

**UNIVERSIDAD
HISPANOAMERICANA**

**LICENCIATURA EN INGENIERÍA
INDUSTRIAL.**

**DISMINUCIÓN DEL PORCENTAJE DE
PRODUCTO NO CONFORME EN LA
LÍNEA TUB03 EN LA EMPRESA
METALCO S.A DE OCTUBRE 2020 A
MARZO 2021.**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR LA
LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.**

SUSTENTANTE:

JEFFREY SOTO QUIROS.

TUTOR. ING. ANTHONY ESTEBAN BEITA NAVARRO

PUNTARENAS, MARZO, 2021

DECLARACIÓN JURADA

Yo Jeffrey Soto Quiros, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 110860934 egresado de la carrera de Ingeniería industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en ingeniería industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: **"Disminución del porcentaje de producto no conforme en la línea Tub03 en la empresa METALCO de octubre 2020 a marzo 2121."**, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Puntarenas, a los 06 días del mes de junio del año dos mil veintiuno.



Jeffrey Soto Quiros
Cédula 110860934

CARTA DEL TUTOR

Puntarenas, 6 de abril de 2021

**Dirección de Carrera
Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante **JEFFREY SOTO QUIROS** cédula de identidad número **110860934**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"Disminución del porcentaje de producto no conforme en la línea tub03 en la empresa METALCO de octubre 2020 a marzo 2121"**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Licenciatura.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	8%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	18%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		93%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,
ANTHONY ESTEBAN
BEITA NAVARRO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
ANTHONY ESTEBAN BEITA
NAVARRO (FIRMA)
Fecha: 2021.04.06 23:15:18 -06'00'

Ing. Esteban Beita Navarro MBA
Cédula identidad 1-1069-0046
Carné Colegio Profesional IPI-27501

CARTA DE LECTOR

San José, 14 de junio del 2021

Universidad Hispanoamericana
Carrera Ingeniería Industrial

Estimado señor

El estudiante Jeffrey Soto Quirós cédula de identidad N°110860934, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Disminución del porcentaje de producto no conforme en la línea Tub03 en la empresa Metalco de octubre 2020 a marzo 2021", el cual ha elaborado para obtener su grado de Licenciado en Ingeniería Industrial.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atte.

Firma

Nombre: Roberto Sánchez Morales
Cédula: 900810622

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 16/6/2021

Señores:

Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito **Jeffrey Soto Quiros** con número de identificación **110860934** autor del trabajo de graduación titulado

Disminución del porcentaje de producto no conforme en la línea Tub03 en la empresa METALCO de octubre 2020 a marzo 2121.

Presentado y aprobado en el año **2021** como requisito para optar por el título de **Licenciatura en Ingeniería industrial**; (SI) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que, con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


110860934
Firma y Documento de Identidad

Dedicatoria.

Este trabajo está dedicado a toda mi familia los cuales han sido inspiración y apoyo, también se lo dedico a mi maestra de primaria la niña Leonor la cual supo transmitir ese mensaje que me llenó de confianza y esperanza y sirvió de luz en mi camino estudiantil.

Agradecimiento.

Primeramente, a Dios por darme la salud y permitirme llegar hasta aquí para lograr mis objetivos y metas.

Agradezco a la empresa METALCO y a sus jefaturas por permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones.

Agradezco de todo corazón a todos los educadores, que a lo largo de mi carrera estudiantil aportaron con sus enseñanzas.

Gracias a todos esos compañeros ya sea de centros educativos o del trabajo que me han ayudado o me han motivado a seguir.

También mi agradecimiento es para el tutor, el lector y todos los profesionales involucrados en este proyecto.

“no se puede generar mejora si estás satisfecho con la situación actual”

Taiichí Ohno

Tabla de Contenidos

Resumen ejecutivo.	14
Capítulo I. Introducción	2
1.1 Descripción general del proyecto.	2
2.2 Identificación de la empresa.	3
1.2.1 Descripción general de la empresa.	3
1.2.2 Antecedentes de la empresa.	1
1.2.3 Ubicación geográfica	3
1.1. Planteamiento del problema	4
1.3.1 Pregunta de investigación.	5
1.3.2 Justificación	5
1.4. Objetivos del proyecto	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.	6
1.5. Alcances y limitaciones.	7
1.5.1 Alcances.	7
1.5.2 Limitaciones.	7
Capítulo II. Marco teórico	14
2.1 Marco Conceptual general relativo a la carrera.	14
2.1.1 Ingeniería industrial.	14
2.1.2 Procesos de manufactura.	14
2.1.3 Proceso de formado de metales.	15
2.1.4 Calidad.	15
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto:	16
2.2.1 Metodología DMAIC	16
2.2.2 Definir:	17

2.2.3	Medir:	18
2.2.4	Analizar:	18
2.2.5	Mejorar:	18
2.2.6	Controlar:	18
2.2.7	Diagrama de flujo	19
2.2.8	SIPOC	19
2.2.9	Diagrama Ishikawa	19
2.2.1	Diagrama Pareto	20
2.3	Marco conceptual referente al impacto del proyecto.	20
2.4	Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.	22
Capítulo III. Marco Metodológico		26
3.1	Metodología para la definición del problema.	26
3.1	Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.	27
3.2	Metodología para la propuesta de mejora.	28
3.3	Metodología para la implementación del proyecto.	29
3.4	Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados del proyecto.	30
Capítulo IV. Línea base y análisis de causa.		32
4.1	Identificación de las causas del problema.	32
4.1.1	Diagrama de flujo del proceso de fabricación.	32
4.1.2	Herramienta SIPOC.	34
4.2	Especificaciones del producto.	37
4.2.1	Especificaciones del proceso productivo	38
4.2.2	Volumen de fabricación	38
4.2.3	Rendimiento del equipo.	38
4.2.4	Recurso humano.	38

4.2.5	Características generales del producto.	39
4.2.6	Especificaciones técnicas de los tubos estructurales.	39
4.2.7	Especificaciones de calidad para la tubería estructural.	40
4.3	Situación actual.	44
4.3.1	Situación actual de la cantidad de producto no conforme.	44
4.4	Análisis de causas mediante el uso de la herramienta diagrama de ISHIKAWA del Molino TUB03.	46
4.4.1	Materia prima	48
4.4.2	Mano de obra	48
4.4.3	Método	49
4.4.4	Máquina	49
4.5	Clasificación de causas según su nivel de significancia	50
4.5.1	Priorización de las causas.	50
4.4.1	Diagrama de Pareto	52
Capítulo V. Diseño e implementación de la solución.		56
5.1	Tratamiento de causas.	56
5.2	Reconocimiento del proceso	58
5.3	Delimitación de los requerimientos	60
5.3.1	Requerimientos de entrada	60
5.3.2	Requerimientos de salida	61
5.3.3	Requerimientos internos	66
5.4	Diagrama SIPOC	69
5.5	Asignación de roles	70
5.6	Resumen del proceso	72
5.7	Puesta en marcha de la mejora	77
5.8	Estudio de factibilidad económica	88

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones.	96
6.1 Conclusiones	96
6.2 Recomendaciones	97
Anexos	99
Referencias Bibliográficas	116

Índice de figuras

Figura 1 . Estructura organizativa	4
Figura 2. Vista de la planta de producción	7
Figura 3. Oficinas centrales en Tibás	8
Figura 4. Control de producción TUB03.	8
Figura 5. Metodología DMAIC	17
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso	30
Figura 7. Diagramas generales del proceso.	34
Figura 8. Producto no conforme TUB03 año 2020	44

Índice de tablas

Tabla 1. Productos ofrecidos por la organización	5
Tabla 2. Cuadro de mando integral	20
Tabla 3. Definición del problema	25
Tabla 4. Medición	25
Tabla 5. Propuesta de mejora	26
Tabla 6. Implementación del proyecto	27
Tabla 7. Verificación, aseguramiento, control y seguimiento de los resultados	27
Tabla 8. diagrama de SIPOC del proceso productivo	32
Tabla 9. Personal TUB03	35
Tabla 10. Clasificación del producto estructural	37
Tabla 11. Diagrama de ISHIKAWA	39

Tabla 12. Promedio mensual de causas más comunes	42
Tabla 13. Indicadores	43
Tabla 18: Tubería Estructural Rectangular, Especificaciones Técnicas.	55
Tabla 17. Tubería estructural, Resultados de febrero 2021.	87
Tabla 19. Costos relacionados a la mejora	92
Tabla 20. Beneficios económicos de implementar la mejora	93
Tabla 21. Flujo económico actual	94
Tabla 22. Flujo económico de la mejora	95
Tabla 23. Flujo neto de la mejora	96
Tabla 24. Resumen de mejoras	98
Tabla 25. Cronograma de actividades	100

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Calidad	16
---------------------	----

Índice de anexos

Anexo 1. Tablas de selección de impellers y bobinas inductoras.	92
Anexo 2. Programa de producción mensual e informe de producción.	94
Anexo 3. Cumplimiento del programa producción.	96
Anexo 4. Aplicación SAP, reporte de producción.	97
Anexo 5. Tubería estructural especificaciones técnicas y propiedades geométricas de las secciones.	98
Anexo 6. Indicadores TUB03 tubería estructural 2020	102

Acrónimos y Siglas.

SAP: Software de planificación de recursos empresariales

ASTM A53: Especificaciones de la aleación de acero al carbono, utilizada como acero estructural o para tuberías de baja presión

6M: Método para identificar causas, se refiere a; método, mano de obra, materia prima, maquina, medio ambiente y medición

SIPOC: Proveedores (Suppliers), Entradas (Inputs), Procesos (Process), Salidas (Outputs) y Clientes (Customers)

MNC: Material No conforme.

ISO 9001: Es una metodología de mejora de procesos existentes.

DMAIC: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar

mm: Milímetros

m: Metros

min: Minutos

kg: Kilogramo

%: Porcentaje

Resumen ejecutivo.

La siguiente investigación se realizó en la empresa METALCO S.A, cuyo objetivo general se basó en la disminución el porcentaje de producto no conforme en el proceso de formado de tubería de productos largos en la línea TUB03 a través de la implementación de herramientas ingenieriles para el aumento de la rentabilidad de la empresa al ser el producto con mayor porcentaje de producto no conforme, excediendo el límite tolerado por la empresa.

La realización del presente proyecto involucró el análisis del proceso productivo en la línea de formado TUB03, del departamento de productos largos, en la planta de producción METALCO S.A, es a partir de la información brindada y recopilada en el último semestre del 2020 y principio del 2021, propicia el mejoramiento en esa línea de producción de la compañía a través de prácticas adecuadas que propicien el aumento de la productividad en producto de primera calidad.

Para llegar a la definición del problema se trazó un análisis del proceso, además se recopilaron datos que establecieron el reconocimiento, descubrimiento y formulación de este problema por resolver, en esta fase se hizo uso de la metodología DMAIC para medir los aspectos cuantitativos que le dan sustento al proyecto de investigación. Esta etapa se basa en procesar la información que se obtuvo de las herramientas aplicadas.

Una vez analizada, la información recolectada, los datos históricos, y las mediciones realizadas, se procede a proponer mejoras significativas, haciendo uso de la metodología PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), con el fin de crear un ciclo orientado a la mejora continua.

En lo que respecta al proceso actual, se concluye que, la empresa no cuenta con muestreos de aceptación para la materia prima, esto sin duda alguna, es una de causa de los problemas varios de no conformidad en el fleje. Además de la falta de la tarea “colocación de impeders y bobina inductora” que se debe realizar, pero no se identifica como parte del proceso, afectado la calidad final.

En cuanto al porcentaje promedio de falla, se llega a la conclusión que este se encuentra en un 16 %; esto provoca, producto no conforme por que la costura del tubo se encuentra abierta o con rebaba por paros de línea y costura del tubo mal desvirtuado

CAPÍTULO. INTRODUCCIÓN

Capítulo I. Introducción

1.1 Descripción general del proyecto.

En los procesos productivos cumplir con las especificaciones de calidad deseadas es uno de los objetivos principales, las empresas buscan tener sus procesos estandarizados, pero cuando las circunstancias alteran estos patrones es sumamente importante que las jefaturas estudien el escenario y busquen alternativas de mejora.

Al respecto de lo anterior: Ríos, Gómez, López (2015):

Las implementaciones de Normas Técnicas aseguran una competencia honesta entre empresas y ofrecen lineamientos para mejorar las condiciones de calidad tanto de la organización como de sus productos, permitiendo optimizar las operaciones, disminuir costos, incrementar la satisfacción de los clientes y mejorar en general la productividad y la competitividad de la empresa. La normalización es utilizada como un instrumento para transferir información entre diferentes actividades, pero los beneficios que trae consigo no son de fácil cuantificación en términos económicos. (p.3)

Las mejoras que se buscan en este proyecto están dirigidas a mejorar el proceso productivo en el molino de formado TUB03, que es donde se presenta alto índice de producto no conforme. De esta forma definimos que nuestra línea de investigación está instalada dentro de calidad.

El presente proyecto inicia con una etapa de observación del proceso con el fin de recopilar datos que sean relevantes para nuestra investigación y de esta forma determinar las variables que están impactando en el proceso, con la ayuda de herramientas como diagramas de proceso, diagramas de flujo, e histogramas.

Con el propósito de llegar a una solución del problema de calidad planteado, se crean análisis con base en herramientas como diagramas de Ishikawa, diagramas de Pareto, que logren dar soluciones de manera que se pueda delimitar los problemas enfocados. Así se pretende dar un incremento en la rentabilidad económica de la empresa, se busca detectar fallas solucionables que contribuyan con el mejoramiento del proceso, a

través de estas herramientas se busca llegar a proponer soluciones óptimas, prácticas y sencillas que nos lleven a corregir el problema.

En la etapa final del proyecto se hace un seguimiento del cual se procura recopilar datos por medio de la documentación generada por las gráficas, estas nos servirán para desarrollo de nuestras conclusiones y así dar respuesta al problema detectado.

En conjunto con esta etapa de seguimiento, se realizan inspecciones periódicas con el fin de comprobar que la mejora se está aplicando de manera adecuada.

2.2 Identificación de la empresa.

1.2.1 Descripción general de la empresa.

La empresa METALCO S.A, es una empresa líder en la producción de aceros recubiertos y conformados, la cual ha establecido importantes acuerdos con los proveedores del acero mundial con el fin de garantizar el abastecimiento adecuado de materia prima para el proceso y fabricación de sus productos. (METALCO 2020).

METALCO S.A describe en su sitio web, la **misión organizacional** de la siguiente manera:

“Somos la empresa líder en la producción de aceros recubiertos y conformados, orientamos nuestros esfuerzos a maximizar la vida útil del acero, para brindar la mejor relación costo-beneficio a nuestros consumidores.

Buscamos generar valor a nuestros clientes, dirigiendo nuestras acciones a la búsqueda constante de la excelencia con una amplia disposición de servicio y fundamentados en los principios de respeto, honestidad y lealtad.

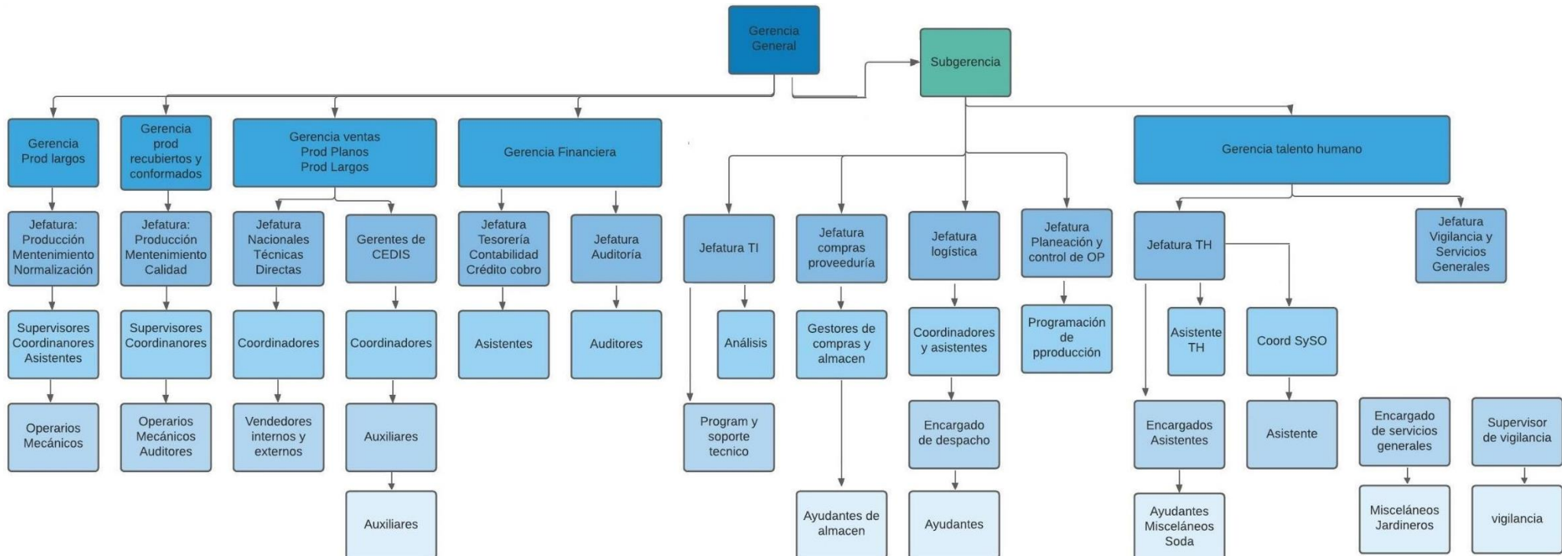
Al cumplir con lo anterior, contribuimos al desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad, de todos los miembros de nuestra organización y a fortalecer la confianza de nuestros accionistas”.

La **visión** de acuerdo al sitio web institucional se describe como:

“Seremos la compañía líder en el mercado del acero, ofreciendo soluciones sostenibles e innovadoras con nuestros productos y servicios, cumpliendo las expectativas de nuestros clientes.” (METALCO, 2020)”

En la figura uno se muestra la **estructura organizativa** de METALCO S.A.

Figura 1. Estructura organizativa



Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a los productos que actualmente son fabricados y distribuidos por la organización, se describen en la tabla uno.

Tabla 1. Productos ofrecidos por la organización

Tuberías	Láminas	Perfiles	Accesorios
Tubería Estructural	Lámina Rectangular	Perfil Tipo C	Lámina de policarbonato
Tubería Industrial	Lámina Colonial	Perfil Tipo Z	Tornillería para cubiertas de Techo
Tubería para Malla	Lámina Toledo	Perfil Muro Seco	Cumbreras
Tubería para Cañería	Canaleta Estructural		Botaguas
Tubería cédula 40	Lámina Metalock		Sujetadores par lámina Metalock
Tubería E.M.T	Lamina Metaldeck		Uniones Galvanizadas o negras para tubería cañería

Fuente: Elaboración propia.

1.2.2 Antecedentes de la empresa.

A continuación, se describen los hechos más relevantes de la empresa, estos se establecen en períodos de acuerdo con la información suministrada por la organización, en el sitio web institucional.

Entre el período de 1962-1972, nace Metales Compañía. Se pone en operación la línea de esmaltado al horno, la producción de perfiles de hierro negro y una planta de galvanización continuo con tecnología flux.

