



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

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN, EN LA FORMACIÓN DE
TUBERIA INDUSTRIAL, CAÑERIA Y PERFILERIA, EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS**

Pablo Emilio Pérez Marroquín
Asesorado por el Ing. Renaldo Girón Alvarado

Guatemala, junio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN, EN LA FORMACIÓN DE
TUBERIA INDUSTRIAL, CAÑERÍA Y PERFILERÍA, EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PABLO EMILIO PÉREZ MARROQUÍN
ASESORADO POR ING. RENALDO GIRÓN ALVARADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Jose Francisco Gomez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Jose Francisco Gomez Rivera
EXAMINADOR(A)	Ing. Selvin Estuardo Joachin Juarez
EXAMINADOR(A)	Ing. Victor Hugo Garcia Roque
EXAMINADOR(A)	Ing. Erwin Danilo González Trejo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Herrera Pérez

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:

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN, EN LA FORMACIÓN DE TUBERIA INDUSTRIAL, CAÑERÍA Y PERFILERIA, EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 27 de febrero de 2020.



Pablo Emilio Pérez Marroquín

Guatemala, 16 de mayo de 2022

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Urquizú,

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado y aprobado el trabajo de graduación elaborado por el estudiante universitario Pablo Emilio Pérez Marroquín quien se identifica con carné No. 2015-03785 de la Facultad de Ingeniería, USAC, de la carrera de Ingeniería Industrial, el cual se titula: **“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE LA PRODUCCION, EN LA FORMACION DE TUBERIA INDUSTRIAL, CAÑERIA Y PERFILERIA, EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS.”**

Después de leer y efectuar las revisiones correspondientes apruebo el presente trabajo, considerando que es acorde a las normas, reglamentos y recomendaciones de la asesoría por lo que solicito que se continúe con el trámite correspondiente.

Agradeciendo su atención me suscribo.

Atentamente,



Renaldo Girón Alvarado
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 5977

Ing. Renaldo Girón Alvarado
Colegiado activo, No. 5977



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.011.023

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN, EN LA FORMACIÓN DE TUBERÍA INDUSTRIAL, CAÑERÍA Y PERFILERIA, EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS**, presentado por el estudiante universitario **Pablo Emilio Pérez Marroquín**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Roberto Fabio Díaz
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Roberto Fabio Díaz Solares
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 11279

Guatemala, febrero de 2023.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LNG.DIRECTOR.160.EMI.2023

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 Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN, EN LA FORMACIÓN DE TUBERIA INDUSTRIAL, CAÑERÍA Y PERFILERÍA, EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS**, presentado por: **Pablo Emilio Pérez Marroquín**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2023.

LNG.DECANATO.OI.558.2023

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: **DISEÑO DE UN PROGRAMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN, EN LA FORMACIÓN DE TUBERÍA INDUSTRIAL, CAÑERÍA Y PERFILERÍA, EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS,** presentado por: **Pablo Emilio Pérez Marroquín,** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, julio de 2023

AACE/gaac

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su amor y misericordia, por ser quien me sustenta y ser quien le da sentido a mi vida.
- Mis padres** Jorge Pérez y Maribel Marroquín, por su amor y su apoyo incondicional. Por sus buenos consejos y por siempre apoyarme en mis decisiones y en cualquier situación.
- Mi abuelita** María Zetina, por su apoyo incondicional, por su inmenso amor, por siempre estar a la disposición para ayudarme, por sus consejos y sus oraciones.
- Mis hermanos** Ana Gabriela, Marina Cristina y Juan Manuel Pérez, por ser mis compañeros de vida, por ayudarme y aconsejarme en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios Por ser mi sustento, porque su gracia, su misericordia y su amor me acompañan todos los días de mi vida.

Mis padres Jorge Pérez y Maribel Marroquín, por apoyarme en este proceso, por mostrarme cada día su amor, por darme la oportunidad de superarme y de soñar en grande.

Mi abuelita María Zetina, por sus oraciones, por ser uno de los pilares de mi hogar, por su apoyo y amor incondicional, por siempre velar por mi bienestar.

Mis hermanos Ana Gabriela, Marina Cristina y Juan Manuel Pérez, Oscar Aguilera y Ana Cabrera, por compartir sus conocimientos y apoyarme en mi superación personal.

Mi tío Julio Barillas, por su buena voluntad de apoyarme y su generosidad.

Mis amigos Por los buenos momentos compartidos, por su amistad y cariño, especialmente a Marvin Ramírez, por su buena voluntad de apoyarme.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Asesor de tesis

Por brindarme el conocimiento y ser mi casa de estudios

Ing. Renaldo Girón, por su apoyo en el desarrollo de este proyecto y por su buena voluntad de asesorarme.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Aceros de Guatemala S.A.	1
1.1.1. Historia	2
1.1.2. Misión	4
1.1.3. Visión.....	4
1.1.4. Valores éticos	5
1.1.5. Política.....	6
1.1.6. Ubicación	7
1.1.7. Organización.....	8
1.1.7.1. Organigrama.....	9
1.2. Productos	9
1.2.1. Características.....	10
1.2.2. Productos principales	11
1.3. Productividad.....	11
1.3.1. Índices de productividad	11
1.3.2. Tipos de productividad.....	12
1.3.2.1. Productividad laboral	12

	1.3.2.2.	Productividad total de los factores (PTF)	13
	1.3.2.3.	Productividad marginal.....	13
1.4.		Estudio de tiempos y movimientos	13
	1.4.1.	Capacidad de diseño.....	13
	1.4.2.	Capacidad efectiva	14
	1.4.3.	Producción real	14
1.5.		Tasa de utilización.....	15
1.6.		Capacidad hombre-máquina	15
2.		SITUACIÓN ACTUAL	17
2.1.		Descripción del producto.....	17
2.2.		Materia prima	18
2.3.		Descripción de las líneas de formación.....	18
	2.3.1.	Herramientas utilizadas en el proceso de calibración	19
	2.3.2.	Equipo utilizado en el proceso de calibración.....	23
2.4.		Descripción del proceso de calibración en líneas de formación en cambio de producto.....	24
	2.4.1.	Torres de formación	27
	2.4.2.	Torres de rectificación	28
	2.4.3.	Descripción de los procesos en común en la calibración de las líneas de formación	29
2.5.		Capacidad de producción de la planta	29
	2.5.1.	Capacidad de diseño.....	29
	2.5.2.	Capacidad efectiva	29
	2.5.3.	Producción real	30
2.6.		Análisis de productividad.....	30
	2.6.1.	Productividad laboral.....	30

2.6.2.	Productividad total de los factores (PTF)	31
2.6.3.	Productividad marginal	32
2.7.	Tasa de utilización actual	32
2.7.1.	Análisis de la tasa de utilización actual en líneas de formación de tubería industrial y cañería.....	33
2.7.2.	Análisis de la tasa de utilización actual en líneas de formación de perfiles	34
2.8.	Capacidad hombre-máquina	35
2.8.1.	Análisis de la capacidad hombre-máquina actual en líneas de formación de tubería industrial y cañería.....	35
2.8.2.	Análisis de la capacidad hombre-máquina actual en líneas de formación de perfiles	37
2.9.	Análisis financiero.....	38
2.9.1.	Producción actual de tubería industrial.....	38
2.9.2.	Producción actual de cañería	39
2.9.3.	Producción actual de perfiles.....	39
3.	PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DE LA EFICIENCIA	41
3.1.	Planeación del proceso de calibración en líneas de formación	41
3.1.1.	Diagrama de operaciones.....	41
3.1.2.	Diagrama de flujo.....	42
3.1.3.	Diagrama de recorrido	44
3.2.	Costos	45
3.2.1.	Insumos	45
3.2.2.	Costo de producción.....	46
3.2.3.	Costo de herramientas nuevas	47
3.3.	Índices de productividad	48

3.3.1.	Productividad laboral.....	48
3.3.2.	Productividad total de los factores (PTF).....	49
3.3.3.	Productividad marginal.....	49
3.4.	Capacidad de producción.....	50
3.4.1.	Capacidad de diseño.....	50
3.4.2.	Capacidad efectiva.....	50
3.4.3.	Producción real.....	50
3.5.	Tasa de utilización aplicada al nuevo proceso.....	51
3.5.1.	Análisis de la tasa de utilización aplicada al nuevo proceso en líneas de formación de tubería industrial y cañería.....	51
3.5.2.	Análisis de la tasa de utilización aplicada al nuevo proceso en líneas de formación de perfiles.....	52
3.6.	Capacidad hombre-máquina aplicada al nuevo proceso.....	53
3.6.1.	Análisis de la capacidad hombre-máquina aplicada al nuevo proceso en líneas de formación de tubería industrial y cañería.....	53
3.6.2.	Análisis de la capacidad hombre-máquina aplicada al nuevo proceso en líneas de formación de perfiles.....	57
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	61
4.1.	Plan de acción.....	61
4.1.1.	Entidades responsables.....	61
4.1.1.1.	Gerencia.....	61
4.1.1.2.	Producción.....	62
4.1.1.3.	Seguridad industrial.....	62
4.2.	Reestructuración de proceso de calibración en líneas de formación.....	63

4.2.1.	Diagrama de operaciones.....	63
4.2.2.	Diagrama de flujo.....	66
4.2.3.	Diagrama de recorrido	67
4.3.	Método sistemático de control y mejora organizacional	68
4.3.1.	Planificación.....	68
4.3.2.	Procedimientos	69
4.3.3.	Trabajo en equipo.....	69
4.3.4.	Conducción.....	70
4.3.5.	Adiestramiento.....	70
4.4.	Mejora en la eficiencia del proceso	71
4.4.1.	Capacitación de personal	71
4.5.	Propuesta de estandarización del nuevo proceso	72
4.5.1.	Estándar del nuevo proceso	72
4.6.	Análisis financiero aplicado al nuevo proceso	77
4.6.1.	Producción de tubería industrial	77
4.6.2.	Producción de cañería	78
4.6.3.	Producción de perfiles	78
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA.....	81
5.1.	Asignación de roles	81
5.1.1.	Capacitación de personal	81
5.2.	Auditorías internas del proceso de calibración en líneas de formación	82
5.3.	Planeación.....	82
5.3.1.	Programa mensual de auditorías.....	82
5.3.2.	Selección del equipo auditor.....	84
5.4.	Finalización de auditoría.....	84
5.4.1.	Revisión.....	85
5.4.2.	Elaboración de reportes de conformidad	85

5.5.	Comparación de resultados antes y después de la implementación de la propuesta	85
5.5.1.	Análisis grafico de la productividad antes y después de la implementación de la propuesta	86
5.6.	Ventajas y beneficios	88
5.7.	Acciones correctivas	89
CONCLUSIONES.....		91
RECOMENDACIONES		93
REFERENCIAS		95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la planta	8
2.	Organigrama de la planta de producción	9
3.	Materia prima	18
4.	Llave cola de corona de 10mm utilizada para la extracción de tapaderas de graseras	19
5.	Engrasadora neumática utilizada en la planta de producción.	20
6.	Mazo que utilizan en la planta de producción.....	20
7.	Tipo de galgas que utilizan en la planta de producción.....	21
8.	Hilo de nylon que utilizan en la planta de producción.....	21
9.	Tipo de barra de acero que utilizan en la planta de producción	22
10.	Tijera corta lamina que utilizan en la planta de producción.....	22
11.	Porta pallet manual	23
12.	Equipo de medición exacta y EPP	23
13.	Diagrama de operaciones de la situación actual del proceso de calibración de equipos en líneas de calibración	25
14.	Diagrama de flujo de la situación actual del proceso de calibración de equipos en líneas de producción.....	26
15.	Proceso de calibración de torres de formación	27
16.	Proceso de calibración en torres de rectificación	28
17.	Diagrama de operaciones del proceso de calibración en líneas de formación.....	42
18.	Diagrama de flujo del proceso de calibración en líneas de formación....	43

19.	Diagrama de recorrido del proceso de transformación de materia prima.....	44
20.	Diagrama del método sistémico de control y mejora organizacional	68
21.	Comparación en unidades monetarias en Q. de la producción de tubería industrial antes y después de la propuesta.....	86
22.	Comparación en unidades monetarias en Q. de la producción de cañería antes y después de la propuesta	87
23.	Comparación en unidades monetaria en Q. de la producción de perfiles antes y después de la propuesta.....	88

TABLAS

I.	Productos fabricados	17
II.	Tasa de utilización actual, líneas de cañería y tubo industrial	33
III.	Tasa de utilización actual línea de costanera	34
IV.	Capacidad hombre-máquina líneas de formación de tubería industrial y cañería	35
V.	Capacidad hombre-máquina línea de formación de perfiles.....	37
VI.	Producción tubería industrial	39
VII.	Producción cañería.....	39
VIII.	Producción perfiles	39
IX.	Tabla de insumos generales del proceso de calibración en líneas de formación	45
X.	Costo de producción del proceso actual	46
XI.	Costo de producción del proceso propuesto.....	46
XII.	Costo de herramientas nuevas, propuesta para optimizar el proceso de calibración de líneas de formación.....	47
XIII.	Utilización promedio en líneas de formación de tubería industrial y cañería.....	52

XIV.	Utilización promedio de líneas de formación de perfiles	53
XV.	Tabla comparativa del proceso anterior vs resultados esperados del proceso propuesto en líneas de producción de tubería industrial y cañería	56
XVI.	Tabla comparativa del proceso anterior vs resultados esperados del proceso propuesto en línea de producción de perfiles	59
XVII.	Descripción de las actividades del proceso de calibración de las torres de formación	63
XVIII.	Descripción de actividades del proceso de calibración de las torres de rectificación	64
XIX.	Descripción de las actividades del proceso de alineación general de torres de formación y calibración	65
XX.	Tabla comparativa del proceso de calibración actual versus el proceso propuesto	66
XXI.	Comparación de tiempos del proceso anterior versus el proceso propuesto	67
XXII.	Propuesta de estandarización del nuevo proceso de calibración de líneas de formación	73
XXIII.	Beneficio monetario en Q. de la producción de tubería industrial aplicado al nuevo proceso.....	77
XXIV.	Beneficio monetario en Q. de la producción de cañería aplicada al nuevo proceso.....	78
XXV.	Beneficio monetario en Q. de la producción de perfiles aplicada al nuevo proceso.....	79
XXVI.	Programa mensual de auditorías	83

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ca	Calibración
d	Días
ho	Hombre
h	Horas
l	Líneas
ma	Máquina
Q	Quetzales
sem	Semana
TG	Tecnología y gestión
Tn	Tonelada
TM	Toneladas métricas

GLOSARIO

Acero galvanizado	Este acero posee una capa de recubrimiento de zinc en la superficie, esto permite que el acero sea resistente a la corrosión.
Acero negro	Se denomina así por su coloración oscura, esta se debe la ausencia de tratamiento del material por lo que una fina capa de carbono le da su color característico, se caracteriza por su contenido bajo de carbono.
Cañería	Se fabrica con cedula 40, se utiliza para la conducción de vapor, fluidos y aire, se caracteriza por soportar altas presiones.
MCI	Metas crucialmente importantes.
Perfiles	Se utilizan generalmente para construcción, se caracterizan por soportar grandes cargas y sirven como conexión o cierre entre estructuras.
Trefilación	Consiste en el estirado del alambre en frío, se lleva a cabo en pasos sucesivos a través de hileras, dados, mandriles o trefilas de carburo de tungsteno, esta disminución da al material una acritud en beneficio de sus características mecánicas.

Tubería industrial

Tipo de tubería fabricada con lámina rolada en frío, esto permite ofrecer tuberías cuadrada, redonda y rectangular, se caracteriza por su alta resistencia y su superficie libre de incrustaciones de óxido.

RESUMEN

El proceso de calibración en líneas de formación de tubería industrial, cañería y perfiles es un proceso complejo y extenso, este se lleva a cabo cuando existe un cambio de producción.

En este caso el proceso de calibración en líneas de formación se demora nueve horas, esto implica un incremento del tiempo de ocio, dado que aproximadamente se produce media tonelada de producto terminado por hora, por lo que reducir el tiempo de este proceso es indispensable para incrementar los índices de productividad y por ende las ganancias netas de la empresa.

Se llevo a cabo una propuesta para hacer más eficiente este proceso, para dicha propuesta se recopiló información en las líneas de producción donde se identificaron los puntos débiles y las posibles áreas de mejora, se cronometro el tiempo de cada actividad presente en el proceso de calibración.

Posteriormente se analizó la productividad del proceso anterior y del proceso propuesto, esto para identificar si hubo incremento en la productividad o si no hubo un cambio, también se verificó la variación de costos en cuanto proceso anterior y el proceso propuesto.

