajo en un proceso balanceado.

Paso 5: Diseñar la distribución de célula.

A continuación se explica detalladamente cada uno de los pasos para que se comprenda mejor.

Paso 1: Agrupar Productos (Group Technology).

Es muy importante éste paso porque es el punto de partida para posteriormente formar la célula de manufactura, de todos los productos que fábrica la empresa se forman las familias que son grupos de productos donde cada grupo pasan a través de etapas

similares durante la transformación y por equipos comunes en los procesos para luego seleccionar la familia de productos que se va a fabricar en la célula de manufactura, para formar las familias puede ser fácil con solo observar la secuencia de trabajo pero hay situaciones que es difícil entonces es aquí donde se debe tomar otros tipos de criterios , como hacerlo en función de la similitud en la forma, en el tamaño, en los materiales que lo conforman, en las condiciones medioambientales requeridas, etc.

Una manera más exacta de observar las similitudes de los procesos con respecto a todos los productos y así poder formar las familias es utilizando la matriz de familias de productos donde se ubica en un eje las actividades y en el otro los productos, como se muestra en la Figura 2.4

		ACTIVIDADES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
PRODUCTOS	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

FIGURA 2.4. MATRIZ DE FAMILIAS DE PRODUCTOS

Paso 2: Medir la Demanda – Establecer Tiempo Takt.

En éste segundo paso se refiere al cálculo de la razón a la cual los productos deben ser producidos en la línea de producción para cumplir con la orden del cliente que es equivalente al tiempo Takt, donde para obtener este valor se utiliza la siguiente fórmula.

$$\textit{Tiempo Takt} = \frac{\textit{Tiempo de Trabajo Disponible}}{\textit{Número de Piezas Vendidas}}$$

Una vez que se obtiene el valor del tiempo Takt se calcula el número mínimo de personal que debe tener la célula de manufactura para cumplir con la demanda del cliente, donde para obtener éste valor se utiliza la siguiente fórmula.

$$\# \textit{Mínimo de personal} = \frac{\textit{Duración del Ciclo}}{\textit{Tiempo Takt}}$$

Paso 3: Revisar Secuencia de Trabajo (Process Flow Analysis).

Para diseñar la célula de manufactura se tiene que poseer el conocimiento de todas las actividades que realiza la empresa actualmente para lo cual se observa la secuencia en las actividades de producción que cada trabajador realiza, con el fin de identificar los elementos que agregan valor y los que no agregan

valor dándole un análisis especial a este último para poder minimizarlo o eliminarlo y así crear una secuencia de trabajo con el mínimo valor no agregado para la celda de manufactura.

En este paso se tiene que determinar la capacidad del equipo, tiempo de ciclo y tiempos de ajuste máquinas para el análisis del diseño de la célula.

Paso 4: Combinar Trabajo en un Proceso Balanceado.

Se debe balancear el proceso producción de tal manera que todas las estaciones de trabajo que conforman la línea, trabaje a un solo ritmo y así eliminar los cuellos de botellas que forman altos y bajos lo cual produce que en cada estación se formen sobrecarga de trabajo y en otras con poca carga trabajo.

Paso 5: Diseñar la Distribución de Célula.

Se refiere a la distribución de los recursos a lo largo de la celda de manufactura, para esto se debe considerar lo siguiente.

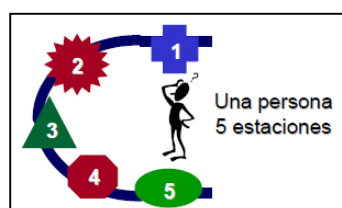
El diseño de la celda de manufactura debe cubrir las metas como la celda sea flexible, el tamaño del lote sea igual a uno si es posible, el almacenaje que sea en el punto de uso y que la celda sea fácilmente visualizada. La celda debe tener un flujo

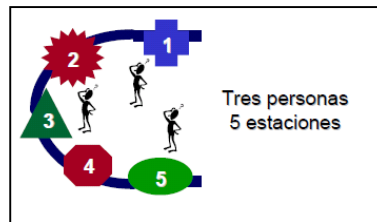
simplificado de materiales integrando las operaciones del proceso y haciendo en lo posible el flujo en una dirección. Minimizar el manejo de materiales concentrando los movimientos con valor agregado y estableciendo un procedimiento de reposición de material. Utilizar el 100% de la capacidad del personal para obtener una optima productividad.

Ventajas

La Manufactura Celular posee las siguientes ventajas [11].

- Reducción de hasta 70-90% de Lead Times e inventarios en proceso.
- Reducción del acarreo de materiales y del espacio utilizado.
- Se enriquece la mano de obra.
- Disminución del setup's de hasta 65-80%.
- Problema de calidad pueden bajar hasta 50-80%.
- Control de planta más simple.
- Mejor comunicación.
- Mejor y más flexible utilización de operarios.





- Mejores relaciones humanas.
 - Los operarios responden positivamente cuando los objetivos son claros y visibles.
 - Los operadores de las máquinas tienen mayor conciencia de la importancia de sus trabajos.
 - La productividad aumenta.
 - Los problemas son enfrentados mejor por “equipos”.

Desventajas

Las desventajas de la Manufactura Celular son casi convergentes de las diferentes fuentes como se puedes notar a continuación.

Desventajas [11].

- Reducción en la utilización de máquinas.
- Reducen la flexibilidad.
- Costo de obsolescencia.
- Costo de paradas.

- Mayor entrenamiento de operarios.
- Métodos tradicionales de justificación no funcionan.
- Herramientas y soporte.

Desventajas [12].

- Incremento del coste y desorganización por el cambio de una distribución por proceso a una celular.
- Normalmente, reducción de la flexibilidad del proceso.
- Potencial incremento de los tiempos inactivos de las máquinas (éstas se encuentran ahora dedicadas a la célula y difícilmente podrán ser utilizadas todo el tiempo).
- Riesgos de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y/o los procesos.

2.4 Indicadores

Eficiencia [13]

La eficiencia es la proporción de los resultados generados en relación con los estándares de resultados prescritos.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Resultado Actual}}{\text{Resultado Estándar}}$$

Se piensa que si se mejora la eficiencia, la productividad aumenta, pero no es así. La eficiencia es una condición necesaria pero no suficiente para alcanzar mayor productividad.

EFICIENCIA ≠ PRODUCTIVIDAD

Productividad [14]

Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

Productividad = Salida/Entradas

Entradas: Mano de Obra, Materia prima, Maquinaria, Energía y Capital.

Salidas: Productos.

2.5 Tiempos Estándar [15]

Definición

El tiempo estándar de una operación, es el tiempo que debería tardarse un operario calificado en realizar una operación, utilizando

un método definido, a una velocidad normal y trabajando en condiciones normales de operación (iluminación, ventilación, ambiente).

Muchas veces se pregunta por qué un operario no cumple su estándar, la definición podría ayudar a dar la respuesta:

- a) ¿Es un operario calificado, o le falta experiencia?
- b) ¿Está utilizando el método correcto?
- c) ¿Está trabajando a una velocidad normal?
- d) ¿Las condiciones de trabajo (iluminación, ventilación, ruido) son aceptables?

Al dar respuesta a las preguntas anteriores, se tiene una buena base para comenzar a hacer mejoras en las operaciones.

Métodos de Obtención Tiempos Estándares

Algunos métodos para calcular tiempos estándares son los siguientes:

- a) Tiempos históricos
- b) Tiempos estimados
- c) Tiempos sintéticos o predeterminados
- d) Tiempos con cronómetro

Tiempos Históricos

Están basados en registros de tiempos que se tienen de trabajos anteriores y que podrían aplicarse al nuevo trabajo u operación. Este método puede resultar bueno siempre que la operación nueva sea igual a la que se tiene registrada, el tiempo que se tiene haya sido bien tomado y el método no se haya modificado. Si se cumplen las condiciones anteriores se puede aplicar con razonable seguridad el tiempo histórico.

Tiempos Estimados

Está basado principalmente en la experiencia de trabajos similares, no necesariamente iguales. Para poner el estándar estimado, se compara el tiempo de una actividad realizada anteriormente, con la nueva operación; si son iguales, se le pone el mismo tiempo, si existe variación se hace el ajuste. De acuerdo a dicha variación, ejemplos:

Anterior: Soldar 2 piezas metálicas 40 cm: Tiempo est 1.

Nueva: Soldar 2 piezas metálicas 60 cm: Tiempo est. 1,5.

Antes: Cierres laterales (camisa) tallas juveniles: Tiempo est. 0,70

Nueva: Cierres laterales (camisa) tallas adultos: Tiempo est. 1,00

Este método es muy utilizado para cálculos rápidos, debe acompañarse con registros históricos y con estudio de tiempos con cronómetro, para operaciones nuevas o que exista algún tipo de dudas.

Tiempos Sintéticos o Predeterminados

Es una técnica de medición del trabajo que utiliza los tiempos predeterminados para los movimientos básicos humanos (clasificados según su naturaleza y condiciones en que se realizan) a fin de establecer el tiempo requerido por una tarea efectuada según una norma de ejecución definida (método).

Algunos movimientos básicos son los siguientes:

Estirar el brazo

Agarrar

Trasladar

Colocar

Soltar

Mover el cuerpo (tronco, piernas)

Existen varios sistemas, entre ellos están:

- a) Sistema de factor trabajo (Work factor)
- b) Medición del tiempo de los métodos (MTM)

Algunas industrias, debido a su tamaño, han utilizado los sistemas básicos generales como el MTM y los ha adaptado a sus propias necesidades. La importancia de los tiempos predeterminados es que se puede efectuar independientemente de la realización de la operación en estudio. Se requiere personal muy especializado para un estudio de esta naturaleza.

Tiempos con Cronómetro

Este sistema de cálculo de tiempos estándares, es el más utilizado por la industria, debido a su relativa simplicidad, exactitud y no requiere de personal altamente especializado para su aplicación. Puede ser utilizado por las micro-empresas, hasta las mega-empresas. Consiste en la utilización de un cronómetro, de preferencia centesimal, para medir el tiempo de las operaciones.

Se puede clasificar en dos tipos:

- a) Método sencillo o global
- b) Método analítico o detallado

El método sencillo o global, consiste en hacer tomas de tiempo de la operación completa; es decir, desde que inicia su operación hasta que hace su movimiento final, en forma “global”.

El método analítico, consiste en hacer una descomposición de la operación en sus movimientos básicos y cronometrar cada uno de ellos de forma independiente y valorándolos de esa misma forma, y con la sumatoria de los resultados individuales llegar hasta el tiempo global.

Fórmula para calcular el Tiempo Estándar

TE = Tiempo Estándar

TN = Tiempo Normal

TP = Tiempo Promedio

Fv = Factor de Valoración

% Tol = Porcentaje de Tolerancia (del tiempo normal)

$$\mathbf{TE = TN + \% Tol.}$$

$$\mathbf{TN = TP \times Fv.}$$

(TE)	Tiempo Estándar	Se obtiene agregándole al tiempo normal un % de tolerancias.
(TN)	Tiempo Normal	Se obtiene sacándole un promedio de los tiempos cronometrados (TP) y multiplicado por su (Fv) Factor de valoración.
(TP)	Tiempo Promedio	Sumatoria de los tiempos cronometrados y dividido por el número de tiempos tomados.

(Fv)	Factor de valoración	Se le llama valoración del esfuerzo o calificación del esfuerzo que hizo el operador cuando realizó la operación o el trabajo. Generalmente se trabaja con un rango del 50% al 150%. Si un trabajo se hizo con una velocidad considerada por el analista como normal se califica con 100%. Si lo hizo más rápido 105%, 110%, 115% ... o si lo hizo más lento 95%, 90%, 85%, 80% ...
% Tol	Porcentaje de tolerancia	Margen de tiempo que se le agrega al tiempo normal calculado como una concesión para las necesidades del operador. Fatiga (5%-10%), necesidades personales (5-15%), maquinaria e instrucciones (5%-15%). Así tenemos un rango general que oscila del 15% 40%. El más usado es del 20 – 25%.

2.6 Balance de Líneas [15]

El balance de líneas de producción es un factor crítico para la productividad de una empresa. Balance, esta palabra en sí ya da una idea de la situación a tratar. Se dice que una línea de producción está balanceada cuando la capacidad de producción de cada una de las operaciones del proceso tiene la misma capacidad de producción, como se puede apreciar en la Figura 2.5, se asemeja a una tubería con un caudal de entrada y uno igual de salida.

