



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ESTUDIO DE TIEMPOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS INDUSTRIALES, PARA
MEJORAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNA FÁBRICA DE TUBOS Y PERFILES**

José Manuel García Pérez

Asesorado por el Ing. Joel Edgardo Avila Castellanos

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE TIEMPOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS INDUSTRIALES, PARA
MEJORAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNA FÁBRICA DE TUBOS Y PERFILES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ MANUEL GARCÍA PÉREZ

ASESORADO POR EL ING. JOEL EDGARDO AVILA CASTELLANOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgén Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Óscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado De León
EXAMINADOR	Ing. José Luis Antonio Valdeavellano Ardón
EXAMINADORA	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE TIEMPOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS INDUSTRIALES, PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNA FÁBRICA DE TUBOS Y PERFILES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 5 de mayo de 2016.

José Manuel García Pérez

Guatemala, 10 de mayo de 2017

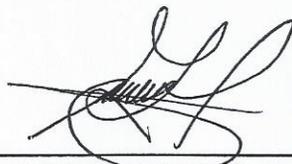
Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ing. Gómez:

Por este medio tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he asesorado el trabajo de graduación titulado **"ESTUDIO DE TIEMPOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS INDUSTRIALES, PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNA FÁBRICA DE TUBOS Y PERFILES"** elaborado por el estudiante universitario **José Manuel García Pérez** e identificado con el número de carné **201114591** previo a optar por el título de Ingeniero Industrial.

Al respecto quiero indicar que luego de efectuar las debidas revisiones y correcciones, encuentro que el trabajo cumple con los requisitos para su aprobación, por lo que considero se proceda a realizar los trámites correspondientes.

Sin otro particular, me suscribo,



Ing. Joel Avila
Colegiado: 10690

Ing. Joel Edgardo Avila Castellanos
Colegiado no. 10690
Asesor



REF.REV.EMI.121.017

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE TIEMPOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS INDUSTRIALES, PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNA FÁBRICA DE TUBOS Y PERFILES**, presentado por el estudiante universitario **José Manuel García Pérez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Inga. María Martha Welford de Hernández
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.169.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE TIEMPOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS INDUSTRIALES, PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNA FÁBRICA DE TUBOS Y PERFILES**, presentado por el estudiante universitario **José Manuel García Pérez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

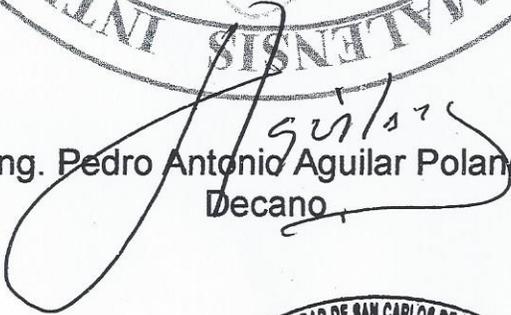


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.505-2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE TIEMPOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TUBOS INDUSTRIALES, PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN UNA FÁBRICA DE TUBOS Y PERFILES**, presentado por el estudiante universitario: **José Manuel García Pérez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2017



/c c

ACTO QUE DEDICO A:

- Mis abuelos** Cony y Manuel, porque todo lo que soy se lo debo a ellos. Por todo el amor, educación y consejos que me han dado en cada día de mi vida.
- Mi mamá** Magaly Pérez, por la paciencia, el apoyo y el amor que me ha dado cada día, especialmente en esta etapa de mi vida.
- Mis primos** Eduardo, Rodrigo y Ximena, porque espero ser un buen ejemplo en sus vidas.
- Mis amigos** Walter Coronado, Manuel Estrada, Gabriel Araujo, André Peláez y Alejandro Martínez. Por todo lo que vivimos en la universidad y por su invaluable amistad.

AGRADECIMIENTOS A:

Mi familia

Hellen, Mirna, Efraín y Pedro, por siempre estar apoyándome a lo largo del camino. Y, especialmente, gracias a Eduardo, por sus consejos y lecciones sobre ingeniería.

Mis amigos

Junior, Jaime, Oswaldo, Ronald, José Eduardo, Enrique, Lester, Carlos, Wilmer, Imelda, Edgar, Karina, Erick, Gesler y Diego José, por todo su apoyo y amistad.

Mi papá

Guillermo García, por la ayuda que me brindó durante cada paso de mi formación profesional.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme las herramientas necesarias para cumplir mi meta de ser ingeniero.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por darme el espacio y las oportunidades para crecer como persona y como un profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Misión	1
1.1.2. Visión.....	1
1.1.3. Código de valores.....	2
1.1.4. Ubicación	2
1.1.5. Descripción de actividades	2
1.1.6. Estructura organizacional	3
1.1.7. Distribución de la planta	4
1.1.8. Productos.....	6
1.1.8.1. Tubería	6
1.1.8.2. Cañería.....	7
1.1.8.3. Costanera	8
1.2. Industria metalmecánica.....	8
1.3. Producción.....	9
1.3.1. Definición	9
1.3.2. Tipos.....	9
1.3.3. Indicadores	10

1.4.	Ingeniería de métodos.....	10
1.4.1.	Definición.....	10
1.4.2.	Objetivos	10
1.4.3.	Etapas	11
1.5.	Métodos gráficos.....	11
1.5.1.	Diagrama de operaciones	11
1.5.2.	Diagrama de flujo de operaciones.....	12
1.5.3.	Diagrama de recorrido.....	14
1.5.4.	Diagrama de hombre-máquina.....	15
1.6.	Medición del trabajo	16
1.6.1.	Definición.....	16
1.6.2.	Objetivos	16
1.7.	Estudio de tiempos.....	16
1.7.1.	Definición.....	16
1.7.2.	Cronometraje.....	17
1.7.3.	Tiempo normal	17
1.7.4.	Holguras o suplementos.....	19
1.7.5.	Tiempo estándar	21
2.	SITUACIÓN ACTUAL	23
2.1.	Línea de producción de tubos industriales	23
2.2.	Maquinaria	24
2.3.	Materia prima	26
2.3.1.	Lámina fría	26
2.3.2.	Lámina caliente	27
2.3.3.	Lámina galvanizada	28
2.4.	Personal operativo	30
2.5.	Proceso productivo.....	32
2.5.1.	Descripción de operaciones	32

2.5.2.	Diagrama de flujo de operaciones	33
2.5.3.	Diagrama de hombre-máquina	35
2.5.4.	Diagrama de recorrido	36
2.6.	Estándares actuales	38
2.7.	Costos de producción.....	38
2.7.1.	Costos de materia prima.....	38
2.7.2.	Costo de personal operativo	39
2.7.3.	Costo de maquinaria.....	40
2.8.	Mantenimiento actual	40
2.8.1.	Mantenimiento correctivo.....	40
2.8.2.	Mantenimiento preventivo.....	41
2.9.	Condiciones ambientales y de seguridad industrial.....	42
3.	PROPUESTA PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE TIEMPOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.....	45
3.1.	Análisis del corte de lámina	45
3.2.	Estudio de tiempos en cortadora	46
3.2.1.	Tiempos cronometrados y calificación del operario	46
3.2.2.	Tiempo normal.....	48
3.2.3.	Holguras	49
3.2.4.	Tiempo estándar.....	51
3.3.	Análisis de la formadora de tubos	52
3.4.	Estudio de tiempos en la formadora de tubos	53
3.4.1.	Tiempos cronometrados y calificación del operario	53
3.4.2.	Tiempo normal.....	55
3.4.3.	Holguras	55
3.4.4.	Tiempo estándar.....	57

3.5.	Costos de producción.....	58
3.5.1.	Costos de personal operativo.....	58
3.5.2.	Costos de maquinaria	60
3.6.	Análisis de costos de producción	60
3.7.	Análisis de la utilización	62
3.7.1.	Producción real	63
3.7.2.	Tiempo útil.....	65
3.7.3.	Tiempo programado total	67
3.7.4.	Utilización	67
3.7.5.	Evaluación de estándares propuestos contra anteriores	68
3.8.	Propuesta de mantenimiento preventivo	71
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	75
4.1.	Corte de lámina.....	75
4.1.1.	Diagrama de flujo de operaciones.....	75
4.1.2.	Diagrama de hombre-máquina.....	77
4.1.3.	Propuesta de tiempo estándar	79
4.1.4.	Producción teórica.....	79
4.1.5.	Tabla comparativa.....	80
4.1.6.	Utilización	81
4.2.	Formadora de tubos	82
4.2.1.	Diagrama de flujo de operaciones.....	82
4.2.2.	Diagrama de hombre-máquina.....	85
4.2.3.	Propuesta de tiempo estándar	87
4.2.4.	Producción teórica.....	88
4.2.5.	Tabla comparativa.....	88
4.2.6.	Utilización	89
4.3.	Capacitación del personal operativo	90

4.3.1.	Personal en corte de lámina	91
4.3.2.	Personal en formadora de tubos.....	92
4.4.	Plan de incentivos	93
4.5.	Evaluación del impacto en los costos de producción	94
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	97
5.1.	Evaluación de indicadores.....	97
5.1.1.	Producción.....	97
5.1.2.	Utilización	98
5.1.3.	Gráficas	99
5.2.	Estrategias para la mejora continua	99
5.2.1.	Reingeniería de procesos.....	99
5.2.2.	Capacitaciones	100
5.3.	Auditorías	102
5.3.1.	Internas.....	102
5.3.2.	Externas	103
5.4.	Gestión de calidad.....	104
5.5.	Estadísticas	104
5.5.1.	Producción.....	105
5.5.2.	Mantenimiento	105
5.6.	Análisis de beneficio/costo	106
	CONCLUSIONES	107
	RECOMENDACIONES.....	109
	BIBLIOGRAFÍA.....	111
	APÉNDICES	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Organigrama de la empresa.....	4
2. Distribución de la planta de producción.....	5
3. Tubería cuadrada.....	6
4. Tubería redonda.....	7
5. Cañería	7
6. Costanera.....	8
7. Ejemplo: diagrama de operaciones.....	12
8. Ejemplo: diagrama de flujo de operaciones	13
9. Ejemplo: diagrama de recorrido	14
10. Ejemplo: diagrama de hombre-máquina	15
11. Diagrama de cortadora de lámina	25
12. Diagrama de formadora de tubos.....	26
13. Diagrama de flujo de operaciones actual	34
14. Diagrama de hombre-máquina actual	35
15. Diagrama de recorrido actual	36
16. Distribución del tiempo de producción.....	63
17. Producción real mensual en corte.....	64
18. Producción real mensual en formado.....	64
19. Comparación de estándares en corte	69
20. Comparación de estándares en formado	70
21. Plan básico de mantenimiento preventivo	72
22. Diagrama de flujo de operaciones propuesto, 4 a 6 tiras	76
23. Diagrama de flujo de operaciones propuesto, 7 a 9 tiras	77

24.	Diagrama de hombre-máquina en corte	78
25.	Producción teórica en corte de lámina.....	80
26.	Diagrama de flujo de operaciones propuesto, tubos de 0,5" a 1,5"	83
27.	Diagrama de flujo de operaciones propuesto, tubos de 2" a 2,5"	84
28.	Diagrama de flujo de operaciones propuesto, tubos de 3" a 4"	85
29.	Diagrama de hombre-máquina en formado	86
30.	Producción teórica en formado de tubos	88
31.	Resumen de operaciones en corte de lámina.....	91
32.	Resumen de operaciones en formado de tubos	92

TABLAS

I.	Sistema de valoración Westinghouse	18
II.	Sistema de suplementos.....	20
III.	Propiedades químicas y mecánicas de lámina fría	27
IV.	Propiedades químicas y mecánicas de lámina caliente	28
V.	Propiedades químicas y mecánicas de lámina galvanizada	29
VI.	Personal operativo actual.....	30
VII.	Estándares actuales de producción	38
VIII.	Costos de materia prima	39
IX.	Costos del personal operativo.....	39
X.	Costos de maquinaria	40
XI.	Tiempo promedio en corte	47
XII.	Calificación de operarios en corte.....	48
XIII.	Tiempo normalizado en corte.....	49
XIV.	Holguras aplicadas en corte.....	50
XV.	Holguras totales en corte	50
XVI.	Tiempo estandarizado en corte.....	51
XVII.	Tiempo promedio en formado	53

XVIII.	Calificación de operarios en formado	54
XIX.	Tiempo normalizado en formado	55
XX.	Holguras aplicadas en formado.....	56
XXI.	Holguras totales en formado	56
XXII.	Tiempos estándar en formado.....	57
XXIII.	Costo de mano de obra en corte	59
XXIV.	Costo de mano de obra en formado.....	59
XXV.	Resumen de costos de producción	61
XXVI.	Costos variables de producción	62
XXVII.	Especificaciones de producción mensual.....	65
XXVIII.	Tiempo útil en corte.....	66
XXIX.	Tiempo útil en formado.....	66
XXX.	Utilización actual	68
XXXI.	Comparación de estándares en corte	69
XXXII.	Comparación de estándares en formado	70
XXXIII.	Resumen de tiempos estándar en corte.....	79
XXXIV.	Comparación de producción en corte.....	81
XXXV.	Comparación de utilización en corte	82
XXXVI.	Resumen de tiempos estándar en formado	87
XXXVII.	Comparación de producción en formado	89
XXXVIII.	Comparación de utilización en formado	90
XXXIX.	Plan de incentivos propuesto	94
XL.	Costo total de producción en corte.....	95
XLI.	Costo total de producción en formado.....	95
XLII.	Análisis de beneficio/costo	106

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballo de fuerza, unidad de medida de potencia.
kg	Kilogramo, unidad de medida de masa.
kWh	Kilovatio-hora, unidad de medida de energía eléctrica.
m	Metro, unidad de medida de longitud.
min	Minuto, unidad de medida de tiempo.
”	Pulgada, unidad de medida de longitud.
seg	Segundo, unidad de medida de tiempo.
\$	Símbolo que representa el dólar.
Q	Símbolo que representa el quetzal.
%	Símbolo que representa porcentaje.
Ton	Tonelada, unidad de medida de masa.

GLOSARIO

Bobina	Rollo de lámina utilizado como materia prima para la fabricación de diversos productos. El tipo de lámina puede ser: galvanizada, rolada en frío o caliente.
<i>Brainstorming</i>	Técnica en la que un grupo de personas generan ideas para solucionar un problema, conocida en castellano como Lluvia de Ideas.
Buril	Barra prismática de acero que se utiliza para grabar sobre metales.
Chapa	Lámina de metal.
Cuello de botella	Fase más lenta en una cadena de producción que ralentiza al resto de los procesos.
Desbobinador	Equipo mecánico que se utiliza para desenrollar una plancha de lámina enrollada.
Eficiencia	Capacidad de lograr un efecto deseado con el mínimo de recursos posibles o en un menor tiempo.
EPH	Estándar de Producción Horaria.

Estándar	Punto de referencia para medir o valorar cosas de la misma especie.
Fleje	Es una cinta continua de un material metálico o plástico, utilizada para la sujeción de cargas o como elemento de fijación.
Inmersión	Introducir un cuerpo sólido completamente en un líquido.
Metalurgia	Arte de beneficiar los minerales y de extraer los metales que contienen para ponerlos en disposición de ser elaborados.
Polipasto	Aparejo de dos grupos de poleas, uno fijo y otro móvil.
Rebaba	Residuo metálico obtenido de diversos procesos de la industria metalmeccánica.
Rectificar	Reducir algo a la exactitud especificada.
Refrigerante	Fluido que ayuda a la disminución de la temperatura en un mecanismo.
Rolado	Proceso en el que el hierro se pasa por rodillos para que la presión haga que el material adquiera una forma determinada.

RESUMEN

Estandarizar un proceso productivo requiere distintos estudios en las operaciones de cualquier planta de producción, y la importancia de esto es clave en cualquier empresa, ya que con un estándar establecido se pueden tomar decisiones, como el diseño de un plan de producción acertado que pueda cumplir con las demandas del mercado actual.

Una técnica para la estandarización de un proceso es el estudio de tiempos. Para desarrollarlo se requiere la segmentación del proceso en operaciones, estudiando cada una de ellas y al operario que las realiza, estableciendo factores de calificación del desempeño y de las condiciones de trabajo, para tener un tiempo estándar más apegado a la realidad. Siendo una empresa de las más competitivas a nivel nacional, es importante que se tengan procesos estandarizados para la reducción de costos.

Uno de los problemas que puede presentar la estandarización del proceso es el cambio en los métodos de trabajo, ya que los operarios pueden tener una resistencia al cambio que dificulte la implementación de cualquier alternativa para mejorar la capacidad de producción en una empresa. Por eso es necesario establecer un plan de capacitaciones para el operario y motivarlo a través de incentivos, que se le proveerán si cumple con las metas establecidas.

Es importante resaltar que la estandarización de los procesos no debe quedar en una sola línea de producción, sino que también se le debe dar un seguimiento para la mejora continua en las distintas actividades que se desarrollen en la planta de producción.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio de tiempos en una línea de producción de tubos industriales, para la mejora de la capacidad de producción en una fábrica de tubos y perfiles.

Específicos

1. Analizar el proceso productivo y los productos que se fabrican en la línea de producción de tubos industriales.
2. Recopilar los tiempos de cada operación dentro del proceso productivo en la línea de producción de tubos industriales.
3. Detectar los cuellos de botella existentes en el proceso productivo y establecer propuestas para su eliminación.
4. Establecer estándares en las operaciones del proceso de la línea de producción de tubos industriales.
5. Analizar el impacto que tendrán los estándares propuestos sobre los indicadores de producción.
6. Analizar los costos del proceso productivo respecto de los estándares propuestos.

7. Diseñar un plan de capacitación e incentivos para el personal operativo con base en el método propuesto.

INTRODUCCIÓN

La fábrica de tubos y perfiles que se evaluó cuenta con una alta capacidad de producción, especialmente de tubos industriales, siendo estos el producto más rentable de la empresa. Los tubos que se producen son de distintas clases, como cañería o tubería, y de distintos diámetros y espesores.

Actualmente, como toda industria en el país, se busca una mejora continua en los procesos industriales, para asegurar la calidad de los productos, disminuir los costos de producción y así optimizar las ganancias. Uno de los recursos más importantes dentro del ámbito de la producción es el tiempo, ya que, si se tienen estándares aceptables, se podrán estructurar planes de producción que sean útiles y que no tengan debilidades que puedan representar pérdidas debido al exceso o, por el contrario, la falta de capacidad para satisfacer un pedido.

Un estudio de tiempos permite establecer estándares y detectar cuellos de botella en el proceso de producción, analizando cada operación que compone el proceso y dejando a criterio del analista desarrollar nuevos métodos de trabajo para realizar el proceso productivo de forma óptima.

A lo largo del primer capítulo del presente trabajo se describe la empresa y sus respectivas actividades, además se explican las herramientas que se utilizaron para el desarrollo del estudio de tiempos. En el segundo capítulo se muestra la situación actual de la empresa: la forma en la que maneja sus recursos y los costos actuales de producción. En el tercer capítulo se muestra el estudio que se realizó, mientras que en el cuarto capítulo se muestran las

ventajas y el plan de implementación de los nuevos estándares. Por último, en el quinto capítulo, se dan a conocer recomendaciones para un plan de seguimiento para la mejora continua en el proceso.

1. ANTECEDENTES GENERALES

La planta de producción en la que se desarrolló el estudio de tiempos es una empresa del área de metalurgia con más de cincuenta años de experiencia dedicada a la fabricación de tubos industriales y perfiles metálicos. La planta tiene la capacidad de producción de dos mil toneladas mensuales y provee de empleo a más de doscientas personas.

1.1. La empresa

1.1.1. Misión

La misión de la empresa es manufacturar y comercializar productos derivados del acero de la mejor calidad y con el personal debidamente capacitado bajo las mejores condiciones de trabajo, comprometiéndose con los clientes y la sociedad.

1.1.2. Visión

La visión de la empresa es ser los líderes de la industria del acero en Guatemala y Centroamérica, aportando productos de calidad certificada para cada sector en que sea necesario, comprometidos en manejar los estándares internacionales en su fabricación.

1.1.3. Código de valores

El código de valores de la empresa se basa en una actitud responsable y honesta, contar con personal leal y proactivo, brindar calidad en los productos para la mayor satisfacción del cliente y, sobre todo, estar comprometidos con el desarrollo del país.

1.1.4. Ubicación

La fábrica se encuentra ubicada en zona 2 del municipio de Mixco, departamento de Guatemala, Guatemala. Colinda al norte, sur y este con el municipio de Mixco y al oeste con la ciudad de Guatemala.

1.1.5. Descripción de actividades

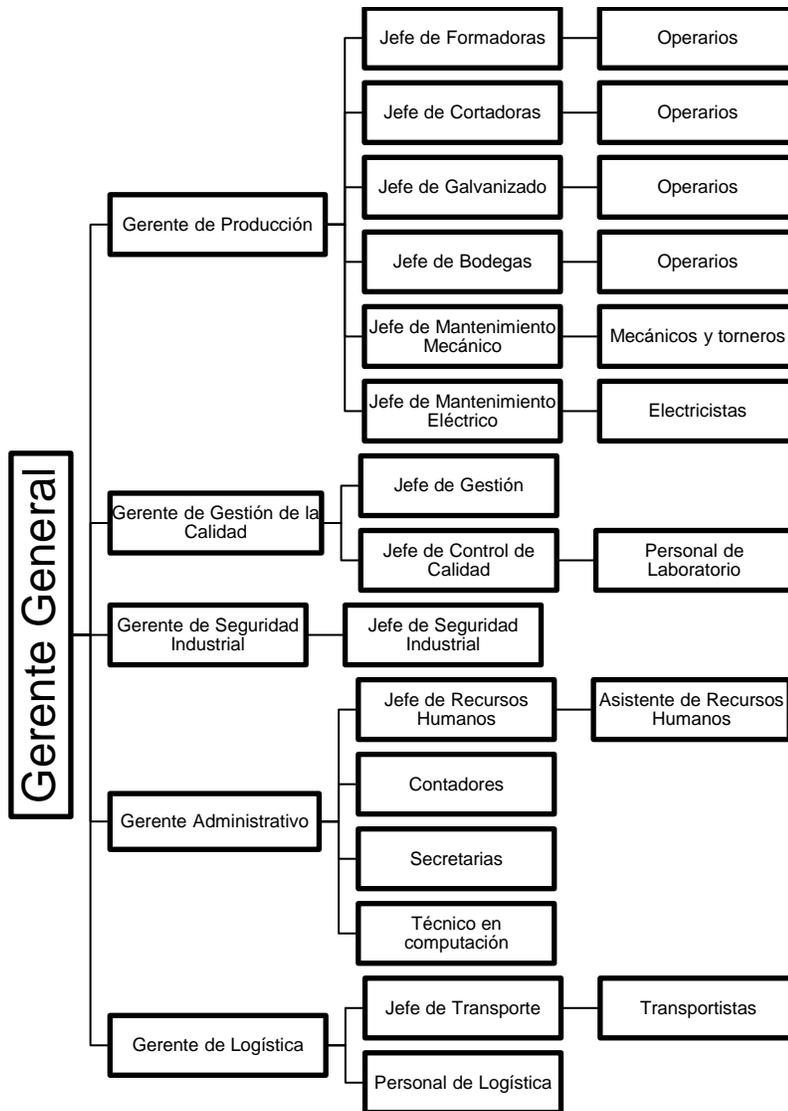
En la planta de producción se fabrica una diversidad de productos derivados del acero, siendo estos: tubería, cañería y costanera, en diferentes tipos y medidas. El ciclo empieza desde la llegada de materia prima a la empresa, bobinas que se almacenan en las bodegas para luego ser cortadas en tiras que se utilizan en las distintas líneas de producción, ya sea de tubería, cañería o costanera. Las bobinas llegan a la empresa en tráileres de plataforma y solo se transportan una o dos a la vez, debido al peso; generalmente se colocan sobre los ejes del tráiler para que no ocasionen daños al vehículo. Dependiendo de la demanda y el programa de producción ya preestablecido, las bobinas van pasando del patio a la bodega de materia prima para empezar a ser procesadas. Al salir de la línea de producción cierto producto es transportado a la bodega de producto terminado, mientras otra parte es llevada a la bodega de espera para que los tubos sean galvanizados.

Por otro lado, administración y logística coordinan las actividades financieras y de transporte en las distintas distribuidoras para que el producto sea comercializado. La planta de producción cuenta con una capacidad de producir 4 100 toneladas métricas al año. Dentro de la empresa se desarrollan distintos programas de seguridad industrial y gestión de calidad, un sistema de 5S implementado desde administración hasta las líneas en el área de producción y talleres.

1.1.6. Estructura organizacional

La planta de producción cuenta con cinco gerentes encargados de producción, administración, seguridad industrial, gestión de la calidad y logística. En la planta trabajan alrededor de 150 operarios repartidos en todas las áreas de producción en dos turnos. Hay alrededor de 25 personas trabajando en el área de talleres y 30 personas en el área administrativa y logística.