El proceso de calibración de los equipos de las líneas de formación es uno de los procesos más críticos que hay en la planta de producción, porque si hay un error en la calibración de los equipos que conforman las líneas de producción, se puede ver afectada la calidad del producto terminado y en el peor de los casos pueden ocurrir accidentes que causen lesiones considerables e incluso la muerte

del colaborador, por eso este proceso debe llevarse a cabo con mucho cuidado y el personal a cargo debe estar capacitado.

OBJETIVOS

General

Diseñar un programa de control de la producción para optimizar el proceso de producción en líneas de formación de tubería industrial, cañería y perfilería.

Específicos

1. Incrementar las unidades producidas al reducir el tiempo de cambio entre producto en una hora.
2. Sumar los indicadores de producción al reducir el tiempo de cuellos de botella en el proceso de calibración de maquinaria.
3. Reducir tiempos de paro de producción optimizando el proceso de cambio entre productos en líneas de formación.
4. Restar costos por tiempo de ocio definiendo adecuadamente los roles de cada colaborador en la línea de producción.
5. Añadir la productividad analizando los procesos en común entre las líneas de producción y reduciendo el tiempo de dichos procesos.
6. Agregar la producción utilizando el mínimo recurso capacitando al personal existente en cada línea de producción.

7. Crear cultura de trabajo con sentido de urgencia y colaboración ofreciendo incentivos laborales a los colaboradores.

INTRODUCCIÓN

Actualmente esta empresa siderúrgica se dedica a la fabricación de tubería industrial, cañería y perfiles, esta planta cuenta con una capacidad de 50,000 toneladas/año para atender las necesidades del mercado centroamericano.

Es de suma importancia tener en cuenta que durante el proceso de producción el tiempo es un factor crítico, la empresa debe ser capaz de abastecer las distribuidoras que posee en los distintos departamentos de Guatemala, por lo que es necesario tener un programa de control de la producción donde se optimice el proceso de producción utilizando el mínimo recurso.

Un programa de control de la producción trata de optimizar el proceso de producción, lo que implica reducir el tiempo muerto, optimizar los procesos ya establecidos y reasignar actividades, con el fin de incrementar ganancias, evitar desperdicios y tiempos de ocio.

El presente trabajo de graduación se enfocará en el incremento de la productividad mediante un programa de control de la producción.

1. ANTECEDENTES GENERALES

La importancia de elaborar un programa de control de la producción yace en optimizar el proceso de producción para incrementar la tasa de producción, por consiguiente, reducir tiempos muertos, reasignación óptima de actividades, evitar desperdicios, reducción de tiempos de ocio e incrementar la utilidad.

La elaboración de un programa de control de la producción es de vital importancia para tener un mayor alcance en el mercado porque al incrementar la tasa de producción la empresa será capaz de abastecer con más frecuencia las distribuidoras que posee en los distintos departamentos de Guatemala.

1.1. Aceros de Guatemala S.A.

Esta planta de producción se dedica a la fabricación de tubería industrial, cañería y perfiles, cuenta actualmente con 4 líneas de producción y está ubicada en el municipio de Mixco, departamento de Guatemala.

Se caracteriza por el cumplimiento de las normativas de seguridad industrial y de gestión ambiental, contando con el aporte de 220 colaboradores que contribuyen al crecimiento, tanto del sector construcción como el de industria.

1.1.1. Historia

En 1953, nace el sueño de lo que hoy es Corporación AG. La historia inició en un tapanco de la 9a avenida 4-46 de la zona 1 como Distribuidora Universal, donde inició con la venta de productos de consumo diario como kleenex, shinola, maicena, fósforos, entre otros. Con el tiempo, el giro de negocio se inclinó en distribuir productos derivados del acero, tales como: alambre espigado, clavo, hierro, lámina acanalada, entre otros.

En 1956, evoluciona el negocio de Distribuidora Universal. El primer nuevo punto de venta comercial se ubicó en la 20 calle 7-62 de la zona 1 en ciudad de Guatemala. Distribuíamos únicamente productos derivados del acero y por primera vez en Guatemala tuvimos la iniciativa de repartir los productos en bicicleta.

1963, expandimos nuestras operaciones y nos ubicamos en la 33 calle 25-05 de la zona 12, ciudad de Guatemala. Es aquí, donde iniciamos con la fabricación de los productos derivados del acero, tales como: clavos, grapa y alambre espigado con la marca AG 400.

De 1965 a 1968 iniciamos la fabricación de varilla de hierro 3/8" a 1" para la construcción, así mismo inauguramos la planta de Lámina Galvanizada Acanalada.

En 1970 a 1974 incorporamos una nueva laminadora electrónica alemana, la cual tiene una capacidad de realizar tres mil toneladas al mes de alambón, siendo esta la materia prima para la producción del alambre y varilla de hierro. En 1974 iniciamos una nueva era en la corporación, ya que adquirimos dos hornos eléctricos para la producción de lingotes por

medio de la fundición de chatarra, con una producción de mil toneladas por mes.

En 1987 compramos una planta industrial de tubos y perfiles a la empresa U.S. STEEL. En donde nos dedicamos a la fabricación de tubería industrial y perfiles metálicos.

En 1991, compramos el terreno ubicado en el KM 65, Masagua, Escuintla, y se construye la planta de acería. Ese mismo año construimos nuestra primera distribuidora de productos ubicada en zona 11, Guatemala.

En 1995 expandimos nuestros productos iniciando con la fabricación de clavos y alambres. También, inauguramos una nueva distribuidora en la zona 17, ruta al Atlántico.

En 1999, ampliamos nuestros puntos de venta a Carretera a El Salvador en el km 22.5.

En el 2000, ampliamos la planta con la línea de malla electrosoldada, ofreciendo el producto en plancha y rollo. Ese mismo año surge el Proyecto Arcoíris, donde realizamos una reingeniería corporativa que involucró modificaciones claves en estandarizaciones, procesos, rediseño de estructura organizacional e implementaciones de nueva tecnología, entre otros. Años más tarde, inauguramos nuevas ubicaciones situadas en zona 12, Escuintla, Chimaltenango y El Rancho.

En el 2008, extendemos la planta de Laminación con la fabricación de Varilla Corrugada y Alambro en el parque industrial de Masagua.

En el 2010 se adquieren al 100 % de las acciones de Difemosa en Honduras. Dos años más tarde iniciamos con la producción de Trefilación y Alambre Galvanizado.

En el 2015, iniciamos operaciones con la planta de Corte y Doble, donde ofrecemos el servicio de cortado y formado del acero para eficientizar los costos y tiempos en las diversas construcciones.

En el 2017, ampliamos nuestra gama de productos elaborando una nueva Varilla llamada A706, que cuenta con una nueva composición química que ayuda a absolver la energía en los sismos intensos.

En 2018, se lanza la nueva varilla A706 al mercado. Ese mismo año, nos renovamos y transformamos con nueva imagen, caracterizándonos por ofrecer nuevos productos de alta calidad, excelente servicio y ser la mejor opción para la construcción. (Corporación AG, s.f., párr. 1-15)

1.1.2. Misión

“Somos un equipo comprometido a ofrecer soluciones integradas e innovadoras con productos de calidad y el mejor servicio para ser la preferencia de nuestros clientes, siendo socialmente responsables” (Corporación AG, s.f. párr. 1).

1.1.3. Visión

“Crecer en forma sostenible para ser la opción número uno del cliente, a través de una cultura de excelencia y responsabilidad, generando un impacto positivo en los mercados donde actuamos” (Corporación AG, s.f., párr. 2).

1.1.4. Valores éticos

Nuestros valores nos identifican, diferencian de los demás y retan a ser mejores. A su vez, estos definen nuestra forma de ver las cosas, de pensar y actuar. Más que palabras, representan acciones diarias que determinan nuestro carácter e individualidad. Estos son:

- **BUSCAMOS SER LOS MEJORES DÍA A DÍA:** Es el camino a la excelencia, el cual requiere disciplina, perseverancia y una visión clara del futuro.
- **ACTUAMOS CON TRANSPARENCIA Y HONESTIDAD:** Hacemos lo que decimos y decimos lo que hacemos. Cumplimos nuestros compromisos, actuando siempre con apego a la verdad y la justicia.
- **NOS COMPORTAMOS COMO DUEÑOS:** Tenemos una visión y misión compartida, firme y consistente con nuestras acciones individuales. Con nuestra fuerza hacemos grande a nuestra empresa y a nuestro entorno.
- **AMAMOS LO QUE HACEMOS:** Trabajamos con pasión, lealtad, actitud de servicio y sentido de pertenencia.
- **RESPETAMOS A LOS DEMÁS Y A NUESTRO ENTORNO:** Nos caracteriza el trato digno y respetuoso. Este es el legado de nuestro fundador y es también el compromiso que dejamos para las futuras generaciones.

- **CONSTRUIAMOS JUNTOS UN MEJOR FUTURO CE AG:** Como equipo vamos hacia adelante con paso de acero, generando valor para la empresa, la sociedad y el medioambiente de forma sostenible. (Corporación AG, s.f., párr. 3-7)

1.1.5. Política

Corporación AG manifiesta la firme voluntad en trabajar por el Desarrollo y Crecimiento Sostenible; reconociendo como ejes estratégicos crecimiento rentable, valor para el mercado, excelencia en procesos y personas y sostenibilidad a través de los sistemas de gestión de seguridad industrial y salud ocupacional, sistema de gestión medioambiental y sistema de gestión de la calidad.

En ese sentido nos comprometemos a:

- Fomentar un crecimiento sostenible, generando un valor añadido para todas las partes implicadas en nuestras actividades, actuando de acuerdo con nuestros valores.
- Cumplir con los estándares internos, normas nacionales e internacionales y disposiciones legales aplicables a los procesos que conforman la corporación.
- Identificar los peligros y aspectos, evaluar y controlar los riesgos e impactos asociados a sus actividades.
- Promover la mejora continua de nuestros sistemas de gestión poniendo a disposición todos los recursos que se consideren

necesarios para el fortalecimiento y consecución de nuestros objetivos estratégicos, haciendo énfasis en la investigación de todas las no conformidades.

- Establecer una cultura que promueva la seguridad, la salud, el respeto del medio ambiente y la calidad de productos y servicios, con un liderazgo orientado al servicio y resultados; donde cada colaborador asuma su compromiso.
- Trabajar con enfoque en resultados buscando el alcance de los objetivos estratégicos, a través del talento humano competente y capacitado.
- Comunicar nuestros compromisos y desempeño a través de MCI's e indicadores estratégicos a las partes interesadas que corresponda, manteniendo una relación abierta y transparente.
- Difundir y revisar permanentemente la política corporativa de gestión, con el fin de realizar correcciones oportunas en el momento que sean necesarias. (Corporación AG, s.f., párr. 1-15)

1.1.6. Ubicación

La planta está ubicada en la 4 Av 3-17 Z-2 Mixco, Col Alvarado, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Figura 1. **Ubicación de la planta**



Fuente: Google Maps (2020). *Ubicación*. Consultado el 18 mayo de 2020. Recuperado de <https://www.google.com/maps/place/Industria+De+Tubos+Y+Perfiles,+S.A./@14.6302912,-90.5854013,1168m/data=!3m1!1e3!4m8!1m2!2m1!1splanta+intupersa!3m4!1s0x0:0x88e32889046c080f!8m2!3d14.6286158!4d-90.5787832>.

1.1.7. **Organización**

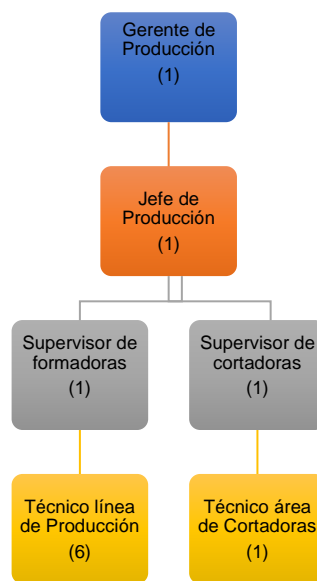
La planta de producción está estructurada respetando un orden jerárquico en el cual se representa quién responde al mando de cada uno de los departamentos y gerencias de la empresa.

De esta forma se asegura una mejor distribución y asignación de recursos, tanto materiales como humano, logrando la eficiencia y aprovechamiento de estos, respetando las actividades y tareas necesarias para alcanzar los objetivos establecidos en la planificación.

1.1.7.1. Organigrama

A continuación, se presenta el organigrama de la planta de producción:

Figura 2. Organigrama de la planta de producción



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

1.2. Productos

Existen distintos tipos de tubería elaborados según su utilidad en el campo, actualmente la empresa produce tubería industrial, cañería y perfiles los cuales se describirán brevemente.

Tubería industrial: se caracteriza por su alta resistencia estructural y superficies libres de óxido, el campo de aplicación de este producto es muy extenso y su aplicación se extiende desde la herrería hasta la elaboración de

estructuras metálicas ya que se produce en distintas presentaciones, tales como; tubería redonda o cuadrada de acero negro o acero galvanizado, en calibres desde 1.0 mm hasta 1.8 mm, longitud de 6 metros y en diámetros entre ½ hasta 1 ½ pulgadas.

Cañería: se caracteriza por su resistencia que varía entre 700 a 2,500 libras por pulgada cuadrada (PSI), resistencia que permite la conducción de fluidos, vapor y aire a presión e incluso se utiliza en la elaboración de estructuras metálicas, su campo de aplicación se encuentra en la industria de construcción, agroindustria e industria metalmeccánico, se produce en presentaciones de acero negro y acero galvanizado de cedula ligera, mediana y cedula 40, longitud de 6 metros y diámetros entre ½ hasta 4 pulgadas.

Perfiles: se caracterizan por su capacidad de soportar cargas moderadas y su campo de aplicación se encuentra en la industria de construcción y metalmeccánico, este producto se fabrica en presentación de perfil en C, de acero negro y acero galvanizado, longitud de 6 metros y espesores entre 0.8 mm a 1.5 mm.

1.2.1. Características

La tubería, cañería y perfiles puede estar formados por acero negro, denominado así por su color oscuro debido a la oxidación del material al momento de su fabricación, por acero galvanizado que es capaz de soportar la corrosión y es ideal para transportar fluidos, o por cedula 40 que es un acero al carbono de calidad estructural, este acero es capaz de soportar altas presiones.

1.2.2. Productos principales

Actualmente la planta de producción produce tubería industrial cuadrada, rectangular y redonda, cañería negra y galvanizada, costanera negra y galvanizada.

1.3. Productividad

“La productividad implica la mejora del proceso productivos, la mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos” (Paz y Gómez, 2020, p. 1).

1.3.1. Índices de productividad

Los índices de productividad muestran la eficiencia de un sistema productivo, lo que refleja la relación entre lo recursos invertidos y el producto terminado.

La productividad se mide:

$$Productividad = Salidas / Entradas$$

En esta ecuación la productividad es el cociente que se obtiene de la división de las salidas, estas pueden ser unidades de producto terminado, toneladas de producto, dinero, servicios entre otros. Entre las entradas, dinero, materia prima, horas laboradas tiempo entre otros.

Cabe mencionar que para determinar si la productividad de un proceso productivo es eficiente es necesario realizar una comparación de datos históricos

con los datos actuales, a continuación, se presentan parámetros que son necesarios considerar al momento de realizar dicho cálculo.

- Productividad < 1 el sistema está generando pérdidas, es decir se está invirtiendo más de lo que se está generando.
- Productividad = 1 el sistema no está perdiendo, pero tampoco está ganando, es decir lo que se produce es igual a lo que se invierte.
- Productividad > 1 el sistema está generando ganancias, es decir que se está produciendo más de lo que se está invirtiendo.

1.3.2. Tipos de productividad

Existen varias alternativas para expresar la productividad de un sistema de producción, entre ellas están:

1.3.2.1. Productividad laboral

Se refiere a la relación entre el producto terminado y la fuerza física invertida para obtener dicho resultado, ya que las salidas se pueden expresar en toneladas, metros, unidades, entre otros. Y las entradas en horas-hombre, horas-máquina, entre otros.

$$Productividad\ Laboral = \frac{Toneladas, unidades\ de\ producto\ terminado, etc.}{Horas - hombre, Horas - maquina}$$

De este resultado se espera obtener las unidades de producto terminado por cada hora laborada, cabe mencionar que para determinar si el resultado es

favorable es indispensable realizar un análisis histórico de productividad y observar si hubo un incremento o una reducción de esta.

1.3.2.2. Productividad total de los factores (PTF)

Se denomina de esta manera porque involucra, todas las entradas utilizadas en el sistema, y todas las salidas, da como resultado un índice de productividad total del sistema.

1.3.2.3. Productividad marginal

Es el aumento en el total de salidas atribuible a la adición de una unidad de un factor productivo, cuando la cantidad utilizada del resto de los factores se mantiene constante.