Por su gran volumen de exportación durante 1981 y 1987, la organización es reconocida como la principal empresa exportadora por la Cámara de

Industrias de Costa Rica. Se lanzó el perfil galvanizado como novedad en el mercado del acero en Costa Rica.

Se inicia en 1994 la producción y venta de Teja Toledo. Se crea subsidiaria en Nicaragua, METALNIC. Se incursiona en la producción y venta de tubería industrial, este proceso finaliza en el año 1999.

Durante los años 2001 y 2002, se proyecta una campaña de cuidado del medio ambiente. La Cámara de Exportadores de Costa Rica (CADEXCO) otorga a METALCO el Premio al Esfuerzo Exportador Industrial. Se inaugura METALCO El Salvador. Se realiza la Bienal de arquitectura y Urbanismo.

En el período del 2003 y 2004, METALCO recibió la certificación ISO 9001. Se obtiene el Premio a la Excelencia en las categorías de Servicio al Cliente y Recursos Humanos. Se celebra la Bienal 2004. Se moderniza la línea de galvanizado.

Durante los años 2005 y 2006, se obtiene por segundo y tercer año consecutivo el Premio a la Excelencia en las categorías de Servicio al Cliente y Recursos Humanos. Se adiciona la varilla como complemento a nuestra gama de productos. Se incrementa la variedad de esmaltados ofrecidos al mercado. Se inauguran las nuevas oficinas en Guatemala y Honduras.

Se incorporan a la familia METALCO en los años 2007 y 2008, las empresas Galvatica y Tubotico, ofreciendo al cliente toda la gama de tubería cuadrada, rectangular y redonda para malla, cañería y EMT, así como la lámina para techo teja Galvatica. METALCO S.A. (Metales Colombianos Sociedad Anónima); se encuentra situada en la Ceiba de Orotina, Alajuela; con instalaciones de 25000m² de construcción, la cual genera aproximadamente 300 empleos directos y maneja un consumo aproximado de 130000 toneladas métricas de acero por año, de las cuales el 50% de la producción es exportada a Centroamérica y el Caribe. Durante los primeros meses del presente año, se obtuvo la Certificación ISO 9001-2008, con la cual se abre la posibilidad de exportar materiales a los Estados Unidos y otros países. La empresa durante el 2010 y hasta el año 2012, es reconocida como el único fabricante de tubería Cédula 40 en Costa Rica. La tubería Cédula 40 son tubos de alta presión

(SCH40) fabricados con acero al carbono de calidad estructural, utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW).

La tubería cédula 40 es excelente para conducción de alta presión de agua, gas, petróleo, aire presurizado y fluidos no corrosivos. Están fabricados bajo la norma de fabricación ASTM A53, y están disponibles en hierro negro y galvanizado. METALCO, logra obtener la certificación ISO: 14000, la cual es una norma internacionalmente aceptada que expresa cómo establecer un sistema de gestión ambiental (SGA) efectivo. La norma está diseñada para conseguir un equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción de los impactos en el medio ambiente.

ISO 14000 se centra en la organización proveyendo un conjunto de estándares basados en procedimiento y unas pautas donde la empresa puede construir y mantener un sistema de gestión ambiental. (METALCO, 2020) Se presenta en la figura dos, la planta de producción de METALCO S.A.

Figura 2. Vista de la planta de producción



Fuente: Elaboración propia.

1.2.3 Ubicación geográfica

La planta de producción de METALCO S.A está ubicada en la Ceiba Orotina Kilómetro 70.5, sobre la Ruta Costanera 27, Ceiba de Orotina, Alajuela, Costa Rica como lo muestra la figura tres. Con oficinas centrales en Tibás, San José, Costa Rica.

Figura 3. Oficinas centrales en Tibás y planta en Orotina



Fuente: Google mapa.

1.1. Planteamiento del problema

La empresa METALCO S.A establece como parámetro aceptable de producto no conforme el 3% de la producción de cada máquina. El molino de formado o la línea formadora TUB03 (MTP3) históricamente en los últimos dos periodos demuestra superar el límite máximo establecido. Lo anterior, se respalda en la figura cuatro.

Control de producción TUB03						
Año	total producido kg	producto de primera calidad kg	Producto No conforme kg	NC 3%	NC Fuera de rango %	NC Fuera de rango kg
2018	2090479	2011862	78617	3,8	0,8	15903
2019	2239613	2167900	71713	3,2	0,2	4525
2020	1385505	1330263	55242	4,0	1,0	13677

Figura 4. Control de producción TUB03.

Fuente: METALCO. (2020).

La consecuencia de tener mayor porcentaje del establecido es:

- Retraso en los tiempos de entrega.
- Menor rendimiento económico.
- Mayor volumen en la materia prima.
- Usos ineficientes de recursos energéticos.

Este proyecto pretende utilizar la metodología DMAIC para determinar cuáles son las herramientas ingenieriles que vendrán a subsanar las falencias descubiertas en el desarrollo y aplicación de dicha metodología.

Respecto a esta metodología, López y García. (2014), indican lo siguiente:

En pocas palabras, es un método basado en datos para llevar la calidad hasta niveles próximos a la perfección; es diferente de otros enfoques ya que también corrige los problemas antes de que se presenten. Específicamente, se trata de un esfuerzo disciplinado para examinar los procesos repetitivos de las empresas. Literalmente cualquier compañía puede beneficiarse del proceso Seis Sigma. Diseño, comunicación, formación, producción, administración, pérdidas, etc., todo entra dentro de su campo. (p.6).

En el avance del presente objeto de estudio, se pretende buscar una solución al problema mencionado anteriormente, se buscará implementar herramientas para la solución de estos y a posterior se efectuarán análisis en el área pertinente que nos permitan obtener datos cuantitativos y cualitativos de relevancia para el trabajo de investigación y así establecer cuáles son las soluciones para implementar.

1.3.1 Pregunta de investigación.

¿Cómo implementar las herramientas ingenieriles para determinar las fallas en la producción, reducir la cantidad de producto defectuoso y los desperdicios en la materia prima en la línea de formado TUB03 en la empresa METALCO SA?

1.3.2 Justificación

Este proyecto es creado por la necesidad que tiene el departamento de producción de productos Largos en la empresa METALCO S.A, de mejorar sus indicadores de calidad en la línea TUB03.

La importancia de la producción reside en el objetivo primordial de toda empresa: obtener utilidades, que reside en gran parte de ventas, ya que éste es

el motor de la empresa, sin embargo, si la función de una correcta producción no opera con efectividad, ventas no tendrá material suficiente para poder trabajar, el cliente se inconforma y la oportunidad de tener utilidades se disuelve”. (Reyes Aguilar, 2009)

En este sentido, el resultado que se están presentando en el actual período demuestra que se está siguiendo la misma tendencia de producción en el producto no conforme con un promedio de 4.0% cuando lo ideal es 3.0% o menos, según lo establecido por la empresa, lo cual conlleva a la disminución en las ganancias y disconformidades en el producto terminado esto por problemas en el proceso, de tal manera que es de interés para el departamento de productos largos encontrar y de ser posible aplicar mejoras para disminuir los defectos en el producto.

1.4. Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Disminuir el porcentaje de producto no conforme en el proceso de formado de tubería de productos largos en la línea TUB03 a través de la implementación de herramientas ingenieriles para el aumento de la rentabilidad de la empresa con la utilización de indicador para producto no conforme.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Definir las variables de la producción de tubería estructural en la línea mediante un mapeo del proceso para enfocar los motivos o problema.
- Medir los factores que inciden en la cantidad de producto no conforme para establecer el porcentaje de producto defectuoso.
- Analizar los factores identificados para priorizar según la factibilidad de implementación a largo plazo.
- Mejorar el porcentaje de producto no conforme mediante una propuesta de mejora en el departamento de producción que disminuya la cantidad de producto no conforme en la formadora TUB03.

- Controlar el producto no conforme en la formadora TUB03 para implementación a largo plazo mediante un estudio de factibilidad económica.

1.5. Alcances y limitaciones.

1.5.1 Alcances.

La realización del presente proyecto involucra el análisis del proceso productivo en la línea de formado TUB03, del departamento de productos largos, en la planta de producción METALCO S.A, es a partir de la información brindada y recopilada en el último semestre del 2020 y principio del 2021, propicia el mejoramiento en esa línea de producción de la compañía a través de prácticas adecuadas que propicien el aumento de la productividad en producto de primera calidad.

1.5.2 Limitaciones.

Algunas de las principales limitaciones que surgen para la realización de este proyecto son las siguientes:

- Resistencia al cambio por parte del personal.
- Poco tiempo para implementar el proyecto.
- Por época de pandemia se limita el acceso al personal operativo del proceso que apoyaría más al proyecto.

CAPÍTULO. MARCO TEÓRICO.

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Marco Conceptual general relativo a la carrera.

2.1.1 *Ingeniería industrial.*

De acuerdo con el Consejo de acreditación para la Ingeniería y la Tecnología de Estados Unidos, citado por Urbina (2014), La ingeniería industrial es una profesión, en la que se obtienen conocimientos matemáticos y de ciencias naturales a través del estudio la experiencia y la destreza, estos conocimientos se emplean con cordura para utilizar las fuerzas y los materiales de la naturaleza en beneficio de las personas.

En este sentido Zandin (2005), indica lo siguiente:

La ingeniería industrial se ocupa del diseño, la mejora y la instalación de sistemas integrados de hombres, materiales, equipos y energía. Se alimenta del conocimiento especializado y de la habilidad en las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios y métodos de análisis y diseño de ingeniería para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de esos sistemas. (p.22).

A raíz de lo anterior, no se le considera a la ingeniería, ciencia, sino más bien una herramienta de aplicación de las ciencias, es más arte que ciencia como en la mayoría de las profesiones. Para ser un buen ingeniero y resolver problemas no basta con estudiar ingeniería, también hay que tener además del estudio un acertado juicio y habilidad para aplicar los conocimientos científicos.

2.1.2 *Procesos de manufactura.*

Para entender mejor este proyecto es importante conocer la definición de proceso de manufactura, el libro introducción a los procesos de manufactura del autor Grover (2014). Menciona que es “un proceso de manufactura es un procedimiento diseñado que resulta en un cambio físico y/o químico de un material de trabajo inicial con la intención de aumentar el valor de dicho material” (p.35).

Por lo general, un proceso de manufactura se realiza como una operación unitaria, lo que significa que se trata de un solo paso en la secuencia de pasos necesarios para transformar el material inicial en un producto final. Usualmente, se ejecuta una operación unitaria sobre una sola pieza del equipo, que funciona en forma independiente de las otras operaciones en la planta.

2.1.3 Proceso de formado de metales.

Para cambiar la forma de los metales se utilizan diferentes procesos de manufactura, se usa la deformación plástica para cambiar la forma de las piezas, el formado es el resultado del uso de una herramienta que generalmente es un dado o matriz el cual da forma al metal aplicando fuerza que sobrepasa su resistencia, por lo tanto, el material se deforma tomando una nueva presentación moldeada por el dado o un rodillo en nuestro caso. En este proyecto se aplica el esfuerzo de compresión y doblado para ir deformando el metal e ir tomando la forma con las características deseadas. (Groover, 2014)

2.1.4 Calidad.

La calidad en las organizaciones está estrechamente ligada con las buenas prácticas y diferentes enfoques para garantizar la optimización en los procesos.

Por su parte, como representante destacado de las organizaciones de normalización, la International Organization for Standardization (ISO), plantea que la calidad puede entenderse como el “grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos” (ISO, 2005, p. 8).

El concepto de calidad implica dos aspectos esenciales que son los que permiten su constatación: el resultado y el estándar, en otras palabras, esta se encuentra al comparar el resultado (parcial o total) obtenido en un proceso frente a determinados requerimientos planteados previamente (estándares). En la aplicación en las organizaciones, estos dos aspectos son susceptibles de variación de acuerdo con el enfoque y el avance teórico sobre el tema y, por esta razón, se hace a continuación una descripción general sobre su desarrollo. (Sanabria, Romero y Flórez, 2014).

De acuerdo con Dale (2009), la percepción es lo que determina si un producto es de calidad, esto porque debe cumplir o sobrepasar las expectativas que se tienen sobre este. A manera de ejemplo el autor menciona “el cliente espera un desempeño diferente entre una rondana plana de acero y una rondana cromada de acero, porque son de distintos grados”. (p.12) En este sentido, la calidad está determinada por la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Calidad

$$Q = \frac{P}{E}$$

Donde:

Q = Calidad

P = Desempeño

E =Expectativas

Si Q es mayor que 1.0, el cliente tiene un excelente concepto del producto o servicio.

Fuente: Dale (2009)

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto:

2.2.1 Metodología DMAIC

Para el desarrollo idóneo de este proyecto se pretende desarrollar cada una de las cinco etapas de la metodología DMAIC, que son: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, según nos lo muestra la figura cinco.

Figura 5. Metodología DMAIC



Fuente: <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/>

Para entender mejor esta metodología Rodríguez (2019) indica que el objetivo de esta metodología es conocer y resolver las diferentes causas que ocasionan los defectos a través de las diferentes etapas ya definidas, por lo que es aplicable a nuestro proyecto. Según él la metodología DMAIC fue desarrollada inicialmente por Motorola a principios de los años 90 siendo empleada en proyectos seis sigmas para mejorar la calidad de los procesos.

Las cinco fases de la metodología DMAIC se definen de la siguiente manera como lo menciona Rodríguez (2019) encontramos que:

2.2.2 Definir:

En definir se detalla el problema y el impacto de afectación, además se puntualizan los objetivos que se pretenden alcanzar. La herramienta principal en esta etapa es la observación objetiva, que nos conducirá a examinar a fondo el proceso con el fin de desarrollar una acertada propuesta de mejora para la situación actual de la línea productiva. Se establecerán las fechas en las que se llevará a cabo el proyecto, además se identifican también los responsables.

2.2.3 Medir:

Esta etapa es fundamental para saber si las acciones que se han implementado están dando resultados positivos, se recolectan datos mediante el muestreo estadístico, con el fin de determinar las métricas de rendimiento y que se puedan estar comparando con el tiempo, para decidir qué acciones adoptar. Es necesario disponer de sistemas de medición con un nivel adecuado de precisión y veracidad, con el fin de asegurar la calidad de los datos.

2.2.4 Analizar:

Una vez conseguidos los datos se inicia con los análisis y las formulaciones de las teorías sobre las causas de los problemas hallados. Para determinar la causa raíz del problema nos apoyamos en las herramientas como diagramas de Ishikawa y de Pareto.

2.2.5 Mejorar:

Una vez completadas las anteriores etapas es tiempo de identificar, implementar y probar soluciones creativas. No siempre la solución adecuada saltará rápidamente en algo tangible y notorio, se debe llegar a un proceso donde se eligen las mejores y las que más se adapten al proceso productivo para implementar sistemáticamente.

La fase implementación nos permite idear la propuesta más viable que mejore la situación actual y que sea la más óptima en favor de la empresa. Una vez definida la ejecución, se deberá evidenciar que es un proyecto económicamente viable mediante un análisis económico y de fácil ejecución que se adecúe a su vez al proceso en el molino de formado.

2.2.6 Controlar:

Este último paso se considera sumamente determinante pues es ahí donde se da el control y seguimiento de las implementaciones o mejoras que se aplicaron al proceso, se implementa una documentación diaria con el objetivo de mantener las mejoras con el paso del tiempo y a la vez sirva de respaldo para comprobar que la implantación está coexistiendo de forma adecuada.

Lo derivado del proyecto se pretende implementar a través del tiempo es por eso que se debe obtener los controles necesarios para, asegurar la sostenibilidad de los resultados, asegurar que las soluciones implementadas se controlen y se monitoreen mediante los parámetros necesarios.

2.2.7 Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo es la representación gráfica del flujo o secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución, por lo que se considera es la representación simbólica de un proceso. El objetivo de la herramienta es representar gráficamente las distintas etapas de un proceso y sus interacciones, para facilitar la comprensión de su funcionamiento. Es útil para analizar el proceso actual, proponer mejoras, conocer los clientes y proveedores de cada fase y representar los controles (Aguilar, 2017)

2.2.8 SIPOC

Diagrama que representa los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes, (por sus siglas en inglés suppliers, inputs, process, outputs y customers) es una técnica utilizada para representar la visión de alto nivel de un proceso son útiles para representar de manera gráfica y resumida un proceso, usualmente se puede indicar los requerimientos asociados a los proveedores y los clientes por lo que son una herramienta común en capacitaciones. En la metodología de seis sigmas DMAIC, se utiliza con frecuencia en la fase de definición para un proceso definido o en la implementación para un rediseño o actualización (Burckhardt, Gisbert y Pérez, 2016).

2.2.9 Diagrama Ishikawa

El diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado es nombrado por su característica forma. Se utiliza como representación gráfica sencilla en la relación entre las causas y consecuencia de una problemática. Inicialmente se

identifica el problema, como cabeza del pescado y luego enumera un conjunto de potenciales causas que lo hayan podido provocar en las espinas, generalmente asociadas a las 6M de la calidad; maquinaria, materiales, medición, mano de obra, medio ambiente. El uso de la herramienta permite detectar de manera ágil y sencilla las posibles causas a un problema concreto y definir correcciones de manera óptima y eficaz, para dar solución de manera inmediata (Nuño, 2017).

2.2.1 Diagrama Pareto

Consiste en la elaboración de un gráfico de barras y tendencia acumulada en donde se expone mediante barras los problemas que se están dando dentro de una organización. Para su análisis se debe discriminar las causales más relevantes de las menos notables, pero que de igual forma están incidiendo en las actividades productivas diarias de la empresa y del entorno que la rodea. Mediante la regla 80/20, para la que el 80% de las incidencias se asocian a solo el 20% de las causas.

Su aplicación permite, que se evalúe la causal que mayor incidencia está teniendo en las operaciones de la empresa y obtener una visión más clara de los problemas de mayor impacto (Laines, 2017)

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto.

La calidad de los materiales de construcción es sumamente importante para las obras de todo tipo de edificación y sobre todo para el desarrollo de la creciente industria nacional, es por tal motivo que se requiere de una herramienta clave para la planificación estratégica, y el cuadro de mando integral es el indicado por que permite combinar indicadores financieros y no financieros.

Referente al proyecto se muestra a continuación el siguiente cuadro de mando integral, donde se comunica la estrategia a seguir durante el desarrollo del trabajo a futuro. En la tabla dos, se muestra el cuadro de mando integral es una proyección a futuro de lo que se pretende obtener con el presente proyecto.

Tabla 2. Cuadro de mando integral

Cuadro de mando integral				
Perspectivas	Objetivo Estratégico	Indicador KPI	Acciones de mejora	Meta
Financiera.	Incremento de ingresos y Disminución de gastos	Cumplimiento del programa de producción	Revisar vida útil de la Maquinaria	Mejorar indicador de cumplimiento producción en 2%
Del Cliente	Aumentar satisfacción del cliente	Nivel de Reclamos	Implementación de herramientas ingenieriles de control	Reducir un 1% de material no conforme del promedio de los 2 últimos periodos
Del Proceso	Incremento en la calidad del producto terminado.	Nivel de cumplimiento	Implementación de herramientas ingenieriles de control	Reducción de producto NC al 3% máximo
De Desarrollo y Crecimiento	Charlas y Capacitaciones	Horas invertidas en capacitaciones	Desarrollo del talento humano	Alcanzar un promedio mayor al 80% en los índices de clima laboral

Fuente: Elaboración propia. (2020).