Figura 1. Organigrama de la empresa



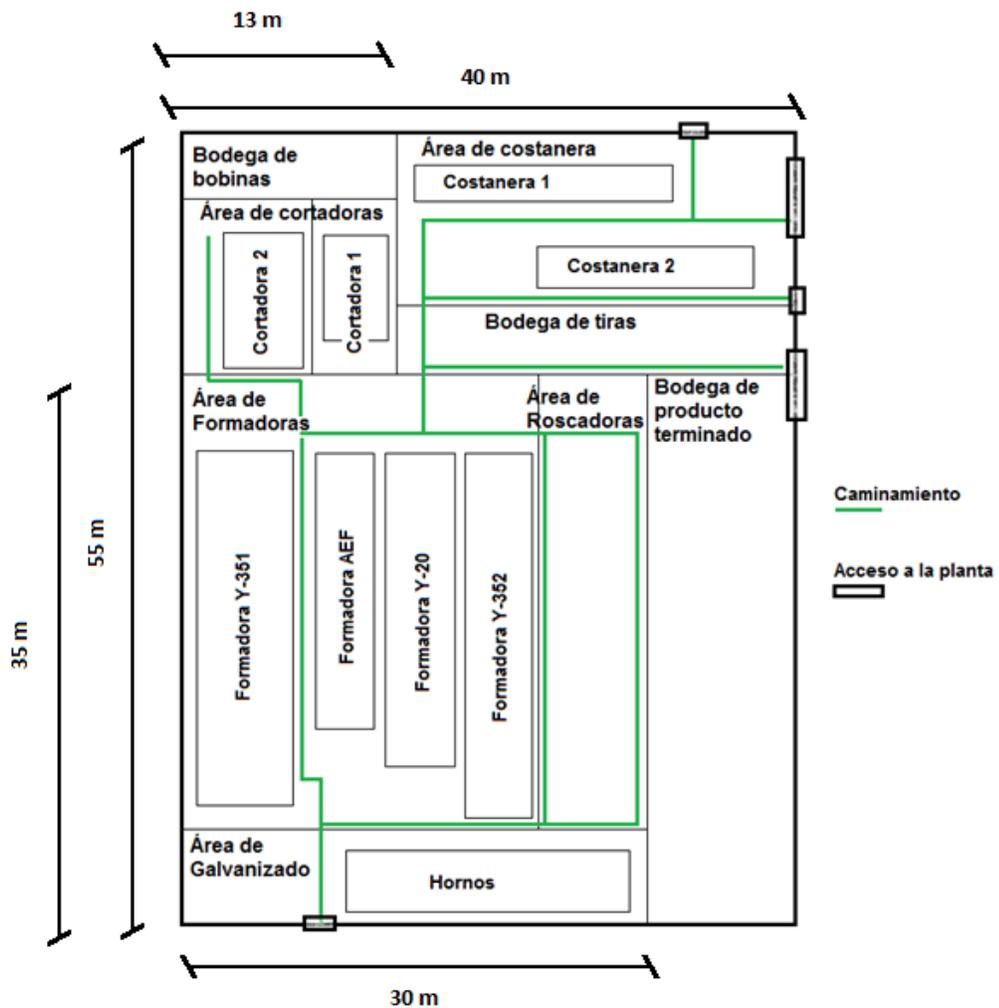
Fuente: archivo de la empresa.

1.1.7. Distribución de la planta

La planta productiva está distribuida de tal manera que el flujo sea continuo y la materia prima ingrese desde los patios de almacenaje hacia la bodega de bobinas, donde pasan directamente a las cortadoras para su

procesamiento. Adyacente a las cortadoras se encuentra el área de tiras donde el producto en proceso es almacenado para alimentar a las distintas líneas de producción (áreas de costanera y formadoras). En el área de galvanizado se encuentran los hornos y tiene una conexión directa con el área de producto terminado. Las oficinas, talleres y báscula se encuentran fuera del área de producción, a un costado de la planta.

Figura 2. **Distribución de la planta de producción**



Fuente: elaboración propia.

1.1.8. Productos

Los productos que se fabrican en la planta de producción van desde $\frac{1}{2}$ hasta 4 pulgadas de diámetro en el caso de los tubos redondos, y de 0,25 hasta 2,25 pulgadas cuadradas en el caso de la tubería rectangular y cuadrada. Todos los productos tienen seis metros de largo y los espesores varían desde 0,60 hasta 5,5 milímetros. Se fabrican bajo estándares internacionales, específicamente normas ASTM. Los productos se manufacturan en dos clases, negros y galvanizados. Los tubos negros son los que salen directamente de la línea de producción a la bodega de producto terminado, sin pasar por ningún otro proceso, mientras que los tubos galvanizados pasan a un horno en el cual son recubiertos de zinc para que estén protegidos de la corrosión y el óxido, principalmente si el producto se utilizará en el transporte de fluidos.

1.1.8.1. Tubería

Son conductos cuadrados o redondos que se pueden utilizar en el transporte de fluidos o incluso también pueden tener aplicación estructural. La tubería se fabrica en dos tipos, negra y galvanizada.

Figura 3. **Tubería cuadrada**



Fuente: archivo de la empresa.

Figura 4. **Tubería redonda**



Fuente: archivo de la empresa.

1.1.8.2. **Cañería**

Es muy similar a la tubería, la diferencia es que su aplicación está restringida totalmente al transporte de fluidos y tienen rosca para ser acopladas. Al igual que la tubería se fabrica en dos clases, negra y galvanizada. Se fabrican cuatro tipos de cañería: cédula 40, mecánica, ligera y mediana. Los tipos determinan la presión que pueden resistir los tubos y su espesor.

Figura 5. **Cañería**

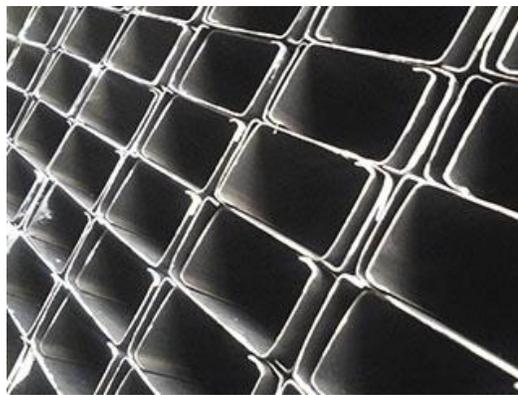


Fuente: fotografía de la empresa.

1.1.8.3. Costanera

La costanera es un elemento utilizado en el área estructural, ya que la aplicación es principalmente para construcciones.

Figura 6. **Costanera**



Fuente: fotografía de la empresa.

1.2. Industria metalmecánica

La industria metalmecánica es el área industrial encargada de aprovechar recursos obtenidos de la metalurgia para la fabricación de productos. Esto quiere decir que se encarga de la transformación de los elementos derivados del metal.

1.3. Producción

1.3.1. Definición

Se le llama producción al aprovechamiento de las materias primas para ser transformadas en productos o para complementar la realización de un servicio a través de un proceso productivo. También se puede decir que es el proceso por el cual se generan bienes que pueden satisfacer las necesidades humanas, brindándoles un valor agregado y haciéndolos útiles.

1.3.2. Tipos

- Producción continua: es un sistema de operaciones secuenciales que sigue un itinerario de producción, es utilizado para fabricar un volumen elevado de productos sin interrupciones. La continuidad de las operaciones dificulta manufacturar una amplia gama de productos.
- Producción intermitente: es un sistema en el cual se trabaja por lotes de producción. Se trabaja en un menor volumen y la secuencia de las operaciones es desordenada, ya que los diferentes productos que se manufacturan pasan por procesos en común durante su ciclo de producción.
- Producción por punto fijo: es un sistema de producción a largo plazo que consiste en la producción de un bien único. Las tareas individuales deben ser secuenciales para que contribuyan al desarrollo del proyecto. Este tipo de producción suele tener un costo elevado.

1.3.3. Indicadores

Un indicador de producción es la forma de calcular el rendimiento de los diversos recursos de producción que se utilizan en una organización; el principal índice es la productividad. De forma aritmética se puede definir que la productividad es la relación entre el resultado del sistema productivo sobre la cantidad de recursos utilizados para el proceso. Se dice que para que un sistema sea productivo, tiene que ser efectivo, eficiente y de calidad; esto quiere decir cumplir las metas, hacerlo con mínimos recursos y bajo los estándares requeridos. Por otro lado, un indicador de la utilización mide el tiempo aprovechado durante el proceso productivo, ya que relaciona el tiempo útil sobre el tiempo programado en cierto período de producción.

1.4. Ingeniería de métodos

1.4.1. Definición

Técnica de la ingeniería en la que se registra y evalúa un sistema metodológico utilizado para llevar a cabo un trabajo, para proponer nuevos métodos para hacerlo más sencillo y eficiente.¹

1.4.2. Objetivos

- Aumentar la productividad del sistema productivo.
- Disminuir el costo por unidad del bien producido.
- Hacer más eficiente el sistema de producción, reduciendo costos al simplificar el trabajo, utilizar menos recursos, etc.

¹GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2ª ed., México, 2005.

- Producir bienes de mejor calidad para satisfacer las necesidades del cliente.
- Proveer las condiciones necesarias de trabajo para el bien del personal.

1.4.3. Etapas

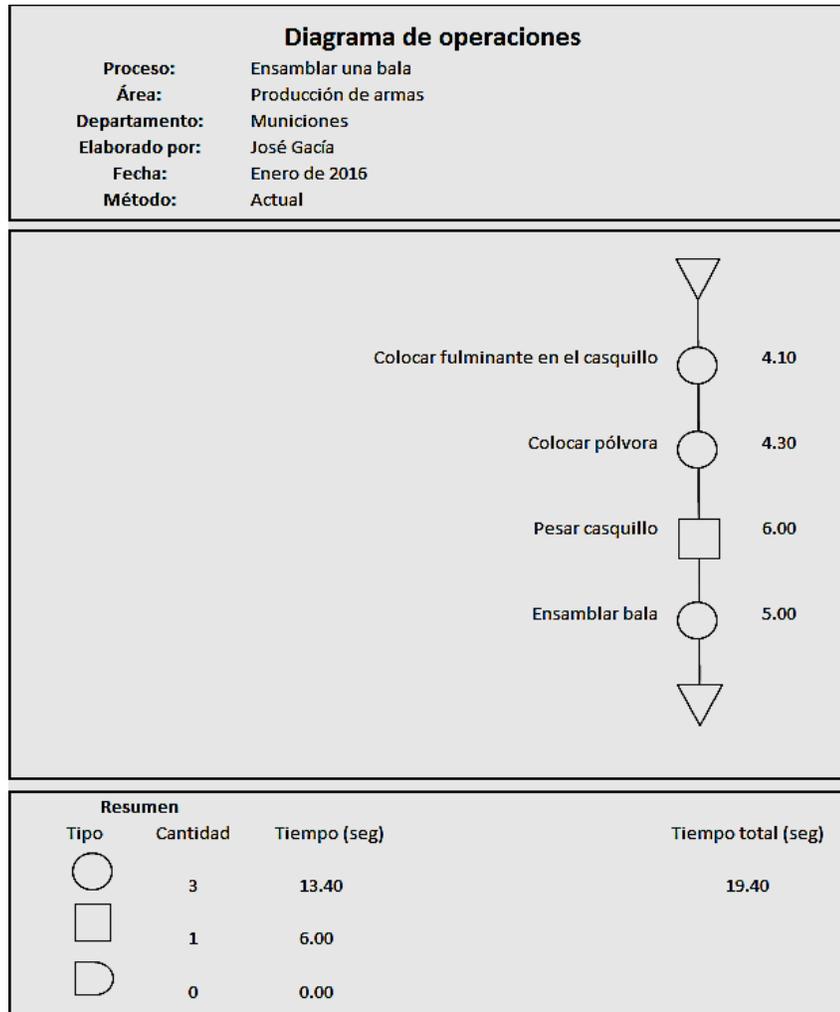
- Seleccionar el proceso a evaluar.
- Registrar toda la información referente al método actual para el desarrollo del proceso de producción.
- Evaluar y examinar el método actual de producción.
- Idear y proponer un nuevo método en el cual se simplifique el trabajo durante el proceso de producción.
- Implementar el nuevo método de trabajo, principalmente capacitando al personal.
- Inspeccionar y evaluar el impacto en la producción del nuevo método de trabajo.

1.5. Métodos gráficos

1.5.1. Diagrama de operaciones

Es una secuencia cronológica de las operaciones que componen un proceso productivo. Muestra entradas, inspecciones, retrasos, operaciones y salidas. Las operaciones están representadas por un círculo, las inspecciones por un cuadrado y los retrasos por una figura de medio ovalo. Las figuras se unen por una línea vertical para representar secuencia y una línea horizontal para representar la entrada de un nuevo material o proceso paralelo.

Figura 7. Ejemplo: diagrama de operaciones



Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Diagrama de flujo de operaciones

Es muy similar a un diagrama de operaciones, ya que también muestra la secuencia de actividades u operaciones que componen un proceso, utilizando los mismos símbolos que el diagrama de operaciones, pero adicionando los símbolos de una flecha para representar transporte, un triángulo invertido para

representar almacenamiento y operaciones combinadas que pueden ser un cuadro con un círculo adentro, para representar operación e inspección.

Figura 8. Ejemplo: diagrama de flujo de operaciones

DIAGRAMA DEL PROCESO DE EL RECORRIDO Reg. No. 1

Nombre del proceso Cinturón para vestido modelo 81-20 LA OPERACIÓN Pág. 1 de 2 págs.

Plano No. 2 Pieza CINTURÓN Diagrama No. 11

Hombre Material Departamento _____

Se inicia en: Departamento de cintos

Se termina en: Almacén de productos terminados

Hecho por: Raúl Ramírez Reyes Fecha: Junio de 1995

Unidad de costo: _____ Producción anual: _____

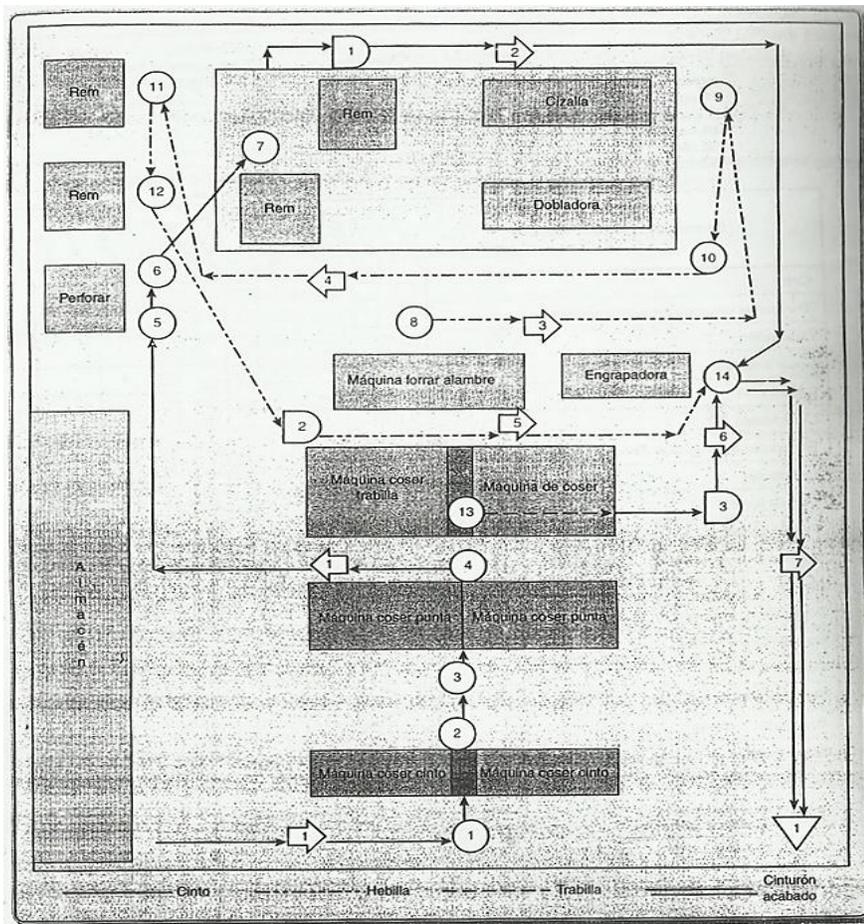
Descripción del método actual	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia en metros	Cantidad	Tiempo
Cinto	○	□	→	▷	▽			
Transportar entretela a máquina cosedora	○	□	→	▷	▽			
Coser cinto	○ ⁰¹	□	→	▷	▽			
Coser a tamaño	○ ⁰²	□	→	▷	▽			
Coser punta	○ ⁰³	□	→	▷	▽			
Cortar punta	○ ⁰⁴	□	→	▷	▽			
Transportar a máquina perforadora	○	□	→	▷	▽			
Perforar ojal	○ ⁰⁵	□	→	▷	▽			
Perforar 5 ojillos	○ ⁰⁶	□	→	▷	▽			
Poner 5 ojillos	○ ⁰⁷	□	→	▷	▽			
Transportar a ensamble	○	□	→	▷	▽			
Hebilla	○	□	→	▷	▽			
Forrar alambre con tela	○ ⁰⁸	□	→	▷	▽			
Transportar a cortadora	○	□	→	▷	▽			
Cortar a tamaño	○ ⁰⁹	□	→	▷	▽			
Doblar hebilla	○ ¹⁰	□	→	▷	▽			
Transportar a prensa	○	□	→	▷	▽			
Colocar grapas	○ ¹¹	□	→	▷	▽			
Esperar ensamble	○	□	→	▷	▽			
Transportar a ensamble	○	□	→	▷	▽			
	○	□	→	▷	▽			

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. Pág. 64

1.5.3. Diagrama de recorrido

Este diagrama muestra las actividades de un proceso con la misma simbología que el diagrama de flujo de operaciones, pero desplegado sobre un plano con el diseño de la planta de producción. En este diagrama se puede evaluar principalmente el flujo o recorrido del bien o de sus componentes durante todo el proceso de producción a través de la planta.

Figura 9. Ejemplo: diagrama de recorrido

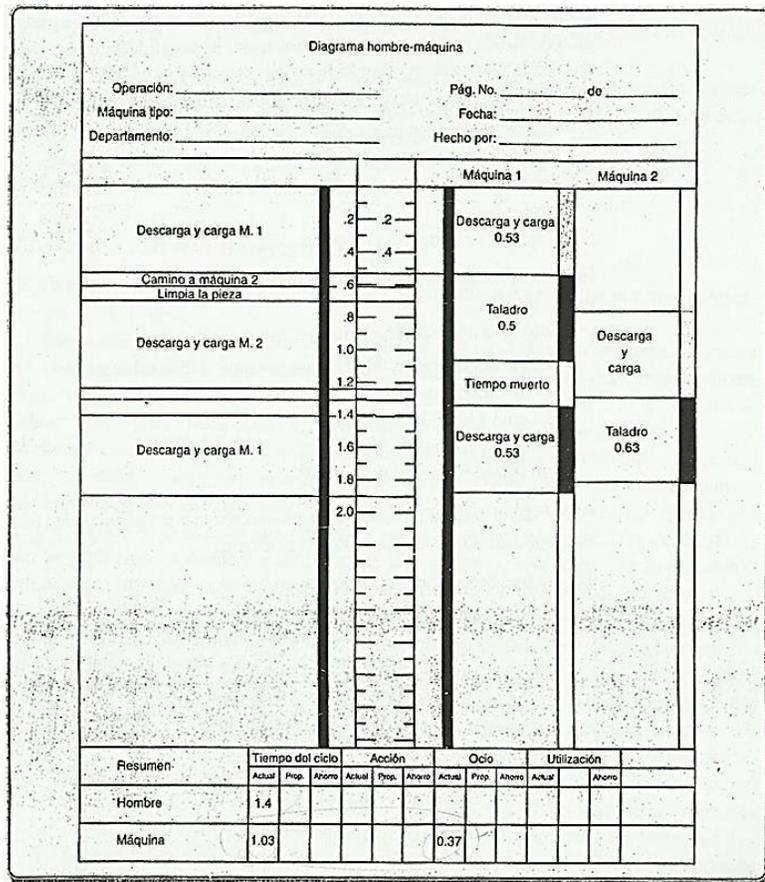


Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. Pág. 67

1.5.4. Diagrama de hombre-máquina

Es una representación gráfica de la secuencia de operaciones en las cuales el hombre interactúa con una máquina durante varios ciclos del proceso de producción. Principalmente permite identificar el tiempo que emplean el hombre y la máquina en realizar una operación, para así determinar cuántas máquinas puede manejar un operario sin causar un retraso en el proceso o tener tiempo muerto.

Figura 10. Ejemplo: diagrama hombre-máquina



Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. Pág. 72

1.6. Medición del trabajo

1.6.1. Definición

Es un método de investigación que aplica diversas técnicas para definir el contenido de cierta tarea y fijar un tiempo en el que un trabajador promedio la desarrolla de acuerdo a un estándar².

1.6.2. Objetivos

- Incrementar la eficiencia del trabajo desarrollado al evaluar y proponer nuevos métodos.
- Establecer estándares de tiempo que sirven en otras áreas de la empresa, por ejemplo, para calcular costos de producción o establecer planes de producción.

1.7. Estudio de tiempos

1.7.1. Definición

El estudio de tiempos es una técnica que sirve para determinar de manera exacta el tiempo necesario para llevar a cabo una operación. El estudio de tiempos se desarrolla a través de la preparación del método, en la cual se selecciona el método y el trabajador a evaluar. Luego el estudio se ejecuta, para lo cual se recopila toda la información necesaria y se toman los tiempos, que pasan a ser valorados por el analista. Al tiempo registrado también se le agregan tolerancias, que son márgenes por los cuales el tiempo de operación puede excederse.

²GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2ª ed., México, 2005.

1.7.2. Cronometraje

Se le llama cronometraje a la tarea de medir el tiempo de cada operación. Existen dos métodos: cronometraje de lectura con retroceso a cero y cronometraje continuo de lectura de reloj. El método de retroceso a cero consiste en tomar el tiempo de una operación y regresar el cronometro a cero y así sucesivamente en cada operación. El segundo método consiste en que el cronómetro se mantiene en marcha hasta que concluye todo el estudio, registrando el tiempo acumulado en que se cumple cada operación. Cuando se obtienen los tiempos cronometrados, dependiendo de las lecturas necesarias, se saca un promedio para cada operación y la sumatoria da como resultado el tiempo promedio total del proceso.

1.7.3. Tiempo normal

El tiempo normal es obtenido del promedio del tiempo observado durante la operación, multiplicado por el coeficiente de la valoración que se le asigna. Dependiendo del coeficiente de valoración, el resultado puede aumentar o disminuir, normalizando el tiempo en que un operario promedio realizaría la operación. Hay distintos tipos de valoración del tiempo, que quedan a criterio del analista, al igual que la valoración del tiempo en que un operario realiza la operación.

El sistema de valoración Westinghouse es un método para valorar distintas características del operario y así establecer un factor de valoración para normalizar el tiempo. En este sistema se toman en cuenta: la habilidad, el esfuerzo y consistencia del operario, además de las condiciones en las cuales labora. A cada elemento se le asigna un valor dependiendo de cómo el analista observe el desempeño del operario, y al final se hace la sumatoria entre los

elementos para obtener un factor de calificación. Si el valor es mayor a uno, el tiempo aumentará, lo que quiere decir que el trabajador es más rápido que el promedio para desarrollar cierta tarea. Ahora, si el valor es menor que uno, el tiempo disminuirá, por lo que el operario es muy lento en la tarea que realiza.

$$t_n = t_p * FC$$

Donde:

- t_n = tiempo normal
- t_p = tiempo promedio
- FC = factor de calificación

Tabla I. **Sistema de valoración Westinghouse**

Habilidad			Esfuerzo		
A1	0,15	Habilidoso	A1	0,13	Excesivo
A2	0,13	Habilidoso	A2	0,12	Excesivo
B1	0,11	Excelente	B1	0,10	Excelente
B2	0,08	Excelente	B2	0,08	Excelente
C1	0,06	Bueno	C1	0,05	Bueno
C2	0,03	Bueno	C2	0,02	Bueno
D	0,00	Medio	D	0,00	Medio
E1	-0,05	Regular	E1	-0,04	Regular
E2	-0,10	Regular	E2	-0,08	Regular
F1	-0,16	Malo	F1	-0,12	Malo
F2	-0,22	Malo	F2	-0,17	Malo
Condiciones			Consistencia		
A	0,06	Ideales	A	0,04	Perfecta
B	0,04	Excelentes	B	0,03	Excelente
C	0,02	Buenas	C	0,01	Buena
D	0,00	Medias	D	0,00	Media
E	-0,03	Regulares	E	-0,02	Regular
F	-0,07	Malas	F	-0,04	Mala

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. P. 213.

La habilidad, el esfuerzo, las condiciones y la consistencia se describen como ideales, buenas, medias, regulares, medias o malas, y dependiendo de cómo se calificó al operario y su área de trabajo, se le asigna una código que va acompañado del factor de calificación.

1.7.4. Holguras o suplementos

Un suplemento es un margen de tiempo que se le da al operario debido a que puede ser afectado por distintas variables en su entorno, que pueden generar retrasos en el desarrollo de las operaciones a medida que transcurre el tiempo del período de trabajo. Los suplementos que se pueden conceder son: por fatiga o descanso, necesidades personales y retrasos especiales. Estos son asignados por criterio del analista, a través de una tabla con variables predeterminadas, dependiendo de los retrasos que se observen en las operaciones.

El tiempo de necesidades personales es el que se le asigna a las personas debido a necesidades fisiológicas. Para una persona normal el valor varía entre 5 % y 7 %. Los suplementos por fatiga pueden variar dependiendo de trabajos ligeros o pesados, que van desde 8 % hasta 40 %. La fatiga en el trabajo es ocasionada por factores como la monotonía, condiciones ambientales, el tiempo de trabajo, la postura del operario, entre otros. Los suplementos por fatiga pueden variar debido a las condiciones en las que el trabajador se encuentra. Por último, los retrasos especiales son ocasionados por variables como: recibir instrucciones, inspecciones, fallas en el equipo, falta de material. En este caso los porcentajes van desde 1 % a 10 % del tiempo.

Tabla II. Sistema de suplementos

SUPLEMENTOS CONSTANTES		Hombre	Mujer
Necesidades especiales		5	7
Fatiga base		4	4
SUPLEMENTOS VARIABLES		Hombre	Mujer
Trabajo de pie		2	4
Postura anormal	Ligeramente incómoda	0	1
	Incómoda (inclinado)	2	3
	Muy incómoda (echado, estirado)	7	7
Uso de fuerza/energía muscular (Levantar, tirar, empujar) {Kg}	2,5	0	1
	5	1	2
	10	3	4
	25	9	20 (máx.)
	35,5	22	--
Mala iluminación	Ligeramente bajo la potencia calculada	0	0
	Bastante por debajo	2	2
	Absolutamente insuficiente	5	5
Condiciones atmosféricas (Índice de enfriamiento Kata)	16	0	0
	8	10	10
	4	25	25
	2	100	100
Concentración intensa	Trabajos con cierta precisión	0	0
	Trabajos precisos o fatigosos	2	2
	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Ruido	Continuo	0	0
	Intermitente y fuerte	2	2
	Intermitente y muy fuerte	5	5
Tensión mental	Proceso bastante complejo	1	1
	Proceso complejo	4	4
	Muy complejo	8	8
Monotonía	Trabajo algo monótono	0	0
	Trabajo bastante monótono	1	1
	Trabajo muy monótono	4	4
Tedio	Trabajo algo aburrido	0	0
	Trabajo bastante aburrido	2	1
	Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. P. 228.