1.4. Estudio de tiempos y movimientos

- Mantenimiento preventivo y correctivo, almuerzo, inspecciones, entre otros.
- Tiempo muerto: tiempo improductivo donde el trabajador o la máquina no están generando, ejemplo; planificación inadecuada, desabastecimiento de materia prima o insumos, inadecuada calibración de equipos, entre otros.

1.4.1. Capacidad de diseño

Es la máxima producción teórica que puede generar un equipo, esta capacidad de producción por lo general la proporciona el fabricante del equipo.

1.4.2. Capacidad efectiva

La capacidad efectiva es la capacidad real de producción de la planta, y esta toma en cuenta factores como abastecimiento de materia prima, mantenimientos preventivos y correctivos, jornada laboral, entre otros.

Se puede calcular de la siguiente manera:

$$\textit{Capacidad efectiva} = \textit{horas reales disponibles} * \textit{capacidad de diseño}$$

Donde:

- Horas reales disponibles: considera el tiempo de la jornada laboral y los tiempos estándar para el funcionamiento del equipo y se expresa en unidades de tiempo.
- Capacidad de diseño: es la capacidad teórica del equipo y se expresa en unidades producidas sobre unidades de tiempo.

1.4.3. Producción real

Es la cantidad de producto terminado producida en un periodo de tiempo, aquí se muestra la cantidad real que es capaz de producir la planta, y se toma en cuenta en tiempo real los factores que pueden variar el flujo productivo.

1.5. Tasa de utilización

Define el porcentaje entre la cantidad producida relacionada con la capacidad de producción de la planta, muestra que tanto se están utilizando los recursos como la capacidad instalada, el recurso humano, entre otros.

Para el tipo de industria en el que está Aceros de Guatemala la tasa de utilización optima se encuentra entre el 75 % y 80 %, sin embargo, se puede considerar la siguiente escala para este análisis:

- Tasa de utilización = 100 % indica que la capacidad instalada se está utilizando en su totalidad.
- Tasa de utilización= 50 % indica que la capacidad instalada se está utilizando únicamente a su media capacidad.
- Tasa de utilización = 0 % indica que no se está utilizando nada de la capacidad instalada.

Con este análisis se puede definir un punto de partida con el cual se puede identificar si hay posibilidades de optimizar el proceso productivo o si ya se alcanzó la máxima producción posible.

1.6. Capacidad hombre-máquina

Define la capacidad de producción que se tiene, relacionada a la capacidad instalada y el recurso humano y muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina.

2. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente la planta de producción tiene una deficiencia de tiempo al llevar a cabo la calibración de las líneas de formación de tubería industrial, cañería y perfilera, dado que esta operación toma nueve horas se produce una pérdida de media tonelada de producto por hora lo que reduce los índices de producción e incrementa los costos por tiempo de ocio al no aprovechar adecuadamente la mano de obra.

2.1. Descripción del producto

La planta de producción fabrica una gama de productos que se pueden agrupar en tres familias que son: tubería industrial, cañería y perfilera.

Tabla I. **Productos fabricados**

Productos Fabricados	
Tubería Industrial Redonda	Tubería Estructural Ch. 13 2.40
Tubería Industrial Cuadrada	Tubería Estructural Ch. 14 1.80
Tubería Industrial Rectangular	Tubería Estructural Ch. 16 1.50
Cañería Galvanizada Ligera	Tubería Estructural Ch. 17 1.40
Cañería Galvanizada Mediana	Tubería Estructural Ch. 18 1.20
Cañería Galvanizada Cédula 40	Tubería Estructural Ch. 19 1.00
Mecánico Galvanizada	Costanera 0.9 HN HG
Mecánico Negro	Costanera 1.00
Cañería Negra Ligera	Costanera 1.20
Cañería Negra Mediana	Costanera 1.40
Cañería Negra Cédula 40	Costanera 1.50
Cañería Carret	

Fuente: elaboración propia.

2.2. Materia prima

De materia prima se utilizan bobinas de lámina negra, denominada así por su color oscuro obtenido por la oxidación superficial del material, bobinas de lámina galvanizada y bobinas de lámina de acero con alto contenido de carbono de denominación estructural, estas son cortadas en tiras para abastecer a las líneas de formación.

Figura 3. Materia prima



Fuente: [Fotografía de Pablo Emilio Pérez Marroquín]. (Guatemala, Guatemala. 2020).
Colección particular. Guatemala.

2.3. Descripción de las líneas de formación

Una línea de formación es el conjunto de operaciones secuenciales en las que se organiza un proceso para la fabricación de un producto, en este caso las líneas de formación están conformadas por torres de formación y rectificación que realizan una operación de rolado en frío de la materia prima para dar la forma característica del producto.

La planta cuenta con 6 líneas de formación, estas son:

- Yoder 35-1: cañería
- Yoder 35- 2: cañería
- Yoder 20: industrial
- American: industrial
- Mas 30: industrial
- Costanera: costaneras (Perfil en C)

2.3.1. Herramientas utilizadas en el proceso de calibración

Durante el proceso de calibración se utilizan herramientas especiales que son de ayuda para el desarrollo de este:

- Llaves diseñadas para la extracción de tapaderas de graseras

Figura 4. **Llave cola de corona de 10 mm utilizada para la extracción de tapaderas de graseras**



Fuente: Global (s.f.). *Herramientas*. Consultado el 20 de agosto de 2020. Recuperado de <https://agglobal.com/>.

- Engrasadora neumática manual

Figura 5. **Engrasadora neumática utilizada en la planta de producción**



Fuente: Global (s.f.). *Herramientas*. Consultado el 20 de agosto de 2020. Recuperado de <https://agglobal.com/>.

- Mazos para la extracción de rodillos de formación y rectificación

Figura 6. **Mazo que utilizan en la planta de producción**



Fuente: Global (s.f.). *Herramientas*. Consultado el 20 de agosto de 2020. Recuperado de <https://agglobal.com/>.

- Galgas de calibración

Figura 7. **Tipo de galgas que utilizan en la planta de producción**



Fuente: Global (s.f.). *Herramientas*. Consultado el 20 de agosto de 2020. Recuperado de <https://agglobal.com/>.

- Hilo de nylon transparente

Figura 8. **Hilo de nylon que utilizan en la planta de producción**



Fuente: Global (s.f.). *Herramientas*. Consultado el 20 de agosto de 2020. Recuperado de <https://agglobal.com/>.

- Barras de acero para alzar los rodos de formación y rectificación

Figura 9. **Tipo de barra de acero que utilizan en la planta de producción**



Fuente: [Fotografía de Pablo Emilio Pérez Marroquín]. (Guatemala, Guatemala. 2020).
Colección particular. Guatemala.

- Tijera corta lámina

Figura 10. **Tijera corta lámina que utilizan en la planta de producción**



Fuente: Global (s.f.). *Herramientas*. Consultado el 20 de agosto de 2020. Recuperado de <https://agglobal.com/>.

2.3.2. Equipo utilizado en el proceso de calibración

Durante el proceso de calibración se utiliza porta pallet manuales, carretones para trasladar los rodos de formación y calibración, equipos de medición exacta como vernier y equipo de protección personal.

Figura 11. **Porta pallet manual**



Fuente: [Fotografía de Pablo Emilio Pérez Marroquín]. (Guatemala, Guatemala. 2020).
Colección particular. Guatemala.

Figura 12. **Equipo de medición exacta y EPP**



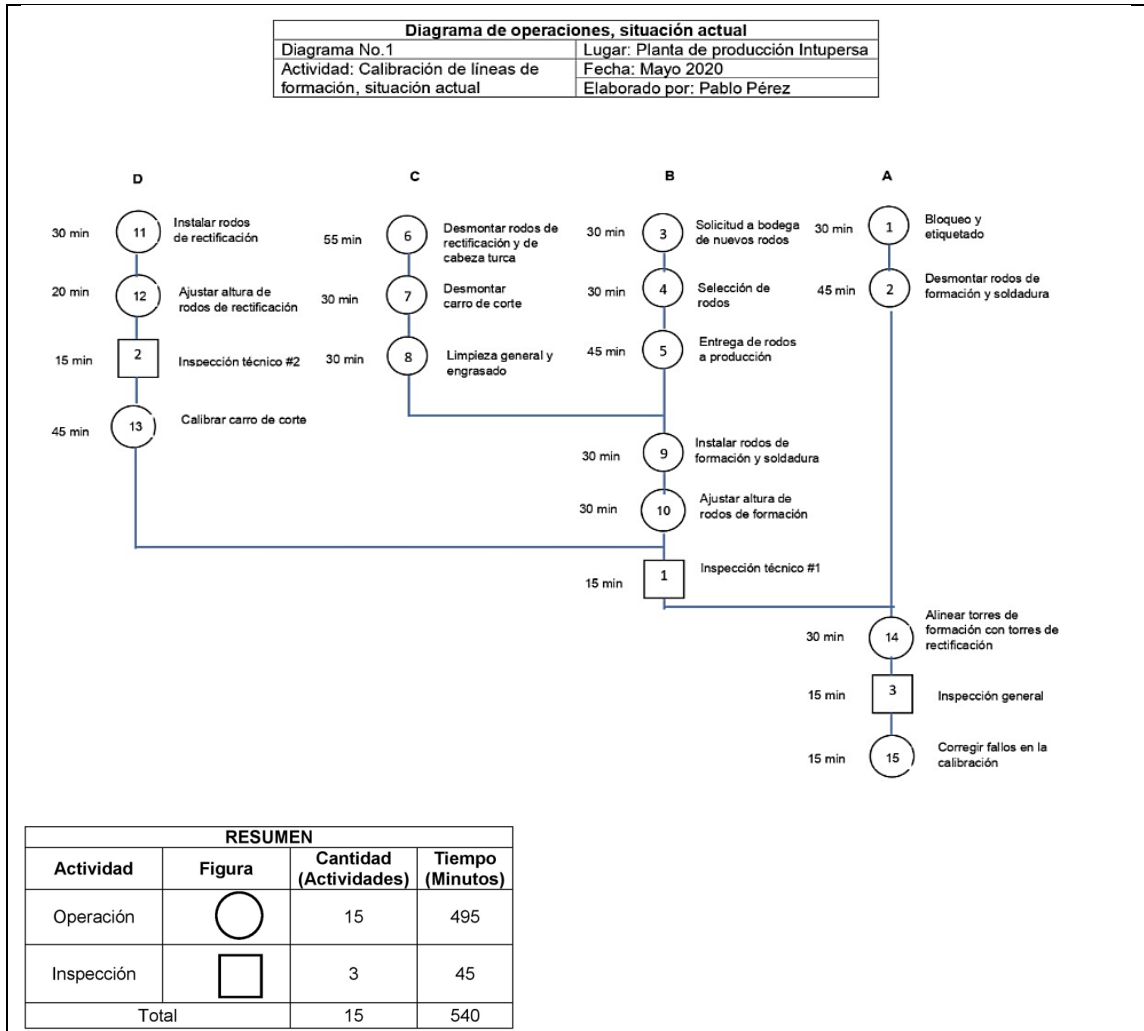
Fuente: Global (s.f.). *Herramientas*. Consultado el 20 de agosto de 2020. Recuperado de <https://agglobal.com/>.

2.4. Descripción del proceso de calibración en líneas de formación en cambio de producto

A continuación, se presenta el procedimiento para la calibración de las líneas de formación, hay que tener en cuenta que la calibración de las áreas críticas que son: Rodos de soldadura, cabeza turca y alineación de torres de formación con torres de rectificación, el técnico de la línea es el único que está capacitado para realizar dicha operación, eso influye grandemente en el tiempo que lleva calibrar cada equipo.

A continuación, se presenta el diagrama de operaciones de la situación actual del proceso de calibración en líneas de formación.

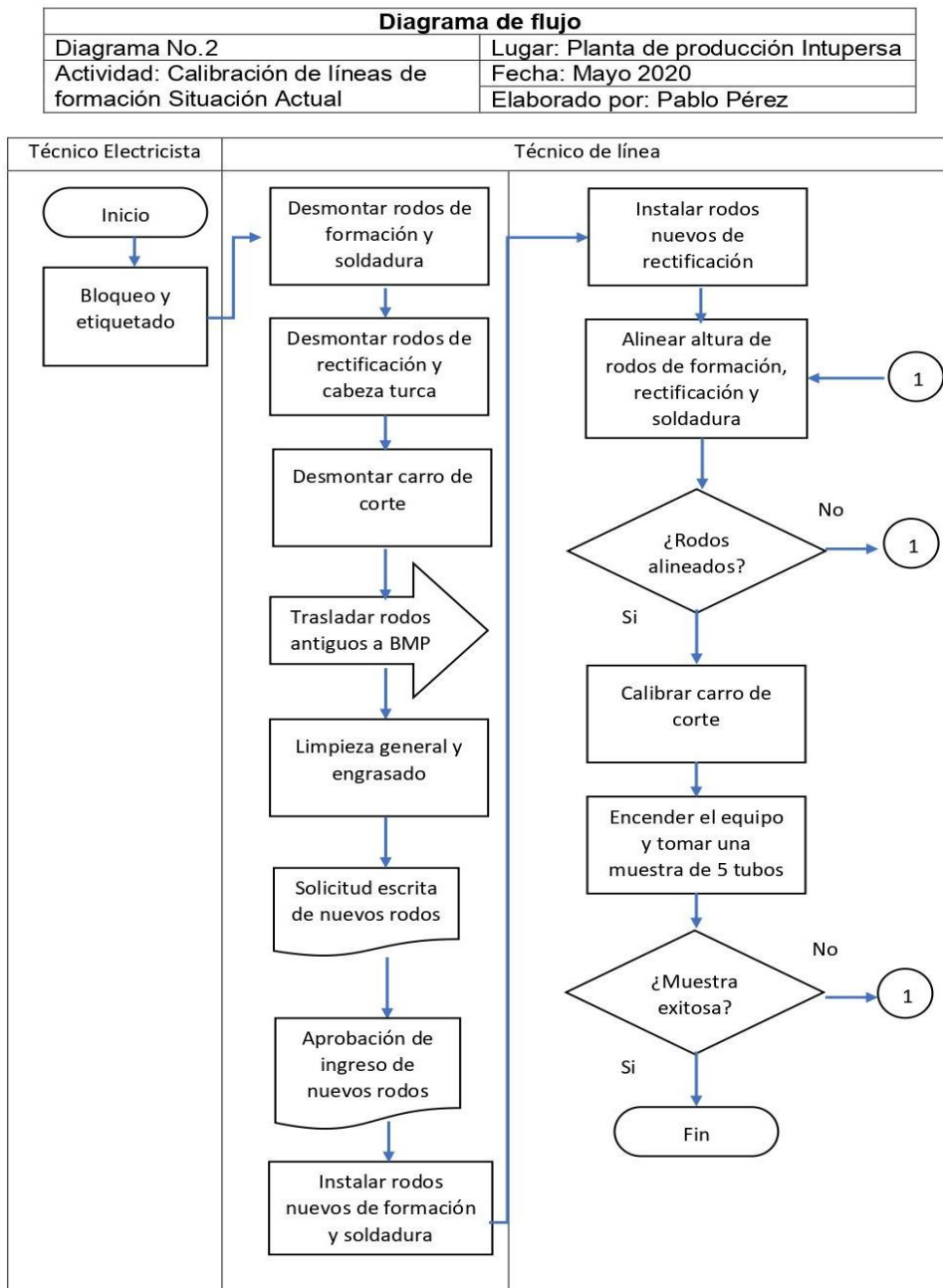
Figura 13. Diagrama de operaciones de la situación actual del proceso de calibración de equipos en líneas de calibración



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio 2019.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo de la situación actual del proceso de calibración de equipos en líneas de producción.