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.

Un primer proyecto que podemos destacar es el de Sánchez, 2020 quien realizó la investigación titulada *“Mejora de la eficiencia en la línea de producción de botellas número 1 en la presentación de 3 litros, planta refrescos en río segundo de Alajuela durante el primer cuatrimestre 2020”*.

De acuerdo con el autor, el problema principal es alta cantidad de paros en el proceso de envasado, por ende, una de sus metas en su investigación pretende la disminución de paros línea y aumentar la capacidad y eficiencia de la misma, para lograrlo hizo uso de herramientas ingenieriles, lo cual le llevó a desarrollar una investigación y presentar una propuesta donde evidencia se podrían alcanzar los objetivos deseados.

La segunda investigación analizada es la de Vargas, 2017, bajo el nombre de *“Reducción del desperdicio de materia prima en la empresa Cotomate SA, en Alajuela Costa Rica, en el año 2017”* este proyecto es para optar por el grado de bachillerato en ingeniería industrial y tiene como objetivo principal hacer un análisis del proceso productivo en la empresa Cotomate S.A, para determinar cuáles factores están directamente ligados con el desperdicio de tomate que se genera en la planta de San Rafael de Alajuela. Gracias al análisis que se llevó a cabo en ese proyecto se logró determinar que las responsabilidades y roles no estaban bien definidas, además se evidencia que no se cuenta con un proceso claro que determine la calidad del producto.

El autor concluye que inicialmente el proyecto iba dirigido a analizar el desecho de materia prima, como único causante de la problemática económica que afronta la empresa COTOMATE S.A. Sin embargo, después de hacer un arduo análisis de todos sus procesos, tanto industriales como administrativos, las conclusiones resaltan hechos que no se habían tomado en cuenta nunca dentro de la empresa, lo cual redirecciona a brindar recomendaciones varias, y que serán de suma importancia para cambiar no solo los procesos utilizados, sino a mejorar cuantitativamente la productividad de la empresa.

Un proyecto con igual similitud es el de Núñez 2018, que busca la disminución de porcentaje de producto defectuoso, este proyecto el cual el autor

titula “*Disminución del porcentaje de producto defectuoso en la bloquera Belén para el segundo semestre del 2018*” y el cual es para optar por el grado de bachillerato en ingeniería industrial, el proyecto primeramente y a través de una asertiva fase de análisis logró encontrar causas muy significativas que provocan el producto defectuoso, luego en la etapa de implementación se hicieron uso de herramientas como gráficas de control e instalaron aparatos sensoriales entre otras mejoras, las cuales llevaron a brindar un excelente aporte logrando una disminución del 0.02% en la cantidad de segunda.

La calidad sin duda es sumamente importante en los productos, ya que el cliente paga por un producto o servicio y espera que como mínimo este cumpla con las especificaciones que se le ofrecen, aunque lo ideal es que se excedan esos requerimientos. Garantizar la calidad de los productos está directamente vinculado con el éxito de la empresa.

Por último, se analiza la investigación de Zegarra (2017), bajo el título de “*Reducción de productos no conformes en la fabricación de jabones modelo ovalado, aplicando metodología AMEF*”. El objetivo general es reducir los productos no conformes en la fabricación de jabones de modelo ovalado aplicando la metodología de Análisis del modo y efecto de la falla. Desarrollando cada una de las etapas de la metodología que son: modo de falla potencial, efectos potenciales, causas potenciales y control del proceso. Durante el desarrollo del trabajo de investigación, se conoce los subprocesos y trabajos que se aplicaron en el laboratorio, causas de los defectos de los productos de jabones de modelo ovalado, la participación de los profesionales y operarios para obtener la mejor propuesta, por último, el desarrollo de la metodología análisis del modo y efecto de la falla para identificar los modos potenciales.

Para medir el alcance de la metodología, se fragmentó la variable dependiente en 4 indicadores: porcentaje de productos no conformes por longitud, porcentaje de productos no conformes por peso, porcentaje de productos no conformes por acabado, porcentaje de productos no conformes por forma y el número de prioritario de riesgos de los 4 indicadores. El resultado final

del porcentaje de los productos no conformes se redujo de 16.66%, representa 10,000 unidades, a 1.36% que representa 820 unidades de jabón de modelo ovalado. Además, se recuperó la inversión de S/. 8,365.00 nuevos soles a un mes de la implementación.

CAPÍTULO. MARCO METODOLÓGICO.

Capítulo III. Marco Metodológico

3.1 Metodología para la definición del problema.

En este proyecto definir el problema ha sido de los pasos más esenciales, para llegar a la definición del problema se trazó un análisis del proceso, además se recopilaron datos que establecieron el reconocimiento, descubrimiento y formulación de este problema por resolver. Seguidamente se observa en la tabla tres.

Tabla 3. Definición del problema

Fase	Acción	Herramientas	Responsable	Plazos
Definir el problema o necesidad.	Recopilación de datos históricos de producción de la línea.	Interrogatorio. Datos digitalmente almacenados.	Jeffrey Soto	Mes de Agosto
	Entrevista con supervisores y operarios de línea.	Utilización de bitácora con preguntas definidas.		
	Observación de hechos relevantes.	Realización de un diagrama Ishikawa.		
	Toma de muestras de producto no conforme.	Gráficos de control.		

Fuente: Elaboración propia.

3.1 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.

En esta fase se hizo uso de la metodología DMAIC para medir los aspectos cuantitativos que le dan sustento al proyecto de investigación. Esta etapa se basa en procesar la información que se obtuvo de las herramientas aplicadas, con el fin de esclarecer el problema a investigar, este se presenta en la tabla cuatro.

Tabla 4. Medición

Fase	Acciones	Instrumentos	Encargados	Fecha
Medición	Mediciones en mesa recolectora	Cinta métrica, Calibrador, Micrómetro, Escuadra de precisión y Galgas de profundidad.	Jeffrey Soto Q con colaboración del auditor de calidad de proceso.	Mes de Septiembre
	Recopilación de datos estadísticos en el laboratorio calidad.	Gráficas de control NP	Jeffrey Soto con colaboración del supervisor de calidad.	
	Medición de porcentajes de segunda.	Gráficos y tablas. Cámara fotográfica.	Jeffrey Soto Q	

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Metodología para la propuesta de mejora.

Una vez analizada, la información recolectada, los datos históricos, y las mediciones realizadas, se procede a proponer mejoras significativas, haciendo uso de la metodología PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), con el fin de crear un ciclo orientado a la mejora continua, esta se encuentra en la tabla cinco.

Tabla 5. Propuesta de mejora

Fase	Acciones	Instrumentos	Encargados	Fecha
Propuesta de mejora	Reunión virtual con el jefe de producción y supervisores para obtener razonamiento de expertos	Borrador para recolección de datos y Microsoft Teams	Jeffrey Soto con colaboración de jefatura del proceso	Mes de Noviembre
	Lluvia de ideas para puntos relevantes	Diagramas Ishikawa. Pareto.	Jeffrey Soto Q	
	Medición de producto no conforme	Tablas y Gráficos		
	Muestreo estadístico	Definir límites de gráficas de control		
	Análisis de datos	Estadística descriptiva	Jeffrey Soto con colaboración de jefatura del proceso	

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Metodología para la implementación del proyecto.

En esta sección se identifican las propuestas con el fin de implementar las mejoras.

El plan de implementación está enfocado en desarrollar herramientas ingenieriles que permitan un control y gestión adecuados en la línea TUB03, para beneficio de todas las partes involucradas, junto con el plan de implementación generamos una tabla la cual especifica las actividades, los responsables y los plazos del proyecto, en la tabla seis.

Tabla 6. Implementación del proyecto

Fase	Actividades	Instrumentos	Encargados	Fecha
Implementación del proyecto	Realización de los recientes formatos para las gráficas de control, para el departamento de control de calidad.	Herramientas de office	Jeffrey Soto	Diciembre 2020
	Diagrama, para exponer el tiempo y la dedicación prevista para las distintas actividades	Diagrama de Gantt	Jeffrey Soto Con la colaboración del jefe de producción	
	Informar a los operarios de la mejora	Charla y correos		
	Implementar la mejora en mesa recolectora	Herramientas Calibradas de medición	Jeffrey Soto y auditor de calidad	

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados del proyecto.

En esta etapa se aplica la fase final de la metodología DMAIC, donde el objetivo primordial es el diseño de un sistema que permita evidenciar las mejoras, fallas o errores que se presenten en el modelo sugerido.

Esta etapa va junto con una evaluación final de la gestión del proyecto, para poder anotar las lecciones aprendidas, y de esta manera se es necesario implementar modificaciones y poder continuar con la mejora continua del proceso en la línea. En tabla siete se sintetizan el planteamiento propuesto en esta fase.

Tabla 7. Verificación, aseguramiento, control y seguimiento de los resultados

Fase	Acciones	Instrumentos	Encargados	Fecha
Verificación, aseguramiento, control y seguimiento de los resultados	Revisión diaria de los indicadores de producción, para valorar resultados de la correcta implementación.	Parámetros de producción	Jefe de producción	Mes de enero de 2021.
	Reforzamiento mensual.	Charlas o reuniones	Supervisores	
	Analizar resultados	Parámetros de control de producción: gráficos de control SAP productivo		
	Generación de conclusiones basado en los hechos	Reunión con los encargados y supervisores		

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO. LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSA.

Capítulo IV. Línea base y análisis de causa.

4.1 Identificación de las causas del problema.

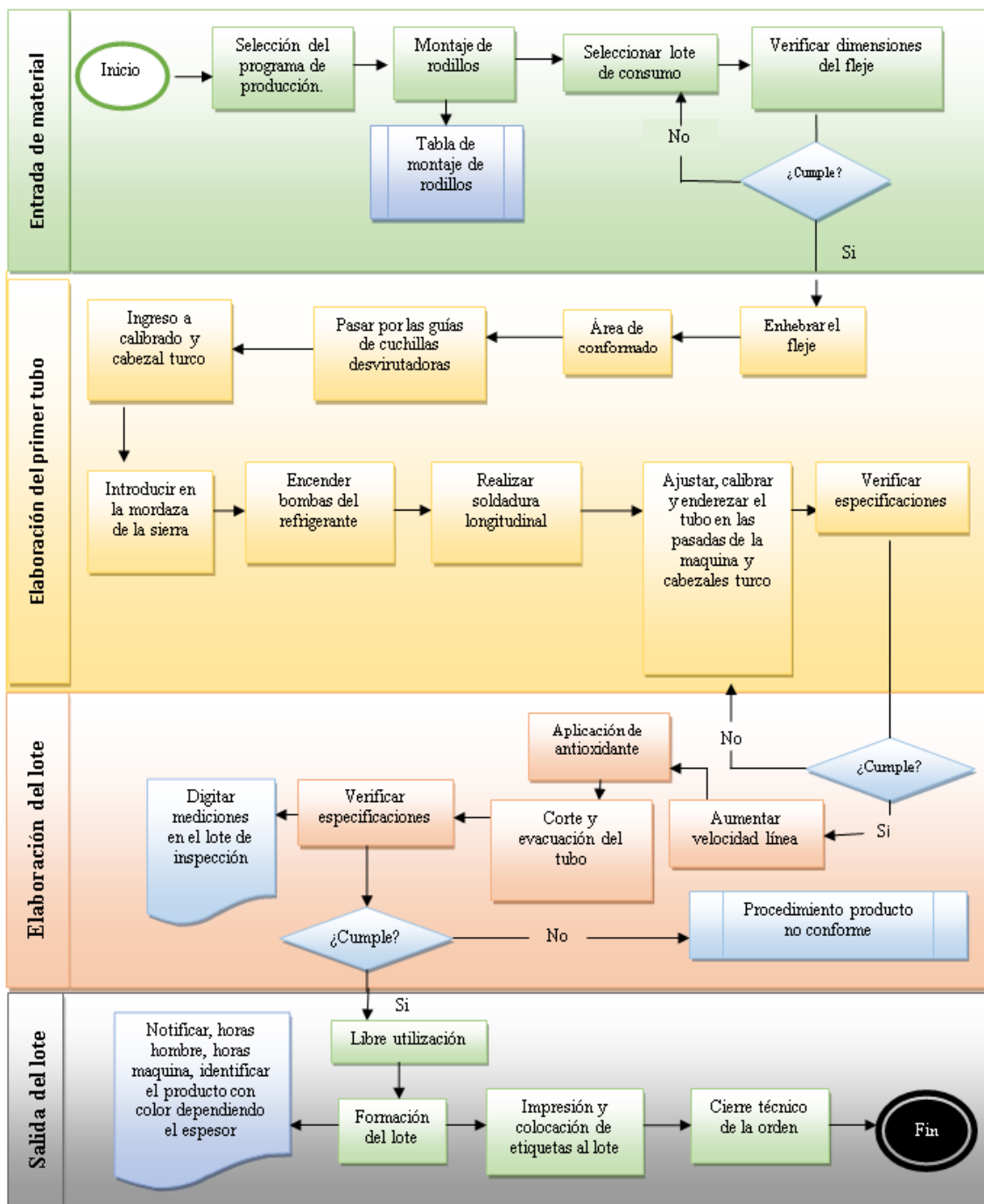
Para la empresa METALCO es de vital importancia garantizar que sus productos cumplan con las normas específicas de calidad, para seguir proyectando esta política en el mercado es necesario continuar implementando la mejora continua y en la línea de TUB03 se presenta esta oportunidad al evidenciarse que existe ciertos puntos que se pueden mejorar.

Para identificar las causas del problema es muy importante conocer bien el proceso de fabricación, con el fin de determinar cuáles son los factores que contribuyen en dicho problema. El uso de herramientas como los diagramas de flujo, diagrama de SIPOC, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, resultan sumamente útiles para comprender el proceso. Gracias a toda la información recolectada se analizarán los datos y determinaremos los criterios más aptos para realizar una mejora en el proceso del molino.

4.1.1 Diagrama de flujo del proceso de fabricación.

En la figura del diagrama de flujo se describe el proceso de la línea TUB03.

Figura 6. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Elaboración propia.

Mediante el reconocimiento del proceso con el que se trabaja la línea de producción, se observa la falta de muestreos de aceptación para la materia prima, debido a que el proveedor, de carácter interno a la organización, verifica el producto, pero no clasifica el insumo entre primera, segunda o tercera calidad lo que desencadena en problemas con el fleje que son causa de producto no conforme. Entre las no conformidades que se detectan asociadas a la falta de un muestreo de aceptación se encuentran; fleje con el borde estirado (tipo

campana), fleje con óxido (que proviene de etapas iniciales y materia prima no conforme), fleje con menos desarrollo del debido (menos ancho de lámina) y fleje con desprendimiento de galvanizado.

Con la información documentada de la línea, se realizó el diagrama de flujo en el cual se observa que falta especificar cuándo poner el impeder y la bobina inductora que son las piezas que cambian en la soldadora longitudinal, las cuales varían según el montaje de rodillos y son causa de producto no conforme, según comentarios de los encargados, sino se pone el impeder y la bobina adecuados y se ajustan correctamente el tubo no soldara bien y presentara aberturas, además excede el consume corriente eléctrica. En Anexo 1, se especifica la información del impeder.

“La bobina inductora apropiada debe fijarse adecuadamente a los conductores de salida. Debido a que la misma bobina inductora es parte del circuito de resonancia de alta frecuencia del Generador, la selección correcta de la configuración de la bobina inductora es crucial para la operación de la soldadora. Una bobina inductora mal configurada o colocada puede dañar la calidad de la soldadora e incluso puede provocar que la soldadora no arranque.” (Tubotico, 2008, p.31)

4.1.2 Herramienta SIPOC.

En la tabla ocho se presenta un diagrama de SIPOC del proceso productivo en TUB 03, en el cual se identifican todas las aéreas que participan en la obtención del objetivo principal, como lo son los proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes.

Tabla 8. Diagrama de SIPOC del proceso productivo

SIPOC: Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers del proceso de formada tubería estructural en TUB 03				
Suppliers (Proveedores)	Inputs (Entradas)	Process (procesos)	Outputs (Salidas)	Customers (Cliente)
<p>Líneas de producción internas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Líneas de corte. 	<p>Fleje laminado en caliente.</p> <p>Fleje laminado Galvanizado.</p>	Formado de tubería.	Producto terminado.	Despacho.
<p>Planificación y control de operaciones</p>	Programa de producción.	<p>Aplicación del programa de producción.</p> <p>Producción programada</p> <p>.</p>	Conclusión del programa de producción.	Índice de cumplimiento de producción
<p>Procesos de apoyo, ejemplo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compras • Mantenimiento • Talento humano 	<p>Personal.</p> <p>Inducciones.</p> <p>Capacitaciones.</p> <p>Clima y cultura</p>	<p>Toma de decisiones.</p> <p>Digitalización de la producción.</p>	Cantidad y calidad del personal que labora en el	<p>Cliente interno.</p> <p>Compañerismo</p> <p>.</p> <p>Cliente externo.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Normalización • TI <p>Entre otros.</p>	<p>organizacional.</p> <p>Insumos.</p> <p>Herramientas</p> <p>.</p> <p>Soporte técnico.</p>		<p>departamento.</p>	
<p>Aseguramiento de la Calidad</p>	<p>Control de mediciones</p>	<p>Mejoramiento y estandarización</p>	<p>Indicadores de calidad</p>	<p>Producto cumple/no cumple</p>

Fuente: Elaboración propia.

Al identificar las entradas y salidas del proceso, se logra identificar la falta de la identificación de requerimientos de entrada, salida y a lo largo del proceso para la línea de producción TUB 03. Lo anterior ya que a pesar de identificarse las especificaciones técnicas y de calidad, no son reconocidas como requerimientos por todo el proceso de producción.

Además, se identifica la falta de estandarización en la etapa del proceso, lo que, de la mano con la falta de documentación clara sobre los requerimientos de la línea, son causa de productos no conformes como; la falta de capacitación en los cambios de formato y costura del tubo mal desvirtado (sin desbastar el cordón por descuido de los operarios), esta última al no contar con una delimitación clara del proceso.

A continuación, se detallan cada una de las etapas del proceso.

Proveedores.

En la línea de producción TUB 03 cuenta con una serie de proveedores que en conjunto permiten llevar a cabo el proceso de producción de manera exitosa:

- Los proveedores de materia son las slitter o líneas de corte longitudinal, las cuales son líneas que pertenecen al mismo departamento de producción.

- El departamento de planificación y control de operaciones provee el programa de producción y lleva el control de los indicadores de producción.
- Los Procesos de apoyo son todos los demás departamentos que de una u otra manera proporcionan algún servicio o apoyo a la línea de producción TUB03, como por ejemplo el departamento de Talento Humano que proporciona todo lo relacionado con los capacitar y velar por el clima organizacional en la línea y en la empresa en general.
- El departamento de calidad es el encargado de asegurar la calidad de los productos

Proceso

En cada una de las fases del proceso se demanda una acción concreta, relacionada y adaptada a todos los componentes de este, que unidos comprenden toda la operación, de manera que una de las fases más importantes del proyecto corresponde en obtener los criterios más claros del proceso con el fin de determinar cuáles son las oportunidades de mejora.