1.7.5. Tiempo estándar

El tiempo estándar es el tiempo en el cual un trabajador promedio y capacitado puede llevar a cabo una operación, según los estándares establecidos e incluyendo tolerancias de tiempo debido a retrasos que no pueden ser controlados. Se calcula multiplicando el tiempo normal por la suma de uno, más el porcentaje de holguras o suplementos que fueron establecidos.

$$t_e = t_n * (1 + \%S)$$

Donde:

- t_e = tiempo estándar
- t_n = tiempo normal
- $\%S$ = porcentaje de holguras o suplementos

2. SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se procede a describir el proceso productivo bajo el cual la planta de producción trabaja actualmente, además de proporcionar la información sobre los recursos como la materia prima, la mano de obra, la maquinaria y los estándares que se utilizan. También se presenta información sobre los costos de producción y los programas de mantenimiento y seguridad industrial de la planta.

2.1. Línea de producción de tubos industriales

En la planta de producción la línea de producción de tubos industriales está constituida por dos partes fundamentales: la cortadora de lámina y la formadora de tubos. La cortadora de lámina está formada por un desbobinador, una guillotina, los rodos conductores, las cuchillas, un estabilizador y, por último, el rebobinador de tiras. La maquinaria se controla por un operario, junto con dos operarios auxiliares para retirar la rebaba y las tiras. El desbobinador se alimenta por bobinas de 6 a 8 toneladas que son movidas por un puente grúa desde la bodega de bobinas hasta la máquina. En este proceso se cortan las bobinas de lámina en tiras para ser procesadas y transformadas en tubos. El área de corte es importante dentro de las actividades en la planta, ya que es el proceso que mantiene alimentadas las distintas líneas de producción.

La formadora de tubos está identificada como Y-351. El proceso empieza por el molino alimentador y la soldadura de tiras, para pasar a los rodos formadores que le dan forma de tubo a las tiras, luego se sella el tubo con una máquina de soldadura y, a través del rectificador, que cuenta con un buril, se

cortan los residuos de la soldadura; además, un sensor hace una radiografía del tubo para detectar que no tenga ninguna imperfección o fisura. Por último, el carro de corte le da al tubo el largo especificado. Al final los tubos salen a una mesa en la cual los operadores atan los tubos en paquetes que son transportados a la bodega de producto terminado o, en el caso de ser galvanizados, pasan a la bodega de espera.

Actualmente, existen dos problemas en la línea de producción: primero, los estándares de producción (llamados EPH's en la fábrica), en general, son obsoletos y no son los correctos, por lo que se deben establecer estándares confiables con los que se pueda hacer una mejor planificación de actividades. Como segundo punto, la formadora de tubos también tiene problemas en los estándares, ya que no se han hecho estudios en mucho tiempo, a pesar de que se han hecho modificaciones en el equipo y en los procesos, además de la existencia de operaciones innecesarias que no aportan ningún valor en la producción, por lo que los indicadores de cada mes no son acertados y esto causa un descontento en los altos mandos de la organización, ya que los jefes de producción no presentan resultados que satisfagan las metas anuales que se tienen establecidas. Debido a estos problemas, la opción más viable para la organización es estandarizar los procesos actuales de producción y hacer una evaluación de los indicadores en condiciones anteriores y los nuevos estándares.

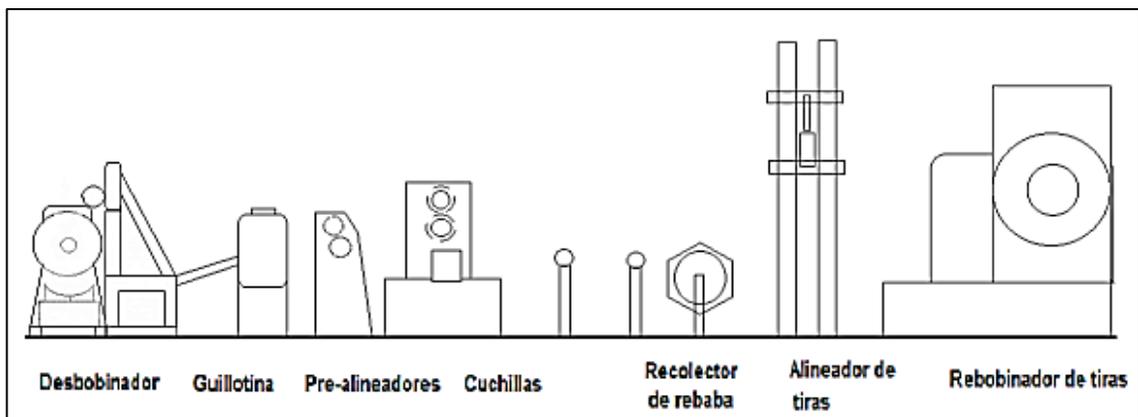
2.2. Maquinaria

La cortadora utiliza equipo marca Hor, con un motor de 140 HP. El equipo consta de un desbobinador, una guillotina, un prealineador para que la lámina no se mueva mientras se corta, las cuchillas, un recolector de rebaba, un alineador de tiras y, por último, un rebobinador de tiras.

La formadora de tubos es marca Yoder y cuenta con un motor de 240 HP. El equipo de la formadora de tubos está compuesto por los rodos formadores, que le van dando forma de tubo a la lámina, una soldadora que cierra el tubo, un enfriador y rectificador, para enfriar el tubo luego de que se suelda y rectificar la forma del mismo. En la parte final posee un sensor que detecta imperfecciones en el tubo y la velocidad a la que van saliendo y, por último, el carro de corte.

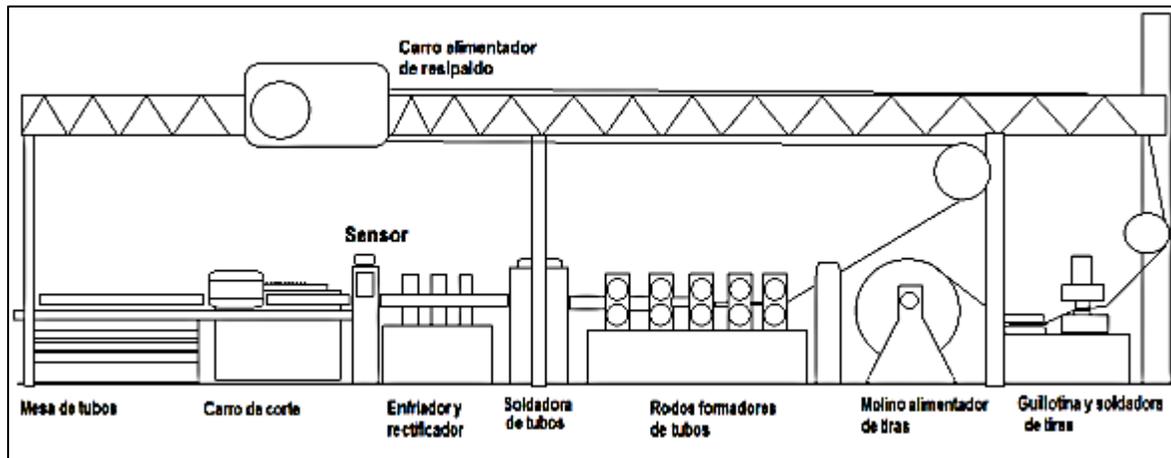
A continuación se muestra un diagrama del equipo que compone el área de formadoras y el área de cortadoras.

Figura 11. **Diagrama de cortadora de lámina**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Diagrama de formadora de tubos



Fuente: elaboración propia.

2.3. Materia prima

La materia prima que se utiliza en la fabricación de tubos industriales está formada de rollos de lámina que van de 8 a 10 toneladas. La materia prima es importada, proveniente de China. Los tipos de lámina utilizados son los siguientes:

2.3.1. Lámina fría

El acero rolado en frío se obtiene de material rolado en caliente, pero se somete a otro proceso de laminación en frío en el que el espesor de la chapa se reduce de un 40 a un 90 %. El proceso se realiza a temperaturas menores a la recristalización para aumentar la dureza. Todo esto se realiza para obtener las propiedades mecánicas aptas para la aplicación de la lámina, que puede ser útil tanto en exteriores como en interiores. En términos de calidad, la lámina rolada en frío está certificada bajo la norma JIS G 3141.

Tabla III. **Propiedades químicas y mecánicas de lámina fría**

Chemical composition, %

Symbol of grade	C	Mn	P	S
SPCC	0.12 max	0.50 max	0.040 max	0.045 max
SPCD	0.10 max	0.45 max	0.035 max	0.035 max
SPCE	0.08 max	0.40 max	0.030 max	0.030 max

Mechanical properties

Symbol of quality	Tensile strength N/mm ²	Elongation %						Tensile test piece
	Discrimination according to nominal thickness mm							
	0,25 or over	0,25 or over to and excl. 0,40	0,40 or over to and excl. 0,60	0,60 or over to and excl. 1,0	1,0 or over to and excl. 1,6	1,6 or over to and excl. 2,5	2,5 or over	
SPCC	(270 min)	(32 min)	(34 min)	(36 min)	(37 min)	(38 min)	(39 min)	No. 5 in rolling direction
SPCD	270 min	34 min	36 min	38 min	39 min	40 min	41 min	
SPCE	270 min	36 min	38 min	40 min	41 min	42 min	43 min	

Fuente: Norma JIS G 3141.

2.3.2. Lámina caliente

El acero rolando en caliente es el producto que se obtiene del proceso primario del rolado, en el cual se recalientan las planchas para producir rollos de acero con espesores que van de 0,075 hasta 0,625 pulgadas. Las láminas roladas en caliente están certificadas bajo la norma JIS G 3132.

Tabla IV. **Propiedades químicas y mecánicas de lámina caliente**

Chemical composition, %

Grade symbol	C	Si	Mn	P	S
SPHT 1	0.10 max	0.35 max	0.50 max	0.040 max	0.040 max
SPHT 2	0.18 max	0.35 max	0.60 max	0.040 max	0.040 max
SPHT 3	0.25 max	0.35 max	0.30 to 0.90	0.040 max	0.040 max
SPHT 4	0.30 max	0.35 max	0.30 to 1.00	0.040 max	0.040 max

Mechanical properties

Grade symbol	Tensile strength N/mm ²	Elongation				Tensile test piece	Bending angle	Bendability		
		1,2mm or over to and excl. 1,6mm in thickness	1.6mm or over to and excl. 3,0mm in thickness	3,0mm or over to and excl. 6,0mm in thickness	6,0mm or over up to and incl. 13mm in thickness			Inside radius		Test piece
								3,0mm or under in thickness	Over 3,0mm up to and incl. 13mm in thickness	
SPHT 1	270 min	30 min	32 min	35 min	37 min	No. 5 taken in rolling direction	180 degree	Flat on intself	Thickness x 0,5	No. 3 taken in rolling direction
SPHT 2	340 min	25 min	27 min	30 min	32 min		180 degree	Thickness x 1,0	Thickness x 1,5	
SPHT 3	410 min	20 min	22 min	25 min	27 min		180 degree	Thickness x 1,5	Thickness x 2,0	
SPHT 4	490 min	15 min	18 min	20 min	22 min		180 degree	Thickness x 1,5	Thickness x 2,0	

Fuente: Norma JIS G 3132.

2.3.3. Lámina galvanizada

Es lámina de acero que ha sido sometida al proceso de inmersión en caliente, en el cual se recubre la lámina por completo de zinc. El fin del galvanizado es prevenir la corrosión y prolongar la vida útil de la lámina. Las láminas están certificadas bajo la norma ASTM A653.

Tabla V. Propiedades químicas y mecánicas de lámina galvanizada

Steel Designation	Carbon		Manganese		Phosphorous	Sulfur	
CS (HDG and AZ)							
Type A ^B	0.10		0.60		0.030	0.035	
Type B	0.02-0.15		0.60		0.030	0.035	
Type C ^B	0.08		0.60		0.100	0.035	
FS							
Type A (HDG) ^C	0.10		0.50		0.020	0.035	
Type B, (HDG and AZ)	0.02-0.10		0.50		0.020	0.030	
DS (AZ) ^F	0.06		0.50		0.020	0.025	
DDS (HDG) ^{B,F}	0.06		0.50		0.020	0.025	
HTS (AZ) ^F	0.02-0.15		0.60		0.040, min.	0.035	
EDDS (HDG) ^{D,F}	0.02		0.40		0.020	0.020	
SS (HDG and AZ)			HDG	AZ		HDG	AZ
Grade 33	0.20		... ^A	1.15	0.04	0.04	0.040
Grade 37	0.20		...	1.15	0.10	0.04	0.040
Grade 40	0.25		...	1.15	0.10	0.04	0.040
Grade 50, Class 1	0.25		...	1.15	0.20	0.04	0.040
Grade 50, Class 2	0.25		...	1.15	0.20	0.04	0.040
Grade 50, Class 3	0.25	 ^E	0.04	0.04	... ^E
Grade 80	0.20		...	1.15	0.04	0.04	0.040
HSLAS (HDG)	Type A	Type B	Type A	Type B	...	0.035	
40	0.20	0.15	1.20	1.20	...	0.035	
50	0.20	0.15	1.20	1.20	...	0.035	
60	0.20	0.15	1.35	1.20	...	0.035	
70	0.20	0.15	1.65	1.65	...	0.035	
80	0.20	0.15	1.65	1.65	...	0.035	
SHS (HDG)							
All Grades	0.12		1.50		0.12	0.030	

^A Where an ellipsis (...) appears in this table there is no requirement, but the analysis shall be reported. A blank entry indicates no requirement.

^B Steel is permitted to be furnished as a vacuum degassed or chemically stabilized steel, or both, at the producer's option.

^C Shall not be furnished as a stabilized steel.

^D Shall be furnished as a stabilized steel.

^E There is no Grade 50, Class 3 for AZ-coated steel sheet

^F There is a minimum requirement of 0.01% aluminum for these steels

Steel Designation	Yield Strength ^C (ksi)	Elongation in 2 in. min. %	r_m Value	n Value
CS				
Type A	25-55	≥ 20	... ^A	...
Type B	30-55	≥ 20
Type C	25-60	≥ 15
FS				
Type A	25-45	≥ 26	2.0 / 1.4	0.17 / 0.21
Type B	25-45	≥ 26	1.0 / 1.4	0.17 / 0.21
DDS	20-35	≥ 32	1.4 / 1.8	0.19 / 0.24
EDDS ^B	15-25	≥ 40	1.6 / 2.1	0.22 / 0.27

^A Where an ellipsis (...) appears in this table there is no requirement.

^B EDDS sheet will be free from changes in mechanical properties over time, that is, non-aging.

^C Typical ranges have not been established for tensile strength.

Fuente: Norma ASTM A653/2015.

2.4. Personal operativo

El personal operativo encargado de laborar en la planta de producción se divide en cinco: los operadores del área de corte de lámina, los operadores del área de formadoras, los operadores de roscadoras, el personal de bodegas y los operadores de horno. En la línea de producción de tubos Y-351 actualmente hay catorce personas laborando, incluyendo a los operarios del área de cortadoras.

Tabla VI. **Personal operativo actual**

Área	Puesto	Cantidad
Cortadora	Operador de grúa	1
Cortadora	Operador de cortadora	1
Cortadora	Auxiliar de corte	2
Cortadora/Formadora	Encargado de fleje	4
Formadora	Operador de formadora	2
Formadora	Operador de soldadora	1
Formadora	Auxiliar de formadora	1
Cortadora/Formadora	Auxiliar de producción	2

Fuente: elaboración propia.

Las funciones del personal son las siguientes:

- Operador de grúa: con el operador de grúa se inicia el proceso, transportando la bobina desde la bodega de materia prima hasta el desbobinador de la máquina cortadora. El transporte de las bobinas se hace a través de uno de los puentes grúa instalados en la planta. En este caso, el que va a través de toda la bodega de materia prima y de producto terminado hasta el área de corte.

- Operador de la cortadora: el operador de la cortadora acomoda la bobina para ser cortada y es el encargado del manejo y funcionamiento de la máquina durante el proceso, también establece las especificaciones que requiera el proceso que se esté trabajando.
- Auxiliar de corte: es el encargado de retirar las tiras de la máquina cortadora y dejarlas preparadas en el rebobinador.
- Encargado de fleje: es el encargado de flejar las tiras para evitar que se desenrollen. En el área de corte los operarios transportan las tiras al área de producto en proceso para alimentar a las distintas líneas de producción, mientras que en la formadora llevan los tubos al área de producto terminado.
- Operador de formadora: es el encargado de limpiar el área de rebaba y transportar las tiras desde el área de producto en proceso hasta el molino que alimenta la formadora de tubos. Maneja un polipasto y los mandos de la máquina formadora.
- Operador de soldadora: es el encargado de aplicar la soldadura a los extremos de las tiras para unirlos, en el momento en que se termina la que está siendo procesada.
- Auxiliar de formadora: es el encargado de retirar la rebaba que se forma en la unión de la lámina y también de llevar el control de los datos estadísticos de la formadora (velocidad de corte de tubo, velocidad de formado de tubo, imperfecciones, frecuencia del motor, entre otros).
- Auxiliar de producción: es el encargado de apoyar la producción en cualquier proceso que no involucre el manejo de maquinaria, ya sea porque un operario esté ausente en determinado momento o se necesite su ayuda en alguna de las operaciones.

2.5. Proceso productivo

2.5.1. Descripción de operaciones

Al iniciar el proceso, la bobina de lámina es transportada desde la bodega de materia prima y es colocada en el desbobinador por uno de los operadores de grúa. El encargado de los controles y los auxiliares acomodan la lámina en la máquina cortadora. El operador de la cortadora inicia los controles y la lámina es cortada en tiras que pasan a ser rebobinadas de nuevo, y al terminar este proceso las tiras son retiradas y se mueven al área de producto en proceso; la rebaba es pesada por el auxiliar de producción y se retira a un espacio asignado.

En la formadora de tubos, la máquina es alimentada por las tiras cortadas anteriormente, de una en una con el apoyo de dos operadores. La tira de lámina se coloca en el molino alimentador y otro operario se encarga de manejar la soldadura para pegarla con la parte final de la tira que fue procesada con anterioridad. La tira pasa por unos rodos que la doblan y le dan la forma de tubo, y al mismo tiempo se les rocía un líquido refrigerante (hecho a base de aceite con cierto porcentaje de agua y no dañino para el ambiente) para pasar al proceso de soldadura, en el cual se sella el tubo. Luego, el tubo pasa de nuevo por un refrigerante y un buril para rectificar las imperfecciones de la soldadura, donde uno de los operarios retira la rebaba. Después el tubo pasa por un sensor que detecta que no tenga imperfecciones ni aberturas. Al final cada tubo se corta con un largo de 6 metros por un carro de corte; los tubos salen a una mesa donde dos operarios se encargan de atarlos en paquetes, sobre una carreta para ser transportados a la bodega especificada. La formadora de tubos es controlada por un operador y, con ayuda de un operador

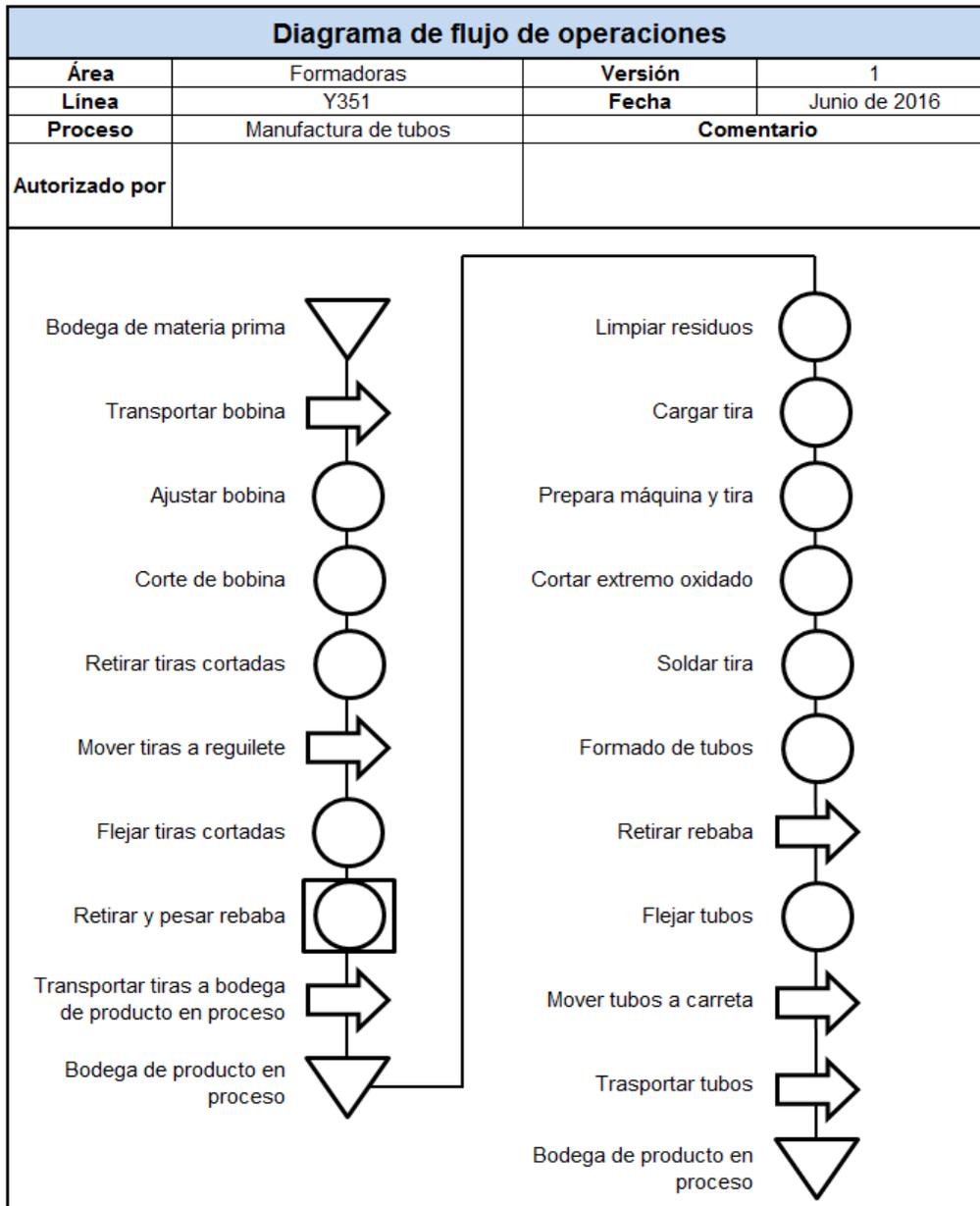
auxiliar, se supervisan constantemente los procesos que realiza la máquina para la recolección de datos estadísticos.

Actualmente, la formadora produce tubos industriales de cuatro tipos: mecánico, ligero, mediano y cédula, con diámetros de 0,5 hasta 4 pulgadas. La cortadora tiene una capacidad para cortar bobinas de hasta 10 toneladas, las bobinas son cortadas en cierto número de tiras, con el ancho según el requerimiento de producción para la formadora. El proceso de galvanizado puede realizarse de dos formas: galvanizando los tubos en el horno, luego de que los tubos salen de formadoras, o utilizando lámina galvanizada desde el principio del proceso. En este caso se omite el proceso de roscadoras, ya que los tubos que produce la línea Y-351 no llevan rosca.

2.5.2. Diagrama de flujo de operaciones

La empresa no cuenta con un diseño de un diagrama de operaciones, por lo que se ha diseñado una propuesta básica según los documentos que describen el proceso. La deficiencia del diagrama es que no se cuenta con los tiempos estándar para cada operación, ya que no están establecidos.

Figura 13. Diagrama de flujo de operaciones actual



Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Diagrama de hombre-máquina

A continuación se muestra una copia del diseño básico que la empresa utiliza para describir el proceso de formado de tubos, de acuerdo con un diagrama de hombre-máquina.