Figura 14. Diagrama de flujo de la situación actual del proceso de calibración de equipos en líneas de producción

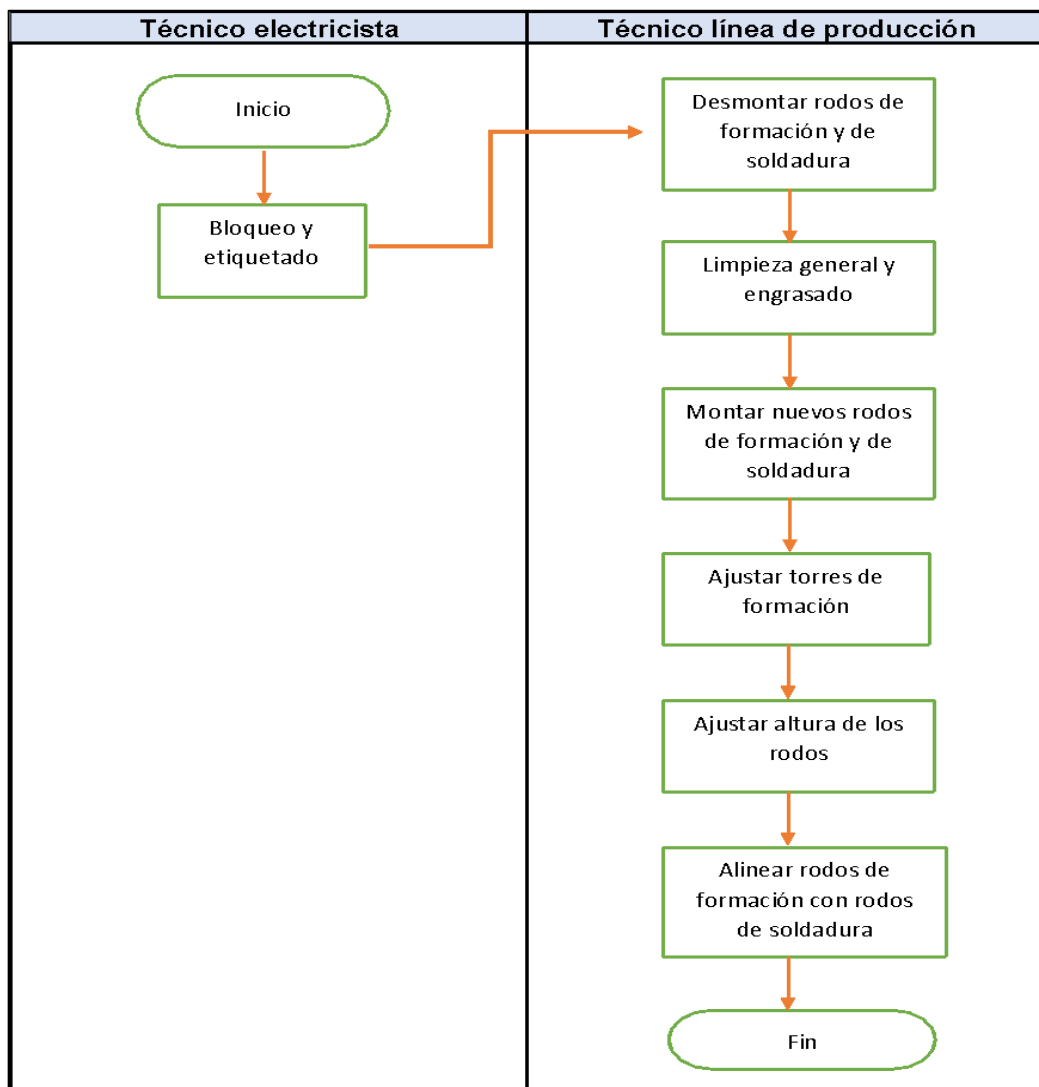


Fuente: elaboración propia, realizado con Visio 2019.

2.4.1. Torres de formación

A continuación, se presenta el proceso de calibración de torres de formación.

Figura 15. Proceso de calibración de torres de formación

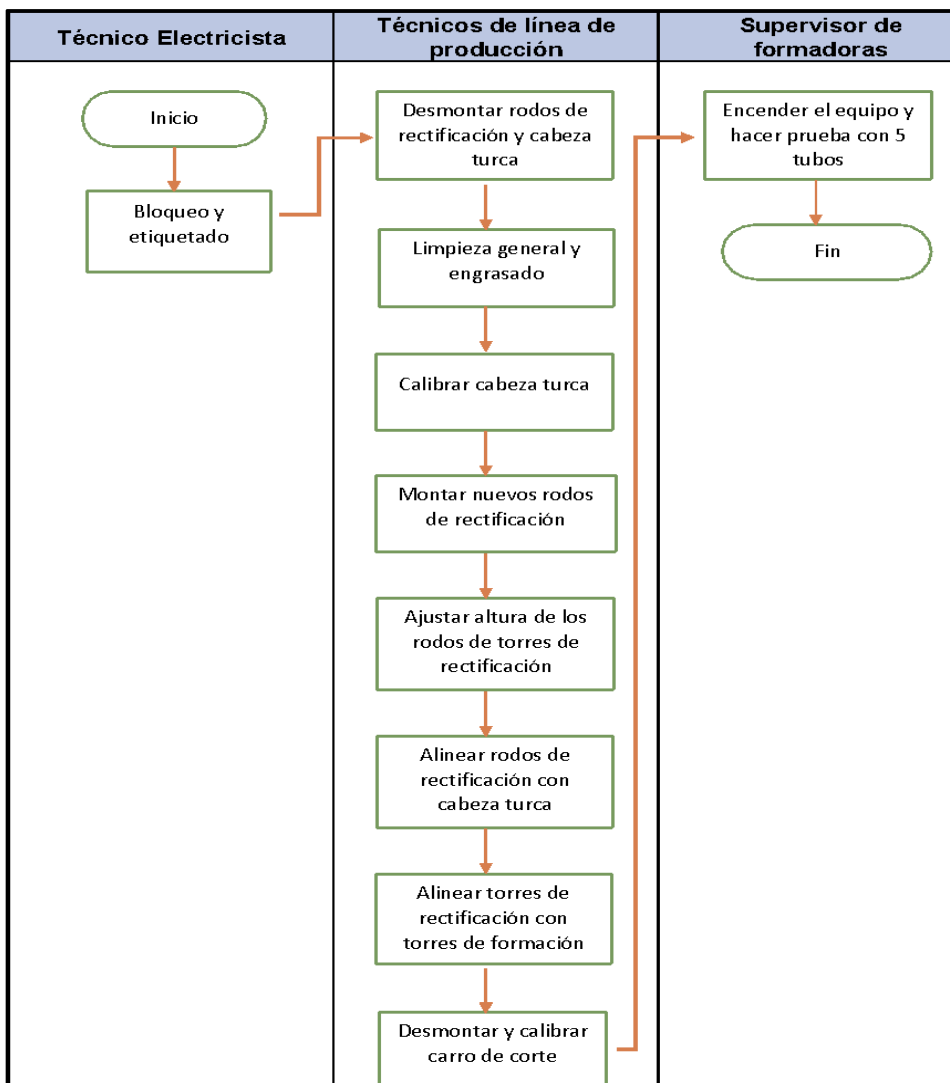


Fuente: elaboración propia, realizado con Word 365.

2.4.2. Torres de rectificación

A continuación, se presenta el proceso de calibración de torres de rectificación.

Figura 16. Proceso de calibración en torres de rectificación



Fuente: elaboración propia, realizado con Word 365.

2.4.3. Descripción de los procesos en común en la calibración de las líneas de formación

El proceso general de calibración en líneas de producción es el mismo para todas las líneas de formación, las variantes que se pueden definir entre el proceso de calibración son los rodos de formación y rectificación que cambian en tamaño si la máquina produce cañería, perfiles o tubería industrial.

2.5. Capacidad de producción de la planta

Los valores que se presentan sobre la capacidad de producción de la planta fueron proporcionados por el departamento de Ingeniería y Proyectos.

2.5.1. Capacidad de diseño

Según el departamento de Ingeniería y Proyectos, la capacidad de diseño de la planta de producción es:

- Capacidad de diseño de la planta: 5TM/hora

2.5.2. Capacidad efectiva

La capacidad efectiva de la planta de producción es:

- Capacidad efectiva de la planta: 4.5TM/hora

2.5.3. Producción real

Según el departamento de Ingeniería y Proyectos, la producción real de la planta de producción es:

- Producción real de la planta: 3TM/hora

2.6. Análisis de productividad

A continuación, se muestran los resultados de productividad correspondientes, en varios cálculos el departamento de Producción proporcionó ciertos valores en los cuales no entraron en detalle.

2.6.1. Productividad laboral

Tomando en cuenta que se produce 0.5 toneladas por hora y que cada línea cuenta con 6 operadores, se determinó que la productividad laboral por operador en la planta de producción es:

$$0.5 \frac{Tn}{h} * 6 ho = 3 Tnho/h$$

Donde:

Tn = Tonelada

h = Hora

ho = Hombre

- Productividad laboral: 3Tn-horas/hombre

Este resultado indica que por cada operador se producen 3 toneladas de producto en una hora.

2.6.2. Productividad total de los factores (PTF)

En este cálculo, el departamento de Producción proporcionó el valor real de los insumos consumidos por hora, siendo este una tasa de 5, por lo que se determinó que la productividad total de los factores, considerando que la productividad laboral es de 3 toneladas-horas/hombre, en la planta de producción es:

$$PTF = \frac{3Tn}{5} * 100$$

Donde:

PTF = Productividad Total de los Factores

Tn = Tonelada

- PTF: 60 %

Este resultado determina un punto de partida donde el objetivo es incrementar este porcentaje, este resultando no refleja una deficiencia solo permite identificar el margen de crecimiento posible, sin embargo, hay que considerar los múltiples factores que intervienen en este cálculo como precios de la materia prima, mano de obra, insumos, entre otros. Considerando esto, este porcentaje se puede incrementar tomando en cuenta:

- Incrementar las toneladas producidas y mantener constante la tasa de los factores utilizados. (\uparrow)
(\rightarrow)

- Incrementar las toneladas producidas y reducir la tasa de los factores utilizados. (\uparrow / \downarrow)
- Mantener constante las toneladas producidas y reducir la tasa de los factores utilizados. (\rightarrow / \downarrow)

2.6.3. Productividad marginal

Según el departamento de Producción, la productividad marginal de la planta de producción va en decrecimiento, porque, por cada trabajador involucrado en la producción del producto terminado, se reducen las unidades marginales correspondientes a lo que cada trabajador representa de las unidades de producto terminado.

2.7. Tasa de utilización actual

La tasa de utilización se calcula de la siguiente manera:

$$Tasa\ de\ utilización = \frac{Producción\ real}{Capacidad\ instalada}$$

Sin embargo, para obtener este resultado se consideró la tasa de utilización de cada línea de producción y se obtuvo un promedio global, teniendo en cuenta que son seis líneas de producción, tres líneas de tubería industrial, dos líneas de cañería y una línea de perfiles, como se muestra a continuación:

$$Tasa\ de\ utilización = \frac{48.66\ \% + 56.75\ \% + 55.66\ \% + 64.66\ \% + 72.5\ \% + 41.5\ \%}{6\ líneas}$$

- Tasa de utilización actual: 56.62 %

Este resultado representa que se está aprovechando un 56.62 % de la capacidad instalada, considerando que dentro este tipo de industria la tasa de utilización optima es de 75 % a 85 %, se puede considerar que las líneas de producción están subutilizadas, en seguida se muestra el porcentaje de utilización que representan las líneas de producción de tubería industrial, cañería y perfiles.

2.7.1. Análisis de la tasa de utilización actual en líneas de formación de tubería industrial y cañería

A continuación, se presenta los valores de utilización en líneas de cañería y tubo industrial, estos valores fueron proporcionados por el departamento de Ingeniería y Proyectos.

Tabla II. Tasa de utilización actual, líneas de cañería y tubo industrial

Nombre	Utilización promedio
Yoder 35-1 (cañería)	48.66%
Yoder 35-2 (cañería)	56.75%
Yoder 20 (Industrial)	55.66%
American (Industrial)	64.66%
Mas 30 (Industrial)	72.50%
Total	59.65%

Fuente: Corporación AG (s.f.). *Departamento de Ingeniería y Proyectos.*

Los resultados de la tabla II, muestran la tasa de utilización de cada línea de producción relacionada a tubería industrial y cañería, se puede observar que hay líneas cuya tasa de utilización no es alta, esto puede ser resultado de muchos factores como la falta de abastecimiento de materia prima, baja demanda de producto, mantenimientos correctivos, espacio de bodega limitado, entre otros.

2.7.2. Análisis de la tasa de utilización actual en líneas de formación de perfiles

A continuación, se presenta el valor de la utilización promedio en línea de formación de perfiles, este fue proporcionado por el departamento de Ingeniería y Proyectos.

Tabla III. **Tasa de utilización actual línea de costanera**

Nombre	Utilización promedio
Costanera	41.50%

Fuente: Corporación AG (s.f.). *Departamento de Ingeniería y Proyectos.*

La tabla III, muestra la tasa de utilización de la línea de formación de perfiles, esta es la única línea que produce perfiles en la planta, y se puede observar que la tasa de utilización de esta línea es relativamente baja, esto se debe a que este producto es fabricado únicamente bajo pedido por lo que se puede decir que se encuentra subutilizada.

2.8. Capacidad hombre-máquina

La capacidad hombre máquina dará una vista clara de la relación entre las horas laborales de los trabajadores y la capacidad del equipo en funcionamiento.

2.8.1. Análisis de la capacidad hombre-máquina actual en líneas de formación de tubería industrial y cañería

El análisis que se presenta a continuación fue obtenido a partir de toma de tiempos en el área de Formación, de la planta de producción.

La siguiente tabla muestra las horas disponibles de producción, tomando en cuenta el tiempo estándar, la capacidad instalada y las jornadas laborales.

Tabla IV. **Capacidad hombre-máquina líneas de formación de tubería industrial y cañería**

Tiempo disponible de la maquinaria (Horas)	Tiempo estándar (horas no disponibles)		Relación de tiempo Hombre-Máquina (Horas de producción)
24	Mantenimiento	1	17
	Cambio de rodos	2	
	Abastecimiento de MP	2	
	Almuerzos	2	
	Total	7	

Fuente: elaboración propia.

Las 17 horas de producción se obtienen de la diferencia del tiempo disponible de la maquinaria y el tiempo estándar el cual es un tiempo de no

disponibilidad, sin embargo, es necesario para el funcionamiento apropiado de la planta, estas horas de producción están cubiertas por las jornadas laborales y por las horas extra que la empresa permite.

A continuación, se presenta el cálculo de las horas que la maquinaria se encuentra detenida al mes debido a la calibración de los equipos de la línea de producción y el cálculo de las horas hombre – máquina disponibles al mes, para este cálculo se utilizó el valor de 17 horas obtenidos en la tabla IV.

- Horas máquina detenida al mes por calibración

$$2ca * 9h * 4sem * 5l = 360h$$

Donde:

ca = calibraciones

h = horas

sem = semanas

l = líneas

- Horas hombre-máquina al mes

$$17 h ho/ma * 5l * 30d = 2,550 h ho/ma$$

Donde:

ho = hombre

h = horas

ma = máquina

l = líneas

d = días

2.8.2. Análisis de la capacidad hombre-máquina actual en líneas de formación de perfiles

El análisis que se presenta fue obtenido a partir de toma de tiempos en el área de Formación, de la planta de producción.

Tabla V. **Capacidad hombre-máquina línea de formación de perfiles**

Tiempo disponible de la maquinaria (Horas)	Tiempo estándar (horas no disponibles)		Relación de tiempo Hombre-Máquina (Horas de producción)
24	Mantenimiento	1	19.5
	Cambio de rodos	0.50	
	Abastecimiento de MP	1	
	Almuerzos	2	
	Total	4.5	

Fuente: elaboración propia.

Las 19.5 horas de producción se obtuvieron de la diferencia entre el tiempo disponible de la maquinaria y el tiempo estándar o disponibilidad, estas horas de producción están cubiertas por la jornada laboral y por las horas extra que permite la empresa.

A continuación, se presenta el cálculo de las horas que la maquinaria se encuentra detenida al mes debido a la calibración de los equipos de la línea de producción y el cálculo de las horas hombre – máquina disponibles al mes, para este cálculo se utilizó el valor de 19.5 horas obtenidos en la tabla V.

- Proceso anterior

- Horas máquina detenida al mes por calibración

$$2ca * 9h * 4sem = 72h$$

Donde:

ca = calibraciones

h = horas

sem = semanas

- Horas hombre-máquina al mes

$$19.5 h ho/ma * 30d = 585 h ho/ma$$

Donde:

ho = hombres

h = horas

ma = máquina

d = días

2.9. Análisis financiero

El análisis financiero permitirá observar la situación actual en unidades monetarias en relación con la producción de tubería industrial, cañería y perfiles.

2.9.1. Producción actual de tubería industrial

A continuación, se presenta el análisis.

Tabla VI. **Producción tubería industrial**

Nombre	producción en TM al mes	Unidades monetarias en Q al mes
Yoder 20 (Industrial)	306.13	3,367,430.00
American (Industrial)	323.30	3,556,300.00
Mas 30 (Industrial)	348.00	3,828,000.00

Fuente: elaboración propia.

2.9.2. Producción actual de cañería

A continuación, se presenta el análisis.

Tabla VII. **Producción cañería**

Nombre	producción en TM al mes	Unidades monetarias en Q al mes
Yoder 35-1 (cañería)	408.74	4,496,184.00
Yoder 35-2 (cañería)	391.58	4,503,112.50

Fuente: elaboración propia.

2.9.3. Producción actual de perfiles

A continuación, se presenta el análisis.