Salidas

En esta parte de salida se representa todo lo que se espera obtener del proceso y de todos sus distintos componentes, donde el objetivo principal para la línea TUB03 es el cumplimiento de los objetivos trazados en el transcurso de la operación.

Clientes.

Los clientes son los que reciben el resultado del proceso, en el caso de la línea de producción TUB03 siempre busca obtener la satisfacción del cliente.

4.2 Especificaciones del producto.

Las tuberías producidas en línea TUB03 es de los productos estrella de METALCO, por lo tanto, este proyecto se enfoca en la producción que se da en esta línea, es de mucho interés conocer las características del producto, con el fin de entender si el producto final es de primera calidad por el contrario es un producto no conforme.

4.2.1 Especificaciones del proceso productivo

Mediante el reconocimiento de las etapas fundamentales del proceso, sus entradas y salidas por la gerencia de la empresa, se reconocen la oportunidad de mejora de la asignación de responsables al proceso. Lo anterior ya que actualmente no se cuenta con responsables para estas etapas, lo que provoca falta de capacitación en los cambios de formato para los operarios que son responsables indirectos.

4.2.2 Volumen de fabricación

El volumen de fabricación lo define el departamento de planificación y control de operaciones y está ligado a las ventas y a cumplir el catálogo de inventario que se maneja, se determina un tonelaje mensual y se crea un programa de producción mensual el cual es verificado y actualizado a diario junto con el informe de producción. (Ver anexo 2), también se lleva un gráfico de cumplimiento del programa de producción. (Ver anexo 3).

En la aplicación de SAP productivo se cuenta con el reporte de producción, donde se anota la producción diaria y todos los datos referentes al proceso como tiempos improductivos, consumo de materia prima y cantidad de materia no conforme generada durante el día y también en el mismo reporte de producción se anotan los tiempos improductivos de la línea. (Ver anexo 4)

4.2.3 Rendimiento del equipo.

El molino de formado TUB03 tiene un rendimiento promedio de 83% calculando los datos del primer semestre del 2020, la cual se calcula dividiendo la productividad real sobre la productividad esperada.

4.2.4 Recurso humano.

Para operar la línea se tienen destinadas 24 personas en total, la línea se trabaja 24 horas al día de lunes a sábado, en turnos de 8 horas rotativamente y con ocho personas por turno, solo cuando es muy necesario se produce también los domingos. Se distribuye de la siguiente manera, en la tabla nueve.

Tabla 9. Personal TUB03

Puestos	Personal TUB03				Ayudante de puente de grúa	Operador de puente de grúa
	Encargados de línea	Viruteros	Soldador	Recolectores		
Cantidad de personal	3	3	3	9	3	3
Objetivos	Coordinar y ejecutar la producción de tubos cumpliendo con el programa de producción.	Velar por la buena calidad y el acabado del tubo, y asistir al encargado.	Mantener la alimentación continua de materia prima a la línea por medio del acumulador de fleje.	Recolectar el tubo formado que sale de la línea de producción para la formación de paquetes de producto terminado. Amarrar con zuncho el paquete y se le pintan los bordes según su calibre.	Colocar la etiqueta de identificación de los lotes y poner las fajas al paquete.	Operación del puente de grúa.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5 Características generales del producto.

La tubería estructural es utilizada en construcciones, edificaciones y propósitos generales de estructuras, se fabrica en laminado en caliente (hierro negro) y galvanizado, la tubería estructural se fabrica de forma rectangular y cuadrada en longitudes estándar de 6.00 metros, también en longitudes especiales de acuerdo a lo solicitado por el cliente. Ver anexo 5.

4.2.6 Especificaciones técnicas de los tubos estructurales.

La tubería estructural cuadrada y rectangular presenta beneficios para el usuario, entre los que se podría mencionar el ahorro de soldadura para hacer cajas, facilidad de instalación y ahorro significativo en tiempo. La tubería estructural que se fabrica en METALCO, son en hierro negro y para obedecer a la necesidad de brindarle al cliente un producto con mayor capacidad se tiene el

galvanizado, el cual da un mejor acabado que embellece la construcción según lo indica METALCO 2020 en su página oficial. Ver anexo 5.

4.2.7 Especificaciones de calidad para la tubería estructural.

METALCO S.A cuenta con especificaciones de calidad para todos sus productos y la tubería estructural no es la excepción, en la siguiente tabla se presenta parte de las especificaciones de calidad que buscan filtrar el producto terminado y ayudar a separar el producto no conforme. En la tabla 10, se muestra la clasificación del producto estructural.

Tabla 10. Clasificación del producto estructural

Clasificación del producto Estructural				
Características de calidad	Primera		No conforme	
			Segunda	Tercera
Longitud.	-0 mm / +30 mm		Hasta 100 menos de la especificación nominal.	Longitud desde 500 mm (menos de 500 mm es chatarra).
Aberturas de soldadura.	Sin abertura		Hasta 1200 mm de abertura continua o discontinua totales.	Tubos con más de 1200 mm de abertura o la suma total de las aberturas
Alineamiento Longitudinal.	Diámetro/ Sección	Tolerancia	Mayores a	N.A
	Menor a 50 mm	25 mm	25 mm	
	De 50 mm y menor a 150 mm	20 mm	20 mm	
	De 150 o mayores	15 mm	15 mm	
Diámetro/Sección exterior	Diámetro/ Sección	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC.	El tubo debe de conservar su forma cuadrada o rectangular, aunque este con la costura sin soldar.
	Menor a 50 mm	+/-0.5 mm		
	De 50 mm a mayores	+/-1 mm		

Resistencia de soldadura (aplastamiento)	La muestra no debe presentar agrietamientos o fisuras en la soldadura al aplastar está en 25%		Fuera de especificación	N.A
Espesor de pared	Espesor	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC	N.A
	Menor a 2 mm	+/- 0.16 mm		
	De 2 mm y menor a 4 mm	+/-0.20 mm		
	De 4 mm a mayor	+/-0.30 mm		
Corte	Perpendicular sin deformaciones		No perpendicular, o con deformaciones.	N.A
Soldadura de punta y Cola	Sin soldadura de flejes		Con soldadura de flejes	N.A
Recubrimiento del zinc	Liso y uniforme		Mala adherencia de, manchas severas, tubos con puntos y/o zonas sin galvanizar	Tubos HG sin recubrimiento total (hierro negro)
Torsionado	Diámetro/ Sección	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC	N.A
	Menor a 50 mm	1.0 mm		
	De 50 mm o mayores	1.5 mm		

Escuadra	Diámetro/ Sección	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC	N.A
	Menor a 50 mm	0.5 mm		
	De 50 mm o mayores	1.0 mm		
Planicidad de las caras	Diámetro/ Sección	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC	N.A
	Menor a 50 mm	0.5 mm		
	De 50 mm y menor a 150 mm	0.8 mm		
	De 150 a mayores	1.0 mm		
Apariencia	Sin marcas severas y sin oxidación. Costura externa lisa y sin bordes. El galvanizado sin desprendimiento de metalizado.	Marcas o golpes severos y oxidación que penetra el acero. Costura irregular, escasa fundición de los bordes o sin metalizar.	Tubos doblados, curvos por defecto de arranque, segmentos buenos y aplastados.	

Fuente: Elaboración propia.

Al identificar las especificaciones de calidad del producto, se reconoce la falta de estandarización en la línea de producción, ya que a pesar de contar con las especificaciones de calidad no se tiene una delimitación clara y documentada para su producción, lo que se traduce en producto no conforme por causas como; Tubo abierto en la costura por errores en el montaje de rodillos, tubo doblado por desalineamiento de rodillaje, tubo con la costura montada por mal ajuste en el formato y tubo abierto en la costura por falta o exceso de temperatura en la soldadora.

4.3 Situación actual.

El principal objetivo del proyecto es conocer la situación actual de la línea TUB03 con el fin de tener un claro entendimiento del entorno, de las fortalezas y debilidades del proceso y las posibles mejoras que se puedan adaptar con el fin de aportar a la mejora continua.

4.3.1 Situación actual de la cantidad de producto no conforme.

Para comprender la situación actual de la cantidad de producto no conforme generado al producir tubo estructural, se usaron datos históricos suministrados por la empresa de los primeros seis meses del 2020, los cuales se presentan en la tabla trece.

Tabla 13. Indicadores

Año 2020	Línea	Indicadores							
		Cantidad Consumo	Horas Calendario	Horas Programadas	Horas Efectivas	Utilización	Calidad	No conforme	No conforme
		t					%	t	%
Enero	TUB 03	2.458	744	620	515	83,1%	96,3%	90,946	3.7
Febrero	TUB 03	2.658	696	615	542	88,1%	96,0%	106,320	4
Marzo	TUB 03	2.698	744	633	526	83,1%	96,2%	102,524	3.8
Abril	TUB 03	2.597	720	628	540	86,0%	95,7%	111,671	4.3
Mayo	TUB 03	2.425	744	625	519	83,0%	94,9%	123,750	5
Junio	TUB 03	2.525	720	625	538	86,1%	95,5%	113,625	4.5
promedio		15.361	4368	3746	3180	84,9%	95.8%	648,836	4.23%

Fuente: Elaboración propia.

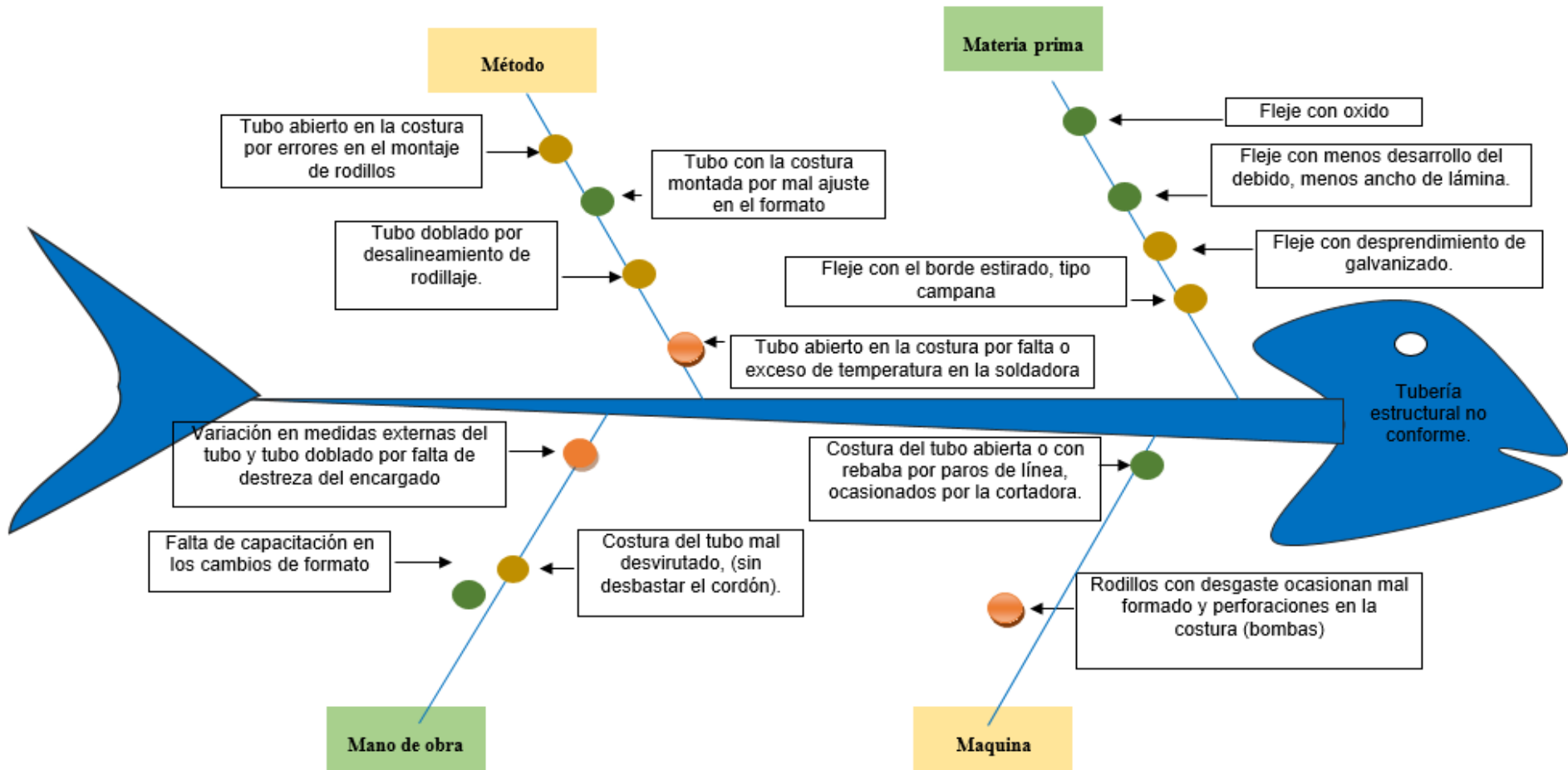
Al conocer la información sobre los indicadores de producción, analizar el porcentaje de calidad y utilización para los meses con mayor porcentaje de producto no conforme; se logra asociar con los periodos de mayor falla en el sistema de corte longitudinal (cortadora), que forma parte del equipo necesario para la producción de TUB03. El porcentaje promedio de falla de este equipo, para los últimos meses es mayor al 16% lo que provoca, entre otras fallas reconocidas por la empresa; producto no conforme como, rebaba y deformidad en el corte, costura del tubo abierta y costura del tubo mal desvirtuado. (Ver anexo 6),

4.4 Análisis de causas mediante el uso de la herramienta diagrama de ISHIKAWA del Molino TUB03.

Seguidamente se presenta en la figura 11, el diagrama de ISHIKAWA, el cual se elaboró con datos de distintas fuentes tales como entrevistas aplicadas a los recolectores donde la pregunta principal era ¿Cuál considera usted que es la principal causa de producto no conforme, en el tubo estructural en la línea TUB03?

Además, utiliza datos históricos de la empresa, una lluvia de ideas con los encargados de la línea, observación del proceso productivo de la línea (en conjunto con el encargado de la línea y el supervisor) y hallazgos del presente diagnóstico.

Figura 6. Diagrama de Ishikawa de las no conformidades de la tubería estructural



Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Materia prima

- Fleje con el borde estirado, tipo campana.

En la línea del proceso anterior deben velar por que el fleje presente un corte adecuado uniforme, es importante que se realice con cuchillas bien rectificadas, ya que un mal corte puede provocar problemas en el formado y por lo tanto producto terminado no conforme, como es el caso del fleje cuando presenta borde estirado y fluting o estrías, estos defectos provocan problemas de formado principalmente en la soldadura longitudinal.

- Fleje con menor desarrollo del debido o sea menos ancho de la lámina

La materia prima debe de venir con el desarrollo del fleje adecuado, cuando viene con menor desarrollo des calibra la máquina y provoca aberturas en la costura.

- Fleje con desprendimiento de zinc

Cuando el fleje es galvanizado y presenta este defecto no se puede hacer nada en la línea para remediarlo.

- Fleje con óxido

Igual que en el caso anterior no se puede hacer mucho si el fleje presenta este defecto, más que aplicarle antioxidante en mayor cantidad.

4.4.2 Mano de obra

- Costura del tubo mal desvirutado

El tubo generalmente sale mal desvirutado o sea sin desbastar el cordón cuando se quiebra la calza (cuchilla) o cuando el exceso de viruta embota la calza y si los operadores no están pendientes la cantidad de unidades puede ser alta.

- Falta de capacitación en los cambios de formato

Si el personal no está bien capacitado el formato puede quedar mal alineado o con rodillos que no son entre otros errores.

- Variación en medidas externas y tubo doblado por falta de destreza del encargado.

Este defecto ocurre generalmente al inicio de una producción, mientras los operadores le dan el ajuste adecuado a la línea, varía la cantidad de producto no conforme dependiendo mucho de la capacidad de los operarios, la experiencia y la habilidad especialmente del encargado de la línea influyen en el desempeño y eficientes en su operación de trabajo

Entre las condiciones que más pueden afectar el trabajo de los operarios son: poca iluminación, el exceso de ruido y el calor.

4.4.3 Método

- Tubo abierto en la costura por temperatura alta o baja en la soldadora

La soldadora no está bien sincronizada con el molino y muchas veces el automático no funciona bien por lo que se trabaja en modo manual

- Tubo doblado por desalineamiento de rodillaje.

Se usa una cuerda para alinear las entre pasadas las cuales son los rodillos que principalmente contribuyen a que el tubo salga recto. Pero no siempre este método es acertado.

- Tubo abierto en la costura por errores en el montaje de rodillos.

Aun cuando se cuenta con tablas que indican que rodillos y que espaciadores lleva cada montaje, los rodillajes en diferentes pasadas deben de ser calzados, con calzas de diferentes medidas y estas no se encuentran registradas en la documentación.

4.4.4 Máquina

- Costura del tubo abierta o con rebaba por paros de línea ocasionados por la cortadora.

Según lo indican los operarios la cortadora provoca paros constantes de línea, y sea para cambiar el disco o para reparaciones,

- Rodillos con desgaste ocasionan mal formado y aberturas en la costura (bombas)

Los rodillos después de varias horas de producir se van desgastando y/o quemando y ocasionan defectos como marcas, planicidad de las caras y alteración en las medidas externas del producto terminado.

4.5 Clasificación de causas según su nivel de significancia

4.5.1 Priorización de las causas.

Con el fin de priorizar las oportunidades de mejora detectadas a lo largo del presente capítulo para la disminución del producto no conforme de la línea de producción TUB03, se realiza una encuesta a los operarios de la planta de producción. La misma se realiza por medio de Google forms, y puede ser observada en el siguiente enlace <https://forms.gle/8z7LiHYuvkj52tas6> y se presenta en el Anexo 7.

El formulario se divide en 7 secciones, la primera presenta la información sobre el proyecto de graduación y datos del estudiante. En la segunda se da la explicación general de la evaluación y se detalla la escala a utilizar. La escala utilizada se detalla en la Tabla 12 y se basa en la escala Likert donde uno es el mínimo valor posible y 5 el máximo.

Tabla 12. Escala encuesta priorización

1	La no conformidad se da en rara ocasión
2	La no conformidad no se da con regularidad
3	La no conformidad se da moderadamente
4	La no conformidad se da regularmente
5	La no conformidad es común en las operaciones

Fuente: Elaboración propia.

De la tercera a la sexta sección, se presentan las no conformidades a evaluar divididas según la clasificación identificada en la Figura 6; método, materia prima, mano de obra y maquinaria. El formulario fue completado satisfactoriamente por 16 colaboradores de la organización. En la Tabla 13 se presentan los resultados de la evaluación, donde se concluye que las causas de

maquinaria y mano de obra son las más que presenta inconformidades y se deben priorizar en la escogencia.