Figura 14. Diagrama de hombre-máquina actual

Diagrama hombre-máquina				DP-HM1022	
Área	Formadoras		Versión	4	
Línea	Y351		Fecha	Mayo 2014	
Proceso	Formado de tubos		Comentario		
Autorizado por					

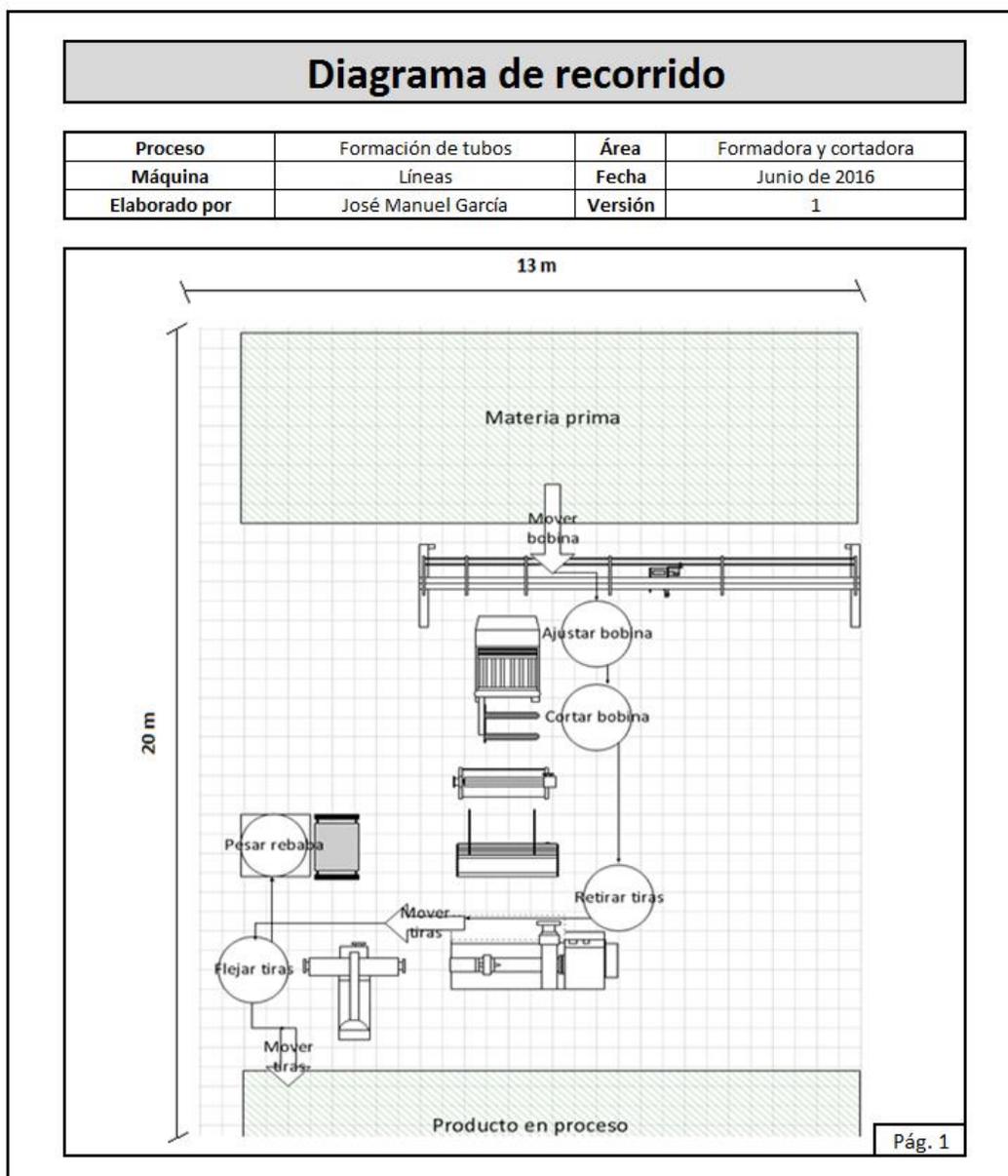
Grupo de operarios #1	Tiempo (min)	Grupo de operarios #2	Tiempo (min)	Formadora	Tiempo (min)
Limpiar residuos	10			Cargando materia prima	20
Cargar tira	4				
Preparar máquina y tira	1				
Cortar extremo oxidado	2				
Soldar tira	3				
Tiempo muerto	9			Formado de tubos	9
Limpiar residuos	10	Retirar rebaba	3	Cargando materia prima /descargando producto	20
		Flejar tubos	10		
Cargar tira	4	Mover tubos a carreta	2		
Preparar máquina y tira	1	Transportar tubos	7		
Cortar extremo oxidado	2				
Soldar tira	3				
Operador	20	Operador	22	Máquina	9
Ciclo total de tiempo (min)				51.00	

Fuente: elaboración propia.

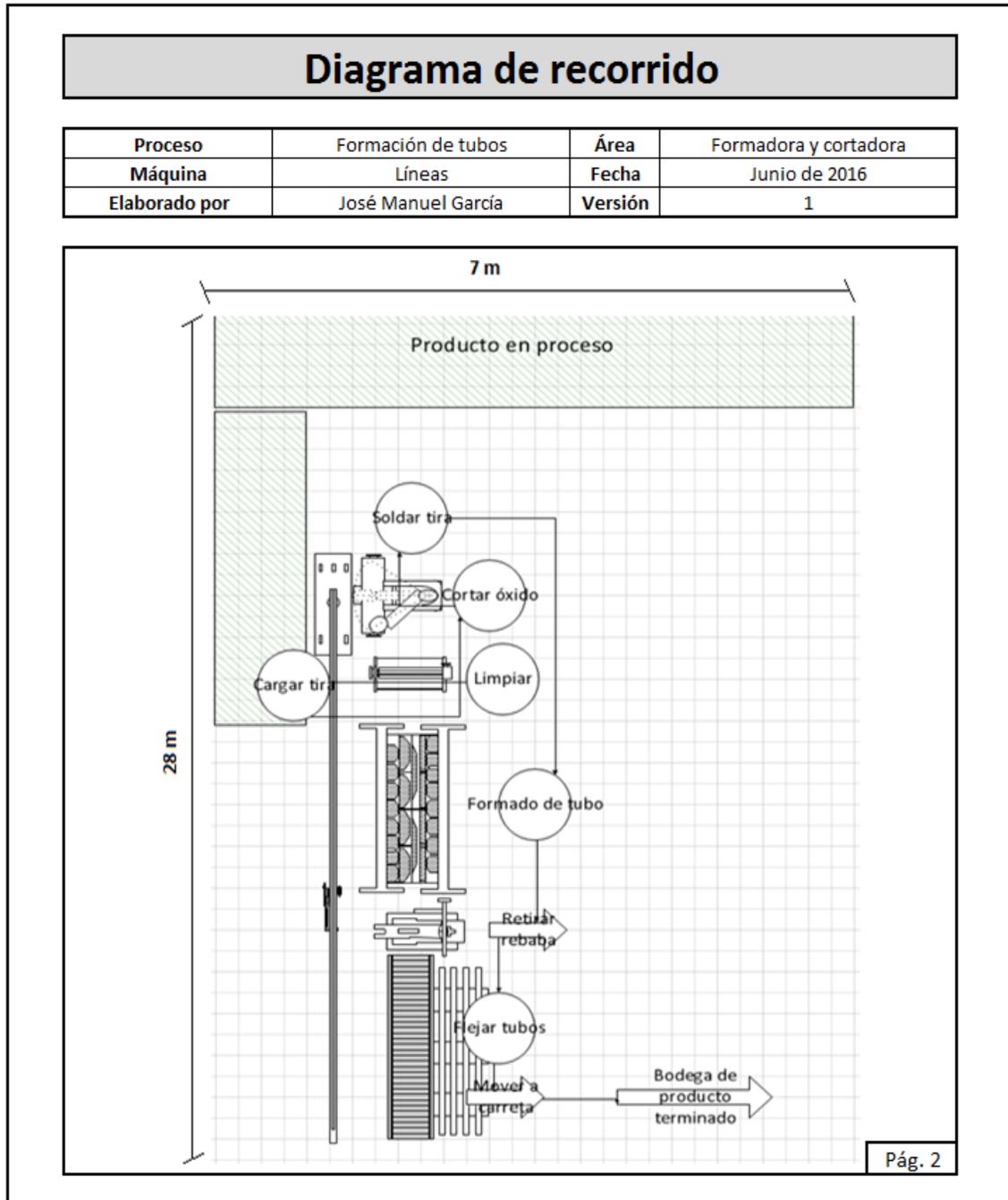
2.5.4. Diagrama de recorrido

A continuación se muestra un diseño básico del diagrama de recorrido elaborado a partir del diagrama de flujo anteriormente descrito (figura 13).

Figura 15. Diagrama de recorrido actual



Continuación de la figura 15.



Fuente: elaboración propia.

2.6. Estándares actuales

Los estándares actuales de la planta se encuentran desactualizados, ya que la maquinaria ha tenido modificaciones y no hay un método ordenado y establecido para realizar las operaciones en el proceso productivo. El problema que genera utilizar estándares desactualizados es que no se está utilizando toda la capacidad del equipo y del personal. En la siguiente tabla se muestran los estándares de producción actuales, que se utilizan para elaborar los planes de producción, tanto de la cortadora como de la formadora de tubos.

Tabla VII. **Estándares actuales de producción**

Máquina	Producto	Estándar
Cortadora de lámina	4-6 tiras	1,33 bobinas/hora
	7-9 tiras	1,00 bobina/hora
Formadora de tubos	Cañería ½"	273 tubos/hora
	Cañería ¾"	273 tubos/hora
	Cañería 1"	273 tubos/hora
	Cañería 1¼"	273 tubos/hora
	Cañería 1½"	273 tubos/hora
	Cañería 2"	245 tubos/hora
	Cañería 2½"	245 tubos/hora
	Cañería 3"	218 tubos/hora
	Cañería 4"	218 tubos/hora

Fuente: datos de la empresa.

2.7. Costos de producción

2.7.1. Costos de materia prima

Los costos de las bobinas varían dependiendo de las toneladas que se necesiten. El producto es importado desde China. El costo de las bobinas de

lámina se muestra en la siguiente tabla. El peso que se especifica de la bobina es el requerido en los procesos de producción:

Tabla VIII. **Costos de materia prima**

Tipo de lámina	Precio / tonelada (\$)	Peso requerido (Ton)	Precio / bobina (\$)	Moneda local (Q)
Fría	300	6	1800	13 500
Caliente	150	6	900	6 750
Galvanizada	200	8	1600	12 000

Fuente: elaboración propia.

2.7.2. Costo de personal operativo

El cálculo de los salarios devengados por los operarios se hace con base en las horas ordinarias y extraordinarias que laboran. A continuación se muestra el monto monetario de lo que se les paga por hora a cada uno de los operarios. También tienen derecho al séptimo, a la bonificación mensual y a un bono de producción por alcanzar la meta quincenal.

Tabla IX. **Costos del personal operativo**

Puesto	Personas por puesto	Salario por hora	Salario hora extra	Bonificación de ley (mensual)	Bono por meta (quincenal)
Operador de formadora	2	18,50	27,75	250,00	70,00
Operador de soldadora	1	19,50	29,25	250,00	90,00
Auxiliar de formadora	1	15,00	22,50	250,00	50,00
Encargado de fleje	4	15,00	22,50	250,00	50,00
Operador de grúa	1	20,50	30,75	250,00	100,00
Operador de cortadora	1	18,50	27,75	250,00	70,00
Auxiliar de corte	2	15,00	22,50	250,00	50,00
Auxiliar	2	12,50	18,75	250,00	50,00

Fuente: datos de la empresa.

2.7.3. Costo de maquinaria

Los costos que se presentan en la maquinaria para la producción son el costo energético y el costo de los lubricantes utilizados en el proceso de formado de tubos. Los costos están en función de las toneladas de producto que se manufacturan y, en el caso de los lubricantes y refrigerantes, son costos mensuales.

Tabla X. Costos de maquinaria

Costos fijos	Cortadora	Formadora
Arranque de equipo (kWh/día)	50,00	80,00
Arranque de equipo (Q/mes)	1 150,00	1 840,00
Lubricante (Q/mes)	1 000,00	1 100,00
Refrigerante (Q/mes)	0,00	800,00
Lubricante y Refrigerante (Q/mes)	1 000,00	1 900,00
Total (Q/mes)	2 150,00	3 740,00
Costos variables	Cortadora	Formadora
Mantenimiento (Q/Tn)	13,50	13,50
Mantenimiento (Q/unidad)	108,00	0,04
Energía eléctrica (Q/Tn)	1,01	67,88
Energía eléctrica (Q/unidad)	8,10	0,20
Total (Q/unidad)	116,10	0,24

Fuente: elaboración propia.

2.8. Mantenimiento actual

2.8.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se da cuando la maquinaria ya no puede funcionar de manera normal y necesita un ajuste que permita seguir trabajando sin bajar los estándares de calidad. Los casos más comunes por los que se presenta este tipo de mantenimiento se deben al desgaste de rodos en la formadora, la pérdida de filo en las cuchillas de la cortadora, la sobrecarga del

tiempo de funcionamiento, las alteraciones en el flujo energético, las condiciones ambientales, piezas antiguas y, sobre todo, a la falta de un programa formal de mantenimiento preventivo. Para este tipo de mantenimiento se utiliza un formato que se debe llenar, en el cual se indican las posibles causas del desperfecto, los repuestos que se utilizaron, las partes del equipo que quedaron dañadas, el personal involucrado, el área donde ocurrió, la fecha y hora de inicio y fin de actividades de reparación, y debe estar autorizado por el jefe del taller encargado de la reparación y por el jefe de mantenimiento encargado.

Para realizar un mantenimiento correctivo, los operarios están capacitados en un sistema *lockout-tagout* para asegurar su integridad física. Este sistema se basa en bloquear los dispositivos que accionen energías que representen un riesgo (electricidad, presión, mecanismos en movimiento, vapor, combustión, etc.), y en etiquetar el bloqueo identificando al responsable del mantenimiento.

2.8.2. Mantenimiento preventivo

Actualmente, la planta tiene cierta deficiencia en los procesos de producción, ya que no cuenta con un mantenimiento preventivo y las correcciones se hacen cuando alguna parte de la maquinaria no es funcional. Este es un punto de mejora, ya que esto puede afectar el funcionamiento de las máquinas conforme pasa el tiempo, así como la producción, ya que las máquinas dejan de funcionar en un momento aleatorio y esto genera un descontrol en el plan de producción, además de generar costos más elevados debido al mantenimiento correctivo que debe hacerse y que pudo haberse evitado.

2.9. Condiciones ambientales y de seguridad industrial

La planta cuenta con las condiciones ambientales necesarias para que el personal operativo pueda trabajar sin poner en riesgo su integridad física y mental. Se tiene un techo con diseño de diente de sierra para aprovechar la luz natural, además de ser lo suficientemente alto para evitar que la temperatura aumente demasiado, ya que las máquinas generan cierto calor y, especialmente, del lado de galvanizado, debido a los hornos; en esta área se tiene un gran portón que se mantiene abierto para que circule el aire. En cuanto al ruido, en promedio se generan entre 100 a 120 dB y algunos ruidos son punzantes, por lo que el personal está obligado a utilizar tapones y orejeras dentro de la planta. El equipo de protección obligatorio dentro de la planta es: casco, botas industriales, pantalón de lona grueso, camisa de manga larga, lentes, orejeras y tapones (como ya se mencionó), guantes en ciertas operaciones y el uso de mascarilla en el área de galvanizado.

La planta cuenta con varios programas de seguridad industrial, como charlas por las mañanas antes de iniciar actividades, tocando temas sobre seguridad industrial y salud ocupacional, tanto para los operarios como para el personal en administración. Diariamente se realizan recorridos con todos los jefes de área y gerentes, para observar la planta y reportar las condiciones inseguras y puntos no conformes a los estándares de seguridad. También se hacen revisiones diarias de personal y del equipo de protección, así como de los equipos antes de ser utilizados.

La planta cuenta con una brigada de seguridad industrial, conformada por miembros de cada área, para tomar acción si llegara a suceder algún accidente, tanto en la planta como en las oficinas administrativas. Se tiene previsto un plan para especializar al personal que participa en la brigada, separándolos en

brigada contra incendios, brigada específicamente de primeros auxilios y brigada de apoyo. Tanto en planta como en administración, el personal se encuentra muy bien capacitado en el área y mantiene una cultura de seguridad industrial.

3. PROPUESTA PARA REALIZAR EL ESTUDIO DE TIEMPOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

En este capítulo se presenta un análisis del proceso productivo, junto con la estructura y los resultados del estudio de tiempos en la línea de producción de tubos industriales, para establecer los estándares de producción que se le presentan a la empresa como una alternativa de mejora en los procesos productivos. Cabe mencionar que también se desarrolló un plan básico de mantenimiento preventivo, ya que, como se mencionó en el capítulo anterior, la planta de producción no cuenta con uno. En este capítulo también se desarrolla una simulación para determinar los costos, la capacidad de producción y la utilización del tiempo a la hora de aplicar los estándares propuestos.

3.1. Análisis del corte de lámina

El proceso de corte de lámina es el primer paso de la transformación de materia prima, ya que es el proceso en el que se preparan las tiras que son utilizadas para fabricar los tubos, partiendo de la lámina. El proceso inicia transportando y colocando la lámina en la máquina de corte, utilizando un puente grúa para mover la bobina de lámina. Cuando la lámina es colocada en la maquinaria se debe ajustar de acuerdo a cuántas tiras se requieran y al tipo de tubo que se va a fabricar. Al iniciar con esto, se debe cortar la primera capa si es necesario, ya que puede estar oxidada, se debe ajustar el tamaño de los prealineadores y preparar los rodillos que reciben la rebaba y el rebobinador de tiras. Luego de esta operación, el encargado de los mandos pone en marcha el corte de la lámina, en el que las tiras van saliendo y rebobinándose automáticamente. Luego de esto los operarios auxiliares se encargan de pesar

y retirar la rebaba. Al finalizar, las tiras son ajustadas con fleje y transportadas al área de producto en proceso.

El proceso de corte presenta varios contratiempos, especialmente en la operación de fleje y transporte, ya que hay una pérdida de tiempo que puede ser aprovechada para preparar la siguiente tira; además hay pérdidas de tiempo por operaciones innecesarias realizadas por los operarios, las cuales son reportadas como tiempo útil, además de llenar los reportes por costumbre y no colocar datos exactos. El problema se ve reflejado en los indicadores, ya que hay demasiado tiempo muerto reportado y esto genera una desviación en la utilización del tiempo.

3.2. Estudio de tiempos en cortadora

Para el estudio de tiempos en el proceso de corte de lámina se utilizó un método continuo para cronometrar los tiempos. Se efectuó dividiendo el proceso en siete operaciones, iniciando con el transporte y colocación de la bobina en la máquina, el ajuste de la bobina, el procesamiento de la maquinaria para efectuar el corte de la bobina, retirar las tiras cortadas y la rebaba, el flejado de las tiras y, para finalizar, el transporte de las tiras al área de producto en proceso.

3.2.1. Tiempos cronometrados y calificación del operario

Cuando se cronometró el tiempo de las operaciones se tomaron cinco ciclos. Según el criterio de *General Electric* para un ciclo de 20 a 40 minutos, se deben hacer dicho número de tomas de tiempo. En la tabla se muestra el operario que realizó la operación, la operación, el promedio de los tiempos cronometrados, la desviación estándar y el tiempo promedio total. Además, la

tabla está dividida en dos partes: una para el corte de lámina en 4 a 6 tiras y la otra para el corte de lámina de 7 a 9 tiras.

Tabla XI. **Tiempo promedio en corte**

Corte de lámina (4-6 tiras)							
Operario	Operador de grúa	Operador de cortadora	(Máquina)	Auxiliar de corte	Auxiliar de corte	Encargado de fleje	Encargado de fleje
Elemento	A	B	C	D	E	F	G
Actividad	Transportar y colocar bobina	Ajustar bobina	Corte de bobina	Retirar tiras cortadas	Retirar y pesar rebaba	Flejar tiras cortadas	Transportar tiras a área de producto en proceso
Promedio	2,61	2,69	13,00	1,54	2,34	10,90	2,49
						Tiempo total promedio	35,56
Corte de lámina (7-9 tiras)							
Operario	Operador de grúa	Operador de cortadora	(Máquina)	Auxiliar de corte	Auxiliar de corte	Encargado de fleje	Encargado de fleje
Elemento	A	B	C	D	E	F	G
Actividad	Transportar y colocar bobina	Ajustar bobina	Corte de bobina	Retirar tiras cortadas	Retirar y pesar rebaba	Flejar tiras cortadas	Transportar tiras a área de producto en proceso
Promedio	2,67	2,70	15,00	1,26	2,39	12,96	3,36
						Tiempo total promedio	40,34

Fuente: elaboración propia.

Los tiempos de operación de corte son exactos y sin una desviación estándar, debido a que es el tiempo que se tarda la máquina en cortar la bobina y no depende de una acción durante el corte. Para cortar 4 a 6 tiras el tiempo promedio fue de 35,56 minutos, y para cortar 7 a 9 tiras fue de 40,34 minutos. Para la calificación del desempeño del operario y para normalizar los tiempos se utilizó el método de nivelación, calificando la habilidad, el esfuerzo, la consistencia del operario y las condiciones de la planta, a criterio propio.

Tabla XII. **Calificación de operarios en corte**

Operador	Calificación
Operador de grúa	1,12
Operador de cortadora	1,09
Auxiliar de corte	0,97
Encargado de fleje	1,10

Fuente: elaboración propia.

El cálculo de la calificación dada a cada operario se presenta en el apéndice. El operador de grúa, el operador de cortadora y el encargado de fleje sobresalen realizando el método con respecto a otros operarios, por lo que el tiempo será mayor para que sea acorde al tiempo que le lleva a un operario promedio realizar la operación; en el caso del auxiliar de corte el tiempo será menor, ya que está por debajo del promedio cuando realiza la actividad.

3.2.2. Tiempo normal

El tiempo normal se obtuvo del promedio de los tiempos cronometrados y el factor de calificación que se le dio a cada operario.

Tabla XIII. **Tiempo normalizado en corte**

	Elemento	Operador	TN
Corte de lámina (4-6 tiras)	A	Operador de grúa	2,92
	B	Operador de cortadora	2,93
	C	(Máquina)	13,00
	D	Auxiliar de corte	1,50
	E	Auxiliar de corte	2,27
	F	Encargado de fleje	11,99
	G	Encargado de fleje	2,73
	Elemento	Operador	TN
Corte de lámina (7-9 tiras)	A	Operador de grúa	2,99
	B	Operador de cortadora	2,94
	C	(Máquina)	15,00
	D	Auxiliar de corte	1,22
	E	Auxiliar de corte	2,32
	F	Encargado de fleje	14,26
	G	Encargado de fleje	3,70

Fuente: elaboración propia.

Cuando se calculó el tiempo normal se utilizó la misma calificación en ambos procesos, ya que se evaluó a los mismos operarios cortando 4 a 6 tiras y 7 a 9 tiras. Como ya se mencionó en el punto anterior, el tiempo ha aumentado respecto al tiempo promedio en el caso de todos los operarios, exceptuando a los auxiliares de corte, que no realizaban un proceso estandarizado.

3.2.3. **Holguras**

Las holguras aplicadas en el estudio de tiempos para la cortadora se detallan en las siguientes tablas. Dichas holguras aplican un margen de tiempo extra que se toma en cuenta para el tiempo estándar, para así tener un tiempo de trabajo más acertado. Las holguras se asignaron según los puntos que se establecen en el sistema de suplementos (tabla II).

Tabla XIV. **Holguras aplicadas en corte**

HOLGURAS VARIABLES	Operador de grúa	Operador de cortadora	Auxiliar de corte	Encargado de fleje
Trabajo de pie	0	0	2	2
Postura anormal	0	0	0	0
Uso de fuerza/energía muscular	0	0	1	0
Mala iluminación	0	0	0	0
Concentración intensa	5	2	0	0
Ruido	2	2	2	2
Tensión mental	1	1	0	0
Monotonía	1	1	0	0
Tedio	2	2	0	0

Fuente: elaboración propia.

Los puntos a resaltar en el sistema de holguras para el proceso de corte de lámina son: el trabajo de pie, el uso de fuerza y energía muscular, solo en el caso del auxiliar de corte la concentración intensa, el ruido, que es un punto general para todos, la tensión mental, monotonía y tedio. En el caso de los suplementos constantes siempre se aplica un 9 %. En resumen, los porcentajes por operador de holguras aplicadas para el estudio de tiempos son:

Tabla XV. **Holguras totales en corte**

Operario	Operador de grúa	Operador de cortadora	Auxiliar de corte	Encargado de fleje
Holguras constantes	9	9	9	9
Holguras variables	22	16	8	6
% de holgura	31	25	17	15

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Tiempo estándar

Para obtener el tiempo estándar se agregó un porcentaje de los suplementos al tiempo normal, debidamente calculado como se indicó en el capítulo 1. En la siguiente tabla se muestran los tiempos estándar obtenidos para cada una de las operaciones que componen el proceso productivo de corte:

Tabla XVI. **Tiempo estandarizado en corte**

	Elemento	Operario	TE
Corte de lámina (4-6 tiras)	A	Operador de grúa	3,83
	B	Operador de cortadora	3,67
	C	(Máquina)	13,00
	D	Auxiliar de corte	1,75
	E	Auxiliar de corte	2,65
	F	Encargado de fleje	13,78
	G	Encargado de fleje	3,14
	Elemento	Operario	TE
Corte de lámina (7-9 tiras)	A	Operador de grúa	3,92
	B	Operador de cortadora	3,68
	C	(Máquina)	15,00
	D	Auxiliar de corte	1,43
	E	Auxiliar de corte	2,71
	F	Encargado de fleje	16,40
	G	Encargado de fleje	4,26

Fuente: elaboración propia.

El tiempo estándar total para cada proceso es de 41 minutos y 49 segundos para cortar de 4 a 6 tiras, y 47 minutos y 23 segundos para cortar 7 a 9 tiras. En resumen, la capacidad de producción sería de 1,43 bobinas por hora y 1,26 bobinas por hora para 4 a 6 tiras y 7 a 9 tiras, respectivamente.

3.3. Análisis de la formadora de tubos

El proceso de formado de tubos inicia cuando termina el proceso de corte de lámina. La formadora de tubos es alimentada con el producto que va saliendo de la cortadora. Primero se inician las actividades limpiando el área de los residuos que puedan quedar de la tira cargada con anterioridad. Luego, el producto (la tira) se toma del área asignada para producto en proceso y es transportado con un polipasto al molino alimentador, donde se procede a acomodar la tira y calibrar el equipo. Cuando la tira está cargada y preparada, el operario asignado procede a soldar el extremo de la tira anterior con el extremo de la tira que se está cargando, entonces la máquina procede a procesar la tira a través de unos rodos que le van dando forma de tubo y entra a una parte en que es unido con soldadura. Los residuos de la soldadura se van cortando con un buril para que el tubo quede completamente liso. El tubo va pasando por unas mangueras pequeñas que arrojan refrigerante, ya que se va calentando a medida que avanza el proceso. Luego de esto el tubo pasa por un sensor que detecta imperfecciones o aberturas en el tubo y para la máquina si existiera. Como último paso en la formadora, el tubo pasa por un carro de corte que se activa cada 6 metros, distancia que corresponde a la longitud del tubo. Para finalizar, los operarios retiran la rebaba que sale de la soldadura y los tubos son flejados en grupos, que varían según el peso del producto, para ser transportados a la bodega de producto terminado. En el caso de la formadora, el proceso está, en su mayoría, automatizado, así que la producción depende más que todo de la calibración y mantenimiento del equipo.