Tabla VIII. **Producción perfiles**

Nombre	producción en TM al mes	Unidades monetarias en Q al mes
Costanera	228.25	2,282,500.00

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DE LA EFICIENCIA

A partir de las necesidades que se presentan en el proceso de calibración de equipos en las líneas de producción, se presenta propuesta para la aplicación de la eficiencia, con la cual se espera reducir el tiempo de calibración en 1.34 horas, cabe recordar que el tiempo actual de dicho proceso es de 9 horas, por lo tanto, el tiempo que se espera alcanzar es de 7.66 horas.

Esta reducción en el tiempo de calibración garantizaría un incremento en las unidades de producto terminado producidas, lo cual se vería reflejado en los índices de producción y en el incremento de la tasa de utilización de cada línea de producción, haciendo más eficiente el proceso.

Este resultado se pretende alcanzar a partir de la optimización de dicho proceso, la cual se verá reflejada en los diagramas de flujo y de operaciones, al igual que se propone la renovación de herramientas que garantizarían un trabajo más eficiente.

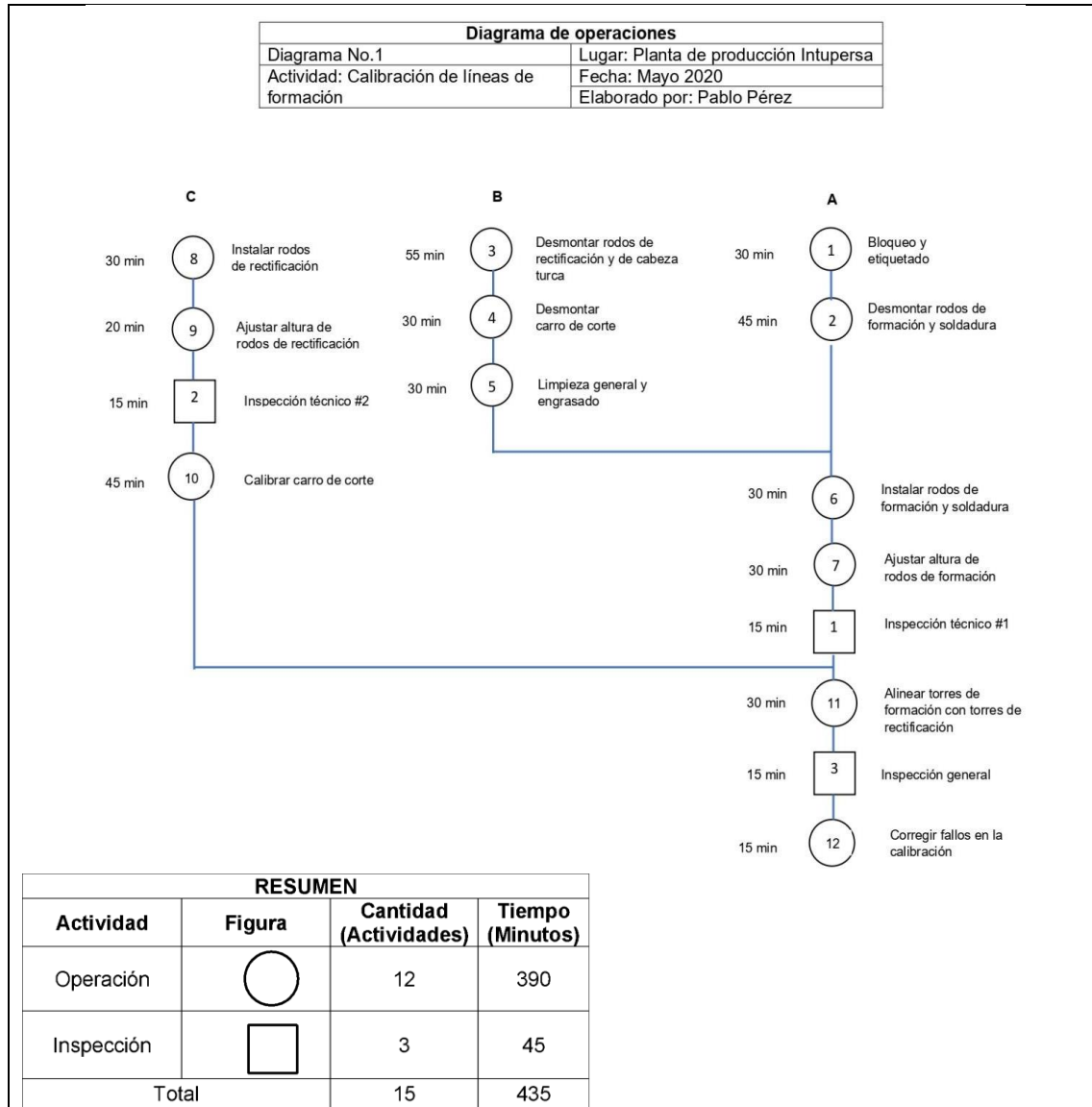
3.1. Planeación del proceso de calibración en líneas de formación

A continuación, se presenta la planificación de los diagramas de operaciones, flujo y recorrido, correspondientes al proceso de calibración de líneas de formación.

3.1.1. Diagrama de operaciones

A continuación, se presenta el diagrama de operaciones.

Figura 17. **Diagrama de operaciones del proceso de calibración en líneas de formación**

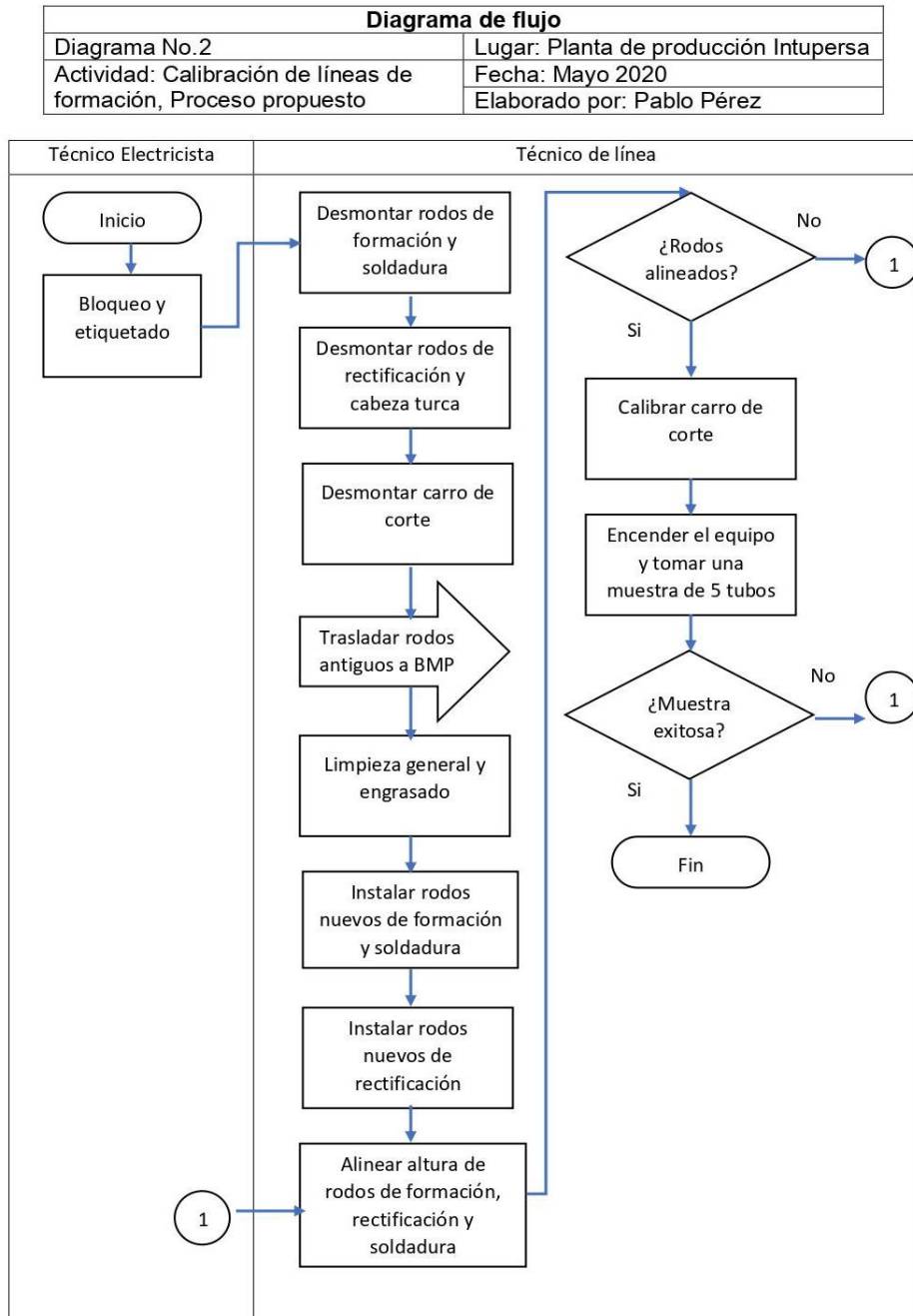


Fuente: elaboración propia, realizado con Visio 2019.

3.1.2. Diagrama de flujo

A continuación, se presenta el diagrama de flujo propuesto.

Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de calibración en líneas de formación

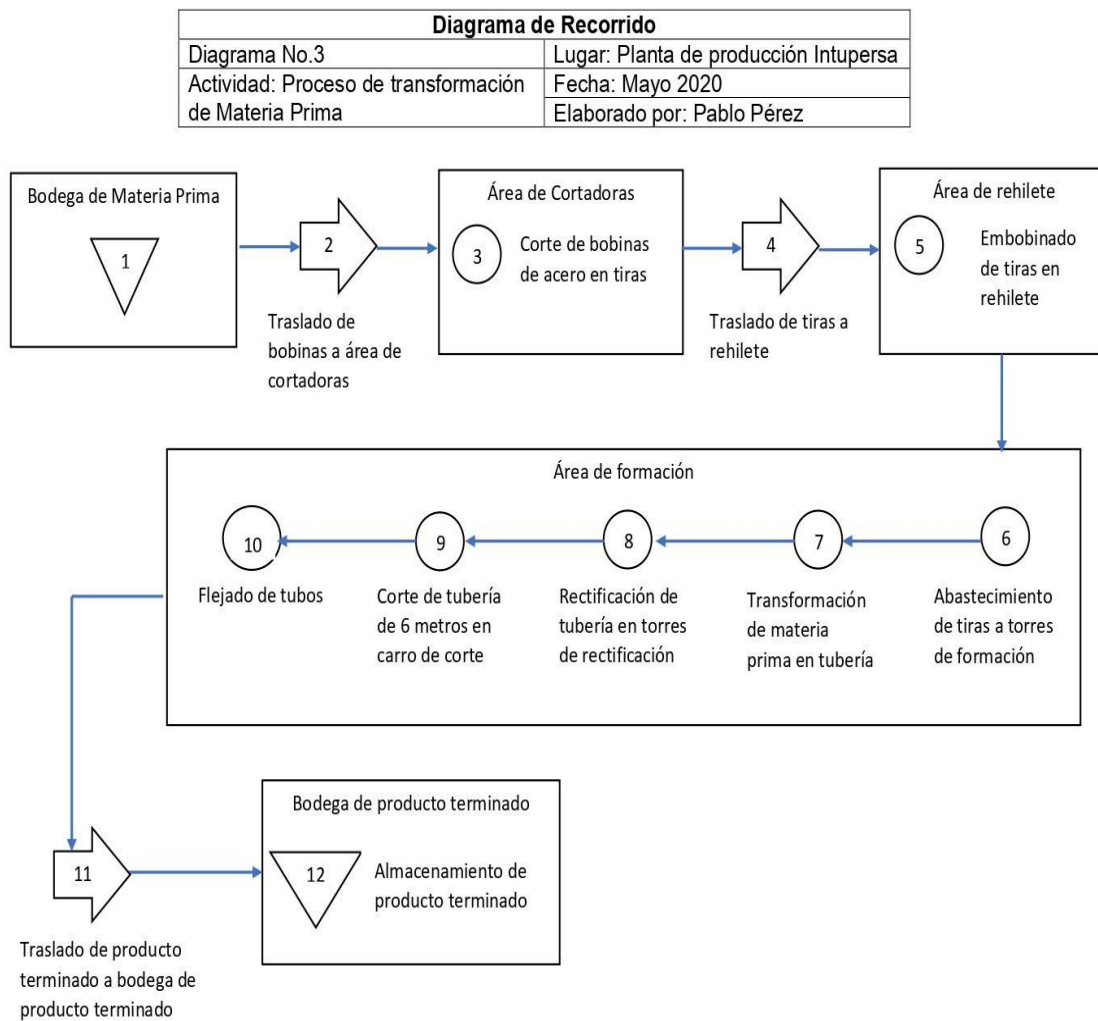


Fuente: elaboración propia, realizado con Visio 2019.

3.1.3. Diagrama de recorrido

A continuación se presentan los pasos de los materiales de una planta de producción en el proceso de transformación.

Figura 19. **Diagrama de recorrido del proceso de transformación de materia prima**



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio 2019.

3.2. Costos

El análisis de costos permite verificar si el nuevo proceso es rentable, a continuación, se presenta dicho análisis.

3.2.1. Insumos

A continuación, se presenta el análisis de insumos

Tabla IX. **Tabla de insumos generales del proceso de calibración en líneas de formación**

Insumos Generales	Precio por unidad en Q	cantidad	total en Q
Pintura en aerosol	30.00	1.00	30.00
Bobinas de cobre toroidal	10.00	4.00	40.00
Impeders	28.00	2.00	56.00
Flejes	15.00	5.00	75.00
Sellos	8.00	5.00	40.00
Grasa	50.00	1.00	50.00
Solvente	45.00	2.00	90.00
Acerrin	10.00	1.00	10.00
Hilo de nylon	5.00	1.00	5.00
			396.00

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la tabla IX, muestran el costo mensual de los insumos que se utilizan en el proceso de calibración, en este apartado no hay una tabla de insumos propuesto y el valor monetario de cada insumo es el más bajo del mercado.

3.2.2. Costo de producción

A continuación, se presenta el análisis de costos.

Tabla X. Costo de producción del proceso actual

Descripción	Unidades monetarias en Q
Materia prima	1,440,000.00
Mano de obra directa	228,324.25
Mano de obra indirecta	143,079.33
Gastos generales	64,770.69
total	1,876,174.27

Fuente: Corporación AG (s.f.). *Departamento de Contabilidad.*

En la tabla X, se puede observar el costo total de producción al mes, en este cálculo están considerados todos los factores que influyen en el costo de producción como Materia prima, Mano de obra directa e indirecta y gastos generales.

Tabla XI. Costo de producción del proceso propuesto

Descripción	Unidades monetarias en Q
Materia prima	1,440,000.00
Mano de obra directa	180,600.15
Mano de obra indirecta	143,079.33
Gastos generales	50,500.00
total	1,814,179.48

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XI, se puede observar el costo de producción mensual que se espera obtener, en este cálculo se puede observar que el costo de mano de obra directa y gastos generales disminuye, ya que al eliminar las actividades innecesarias del proceso de calibración se espera una reducción de personal de aproximadamente 7 empleados que equivale a un costo mensual de Q47,724.1 al igual que se espera una reducción en gastos generales de Q14,270.69.

3.2.3. Costo de herramientas nuevas

A continuación, se presenta el costo de herramientas nuevas.

Tabla XII. **Costo de herramientas nuevas, propuesta para optimizar el proceso de calibración de líneas de formación**

Descripción	precio por unidad en Q	unidades	total en Q
Porta pallet electrico 2004 ATLET PLL 200	12,779.94	2.00	25,559.88
Atornillador electrico de impacto marca Changli	729.80	2.00	1,459.60
			27,019.48

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XII, se puede observar el precio de las herramientas nuevas, las cuales permitirán que la operación del proceso de calibración de líneas de producción sea más eficiente, ya que las herramientas con las que cuenta la empresa actualmente están en mal estado, lo cual afecta su funcionamiento pudiendo retardar la operación.

La periodicidad con la cual se tienen que cambiar estas herramientas es aproximadamente de 15 años, debido a que no serán sometidas a un excesivo trabajo.

3.3. Índices de productividad

A continuación, se presentan los índices de productividad correspondientes al nuevo proceso.

3.3.1. Productividad laboral

Al momento de reducir el tiempo de calibración en líneas de formación en 7.66 horas se espera un beneficio de 1.34 horas, a partir de esto se observa un incremento en las toneladas producidas por hora, este incremento es de 0.17 Tn, por lo cual se puede determinar que ya no se producen 0.5 Tn por hora sino 0.67 Tn por hora por lo que se puede determinar que:

$$0.5Tn * 1.34h * 6ho = 4.02Tn - h/ho$$

Donde:

Tn = Tonelada

h = hora

ho = hombre

- Productividad laboral: 4.02 Tn/horas-hombre

En relación con este cálculo se espera un incremento de 1.02 Tn/ Horas-Hombre ya que en el inciso 2.6.1., referente a la situación actual, se observa que la productividad laboral es de 3TN/ Horas- Hombre.