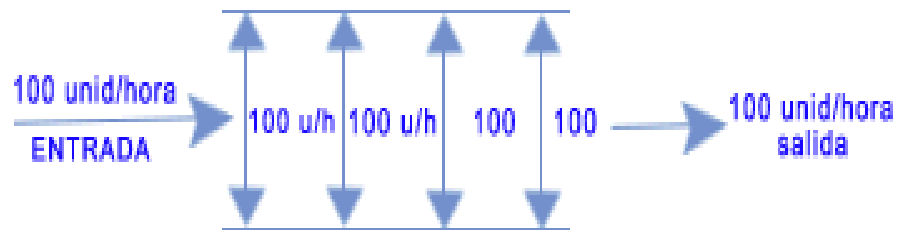


FIGURA 2.5. BALANCE DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN

En cada etapa (operación) del proceso debe existir la misma capacidad de procesamiento para que se logre el balance.

Existe un balance de diseño y un balance real.

El balance de diseño es aquel que se obtiene al calcular el número de máquinas y/o operarios que se requieren para las diferentes operaciones del proceso, tomando la eficiencia 100% como base o tomando una eficiencia máxima normal viable, que podría ser 80% (es variable) de acuerdo al proceso.

El balance de línea real resulta de la puesta en marcha del balance teórico.

La máquina falla, ausentismo del personal, eficiencia baja en algunas operaciones, materiales de mala calidad, fallas de programación. Estos problemas ocasionan cuellos de botella en el proceso y afectan la producción esperada.

Técnica de Balanceo de Línea de Capacidad y Carga [16]

Los pasos para balancear una línea de producción es como se muestra a continuación:

Primero Paso

Se construye una tabla de las características de los procesos, donde la primera columna se registra el número de procesos que tiene la línea de producción a balancear, en la segunda columna se registra el nombre de cada proceso, en la tercera columna se ubica los tiempos ciclos de cada proceso, en la cuarta columna se ubica el tipo de máquina que se utiliza en cada proceso, en la quinta columna se registra el número de cantidad de máquinas que se utilizan en cada proceso y en la última fila de la tercera columna se registra el total de los tiempos de ciclos, como se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1

CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS

N°- PROCESO	NOMBRE	TIEMPO	MÁQUINA	N° CANTIDAD MÁQUINA
	TOTAL			

Segundo Paso

Se construye una tabla de porcentajes de los tiempos ciclos estándar de cada proceso, donde en la primera columna se registra los tiempos ciclos estándar de cada proceso y en la última fila se registra el total de los tiempos, en la segunda columna se registra el porcentaje de cada tiempo de ciclo estándar y en la última fila se registra el total de los porcentajes, como se muestra en la Tabla 2.

TABLA 2

**PORCENTAJES DE LOS TIEMPOS
CICLOS ESTÁNDAR DE CADA PROCESO**

TIEMPO	% PORCENTAJE

Tercer Paso

Se desarrolla una tabla de números de personas requeridas para cada proceso, Haciendo uso de la Tabla 2 se agrega una columna más donde se determina el número de personas que se requieren

para cada proceso, según la ecuación que se muestra a continuación y en la última fila se registra el número total de personas asignada a línea de producción, dando como resultado la Tabla 3.

$$NP = \frac{(TP \times PP)}{100}$$

NP: Número de personas requeridas en el proceso.

TP: Número total de personas asignada a línea de producción.

PP: Porcentaje de tiempo del proceso.

TABLA 3

NÚMEROS PERSONAS REQUERIDAS

PARA CADA PROCESO

TIEMPO	% PORCENTAJE (PP)	N° PERSONAS (NP)

Cuarto Paso

Se procede a balancear la línea en función de la cantidad de tiempo de trabajo para cada operador, de tal manera que los operadores realicen una carga de trabajo exactamente igual en el proceso.

Se construye una tabla de balanceo de la línea de producción donde se registra en la primera columna el número de procesos, en la segunda columna el nombre del proceso, en la tercera columna el número de personas para cada proceso y en la última fila el total y a continuación se ubica una columna por cada persona que se encuentre en la línea de producción donde se registra las cargas de trabajo que tiene que realizar cada persona sumando cada columna uno, como se muestra en la Tabla 4.

TABLA 4

BALANCEO DE LA LÍNEA PRODUCCIÓN

N°- PROCESO	NOMBRE	N° PERSONAS	1ra PERSONA	2da PERSONA	3ra PERSONA
TOTAL PERSONAS					

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y EL PROCESO

3.1 Antecedentes

El Taller Mecánico en estudio se encuentra ubicado en la parte sur de la ciudad de Guayaquil, tiene aproximadamente 30 años dando servicio de elaboración de elementos mecánicos para utilizar en mantenimiento preventivo y correctivo 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 la docencia de estudiantes de ciclos superiores de una institución de educación media, se encuentra funcionando 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 elaboración de piezas para el área de mantenimiento al sector privado y público.

El Taller Mecánico se ha equipado a través de donaciones de países extranjeros y actualmente cuenta con equipos y máquinas herramientas siendo los principales los que se detalla a continuación:

Máquinas Herramientas y Equipos

- 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 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 Afiladora de cuchillas
 - Mesa de 400mm y longitud 600 mm.

- 1 Cortadora semiautomática.
- 3 Sierra.
- Otros.

Para conocer los ingresos del Taller se utiliza el historial estadístico del año 2009, y de esa información se obtiene que el producto que más ingresos obtuvo el taller fue el Eje-piñón con un ingreso de \$76.933,40 dólares americanos, 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 \$ 6.411,12 dólares americanos, cada unidad tiene un precio aproximado de \$ 192,00 dólares americanos. El mercado industrial demanda de éste producto 60 unidades por mes, ver ANEXO 1, la misma que no puede ser cumplida.

El Taller trabaja turnos de 8 horas por día, en la mañana desde las 7h30 hasta las 13h00 y en la tarde desde las 14h00 hasta las 16h30 de lunes a sábado.

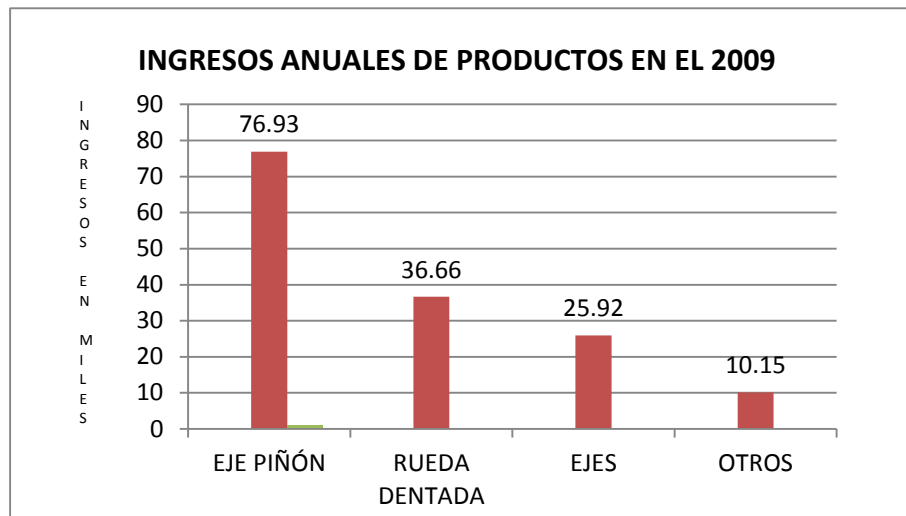


FIGURA 3.1. DIAGRAMA DE PARETO INGRESOS DEL 2009

Como se observa en la Figura 3.1 los productos que más ingresos se obtienen según su orden en el Taller Mecánico son los siguientes:

- Eje-Piñón
- Rueda Dentada
- Ejes
- Otros

Justificación del Producto

Según investigaciones y visitas que se realizaron a los clientes que compran este producto, se determinó que los Ejes-piñones sirven para cajas reductoras de velocidad, con potencia de 10 HP, 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 nuestro medio de este producto debido a que estas cajas reductoras trabajan 24 horas al día y los 365 días del año.

Por todas las observaciones realizadas el producto del Eje-piñón es objeto de análisis en este estudio.

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 TÍPICO
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 mejoren su tenacidad y ductibilidad.

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 revenir el acero adquiriendo éste 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

3.2 Descripción del Proceso

A continuación se describe cada una de las operaciones de 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.

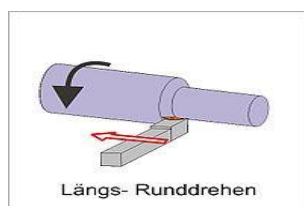


FIGURA 3.4. CILINDRADO

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.

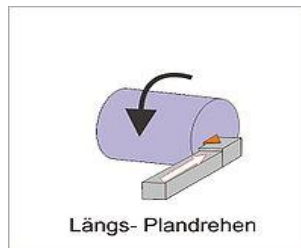


FIGURA 3.5. REFRENTADO

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 alimentados con barras y fabricaciones en serie como herramientas de corte como se muestra en la 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 avances 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 como se muestra en la Figura 3.7.



FIGURA 3.7. FRESA

Chaveteado

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.

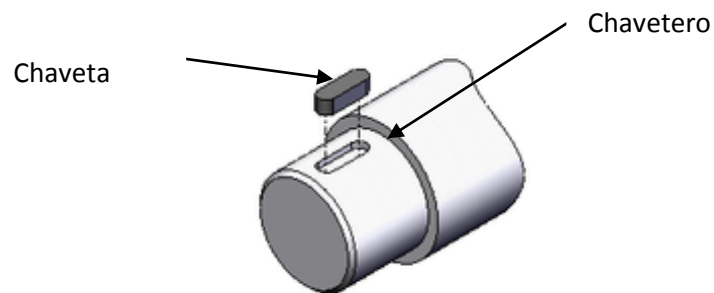


FIGURA 3.8. CHAVETERO Y CHAVETA

Tratamiento Térmico del Acero

Este proceso de tratamiento térmico es tercerizado, ya 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 ésta 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 obtiene información de primera fuente sobre problemas internos que atraviesa el Taller, los cuales están clasificados más adelante, y además se constata estos problemas a través de la observación.

A continuación se explica 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 fuera del taller mecánico 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 que se utilizan para el proceso de producción del producto se encuentran muy distantes, haciendo que el operario realice recorridos excesivos.

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 muy desfasados.

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 del lote 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 el Taller posee más de 50 máquinas y éstas 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 5

CANTIDAD DE PRODUCTOS TERMINADOS

Medida	Actual
Producción	1,4 Ejes-piñones/ día

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

TABLA 6**TIEMPO PROMEDIO PARA PRODUCTO TERMINADO**

Medida	Actual
Tiempo de ciclo	349,09 min/Eje-piñón

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

TABLA 7**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 8

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, la misma que se basa en la demanda del producto

donde se resalta la condición actual y la proyección futura del Taller, generando esto un camino para mejorar el proceso de producción, ver Tabla 9.

TABLA 9

EXPECTATIVAS DEL TALLER

Medidas	Actual	Expectativa	Futuro
Productividad	1,4 Ejes- piñones/día	Incrementar 79%	2,5 Ejes- piñones/día
Tiempo Ciclo de la Línea	349,09 min/Eje-piñón	Disminuir 10%	314,18 min/Eje-piñón

Identificación de los Problemas del Proceso

Los problemas en los procesos son condiciones o conjuntos de circunstancias que se considera que deben ser analizados y de preferencia ser minimizados o eliminados. 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; La segunda categoría de problema 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 problema es cuando el proceso cumple con los resultados deseados, pero algo ha ocurrido y no se están alcanzando las expectativas; La quinta categoría de problema ocurre cuando todo se realiza de acuerdo a las normas de producción pero el proceso aún 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 con el Jefe del Taller, 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 el porqué se clasifica 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 tienen 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 trabajos 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 ciclo entre las estaciones de trabajos, 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 continúa.

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 en 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 correctos.

Problema de proceso: Porque la falta de precisión en el torno y en la fresadora, retrasa 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.

Clasificación y Priorización de Problemas

En la Tabla 10 se encuentran clasificados los diferentes problemas, 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 la más alta hasta la más baja frecuencia.
- Se consideró la ocurrencia de un problema si este ocurre por lo menos unas vez.
- Los problemas de alta prioridad son problemas 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 10, los Problemas de Proceso tienen una frecuencia de ocurrencia de 12 veces según el ANEXO 3, lo que da un 52%, ubicándose en los problemas de alta prioridad según la regla antes mencionada.