Generalmente en este proceso el único inconveniente es tener que parar la máquina debido a que se va a cargar otra tira o si hay alguna imperfección en el tubo. Generalmente el defecto más común que se presenta es debido a que no se lleva un control de los datos de la máquina, entonces varía la velocidad

entre el carro de corte y el formado del tubo, por lo que el tubo tiende a doblarse.

3.4. Estudio de tiempos en la formadora de tubos

Al igual que para el estudio de tiempos en la cortadora, en la formadora de tubos se hizo a través de un método continuo para cronometrar. Los pasos y los criterios también son los mismos, ya que se dividió el trabajo en varias operaciones. El proceso, al estar en un margen entre 20 y 40 minutos, hace que las tomas de tiempo sean cinco, de nuevo utilizando el criterio de General Electric.

3.4.1. Tiempos cronometrados y calificación del operario

El formato para las tomas de tiempo en formadora es el mismo que para la cortadora, al igual que el método de calificación. En el caso de la formadora se hicieron tres tomas de tiempo porque los tubos se clasificaron en grupos respecto al diámetro; la clasificación de los tubos fue de 0,5 a 1,5 pulgadas, de 2 a 2,5 pulgadas y de 3 a 4 pulgadas. En la siguiente tabla se adjuntan los datos del operario que realizó la operación, los promedios de los tiempos cronometrados por operación y la desviación estándar en cada una.

Tabla XVII. **Tiempo promedio en formado**

Formadora de tubos (0,5" – 1,5")								
Operario	Operador de formadora	Operador de formadora	Operador de soldadora	Operador de soldadora	(Máquina)	Auxiliar de formadora	Encargado de fleje	Encargado de fleje
Elemento	A	B	C	D	E	F	G	H
Actividad	Limpiar residuos	Cargar tira	Preparar máquina y tira	Soldar tira	Formado de tubos	Retirar rebaba	Retirar y flejar tubos	Transportar tubos
Promedio	4,74	3,18	0,76	1,30	9,00	2,09	4,86	4,89
							Tiempo total promedio	30,83

Continuación de la tabla XVII.

Formadora de tubos (2" - 2,5")								
Operario	Operador de formadora	Operador de formadora	Operador de soldadora	Operador de soldadora	(Máquina)	Auxiliar de formadora	Encargado de fleje	Encargado de fleje
Elemento	A	B	C	D	E	F	G	H
Actividad	Limpiar residuos	Cargar tira	Preparar máquina y tira	Soldar tira	Formado de tubos	Retirar rebaba	Retirar y flejar tubos	Transportar tubos
Promedio	4,73	3,16	0,78	1,25	12,00	2,06	4,93	5,08
Tiempo total promedio								34,00

Formadora de tubos (3" - 4")								
Operario	Operador de formadora	Operador de formadora	Operador de soldadora	Operador de soldadora	(Máquina)	Auxiliar de formadora	Encargado de fleje	Encargado de fleje
Elemento	A	B	C	D	E	F	G	H
Actividad	Limpiar residuos	Cargar tira	Preparar máquina y tira	Soldar tira	Formado de tubos	Retirar rebaba	Retirar y flejar tubos	Transportar tubos
Promedio	4,77	3,42	0,83	1,36	15,00	2,03	4,99	5,13
Tiempo total promedio								37,54

Fuente: elaboración propia.

A los operarios de la formadora se les calificó de igual manera que a los operarios del proceso de corte. En la siguiente tabla se encuentran los factores de calificación que se le asignó a cada uno:

Tabla XVIII. **Calificación de operarios en formado**

Operador	Calificación
Operador de formadora	1,06
Operador de soldadora	1,01
Auxiliar de formadora	1,13
Encargado de fleje	1,10

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Tiempo normal

En la siguiente tabla se muestran los tiempos promedio normalizados con la calificación que se le dio a cada operario:

Tabla XIX. **Tiempo normalizado en formado**

	Elemento	Operador	TN
Formadora de tubos (0.5" - 1.5")	A	Operador de formadora	5,03
	B	Operador de formadora	3,37
	C	Operador de soldadora	0,77
	D	Operador de soldadora	1,32
	E	(Máquina)	9,00
	F	Auxiliar de formadora	2,36
	G	Encargado de fleje	5,34
	H	Encargado de fleje	5,38
	Elemento	Operador	TN
Formadora de tubos (2" - 2.5")	A	Operador de formadora	5,01
	B	Operador de formadora	3,35
	C	Operador de soldadora	0,79
	D	Operador de soldadora	1,26
	E	(Máquina)	12,00
	F	Auxiliar de formadora	2,33
	G	Encargado de fleje	5,42
	H	Encargado de fleje	5,59
	Elemento	Operador	TN
Formadora de tubos (3" - 4")	A	Operador de formadora	5.06
	B	Operador de formadora	3.63
	C	Operador de soldadora	0.84
	D	Operador de soldadora	1.38
	E	(Máquina)	15.00
	F	Auxiliar de formadora	2.30
	G	Encargado de fleje	5.49
	H	Encargado de fleje	5.65

Fuente: elaboración propia.

3.4.3. Holguras

En el caso de la formadora de tubos, todos los operarios trabajan de pie, por lo que se toma en cuenta esta holgura. El ruido es también un suplemento común en todos y esta condición, al igual que la iluminación, se puede mejorar

para brindar una mejor área de trabajo a los operarios. En el caso de fuerza, se les asignó a algunos operarios, debido a que tienen a su cargo el transporte de los tubos hacia la bodega de producto terminado y para desarrollar la actividad tienen que aplicar cierta fuerza.

Tabla XX. **Holguras aplicadas en formado**

HOLGURAS VARIABLES	Operador de formadora	Operador de soldadora	Auxiliar de corte	Encargado de fleje
Trabajo de pie	2	2	2	2
Uso de fuerza/energía muscular	0	0	0	22
Mala iluminación	0	2	0	0
Concentración intensa	0	2	0	0
Ruido	2	2	2	2
Tensión mental	0	1	0	0
Monotonía	1	1	0	0
Tedio	2	0	0	0

Fuente: elaboración propia.

El operario más afectado por la aplicación de suplementos es el encargado de fleje, ya que tiene que hacer uso de fuerza cuando empuja las carretas que transportan el producto terminado ya flejado. En resumen, el porcentaje de holguras aplicadas es:

Tabla XXI. **Holguras totales en formado**

Operador	Operador de formadora	Operador de soldadora	Auxiliar de corte	Encargado de fleje
Holguras constantes	9	9	9	9
Holguras variables	7	10	4	26
% de holgura	16	19	13	35

Fuente: elaboración propia.

3.4.4. Tiempo estándar

Para el proceso de formación de tubos, se obtuvieron los siguientes tiempos estándar. Para este caso se establecieron tres estándares debido a que se hizo una toma de tiempos para tres familias de tubos.

Tabla XXII. **Tiempos estándar en formado**

	Elemento	Operador	TE
Formadora de tubos (0,5" - 1,5")	A	Operador de formadora	5,83
	B	Operador de formadora	3,91
	C	Operador de soldadora	0,92
	D	Operador de soldadora	1,56
	E	(Máquina)	9,00
	F	Auxiliar de formadora	2,67
	G	Encargado de fleje	7,21
	H	Encargado de fleje	7,26
	Elemento	Operador	TE
Formadora de tubos (2" - 2,5")	A	Operador de formadora	5,82
	B	Operador de formadora	3,89
	C	Operador de soldadora	0,94
	D	Operador de soldadora	1,50
	E	(Máquina)	12,00
	F	Auxiliar de formadora	2,63
	G	Encargado de fleje	7,32
	H	Encargado de fleje	7,55
	Elemento	Operador	TE
Formadora de tubos (3" - 4")	A	Operador de formadora	5,87
	B	Operador de formadora	4,21
	C	Operador de soldadora	1,00
	D	Operador de soldadora	1,64
	E	(Máquina)	15,00
	F	Auxiliar de formadora	2,60
	G	Encargado de fleje	7,41
	H	Encargado de fleje	7,62

Fuente: elaboración propia.

Si se utilizan los estándares propuestos, en tubos de 0,5" hasta 1,5", se tendría una capacidad de procesar una tira en 39 minutos, lo que equivale a 238 tubos por hora. Los tubos de 2" hasta 2,5" se procesarían en una tira cada

42 minutos, equivalente a 302 tubos por hora, y con tubos de 3" y 4" se tendría la capacidad de procesar una tira en 45 minutos, equivalente a 238 tubos por hora. En las tres familias se puede aumentar el número de tubos por hora que se manufacturan.

3.5. Costos de producción

Los costos de producción son una parte vital en el desarrollo de las actividades de la empresa, ya que con estos se puede determinar cuánto se puede invertir en producción y principalmente qué capital se necesita para poner en marcha las operaciones. Como en cualquier proceso productivo, los costos de producción varían dependiendo de diversos factores, como el volumen de productos que se manufacturan y del tiempo que se tarda; por ejemplo, si un operario A produce más rápido que un operario B, y a ambos se les paga el mismo salario, es más conveniente que el operario A manufacture los productos.

3.5.1. Costos de personal operativo

Los costos del personal operativo están divididos por el puesto que el operario desempeña dentro del proceso. En las siguientes tablas se puede encontrar una lista de costos por hora ordinaria y hora extraordinaria para la producción de tubos y el corte de lámina. Los costos se muestran en quetzales invertidos por unidad cortada y por unidad producida, para que sea más claro ver cómo el estudio de tiempos afectó la producción.

Tabla XXIII. Costo de mano de obra en corte

	Puesto	Bobina de 4-6 tiras		Bobina de 7-9 tiras	
		Costo/tira (HO)	Costo/tira (HE)	Costo/tira (HO)	Costo/tira (HE)
Actual	Operador de grúa	30,83	46,24	41,00	61,50
	Operador de cortadora	13,91	20,86	18,50	27,75
	Auxiliar de corte	11,28	16,92	15,00	22,50
	Encargado de fleje	22,56	33,83	30,00	45,00
	Auxiliar	9,40	14,10	12,50	18,75
	TOTAL	87,97	131,95	117,00	175,50
	Puesto	Bobina de 4-6 tiras		Bobina de 7-9 tiras	
		Costo/tira (HO)	Costo/tira (HE)	Costo/tira (HO)	Costo/tira (HE)
Estandarizado	Operador de grúa	28,58	21,44	32,38	24,29
	Operador de cortadora	12,90	19,34	14,61	21,92
	Auxiliar de corte	10,46	15,68	11,85	17,77
	Encargado de fleje	20,91	15,68	23,69	17,77
	TOTAL	72,85	72,15	82,54	81,75

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Costo de mano de obra en formado

	Puesto	Tubos de 0,5" - 1,5"		Tubos de 2" - 2,5"		Tubos de 3" - 4"	
		Costo/tubo (HO)	Costo/tubo (HE)	Costo/tubo (HO)	Costo/tubo (HE)	Costo/tubo (HO)	Costo/tubo (HE)
Actual	Operador de formadora	0,14	0,20	0,15	0,23	0,17	0,25
	Soldador	0,07	0,11	0,08	0,12	0,09	0,13
	Auxiliar de formadora	0,05	0,08	0,06	0,09	0,07	0,10
	Encargado de fleje	0,11	0,16	0,12	0,18	0,14	0,21
	Auxiliar	0,05	0,07	0,05	0,08	0,06	0,09
	TOTAL	0,42	0,63	0,47	0,70	0,52	0,78
	Puesto	Tubos de 0,5" - 1,5"		Tubos de 2" - 2,5"		Tubos de 3" - 4"	
		Costo/tubo (HO)	Costo/tubo (HE)	Costo/tubo (HO)	Costo/tubo (HE)	Costo/tubo (HO)	Costo/tubo (HE)
Estandarizado	Operador de formadora	0,11	0,17	0,12	0,18	0,16	0,23
	Soldador	0,06	0,09	0,06	0,10	0,08	0,12
	Auxiliar de formadora	0,05	0,07	0,05	0,07	0,06	0,09
	Encargado de fleje	0,09	0,14	0,10	0,15	0,13	0,19
	TOTAL	0,31	0,46	0,34	0,50	0,43	0,64

Fuente: elaboración propia.

En ambos procesos (corte de lámina y formado de tubos) se puede observar la disminución de costo por unidad producida. Esto se debe a que los operarios trabajan más rápido con un método estándar, por lo que los operarios producen más unidades en menos cantidad de tiempo, pagándoles el mismo salario. Esto prueba que estandarizar el proceso es una herramienta que puede ayudar a reducir costos en el proceso productivo.

3.5.2. Costos de maquinaria

Los costos en maquinaria se mantienen luego de la estandarización, debido a que se trabajan en función de las toneladas de producto que se manufacturan; entre más se produce, más elevado es el costo de funcionamiento de las máquinas en algunos procesos, debido al desgaste de piezas y a la recalibración en el equipo, pero en cuanto a los costos fijos, como los arranques del equipo, sí existe un cierto margen de ahorro, ya que se producen más tubos en un menor período de tiempo.

Para reducir los costos en maquinaria es necesario el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo, para mantener la máquina en óptimas condiciones y reducir el gasto de lubricantes y refrigerantes al mes, además del tiempo improductivo y los repuestos por mantenimiento correctivo cuando el equipo se daña o deja de trabajar correctamente.

3.6. Análisis de costos de producción

Los costos de mano de obra son los únicos afectados al aplicar la estandarización, debido a que los operarios podrán fabricar una cantidad superior de producto en menos tiempo. Los costos de maquinaria, como ya se mencionó, serán los mismos debido a que se trabajan en función de la cantidad

de producto que se manufactura. La idea de implementar un plan de mantenimiento preventivo afectaría dichos costos de maquinaria, ya que si se le da el correcto uso y mantenimiento a las máquinas, se estaría reduciendo el uso de lubricantes al mes y los refrigerantes se podrían aprovechar de mejor manera.

Los costos de salario por el auxiliar de producción podrían reducirse al unificar ciertas operaciones, ya que realmente es un proceso de producción en el que no hay tareas simultáneas. Los incentivos podrían representar un costo más en la producción, pero pueden ser cubiertos con el ahorro que se realiza al estandarizar el proceso productivo, sin dejar de percibir un ingreso extraordinario. El plan de incentivos se detallará en el capítulo 4. En la siguiente tabla se muestra un resumen de los costos de producción, separados en formadora de tubos y cortadora de tiras.

Tabla XXV. **Resumen de costos de producción**

Diámetro del tubo / Tiras cortadas		0,5'' - 1,5''	2'' - 2,5''	3'' - 4''	4-6 tiras	7-9 tiras
MANO DE OBRA		Q / tubo			Q / bobina	
Actual	Hora ordinaria	0,42	0,47	0,52	87,97	117,00
	Hora extraordinaria	0,63	0,70	0,78	131,95	175,50
Estandarizado	Hora ordinaria	0,31	0,34	0,43	72,85	82,54
	Hora extraordinaria	0,46	0,50	0,34	72,15	81,75
MAQUINARIA Y MATERIA PRIMA		Q / tubo			Q / bobina	
Maquinaria	Costos fijos	3740,00	Q / mes		2150,00	Q / mes
	Costos variables	0,24			116,10	
Materia prima	Lámina fría	7,21	12,23	25,86	13 500,00	
	Lámina caliente	3,61	6,11	12,93	6750,00	
	Lámina galvanizada	6,41	10,87	22,99	12 000,00	

Fuente: elaboración propia.

Se ha logrado reducir el costo de mano de obra por unidad producida, como se puede ver en la tabla. A continuación se muestra el costo variable total que tiene la fabricación de tubos y el corte de lámina.

Tabla XXVI. **Costos variables de producción**

ACTUAL	Tipo de Lámina	Q / tubo			Q / bobina	
		0,5" - 1,5"	2" - 2,5"	3" - 4"	4-6 tiras	7-9 tiras
	Fría	7,87	12,94	26,62	2237,97	2267,00
	Caliente	4,27	6,82	13,69	2237,97	2267,00
	Galvanizada	7,07	11,58	23,75	2237,97	2267,00

ESTÁNDAR	Tipo de Lámina	Q / tubo			Q / bobina	
		0,5" - 1,5"	2" - 2,5"	3" - 4"	4-6 tiras	7-9 tiras
	Fría	7,76	12,81	26,53	2222,85	2232,54
	Caliente	4,16	6,69	13,60	2222,85	2232,54
	Galvanizada	6,96	11,45	23,66	2222,85	2232,54

Fuente: elaboración propia.

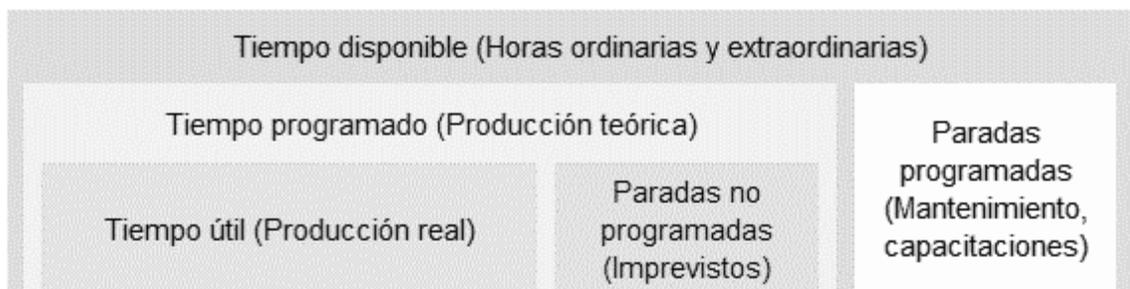
Los costos variables se clasifican según el tipo de lámina que se utiliza en el proceso y el diámetro de los tubos o, en el caso de corte, según el número de tiras que se desean obtener. En los costos variables del corte de bobinas no se incluyen los costos de materia prima, debido a que estos costos ya van incluidos en el formado de tubos. Están separados en dos categorías pero el corte de lámina y el formado de tubos siguen siendo un solo proceso de producción.

3.7. Análisis de la utilización

El tiempo disponible para la producción se compone de las jornadas normales de trabajo y las horas extraordinarias. De este tiempo disponible para la producción se obtiene un tiempo programado del que se deriva un tiempo útil de producción. La utilización mide el nivel de aprovechamiento del tiempo

disponible para la producción y se obtiene de la relación del tiempo útil y el tiempo programado de producción.

Figura 16. **Distribución del tiempo de producción**



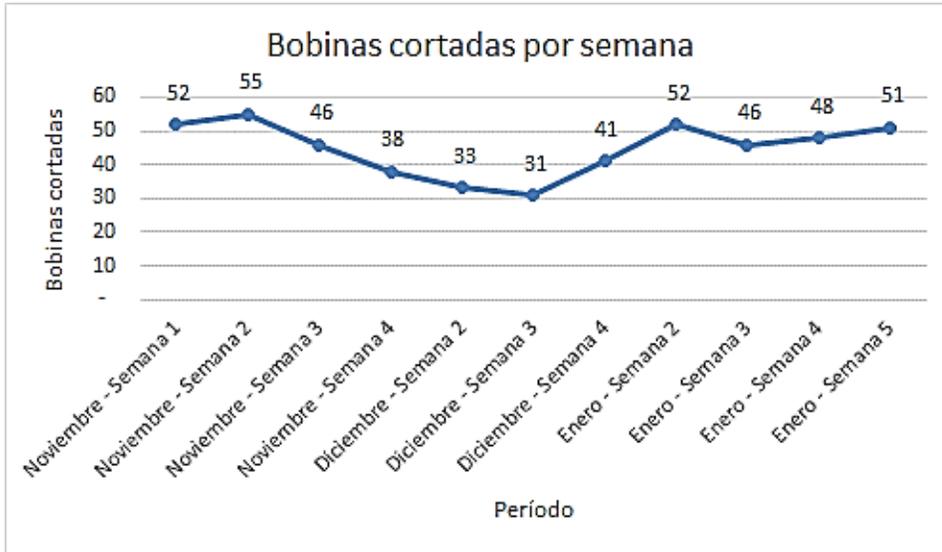
Fuente: archivo de la empresa.

Las paradas programadas se definen por el tiempo que no se utiliza debido a actividades que son planeadas para el beneficio de la empresa o que son necesarias para continuar con el desarrollo de las operaciones. Este tiempo no es tomado en cuenta para la planificación del plan de producción.

3.7.1. **Producción real**

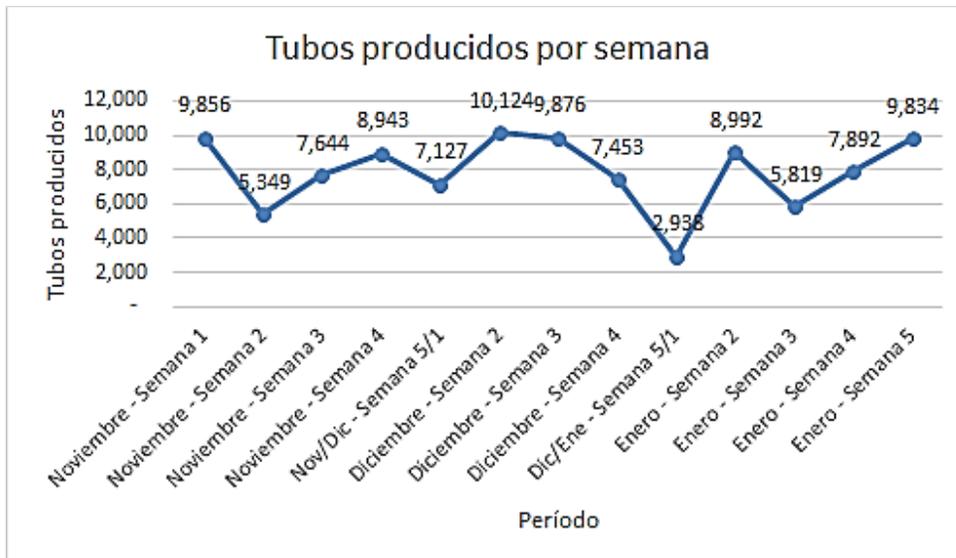
La producción real está definida por la cantidad real de producto que se manufacturó. En los reportes de producción se encuentra, de forma detallada, el producto que fue desechado y el que fue aceptado, ya que hay producto que puede tener fallas, mismas que pueden ser corregidas y que generan un tiempo improductivo debido a los reprocesos. En las siguientes gráficas se muestra la producción real, según los reportes de los meses de noviembre y diciembre de 2015 y enero de 2016.

Figura 17. **Producción real mensual en corte**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Producción real mensual en formado**



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra la producción real en la formadora y la cortadora, también se detalla el tipo de producto que se manufacturó.

Tabla XXVII. **Especificaciones de producción mensual**

		Cortadora			Formadora			
		Lámina	# Tiras	Bobinas	Lámina	Diámetro (")	Tubos	
2015	Noviembre	Semana 1	Fría	4	52	Fría	0,750	9856
		Semana 2	Fría	4	55	Galvanizada	1,000	5349
		Semana 3	Caliente	6	46	Galvanizada	1,000	7644
		Semana 4	Caliente	7	38	Caliente	2,000	8943
		Semana 5	Caliente	6	3	Caliente	2,250	232
	Diciembre	Semana 1	Fría	9	29	Caliente	2,000	6895
		Semana 2	Fría	9	33	Caliente	2,000	10 124
		Semana 3	Fría	8	31	Caliente	2,500	9876
		Semana 4	Fría	8	41	Fría	0,625	7453
		Semana 5	Caliente	7	5	Fría	0,625	2938
2016	Enero	Semana 1	-	-	-	Fría	3,000	-
		Semana 2	Galvanizada	6	52	Fría	3,000	8992
		Semana 3	Galvanizada	6	46	Caliente	1,250	5819
		Semana 4	Fría	5	48	Galvanizada	1,250	7892
		Semana 5	Fría	4	51	Galvanizada	1,250	9834

Fuente: datos de la empresa.

3.7.2. Tiempo útil

El tiempo útil de producción se determina por la cantidad exacta de tiempo que se utiliza en la producción real, esto quiere decir el tiempo efectivo de manufactura. Este tiempo se deriva del tiempo programado total de producción, pero descontando las horas que la planta detuvo operaciones por paradas no programadas. El tiempo útil se calcula:

$$t_u = p_{\text{real}} / t_e$$

Donde:

t_u = tiempo útil

p_{real} = producción real

t_e = tiempo estándar

Tabla XXVIII. **Tiempo útil en corte**

			Estándar actual	Producción real	Tiempo útil
			Bobinas/hora	Bobinas	Horas
2015	Noviembre	Semana 1	1,33	52	39
		Semana 2	1,33	55	41
		Semana 3	1,33	46	35
		Semana 4	1,00	38	38
		Semana 5	1,33	3	2
	Diciembre	Semana 1	1,00	29	29
		Semana 2	1,00	33	33
		Semana 3	1,00	31	31
		Semana 4	1,00	41	41
		Semana 5	1,00	5	5
2016	Enero	Semana 1	-	-	-
		Semana 2	1,33	52	39
		Semana 3	1,33	46	35
		Semana 4	1,33	48	36
		Semana 5	1,33	51	38

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Tiempo útil en formado**

			Estándar actual	Producción real	Tiempo útil
			Tubos/hora	Tubos	Horas
2015	Noviembre	Semana 1	273	9856	36
		Semana 2	273	5349	20
		Semana 3	273	7644	28
		Semana 4	245	8943	37
		Semana 5	245	232	1
	Diciembre	Semana 1	245	6895	28
		Semana 2	245	10 124	41
		Semana 3	245	9876	40
		Semana 4	273	7453	27
		Semana 5	273	2938	11
2016	Enero	Semana 1	218	-	-
		Semana 2	218	8992	41
		Semana 3	273	5819	21
		Semana 4	273	7892	29
		Semana 5	273	9834	36

Fuente: elaboración propia.

En total fueron producidos 101 847 tubos y se cortaron 530 bobinas en el período evaluado. El área de formadora contaba con 663 horas, de las cuales fueron útiles 396, mientras que el área de corte contaba con 647 horas, de las cuales se utilizaron 442. En el área de corte fue mejor aprovechado el tiempo

de producción, pero aun así debe hacerse un análisis del tiempo que no se está utilizando, y evaluar la aplicación de los nuevos estándares y métodos para obtener mejores resultados en las líneas de producción.