Tabla 13. Resultados encuesta priorización

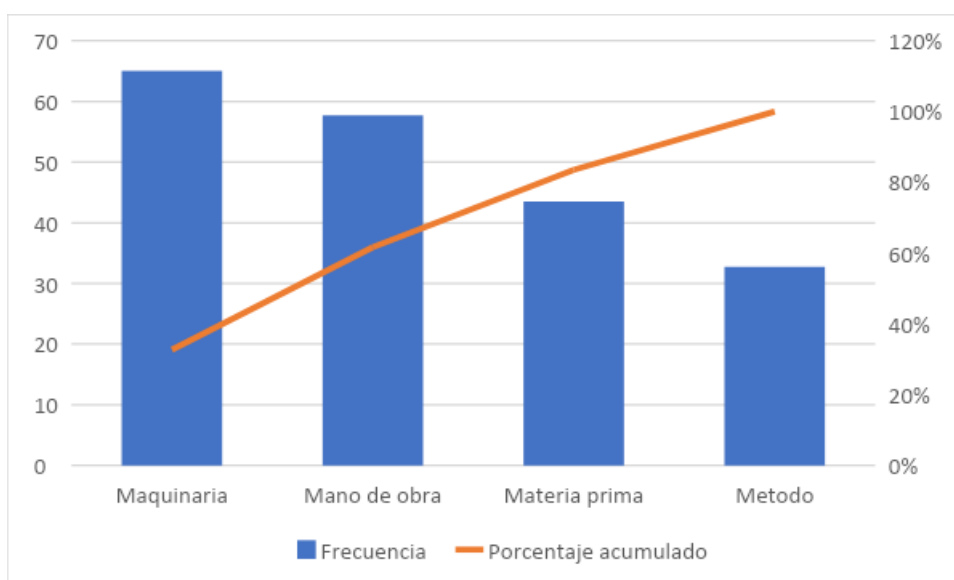
Causa asociada	No conformidad	pts. obtenidos	pts. posibles	priorización	porcentaje del total	Promedio por causa
Método	Tubo abierto en la costura por errores en el montaje de rodillos	30	80	38%	5%	41%
Método	Tubo doblado por desalineamiento de rodillaje.	30	80	38%	5%	
Método	Tubo con la costura montada por mal ajuste en el formato	34	80	43%	6%	
Método	Tubo abierto en la costura por falta o exceso de temperatura en la soldadora	37	80	46%	6%	
Mano de obra	Variación en medidas externas del tubo y tubo doblado por falta de destreza del encargado	58	80	73%	10%	72%
Mano de obra	Falta de capacitación en los cambios de formato	51	80	64%	8%	
Mano de obra	Costura del tubo mal desvirutado, o sea sin desbastar el cordón por descuido de los operarios.	64	80	80%	11%	
Máquina	Costura del tubo abierta o con rebaba por paros de línea, ocasionados por la cortadora.	59	80	74%	10%	81%
Máquina	Rodillos con desgaste ocasionan mal formado y perforaciones en la costura (bombas)	71	80	89%	12%	
Materia prima	Fleje con el borde estirado, tipo campana	43	80	54%	7%	54%
Materia prima	Fleje con oxido	41	80	51%	7%	
Materia prima	Fleje con menos desarrollo del debido, menos ancho de lámina	42	80	53%	7%	
Materia prima	Fleje con desprendimiento de galvanizado.	48	80	60%	8%	

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Diagrama de Pareto

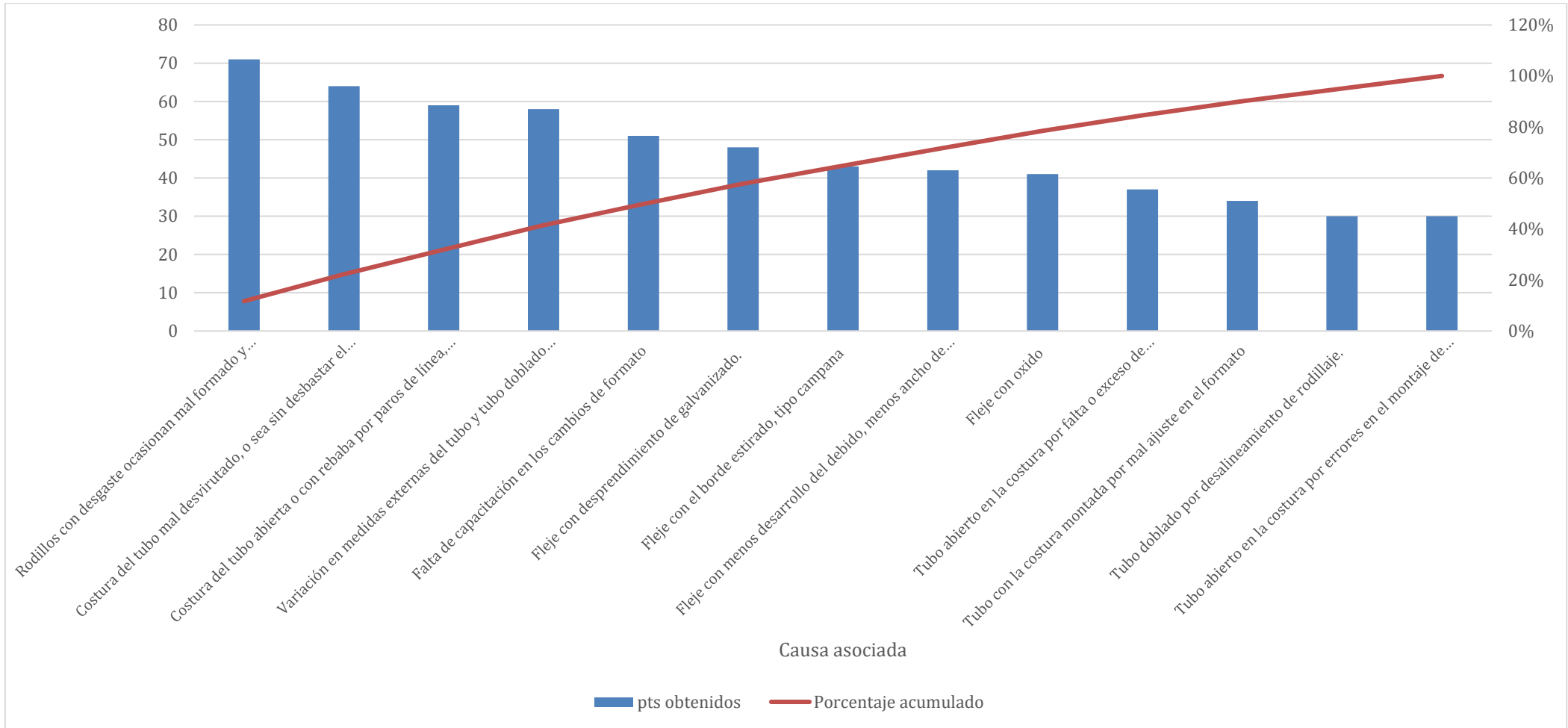
Una vez obtenido los datos de la priorización del producto no conforme para los colaboradores del departamento de producción, se procede a graficar mediante un diagrama de Pareto el promedio de puntaje, por causa asociadas. En la Figura 8 se presentan los resultados, donde se detalla que el 80% de las no conformidades se asocian a la maquinaria, mano de obra y materia prima., que representan el 75% de las causas por lo que no se cumple con el principio de Pareto. En la Figura 9, se presenta el diagrama de Pareto para la totalidad de causas encontradas, para el que observarnos que nuevamente no se cumple con el principio de Pareto.

Figura 8. Diagrama Pareto



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Diagrama Pareto por causa



Fuente: Elaboración propia

Como se puede identificar en la Figura 8, la maquinaria es la causa de no conformidades, en la que más colaboradores de la línea de producción coinciden que es necesario realizar acciones. Sin embargo, al evaluar la posibilidad de un diseño enfocado en la causa, se encuentra que el principal motivo de los fallos de la maquinaria es el desgaste de la cortadora longitudinal, por lo que la propuesta de mejora se enfocaría en su cambio o mantenimiento correcto, razón por la que se decide abarcar en las recomendaciones y no en el diseño de mejora.

La segunda causa con mayor porcentaje es la mano de obra, que al identificar las causas se asocia con la falta de estandarización en la línea de producción, razón por lo que se decide enfocar el capítulo IV del presente proyecto en el diseño de una oportunidad de mejora en esta línea. En la Figura 9, observamos que las causas asociadas a la maquinaria y mano de obra son nuevamente las que representan un mayor de los puntos asociados.

CAPÍTULO. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCION.

Capítulo V. Diseño e implementación de la solución.

En este capítulo, se presenta la propuesta de diseño de las mejoras seleccionadas en la etapa anterior, para este fin se inicia analizando las causas encontradas en el capítulo anterior, la priorización para el presente capítulo y las herramientas a utilizar. Seguidamente se proponen una serie de herramientas para facilitar la comprensión de la propuesta.

5.1 Tratamiento de causas.

En la Tabla 14, se presentan las 4 causas diagnosticadas; mano de obra, método, materia prima y maquinaria. En la siguiente columna se relaciona la causa con la mejora a diseñar, en la tercera columna se presenta la priorización para la cual se utiliza la escala, donde:

1- La mejora se abordará por completo en el diseño de la propuesta de mejora

2- La mejora se abordará parcialmente en el diseño de la propuesta de mejora

3- El rediseño impacta de manera positiva y directa la mejora, se abordará como parte de las recomendaciones.

De la priorización, se concluye por tratar las causas de mano de obra y método, en su totalidad como parte del diseño para la estandarización del proceso, materia prima parcialmente y maquinaria como parte de las recomendaciones. Finalmente se presenta la cuarta columna con los entregables relacionados.

Tabla 14. Priorización de las oportunidades de mejora

Causa diagnosticada	Mejora	Priorización	Entregable
Mano de obra	Estandarización	1	Reconocimiento de la totalidad del proceso de producción con las mejoras propuestas, diseño los requerimientos de; entrada, salida y del proceso, delimitaciones de tareas según su responsable.
Método	Estandarización	1	Reconocimiento de la totalidad del proceso de producción con las mejoras propuestas, diseño los requerimientos de; entrada, salida y del proceso, delimitaciones de tareas según su responsable. Diseño del flujo del proceso e información para la producción
Materia prima	Muestreo de aceptación	2	Propuesta de muestreo de aceptación para la materia prima y su incorporación a proceso de producción.
Maquinaria	Mantenimiento correctivo, cambio de maquinaria dañada	3	Establecimiento de requerimientos relacionados a la maquinaria, análisis de factibilidad cambio de maquinaria dañada, recomendación de mantenimiento preventivo

Fuente. Elaboración propia

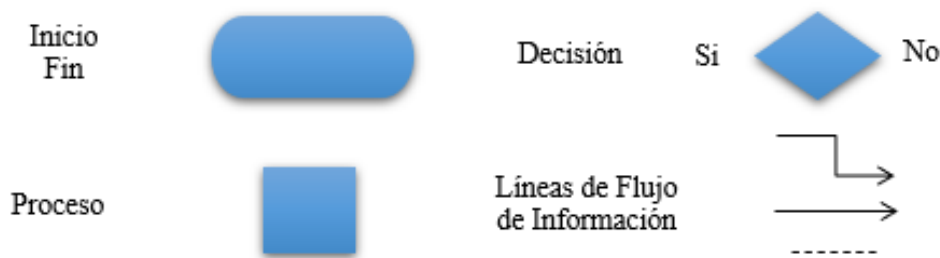
En las siguientes secciones se presentan las propuestas de mejora, evidenciadas en el desarrollo y uso de las herramientas descritas.

5.2 Reconocimiento del proceso

Como parte de la mejora en la estandarización, se procede a reconocer el proceso de producción actualizado al 2021 para el molino de formado o la línea formadora TUB03 (MTP3) mediante un diagrama de flujo. En la primera columna se presentan las tareas, para evidenciar los cambios sugeridos en el proceso, las propuestas se presentan en letra cursiva y azul. En la segunda columna se reconocen los medios usados para el resguardo de información y en las siguientes columnas se hace uso de la herramienta conjunta del diagrama de carriles de piscina para describir el proceso.

En la Figura 9, se describe la simbología usada para describir el proceso, donde el inicio y fin se detalla como una elipse horizontal, las tareas principales del proceso como un cuadrado, las tareas decisivas con un rombo y se presentan tres diferentes líneas de flujo.

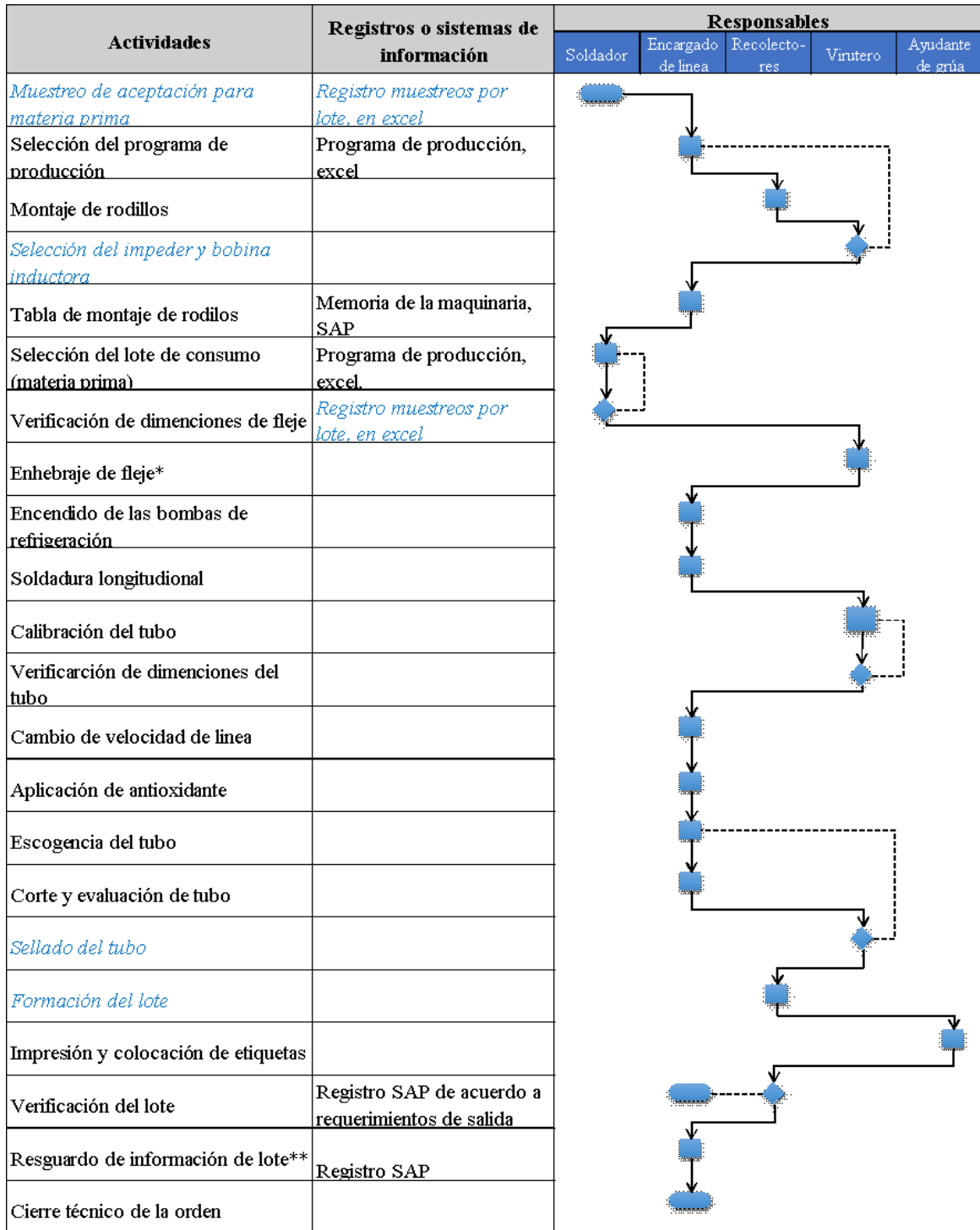
Figura 9. Simbología diagrama de flujo



Fuente. Elaboración propia

En la Figura 10, se detalla el proceso de producción propuesto, donde se destaca la incorporación de las tareas; muestreo de aceptación para materia prima, selección del impedidor y bobina inductora, sellado del tubo y formación del lote, además de los registros de la aceptación y rechazo de los muestreos por lote, en Excel.

Figura 10. Diagrama de flujo del proceso de producción



Fuente. Elaboración propia

5.3 Delimitación de los requerimientos

En esta sección se presenta la propuesta de requerimientos de producción para el molino de formado o la línea formadora TUB03 (MTP3). Los requerimientos son divididos en 3 secciones; de entrada, salida e internos.

5.3.1 Requerimientos de entrada

A continuación, se presenta la propuesta de requerimientos de entrada, con el fin de mejorar la estandarización de los procesos mediante el reconocimiento de las delimitaciones de producción.

RE-1 El pedido debe ser entregado en la fecha acordada con el cliente.

RE-2 Se debe cumplir con el programa de producción para garantizar la entrega a tiempo del pedido.

RE-3 Se debe asegurar que el orden de la producción sea consistente con el programa y su planeación.

RE-4 Se debe aclarar en el programa de producción las especificaciones del cliente respecto a las dimensiones, características y materiales del producto.

RE-5 Se debe cumplir con las características de calidad asociadas al producto de primera y no conforme (segunda y tercera).

RE-6 Se requiere del fleje, refrigerante, antioxidante, zuncho (amarre de producto terminado) como materia prima del proceso.

RE-7 Para que se acepte el fleje como materia prima debe cumplir con las especificaciones de; desarrollo (ancho de lámina), grosor específico del pedido, laminado correcto (Galvanizado, hierro negro, laminado en frío y esmaltados).

RE-8 Se debe mantener el programa de producción actualizado

RE-9 Se requiere de un soldador, un virutero, un encargado de línea, tres recolectores, un ayudante de grúa y un guero, para asegurar el correcto desarrollo del proceso de producción.

5.3.2 Requerimientos de salida

En seguida se muestra la propuesta de requerimientos de salida, los cuales debido a la naturaleza del proceso se relacionan con las características de calidad. Además, se detalla un resumen de los requerimientos en la Tabla 14

Tabla 14. Resumen requerimientos de salida

Clasificación del producto Estructural					
Requerimientos de calidad asociados	Características de calidad	Primera		No conforme	
				Segunda	Tercera
RS-1 al RS-3	Longitud.	-0 mm / +30 mm		Hasta 100 menos de la especificación nominal.	Longitud desde 500 mm (menos de 500 mm es chatarra.
Rs-4 al RS-6	Aberturas de soldadura.	Sin abertura		Hasta 1200 mm de abertura continua o discontinua totales.	Tubos con más de 1200 mm de abertura o la suma total de las aberturas
Rs-7 al RS-12	Alineamiento Longitudinal.	Diámetro/Sección	Tolerancia	Mayores a	
		Menor a 50 mm	25 mm	25 mm	N.A
		De 50 mm y menor a 150 mm	20 mm	20 mm	
		De 150 o mayores	15 mm	15 mm	
RS-13 al RS-16	Diámetro/Sección exterior	Diámetro/Sección	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC.	El tubo debe de conservar su forma cuadrada o rectangular, aunque este con la costura sin soldar.
		Menor a 50 mm	+/-0.5 mm		
		De 50 mm a mayores	+/-1 mm		
RS17	Resistencia de soldadura (aplastamiento)	La muestra no debe presentar agrietamientos o fisuras en la soldadura al aplastar está en 25%		Fuera de especificación	N.A
RS-18 al RS-20	Espesor de pared	Espesor	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC	N.A
		Menor a 2 mm	+/- 0.16 mm		
		De 2 mm y menor a 4 mm	+/-0.20 mm		
		De 4 mm a mayor	+/-0.30 mm		
RS-21 al RS-22	Corte	Perpendicular sin deformaciones		No perpendicular,	N.A

				o con deformaciones.	
RS-23 al RS-24	Soldadura de punta y Cola	Sin soldadura de flejes		Con soldadura de flejes	N.A
RS-25 al RS-27	Recubrimiento del zinc	Liso y uniforme		Mala adherencia de, manchas severas, tubos con puntos y/o zonas sin galvanizar	Tubos HG sin recubrimiento total (hierro negro)
RS-28 al RS-30	Torsionado	Diámetro/Sección	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC	N.A
		Menor a 50 mm	1.0 mm		
		De 50 mm o mayores	1.5 mm		
RS-31 al RS-33	Escuadra	Diámetro/Sección	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC	N.A
		Menor a 50 mm	0.5 mm		
		De 50 mm o mayores	1.0 mm		
RS-34 al RS-35	Planicidad de las caras	Diámetro/Sección	Tolerancia	De presentarse defecto se aplicará procedimiento de MNC	N.A
		Menor a 50 mm	0.5 mm		
		De 50 mm y menor a 150 mm	0.8 mm		
		De 150 a mayores	1.0 mm		

Fuente. Elaboración propia

RS-1 Para que el producto se considere de primera, la longitud debe de encontrarse entre los rangos de 0 mm y + 30 mm sobre la especificación nominal.