TABLA 10

FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LOS PROBLEMAS DE

PRODUCCIÓN

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

3.4 Mapeo de la Cadena de Valor (VSM) Actual

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 el Taller en el mes trabaja 24 días, se obtiene un ritmo de producción de 349,09 min/unid.

$$\frac{24 \text{ días}}{33 \text{ und.}} \times \frac{8 \text{ h}}{1 \text{ día}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 349,09 \frac{\text{min}}{\text{und.}}$$

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.

Como se observa también en el VSM actual (ANEXO 4), el cuello de botella se encuentra en la operación número 3 el mismo que tiene el valor 147,95 min/unid.

Tiempo compartido = Ritmo de producción – Cuello de botella

$$\text{Tpo Compartido} = 349,09 - 147,95 = 201,14$$

$$147,95 + 201,14 = 349,09 \frac{\text{min}}{\text{unid.}}$$

Donde el valor de 147,95 min representa el tiempo efectivo por unidad y el valor de 201,14 min representa 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 lo 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 (349,09 min/unid), con el ciclo de producción de la demanda (192 min/unid.), se observa que existe una demanda insatisfecha y que al seguir trabajando al mismo ritmo no se puede cumplir con la demanda.

Problemas en el VSM Actual

Los problemas que se pueden observar en el VSM actual 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 realizó un cálculo de tiempos estándares de operaciones [17], y los tiempos de operaciones reales están muy por encima de éste tiempo, 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 trabajos, 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, pero en cambio su tiempo de elaboración es mayor.
- Para realizar el análisis en el VSM actual, se toma en cuenta las etapas del 1 al 7 y la 9, la etapa 8 no se considera en vista de que es una operación tercerizada, el cuello de botella es la operación numero 3 el mismo que es el Fresado con 147,95 min efectivos de operación, a esto hay que sumarle el tiempo compartido 201,14 min.

3.5 Identificación de Desperdicios

Para visualizar de una manera más detallada los tiempos del proceso, se recurre a realizar un análisis de recorrido del operario durante todo el proceso de producción del Eje-piñón, se observa que el tiempo de transporte del producto entre estaciones de trabajo y dentro de cada estación de trabajo es de 104,06 min realizando un recorrido de 140 m, como se puede apreciar analíticamente en la Tabla 11 y visualmente en el diagrama de recorrido del Eje-piñón en la Figura 3.10.

TABLA 11

DISTANCIAS Y TIEMPOS DE TRANSPORTE

Etapas	De Operación a Operación	Distancia	Tiempo
1-2.	De Corte 1 a Refrentado/Cilindrado	16 m	10,23 min
2-3.	De Refrentado/Cilindrado a Fresado	14 m	9,34 min
3-4.	De Fresado a Chaveteado	4 m	5,56 min
4-5.	De Chaveteado a Tronzado	8 m	6,57 min
5-6.	De Tronzado a Corte 2	10 m	10,35 min
6-7.	De Corte2 a Refrentado/Limado Rebaba	12 m	13,27 min
7-8.	De Refrentado/Limado Rebaba a Área para enviar a Cementado	20 m	13,46 min
8-9.	De Área para enviar a Cementado a Rectificado	28 m	17,28 min
9-10.	De Rectificado a Área de expedición	28 m	18,00 min
	Total	140 m	104,06 min

Se recurre a realizar una entrevista a los trabajadores del proceso de producción, porque ellos son los que conocen mejor el proceso y así poder determinar la mayor cantidad de desperdicios, para lo que se debe tomar en cuenta es 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.

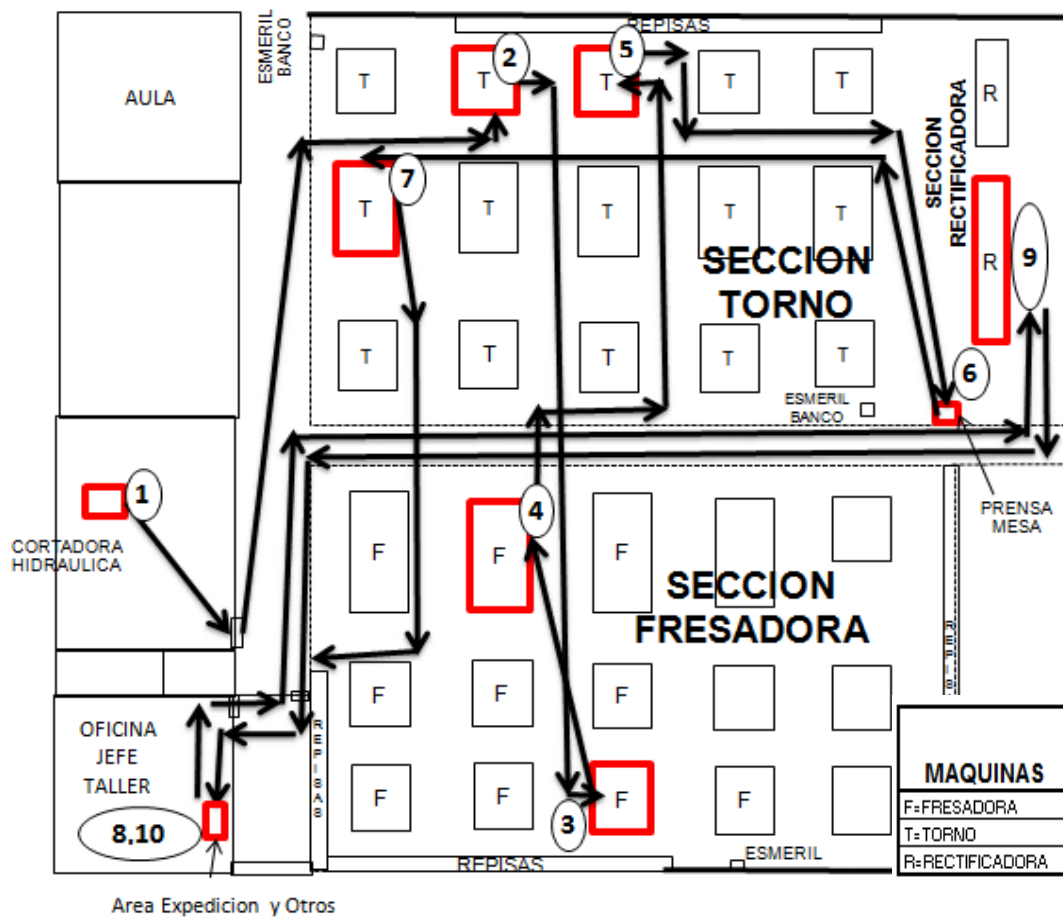


FIGURA 3.10. DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL EJE-PIÑÓN

Observar el Proceso a ser Mejorado

El método de la observación es muy importante, porque ayuda a validar respuestas que se dieron en la entrevista con el Jefe del Taller.

En el Taller Mecánico se observó el proceso de construcción de Ejes piñones, el mismo que ayudó a entender mejor el proceso y a identificar otros desperdicios, que fueron revelados en la entrevista con el Jefe del Taller como situaciones óptimas. Por ejemplo la ubicación de los tornos y fresadoras están ordenados más con fines didácticos, ocasionando éste arreglo un desperdicio de tiempo en recorrido que tienen que realizar los operarios para poder acceder a herramientas para sus labores, en la Figura 3.11 se muestra el arreglo de las máquinas.

AREA TORNOS

AREA FRESADORAS

**FIGURA 3.11. 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, en vista de 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, éstas preguntas que se realizan a los operarios abre 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 preguntas a los operarios se observa lo tabulado en la Tabla 10, 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

Las personas seleccionadas para la entrevista son operarios con 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, en este caso se hizo una selección universal.

Cita para la Entrevista

Primeramente se coordina con el Jefe del Taller el día y la hora para la entrevista con los operarios, y se le explica la forma de cómo se va a llevar a cabo la entrevista y las condiciones generales como entrega a los operarios 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

De acuerdo al cronograma realizado para las entrevistas, se procede a dar inicio a la entrevista, la misma que dura aproximadamente una hora, se entrega hojas impresas con las preguntas sobre problemas de Cultura, Proceso y Tecnología. Además se pide que indiquen todas sus inquietudes sobre la encuesta o alguna duda que tuvieran, con el fin de poder acercarse lo más posible a la causa raíz de los problemas.

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

Cada operario se toma aproximadamente un tiempo de 40 min, luego se concluye la entrevista agradeciéndoles a los participantes.

Clasificación de los Datos Obtenidos

El paso siguiente se reúne todos los datos obtenidos en una tabla de clasificación de desperdicios como la Tabla 12, la misma que se detalla a continuación:

- En la columna “Número de Pregunta” se escribe el número de pregunta que realiza 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 se escribe el “1” si el participante identifica causas de desperdicio.
- En la columna “Total” se escribe el total de la suma de cada respuesta.

TABLA 12

PARTE DE TABLA DE LA 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

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

Análisis de los Resultados

Luego que se clasifica y organiza 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 13.

TABLA 13

AGRUPACIÓN DE DATOS

Taller mecánico		Entrevistados					
	DESPERDICIO	1	2	3	4	5	TOTAL
PROCESO							
1	Proceso	5	3	2	2	2	14
2	Espera	3	2	3	2	3	13
3	RRHH	1	1	0	0	0	2
CULTURA							
4	RRHH	4	4	2	2	2	14
5	Proceso	2	2	1	2	1	8
10	Espera	1	1	1	0	0	3
TECNOLOGÍA							
11	Proceso	2	2	1	1	0	6
12	Espera	1	1	1	1	1	5

Interpretación de los Resultados y Clasificación de los Desperdicios

Para interpretar los resultados se sigue una regla muy simple, se clasifica 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, éste es considerado como desperdicio de alta prioridad para ser estudiado, reducido o 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 calcula utilizando la siguiente fórmula.

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

Total: Número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio en Cultura, Proceso y Tecnología.

Participantes: Números de entrevistados.

Respuestas: Números 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, tiene alta prioridad en el proceso de eliminación de acuerdo con la regla del 50% como

se explica anteriormente, en segundo lugar está el desperdicio Proceso-proceso con 56%, y en tercer lugar el desperdicio Proceso-Recursos Humanos con un 40%, éste último no entra en el análisis porque tiene baja prioridad.

En la Tabla 14, 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.

TABLA 14

PORCENTAJES DE PRESENCIA DE DESPERDICIOS

DESPERDICIO	TOTAL	%
PROCESO		
Proceso	14	56.00
Espera	13	65.00
Recurso Humano	2	40.00
CULTURA		
RRHH	14	46.67
Proceso	8	80.00
Espera	3	60.00
TECNOLOGÍA		
Proceso	6	60.00
Espera	5	50.00

Identificación de Desperdicios de Proceso

El desperdicio de proceso en un ambiente de producción es el esfuerzo que no agrega valores 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 encontrar en desorden se demoran demasiado y no ubican 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 tiene baja prioridad en éste análisis es 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 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 11 unidades, donde la primera hasta la decima unidad producida esperan que se elabore la decima primera unidad para luego pasar todas a la siguiente estación de trabajo, éste desperdicio de espera de las unidades es lo que el Jefe del Taller no se concientiza.

En éste caso solo el desperdicio de CULTURA-Recursos Humanos tiene baja prioridad.

Identificación de Desperdicios 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 que tienen alta prioridad para ser eliminados son:

- Desperdicio de TECNOLOGÍA-Proceso, se presenta porque los operarios se demoran más en ejecutar las operaciones ya que tiene que lidiar con los desgastes que tienen las máquinas.

La categoría de desperdicio que tiene baja prioridad en este análisis es:

- Desperdicio de TECNOLOGÍA-Espera.

3.6 Análisis de la Eficiencia Actual

La eficiencia del proceso producción del Eje-piñón se la obtiene utilizando la siguiente ecuación [18].

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ Total\ de\ Operaciones}{Tiempo\ Total\ Máximo\ Disponible} \times 100$$

Tiempo Total de Operaciones

Es la suma de todos los tiempos de operación del proceso producción, como se muestra en la Tabla 15.

El tiempo total de operación está compuesto por el tiempo de transporte que se realiza en cada estación de trabajo y el tiempo neto de operación.