3.7.3. Tiempo programado total

El tiempo programado total es el tiempo teórico de producción. En el tiempo programado total ya están descontadas las horas de las paradas programadas de producción debido a mantenimiento, capacitaciones, festejos u otras actividades que se puedan prever.

Las paradas no programadas se pueden definir en dos grupos: tiempo de ocio y tiempo no útil. El tiempo de ocio es el tiempo que no se puede controlar debido a que son actividades que se generan de forma aleatoria por parte del operario (ir al baño, descansos fuera de hora, holgazanería, cansancio, entre otras). Luego de aplicar la estandarización de tiempos, el tiempo de ocio tiene que reducirse debido a que este tiempo ya es contemplado en los suplementos que se le agregan al tiempo estándar. El tiempo no útil son las actividades aleatorias que son generadas por el supervisor o jefe. Estas actividades incluyen el desarrollo de nuevos productos, pruebas en el equipo, fallas no previstas, operaciones de reparo de fallas, entre otras.

3.7.4. Utilización

La utilización es el indicador más importante dentro de la planta de producción de tubos. La utilización es la relación entre el tiempo útil y el tiempo de producción proyectado. Al efectuar la relación se encuentra el porcentaje del tiempo que fue aprovechado dentro de la línea de producción.

$$u = t_u / t_{pp}$$

Donde:

u = utilización

t_u = tiempo útil

t_{pp} = tiempo programado de producción

Actualmente, la utilización del tiempo es:

Tabla XXX. **Utilización actual**

			Cortadora	Formadora
2015	NOV	Tiempo programado	215 horas	224 horas
		Tiempo útil	155 horas	121 horas
		Utilización	72 %	54 %
	DIC	Tiempo programado	222 horas	226 horas
		Tiempo útil	139 horas	148 horas
		Utilización	63 %	65 %
2016	ENE	Tiempo programado	210 horas	213 horas
		Tiempo útil	148 horas	127 horas
		Utilización	71 %	60 %

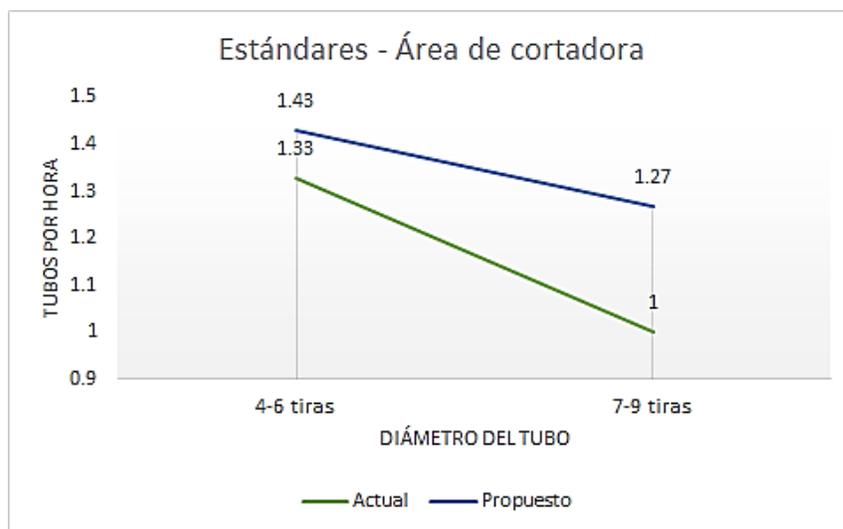
Fuente: elaboración propia.

3.7.5. Evaluación de estándares propuestos contra anteriores

Los estándares propuestos han presentado una mejora en el proceso productivo, desde los costos de mano de obra hasta una mejor utilización del tiempo. Actualmente se están realizando operaciones innecesarias que no generan ningún valor para el producto y que pueden ser eliminadas de inmediato. El método propuesto en el estudio de tiempos garantiza realizar las operaciones y en general todo el proceso de manera más rápida. Por

consiguiente, si las operaciones se realizan más rápido, se podrá producir más en un menor período de tiempo, lo cual significa pagar lo mismo al operario pero produciendo más. A continuación se procede a hacer una comparación de los estándares obtenidos en el estudio de tiempos respecto a los anteriores.

Figura 19. **Comparación de estándares en corte**



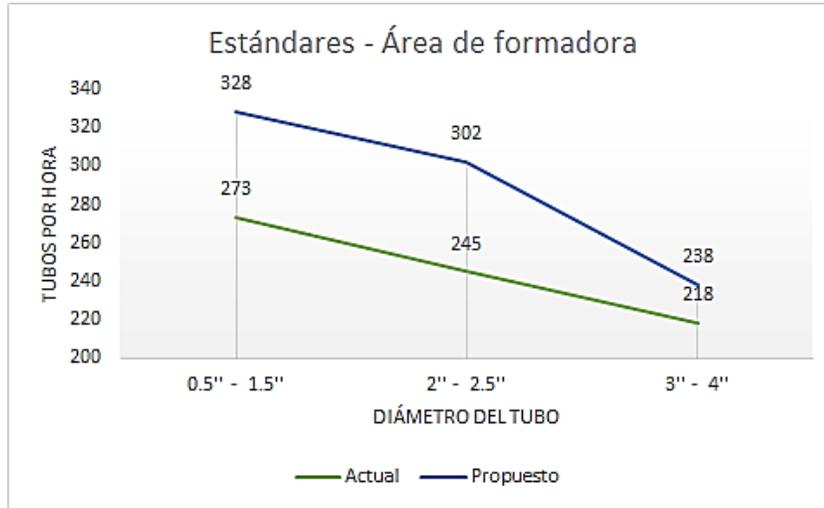
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Comparación de estándares en corte**

Cantidad de tiras	Estándar (Bobinas / hora)		Evaluación
	Actual	Propuesto	
4 - 6	1,33	1,43	8 % más producción
7 - 9	1,00	1,27	27 % más producción

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Comparación de estándares en formado**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Comparación de estándares en formado**

Diámetro del tubo	Estándar (Tubos / h)		Evaluación
	Actual	Propuesto	
0,5'' - 1,5''	273	328	20% más producción
2'' - 2.5''	245	302	23% más producción
3'' - 4''	218	238	9% más producción

Fuente: elaboración propia.

Al aplicar los estándares propuestos, puede notarse el aumento de la capacidad productiva en general y ambos procesos pueden resultar beneficiados si se hiciera el cambio. El cambio más notable se presenta en el corte de bobina de 7 a 9 tiras, mostrando un 27 % más producción que con los estándares establecidos.

La reducción en el tiempo de producción en ambos procesos se debe a la reducción de operaciones y la estandarización del método. Para aplicar los estándares y que sean funcionales es necesario dar a conocer al personal el nuevo método e incentivarles a seguirlo. En el estudio también se determinó eliminar a los auxiliares de producción del proceso, debido a que no genera ningún valor al producto y los demás operarios se pueden acomodar a realizar el trabajo de ellos sin ningún problema.

Entre las operaciones que se eliminaron se incluyen el movimiento innecesario del producto. En el caso de la cortadora, se mueven las tiras para ser flejadas, operación que puede ser realizada en el mismo lugar donde son rebobinadas. En el proceso de formado de tubos, se realiza el corte del extremo oxidado de la tira en la máquina, tira por tira, lo cual ocasiona una pérdida de tiempo porque se puede realizar la operación directamente en la cortadora, ya que también cuenta con una guillotina, y se cortaría la bobina completa en lugar de tira por tira. Otro proceso innecesario es armar el paquete de tubos en la mesa y pasarlo a la carreta, ya que es más difícil mover todos los tubos juntos que de uno en uno; esta operación no causa pérdida de tiempo pero sí hace que el operario se esfuerce mucho más, lo que puede provocar una mayor fatiga.

3.8. Propuesta de mantenimiento preventivo

Como primer paso, una mejora en el proceso productivo sería programar un mantenimiento productivo de las máquinas, ya que, como se ha observado en varios puntos, la causa principal de varios problemas en producción es la falta de un mantenimiento preventivo. Tanto la cortadora como la formadora utilizan piezas que podrían tener una vida útil más extensa si se les diera el mantenimiento debido. Para programar un mantenimiento preventivo es ideal

conocer cuáles piezas se pueden cambiar y a cuáles se les puede dar su respectivo cuidado. También es necesario que la persona encargada del mantenimiento esté capacitada para desempeñar sus funciones en las máquinas de corte y formadora.

Figura 21. **Plan básico de mantenimiento preventivo**

Máquina	Actividad	Tiempo	Frecuencia
Cortadora	Iniciar una inspección de las piezas clave de la máquina (cuchillas, sistema hidráulico, mandos, des bobinador, rebobinador).	10 mins.	Diariamente
	Iniciar una prueba de mecanismos de seguridad (botón de paro de emergencia).	10 mins.	Diariamente
	Iniciar una inspección del sistema hidráulico de la máquina.	30 mins.	Semanalmente
	Lubricar rodos y engranes.	1 hora	Cada dos semanas
	Lubricar el sistema hidráulico central.	2 horas	Semanalmente
	Mantenimiento general del equipo.	5 horas	Mensualmente
Formadora	Iniciar una inspección de las piezas clave de la máquina (Molino, soldadoras, rodos, cabezas formadoras, cuchillas).	10 mins.	Diariamente
	Iniciar una prueba de mecanismos de seguridad (botón de paro de emergencia).	10 mins.	Diariamente
	Iniciar una inspección del sistema hidráulico de la máquina.	30 mins.	Semanalmente
	Lubricar engranes.	1 hora	Cada dos semanas
	Iniciar una inspección de la calidad del refrigerante.	1 hora	Semanalmente
	Iniciar una inspección de las cabezas formadoras.	30 mins.	Diariamente
	Mantenimiento general del equipo.	10 horas	Dos veces al mes

Fuente: elaboración propia.

La tabla muestra una serie de pasos generales que, como mínimo, deben incluirse en el mantenimiento preventivo. Pero se puede estructurar más detalladamente por el departamento de ingeniería y mantenimiento, tomando como base los manuales de la maquinaria. Antes de establecer cualquier plan, también es necesario que se capacite al personal de talleres para que conozcan

el funcionamiento y el cuidado que debe tener cada pieza de las máquinas y herramientas utilizadas en el proceso.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En el capítulo que se presenta a continuación se muestran de manera ordenada los resultados del estudio de tiempos y cómo afectan en el entorno productivo (costos, utilización, actividades del personal operativo), junto con los documentos y manuales para la implementación de los estándares establecidos en el capítulo anterior. También se desarrolló un pequeño manual de implementación del método y las respectivas instrucciones para la capacitación de los operarios.

4.1. Corte de lámina

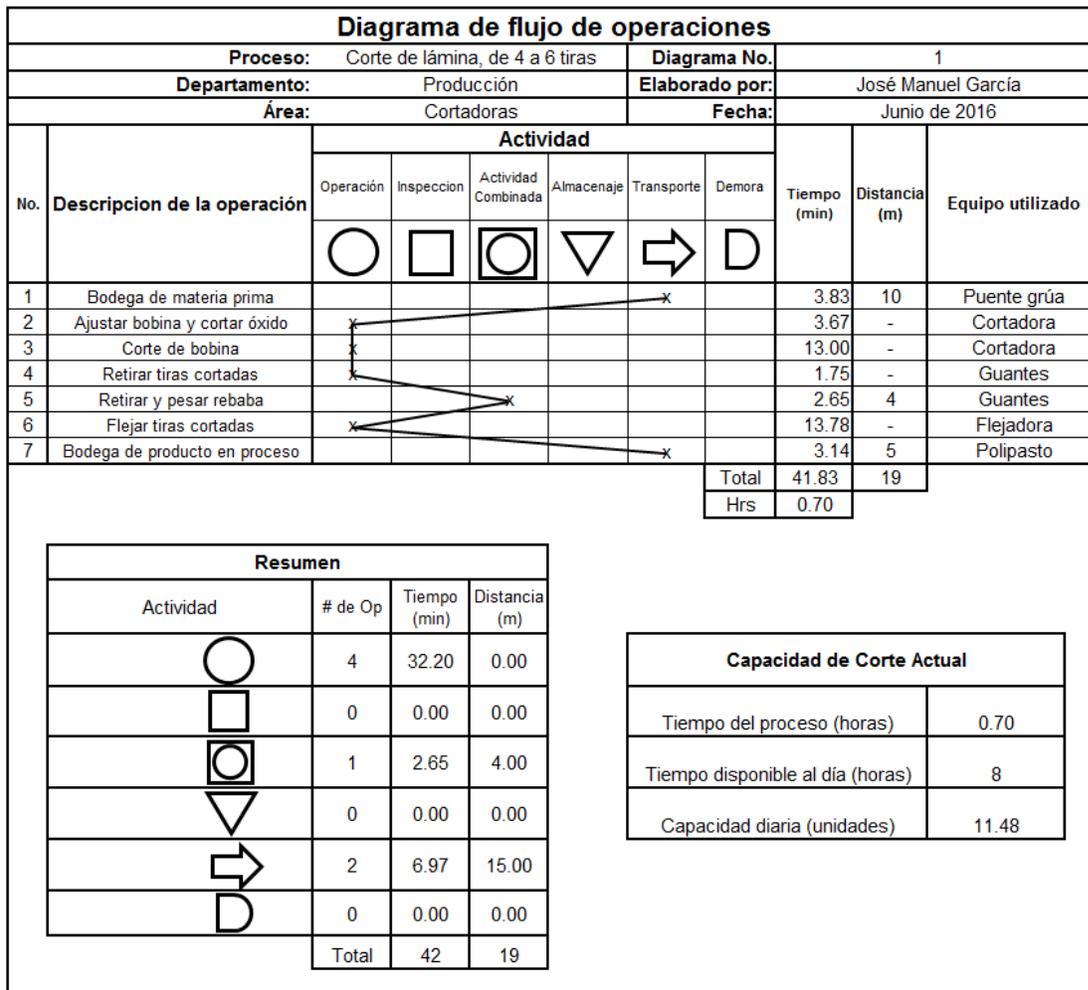
En el proceso de corte de lámina se han establecido dos tiempos estándar, uno para el corte de bobina de 4 a 6 tiras y el otro de 7 a 9 tiras. Debido al tiempo de preparación del fleje y del corte, el proceso varía debido al ancho de las tiras que se obtienen. Es importante aclarar que se ha eliminado una operación: el movimiento innecesario de las tiras antes de ser flejadas.

4.1.1. Diagrama de flujo de operaciones

A continuación se muestran los diagramas de flujo de operaciones para el proceso de corte de lámina, detallando los tiempos y las distancias que se mueve el producto, así como las operaciones de los dos estándares establecidos. Ambos procesos están conformados por cuatro operaciones, una operación combinada y dos transportes del producto. Durante el proceso los operarios utilizan el equipo de seguridad industrial que se establece en el reglamento, además los auxiliares deben usar guantes para el manejo del

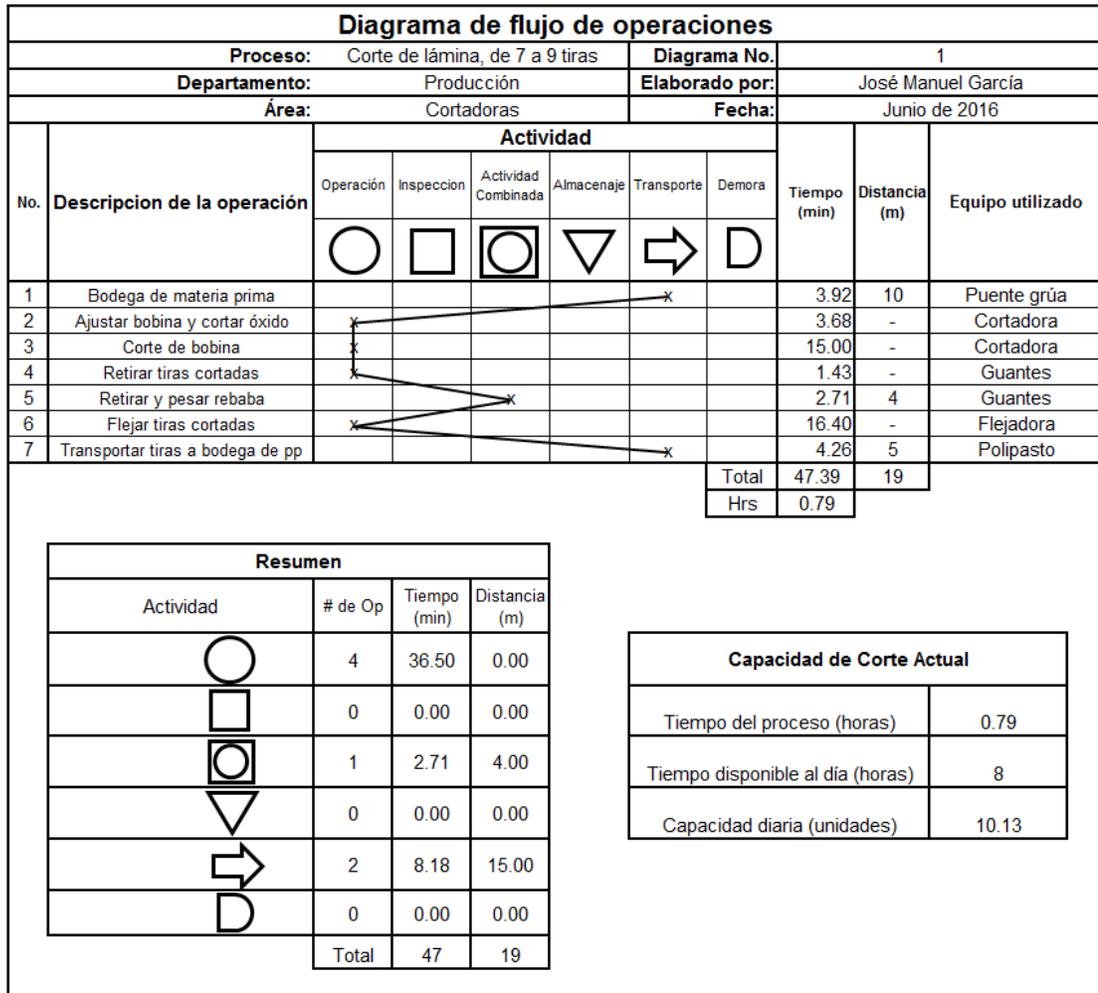
producto y una flejadora para sellar el atado de las tiras. Adicionalmente, entre el equipo utilizado se incluye también el puente grúa y un polipasto.

Figura 22. Diagrama de flujo de operaciones propuesto, 4 a 6 tiras



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Diagrama de flujo de operaciones propuesto, 7 a 9 tiras



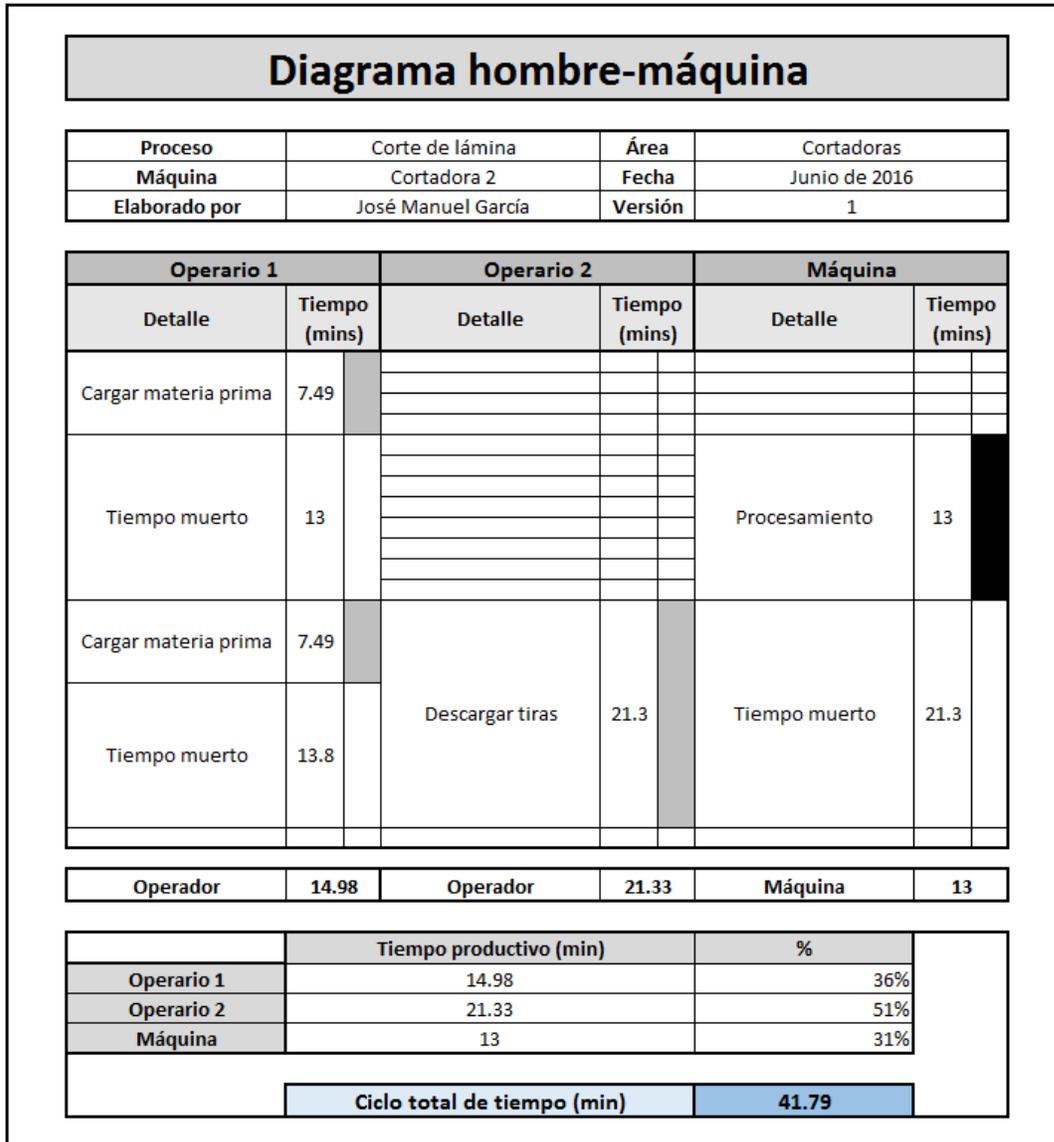
Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Diagrama de hombre-máquina

En el siguiente diagrama se muestra la relación entre los operarios y la máquina cortadora, haciendo énfasis en el tiempo de ciclo y el porcentaje de tiempo productivo de la máquina y los operarios. Se tomó como operario 1 al grupo de operarios que se encargan de preparar y cargar la tira, y como

operario 2 al grupo de operarios que se encargan de realizar las operaciones luego del formado del tubo.

Figura 24. Diagrama de hombre-máquina en corte



Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Propuesta de tiempo estándar

En resumen, los tiempos estándar que se proponen en el proceso de corte de lámina para cortar una bobina son:

Tabla XXXIII. Resumen de tiempos estándar en corte

Actividad	Corte de lámina (4-6 tiras)	Corte de lámina (7-9 tiras)
	TE (minutos)	TE (minutos)
Transportar y colocar bobina	3,83	3,92
Ajustar bobina	3,67	3,68
Corte de bobina	13,00	15,00
Retirar tiras cortadas	1,75	1,43
Retirar y pesar rebaba	2,65	2,71
Flejar tiras cortadas	13,78	16,40
Transportar tiras	3,14	4,26
Tiempo estándar total	41,83	47,39
Equivalente a:	Bobinas / hora	
	1,43	1,27

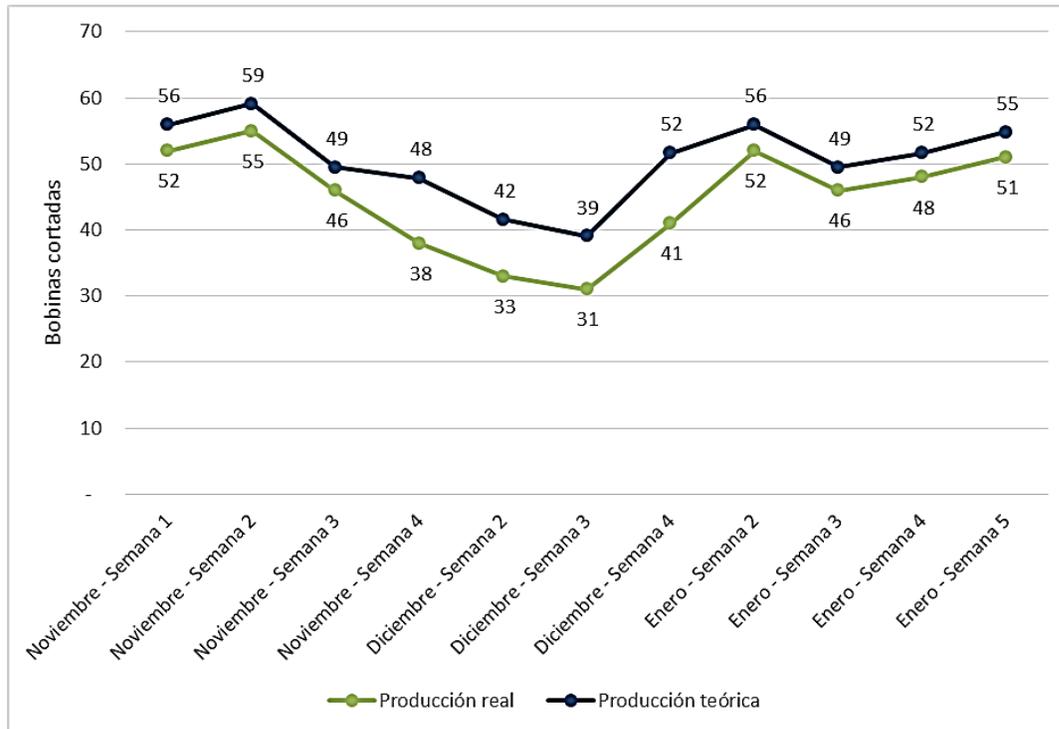
Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra un resumen de las operaciones y los tiempos estándar ya establecidos para cada una de ellas, por último un tiempo estándar total y la capacidad de corte por hora. Con los estándares propuestos, como ya se ha mencionado, se tiene un aumento de la capacidad productiva de un 7 % y un 27 %, para cortar de 4 a 6 tiras y 7 a 9 tiras, respectivamente.