RS-2 Para que el producto se considere de segunda, la longitud debe encontrarse entre los rangos de ± 100 mm.

RS-3 Para que el producto se considere de tercera, la longitud debe encontrarse entre los rangos de ± 500 mm.

RS-4 Para que el producto se considere de primera, no debe contar con aberturas de soldadura.

RS-5 Para que el producto se considere de segunda, las aberturas de soldadura continuas o discontinuas totales, deben ser menores a 1200 mm.

RS-6 Para que el producto se considere de tercera, las aberturas de soldadura continuas o discontinuas totales, deben ser mayores a 1200 mm.

RS-7 Para que el producto se considere de primera, el alineamiento longitudinal para diámetros menores a 50 mm debe ser menor a ± 25 mm sobre la especificación nominal.

RS-8 Para que el producto se considere de primera, el alineamiento longitudinal para diámetros entre 50 mm y 150 mm debe ser menor a ± 20 mm sobre la especificación nominal.

RS-9 Para que el producto se considere de primera, el alineamiento longitudinal para diámetros mayores a 150 mm, menores a ± 15 mm sobre la especificación nominal.

RS-10 Para que el producto se considere de segunda, el alineamiento longitudinal para diámetros menores a 50 mm debe ser mayor a ± 25 mm sobre la especificación nominal.

RS-11 Para que el producto se considere de segunda, el alineamiento longitudinal para diámetros entre 50 mm y 150 mm debe ser mayor a ± 20 mm sobre la especificación nominal.

RS-12 Para que el producto se considere de segunda, el alineamiento longitudinal para diámetros mayores a 150 mm, mayor a ± 15 mm sobre la especificación nominal.

RS-13 Para que el producto se considere de primera, el diámetro (sección exterior) para diámetros menores a 50 mm debe ser menor a ± 0.5 mm sobre la especificación nominal.

RS-14 Para que el producto se considere de primera, el diámetro (sección exterior) para diámetros mayores a 50 mm debe ser menor a ± 1.0 mm sobre la especificación nominal.

RS-15 Para que el producto se considere de segunda, el diámetro (sección exterior) debe presentar defecto y aplicarse el procedimiento MNC.

RS-16 Para que el producto se considere de tercera, el diámetro (sección exterior) debe de conservar su forma cuadrada o rectangular, aunque este con la costura sin soldar.

RS-17 Para que el producto se considere de primera, la resistencia de soldadura (aplastamiento) debe presentar agrietamientos o fisuras en la soldadura al aplastar menor al 25%.

RS-18 Para que el producto se considere de primera, espesor de pared para diámetros menores a 2 mm debe ser menor a ± 0.16 mm sobre la especificación nominal.

RS-19 Para que el producto se considere de primera, espesor de pared para diámetros entre 2 mm y 4 mm debe ser menor a ± 0.2 mm sobre la especificación nominal.

RS-20 Para que el producto se considere de primera, espesor de pared para diámetros mayores a 4 mm debe ser menor a ± 0.3 mm sobre la especificación nominal.

RS-21 Para que el producto se considere de segunda, el espesor de pared debe presentar defecto y aplicarse el procedimiento MNC

RS-22 Para que el producto se considere de primera el corte debe ser perpendicular y sin deformaciones

RS-23 Para que el producto se considere de primera, no debe contar con soldadura de flejes en punta y cola.

RS-24 Para que el producto se considere de segunda, debe contar con soldadura de flejes en punta y cola.

RS-25 Para que el producto se considere de primera, el recubrimiento del zinc debe ser liso y uniforme

RS-26 Para que el producto se considere de segunda, el recubrimiento del zinc debe contar con mala adherencia, manchas puntos o zonas sin galvanizar.

RS-27 Para que el producto se considere de tercera, no debe contar con recubrimiento de zinc.

RS-28 Para que el producto se considere de primera, el torsionado para diámetros menores a 50 mm debe ser menor a ± 1.0 mm sobre la especificación nominal.

RS-29 Para que el producto se considere de primera, el torsionado para diámetros mayores a 50 mm debe ser menor a ± 1.5 mm sobre la especificación nominal.

RS-30 Para que el producto se considere de segunda, el torsionado debe presentar defecto y aplicarse el procedimiento MNC

RS-31 Para que el producto se considere de primera, la escuadra para diámetros menores a 50 mm debe ser menor a ± 0.5 mm sobre la especificación nominal.

RS-32 Para que el producto se considere de primera, la escuadra para diámetro mayores a 50 mm debe ser menor a ± 1.0 mm sobre la especificación nominal.

RS-33 Para que el producto se considere de segunda, la escuadra debe presentar defecto y aplicarse el procedimiento MNC

RS-34 Para que el producto se considere de primera, la planicidad de las caras para diámetro menores a 50 mm debe ser menor a ± 0.5 mm sobre la especificación nominal.

RS-35 Para que el producto se considere de primera, la planicidad de las caras para diámetro entre 50 mm y 150 mm debe ser menor a ± 0.8 mm sobre la especificación nominal.

RS-35 Para que el producto se considere de primera, la planicidad de las caras para diámetro mayores a 150 mm debe ser menor a ± 1.0 mm sobre la especificación nominal.

RS-36 Para que el producto se considere de segunda, la planicidad de las caras debe presentar defecto y aplicarse el procedimiento MNC.

RS-37 Para que el producto se considere de primera, debe ser sin marcas, oxidación, desprendimiento de metalizado y la costura externa debe ser lisa y sin bordes.

RS-38 Para que el producto se considere de segunda, debe ser sin marcas o golpes severos, la oxidación no debe penetrar el acero, la costura debe ser irregular y fundición, escasa en los bordes o sin metalizar.

RS-39 Para que el producto se considere de tercera, los tubos deben ser doblados curvos (por defecto de arranque), segmentados y aplastados.

5.3.3 Requerimientos internos

En esta sección, se describe la propuesta de requerimientos internos para la producción.

RI-1 El personal de producción requieren sierra, discos de la cortadora, rodillos (en buenas condiciones), impeders, bobina inductora y la concentración adecuada del refrigerante, de equipo auxiliares.

RI-2 El personal de producción requiere; el equipo de protección personal, soldadura, fajas de la grúa, respuestas de maquinaria e insumos de limpieza de la bodega de insumos primarios.

RI-3 Los recolectores requieren zuncho de la bodega de insumos secundarios

RI-4 El virutero requiere alambre para metalizar y aceite antioxidante de la bodega de insumos secundarios

RI-5 El soldador requiere la orden de producción del encargado de línea.

RI-6 El encargado de línea requiere del abastecimiento de materia de prima del soldador.

RI-7 El ayudante de grúa requiere que el encargado de línea le entregue las etiquetas de los lotes

RI-8 Los recolectores requieren que el encargado de línea inicie el funcionamiento de la máquina

RI-9 El encargado de línea requiere que todo el personal de producción use correctamente el equipo de protección personal.

RI-10 El encargado de la línea requiere del funcionamiento adecuado del software empresarial SAP

RI-11 El virutero requiere del equipo auxiliar el abastecimiento de los discos de sierra.

RI-12 El virutero requiere que el soldador apruebe la verificación de dimensiones del fleje

RI-13 El virutero requiere de la bodega de insumos primarios las cuchillas desvirtuadoras

RI-14 El cliente requiere que el personal de producción, entregue su pedido de acuerdo a las características acordadas.

Con el fin de facilitar la comprensión del lector, y la estandarización de los requerimientos internos para los operarios de producción, se procede a hacer uso de la herramienta de matriz de requerimientos. En la primera columna se presenta el actor que requiere la descripción detallada con el código, y la fila superior el actor ha quién va dirigido el requerimiento. En la Figura 11 se presentan los resultados del diseño.

Figura 11. Matriz de requerimientos internos

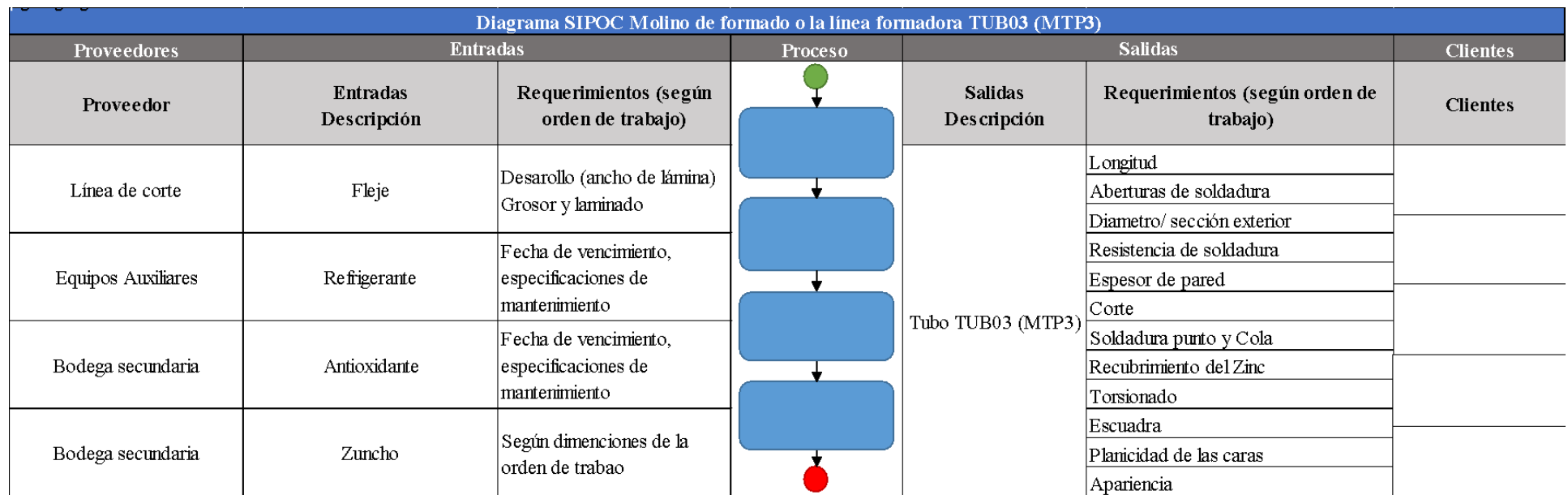
Molino de formado o la línea formadora TUB03 (MTP3)											
Proceso de producción	Soldador	Encargado de línea	Virutero	Ayudante de grúa	Recolectores	Personal de producción	Sistema	Cliente	Equipo auxiliares	Bodega de insumos primarios	Bodega de insumos secundarios
Soldador		RI-5									
Encargado de línea	RI-6					RI-9	RI-10				
Virutero	RI-12								RI-11	RI-13	RI-4
Ayudante de grúa		RI-7									
Recolectores		RI-8									RI-3
Personal de producción									RI-1	RI-2	
Sistema											
Cliente						RI-14					
Equipo auxiliares											
Bodega de insumos primarios											
Bodega de insumos secundarios											

Fuente. Elaboración propia.

5.4 Diagrama SIPOC

Con el fin de reconocer los proveedores, insumos, con sus respectivos requerimientos, resumen del proceso, requerimientos de salida y clientes para el molino de formado o la línea formadora TUB03 (MTP3) y facilitar su estandarización, se procede a hacer uso de la herramienta SIPOC. En la Figura 12, se presenta el resultado del diseño

Figura 12. Diagrama SIPOC



Fuente. Elaboración propia.

5.5 Asignación de roles

Con el fin de establecer los encargados para cada una de las tareas propuestas en el diagrama de flujo, se procede a hacer uso de la matriz de asignación de responsabilidades (RACI), para la que se utiliza la simbología descrita en la Figura 13.

Figura 13. Simbología matriz RACI

R	Responsable
A	Aprobador
C	Consultado
I	Informado

Fuente. Elaboración propia

En la Figura 14, se muestra el resultado del diseño de la matriz, en la que se asigna un responsable; encargado de elaborar la tarea y aprobador; quién da el visto bueno para cada una de las actividades. Además, para las tareas de selección del impedidor y bobina inductora y muestreo de aceptación para materia prima, se recomienda informar al encargado de línea como parte del proceso, y consultar al supervisor de producción para el sellado del tubo.

Figura 14. Matriz RACI

Actividades/ Roles	Soldador	Encargado de línea	Operarios de producción	Virtuero	Ayudante de grúa	Gruero	Jefe de producción	Supervisor de producción	Equipo auxiliares
Selección del programa de producción		R A							
Montaje de rodillos		A	R						
Selección del imponder y bobina inductora		I		R A					
Tabla de montaje de rodillos		A							R
Selección del lote de consumo (materia prima)	R A								
Muestreo de aceptación para materia prima	R A	I							
Verificación de dimensiones de fleje	R A								
Enhebraje de fleje		A		R					
Encendido de las bombas de refrigeración		R A							
Soldadura longitudinal		R A							
Calibración del tubo		A		R					
Verificación de dimensiones del tubo		A		R					
Cambio de velocidad de línea		R A							
Aplicación de antioxidante		R A							
Corte y evaluación de tubo		R A							
Sellado del tubo		A		R				C	
Formación del lote		A	R						
Impresión y colocación de etiquetas					R	A			
Verificación del lote		A	R						
Resguardo de información de lote		R A							
Cierre técnico de la orden		R					A		

Fuente. Elaboración propia

5.6 Resumen del proceso

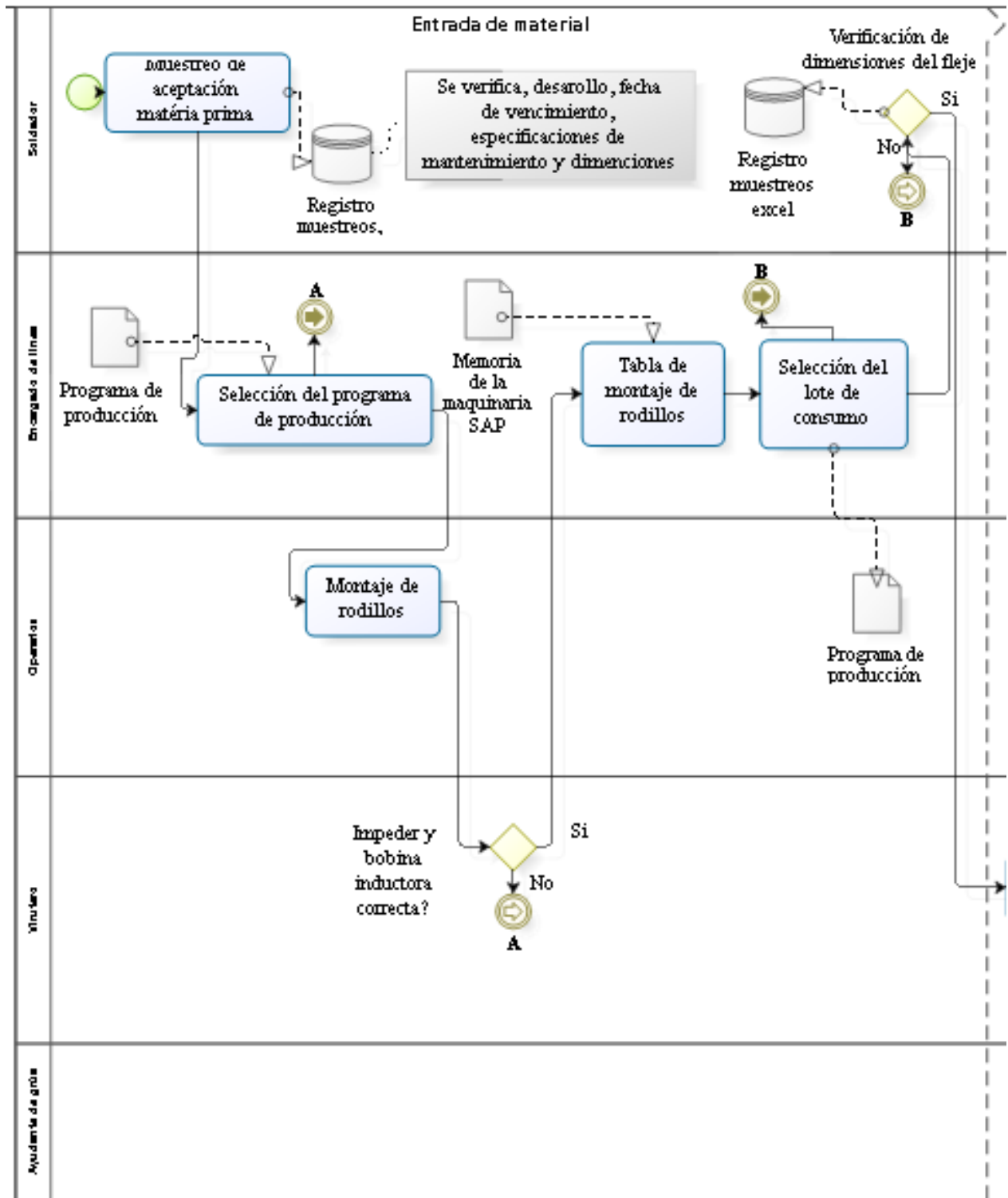
Con el fin resumir el proceso diseñado y propuesto para la producción del Molino de formado o la línea formadora TUB03 (MTP3), se procede realizar un diagrama con el modelo de procesos de negocio y notación BPMN por sus siglas en inglés (Business Process Model and Notation). En la Figura 15, se describe la simbología utilizada y de la Figura 16 a la 19, se muestra el resultado de la elaboración