Tiempo Total Máximo disponible

Es la suma de cada uno de los tiempos máximos disponible en cada proceso donde se registra el tiempo de la operación más lenta, como se muestra en la Tabla 15.

La Tabla 15, se obtienen los resultados como el tiempo total de operaciones que es 336,84 min y el tiempo total máximo disponible que es 1183,6 min, una vez obtenido éstos datos se procede a calcular la eficiencia de la línea de producción.

TABLA 15

TIEMPOS DE OPERACIÓN Y MÁXIMO DISPONIBLE

DEL TALLER

Operaciones del Taller	Tiempo Operación (min)	Tiempo Máximo Disponible (min)
1	7	147,95
2	60,48	147,95
3	147,95	147,95
4	25	147,95
5	15,52	147,95
6	5,52	147,95
7	15,37	147,95
9	60	147,95
Total	336,84	1183,6

$$Eficiencia = \frac{336,84 \text{ min}}{1183,6 \text{ min}} \times 100$$

$$Eficiencia = 28,46\%$$

Entonces la eficiencia de la línea de Eje-piñón actual del Taller Mecánico es 28,46%.

Análisis de la Productividad Actual

La productividad en la línea de producción de Eje-piñón se la obtiene con la siguiente ecuación [19].

$$Productividad = \frac{1}{Ciclo}$$

Ciclo: Es la suma de todos los tiempos de los procesos operativos.

El “ciclo” del Eje-piñón tiene la suma de todos los tiempos de los procesos operativos que es 336,84min/unid, como se puede ver en el ANEXO 4. Una vez que se tiene éste valor se procede a calcular.

$$Productividad = \frac{1}{336,84 \text{ min/unid}}$$

$$Productividad = 0,003 \text{ unid/min}$$

La productividad arroja 0,003 unid/min pero para mejor visualización se la transforma a unidades por hora (unid/h) con los cálculos respectivos que se realiza a continuación.

$$0,003 \frac{\text{unid}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{min}}{1 \text{h}} = 0,18 \frac{\text{unid}}{\text{h}}$$

$$\textbf{Productividad} = 0,18 \text{ unid/h}$$

Entonces la productividad de la línea de Eje-piñón actual del Taller Mecánico es 0,18 unid/h.

Como se observa en los análisis de la eficiencia y productividad, estos indicadores son bastante bajos debido a los desperdicios ya observados anteriormente.

En la Tabla 16, la primera columna se describe las causas de desperdicios encontrados, en la segunda columna se clasifican los desperdicios solo de alta prioridad y en la tercera columna se presentan las mejores técnicas lean explicadas anteriormente en el capítulo 2, para luego seleccionar aquella que ataque la mayor cantidad de problemas.

A continuación se trata de determinar la técnica de manufactura esbelta más apropiada para la eliminación o reducción de los desperdicios encontrados.

TABLA 16

SELECCIÓN DE 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	• TPM. • 5'S. • Punto de Uso (POUS).
Recorridos excesivos entre máquinas, falta de sincronización en pasos a seguir para la producción.	PROCESO-Espera	• Manufactura Celular. • Sistema Pull. • 5'S. • TPM
Pobre comunicación entre Jefe de Taller y operarios, entre supervisor y operarios.	CULTURA-Proceso	• Trabajo en Equipo. • Manufactura Celular. • TPM
Falta de tiempos estándares de operación, pobre flujo de información entre operarios	CULTURA-Espera	• Manufactura Celular. • TPM.
Pobre supervisión de los productos y falta de habilidades.	TECNOLOGÍA-Proceso	• Entrenamiento cruzado. • Manufactura Celular.
No a tiempo las piezas en la siguiente estación e información retrasada.	TECNOLOGÍA-Espera	• Sistema Pull. • Punto de Uso (POUS). • Manufactura celular.

En la Tabla 17 se tabulan las técnicas Lean para escoger aquella que tenga el mayor impacto en reducción de desperdicios de tal manera que se mejore la productividad en el Taller Mecánico.

TABLA 17

CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS LEAN

Técnica Lean	Total	%
<u>Manufactura Celular</u>	<u>5</u>	<u>29</u>
TPM	4	24
5'S	2	12
Punto de Uso (POUS)	2	12
Sistema Pull	2	12
Trabajo en Equipo	1	5
Entrenamiento Cruzado	1	6
Total	17	100

Según se observa en la Tabla 17 el valor más alto en la tabulación corresponde al 29 %, por lo tanto la técnica que se selecciona para implementar es la de Manufactura Celular, entonces en el capítulo que sigue se propone ésta metodología, la misma que va a ayudar a minimizar o eliminar desperdicios en el proceso productivo de la elaboración de Eje-piñón.

CAPÍTULO 4

4. MEJORAS EN EL PROCESO

4.1 Implementación de Manufactura Celular

La metodología que se usa en el estudio para implementar la técnica de manufactura celular posee 5 pasos que se muestran a continuación, la misma que contribuye a reducir o eliminar los desperdicios encontrados en el proceso de construcción de Eje-piñón en el Taller mecánico.

Paso 1: Agrupar productos (Group Technology).

Paso 2: Medir la demanda – Establecer tiempo Takt.

Paso 3: Revisar secuencia de trabajo (Process Flow Analysis).

Paso 4: Combinar trabajo en un proceso balanceado.

Paso 5: Diseñar y construir la célula.

La manufactura celular funciona en una distribución de maquinarias de tal manera que su configuración de flujo de producción sea como la letra C y que este balanceada la línea de producción donde se produce ciertos tipos de productos.

Paso 1: Agrupación de Productos

El objetivo de éste paso es la selección de la familia de productos que va a fabricar la célula de manufactura.

Para realizar la agrupación de productos se utiliza la matriz de familias de productos, la que se detalla a continuación: se forma una lista de todos los productos que se fabrican en el Taller Mecánico los que se ubican en la primera columna de la matriz, a continuación se realiza una lista de todos los procesos que intervienen en cada uno de los productos los mismos se ubican en la primera fila de la matriz, luego se analiza cada producto para identificar y marcar con una “X” los procesos que intervienen en la transformación de cada uno, para finalmente agrupar los productos con respecto a los que tienen similares procesos durante su transformación, en esta etapa se obtiene el siguiente resultado que se muestra en la Tabla 18.

TABLA 18
MATRIZ FAMILIAS PRODUCTOS

N°	FAMILIAS	PRODUCTOS	PROCESOS PRODUCCIÓN								
			CORTE 1	REFRENTADO/ CILINDRADO	FRESADO	CHAVETEADO	TRONZADO	CORTE 2	REFRENTADO/ LIMADO REBABA	CEMENTADO	RECTIFICADO
1	FAMILIA 1	EJE-PIÑÓN 10hp	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2		EJE-PIÑÓN 5hp	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3		PIÑÓN CÓNICO RECTO	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4		PIÑÓN CONICO ELICOIDAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5		RUEDA DENTADA	X	X	X	X	X	X	X	X	
6		RUEDA DENTADA MULTIPLE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7		EJE	X	X		X	X	X	X	X	X
8		EJES RANURADO Z-6 DIENTES	X	X	X	X	X	X	X		X
9		EJES RANURADO Z-8 DIENTES	X	X	X	X	X	X	X		X
10	FAMILIA 2	CATALINA Z-20	X	X	X		X	X	X	X	
11		CATALINA Z-15	X	X	X		X	X	X	X	

12	FAMILIA 3	CORONA BRONCE	X	X	X	X		X		X
13		CORONA BRONCE TIPO A	X	X	X	X		X		X
14		CORONA BRONCE TIPO B	X	X	X	X		X		X
15		CORONA DURALUMINIO	X	X	X	X		X		X
16		CORONA ACERO	X	X	X	X		X	X	X
17		CORONA ACERO Z-20	X	X	X	X		X	X	X
18		PERNO BRONCE	X	X	X			X		X
19		PIÑON BRONCE RECTO	X	X	X	X		X		X
20		BOCINE BRONCE CHAVATERO	X	X	X	X		X		X
21	EJE BRONCE ESTREADO INTERIOR	X	X	X	X		X		X	
22		OTROS								

Como se puede observar en la matriz.

La Familia 1 está conformada por los siguientes productos: Eje-piñón 10hp, Eje-piñón 5hp, Piñón cónico recto, Piñón cónico helicoidal, Rueda dentada, Rueda dentada múltiple, Eje, Eje ranurado z-6 dientes y Eje ranurado z-8 dientes, los mismos que tienen procesos similares que son Corte 1, Refrentado/Cilindrado, Fresado, Chaveteado, Tronzado, Corte 2, Refrentado/Limado rebaba, Cementado y Rectificado.

La Familia 2 está conformada por los siguientes productos: Catalina z-20 y Catalina z-15, los mismos que tienen procesos similares que son Corte 1, Refrentado/Cilindrado, Fresado, Tronzado, Corte 2, Refrentado/Limado rebaba y cementado.

La Familia 3 está conformada por los siguientes productos: Corona bronce, Corona bronce tipo A, Corona bronce tipo B, Corona duraluminio, Corona acero, Corona de acero z-20, Perno bronce, Piñón bronce recto, Bocine bronce Chavetero y Eje bronce estreado interior, los mismos que tienen procesos similares que son Corte 1, Refrentado/Cilindrado, Fresado, Chaveteado, Refrentado/Limado rebaba, Cementado, Rectificado.

En la parte de otros productos se denominan así a las piezas mecanizadas que no son repetitivas.

Como se analiza en el capítulo 3 la demanda de los productos que fabrica el Taller mecánico son en el orden siguiente: primero son Ejes-piñones seguido de las Ruedas dentadas, Ejes y otros productos, lo que indica que por la alta demanda que tiene el Eje-piñón será motivo de análisis en esta tesis y el mismo pertenece a la Familia¹, entonces se selecciona la Familia 1 y todos los productos que la integra se procesará en la célula de manufactura que se diseña más adelante.

Paso 2: Establecer Tiempo Takt

El objetivo de obtener el tiempo Takt de la demanda es para que se conozca y ejecute en el tiempo que requiere el cliente que se produzca una unidad de Eje-piñón en la línea de producción de Eje-piñón del Taller Mecánico.

Ahora se tiene que calcular el Tiempo Takt de la demanda, para calcular éste valor se utiliza la ecuación como se muestra más adelante, el valor de tiempo que se obtuvo en el Taller es 1803,23 minutos en la elaboración de 11 unidades

$$\textit{Tiempo Takt} = \frac{\textit{Tiempo Trabajo Disponible}}{\textit{Número de Piezas Vendidas}}$$

$$\textit{Tiempo Takt} = \frac{1803,23 \text{ min}}{11 \text{ unid}}$$

$$\textit{Tiempo Takt} = 163,93 \text{ min/unid}$$

El valor que se determina anteriormente del Tiempo Takt es de 163,93 min/unid, lo que al interpretar éste valor quiere decir que los clientes del Eje-piñón del Taller Mecánico requieren que cada Eje-piñón se produzca en 163,93 minutos.

Paso 3: Revisar Secuencia Trabajo

En éste paso se analiza toda la secuencia de trabajo que se realiza durante el proceso de producción del Eje-piñón desde el cortado de barras cilíndricas hasta el área de expedición como se observa en el diagrama de flujo de proceso actual del Eje-piñón en la Tabla 19, este diagrama se lo realiza con el fin de identificar los elementos que agregan valor y los que no agregan valor al proceso para éste ultimo minimizarlo o eliminarlo.