4.1.4. Producción teórica

Utilizando el estándar propuesto se hace una proyección teórica de la producción que se podría alcanzar en el proceso de corte. Como referencia se toma el tiempo útil que fue evaluado en el capítulo anterior.

Figura 25. Producción teórica en corte de lámina



Fuente: elaboración propia.

Es evidente que hay un incremento en la capacidad de producción de la cortadora, evaluando el mismo período de tiempo y el mismo tiempo útil con los estándares propuestos.

4.1.5. Tabla comparativa

En la tabla que se muestra a continuación se establecen las cantidades producidas con el método actual y el propuesto (con este último de manera teórica). La comparación se hace con el fin de mostrar el cambio que puede tener la planta con implementar nuevos estándares de producción.

Tabla XXXIV. Comparación de producción en corte

			Producto		Estándar (Bobinas / hora)		Producción	
			Lámina	# Tiras	Actual	Propuesto	Real	Teórica
2015	NOV	Semana 1	Fría	4	1,33	1,43	52	56
		Semana 2	Fría	4	1,33	1,43	55	59
		Semana 3	Caliente	6	1,33	1,43	46	49
		Semana 4	Caliente	7	1,00	1,26	38	48
	DIC	Semana 2	Fría	9	1,00	1,26	33	42
		Semana 3	Fría	8	1,00	1,26	31	39
		Semana 4	Fría	8	1,00	1,26	41	52
2016	ENE	Semana 2	Galvanizada	6	1,33	1,43	52	56
		Semana 3	Galvanizada	6	1,33	1,43	46	49
		Semana 4	Fría	5	1,33	1,43	48	52
		Semana 5	Fría	4	1,33	1,43	51	55

Fuente: elaboración propia.

Durante el período de evaluación se tiene una producción total de 493 bobinas cortadas, cifra que teóricamente asciende a 556 con los estándares propuestos. Esto significa un 12 % más de producción durante los tres meses evaluados.

4.1.6. Utilización

Anteriormente se obtuvieron los datos de la utilización del tiempo durante el período de evaluación para cada proceso. Es importante conocer de manera medible cuánto aumenta la utilización del tiempo disponible de producción, debido a que uno de los problemas que presenta actualmente la planta es el bajo aprovechamiento de uno de los recursos más importantes.

En la siguiente tabla se procede a comparar el cambio en la utilización del tiempo respecto a los estándares propuestos. Como se hizo con la producción, se utilizará un dato teórico simulado con los datos obtenidos.

Tabla XXXV. **Comparación de utilización en corte**

	Tiempo programado	Tiempo útil (horas)		Utilización (%)	
		Actual	Teórico	Actual	Teórica
Noviembre de 2015	215	155	174	72%	81%
Diciembre de 2015	222	139	175	63%	79%
Enero de 2016	210	148	159	71%	76%

Fuente: elaboración propia.

4.2. Formadora de tubos

En el proceso de formado de tubos se han establecido tres estándares, ya que dependiendo del diámetro de los tubos se dividen en tres grupos diferentes: tubos de 0,5 hasta 1,5 pulgadas, de 2 hasta 2,5 pulgadas y de 3 hasta 4 pulgadas. La variación del proceso se encuentra en las operaciones de formado y flejado de tubos, ya que al ser de mayor diámetro, son más difíciles de formar, cortar y atar. Las otras operaciones tienen una diferencia mínima de tiempo.

4.2.1. Diagrama de flujo de operaciones

El proceso de formado de tubos está formado por siete operaciones y un transporte. La distancia de transporte del producto terminado es aproximadamente de 30 metros. Para este proceso se requiere, normalmente, del equipo básico de seguridad establecido en los reglamentos, además de guantes. Como herramientas se utilizan flejadoras y un cepillo para la limpieza de rebaba. Además de la máquina formadora de tubos, también se utiliza un polipasto y una carreta. A continuación se muestra el diagrama de flujo de operaciones para cada uno de los tres estándares propuestos:

Figura 26. Diagrama de flujo de operaciones propuesto, tubos de 0,5" a 1,5"

Diagrama de flujo de operaciones										
Proceso: Formado de tubos (0.5" - 1.5")					Diagrama No. 1					
Departamento: Producción					Elaborado por: José Manuel García					
Área: Formadora Y351					Fecha: Junio de 2016					
No.	Descripción de la operación	Actividad						Tiempo (min)	Distancia (m)	Equipo utilizado
		Operación	Inspección	Actividad Combinada	Almacenaje	Transporte	Demora			
		○	□	⊗	▽	⇒	D			
1	Limpiar residuos	x						5.83	-	Guantes y cepillo
2	Cargar tira	x						3.91	-	Polipasto
3	Preparar máquina y tira	x						0.92	-	
4	Soldar tira	x						1.56	-	Soldadora
5	Formado de tubos	x						9.00	-	Formadora
6	Retirar rebaba	x						2.67	-	Guantes
7	Retirar y flejar tubos	x						7.21	-	Flejadora
8	Transportar tubos					x		7.26	30	Carreta
								Total	38.37	30
								Hrs	0.64	

Resumen del proceso			
Actividad	# de Op	Tiempo (min)	Distancia (m)
○	7	31.11	0.00
□	0	0.00	0.00
⊗	0	0.00	0.00
▽	0	0.00	0.00
⇒	1	7.26	30.00
D	0	0.00	0.00
Total	38		30

Resumen	
Tiempo del proceso (horas)	0.64
Tiempo disponible al día (horas)	8
Capacidad diaria (unidades)	2627

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Diagrama de flujo de operaciones propuesto, tubos de 2" a 2,5"

Diagrama de flujo de operaciones										
Proceso: Formado de tubos (2" - 2.5")					Diagrama No. 1					
Departamento: Producción					Elaborado por: José Manuel García					
Área: Formadora Y351					Fecha: Junio de 2016					
No.	Descripción de la operación	Actividad					Tiempo (min)	Distancia (m)	Equipo utilizado	
		Operación	Inspeccion	Actividad Combinada	Almacenaje	Transporte				Demora
		○	□	⊗	▽	⇒	D			
1	Limpiar residuos	x						5.82	-	Guantes y cepillo
2	Cargar tira	x						3.89	-	Polipasto
3	Preparar máquina y tira	x						0.94	-	
4	Soldar tira	x						1.50	-	Soldadora
5	Formado de tubos	x						12.00	-	Formadora
6	Retirar rebaba	x						2.63	-	Guantes
7	Retirar y flejar tubos	x						7.32	-	Flejadora
8	Transportar tubos					x		7.55	30	Carreta
							Total	41.65	30	
							Hrs	0.69		

Resumen del proceso			
Actividad	# de Op	Tiempo (min)	Distancia (m)
○	7	34.10	0.00
□	0	0.00	0.00
⊗	0	0.00	0.00
▽	0	0.00	0.00
⇒	1	7.55	30.00
D	0	0.00	0.00
Total	42	30	

Reumen	
Tiempo del proceso (horas)	0.69
Tiempo disponible al día (horas)	8
Capacidad diaria (unidades)	2420

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Diagrama de flujo de operaciones propuesto, tubos de 3" a 4"

Diagrama de flujo de operaciones										
Proceso: Formado de tubos (3" - 4")					Diagrama No. 1					
Departamento: Producción					Elaborado por: José Manuel García					
Área: Formadora Y351					Fecha: Junio de 2016					
No.	Descripción de la operación	Actividad						Tiempo (min)	Distancia (m)	Equipo utilizado
		Operación	Inspección	Actividad Combinada	Almacenaje	Transporte	Demora			
		○	□	⊗	▽	⇒	D			
1	Limpiar residuos	x						5.87	-	Guantes y cepillo
2	Cargar tira	x						4.21	-	Polipasto
3	Preparar máquina y tira	x						1.00	-	
4	Soldar tira	x						1.64	-	Soldadora
5	Formado de tubos	x						15.00	-	Formadora
6	Retirar rebaba	x						2.60	-	Guantes
7	Retirar y flejar tubos	x						7.41	-	Flejadora
8	Transportar tubos					x		7.62	30	Carreta
								Total	45.34	30
								Hrs	0.76	

Resumen del proceso			
Actividad	# de Op	Tiempo (min)	Distancia (m)
○	7	37.71	0.00
□	0	0.00	0.00
⊗	0	0.00	0.00
▽	0	0.00	0.00
⇒	1	7.62	30.00
D	0	0.00	0.00
Total	45	30	

Reumen	
Tiempo del proceso (horas)	0.76
Tiempo disponible al día (horas)	8
Capacidad diaria (unidades)	2223

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Diagrama de hombre-máquina

Como se puede observar en el siguiente diagrama, las operaciones de descarga del producto en proceso son las que más tiempo toman llevarse a cabo. Estas operaciones incluyen retirar la rebaba, retirar y flejar tubos, y el

transporte de los mismos. La ventaja es que el proceso de carga se puede iniciar simultáneamente con el proceso de descarga, lo que solo deja 4,9 minutos como tiempo muerto.

Figura 29. Diagrama de hombre-máquina en formado

Diagrama hombre-máquina					
Proceso	Formado de tubos		Área	Formadoras	
Máquina	Formadora Y351		Fecha	Junio de 2016	
Elaborado por	José Manuel García		Versión	1	
Operario 1		Operario 2		Máquina	
Detalle	Tiempo (mins)	Detalle	Tiempo (mins)	Detalle	Tiempo (mins)
Cargar tira	12.2				
Tiempo muerto	9			Formado	9
Cargar tira	12.2	Descargar tubos	17.1	Tiempo muerto	17.1
Tiempo muerto	4.9				
Operador	24.46	Operador	17.14	Máquina	9
	Tiempo productivo (min)		%		
Operario 1	24.46		64%		
Operario 2	17.14		45%		
Máquina	9		23%		
	Ciclo total de tiempo (min)			38.36	

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Propuesta de tiempo estándar

Los tiempos estándar propuestos en el proceso de formado de tubos se detallan a continuación. Se estableció un tiempo estándar para cada operación y al final un tiempo estándar total.

Tabla XXXVI. Resumen de tiempos estándar en formado

Actividad	Formadora de tubos (0,5" – 1,5")	Formadora de tubos (2" – 2,5")	Formadora de tubos (3" – 4")	
	Tiempo estándar (min)			
Limpiar residuos	5,83	5,82	5,87	
Cargar tira	3,91	3,89	4,21	
Preparar máquina y tira	0,92	0,94	1,00	
Soldar tira	1,56	1,50	1,64	
Formado de tubos	9,00	12,00	15,00	
Retirar rebaba	2,67	2,63	2,60	
Retirar y flejar tubos	7,21	7,32	7,41	
Transportar tubos	7,26	7,55	7,62	
Tiempo estándar total	38,37	41,65	45,34	
Equivalente a:	Tiras / hora	1,56	1,44	1,32
	Tubos / hora	328	302	238

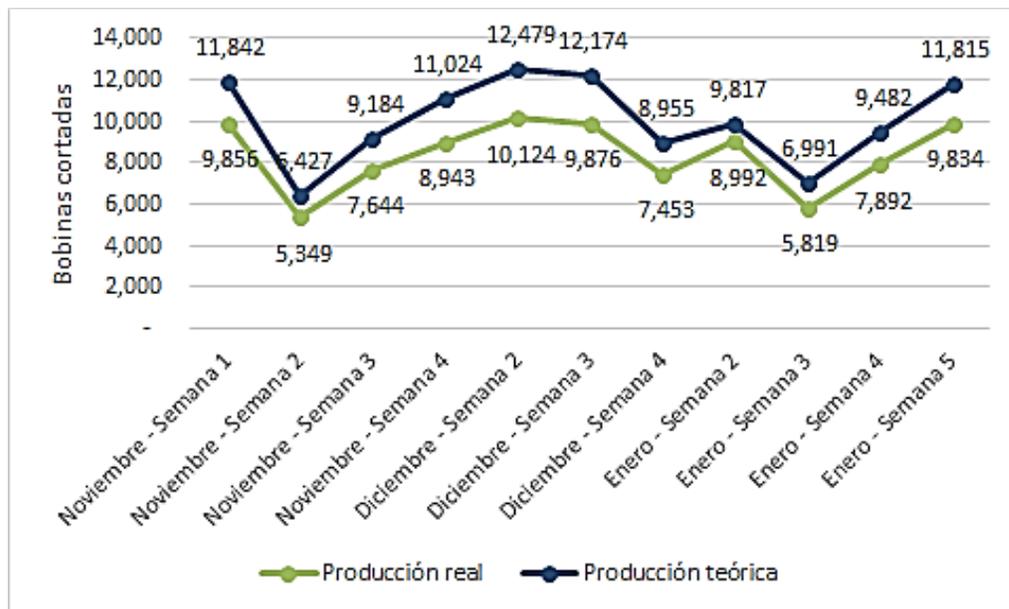
Fuente: elaboración propia.

Respecto a los estándares anteriores, los que sufren cambios más evidentes después del estudio de tiempos son los dos grupos de tubos con diámetros de 0,5" a 1,5" y de 2" a 2,5", existiendo un aumento en la capacidad de producción del 20 % y 23 %, respectivamente. El grupo de 3" a 4" solo tuvo un aumento del 9 % respecto al estándar anterior.

4.2.4. Producción teórica

Al igual que en el proceso de corte, se presenta una simulación con los estándares propuestos, para hacer una comparación de cómo varía la producción y qué tanto puede beneficiar a la empresa.

Figura 30. Producción teórica en formato de tubos



Fuente: elaboración propia.

4.2.5. Tabla comparativa

En la siguiente tabla se muestra una comparación de los resultados numéricos entre los estándares actuales y una simulación con los estándares propuestos, para así detallar los cambios que pueden verse reflejados en producción si se aplican los estándares propuestos.

Tabla XXXVII. **Comparación de producción en formado**

		Producto		Estándar (Tubos / hora)		Producción		
		Lámina	Diámetro	Actual	Propuesto	Real	Teórica	
2015	NOV	Semana 1	Fría	0,75	273,00	328,00	9856	11 842
		Semana 2	Galvanizada	1,00	273,00	328,00	5349	6427
		Semana 3	Galvanizada	1,00	273,00	328,00	7644	9184
		Semana 4	Caliente	2,00	245,00	302,00	8943	11 024
2015	DIC	Semana 2	Caliente	2,00	245,00	302,00	10 124	12 479
		Semana 3	Caliente	2,50	245,00	302,00	9876	12 174
		Semana 4	Fría	0,63	273,00	328,00	7453	8955
2016	ENE	Semana 2	Fría	3,00	218,00	238,00	8992	9817
		Semana 3	Caliente	1,25	273,00	328,00	5819	6991
		Semana 4	Galvanizada	1,25	273,00	328,00	7892	9482
		Semana 5	Galvanizada	1,25	273,00	328,00	9834	11 815

Fuente: elaboración propia.

En total se habrían podido producir 18 407 tubos más con el estándar propuesto en el período evaluado, lo que equivale a un 20 % más de producción.

4.2.6. Utilización

El aumento en la capacidad productiva en la planta de producción también genera un mejor aprovechamiento del tiempo, como se puede notar en la siguiente tabla. La implementación de un nuevo método, y por consiguiente nuevos estándares, es un beneficio en el área de producción de la empresa.

Tabla XXXVIII. **Comparación de utilización en formado**

	Tiempo programado	Tiempo útil (horas)		Utilización (%)	
		Actual	Teórico	Actual	Teórica
Noviembre de 2015	224	121	147	54%	65%
Diciembre de 2015	226	148	181	65%	80%
Enero de 2016	213	127	149	60%	70%

Fuente: elaboración propia.

4.3. Capacitación del personal operativo

La implementación de un nuevo método tiene como objetivo establecer un tiempo estándar para las operaciones y mejorar la capacidad productiva que se tiene. Pero también es importante que los operarios conozcan acerca de los cambios y el método de trabajo que desarrollarán en un futuro.

Para establecer un manual se requiere el diagrama de flujo de operaciones establecido como punto de partida, y luego detallar cada operación para que el operario sepa qué pasos tiene que seguir para el desarrollo del proceso. Al igual que el estudio de tiempos, el trabajo se segmentará en dos grupos: el proceso de corte de lámina y el proceso de formado de tubos.

Como documentos de apoyo también se debe contar con los manuales de maquinaria, en el caso de la formadora, la cortadora, el puente grúa y el polipasto. Los encargados de métodos y de producción deben impartir la capacitación, conociendo ellos el método y el manejo del equipo.

4.3.1. Personal en corte de lámina

En la siguiente figura se describen los pasos del método propuesto para desarrollar las operaciones que componen el proceso de corte de lámina.

Figura 31. Resumen de operaciones en corte de lámina

(LOGO)	RESUMEN DE CAPACITACIONES		
Proceso: Corte de lámina Área: Cortadoras Estación: Cortadora 2 Elaborado por: José García		Versión: Preliminar Fecha: Junio 2016 Método: Propuesto	
Operación	Descripción	Operario	Equipo
1 Transportar y colocar bobina	Conocer el programa de producción para saber que tipo de bobina se debe de transportar. Utilizar el puente grúa para transportar la bobina desde el área de materia prima hasta el desbobinador en el área de cortadoras.	Operador de puente grúa	Puente grúa
2 Ajustar bobina y cortar óxido	Ajustar la cortadora según las especificaciones requeridas y si la bobina tiene óxido en la primera capa, cortarla con la guillotina. Empezar a cortar la lámina en tiras para que los extremos puedan ser ajustados en el rebobinador y se pueda acomodar la rebaba en los recolectores.	Operador de cortadora y auxiliares de corte	Cortadora y guillotina
3 Corte de bobina	Accionar la máquina para empezar con el corte de la bobina.	Operador de cortadora	Cortadora
4 Retirar tiras cortadas	Retirar los extremos de las tiras de la máquina y ajustarlas en el rebobinador, para que puedan ser flejadas.	Auxiliares de corte	Pinzas y guantes
5 Retirar y pesar rebaba	Retirar la rebaba del proceso de corte y transportar el rollo hacia la báscula para pesarlo.	Auxiliares de corte	Guantes
6 Flejar tiras cortadas	Ajustar las tiras con fleje, para que no se desenrollen durante el transporte.	Encargados de fleje	Flejadora y fleje
7 Transportar tiras	Con el polipasto transportar las tiras hacia el área de producto en proceso.	Encargados de fleje	Polipasto

Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Personal en formadora de tubos

Al igual que en el proceso de corte, el personal de formado de tubos debe ser capacitado en el método propuesto para el desarrollo de las operaciones. A continuación se muestra un resumen de los pasos a seguir para el desarrollo del método.

Figura 32. Resumen de operaciones en formado de tubos

(LOGO)		RESUMEN DE CAPACITACIONES	
Proceso: Formado de tubos		Versión: Preliminar	
Área: Formadoras		Fecha: Junio 2016	
Estación: Línea Y351		Método: Propuesto	
Elaborado por: José García			
Operación	Descripción	Operario	Equipo
1 Limpiar residuos	Limpiar los residuos de la tira anterior y preparar molino para cargar la siguiente tira.	Operador de formadora	Cepillo y guantes
2 Cargar tira	Cargar la tira al molino con el polipasto.	Operador de formadora	Polipasto y guantes
3 Preparar máquina y tira	Ajustar los mecanismos de la cortadora, ajustar la tira anterior y la tira cargada en la prensa para aplicar la soldadura.	Operador de soldadora	Guantes
4 Soldar tira	Aplicar soldadura a los extremos de las tiras y soldarlas.	Operador de soldadora	Máquina de soldar
5 Formado de tubos	Accionar la máquina para que continúe el proceso de formado de tubos.	-	Formadora
6 Retirar rebaba	Retirar la rebaba que se va expulsando en el proceso para que sea transportada al área de reciclaje.	Auxiliar de formadora	Guantes
7 Retirar y flejar tubos	Retirar los tubos que van saliendo de la formadora y colocarlos sobre la carreta. Flejar los tubos en atados especificados según el diámetro que tengan.	Encargado de fleje	Carreta, fleje y flejadora
8 Transportar tubos	Llevar los tubos al área de producto terminado.	Encargado de fleje	Carreta

Fuente: elaboración propia.

4.4. Plan de incentivos

El punto de establecer un plan de incentivos es motivar al operador para que realice las actividades de acuerdo al método propuesto, y así reducir la resistencia al cambio. Si el operador se encuentra motivado es más fácil tener su cooperación para la implementación de mejoras dentro de los procesos de producción.

Los incentivos presentan otro costo en producción, pero, como se explicará más adelante, la planta puede tener cierto margen de ahorro con la implementación del método propuesto y parte de esto puede ser utilizado como inversión para motivar al operario. Actualmente se encuentra establecido un incentivo por llegar a la meta de producción, esta meta es establecida de acuerdo al punto de equilibrio, es decir obtener cierto volumen de producción en el cual no se tengan pérdidas. El problema de tener una meta de producción establecida es que el operario desempeña sus actividades de tal manera que se produzca más, pero esto deja a un lado la calidad del producto. Establecer un incentivo de calidad del producto también puede ser beneficioso para la empresa, ya que el operario será consciente de fabricar productos de buena calidad y así se reducirá el porcentaje de defectos en producción.

A continuación se presenta una propuesta sobre los incentivos a pagar a los operarios, unificando el bono por meta a Q. 100,00 por operario, que actualmente es diferente ya que depende del puesto. También se propone establecer cierto porcentaje del sueldo como bonificación por la reducción de defectos. Todas las bonificaciones se deberán pagar quincenales. La idea es que el operario se familiarice rápidamente con el método propuesto e intente mejorar cada día para llegar a la meta y, como ya se mencionó, sin restarle importancia a la calidad del producto.

Tabla XXXIX. **Plan de incentivos propuesto**

Puesto	Bono por meta (quincenal)	Menos del 10% de defectos (% del sueldo base quincenal)	Menos del 5% de defectos (% del sueldo base quincenal)
Operador de formadora	Q 100,00	2,5 %	6,0 %
Operador de soldadora	Q 100,00	2,5 %	6,0 %
Auxiliar de formadora	Q 100,00	2,0 %	5,0 %
Encargado de fleje	Q 100,00	2,0 %	5,0 %
Operador de grúa	Q 100,00	2,5 %	6,0 %
Operador de cortadora	Q 100,00	2,5 %	6,0 %
Auxiliar de corte	Q 100,00	2,0 %	5,0 %

Fuente: elaboración propia.

4.5. Evaluación del impacto en los costos de producción

Producir más en determinado período de tiempo es un factor importante, pero también debe haber una evaluación de los costos que se invierten cuando se manufactura cualquier producto. El método propuesto de producción no solo afecta al tiempo de producción, sino también los costos unitarios de fabricación.

Tal como se evaluó la utilización, se hizo una evaluación de los costos de producción respecto al método propuesto, haciendo una simulación para comparar el costo que representa producir con el método actual y el propuesto. Se evaluó el mismo período de tiempo (noviembre y diciembre de 2015 y enero de 2016).

En las siguientes tablas se muestra la producción del período ya evaluado, los costos de producción actuales y los costos de producción con el método propuesto.

Tabla XL. Costo total de producción en corte

	Semana	Producto		Producción (bobinas)	Costo total (Q)		
		Lámina	# Tiras		Actual	Teórico	
2015	NOV	1	Fría	4	52	116 911,94	116 125,70
		2	Fría	4	55	123 625,85	122 794,25
		3	Caliente	6	46	103 484,12	102 788,60
		4	Caliente	7	38	86 683,50	85 374,02
	DIC	2	Fría	9	33	75 527,67	74 390,49
		3	Fría	8	31	70 993,67	69 925,41
		4	Fría	8	41	93 663,67	92 250,81
2016	ENE	2	Galvanizada	6	52	116 911,94	116 125,70
		3	Galvanizada	6	46	103 484,12	102 788,60
		4	Fría	5	48	107 960,06	107 234,30
		5	Fría	4	51	114 673,97	113 902,85
		Total					1 113 920,50
				Ahorro	10 219,78		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Costo total de producción en formado

	Semana	Producto		Producción (tubos)	Costo total (Q)		
		Lámina	Diámetro		Actual	Teórico	
2015	NOV	1	Fría	0,75	9856	78 501,72	77 417,56
		2	Galvanizada	1,00	5349	38 752,43	38 164,04
		3	Galvanizada	1,00	7644	54 978,08	54 137,24
		4	Caliente	2,00	8943	61 926,26	60 763,67
	DIC	2	Caliente	2,00	10 124	70 292,35	68 976,23
		3	Caliente	2,50	9876	68 600,99	67 317,11
		4	Fría	0,63	7453	59 901,78	59 081,95
2016	ENE	2	Fría	3,00	8992	240 302,04	239 492,76
		3	Caliente	1,25	5819	25 782,13	25 142,04
		4	Galvanizada	1,25	7892	56 731,44	55 863,32
		5	Galvanizada	1,25	9834	70 461,38	69 379,64
		Total					826 230,59
				Ahorro	10 495,04		

Fuente: elaboración propia.

Aproximadamente se tiene un ahorro de Q. 20 000,00 durante los 3 meses evaluados, tomando en cuenta que diciembre no tiene muchos días de trabajo debido a la época de fiestas.