Figura 15. Siglas, BPMN



Fuente. Elaboración propia

Figura 16. Diagrama BPMN, entrada de material



Fuente. Elaboración propia

Figura 17. Diagrama BPMN, elaboración del primer tubo

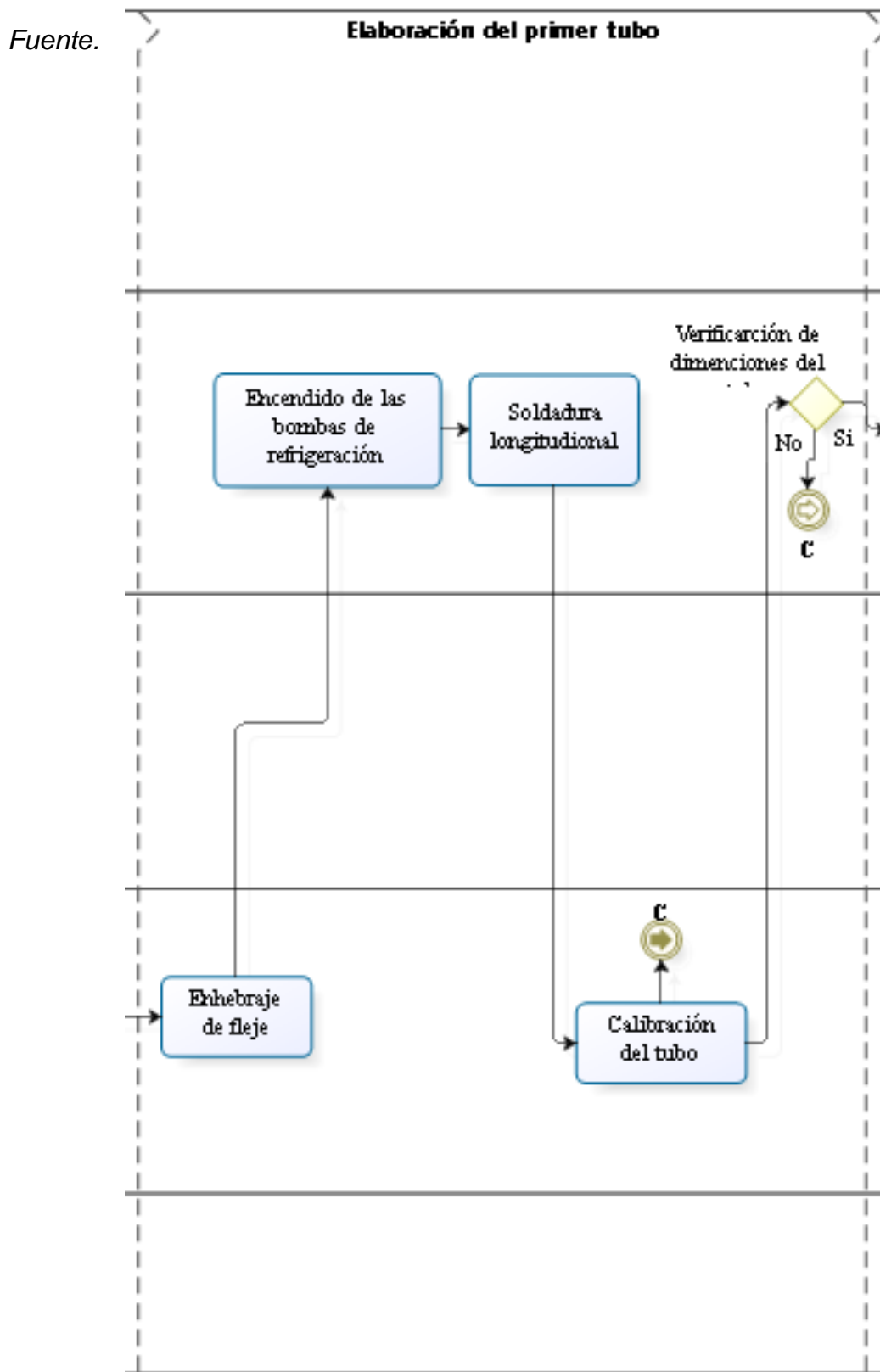
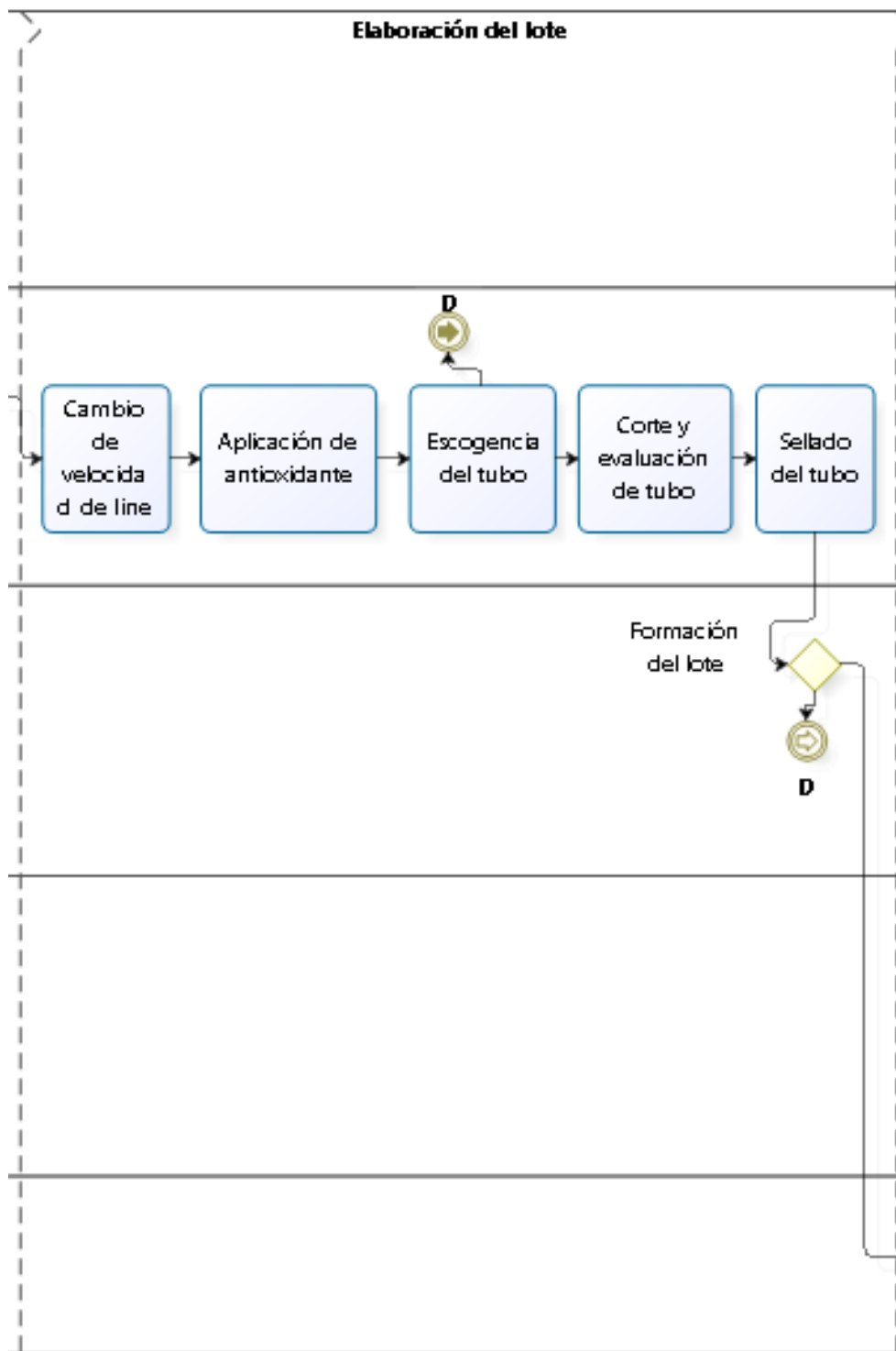
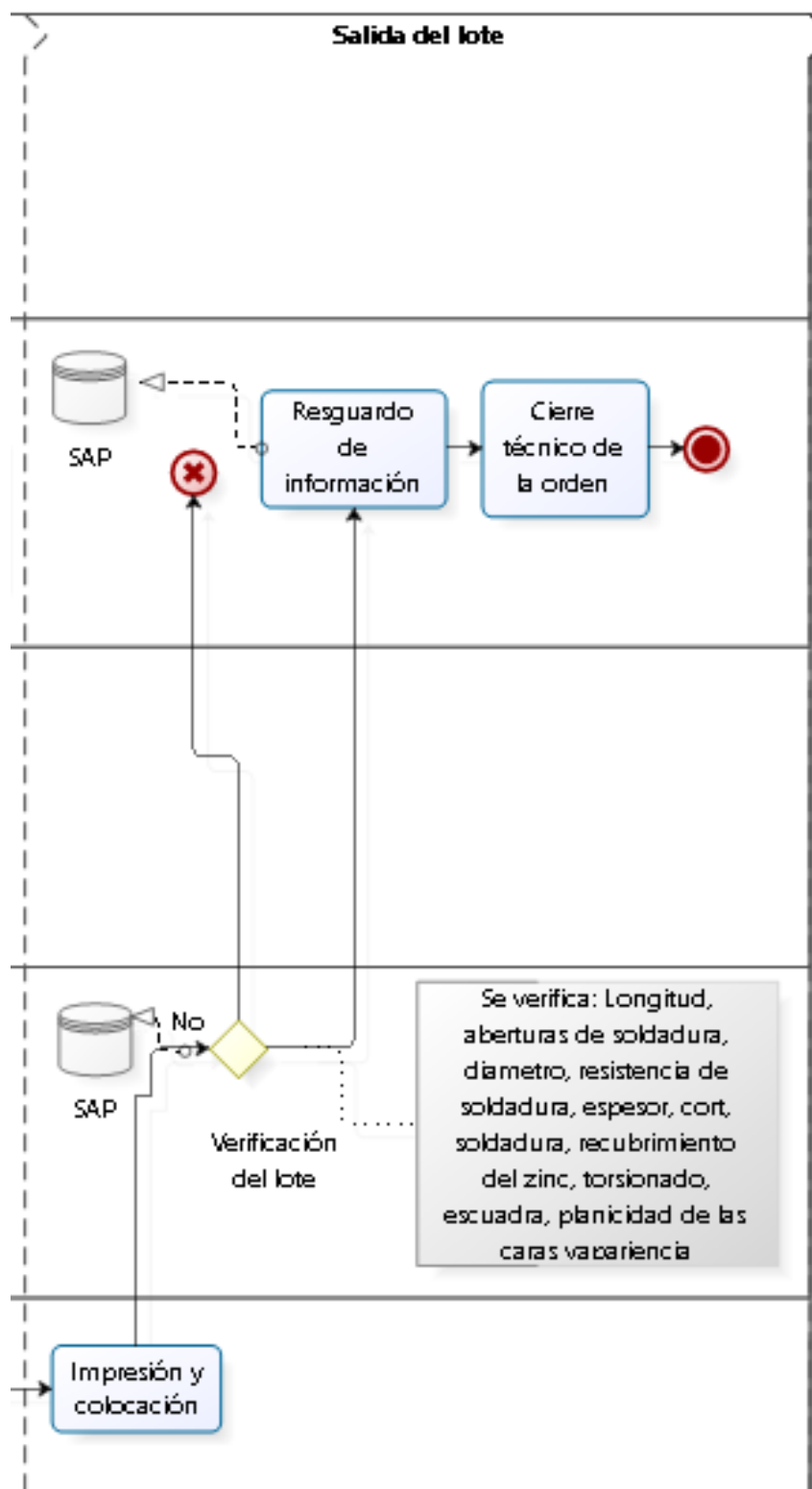


Figura 18. Diagrama BPMN, elaboración del lote



Fuente. Elaboración propia

Figura 18. Diagrama BPMN, salida del lote



Fuente. Elaboración propia

5.7 Puesta en marcha de la mejora

5.7.1 Validación del diseño propuesto

Para el proceso de implementación de las oportunidades de mejora seleccionadas, y diseñadas se procede en primera instancia a validar los cambios y sugerencias mediante una reunión con la administración de la empresa, se contó con la participación de seis funcionarios. Seguidamente se envía un formulario de asistencias y comentarios sobre la reunión a los presentes. El fin del formulario es conocer la opinión real de los colaboradores de forma anónima y sin afectaciones en el criterio por los comentarios de otros compañeros.

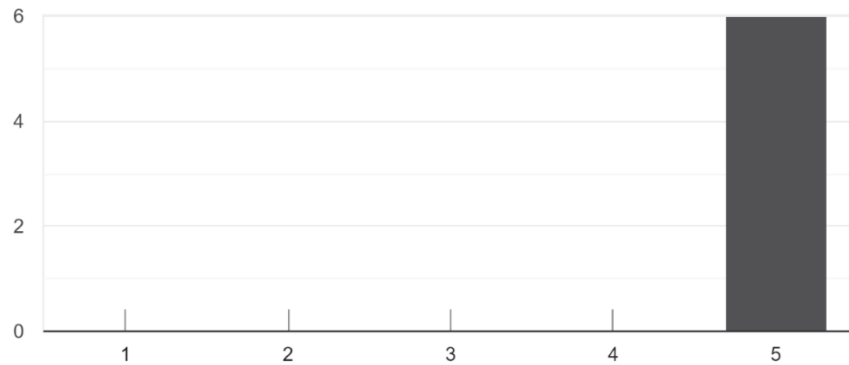
En esta sección se describe la encuesta realizada y se analizan los resultados obtenidos para cada una de las preguntas. El formulario, se divide en cuatro secciones, la primera presenta el objetivo de la encuesta; que se basa en conocer la percepción de los encargados de la empresa respecto al diseño de la propuesta de mejora realizado para el presente proyecto. La segunda sección presenta preguntas de selección única, se destaca que para cada se adjunta una imagen representativa de los diseños sugeridos.

Para la primera pregunta, se cuestiona a los participantes que tan de acuerdo se encuentran con el diagrama de flujo, que representa el rediseño del proceso producción. Lo anterior mediante una escala de uno a cinco, donde uno representa estar totalmente en desacuerdo con la afirmación y cinco totalmente de acuerdo. En la Figura 20, se muestran las respuestas obtenidas.

Figura 20. Pregunta 1, sección 2 Validación del diseño e implementación

Me encuentro de acuerdo con el diagrama de flujo diseñado, que propone la implementación de las ta...s que no aportan valor al proceso.

6 respuestas



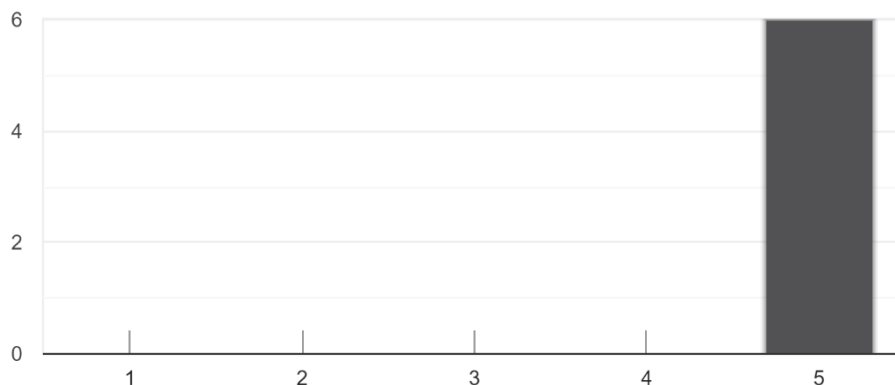
Fuente. Elaboración propia

Mediante el análisis de los resultados para la primera pregunta; se encuentra que el 100 % de los asistentes a la reunión se encuentran totalmente de acuerdo con el rediseño del proceso propuesto. Para la segunda pregunta, se le presenta a los encuestados nuevamente una escala de uno a cinco de acuerdo a su percepción sobre la afirmación, de estar de acuerdo con el diseño de los requerimientos de producción y su respectiva matriz. En la Figura 21, se presenta el resumen de las respuestas.

Figura 21. Pregunta 2, sección 2 Validación del diseño e implementación

Me encuentro de acuerdo con los requerimientos de producción diseñados y la respectiva matriz

6 respuestas



Fuente. Elaboración propia

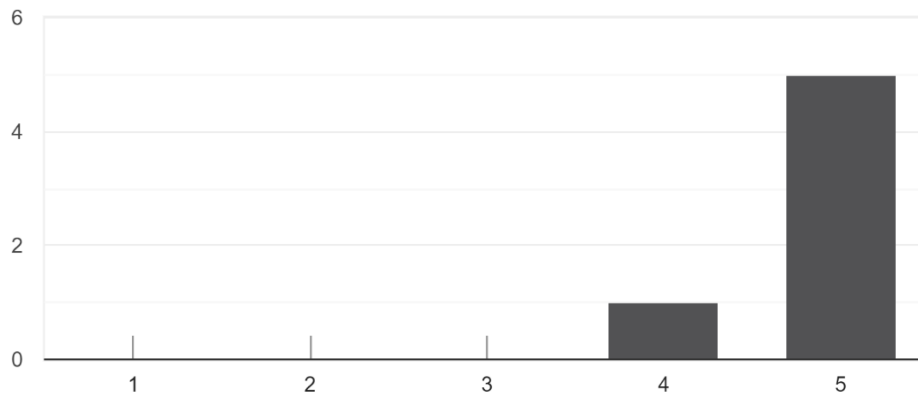
Al analizar los resultados obtenidos encontramos que, nuevamente la totalidad de los consultados se encuentran totalmente de acuerdo con el diseño de los requerimientos propuestos.

En la tercera pregunta, se pretende conocer que tan de acuerdo se encuentran los asistentes respecto a la propuesta de proceso que se muestra en el SIPOC, mediante la delimitación de los proveedores, las entradas, sus requerimientos, las salidas, requerimientos de salida y los clientes. En la Figura 22, se muestra un resumen en las respuestas obtenidas.

Figura 22. Pregunta 3, sección 2 Validación del diseño e implementación

Me encuentro de acuerdo con la propuesta de proceso de producción presentada en el SIPOC

6 respuestas



Fuente. Elaboración propia

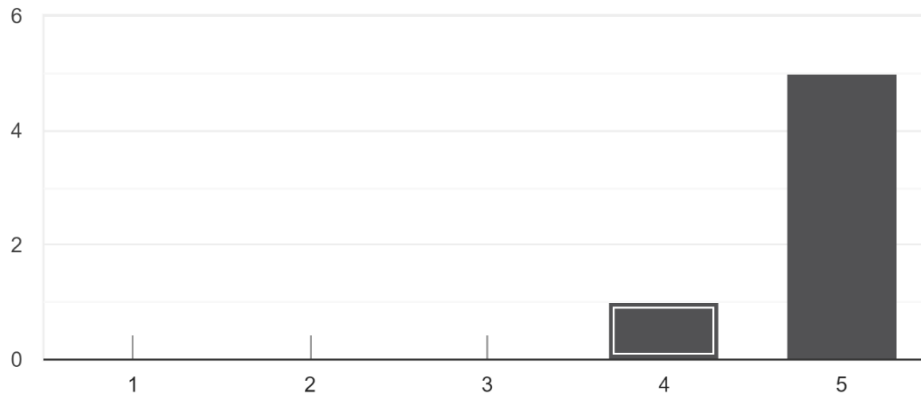
A diferencia de las primeras dos preguntas, al observar los resultados encontramos que el 83 % de los participantes se encuentran totalmente de acuerdo con el diseño planteado y un 17 % se encuentra algo de acuerdo con la propuesta. En las siguientes secciones analizaremos la causa de los resultados obtenidos para esta pregunta.