3.3.2. Productividad total de los factores (PTF)

A partir de la reducción de tiempo en el proceso de calibración en líneas de formación y en el incremento en la productividad laboral se puede determinar la productividad total de los factores, en este cálculo se tomará en cuenta el valor de los insumos consumidos por hora proporcionado por el departamento de Producción, siendo este de 5, al igual que la productividad laboral calculada en el inciso 3.3.1.

$$\frac{4.02Tn \frac{h}{ho}}{5} * 100 = 80.4 \%$$

Donde:

Tn = Tonelada

h = hora

ho = hombre

- PTF: 80.4 %

En relación con este cálculo, se espera un incremento de 20.4 % en la productividad total de los factores, ya que en el inciso 2.6.2. referente a la situación actual, se observa que la productividad total de los factores es de 60 % lo que indica una mayor productividad.

3.3.3. Productividad marginal

La productividad marginal de la planta sigue en decrecimiento a pesar del incremento en las unidades producidas, lo que indica que la relación entre trabajadores por unidades de producto terminado sigue mostrando una reducción de unidades marginales de producto terminado por trabajador.

3.4. Capacidad de producción

A continuación, se presentan los análisis de la capacidad de producción de la planta, tomando en cuenta que la capacidad de diseño y efectiva son constantes, mientras que en la capacidad real se verá reflejado la aplicación del nuevo proceso de calibración de líneas de formación.

3.4.1. Capacidad de diseño

Dado que no hubo cambios en el diseño físico de las líneas de producción se puede determinar que la capacidad de diseño de la planta de producción es la misma.

- Capacidad de diseño de la planta: 5TM/hora

3.4.2. Capacidad efectiva

Dado que no hubo cambios en el diseño físico de las líneas de producción se puede determinar que la capacidad efectiva de la planta de producción es la misma.

- Capacidad efectiva de la planta: 4.5TM/hora

3.4.3. Producción real

Al momento de reducir el tiempo de calibración de líneas de producción 1.34 horas, se espera que la producción real de la planta incremente 1.02 TM/hora, este análisis se puede observar en el inciso 3.3.1. productividad laboral.

- Producción real: 4.02 TM/hora

3.5. Tasa de utilización aplicada al nuevo proceso

A continuación, se presenta el análisis de la tasa de utilización aplicada al nuevo proceso, para este cálculo se tomará en cuenta el nuevo valor de capacidad efectiva de la planta, el valor anterior de la capacidad efectiva de la planta y el valor anterior de la tasa de utilización.

$$\frac{4.02 \frac{Tn}{h} * 56.62 \%}{3 \frac{Tn}{h}} = 75.87 \%$$

Donde:

Tn = Tonelada

h = hora

- Tasa de utilización: 75.87 %

En relación con este cálculo, se espera un incremento de 19.2 % en la tasa de utilización, porque en el inciso 2.7., referente a la situación actual, se puede observar que la tasa de utilización es de 56.6 %, esto indica que se espera aprovechar el 75.87 % de la capacidad instalada.

3.5.1. Análisis de la tasa de utilización aplicada al nuevo proceso en líneas de formación de tubería industrial y cañería

A continuación, se presenta el análisis de utilización aplicada al nuevo proceso.

Tabla XIII. **Utilización promedio en líneas de formación de tubería industrial y cañería**

Nombre	Utilización promedio propuesta	Utilización promedio situación actual	Incremento en la utilización promedio
Yoder 35-1	65.20%	48.66%	16.54%
Yoder 35-2	76.05%	56.75%	19.30%
Yoder 20	74.58%	55.66%	18.92%
American	86.64%	64.66%	21.98%
Mas 30	97.15%	72.50%	24.65%

Fuente: elaboración propia.

A partir de la reducción 1.34 horas en el tiempo de calibración de equipos de las líneas de producción de tubería industrial y cañería se espera un incremento en la tasa de utilización de cada línea de producción, dicho porcentaje se muestra en la tabla XIII. Este incremento se debe a que al momento de reducir el tiempo que se ocupa en calibrar las líneas, incrementa el tiempo de producción de cada línea incrementando así su tasa de utilización.

3.5.2. Análisis de la tasa de utilización aplicada al nuevo proceso en líneas de formación de perfiles

A continuación, se presenta el análisis de utilización aplicada al nuevo proceso.

Tabla XIV. **Utilización promedio de líneas de formación de perfiles**

Nombre	Utilización promedio propuesta	Utilización promedio situación actual	Incremento en la utilización promedio
Costanera	55.61%	41.50%	14.11%

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se puede observar que se espera un incremento de 14.11 % en la tasa de utilización de la línea de producción de costanera, ya que al momento de reducir el tiempo que se ocupa en calibrar los equipos de esta línea, se incrementa el tiempo de producción, sin embargo, en este caso en particular la tasa de utilización puede variar debido a que la fabricación de costanera no sigue un programa de producción y este producto se produce bajo pedido.

3.6. Capacidad hombre-máquina aplicada al nuevo proceso

A continuación, se presenta el análisis de la capacidad hombre-máquina del proceso propuesto, se tomó en cuenta la tabla IV para el análisis de la tabla XIII y la tabla V para el análisis de la tabla XIV, al igual que se consideró ocho paros por proceso de calibración al mes por máquina.

3.6.1. Análisis de la capacidad hombre-máquina aplicada al nuevo proceso en líneas de formación de tubería industrial y cañería

Para los resultados que se muestran a continuación, se utilizó de referencia las tablas IV para tomar los valores de horas hombre-máquina al día,

también se tomará de referencia la reducción de 1.34 horas en el tiempo de calibración al igual que se considerarán las 5 líneas de formación correspondientes a tubería industrial y cañería.

- Proceso anterior
 - Horas máquina detenida al mes por calibración

$$2ca * 9h * 4sem * 5l = 360h$$

Donde:

ca = calibraciones

h = horas

sem = semanas

l = líneas

- Horas hombre-máquina al mes

$$17 h ho/ma * 5l * 30d = 2,550 h ho/ma$$

Donde:

ho = hombre

h = horas

ma = máquina

l = líneas

d = días

- Proceso propuesto
 - Horas máquina detenida al mes por calibración

$$2ca * 7.66h * 4sem * 5l = 306.4 h$$

Donde:

ca = calibraciones

h = horas

sem = semanas

l = líneas

- Horas hombre-máquina al mes

$$2,550h ho/ma + (360h - 306.4h) = 2,603.6 h$$

Donde:

ho = hombres

h = horas

ma = máquina

- Beneficios esperados al mes

- Horas hombre-máquina al mes

$$2,603.6h - 2,550h = 53.6h$$

Donde:

h = horas

- TM

$$53.6h * 0.5 \frac{TM}{h} = 26.8TM$$

Donde:

TM = Toneladas métricas

$h = \text{horas}$

- Unidades monetarias en Q

$$26.8TM * Q5,500 = Q147,400.00$$

Donde:

$TM = \text{Toneladas métricas}$

Tabla XV. **Tabla comparativa del proceso anterior vs resultados esperados del proceso propuesto en líneas de producción de tubería industrial y cañería**

Descripción	Proceso anterior	Proceso propuesto	Beneficios esperados	
			Toneladas métricas	Quetzales
Horas hombre-máquina disponible al mes	2,550	2,603.60	26.8	Q147,400.00
Horas máquina detenida al mes	360	306.4		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XV se puede observar los resultados del proceso anterior vs los resultados del proceso propuesto, se espera obtener un incremento de 26.8 Toneladas métricas al reducir el tiempo de calibración de los equipos de las líneas de producción 53.6 horas, como resultado de esta reducción de tiempo las toneladas métricas producidas, aprovechando dicho tiempo, representan Q147,400.00, tomando en cuenta el precio de venta de dichos productos.

3.6.2. Análisis de la capacidad hombre-máquina aplicada al nuevo proceso en líneas de formación de perfiles

Para los resultados mostrados a continuación se utilizó de referencia las tablas V para tomar los valores de horas hombre-máquina al día, también se tomará de referencia la reducción de 1.33 horas en el tiempo de calibración al igual que se considerarán una sola línea de producción de perfiles.

- Proceso anterior
 - Horas máquina detenida al mes por calibración

$$2ca * 9h * 4sem = 72h$$

Donde:

ca = calibraciones

h = horas

sem = semanas

- Horas hombre-máquina al mes

$$19.5 h ho/ma * 30d = 585 h ho/ma$$

Donde:

ho = hombres

h = horas

ma = máquina

d = días

- Proceso propuesto

- Horas máquina detenida al mes por calibración

$$2ca * 7.66ho * 4sem = 61.28 h$$

Donde:

ca = calibraciones

h = horas

sem = semanas

- Horas hombre-máquina al mes

$$585h ho/ma + (72h - 61.28h) = 595.72h$$

Donde:

ho = hombres

h = horas

ma = máquina

- Beneficio al mes

- Horas hombre-máquina al mes

$$595.72 - 585h = 10.72h$$

Donde:

h = horas

- TM

$$10.72h * 0.5 \frac{TM}{h} = 5.36TM$$

Donde:

TM = Toneladas métricas

$h = \text{horas}$

- Unidades monetarias en Q

$$5.36TM * Q5,000 = Q26,800.00$$

Donde:

$TM = \text{Toneladas métricas}$

$Q = \text{Quetzales}$

Tabla XVI. **Tabla comparativa del proceso anterior vs resultados esperados del proceso propuesto en línea de producción de perfiles**

Descripción	Proceso anterior	Proceso propuesto	Beneficios esperados	
			Toneladas Métricas	Quetzales
Horas hombre-máquina disponible al mes	585	595.72	5.36	Q 26,800.00
Horas máquina detenida al mes	72	61.28		

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVI se puede observar los resultados del proceso anterior vs los resultados del proceso propuesto, se espera obtener un incremento de 5.36 Toneladas métricas al reducir el tiempo de calibración de los equipos de la línea de producción de perfiles 10.72 horas, como resultado de esta reducción de tiempo las toneladas métricas producidas, aprovechando dicho tiempo, representan Q26,800.00, tomando en cuenta el precio de venta de dichos productos.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Plan de acción

El plan de acción es fundamental para definir las actividades de las partes involucradas, al igual que permite gestionar y controlar tareas para cumplir con los objetivos del proyecto.

Dicho plan consiste en la optimización del proceso de calibración de equipos en líneas de producción a partir de la toma de tiempos, observación y análisis de los resultados obtenidos del trabajo de campo y también con la propuesta de renovación de herramientas necesarias para dicho trabajo, al igual que se pretende proponer la actualización de los diagramas de flujo y de operaciones del proceso de calibración, con el fin de alcanzar los resultados que se esperan.

4.1.1. Entidades responsables

A continuación, se presentan las entidades responsables de aprobar, gestionar y darle seguimiento al proyecto, con el fin de alcanzar las metas propuestas.

4.1.1.1. Gerencia

La gerencia será la encargada de controlar el proceso, verificar el progreso, organizar al personal y desarrollar mejoras que contribuyan al proyecto y al alcance de las metas, este deberá autorizar el presupuesto para la

implementación de equipo nuevo y deberá verificar el cumplimiento de actividades de las partes involucradas.

4.1.1.2. Producción

El área de Producción será la encargada de llevar a cabo la implementación del nuevo proceso, para ello se desglosan las partes encargadas.

- Gerente de Producción: deberá planificar actividades que guíen a la mejora continua, organizar al personal, controlar y supervisar el desarrollo del proyecto y deberá gestionar los recursos materiales y humanos.
- Jefe de Producción: deberá velar por el cumplimiento de las actividades, ya que este se encuentra en contacto directo con el personal de producción, deberá liderar y fomentar el trabajo en equipo, al igual que gestionar las capacitaciones del personal encargado.
- Supervisores de Área: deberán controlar y reportar las actividades que se lleven a cabo en sus respectivas áreas, esto con el fin de generar retroalimentación lo cual se podrá reducir las fallas y se podrá optimizar el proceso.

4.1.1.3. Seguridad industrial

El área de Seguridad Industrial deberá velar que las actividades cumplan con las normas de seguridad establecidas por la norma ISO 45001:2018, las diez normas de seguridad internas, las normas del cuidado de las manos y el manual de seguridad industrial proporcionado por la siderurgia Gerdau, también se

encargará de autorizar equipo de protección personal tales como botas de seguridad industrial, guantes de neopreno, guantes de cuero para soldar, cascos y herramientas nuevas que cumplan con los estándares de seguridad, al igual que se deberá encargarse del análisis de riesgo y peligro de las actividades correspondientes al nuevo proceso.

4.2. Reestructuración de proceso de calibración en líneas de formación

A continuación, se muestra la descripción de las actividades de los diagramas correspondientes al nuevo proceso.

4.2.1. Diagrama de operaciones

Se tomará como referencia la figura 5. Diagrama de operaciones del proceso de calibración en líneas de formación.

Tabla XVII. **Descripción de las actividades del proceso de calibración de las torres de formación**

Torres de formación	
Operación	Descripción
Bloqueo y etiquetado	En esta etapa se solicita al personal del taller eléctrico el bloqueo y etiquetado de los tableros eléctricos.
Desmontar rodos de formación y soldadura	En esta etapa se desmontan los rodos correspondientes a las torres de formación y soldadura.
Limpieza general y engrasado	Una vez desmontados los rodos, se procede a limpiar las torres y a engrasarlas, se procede a retirar la rebaba y viruta metálica que se asienta en el equipo.

Continuación de la tabla XVII.

Instalar rodos de formación y soldadura	Con la ayuda de una barra metálica se alzan los rodos nuevos, previamente proporcionados por el equipo de herramentistas, se verifica el Código de cada rodo para colocarlo en la torre correspondiente, esto para cumplir con las medidas de la nueva producción
Ajustar altura de rodos de formación	Se utilizan alzas metálicas para ajustar la altura de las torres, esto con el fin de que los rodos estén alineados.
Inspección técnico #1	El técnico encargado de las torres de formación verificara la altura de los rodos, y la limpieza del área.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Descripción de actividades del proceso de calibración de las torres de rectificación**

Torres de rectificación	
Operación	Descripción
Desmontar rodos de rectificación y cabeza turca	En esta etapa se desmontan los rodos correspondientes a las torres de rectificación y la cabeza turca.
Desmontar carro de corte	En esta etapa se desmonta el carro de corte y se cambia la sierra si es necesario, en caso contrario se utiliza la misma para la próxima producción.
Limpieza general y engrasado	Una vez desmontado los rodos de las torres y el carro de corte, se procede a limpiar y engrasar el equipo.
Instalar rodos de rectificación	Con la ayuda de una barra metálica se alzan los rodos nuevos, previamente proporcionados por el equipo de herramentistas, se verifica el Código de cada rodo para colocarlo en la torre correspondiente, esto para cumplir con las medidas de la nueva producción.

Continuación de la tabla XVIII.

Ajustar altura de rodos de rectificación	Se utilizan alzas metálicas para ajustar la altura de las torres, con el fin de que los rodos queden alineados.
Inspección técnico #2	El técnico encargado de las torres de rectificación verificara la altura de los rodos, la limpieza del área, el daño de la sierra del carro de corte y la limpieza general del área.
Calibrar carro de corte	El técnico encargado de las torres de rectificación se encarga de la calibración del carro de corte, dado que es una tarea crítica.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Descripción de las actividades del proceso de alineación general de torres de formación y calibración**

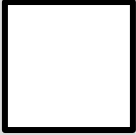
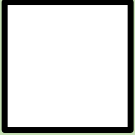
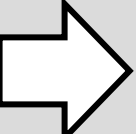

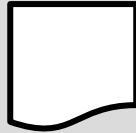
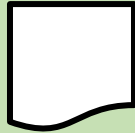
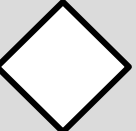

Alineación general	
Operación	Descripción
Alinear torres de formación con torres de rectificación	En esta etapa ambos técnicos deberán alinear las torres de formación con las de rectificación, utilizar un rollo de hilo de nylon.
Inspección general	Se llevará a cabo una inspección general por parte de ambos técnicos.
Corrección de fallos en la calibración	Se llevará a cabo una prueba con 5 tubos y se eliminaran fallos en la calibración en caso de que sea necesario.

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Diagrama de flujo

A continuación, se presenta una tabla comparativa de las actividades del proceso de calibración de equipos en líneas de producción versus el proceso propuesto, para esta comparación se utilizó la figura 15. En donde se presenta el diagrama de flujo de la situación actual del proceso de calibración y la figura 20. Donde se presenta el diagrama de flujo del proceso propuesto.