Hay que tomar en cuenta que solo se está evaluando cierto volumen de producción, pero también el costo del tiempo invertido que se puede ahorrar. Por ejemplo, si un día cualquiera con una jornada normal de trabajo se cortan seis bobinas con un costo de mano de obra de Q. 87,00 y dos bobinas en tiempo extraordinario con el costo de mano de obra de Q. 131,00, se tendría un costo total de Q. 784,00. Pero aplicando los estándares propuestos se pueden cortar las ocho bobinas solo en la jornada normal, siendo un total de Q. 696,00 de costo de mano de obra. En total sería un ahorro de Q. 88,00, tomando en cuenta que también hay gastos de energía eléctrica por permanecer en la planta de producción más tiempo.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

Establecer un nuevo método de producción, con estándares más acertados, no garantiza mantener el desarrollo de las actividades productivas de manera óptima, por lo que se recomienda dar un seguimiento a los indicadores de producción y establecer un plan de mejora continua que dé lugar a la optimización de recursos y la mejor calidad del producto para la satisfacción del cliente. En este capítulo se establecen los planes básicos que la planta debe seguir para el cumplimiento de lo establecido en el párrafo anterior.

5.1. Evaluación de indicadores

Los indicadores de producción muestran el comportamiento de ciertos factores dentro del entorno productivo que pueden ser claves en la detección de problemas y oportunidades para la empresa. Como ya se mencionó en los capítulos anteriores, el tiempo es un factor importante a evaluar. Actualmente también existen otros factores que pueden empezar a evaluarse para tener información importante que puede ser útil en la toma de decisiones.

5.1.1. Producción

La disponibilidad del tiempo se mide actualmente con el índice de utilización, pero también hay otros indicadores que se podrían medir, como el índice de defectos y el rendimiento en producción (entiéndase como la capacidad productiva contra la capacidad real). Con estas variables se puede hacer un análisis más acertado de la eficiencia, aplicando una metodología de

OEE (*Overall Equipment Efficiency*, que significa Eficiencia General de los Equipos).

$$OEE = (t_d/t_p) * (c_p/c_r) * (p_r/p_a)$$

Donde:

t_d = tiempo disponible

t_p = tiempo productivo

c_p = capacidad productiva

c_r = capacidad real

p_r = producción real

p_a = producción aceptada

El punto de hacer un análisis OEE es tener una eficiencia global del proceso productivo y que sea una herramienta para conocer el origen de la ineficiencia que se presente. Al establecer incentivos respecto a la calidad y el rendimiento de la producción, es importante conocer de qué manera se va a medir cada parámetro.

5.1.2. Utilización

Anteriormente se han hecho análisis de la utilización con el método actual y el método propuesto, pero también es importante que la empresa le siga dando el seguimiento adecuado a este indicador de producción, debido a que la alta gerencia evalúa detenidamente el desempeño del equipo y del personal de trabajo durante cierto período de tiempo. El mismo utilizado en el cambio de accesorios en la maquinaria también debe medirse, ya que al igual que la producción, se tiene un tiempo estándar para el cambio de las piezas necesarias cuando se fabrica otro tipo de producto, pero puede ser que en

ocasiones no se realice correctamente el procedimiento y se utilice más tiempo del establecido. Los cambios en la maquinaria también representan una pérdida para la empresa.

5.1.3. Gráficas

Llevar un control gráfico de los procesos de producción no solo es importante para el fácil entendimiento de los datos, sino también una forma en la que se les puede mostrar a los operarios el rendimiento de su trabajo y cómo se califica. Actualmente el único control gráfico que se lleva es un radar del programa de 5S, pero también podría mostrarse un gráfico en el que se muestre la cantidad de defectos y la utilización del tiempo semanalmente.

5.2. Estrategias para la mejora continua

La mejora continua de los procesos productivos es una forma de desarrollo de la empresa para que se puedan simplificar las operaciones y generar más ganancias a través de la reducción de costos. Se pueden implementar metodologías relacionadas a la manufactura Lean para empezar con un programa de mejoras.

5.2.1. Reingeniería de procesos

El estudio de tiempos debe ser aplicado también a las demás líneas de producción, con el objetivo de estandarizar cada proceso en la planta productiva. La utilización de equipo y maquinaria también da la oportunidad de mejora en los mismos, para reducir los cuellos de botella en los procesos productivos.

El análisis constante de los procesos y la reestructuración de los mismos puede ser el punto de partida para la mejora continua, por lo que el encargado de la gestión y métodos dentro de la planta debe analizar las alternativas para la simplificación de los métodos de trabajo. Aplicar la metodología de PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) puede ser una opción para el análisis de los procesos.

Este punto también incluye tocar puntos como la calidad, debido a que muchos procesos se enfocan en producir más pero descuidando el estándar de calidad del producto. Por ejemplo en los tubos industriales, al utilizar otro tipo de materia prima para que sea cortada más rápida, se le puede ofrecer al cliente un tubo menos espeso y que pueda presentar fallas en su uso. En conclusión, la reingeniería de procesos debe estar enfocada en crear valor para el producto.

5.2.2. Capacitaciones

Los gerentes no son los únicos que deben tener el conocimiento de las estrategias sobre la mejora continua, parte del personal operativo (jefes de área preferiblemente) debe estar involucrado en ciertas actividades administrativas debido a que ellos son los que participan directamente en cada operación y, por dicha razón, pueden aportar ideas para la mejora del proceso y de las condiciones laborales. Si ellos aplican herramientas simples como *Brainstorming* o un diagrama de espina de pescado, pueden contribuir al desarrollo de nuevas ideas para la mejora del proceso.

Actualmente los operarios cuentan con el conocimiento del programa de 5S y lo aplican diariamente en el desarrollo de sus actividades, haciendo auditorías internas, promoviendo la cultura de orden y limpieza en su área de trabajo, incentivando a sus compañeros a adoptar la cultura. Con el programa

de 5S adoptado, se da el primer paso para continuar con la mejora continua, sabiendo que poco a poco se pueden adoptar otros conceptos básicos de Lean y, a la vez, integrar otros programas que permitan aumentar la productividad en el proceso y mejorar la calidad del producto final. Como recomendación a continuación se dan a conocer distintos programas con los que se puede empezar y que generan valor en el proceso:

- Conocimiento de los desperdicios: defectos, excesos en producción, transporte innecesario, tiempos de espera muy largos, manejo elevado de inventarios, movimientos innecesarios, reproceso y el no aprovechamiento del talento humano. Estos temas son de total importancia tanto para el personal administrativo como para el personal operativo, ya que podrán detectar desviaciones en el proceso que quizá no parecieran tener importancia pero pueden impactar considerablemente en los costos de producción.
- Gestión visual: es importante que los operarios conozcan lo que pasa dentro de la fábrica, por lo que se les puede brindar el conocimiento para que puedan interpretar ciertas gráficas de producción y con esto conocer si han mejorado o han bajado su rendimiento en cierto período de tiempo. Actualmente, como ya se mencionó, se maneja una pizarra en la que se dan a conocer los resultados de las auditorías 5S y boletines sobre temas relacionados con la seguridad industrial.
- Herramientas para la resolución de problemas: como ya se mencionó, es importante que el personal operativo maneje herramientas simples para la resolución de problemas (diagrama de espina de pescado y *Brainstorming*).
- *Jidoka*: uno de los pilares de la filosofía *Lean*, en el cual se da a entender que si existe un defecto en producción se debe detener el proceso y corregir el problema para evitar desviaciones futuras.

5.3. Auditorías

Auditar un proceso es importante en la mejora continua, especialmente si se pretende hacer una reingeniería de procesos. Estandarizar un proceso lleva consigo la documentación del mismo, ya que deben existir manuales y documentos diseñados específicamente para tener un control de las operaciones.

El estudio de tiempos que se realizó es la base para la futura auditoría del proceso, debido a que se tienen establecidos estándares de tiempo, diagramas de operaciones y capacitaciones sobre cómo debe realizarse el mismo. A corto plazo representa la evaluación de la misma línea de producción, pero a largo plazo es la base para el estudio de otras líneas de producción y otras familias de productos. También existe la auditoría del producto, en la cual se pretende verificar el cumplimiento de la documentación técnica en la que se describe el diseño del producto y las especificaciones referentes a su fabricación.

5.3.1. Internas

Las auditorías internas deben ser realizadas principalmente por el encargado de métodos dentro de la planta, además de con el apoyo de un equipo de trabajo. Se debe llevar la documentación de cada uno de los procesos y estandarizar los mismos. Para iniciar es importante tener un diagnóstico, no solo de las operaciones, sino también del equipo y la estructura del personal. Para un plan de auditorías internas se propone:

- Definir al personal idóneo para formar un equipo de auditorías (ingeniero de métodos, jefe de producción, jefes de área, jefe de calidad y gestión).

- Elaborar un documento con los puntos importantes a evaluar (cumplimiento de especificaciones, cumplimiento de estándares de producción, etc.).
- Establecer un plan de acción con las fechas en las que se realizarán las auditorías.
- Redactar un informe de la auditoría en el cual se indiquen los hallazgos.
- Definir un plan de acción para la corrección y la prevención de las desviaciones detectadas.
- Dar seguimiento a la auditoría.

5.3.2. Externas

Las auditorías externas deben ser realizadas eventualmente por los directivos de la compañía y por personal ajeno a la misma, analizando la documentación para determinar que los procesos se estén realizando de acuerdo a lo establecido y que los productos cumplan las especificaciones. También deben evaluar el cumplimiento de los objetivos de la empresa respecto a la organización que se tiene dentro de la planta.

La importancia de una auditoría externa es tener un punto de vista diferente al de las personas que diariamente interactúan en el proceso y detectar anomalías que posiblemente no hayan sido definidas con anterioridad. A diferencia de las auditorías internas, las externas deben de realizarse eventualmente: una o dos veces al año. Es importante resaltar que, para todo lo que se vaya a auditar, se tenga en orden la documentación pertinente, ya que es el punto de partida de dicha actividad.

5.4. Gestión de calidad

Al tener un diagnóstico de la organización de la planta productiva, se procede a implementar cada mejora y determinar si se está cumpliendo con lo requerido para que el producto satisfaga las necesidades del cliente. Para el desarrollo de un sistema de gestión de la calidad, es necesario hacer una planificación y organización de las actividades que llevarán a la empresa a cumplir con lo requerido por el cliente. La empresa debe estar enfocada en los objetivos que se quieren alcanzar y las actividades que debe realizar para lograrlo. Lo importante al gestionar la calidad es brindar al cliente el producto que necesita, pero también recordar tener satisfecho al cliente interno, ya que él es el encargado de operar para poder desarrollar cada producto en la empresa. Brindar un clima organizacional adecuado para los operarios, reducir el esfuerzo físico y mental, y eliminar el trabajo sobrecargado puede generar resultados valiosos que hagan que el personal esté comprometido con la empresa.

5.5. Estadísticas

Es importante que la empresa lleve un registro sobre los sucesos importantes dentro de los procesos productivos, desde las fallas en la materia prima hasta el mantenimiento del equipo. Las estadísticas pueden ayudar a conocer el comportamiento en las operaciones y tomar acciones para reducir problemas que se estén presentando continuamente.

Se pueden implementar distintos métodos, como un control estadístico de la calidad, e incluso algunos pueden ser plasmados en el control visual del proceso (gráficos de control, histogramas, distribuciones estadísticas, inspección por muestreo).

5.5.1. Producción

Tener un historial de los problemas continuos en producción es un factor clave en la toma de decisiones a nivel interno. Para analizar las variables que pueden afectar el proceso es importante conocer la materia prima, el rendimiento del personal y el equipo que se está utilizando. Conocer la demanda del producto también es clave en el funcionamiento de la planta, ya que es el punto de partida para el desarrollo del plan de producción. Se debe tener información del crecimiento del mercado, ventas y pérdidas de la empresa.

5.5.2. Mantenimiento

Como se ha mencionado anteriormente, tener las estadísticas sobre fallas en el equipo ha ayudado a determinar que se necesita establecer un plan de mantenimiento preventivo. Actualmente, muchos de los problemas que se presentan respecto a la calidad del producto están relacionados a que las piezas del equipo se deterioran o dejan de funcionar.

En el capítulo tres se dejó establecido un plan básico de mantenimiento preventivo, con el cual se puede trabajar junto al departamento de mantenimiento para establecer los puntos críticos del área y un plan funcional que permita conocer los intervalos de tiempo en los cuales el equipo y la maquinaria deben ser atendidos para evitar fallas que afecten al área de producción.

5.6. Análisis de beneficio/costo

Es importante que la empresa tenga conocimiento de cuánto puede generar de beneficios respecto a los costos invertidos. A continuación se presenta una evaluación beneficio/costo realizada con los costos de producir con el estándar actual y el estándar propuesto, además de los beneficios de utilizar cada estándar.

Tabla XLII. Análisis de beneficio/costo

Estándar actual			
	nov-15	dic-15	ene-16
Beneficios (Q)	1 789 020,00	1 278 920,00	1 892 923,00
Costos (Q)	664 863,90	438 980,13	836307,08
Valor presente			
Q4 585 446,62			B/C
Q1 788 627,97			2,56
Estándar propuesto			
	nov-15	dic-15	ene-16
Beneficios (Q)	2 146 824,00	1 534 704,00	2 271 507,60
Costos (Q)	657 565,08	431 942,00	829 929,21
Valor presente			
Q5 502 535,95			B/C
Q1 769 432,82			3,11

Fuente: elaboración propia.

La interpretación del análisis es: el estándar actual genera Q. 2,56 de ganancia por cada Q. 1,00 invertido, mientras que el estándar propuesto puede generar hasta Q. 3,11 por cada Q. 1,00 invertido.

Es importante que la empresa tome en cuenta un análisis de este tipo antes de tomar cualquier decisión en el área productiva, ya que ayuda a determinar cuál es el rumbo que debe tomarse para aumentar los beneficios que se obtienen.

CONCLUSIONES

1. Se realizó un estudio de tiempos, con el cual la capacidad productiva de la línea de producción Y351 aumentó en promedio un 17 %, estableciendo un estándar para cada operación que se realiza en los procesos de producción de corte de lámina y formación de tubos industriales.
2. Se determinaron las operaciones que componen el proceso productivo de la línea de producción Y351, estableciendo diagramas de operaciones en los cuales se detalla la información de cada uno de los procesos, para los tres estándares de formadora y los dos estándares de cortadora. Con dicha información se detectaron varios puntos de mejora en las operaciones y en el plan de trabajo general que tiene la fábrica.
3. Se establecieron, como cuellos de botella, operaciones innecesarias que hacían no agregar valor al producto y generaban movimientos que son una sobrecarga para los operarios. Entre las operaciones eliminadas se pueden mencionar: mover la tira de lámina dos veces antes de flejarse y cortar el óxido tira por tira en la formadora, cuando se puede cortar todo el óxido de una sola vez en la cortadora.
4. Se estableció un tiempo estándar para cada uno de los tres grupos de tubos que se fabrican y los dos grupos de bobinas que se cortan: para tubos pequeños es un total de 328 tubos por hora, para los tubos medianos es de 302 tubos por hora, y para los tubos grandes es un total de 238 tubos por hora, mientras que para el corte de lámina se

estableció un tiempo de 42 minutos para el corte de 4 a 6 tiras y un tiempo de 48 minutos para el corte de 7 a 9 tiras.

5. Como se mencionó en el trabajo, la utilización del tiempo es uno de los indicadores principales que utiliza la empresa y, con la implementación de los estándares de producción que se desarrollaron, dicha medida aumenta hasta un 10 % en el área de corte y un 12 % en el área de formado de tubos.
6. Los costos de mano de obra son los que principalmente disminuyen debido al cambio en el método de trabajo, ya que es un método más rápido. El desarrollo de las actividades con los estándares de producción propuestos genera un ahorro de hasta Q. 20 000,00 respecto al estándar actual.
7. Se ha establecido un método de trabajo detallado para que pueda ser desarrollado por los operarios, además de ser motivados con un plan de incentivos que incluya una bonificación por meta alcanzada y por la reducción de defectos en producción.

RECOMENDACIONES

1. Dar seguimiento al rendimiento del personal operativo cuando se haga la implementación del nuevo método, para conocer las debilidades y las mejoras que se pueden concretar para reducir la curva de aprendizaje.
2. Establecer metodologías sobre manufactura *Lean* en diferentes módulos, para el personal operativo y el personal administrativo, puede ayudar a reducir los costos de producción y mejorar la calidad del producto.
3. Unificar los manuales del equipo con las capacitaciones al personal, para tener un documento más ordenado y completo, cuando se requiera capacitar al personal nuevo.
4. El encargado de métodos debe estudiar constantemente los procesos de producción, para detectar fallas en los mismos y tomar contramedidas para la mejora continua.
5. Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo, de acuerdo con la guía básica que se presentó en el presente trabajo, puede ayudar a la reducción de fallas en la maquinaria y en el equipo.
6. Se debe motivar constantemente al personal operativo para que no haya problemas con la resistencia al cambio cuando se quiera implementar una nueva propuesta.

7. Hacer los estudios necesarios para estandarizar los procesos en todas las líneas de producción y otras familias de productos, no solo lo que fue evaluado en el presente trabajo.
8. Tomar en cuenta las opiniones de los operarios en los procesos, debido a que ellos son los que pasan todo el tiempo laboral en la planta de producción y conocen mejor que nadie cada una de las operaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. CUYÁN CULAJAY, José Francisco. *Actualización de los perfiles de operación, funcionamiento técnico e historial de la maquinaria y equipos auxiliares de las líneas de producción en la planta Intupersa, para apoyo en la programación de su mantenimiento.* Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniero Mecánico. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 111pp.
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo.* 2ª Edición. México: Editorial McGraw-Hill, 2005. 459pp.
3. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto; DE LA VARA SALAZAR, Román. *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma.* 3ª Edición. México: Editorial McGraw-Hill, 2013. 468pp.
4. HEIZER, Jay; RENDER, Barry. *Principios de administración de operaciones.* 5ª Edición. México: Editorial Prentice Hall, 2004. 638pp.
5. KRICK, Edward V. *Ingeniería de métodos.* México: Limusa, 1991. 543pp.
6. MORÁN MARROQUÍN, Miriam Adela. *Estudio de tiempos y movimientos para la reducción de costos e incremento de la*

eficiencia en una industria de camas. Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniero Industrial. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 84pp.

7. NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos*. 11ª Edición. México: Editorial Alfaomega, 2004. 745pp.
8. PILOÑA ORTÍZ, Gabriel Alfredo. *Guía práctica sobre métodos y técnicas de investigación documental y de campo*. 8ª Edición. Guatemala: GP Editores, 2005. 337pp.
9. PINEDA, José Adolfo. *Estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de piso de granito en la fábrica Casa Blanca S.A.* Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniero Industrial. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 151pp.

APÉNDICES

Apéndice 1. Formato para estudio de tiempos

FICHA PARA ESTUDIO DE TIEMPOS V.2									
PLANTA:	FECHA:	HORA DE INICIO:		HORA DE FINALIZACIÓN:					
ÁREA:	MÉTODO:								
PROCESO:	OPERADOR:								
PRODUCTO:	ANALISTA:			PÁGINA: 1/1					

OPERACIÓN	1			2			3			4			5		
	TO	TC	C												
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

TO	TIEMPO OBSERVADO
TC	TIEMPO CRONOMETRADO
C	CALIFICACIÓN

Min.Seg.DécSeg	FORMATO DE TIEMPO
----------------	-------------------

OBSERVACIONES

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Tiempos cronometrados de formadora

Formadora de tubos (0.5" - 1.5")																
Operario	e		e		f		f		m		g		h		h	
Operario	Operador de formadora		Operador de formadora		Operador de soldadora		Operador de soldadora		(Máquina)		Auxiliar de formadora		Encargado de fleje		Encargado de fleje	
Actividades	Limpiar residuos		Cargar tira		Preparar máquina y tira		Soldar tira		Formado de tubos		Retirar rebaba		Retirar y flejar tubos		Transportar tubos	
Elemento	A		B		C		D		E		F		G		H	
Ciclo	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC
1	4.59	4.59	3.02	7.61	0.85	8.46	1.06	9.52	9.00	18.52	2.05	20.57	4.73	25.30	4.80	30.10
2	5.08	5.08	3.10	8.18	0.70	8.88	1.11	9.99	9.00	18.99	2.10	21.09	5.02	26.11	5.11	31.22
3	4.56	4.56	3.41	7.97	0.83	8.80	2.10	10.90	9.00	19.90	2.07	21.97	4.93	26.90	4.92	31.82
4	5.01	5.01	3.23	8.24	0.69	8.93	1.23	10.16	9.00	19.16	2.15	21.31	4.74	26.05	4.65	30.70
5	4.47	4.47	3.15	7.62	0.75	8.37	1.01	9.38	9.00	18.38	2.09	20.47	4.87	25.34	4.96	30.30
Promedio	4.74		3.18		0.76		1.30		9.00		2.09		4.86		4.89	
Tiempo total promedio														30.83		

Formadora de tubos (2" - 2.5")																
Operario	Operador de formadora		Operador de formadora		Operador de soldadora		Operador de soldadora		(Máquina)		Auxiliar de formadora		Encargado de fleje		Encargado de fleje	
Actividades	Limpiar residuos		Cargar tira		Preparar máquina y tira		Soldar tira		Formado de tubos		Retirar rebaba		Retirar y flejar tubos		Transportar tubos	
Elemento	A		B		C		D		E		F		G		H	
Ciclo	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC
1	4.57	4.57	3.10	7.67	0.90	8.57	1.20	9.77	12.00	21.77	1.99	23.76	5.01	28.77	5.01	33.78
2	5.03	5.03	3.07	8.10	0.75	8.85	1.25	10.10	12.00	22.10	2.11	24.21	4.77	28.98	5.09	34.07
3	5.01	5.01	3.30	8.31	0.70	9.01	1.27	10.28	12.00	22.28	2.15	24.43	4.98	29.41	5.03	34.44
4	4.59	4.59	3.33	7.92	0.87	8.79	1.33	10.12	12.00	22.12	2.01	24.13	4.87	29.00	5.11	34.11
5	4.45	4.45	3.01	7.46	0.70	8.16	1.21	9.37	12.00	21.37	2.03	23.40	5.02	28.42	5.18	33.60
Promedio	4.73		3.16		0.78		1.25		12.00		2.06		4.93		5.08	
Tiempo total promedio														34.00		

Formadora de tubos (3" - 4")																
Operario	Operador de formadora		Operador de formadora		Operador de soldadora		Operador de soldadora		(Máquina)		Auxiliar de formadora		Encargado de fleje		Encargado de fleje	
Actividades	Limpiar residuos		Cargar tira		Preparar máquina y tira		Soldar tira		Formado de tubos		Retirar rebaba		Retirar y flejar tubos		Transportar tubos	
Elemento	A		B		C		D		E		F		G		H	
Ciclo	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC
1	4.60	4.60	3.31	7.91	0.99	8.90	1.45	10.35	15.00	25.35	1.99	27.34	5.03	32.37	5.10	37.47
2	4.79	4.79	3.39	8.18	1.01	9.19	1.30	10.49	15.00	25.49	2.01	27.50	5.00	32.50	5.12	37.62
3	4.89	4.89	3.40	8.29	0.79	9.08	1.33	10.41	15.00	25.41	2.02	27.43	4.99	32.42	5.15	37.57
4	4.59	4.59	3.56	8.15	0.67	8.82	1.39	10.21	15.00	25.21	2.11	27.32	5.05	32.37	5.09	37.46
5	4.98	4.98	3.45	8.43	0.70	9.13	1.34	10.47	15.00	25.47	2.04	27.51	4.87	32.38	5.20	37.58
Promedio	4.77		3.42		0.83		1.36		15.00		2.03		4.99		5.13	
Tiempo total promedio														37.54		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Tiempos cronometrados de cortadora

Corte de lámina (4-6 tiras)														
Operario	Operador de grúa		Operador de cortadora		(Máquina)		Auxiliar de corte		Auxiliar de corte		Encargado de fleje		Encargado de fleje	
Actividades	Transportar y colocar bobina		Ajustar bobina		Corte de bobina		Retirar tiras cortadas		Retirar y pesar rebaba		Flejar tiras cortadas		Transportar tiras a área de pp	
Elemento	A		B		C		D		E		F		G	
Ciclo	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC
1	2.40	2.40	2.67	5.07	13.00	18.07	1.15	19.22	2.28	21.50	10.68	32.18	2.42	34.60
2	2.39	2.39	2.65	5.04	13.00	18.04	2.10	20.14	2.37	22.51	11.14	33.65	2.50	36.15
3	3.42	3.42	2.73	6.15	13.00	19.15	1.12	20.27	2.29	22.56	10.70	33.26	2.66	35.92
4	2.45	2.45	2.75	5.20	13.00	18.20	1.20	19.40	2.35	21.75	11.24	32.99	2.39	35.38
5	2.38	2.38	2.66	5.04	13.00	18.04	2.14	20.18	2.40	22.58	10.72	33.30	2.46	35.76
Promedio	2.61		2.69		13.00		1.54		2.34		10.90		2.49	
Tiempo total promedio												35.56		

Corte de lámina (7-9 tiras)														
Operario	Operador de grúa		Operador de cortadora		(Máquina)		Auxiliar de corte		Auxiliar de corte		Encargado de fleje		Encargado de fleje	
Actividades	Transportar y colocar bobina		Ajustar bobina		Corte de bobina		Retirar tiras cortadas		Retirar y pesar rebaba		Flejar tiras cortadas		Transportar tiras a área de pp	
Elemento	A		B		C		D		E		F		G	
Ciclo	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC	TO	TC
1	3.01	3.01	2.70	5.71	15.00	20.71	1.16	21.87	2.31	24.18	12.65	36.83	3.2	40.03
2	2.56	2.56	2.61	5.17	15.00	20.17	1.30	21.47	2.49	23.96	13.4	37.36	3.15	40.51
3	2.60	2.60	2.64	5.24	15.00	20.24	1.15	21.39	2.34	23.73	12.98	36.71	3.17	39.88
4	2.71	2.71	2.81	5.52	15.00	20.52	1.22	21.74	2.39	24.13	12.78	36.91	4.02	40.93
5	2.49	2.49	2.73	5.22	15.00	20.22	1.45	21.67	2.41	24.08	13.01	37.09	3.28	40.37
Promedio	2.67		2.70		15.00		1.26		2.39		12.96		3.36	
Tiempo total promedio												40.34		

Fuente: elaboración propia.