TABLA 19

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO ACTUAL DEL EJE-PIÑÓN

TALLER MECANICO

RESUMEN				DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS			
ICONO	ACTIVIDAD	N°.	Tpo(min)				
○	OPERACIONES TALLER	8	3705,24	TAREA: CONSTRUCCION EJE-PIÑÓN DE 10HP			
○	OPERACIONES TERCERIZADAS	1	960	EL DIAGRAMA COMIENZA: EN EL CORTADO DE BARRAS CILINDRICAS			
⇨	TRANSPORTE	9	104,06	EL DIAGRAMA TERMINA: EN EL AREA DE EXPEDICIÓN			
□	INSPECCION			GRAFICADO POR: ROBERTO JARAMILLO			
□	DEMORAS			FECHA: 05 DE NOVIEMBRE 2010			
▽	ALMACENAMIENTO						
DISTANCIA RECORRIDA(m)		140					

N°.	DETALLE OPERACIONES ACTUAL (LOTE 11 UNIDADES)	OPERACIONES	TRANSPORTE	INSPECCION	DEMORAS	ALMACENAMIENTO	TIEMPO DE CICLO POR LOTE(min)	DISTANCIA (m)	TIEMPO RECORRIDO(min)	OBSERVACIONES
1	Corte-1	●	⇨	□	D	▽	77,00			
2	Transporte	○	⇨	□	D	▽		16	10,23	
3	Refrentado-Cilindrado	●	⇨	□	D	▽	665,28			
4	Transporte	○	⇨	□	D	▽		14	9,34	
5	Fresado	●	⇨	□	D	▽	1627,45			
6	Transporte	○	⇨	□	D	▽		4	5,56	
7	Chaveteado	●	⇨	□	D	▽	275,00			
8	Transporte	○	⇨	□	D	▽		8	6,57	
9	Tronzado	●	⇨	□	D	▽	170,72			
10	Transporte	○	⇨	□	D	▽		10	10,35	
11	Corte-2	●	⇨	□	D	▽	60,72			
12	Transporte	○	⇨	□	D	▽		12	13,27	
13	Refrentado y Limado Rebaba	●	⇨	□	D	▽	169,07			
14	Transporte	○	⇨	□	D	▽		20	13,46	
15	Cementado(Tercerizado)	●	⇨	□	D	▽	960			
16	Transporte	○	⇨	□	D	▽		28	17,28	
17	Rectificado	●	⇨	□	D	▽	660,00			
18	Transporte	○	⇨	□	D	▽		28	18	
	Area de Expedición									
Total							4665,24	140,00	104,06	

De éste diagrama no se debe considerar la operación de Cementado, en vista de que ésta operación no se realiza en el Taller debido a la falta de equipos y conocimientos por lo que se decidió tercerizar; también se identifica que los tiempos de operación se encuentran muy elevados, para tener una referencia con que comparar se calcula los tiempos estándares de operaciones, ver Anexo 5, con lo que se confirma lo mencionado. Entonces se propone que los tiempos de operaciones se reduzcan hasta llegar a los tiempos estándares de operaciones.

También se analiza los tiempos de transporte de estación de trabajo a estación de trabajo para minimizar y eliminar lo que no agrega valor al proceso, con éste análisis se agrupa las máquinas en la celda de manufactura para la eliminación de los tiempos de transporte, quedando el diagrama de flujo de proceso mejorado del Eje-piñón, como se muestra en la Tabla 20.

Se realiza un detalle con respecto a la Tabla 20, en la columna del tiempo de ciclo estándar por lote se puede encontrar dentro de las operaciones que realiza el Taller desde las operaciones del 1 al 8, que el fresado es la operación que más tiempo tarda en ejecutar siendo su valor de 710,49 min/lote, el corte-2 es el más bajo

siendo éste 11 min/lote y el tiempo de producir un lote es de 1803,23 min/lote.

TABLA 20

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MEJORADO DEL EJE-PIÑÓN

TALLER MECÁNICO

RESUMEN

		MEJORADO	
ICONO	ACTIVIDAD	Nº.	Tpo(min)
○	OPERACIONES TALLER	8	1803,23
⇒	TRANSPORTE		
□	INSPECCIÓN		
D	DEMORAS		
▽	ALMACENAMIENTO		

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

TAREA:	CONSTRUCCIÓN EJE-PIÑÓN DE 10HP
☒ HOMBRE	☐ MATERIAL
EL DIAGRAMA COMIENZA:	EN EL CORTADO DE BARRAS CILINDRICAS
EL DIAGRAMA TERMINA:	EN EL CEMENTADO
GRAFICADO POR:	ROBERTO JARAMILLO

Nº.	DETALLE OPERACIONES MEJORADO (LOTE 11 UNIDADES)	OPERACIONES	TRANSPORTE	INSPECCION	DEMORAS	ALMACENAMIENTO	TIEMPO DE CICLO ESTÁNDAR POR LOTE(min)	OBSERVACIONES
1	Corte-1	●	⇒	□	D	▽	55,00	
2	Refrentado-Cilindrado	●	⇒	□	D	▽	202,29	
3	Fresado	●	⇒	□	D	▽	710,49	
4	Chaveteado	●	⇒	□	D	▽	64,46	
5	Tronzado	●	⇒	□	D	▽	80,63	
6	Corte-2	●	⇒	□	D	▽	11,00	
7	Refrentado y Limado Rebaba	●	⇒	□	D	▽	101,86	
8	Rectificado	●	⇒	□	D	▽	577,5	
	Total						1803,23	

P

Paso 4: Balanceo Línea

La técnica de balanceo de línea que se va a emplear en la línea de producción de Eje-piñón es de Capacidad y Carga. Debido a que existen tareas compartidas en el Taller y además en la encuesta del Anexo 2, se obtuvo que existe descontento entre los trabajadores por la asignación de trabajo.

El balanceo de línea inicia con la elaboración del diagrama de flujo de proceso mejorado del Eje-piñón que se muestra en la Tabla 20, los pasos para balancear la línea se detalla a continuación:

Primer paso

Se construye una tabla para determinar las características de las operaciones, donde la primera columna se registra el número de operaciones que tiene la línea de producción a balancear, en la segunda columna se registra el nombre de cada operación, en la tercera columna se ubica los tiempos ciclos de cada operación, en la cuarta columna se ubica el tipo de máquina que se utiliza en cada operación, en la quinta columna se registra la cantidad de máquinas que se utilizan en cada operación, luego se realiza la sumatoria de los tiempos que se utiliza en cada operación, como se muestra en la Tabla 21.

TABLA 21

CARACTERÍSTICAS DE LAS OPERACIONES

N°- OPERACIÓN	NOMBRE	TIEMPO (min/lote)	MÁQUINA	N° CANTIDAD MÁQUINA
1	Corte-1	55,00	Cortadora	1
2	Refrentado- Cilindrado	202,29	Torno	1
3	Fresado	710,49	Fresadora	1
4	Chaveteado	64,46	Fresadora	1
5	Tronzado	80,63	Torno	1
6	Corte-2	11	Prensa de mesa	1
7	Refrentado- Limado Rebaba	101,86	Torno	1
8	Rectificado	577,5	Rectificadora	1
TOTAL		1803,23		

Según se observa en la Tabla 21, que la producción de un lote por parte del Taller Mecánico se lo realiza en 1803,23 min.

Segundo paso

Se construye una tabla para indicar los porcentajes de los tiempos ciclos estándar de cada operación, donde en la primera columna se registran los tiempos ciclos estándar de cada operación y en la última fila se registra el total de los tiempos, en la segunda columna se registra el porcentaje de cada tiempo de ciclo estándar

luego se realiza la sumatoria de los valores, los mismos que se ubican en la parte inferior de la tabla, como se muestra en la Tabla 22.

TABLA 22

PORCENTAJES DE LOS TIEMPOS

CICLOS ESTÁNDAR DE CADA OPERACIÓN

TIEMPO (min/lote)	% PORCENTAJE
55,00	3,05 %
202,29	11,22 %
710,49	39,40 %
64,46	3,57 %
80,63	4,47 %
11,00	0,61 %
101,86	5,65 %
577,5	32,03 %
1803,23	100,00 %

Por lo tanto esos porcentaje son respecto a la capacidad de mano de obra que deben estar en cada etapa, lo que sumado equivale al 100 % de ésta tabla. Los porcentajes más relevantes son, la operación de Fresado con 39,40% siendo el más alto y la operación de Corte-2 con 0,61% siendo el más bajo.

Tercer paso

Se desarrolla una tabla de números de personas requeridas para cada operación, Haciendo uso de la Tabla 22 se agrega una columna más donde se determina el número de personas que se requieren para cada operación, según la ecuación que se muestra a continuación y en la última fila se registra el número total de personas asignada a línea de producción, dando como resultado la Tabla 23.

$$\mathbf{NP} = \frac{(\mathbf{TPxPP})}{\mathbf{100}}$$

NP: Número de personas requeridas en la operación.

TP: Número total de personas asignada a línea de producción.

PP: Porcentaje de tiempo de la operación.

El TP es 3 porque son tres personas las que trabajan en la línea de producción de Eje-piñón.

TABLA 23

NÚMEROS PERSONAS REQUERIDAS

PARA CADA OPERACIÓN

TIEMPO (min/lote)	% PORCENTAJE (PP)	N° PERSONAS (NP)
55,00	3,05 %	0,09
202,29	11,22 %	0,34
710,49	39,40 %	1,18
64,46	3,57 %	0,11
80,63	4,47 %	0,13
11,00	0,61 %	0,02
101,86	5,65 %	0,17
577,5	32,03 %	0,96
1803,23	100,00 %	3,00

Como se observa en la Tabla 23 y comparando con la forma de distribuir la carga de trabajo que hasta el momento se lleva en el proceso productivo, existe una sobrecarga de trabajo para el operador que realiza la operación de fresado, en vista de que el análisis arroja que se necesita 1,18 hombres para realizar esa función, razón por la cual se procede a balancear de acuerdo a su capacidad de carga.

Cuarto Paso

Se procede a balancear la línea en función de la cantidad de tiempo de trabajo para cada operador, de tal manera que los operadores realicen una carga de trabajo exactamente igual en el proceso.

Se construye una tabla de balanceo de la línea de producción donde se registra en la primera columna el número de operación, en la segunda columna el nombre de la operación, en la tercera columna el número de personas para cada operación y en la última fila el total, y a continuación se ubica una columna por cada persona que se encuentre en la línea de producción donde se registran las cargas de trabajo que tiene que realizar cada persona sumando cada columna uno, como se muestra en la Tabla 24.

Como se observa en la Tabla 24, el balanceo de la línea de producción de Eje-piñón queda con los trabajos distribuidos en las tres personas que se encuentran en la línea de la siguiente manera, la primera persona realiza las operaciones del fresado, la segunda persona realiza las operaciones del corte-1, refrentado-cilindrado, fresado, chaveteado, tronzado, corte-2 y refrentado-limado rebaba, la tercera persona realiza las operaciones del corte-1 y rectificado.

TABLA 24

BALANCEO DE LA LÍNEA

PRODUCCIÓN DE EJE-PIÑÓN

N°- OPERACIÓN	NOMBRE	N° PERSONAS	1ra PERSONA	2da PERSONA	3ra PERSONA
1	Corte-1	0,09		0,05	0,04
2	Refrentado- Cilindrado	0,34		0,34	
3	Fresado	1,18	1	0,18	
4	Chaveteado	0,11		0,11	
5	Tronzado	0,13		0,13	
6	Corte-2	0,02		0,02	
7	Refrentado- Limado Rebaba	0,17		0,17	
8	Rectificado	0,96			0,96
TOTAL PERSONAS		3	1	1,00	1,00

A continuación se determina el porcentaje de utilización de máquinas que se necesita en cada operación del proceso de producción del Eje-piñón, como se muestra en la Tabla 25.

TABLA 25

PORCENTAJES DE UTILIZACIÓN DE MÁQUINAS
DE LA LÍNEA DE EJE-PIÑÓN

N°- OPERACIÓN	NOMBRE	% UTILIZACIÓN MÁQUINAS			
		CORTADORA	TORNO	FRESADORA	RECTIFICADORA
1	Corte-1	9			
2	Refrentado-Cilindrado		34		
3	Fresado			118	
4	Chaveteado			11	
5	Tronzado		13		
6	Corte-2		2		
7	Refrentado-Limado Rebaba		17		
8	Rectificado				96
Cantidad Máquinas		1	1	2	1

Se analiza la Tabla, la misma que indica que las máquinas que se necesitan en el proceso son las siguientes: 2 fresadoras, 1 torno, 1 cortadora y 1 rectificadora, donde solo una fresadora va a tener que trabajar 8 horas diarias en vista de que la carga de la persona supera su carga diaria, entonces se utiliza en el proceso de producción del Eje-piñón 5 máquinas en total. También se observa el bajo porcentaje de utilización de algunas máquinas, pero esto

no llega a ser un problema, en vista de que existen otras operaciones en el Taller en las que se utilizan.

Paso 5: Diseño y Construcción de Célula

Con las cargas de trabajo de los operadores determinado anteriormente, se realiza la reubicación de las máquinas para empezar a trabajar bajo el sistema de celdas de manufactura, como se muestra en la Figura 4.1.