Tabla XX. **Tabla comparativa del proceso de calibración actual versus el proceso propuesto**

Descripción	Proceso actual		Proceso propuesto	
	Figura	Número de operaciones	Figura	Número de operaciones
Operación / Proceso		10		10
Traslado		1		1
Documento		2		0
Decisión		2		2

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXI se presenta un comparativo de las actividades del proceso de calibración actual versus el proceso propuesto, se puede observar que en la sección de documento en el proceso propuesto ya no se cuenta con ningún proceso referente a documentación, este proceso de documentación hace referencia a la solicitud por escrito de nuevos rodos y a la aprobación por escrito de dicha solicitud lo que generaba retraso en la puesta en marcha del proceso de calibración, esto se puede observar en la figura 15. En donde se presenta el diagrama de flujo de la situación actual del proceso de calibración en líneas de formación.

Tabla XXI. **Comparación de tiempos del proceso anterior versus el proceso propuesto**

Proceso anterior		Proceso propuesto		Comentarios
Total, tiempo en minutos	540	Total, tiempo en minutos	460	Se espera una reducción de tiempo de 1.34 horas, esto es equivalente a 0.67 toneladas métricas.
Total, tiempo en horas	9	Total, tiempo en horas	7.66	

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Diagrama de recorrido

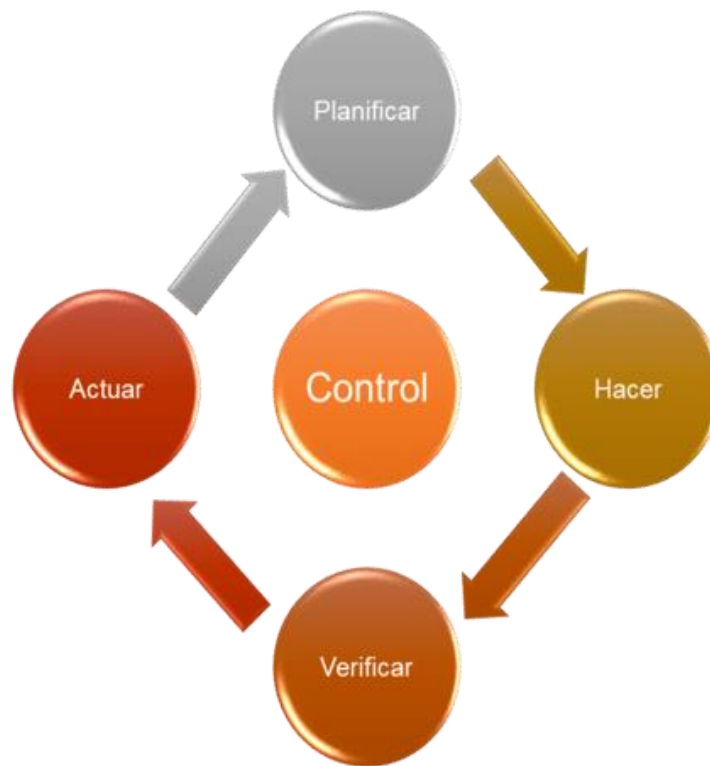
Se tomará como referencia la figura 7 Diagrama de recorrido del proceso de calibración en líneas de formación.

Se determino que no es necesario una reestructuración en la distribución de la maquinaria, debido que existe limitación de espacio y además el costo de la distribución de maquinaria es sumamente alto, por lo tanto, no es viable.

4.3. Método sistemático de control y mejora organizacional

A través de este proceso, se pretende controlar de manera eficiente los procesos establecidos y alcanzar las metas organizacionales.

Figura 20. Diagrama del método sistemático de control y mejora organizacional



Fuente: elaboración propia, realizado con Word 365.

4.3.1. Planificación

La planificación es fundamental al momento de llevar a cabo un proyecto, dado que permite anticiparse a las necesidades y a la resolución de conflictos

que puedan surgir durante el desarrollo de este, la planificación permite administrar y distribuir los recursos de manera eficiente, evitando así el desperdicio y los tiempos muertos porque, traza un camino a seguir.

4.3.2. Procedimientos

Los procedimientos están representados principalmente en los diagramas, protocolos y estándares, los cuales permiten llevar un seguimiento de las actividades a desarrollar, los responsables de cada actividad y da una vista clara del objetivo que se desea alcanzar, estos permiten interconectar las tareas y responsabilidades de cada equipo de trabajo, haciendo que el proyecto se desarrolle en un ambiente de colaboración y trabajo en equipo.

4.3.3. Trabajo en equipo

El trabajo en equipo es fundamental para alcanzar las metas propuestas, se trata de aportar ideas, soluciones, teorías que aporten soluciones a las dificultades que surjan durante la ejecución del proyecto, el trabajo en equipo aporta un crecimiento personal y colectivo ya que la opinión de los integrantes del equipo fortalece el conocimiento individual y grupal.

Para implementar el trabajo en equipo en la planta de producción, es necesario tener conocimiento de estas herramientas.

- **Comunicación:** es necesario que exista una comunicación entre equipos de trabajo, esto genera una retroalimentación que permite resolver los problemas que surjan durante el desarrollo del proyecto.

- Liderazgo: el liderazgo es de suma importancia ya que este deberá impulsar el desarrollo de su equipo de trabajo, en este caso el jefe de producción y los supervisores de área deberán impulsar y motivar a los colaboradores a su cargo, para lograr alcanzar las metas establecidas.
- Confianza: debe existir confianza entre los integrantes del equipo de trabajo para que el desarrollo del proyecto fluya de manera eficiente.
- Relaciones interpersonales: debe existir respeto entre los integrantes del equipo para que el flujo de información y actividades no se vea perjudicado.
- Compromiso: los integrantes del equipo deben comprometerse al desarrollo y a la buena ejecución del proyecto, cada integrante debe percibir los resultados como un logro personal haciendo del éxito del proyecto un logro personal y grupal.

4.3.4. Conducción

Cada equipo de trabajo deberá contar con un líder, este deberá fomentar el desarrollo del trabajo en equipo, tendrá que contar con la confianza de su equipo al igual que deberá tener la capacidad para guiar a su equipo de trabajo al cumplimiento y desarrollo eficiente de los objetivos, deberá tener la capacidad de comunicarse tanto con su equipo de trabajo como con sus superiores.

4.3.5. Adiestramiento

Es indispensable el adiestramiento al personal, dado que se está implementando un nuevo proceso, este sirve para perfeccionar las habilidades y

conocimientos del personal, el adiestramiento permite proporcionarle al colaborador información actualizada del proyecto a ejecutar, esto ayuda a prevenir riesgos y a incrementar la productividad.

4.4. Mejora en la eficiencia del proceso

Para mejorar la eficiencia del proceso es necesario capacitar al personal, esto permitirá evitar riesgos y ayudará a perfeccionar las habilidades del colaborador en su puesto de trabajo.

4.4.1. Capacitación de personal

Campos fundamentales de capacitación al personal:

- **Inducción:** la inducción se le brinda al personal recién ingresado, generalmente el encargado del nuevo colaborador se encarga de dicha inducción, RRHH se encarga de establecer las pautas para que se lleve a cabo de forma uniforme y planificada.
- **Entrenamiento:** es indispensable cuando se modifican las tareas o funciones del personal operativo, este deberá ser entrenado para llevar a cabo el proceso propuesto, siempre con la supervisión de los encargados del área.
- **Formación básica:** este campo es específicamente para personal que está preparado en áreas especiales, que cuentan con un conocimiento general de todo el proceso de producción, principalmente se toman profesionales jóvenes los cuales reciben la inducción y posteriormente se les asigna su puesto de trabajo.

- Desarrollo de jefes: este campo pretende desarrollar actitudes de liderazgo antes que conocimiento ya que es necesario el compromiso de la gerencia y de los altos niveles de la organización, el desarrollo de jefes pretende temas como administración de recursos, reuniones de MCI, análisis y toma de decisiones.

4.5. Propuesta de estandarización del nuevo proceso

A continuación, se muestra la propuesta de estándar del nuevo proceso.

4.5.1. Estándar del nuevo proceso

A continuación, se presenta una propuesta de estandarización del proceso de calibración de equipos de líneas de formación que se desea implementar.

Tabla XXII. **Propuesta de estandarización del nuevo proceso de calibración de líneas de formación**

Proceso de calibración de líneas de formación				
		Estándar #1	Lugar: Planta de producción Intupersa	
		Actividad: Calibración de líneas de formación	Fecha: Mayo 2020	
			Elaborado por: Pablo Pérez	
No.	Que	Como	Aspectos relevantes de SS	
1	Desmontar rodos de formación y soldadura	Con la ayuda de un compañero, desmontar los rodos de formación y soldadura viejos y con ayuda de una barra metálica trasladarlos a un pallet para su extracción.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: lesión por caída de rodos en alguna extremidad inferior. lesión en la espalda por un mal levantamiento.</p> <p>Medida preventiva: Flexionar las piernas en posición de sentadilla para alzar los rodos y trasladarlos.</p>	
2	Desmontar rodos de rectificación y cabeza turca	Con la ayuda de un compañero desmontar los rodos de rectificación y desmontar la cabeza turca, trasladar los rodos de rectificación viejos a un pallet para su extracción.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: lesión por caída de rodos en alguna extremidad inferior. lesión en la espalda por un mal levantamiento.</p> <p>Medida preventiva: Flexionar las piernas en posición de sentadilla para alzar los rodos y trasladarlos.</p>	

Continuación de la tabla XXII.

No.	Que	Como	Aspectos relevantes de SS
3	Desmontar carro de corte	Desmontar el carro de corte y extraer la sierra circular, verificar que los dientes de la sierra estén en buen estado, en caso contrario solicitar una nueva sierra.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: Corte en extremidades superiores.</p> <p>Medida preventiva: Utilizar el equipo de protección personal, específicamente guantes anticorte.</p>
4	Limpieza general y engrasado	Limpiar y engrasar las torres de formación y las guías de lámina, para esto desmontar las graseras y con una bomba hidráulica inyectar grasa nueva, eliminar la rebaba y la viruta metálica que se acumula en el equipo.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: Corte en extremidades superiores.</p> <p>Medida preventiva: Utilizar el equipo de protección personal, específicamente guantes anticorte.</p>
5	Instalar nuevos rodos de formación y soldadura	Con ayuda de un compañero, instalar los nuevos rodos de formación y soldadura, para esto utilizar una barra de acero y flexionando las piernas alzar el rodo y colocarlo en su respectiva torre.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: lesión por caída de rodos en alguna extremidad inferior. lesión en la espalda por un mal levantamiento.</p> <p>Medida preventiva: Flexionar las piernas en posición de sentadilla para alzar los rodos y trasladarlos.</p>
6	Ajustar altura de rodos de formación	Utilizando alzas metálicas, ajustar la altura de los rodos, colocando las placas en la base de las torres, verificar que los rodos estén alineados.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: lesión por aplastamiento en extremidades superiores</p> <p>Medida preventiva: Verificar que los rodos se encuentren ajustados antes de ajustar la altura de las torres.</p>

Continuació de la tabla XXII.

No.	Que	Como	Aspectos relevantes de SS
7	Instalar rodos de rectificació	Con ayuda de un compañero, instalar los nuevos rodos de rectificació, para esto utilizar una barra de acero y flexionando las piernas alzar el rodo y colocarlo en su respectiva torre.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: lesión por caída de rodos en alguna extremidad inferior. lesión en la espalda por un mal levantamiento.</p> <p>Medida preventiva: Flexionar las piernas en posición de sentadilla para alzar los rodos y trasladarlos.</p>
8	Ajustar altura de rodos de rectificació	Utilizando alzas metálicas, ajustar la altura de los rodos, colocar las alzas en la base de la torre y verificar que los rodos estén alineados entre sí.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: lesión por aplastamiento en extremidades superiores</p> <p>Medida preventiva: Verificar que los rodos se encuentren ajustados antes de ajustar la altura de las torres.</p>
9	Inspección	El técnico encargado de las torres de formación y el técnico encargado de las torres de rectificació, deben inspeccionar que los rodos están colocados a la altura correcta y en su torre correspondiente.	

Continuación de la tabla XXII.

No.	Que	Como	Aspectos relevantes de SS
10	Calibrar carro de corte	Colocar la nueva sierra circular en el carro de corte, calibrar el tiempo de corte para asegurar que los tubos sean cortados a la misma distancia.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: Corte en extremidades superiores.</p> <p>Medida preventiva: Utilizar el equipo de protección personal, específicamente guantes anticorte.</p>
11	Alinear torres de formación con torres de rectificación	con ayuda de un rollo de hilo de nylon, atravesar el hilo en toda la línea de producción y verificar que este no se desvíe, en caso contrario cambiar las alzas metálicas en la torre que muestra problema.	<p>SS (Salud y Seguridad)</p> <p>Riesgo: Corte en extremidades superiores.</p> <p>Medida preventiva: Utilizar el equipo de protección personal, específicamente guantes anticorte.</p>
12	Inspección general	Ambos técnicos deben verificar la limpieza general del área y la calibración del equipo.	
13	Corrección de fallos en la calibración	Llevar a cabo una muestra de cinco tubos, verificar que estos cumplan con las dimensiones requeridas y que no salgan con imperfecciones, en caso contrario corregir los fallos que se presente.	

Fuente: elaboración propia.

4.6. Análisis financiero aplicado al nuevo proceso

A continuación, se muestra el análisis financiero aplicado al nuevo proceso, este reflejara los beneficios monetarios por líneas de producción.

4.6.1. Producción de tubería industrial

A continuación, se presenta el análisis financiero de producción, en él se verá reflejado el beneficio monetario del nuevo proceso aplicado en líneas de tubería industrial, cabe recordar que para la obtención de estos resultados se consideró el incremento de toneladas métricas al reducir el tiempo de calibración de equipos en líneas de producción por cada una de las líneas.

Tabla XXIII. **Beneficio monetario en Q. de la producción de tubería industrial aplicado al nuevo proceso**

Nombre	Proceso anterior	Proceso propuesto	Beneficio en Q
	Unidades monetarias en Q al mes	Unidades monetarias en Q al mes	
Yoder 20	3,367,430.00	3,393,297.00	25,867.00
American	3,556,300.00	3,580,167.00	23,867.00
Mas 30	3,828,000.00	3,860,127.13	32,127.13

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXIII se observan las unidades monetarias que la empresa genera al mes por cada línea de producción de tubería industrial vs las unidades monetarias que se espera generar si se implementa el nuevo proceso a cada una de estas líneas, también se observa que dicha diferencia representaría un impacto económicamente positivo a la empresa.

4.6.2. Producción de cañería

A continuación, se presenta el análisis de producción, en el cual se verá reflejado el beneficio monetario del nuevo proceso aplicado en líneas de producción de cañería.

Tabla XXIV. **Beneficio monetario en Q. de la producción de cañería aplicada al nuevo proceso**

Nombre	Proceso anterior	Proceso propuesto	Beneficio en Q
	Unidades monetarias en Q al mes	Unidades monetarias en Q al mes	
Yoder 35-1	4,496,184.00	4,528,267.01	32,083.01
Yoder 35-2	4,503,112.50	4,536,568.36	33,455.86

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXIV se observan las unidades monetarias que la empresa genera al mes por cada línea de producción de cañería vs las unidades monetarias que se espera generar si se implementa el nuevo proceso a cada una de estas líneas, también se observa que dicha diferencia representaría un impacto económicamente positivo a la empresa.

4.6.3. Producción de perfiles

A continuación, se presenta el análisis de producción, en él se verá reflejado el beneficio monetario del nuevo proceso aplicado en la línea de producción de perfiles.

Tabla XXV. Beneficio monetario en Q. de la producción de perfiles aplicada al nuevo proceso

Nombre	Proceso anterior	Proceso propuesto	Beneficio en Q
	Unidades monetarias en Q al mes	Unidades monetarias en Q al mes	
Costanera	2,282,500.00	2,309,300.00	26,800.00

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXV se observan las unidades monetarias que la empresa genera al mes por la línea de producción de perfiles vs las unidades monetarias que se espera generar si se implementa el nuevo proceso a dicha línea, también se observa que dicha diferencia representaría un impacto económicamente positivo a la empresa.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Asignación de roles

Con la asignación de roles se definirá al equipo auditor, este deberá ser conformado por un jefe de Auditoría y Auditores Internos.

Etapas para asignar roles:

- Seleccionar al equipo auditor: se deberá seleccionar como mínimo a una persona por área.
- Asignación de roles: se deberá asignar al jefe de Auditorías y a sus subalternos.
- Capacitación: se capacitará al equipo auditor para llevar a cabo el proceso de auditorías internas.
- Programa de auditorías: se elaborará un programa de auditoría.

5.1.1. Capacitación de personal

El personal deberá ser capacitado por el equipo de TG (tecnología y gestión), debido a que ellos se encargan de la planificación y estandarización del proceso de auditorías internas.