4.2 Cronograma de Implementación

El cronograma de implementación de la técnica de la Manufactura Celular se observa en la Figura 4.2.

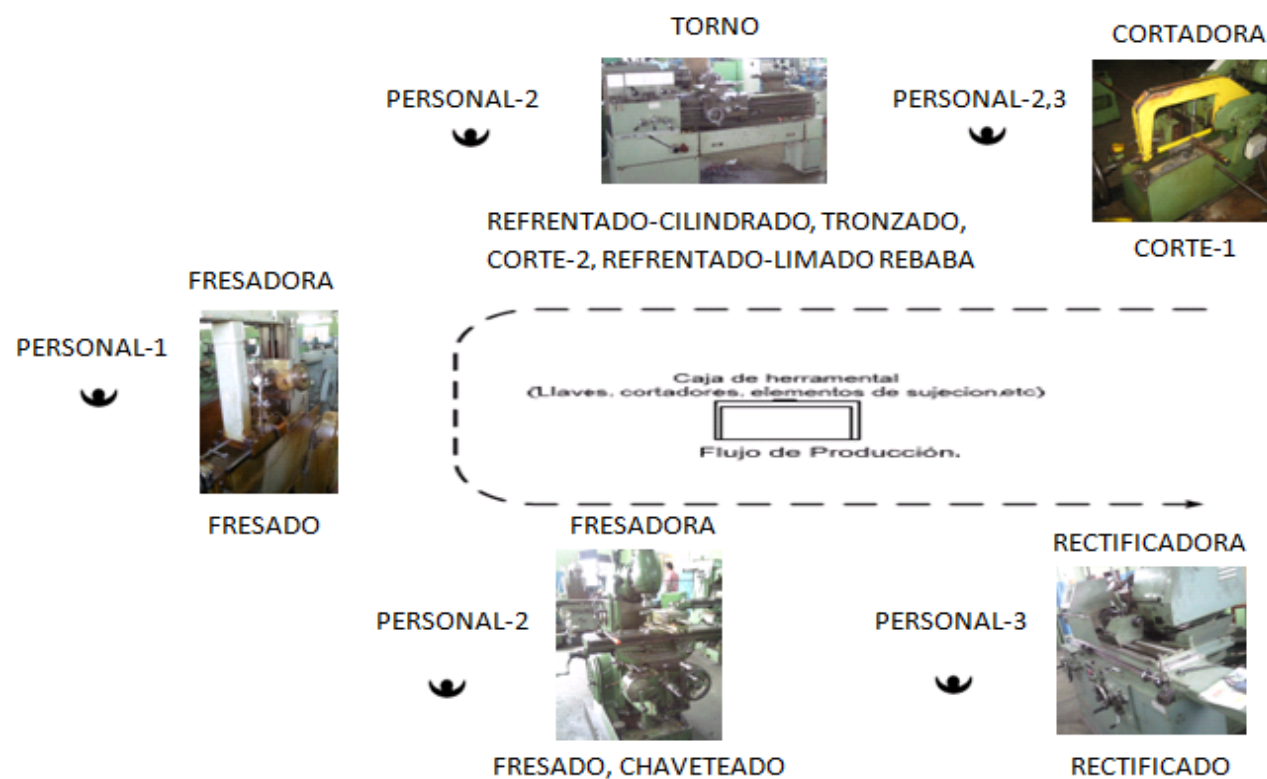


FIGURA 4.1. DISTRIBUCION CELDA MANUFACTURA

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	TIEMPO (Semanal)												RECURSOS HUMANOS	RESPONSABLE
			Sept.				Oct.				Nov.					
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Agrupación de productos	Determinar la familia de productos que va a fabricar la célula de manufactura.													Asesor Jefe del Taller	Asesor Jefe del Taller
2	Medir la demanda	Conocer y Ejecutar en el tiempo que requiere el cliente que se produzca una unidad de Eje-piñón en la línea de producción.													Asesor Jefe del Taller	Asesor Jefe del Taller
3	Revisar la secuencia de trabajo	Identificar los elementos que agregan valor y los que no agregan valor al proceso para este último minimizarlo o eliminarlo.													Asesor Jefe del Taller	Asesor Jefe del Taller
4	Balanceo de línea	Equilibrar las cargas de trabajo en los operadores para que trabajen igual.													Asesor Jefe del Taller	Asesor Jefe del Taller
5	Sensibilización y capacitación del proyecto	Entrenar a los operarios sobre la técnica de Manufactura Celular para su buen desenvolvimiento en ella.													Asesor Jefe del Taller	Asesor Jefe del Taller
6	Diseño y construcción de célula	Diseñar y ejecutar de una manera óptima la ubicación de las máquinas para el buen desempeño de la celda de manufactura.													Asesor Jefe del Taller Electricista Montacargista Ayudante de montacarquista.	Asesor Jefe del Taller

FIGURA 4.2. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA MANUFACTURA CELULAR.

4.3 Mapeo de la Cadena de Valor Final

Con la propuesta implementada de manufactura celular resulta que el mapa de la cadena de valor final, tiene las siguientes características como se muestra en la Figura 4.3.

La operación de cementado se encuentra en la ultima operación de la línea de producción.

El ritmo de producción mejorado de la línea del Eje-piñón es de 163,93 min.

Como se considera 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.

Como se observa en el VSM final, el cuello de botella se encuentra igualmente en la operación número 3 que es el Fresado.

Tiempo compartido = Ritmo de producción – Cuello de botella

$$\text{Tiempo Compartido} = 163,93 - 64,59 = 99,34$$

$$64,59 + 99,34 = 163,93 \frac{\text{min}}{\text{und}}$$

Donde el valor de 64,59 min representa el tiempo efectivo por unidad y el valor de 99,34 min representa el tiempo compartido por unidad.

Con la eliminación de los tiempos de transporte de estación de trabajo a estación de trabajo y el ritmo de producción mejorado se obtiene lo siguiente.

$$\frac{163,93 \text{ min}}{\text{und.}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ mes}}{24 \text{ días}} = 0,0142 \frac{\text{mes}}{\text{und.}}$$

El inverso es:

$$\frac{1}{0,0142} \frac{\text{unid}}{\text{mes}} = 70,42 \frac{\text{unid}}{\text{mes}} \approx 70 \frac{\text{unid}}{\text{mes}}$$

Con este ritmo de producción final se fabrican 70 unidades mensualmente y se logra satisfacer la demanda de 60 unidades al mes.

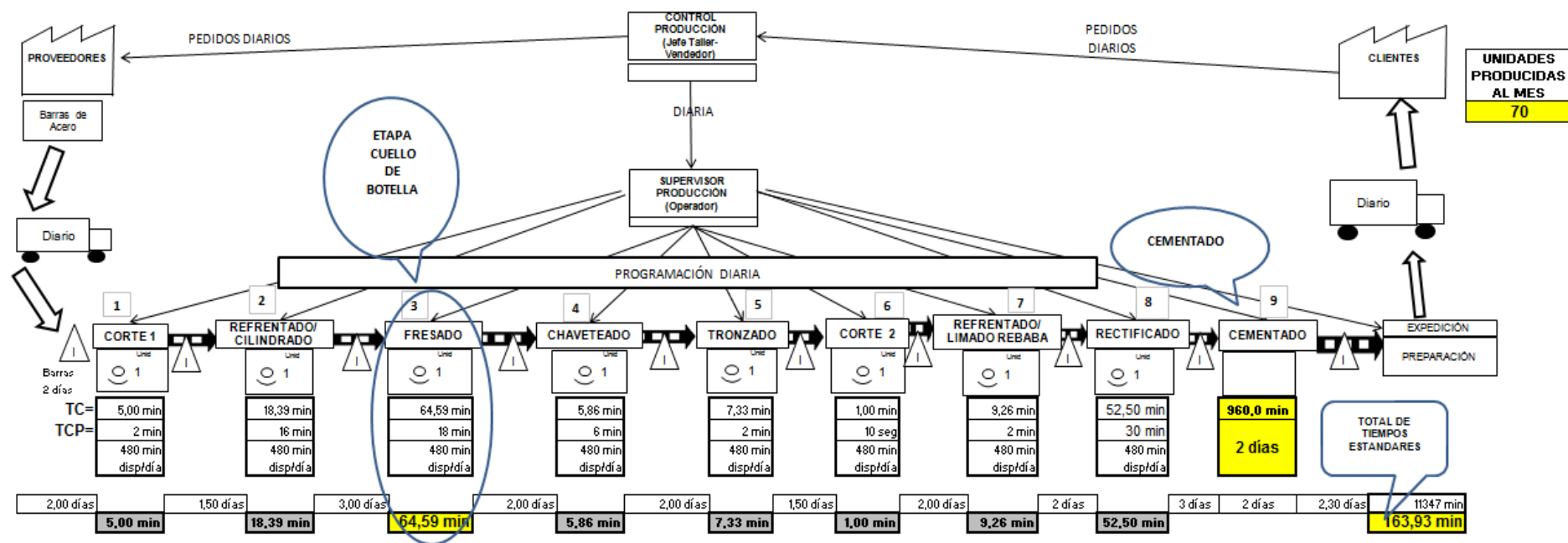


FIGURA 4.3. MAPA DE LA CADENA DE VALOR FINAL

4.4 Análisis de la Eficiencia de la Propuesta

La eficiencia del proceso producción del Eje-piñón de la propuesta se la obtiene utilizando la siguiente ecuación [18].

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ Total\ de\ Operaciones}{Tiempo\ Total\ Máximo\ Disponible} \times 100$$

Tiempo Total de Operaciones

Es la suma de todos los tiempos de operación del proceso producción, como se muestra en Tabla 26.

El tiempo total de operación es el tiempo total estándar.

Tiempo Total Máximo disponible

Es la suma de cada uno de los tiempos máximo disponible en cada proceso donde se registra el tiempo de la operación más lenta, como se muestra en la Tabla 26.

La Tabla 26, se obtienen los resultados como el tiempo total de operaciones que es 163,93 min y el tiempo total máximo disponible que es 516,72 min, una vez obtenido estos datos se procede a calcular la eficiencia de la línea de producción.

$$Eficiencia = \frac{163,93\ min}{516,72\ min} \times 100$$

$$Eficiencia = 31,73\%$$

TABLA 26

TIEMPOS DE OPERACIÓN Y MÁXIMO DISPONIBLE

DEL TALLER

Operación del Taller	Tiempo Operación (min)	Tiempo Máximo Disponible (min)
1	5	64,59
2	18,39	64,59
3	64,59	64,59
4	5,86	64,59
5	7,33	64,59
6	1	64,59
7	9,26	64,59
8	52,50	64,59
Total	163,93	516,72

Entonces la eficiencia de la línea de Eje-piñón de la propuesta del Taller Mecánico es 31,73%.

Análisis de la Productividad de la Propuesta

Para cuantificar los resultados obtenidos con la implementación se procede a determinar indicadores y uno de ellos es la productividad en la línea de producción de Eje-piñón de la propuesta que se la obtiene con la siguiente ecuación [19].

$$Productividad = \frac{1}{Ciclo}$$

Ciclo: Es la suma de todos los tiempos de los procesos operativos.

El ciclo del Eje-piñón de la propuesta tiene la suma de todos los tiempos de los procesos operativos que es 163,93 min/unid, como se puede ver en la Figura 4.3. Una vez que se tiene este valor se procede a calcular.

$$Productividad = \frac{1}{163,93 \text{ min/unid}}$$

$$Productividad = 0,006 \text{ unid/min}$$

La productividad arroja 0,006 unid/min pero para mejor visualización se la transforma a unidades por hora (unid/h) con los cálculos respectivos que se realiza a continuación.

$$0,006 \frac{\text{unid}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 0,36 \frac{\text{unid}}{\text{h}}$$

$$Productividad = 0,36 \text{ unid/h}$$

Entonces la productividad de la línea de Eje-piñón de la propuesta del Taller Mecánico es 0,36 unid/h.

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS ESPERADOS

5.1 Medición y Evaluación de las Mejoras

Una de las maneras de poder determinar el porcentaje de mejora que tiene un proceso es a través de la medición de metas y objetivos, éste se logra con la implementación de indicadores, para éste caso de estudio se utilizan los indicadores como productividad y eficiencia, para ello se va a realizar una comparación de resultados obtenidos antes y después de la implantación de las herramientas propuestas.

Productividad de la Línea de Producción de Eje-piñón

Análisis de recorrido

Como se observa en la Figura 5.1, el recorrido del operario en la elaboración del Eje-piñón antes de la mejora; existía mucho

desperdicio de transportación en vista de que el sistema de equipos se encontraban bastante dispersos, lo que provoca que el operario pierda tiempo en ir de estación de trabajo a estación de trabajo, de todo éste análisis se obtiene que la productividad calculada en esta etapa es de 0,18 unid/h.

Ahora se observa en la figura 5.2, el nuevo recorrido del operario en la elaboración del Eje-piñón después de la mejora, esto se desarrolla con la eliminación del desperdicio de transporte gracias a la implementación de la técnica de Manufactura Celular, creando un recorrido del operario que se considera despreciable por estar ubicadas las máquinas en secuencia con una distancia de separación entre ellas muy insignificante. La productividad calculada que se obtiene después de la mejora es de 0,36 unid/h.

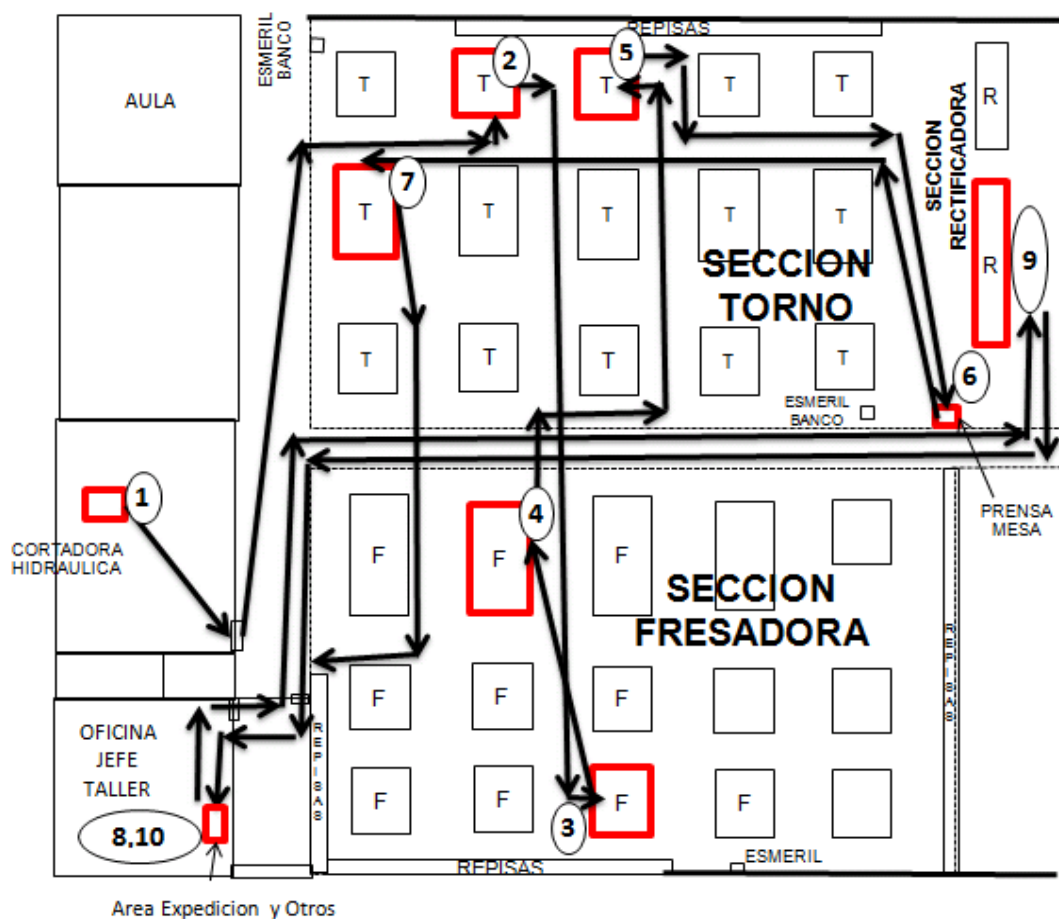


FIGURA 5.1. DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL OPERARIO

(ANTES DE MEJORA)

Comparación de la Productividad

TABLA 27

COMPARACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLANTACIÓN DE LA MANUFACTURA CELULAR

INDICADOR	IMPLANTACIÓN		INCREMENTO	% INCREMENTO
	ANTES	DESPUÉS		
PRODUCTIVIDAD (unid/h)	0,18	0,36	0,18	100

Interpretando la información de la Tabla 27, se observó que antes de la mejora en la línea de producción de Eje-piñón con una productividad de 0,18 unid/h, luego con la aplicación de la técnica de Manufactura Celular se obtiene 0,36 unid/h, creándose una diferencia altísima entre éstos dos valores, dando un excelente incremento de 0,18 unid/h, lo que se logra un gran porcentaje de incremento del 100% en la productividad.

Eficiencia de la Línea de Producción de Eje-piñón

Análisis de los Tiempos de Ciclos

TABLA 28

TIEMPOS DE CICLOS DEL TALLER (ANTES DE MEJORA)

Nº- OPERACIÓN	NOMBRE	TIEMPO DE CICLO POR LOTE (min/lote)
1	Corte-1	77
2	Refrentado- Cilindrado	665,28
3	Fresado	1627,45
4	Chaveteado	275
5	Tronzado	170,72
6	Corte-2	60,72
7	Refrentado- Limado Rebaba	169,07
9	Rectificado	660
TOTAL		3705,24

En la Tabla 28, se muestran los tiempos de ciclos por lote de cada operación para la transformación del producto en Eje-piñón antes de la mejora, se encontró con tiempos demasiados elevados en cada operación a lo largo de la línea de producción para confirmar

éstos se realizó el cálculo respectivo de la eficiencia y se obtuvo 28,46%.

TABLA 29

TIEMPOS DE CICLOS DEL TALLER (DESPUÉS DE MEJORA)

Nº- OPERACIÓN	NOMBRE	TIEMPO DE CICLO POR LOTE (min/lote)		% DISMINUCIÓN
		ANTES MEJORA	DESPUES MEJORA	
1	Corte-1	77	55,00	29
2	Refrentado- Cilindrado	665,28	202,29	70
3	Fresado	1627,45	710,49	56
4	Chaveteado	275	64,46	77
5	Tronzado	170,72	80,63	53
6	Corte-2	60,72	11,00	82
7	Refrentado- Limado Rebaba	169,07	101,86	40
8	Rectificado	660	577,5	13
TOTAL		3705,24	1803,23	51

Ahora se observa en la Tabla 29, los tiempos de ciclos por lote para la transformación del material en Eje-piñón después de la mejora, éstos se obtuvo con el estudio de tiempos estándar de operación que se realizó a la línea de producción como se muestra

en el Anexo 5, lo que produjo un gran porcentaje de disminución en los tiempos de ciclos de cada operación que va aproximadamente desde el 13% al 82%, resultando el 51% de disminución en el tiempo para producir un lote, luego se cálculo la eficiencia de la línea obteniendo un valor de 31,73%.

Comparación de la Eficiencia

TABLA 30

COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MANUFACTURA CELULAR

	IMPLANTACIÓN		
INDICADOR	ANTES	DESPUES	INCREMENTO
EFICIENCIA (%)	28,46	31,73	3,27

Explicando la información de la Tabla 30, se observa antes de la mejora en la línea de producción de Eje-piñón con una eficiencia de 28,46 %, luego con la aplicación de la mejora se obtiene el 31,73% de eficiencia, creándose una diferencia entre estos dos valores lo que se logra un porcentaje de incremento del 3,27 % en

la eficiencia, éste valor no es un problema ya que existen otros productos que utilizan la línea.

5.2 Análisis de Costo-Beneficio

Para la obtención de los beneficios que brinda la implementación de la técnica Manufactura Celular, se realiza un análisis de Costo-Beneficio, la misma que para obtener su valoración se la realiza de la siguiente manera: se suman todos los costos que incurren en la implementación y luego los beneficios que generan la implementación de la manufactura celular. Con estos resultados se aplica una relación, donde el total de beneficios se ubica en el numerador y el total de los costos se ubica en el denominador, como se muestra en la siguiente ecuación de Costo-Beneficio.

$$\text{COSTO} - \text{BENEFICIO} = \frac{\text{BENEFICIOS}}{\text{COSTOS}}$$

Los costos incurridos en la implementación de la Manufactura Celular se los detalla en la Tabla 31.

Como se puede apreciar en la Tabla 31 el costo total para la implementación es de \$3.404 dólares americanos.

Costo: \$3.404

TABLA 31

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA MANUFACTURA CELULAR

DETALLE	COSTOS (\$)					SUBTOTAL 2 (\$)
	HOMBRE			MATERIAL	EQUIPO	
	TIEMPO UTILIZADO (h)	\$ / h	SUBTOTAL 1 (\$)			
Honorario de un Asesor	25	50	1.250			1.250
Jefe del Taller	384	5	1.920			1.920
Instalaciones eléctricas (1 electricista)	16	2	32	70		102
1 Montacarga (8 horas)					120	120
1 Operario	8	1,5	12			12
				TOTAL (\$)		3.404

Luego de la implementación de la metodología de Manufactura Celular se obtiene un incremento de 37 Ejes-Piñones mensualmente, si cada unidad se vende en \$192,00 se obtiene una ganancia bruta de \$ 7.104, a éste valor se le resta el costo de

materiales y mano de obra que asciende a \$1.391, se obtiene el siguiente beneficio:

$$\text{Beneficio} = 7.104 - 1.391 = \$ 5.713$$

Beneficio: \$ 5.713

Aplicando la ecuación de Costo-Beneficio se obtiene.

$$\frac{\$ 5.713}{\$ 3.404} = \$ 1,68$$

Analizando el resultado, la relación entre beneficios y costos es de \$ 1,68, lo que se determina que el proyecto es rentable en vista de que por cada dólar gastado se va a ganar \$1,68 y la inversión se recupera en un mes, luego se tiene un ingreso adicional en el Taller Mecánico de \$5.713 mensualmente como se puede ver en la Tabla 32.

Costo-Beneficio= \$1,68

TABLA 32

COSTOS VS BENEFICIOS

DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MANUFACTURA CELULAR

COSTOS (\$)		BENEFICIOS MENSUAL (\$)	
Costos de Implementación		Beneficios de Implementación	
Honorario de un Asesor	1.250	Ingreso por Venta de Ejes-Piñones	5.713
Jefe del Taller	1.920		
Instalaciones eléctricas (1 electricista)	102		
1 Montacarga (8 horas)	120		
1 Operario	12		
COSTO TOTAL (\$)	3.404	BENEFICIO TOTAL (\$)	5.713

Además la Manufactura Celular brinda también los beneficios como son, la disminución de la fatiga por parte de los empleados, el manejo de los materiales y el espacio utilizado, mejora el control de la producción y la comunicación, y los problemas son enfrentados por equipos, creando una mejor organización en el Taller resultando beneficiado también el cliente

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El sistema de producción por celda de manufactura es más productivo y eficiente, debido a los resultados obtenidos se observó una mejora en un 100 % en productividad y un 3,27 % de incremento en la eficiencia, además se constató de manera gráfica los beneficios que aporta el estudio de un nuevo sistema de producción de éste tipo.

El proceso de producción del producto del Eje-Piñón que se fabrica en el Taller Mecánico tiene las siguientes características, se elabora en 9 operaciones de mecanizado, la octava operación es el cementado la misma que es tercerizada por no tener los equipos y personal capacitado, también se determinó que la tercera

operación es el fresado donde se consideró que es el cuello de botella.

El mayor porcentaje de problemas que se encontró en la línea de producción de Eje-piñón son: en el transporte de estación de trabajo a estación de trabajo y los tiempos de operación para la transformación del producto, en consecuencia el tiempo de ciclo para producir una unidad dio bastante alto.

Luego de implementado la metodología se procedió a medir los procesos mediante indicadores como el de Productividad y el de Eficiencia de la línea de producción de Eje-piñón. Los valores que se obtuvieron en el cálculo de la Productividad antes de la implementación de la mejora fue 0,18 unid/h y después de la mejora es 0,36 unid/h, creando un incremento del 100% en la productividad y aumentando los ingresos del Taller Mecánico en \$5.713 mensualmente.