Pasos para la capacitación:

- Presentación del programa de auditoría: se llevará a cabo una reunión donde se explique el proceso de auditoría, los puntos críticos y las acciones correctivas a tomar en caso de ser necesario.
- Asignación de roles: se definirá al jefe auditor y a su equipo.
- Resolución de dudas: se tomará un tiempo donde los colaboradores en capacitación podrán hacer preguntas respecto al tema.
- Examen teórico: se llevará a cabo una evaluación teórica para medir la comprensión del equipo auditor.

5.2. Auditorías internas del proceso de calibración en líneas de formación

Se llevarán a cabo cuatro auditorías internas del proceso de calibración en líneas de formación, se distribuirá una auditoría por semana, el equipo auditor podrá llevar a cabo la auditoría cualquier día de la semana, sin importar si se está llevando a cabo el proceso de calibración, se identificarán los puntos fuertes y débiles de los colaboradores auditados y se reforzara con capacitaciones para asegurar la eficiencia del proceso.

5.3. Planeación

A continuación, se presenta la propuesta del programa de auditorías.

5.3.1. Programa mensual de auditorías

A continuación, se presenta el programa mensual de las auditorías.

Tabla XXVI. Programa mensual de auditorías

Programa de auditoria Intupersa					Codigo		Fecha		Periodo		Pagina																					
Objetivos:																																
1) Verificar el cumplimiento del proceso establecido.																																
2) Identificar puntos débiles en el proceso y en el desarrollo de los colaboradores auditados.																																
3) Comprobar la eficiencia del proceso establecido.																																
Alcance: Planta de produccion intupersa																																
Tipo de auditoria: Interna																																
No.	área	Auditor	Auditado		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio							
			Nombre	Puesto	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	línea de formación de tubería industrial Mas 30																															
2	línea de formación de tubería industrial American																															
3	línea de formación de tubería industrial Yoder 20																															
4	línea de formación de cañería Yoder 35-2																															
5	línea de formación de cañería Yoder 35-1																															
6	línea de formación de perfiles																															

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Selección del equipo auditor

El equipo auditor deberá estar conformado, como mínimo, por una persona por área, los jefes de cada área deberán proponer a una persona a su cargo para ser parte del equipo auditor, y el gerente de producción deberá dar el visto bueno del quipo auditor, en seguida se muestra el desglose del equipo auditor.

- Jefe de auditores
 - Jefe de Producción
 - Jefe de Mantenimiento Mecánico
 - Jefe de Mantenimiento Eléctrico

- Auditores internos
 - Supervisor de formadoras
 - Supervisor de cortadoras
 - Supervisor de taller mecánico
 - Supervisor de taller eléctrico

5.4. Finalización de auditoría

Se llevará a cabo una reunión de cierre de auditoría, en esta reunión deberán estar presente el gerente de producción, el jefe de RRHH, los jefes auditores y los auditores internos, se deberá exponer los resultados de la auditoría y se discutirán puntos de mejora, medidas correctivas al igual que sanciones de ser necesario, las reuniones deberán durar como mínimo una hora

y al finalizar se deberá presentar un reporte de conformidad donde se especifique lo tratado.

5.4.1. Revisión

Los jefes de auditoría junto con el gerente de producción deberán revisar y discutir la información recopilada por las auditorías, se deberán discutir las no conformidades y se deberán proponer mejoras para reducir o eliminar las no conformidades.

Después de discutir las no conformidades en el proceso se llevará a cabo un reporte de conformidad donde se especifiquen los temas tratados, las no conformidades y las propuestas de mejora.

5.4.2. Elaboración de reportes de conformidad

Los reportes de conformidad los deberán realizar los jefes auditores con la información recopilada de las auditorías, el reporte deberá brindar información clara y concisa con opiniones y comentarios objetivos para que se puedan tomar decisiones en base a esta información.

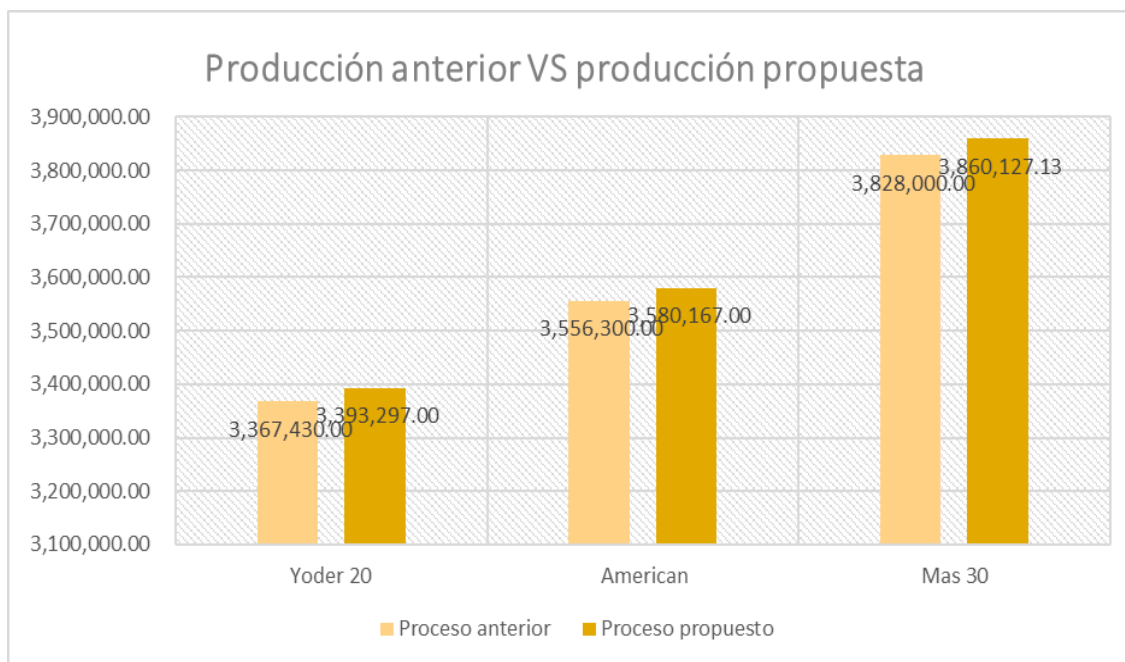
5.5. Comparación de resultados antes y después de la implementación de la propuesta

Para visualizar de manera clara los beneficios del proceso propuesto se realizará un análisis gráfico de los beneficios monetarios obtenidos con la implementación de la propuesta.

5.5.1. Análisis gráfico de la productividad antes y después de la implementación de la propuesta

A continuación, se presenta el análisis de la producción del proceso anterior y la producción del proceso propuesto.

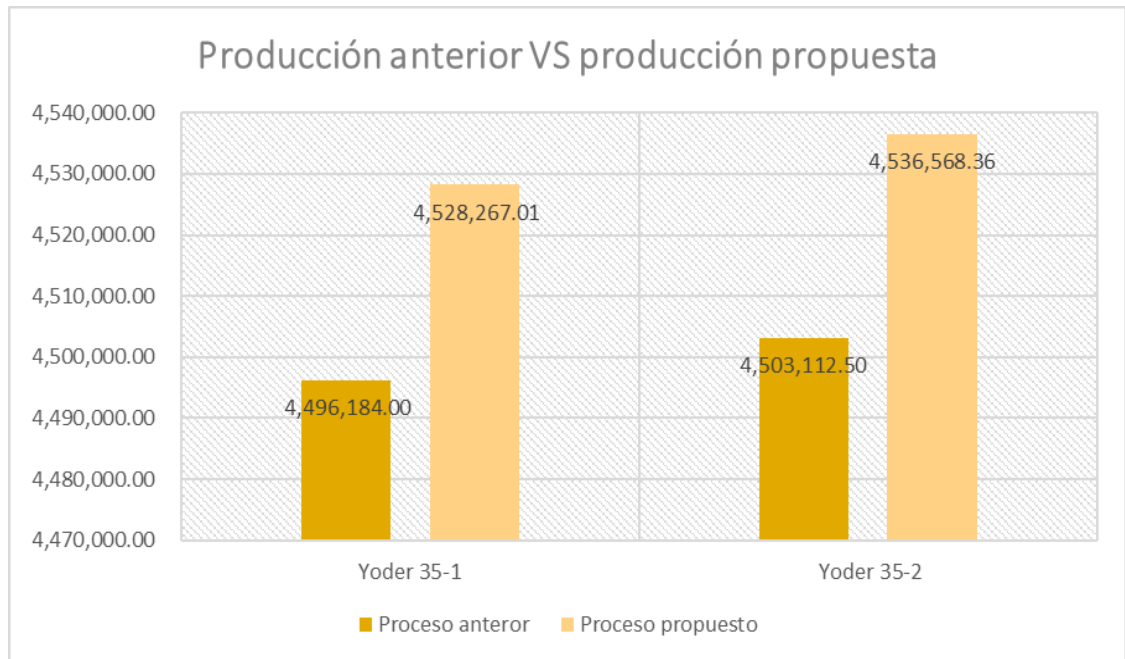
Figura 21. Comparación en unidades monetarias en Q. de la producción de tubería industrial antes y después de la propuesta



Fuente: elaboración propia.

De la figura 21 se puede observar que existe un incremento monetario en la producción de tubería industrial al aplicar el proceso propuesto, esto se debe a la reducción de 1.34 horas en el tiempo en la calibración de equipos en líneas de formación.

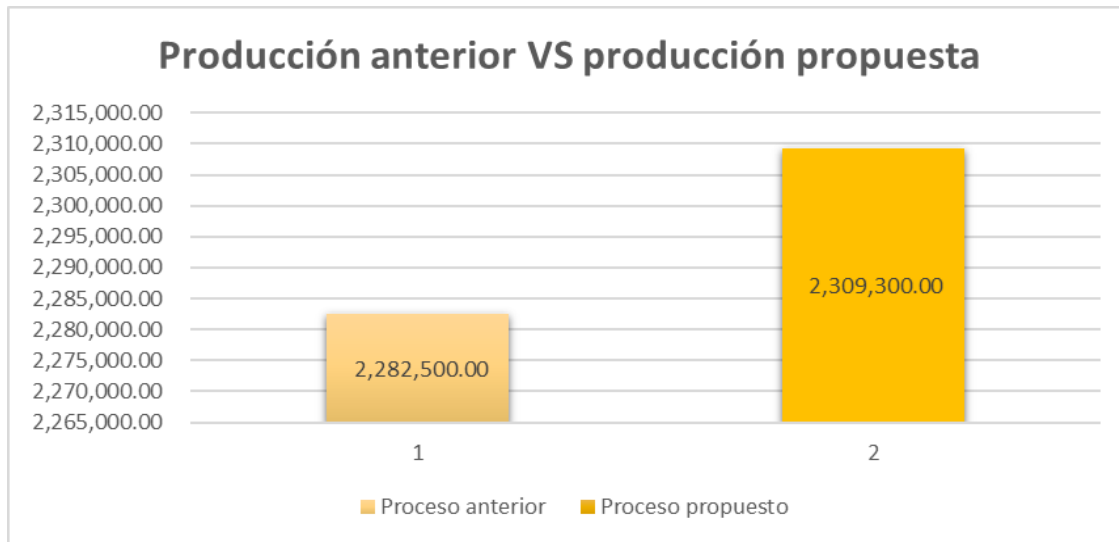
Figura 22. **Comparación en unidades monetarias en Q. de la producción de cañería antes y después de la propuesta**



Fuente: elaboración propia.

De la figura 22 se puede observar el incremento monetario respecto a la producción de cañería, esto se debe a la reducción de tiempo en la calibración de líneas de producción de cañería.

Figura 23. **Comparación en unidades monetaria en Q. de la producción de perfiles antes y después de la propuesta**



Fuente: elaboración propia.

De la figura 23 se puede observar el incremento monetario en la producción de perfiles, esto se debe a la reducción de tiempo en la calibración en la línea de producción de perfiles.

5.6. **Ventajas y beneficios**

En seguida se presentan las ventajas y beneficios:

- Reducción en el tiempo de calibración de líneas de formación
- Incremento en la producción
- Incremento monetario
- Reducción de tiempos muertos
- Incremento en la utilización del equipo instalado

- Mejora en la cultura de trabajo con sentido de urgencia y colaboración
- Reducción en los tiempos de paro de producción

5.7. Acciones correctivas

Al detectar las no conformidades será necesario tomar acciones correctivas, estas se utilizarán para eliminar las causas de las no conformidades, estas serán discutidas y propuestas por los jefes auditores junto con el gerente de producción y posteriormente serán notificadas a los supervisores de área para su aplicación, estas deberán ser objetivas y claras y se deberán enfocar en eliminar la causa antes que suceda la no conformidad.

CONCLUSIONES

1. Se elaboró un programa con el cual se pretende reducir el tiempo de calibración de equipos en líneas de formación con el fin de optimizar el proceso de producción.
2. Por medio de la optimización del proceso de calibración en líneas de formación de tubería industrial, cañería y perfiles, se espera un incremento en las unidades de producto terminado de 26.8 toneladas métricas en tubería industrial y cañería y 5.36 toneladas métricas en perfiles, debido a la reducción de 1.34 horas en el proceso de calibración. Tomando en cuenta que la producción actual de tubería industrial y cañería es de 1,275 toneladas métricas al mes y 292.5 Toneladas métricas de perfiles al mes.
3. Los indicadores de producción se vieron afectados de manera positiva dado que al reducir el tiempo de calibración de equipos en líneas de formación de 9 a 7.66 horas los indicadores de producción incrementaron 2.05 % para tubería industrial y cañería y 1.8 % para perfiles.
4. Mediante la propuesta de optimización del proceso de calibración de equipos en líneas de formación, se espera una reducción en el tiempo de paro de producción de 9 a 7.66 horas, dando un total de 1.34 horas.
5. Los costos por tiempo de ocio redujeron debido a la optimización del proceso de calibración, dado que el proceso fue optimizado los roles de los colaboradores se modificaron para garantizar la buena ejecución de dicho proceso, esto genero un incremento de Q147,400.00 en la

producción de tubería industrial y cañería y Q26,800.00 en la producción de perfiles.

6. A través de la propuesta, se incrementó la productividad total de los factores, en la producción de tubería industrial, cañería y perfiles un 20.4 %. Referente a toneladas métricas producidas mensualmente.
7. La producción incremento de 1,275 a 1,304.8 toneladas métricas en tubería industrial y cañería y de 292.5 a 297.86 toneladas métricas en la producción de perfiles, utilizando los mismos recursos tanto humano como materiales.
8. Por medio del compromiso de los colaboradores se fomentó una cultura de trabajo con sentido de urgencia y colaboración, dado al buen desarrollo del proyecto y la buena voluntad de estos.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar herramientas hidráulicas, para evitar enfermedades laborales en los colaboradores de las líneas de producción.
2. Establecer reuniones de MCI mensuales, para llevar un control del progreso de los colaboradores y fomentar una cultura de compromiso.
3. Proporcionar incentivos laborales por producción para motivar a los colaboradores en las líneas de producción.
4. Llevar continuidad en la capacitación de personal, para incrementar el rendimiento de este y mostrar el interés de la empresa en su crecimiento laboral.
5. Solicitar al personal operativo sus opiniones para mejorar y volver eficiente el proceso de calibración en líneas de formación.
6. Identificar y estandarizar las tareas críticas en el proceso de calibración de líneas de formación, para garantizar la buena ejecución en el proceso.
7. Realizar auditorías de estándares para garantizar que el personal operativo cuenta con el conocimiento para llevar a cabo las tareas diarias y las críticas.

REFERENCIAS

1. Corporación AG. (s.f.). *Departamento de Contabilidad*. Guatemala: Autor.
2. Corporación AG. (s.f.). *Departamento de Ingeniería y Proyectos*. Guatemala: Autor.
3. Corporación AG. (s.f.). Línea de historia [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.corporacionag.com/es/linea-de-historia>.
4. Corporación AG. (s.f.). Misión, visión y valores [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.corporacionag.com/es/mision-vision-valores-ag>
5. Corporación AG. (s.f.). Política integrada de gestión [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.corporacionag.com/es/politica-integrada-de-gestion>.
6. Global. (s.f.). *Herramientas*. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://agglobal.com/>.
7. Google Maps. (2020). Ubicación. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.google.com/maps/place/Industria+De+Tubos+Y+Perfiles,+S.A./@14.6302912,-90.5854013,1168m/data=!3m1!1e3!4m8!1m2!2m1!1splanta+intupe>

rsa!3m4!1s0x0:0x88e32889046c080f!8m2!3d14.6286158!4d-
90.5787832.

8. Paz, R. y Gómez, D. (2020). *Productividad y competitividad*. Argentina: Universidad del Mar de la Plata.