En la medición de eficiencia se obtuvo un incremento de 3,27 %.

Se determina que la eficiencia del proceso es baja en vista de que en el Taller existen tareas compartidas, y las máquinas pasan a utilizarse en otras operaciones, además se redujo la cantidad de máquinas de mecanizado de 7 a 5.

Con el beneficio económico que se obtiene después de las mejoras se cubre en un mes los costos de la implementación.

6.2 Recomendaciones

Adoptar una estrategia de venta para aprovechar y incrementar la cartera de clientes con la sobreproducción mensual que se genera de 10 unidades por la diferencia entre la mejora que se logra producir 70 unidades y la demanda mensual de Eje-piñón de 60 unidades.

Designar maquinarias solo para uso académico y también solo para servicios de mantenimiento divididos físicamente, por los desperfectos en las máquinas que se producen por parte de los alumnos, lo que ocasiona un incremento en el tiempo de entrega del producto a los clientes.

Implementar las otras técnicas señaladas en la Tabla 17, las mismas que ayudarán a reducir aún más los desperdicios para seguir mejorando el Taller.

ANEXO 1

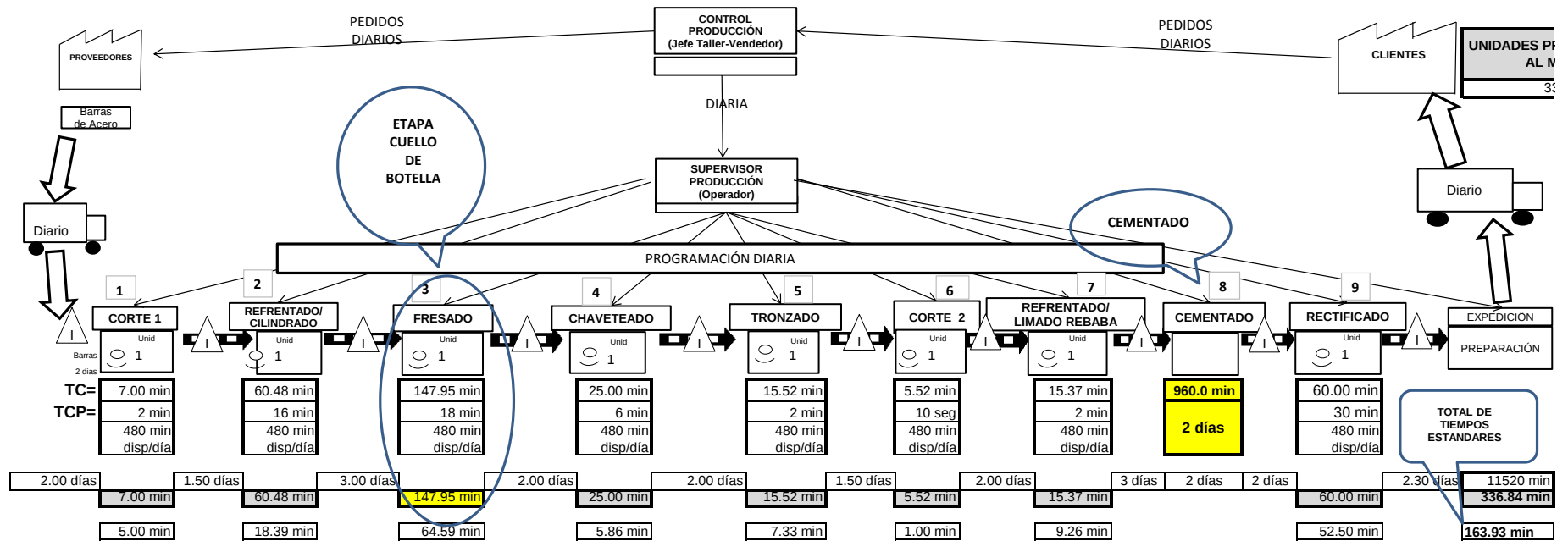
DEMANDA DEL EJE PIÑÓN EN EL 2009

DESCRIPCIÓN	MESES												TOTAL (\$)
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTUBRE	NOV.	DIC.	
EJE-PIÑÓN	6,827.39	5,226.45	7,339.22	7,528.44	5,266.49	5,806.28	4,671.41	6,327.45	8,160.88	8,716.33	5,836.86	5,226.25	76,933.42
RUEDA DENTADA	3,100.16	2,166.45	1,993.83	2,766.44	3,716.44	4,228.46	3,971.73	3,966.42	3,214.76	2,969.76	2,446.25	2,118.68	36,659.34
EJES	2,289.17	1,988.16	1,638.28	2,339.47	1,988.19	2,844.73	3,162.93	2,283.75	1,993.76	1,394.79	1,836.93	2,164.47	25,924.60
OTROS	726.43	493.28	392.42	617.43	493.80	799.26	672.97	437.42	3,771.69	669.84	644.77	428.42	10,147.70
SUB-TOTAL	12,943.15	9,874.33	11,363.74	13,251.76	11,464.91	13,678.73	12,479.03	13,015.03	17,141.08	13,750.71	10,764.80	9,937.81	149,665.06

PRODUCTOS	VENTA ANUAL EN MILES (\$)	PROMEDIO MENSUAL (\$)	PRECIO UNITARIO DEL PRODUCTO (\$).	PRODUCCIÓN MENSUAL (Unid)	DEMANDA MENSUAL (Unid)
EJE PIÑÓN	76.93	6,411.12	192	33	60
RUEDA DENTADA	36.66	3,054.95	96,00	-	-
EJES	25.92	2,160.38	75,00	-	-
OTROS	10.15	845.64	-	-	-
TOTAL (\$)	149.7				

ANEXO 4

MAPEO DE LA CADENA DE VALOR ACTUAL (VSM)



RODUCIDAS
IES
3

|

ANEXO 5

TIEMPOS ESTANDARES DE OPERACIÓN

OPERACIÓN	Tiempo Total (min)
Corte 1	5

OPERACIÓN	Tiempo Total (min)
Corte 2	1

OPERACIÓN	VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES									
	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

OPERACIÓN	VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES								
	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

OPERACIÓN	VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES						
	L (mm)	Np (# pasadas)	V. avance (m/min)	rpm avance	Tiempo de desb. (min)	Tpo camb. (min)	Tiempo Total (min)
Tronzado	4	2	0.1	227.36	0.35	6.98	7.33

OPERACIÓN	VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES							
	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 rebabas	18	1.5	10	0.3	227.36	3.96	5.3	9.26

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

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

OPERACIÓN	VELOCIDADES DE CORTE ESTANDARES					
	L (mm)	constan te	Np (# pasadas)	rpm	a (m/min)	Tiempo Total (min)
Rectificado	90	21	32	227.36	0.5	52.50

# Operación	Nombre Operación	Tiempo de Operación (min)
1	Corte 1	5.00
2	Refrentado	8.54
	Cilindrado	9.85
3	Fresado	64.59
4	Chaveteado	5.86
5	Tronzado	7.33
6	Corte 2	1.00
7	Refrentado y Limado de Rebabas	9.26
9	Rectificado	52.50
	TOTAL (min)	163.93

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 estandares 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 rrecorrido 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 estandares de operación	RRHH	1	1	0	0	0	2
CULTURA								
2	Nunca se realizan estudios de tiempos del proceso de poroducción	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 estan 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 estan en buen estado	Proceso	1	1	0	0	0	2
4	La producción de piezas fluye rapidadamente.	Proceso	1	1	1	1	0	4
2	A veces se entregan a tiempo las ordenes de trabajo.	Espera	1	1	1	1	0	4
3	Las máquinas no estan disponibles debido a fallas de funcionamiento	Espera	0	0	0	0	1	1

ANEXOS

ANEXO 2

PREGUNTAS PARA ENTREVISTA AL JEFE DE PRODUCCIÓN

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 máquinas es un problema?
10. ¿La parada no programada de máquinas 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. ¿Se usa en el proceso los equipos correctos, herramientas y maquinarias?

ANEXO 3

CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

# Preg	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 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 qué frecuencia terminan una orden de producción? | | |
| | a. Nunca | A veces | Siempre |
| | b. | | |
| 9. | ¿Con qué 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. | | |

INSTRUMENTO DE ENTREVISTA

CULTURA

1. ¿Qué tan confiable son las máquinas?

a.	Pobre	Mediano	Bueno
b.	_____		
2. ¿Qué tan frecuente se realizan estudios de tiempos del proceso de producción?

a.	Nunca	A veces	Siempre
b.	_____		
3. ¿Se desarrollan instructivos para realizar los trabajos?

a.	Nunca	A veces	Siempre
b.	_____		
4. ¿Se realizan inspecciones de calidad a sus trabajos?

a.	Nunca	A veces	Siempre
b.	_____		
5. ¿Con que frecuencia usted encuentra disponible repuestos y herramientas para realizar un trabajo continuo en el proceso?

a.	Nunca	A veces	Siempre
b.	_____		
6. ¿Está de acuerdo con la distribución de las máquinas?

a.	SI	NO
b.	Porque _____	
7. ¿Están ustedes supervisados muy de cerca o tienen órdenes exactas para realizar los trabajos en el proceso de producción?

a.	Nunca	A veces	Siempre
b.	_____		
8. ¿Se siente usted sobrecargado de trabajo?

a.	Nunca	A veces	Siempre
b.	_____		
9. ¿Qué tan efectivo es el flujo de información entre el Jefe del Taller y los operarios?

a.	Pobre	Satisfactorio	Bueno
b.	_____		

INSTRUMENTO DE ENTREVISTA

TECNOLOGIA

1. ¿Se usan equipos en buen estado para realizar el control de calidad?
- a. Nunca A veces Siempre
- b. _____
2. ¿Se entregan a tiempo las órdenes de trabajo?
- a. Nunca A veces Siempre
- b. _____
3. ¿Con que frecuencia las máquinas no están disponibles debido a fallas de funcionamiento?
- a. Nunca A veces Siempre
- b. _____
4. ¿Cree usted que la producción de piezas fluye rápidamente?
- a. SI NO
- b. Porque _____

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] Barcia, K. "Metodología para Mejorar un Proceso de Ensamble Aplicando el Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)", http://www.rte.espol.edu.ec/archivos/Revista_2007/5-222Final.pdf, Noviembre 25, 2009

[7] Dileep R. Sule, *Instalaciones de Manufactura*, Segunda Edición, 2001.

[8] Hilario Gámez & Rubén Hernández, Miembros del Grupo de Trabajo de Manufactura Esbelta, "Principios de Manufactura Esbelta Con Simulación", Texas Manufacturing Assistance Center.

[9] Azarang, M. R., "Celdas de Manufactura", www.lean.mty.itesm.mx, Octubre 1, 2010.

[10] Barcia, K., "Apuntes de Clases de Manufactura Esbelta", ESPOL, Ecuador, Febrero 2010.

[11] Tubino, F., "Manufactura Celular", www.biblioteca.org.ar/libros/8840.pdf, Noviembre 29, 2010.

[12] Jose A. Domínguez, *Dirección de Operaciones – Aspectos Estratégicos en la Producción y los Servicios*, Mc Graw-Hill/Interamericana de España, S.A.U., 1995.

[13] David J. Sumanth, *Administración para la Productividad Total*, Primera Edición, 1999.

[14] _____, “Índice de Medición y Mejoramiento de la Productividad”, www.google.com.ec, Noviembre 18, 2010.

[15] _____, “Como Administrar su Negocio / Producción / Procesos Productivos”, [www.infomipyme.com/Docs/SV/Offline/](http://www.infomipyme.com/Docs/SV/Offline/Comoadministrar/proceso1.htm)

[Comoadministrar/proceso1.htm](http://www.infomipyme.com/Docs/SV/Offline/Comoadministrar/proceso1.htm), Noviembre 23, 2010.

[16] _____, “Introducción al Balance de Línea”, www.arquimedex.com/index.php?accion=1&id=5, Noviembre 27, 2010.

[17] Steve F. Krar y Albert F. Check, *Tecnología de las Maquinas-Herramienta*, Quinta Edición, 2002.

[18] Zaragoza, N., “Para Competir Hay que ser los Mejores del Ramo”, <http://www.monografias.com/trabajos45/shigeo-shingo/shigeo-shingo.shtm>, Octubre 10, 2010.

[19] Roger Schroeder, *Administración de Operaciones*, Tercera Edición, 1997.