Respecto a la cuarta pregunta, se cuestiona a los asistentes respecto a su nivel de satisfacción con la definición y asignación de roles y responsabilidades. En la Figura 23, se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

Figura 23. Pregunta 4, sección 2 Validación del diseño e implementación

Me encuentro de acuerdo con la asignación de roles y responsabilidades

6 respuestas



Fuente. Elaboración propia

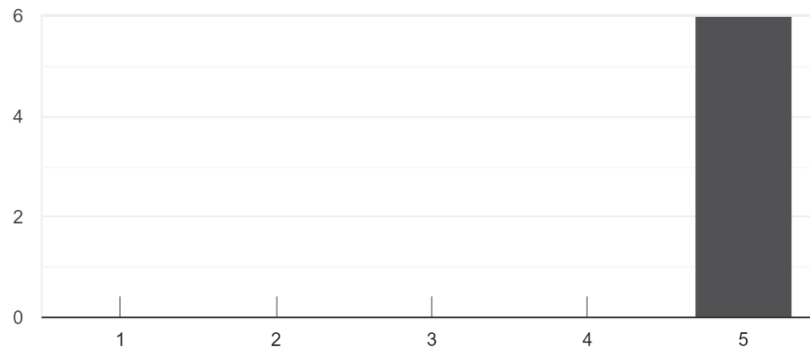
Mediante el análisis de los resultados, se encuentra que el 17 % de los asistentes se encuentran algo de acuerdo con la asignación de los roles y responsabilidades para las tareas de producción, mientras que el 83 % restante se encuentra totalmente de acuerdo con la propuesta. En la siguiente sección se presentan a detalle las causas asociadas a los puntajes otorgados por los asistentes.

En la última pregunta de la segunda sección, se les pregunta a los asistentes que tan de acuerdo se encuentran con el rediseño propuesto para el proceso de producción. En la Figura 24, se muestran los resultados obtenidos. En dónde se destaca que el 100 % de los entrevistados se encuentran totalmente de acuerdo.

Figura 24. Pregunta 5, sección 2 Validación del diseño e implementación

Me encuentro de acuerdo con el rediseño del proceso de producción diseñado

6 respuestas



Fuente. Elaboración propia

En la tercera sección, se realizan preguntas abiertas y de carácter no obligatorio, a los colaboradores para conocer los detalles de su calificación y recomendaciones para el diseño y la puesta en marcha de la propuesta. La primera pregunta, permite a los encuestados detallar las razones del porqué no se encontraron totalmente de acuerdo con alguna de las propuestas del diseño. En la Figura 25, se muestra el detalle de las respuestas.

Figura 25. Pregunta 1, sección 3 Validación del diseño e implementación

En caso de que no colocara 5 en su respuesta, para alguna de las preguntas ¿Por qué no se encuentra de acuerdo con la afirmación?

2 respuestas

En el sipoc faltan clientes

En la asignacion de responsabilidades, porque como operario no estoy enterado y necesitaría capacitación o información

Fuente. Elaboración propia

Al analizar las dos respuestas obtenidas encontramos que el asistente que no estuvo totalmente de acuerdo con el SIPOC, tenía como motivo que no se encontraban todos los clientes; por lo anterior se procede a realizar la

aclaración de que los clientes mostrados eran los principales para la línea de producción que se está trabajando.

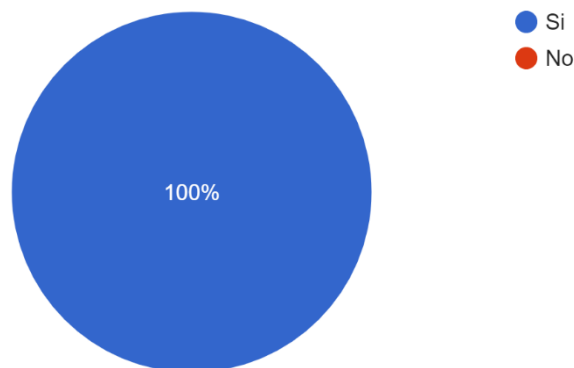
En la segunda respuesta encontramos que el asistente que no se encontraba totalmente de acuerdo con la asignación de roles y responsabilidades, era un operario del área de producción quien se encontraba preocupado por no estar capacitado, sin embargo, ya se tenía planeado enviar a los colaboradores del área de producción un resumen con el diseño que se estará poniendo en marcha.

Para la segunda pregunta, se cuestiona a los asistentes si estarían de acuerdo con implementar el diseño sugerido, obteniendo una aprobación del 100 %, como se muestra en la Figura 26.

Figura 26. Pregunta 2, sección 3 Validación del diseño e implementación

¿Estaría de acuerdo en implementar el diseño sugerido en la empresa?

6 respuestas



Fuente. Elaboración propia

En la tercera pregunta, se deja un espacio libre para dar recomendaciones del diseño propuesto. En la Figura 27, se muestra el detalle de las respuestas y comentarios obtenidos.

Figura 27. Pregunta 3, sección 3 Validación del diseño e implementación

¿Tiene alguna recomendación o sugerencia de cambio para el diseño?

6 respuestas

Ne parece bien
No, se adecua a las necesidades de la planta
No
No
Me gustaria se imprima en grande el diseño del proceo y se tenga en producción por si surgen dudas
No, me parece muy de acuerdo a las necesidades de producción y la compañía

Fuente. Elaboración propia

Al analizar las respuestas, se encuentra que ninguno de los participantes tiene sugerencias para el diseño, y los comentarios son de carácter positivo. Además, se encuentra que uno de los asistentes da la idea de imprimir el proceso para posteriores consultas en el área de producción, por lo que se procede a informar a los encargados.

En la cuarta y última pregunta, se da un espacio a los asistentes para dar sus comentarios y recomendaciones de la puesta en marcha del diseño propuesto para el área de producción. Las respuestas obtenidas se muestran en la Figura 28.

Figura 28. Pregunta 3, sección 3 Validación del diseño e implementación

¿Tiene alguna recomendación para la implementación?

6 respuestas

No
Si. No hacerlo solo oor un tiempo. Darle continuidad
No, todo muy bien
Si presentarla a los operarios de producción antes
Que la implementación se lleve a cabo en varios días y no solo en uno, para percibir mejor los cambios
No, me parece muy buena idea implementar por un lapso de tiempo

Fuente. Elaboración propia

Con las respuestas obtenidas, encontramos que uno de los asistentes propone dar continuidad al diseño, lo que se le informa a la jefatura, otro de los colaboradores propone presentar la propuesta de manera previa, sin embargo, tal como se ha mencionado ya se tenía planeado está actividad por lo que se les informa a los asistentes. Por último, encontramos que uno de los participantes sugiere implementar el diseño por un lapso de tiempo y no solo un día, por lo que se acepta la propuesta y se define un lapso de varios días para el estudio y la puesta en marcha.

En la cuarta sección del formulario, se dan los agradecimientos por la asistencia y colaboración.

5.7.2 Puesta en marcha del proceso

Previamente a la puesta en marcha del diseño propuesto se procede a realizar una capacitación a los colaboradores del área de producción en donde se presenta cada una de las herramientas, su fusión y aplicación en el proceso. La capacitación se dio el 09 de febrero del 2021 en las instalaciones de la empresa y se cuenta con la participación de 7 funcionarios a quienes se les aclara cualquier duda.

Posterior a la capacitación se envía por correo electrónico un resumen del diseño con las herramientas y su explicación, para ser consultado por los colaboradores de producción en cualquier momento de la puesta en marcha del proceso.

La implementación del diseño propuesto inicia con el primer turno del viernes 12 de febrero y finaliza el 25 de febrero. Con el fin de conocer el impacto en el proceso, se evalúa a modo de indicador del proceso, el porcentaje de producto no conforme para los meses anteriores y se compara con el obtenido en los días dónde se pone en marcha la propuesta de mejora.

En la Tabla 15, se presenta el resumen de la producción, para la línea TUB03, previamente seleccionada, para los meses de enero a diciembre del año 2020. Al analizar los resultados encontramos que el porcentaje de producto no conforme se encuentra muy por encima de lo establecido, 3 %, llegando incluso a los 5.54 % por ciento siendo prácticamente el doble de lo ideal

Para la comparación con el panorama final, posterior a la puesta en marcha del proceso se utiliza el promedio obtenido en el año 2020, que corresponde a 4.57%, 1.57% por encima de los establecido por las características de la calidad que define la empresa.

En la Tabla 16, se muestra los resultados obtenidos durante los días en que se implementó el diseño de las propuestas de mejora, donde se obtiene un promedio de 3.2 % de producto no conforme, disminuyendo en 1.37 % respecto al promedio del año 2020.

Tabla 15. Resumen de producto no conforme, 2020

Indicadores METALCO TUB03 Tubería estructural 2020									
Año 2020	Línea	Cantidad Consumo (t)	Horas Calendario	Horas Programadas	Horas Efectivas	Utilización	Calidad %	Cantidad no conforme	Porcentaje no conforme
Enero	TUB03	2.458	744	620	515	83,1%	96,3%	90,946	3,70%
Febrero	TUB03	2.658	696	615	542	88,1%	96,0%	106,32	4,00%
Marzo	TUB03	2.698	744	633	526	83,1%	96,2%	102,524	3,80%
Abril	TUB03	2.597	720	628	540	86,0%	95,7%	111,671	4,30%
Mayo	TUB03	2.425	744	625	519	83,0%	94,9%	123,75	5,10%
Junio	TUB03	2.525	720	625	538	86,1%	95,5%	113,625	4,50%
Julio	TUB03	2.158	744	620	515	83,1%	95,8%	90,146	4,18%
Agosto	TUB03	2.158	696	615	542	88,1%	95,1%	106,12	4,92%
Septiembre	TUB03	2.198	744	633	526	83,1%	95,4%	102,124	4,65%
Octubre	TUB03	2.297	720	628	540	86,0%	95,2%	111,171	4,84%
Noviembre	TUB03	2.225	744	625	519	83,0%	94,5%	123,254	5,54%
Diciembre	TUB03	2.125	720	625	538	86,1%	94,7%	113,225	5,33%
Promedio						84,9%	95,4%	106,521	4,57%

Fuente, Elaboración propia.

Tabla 16. Resumen de producto no conforme, 2021

Indicadores METALCO TUB03 Tubería estructural.									
Fecha	Línea	Cantidad Consumo (kg)	Horas Calendario	Horas Programadas	Horas Efectivas	Utilización	Calidad %	Cantidad no conforme	Porcentaje no conforme
12-feb-21	TUB03	73.740.000	24	24	19,75	82,3%	96,5%	3.600.000	4,88%
13-feb-21	TUB03	88.740.000	24	24	19,8	82,5%	96,3%	3.300.000	3,72%
14-feb-21	TUB03	110.940.000	24	24	19,9	82,9%	96,6%	3.720.000	3,35%
15-feb-21	TUB03	137.910.000	24	24	19,9	82,9%	97,6%	3.330.000	2,41%
16-feb-21	TUB03	132.750.000	24	24	19,8	82,5%	96,0%	5.250.000	3,95%
17-feb-21	TUB03	105.750.000	24	24	20,5	85,4%	96,7%	3.450.000	3,26%
18-feb-21	TUB03	115.650.000	24	24	19,9	82,9%	96,9%	3.600.000	3,11%
19-feb-21	TUB03	102.990.000	24	24	20,2	84,2%	96,8%	3.300.000	3,20%
20-feb-21	TUB03	118.740.000	24	24	20,2	84,2%	96,9%	3.720.000	3,13%
21-feb-21	TUB03	140.940.000	24	24	21,8	90,8%	96,4%	4.530.000	3,21%
22-feb-21	TUB03	107.910.000	24	24	20,8	86,7%	96,5%	3.750.000	3,48%
23-feb-21	TUB03	162.750.000	24	24	21,5	89,6%	97,1%	4.350.000	2,67%
24-feb-21	TUB03	165.750.000	24	24	20,3	84,6%	97,2%	4.050.000	2,44%
25-feb-21	TUB03	137.850.000	24	24	21,9	91,3%	97,6%	3.000.000	2,18%
Promedio		1.702.410.000				85,2%	96,8%	52.950.000	3,22%

Fuente, Elaboración propia

Como se observa a lo largo de la presente sección, en la puesta en marcha de las mejoras seleccionadas y diseñadas, se obtiene resultados positivos llegando a disminuir 1.37 % el producto no conforme en el periodo de trece días, lo que significa una ganancia de 24850 kg, lo cual equivale a \$35 928 según el precio actual de tubería estructural de primera calidad, en la línea estudiada TUB03, como lo muestra la tabla 17. De acuerdo a la herramienta DMAIC, en la que se basó el presente proyecto, posterior a la implementación se inicia nuevamente con el proceso para dar la mejora continua a la línea seleccionada y la totalidad de la producción de la empresa.

Tabla 17. Tubería estructural, Resultados de febrero 2021.

TUB03 Tubería estructural				
Cantidad Consumo (kg)	Producto no conforme esperado 4.57%	Producto no conforme Real 3.2%	Variación (kg)	Representación económica de la variación (\$1,44 /Kg producto conforme)
1.702.410	77.800,137	52.950	24.850	\$35.928,00

Fuente, Elaboración propia

5.8 Estudio de factibilidad económica

Con el fin de identificar y analizar si la propuesta diseñada e implementada es factible de llevar a cabo a largo plazo se prosigue a realizar un estudio económico a cinco años.

Para realizar el pronóstico de ventas anuales del 2022 al 2026 se utiliza la tendencia de crecimiento recomendada por la empresa de 0,5% anual. En la Tabla 18, se detalla el pronóstico estimado en toneladas para el producto de primera y no conforme tanto para la estimación con propuesta como sin implementar la propuesta. Lo anterior ya que, con la implementación a largo plazo, se reduce a 3,2% el producto no conforme.

Tabla 18. Resumen de ventas

	Categoría	2022	2023	2024	2025	2026
Sin implementar la propuesta	primera	30008	31509	33084	34739	36475
	no conforme	1437	1509	1584	1664	1747
Con la propuesta	primera	31014	32565	34194	35903	37699
	no conforme	431	452	475	499	524

Fuente, Elaboración propia

El precio de venta del producto se fija en ¢864 000 para la tonelada de producto de primera y ¢561 600 para no conforme, según lo establece la empresa. El costo de materia prima es de ¢168 000 por tonelada de producida, los costos de mano de obra anuales son de ¢ 125 499 668 y los otros costos relacionados a la producción de la línea son de ¢ 72 000 000 e incluyen el costo por servicio de electricidad, agua, edificio, empleados de administración, entre otros. Para estos dos últimos costos se estima un 0,2% de aumento anual, según lo establece la empresa.

En la Tabla 19, se detalla el resumen de los costos que involucra implementar la mejora a largo plazo. La capacitación a los operarios de producción se realiza para dar a conocer la estandarización del proceso, los requerimientos de producción, flujo del procesos y asignación de roles; se estima una duración de tres horas y contar con la participación de siete operarios y una persona encargada de la exposición.

La capacitación a operarios de la empresa, se plantea realizar para 50 de los empleados actuales de la planta de producción con el fin de actualizarlos en los cambios del proceso. Se estima una duración de tres horas y de igual forma contaría con una persona encargada de la reunión.

La impresión y envío de manuales se lleva a cabo para asegurar que la totalidad de empleados de la línea y otros colaboradores relaciones, se actualicen sobre los cambios, conozcan sus roles, requerimientos referentes a su puesto y otros. Se estima imprimir 75 manuales y se asocia el costo de envío por uno de los administrativos.

Al ser un proceso de mejora continua, se asocia el costo de capacitación anual para los siguientes cinco años, donde se dé seguimiento a los cambios y mejoras.

Finalmente se identifica el costo de contratar por cinco años a un nuevo recolector, para satisfacer las necesidades de la línea.

Tabla 19. Costos relacionados a la mejora

Detalle	Costo total
Capacitación a operarios de producción	₪ 44 000
Capacitación a empleados de la empresa	₪ 237 500
Impresiones y envío de manuales	₪ 4 000
Capacitación de seguimiento anual	₪ 300 000
Contratación de un recolector	₪ 27 300 000
Total, de inversión	₪ 27 885 500

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 20, se muestra el resumen de los beneficios económicos que refleja la implementación de la propuesta en los próximos cinco años. Para este fin se presenta el pronóstico de ingreso por ventas para producto de primera y no conforme, con y sin la implementación de la propuesta. Además, se detalla los beneficios económicos de implementarse, para cada año.

Tabla 20. Beneficios económicos de implementar la mejora

	Ganancia	2022	2023	2024	2025	2026
Sin implementar la propuesta	primera	₡ 25 927 296 844,18	₡ 27 223 661 686,38	₡ 28 584 844 770,70	₡ 30 014 087 009,24	₡ 31 514 791 359,70
	no conforme	₡ 807 052 659,29	₡ 847 405 292,25	₡ 889 775 556,86	₡ 934 264 334,71	₡ 980 977 551,44
	anual	₡ 26 734 349 503,46	₡ 28 071 066 978,63	₡ 29 474 620 327,57	₡ 30 948 351 343,94	₡ 32 495 768 911,14
Con la propuesta	primera	₡ 26 796 702 166,42	₡ 28 136 537 274,74	₡ 29 543 364 138,47	₡ 31 020 532 345,40	₡ 32 571 558 962,67
	no conforme	₡ 241 939 199,83	₡ 254 036 159,82	₡ 266 737 967,81	₡ 280 074 866,20	₡ 294 078 609,51
	anual	₡ 27 038 641 366,25	₡ 28 390 573 434,56	₡ 29 810 102 106,29	₡ 31 300 607 211,60	₡ 32 865 637 572,18
Beneficios por implementación		₡ 304 291 862,78	₡ 319 506 455,92	₡ 335 481 778,72	₡ 352 255 867,66	₡ 369 868 661,04

Fuente. Elaboración propia

Finalmente, con el fin de analizar los beneficios económicos de la implementación tomando en cuenta los costos de producción, impuestos y los costos relacionados a la implementación en la Tabla 21 se muestra el flujo económico proyecto actualmente por la empresa (sin implementar la mejora) y en Tabla 22, se detalla el flujo económico de la propuesta del 2021 al 2026.

Tabla 21. Flujo económico actual

Rubro	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Toneladas de primera		30008,4	31508,9	33084,3	34738,5	36475,5
Tonelada no conforme		1437,1	1508,9	1584,4	1663,6	1746,8
Precio de venta primer		₱ 864 000	₱ 864 000	₱ 864 000	₱ 864 000	₱ 864 000
Precio de venta no conforme		₱ 561 600	₱ 561 600	₱ 561 600	₱ 561 600	₱ 561 600
Ventas de primera		₱ 25 927 296 844	₱ 27 223 661 686	₱ 28 584 844 771	₱ 30 014 087 009	₱ 31 514 791 360
Ventas no conforme		₱ 807 052 659	₱ 847 405 292	₱ 889 775 557	₱ 934 264 335	₱ 980 977 551
Ventas totales		₱ 26 734 349 503	₱ 28 071 066 979	₱ 29 474 620 328	₱ 30 948 351 344	₱ 32 495 768 911
Materia prima		₱ 5 282 844 840	₱ 5 546 987 082	₱ 5 824 336 436	₱ 6 115 553 258	₱ 6 421 330 921
Mano de obra		₱ 125 499 668	₱ 128 009 661	₱ 130 569 854	₱ 133 181 251	₱ 135 844 876
Otros costos		₱ 72 000 000	₱ 73 440 000	₱ 74 908 800	₱ 76 406 976	₱ 77 935 116
Utilidad antes de impuestos		₱ 21 254 004 996	₱ 22 322 630 235	₱ 23 444 805 237	₱ 24 623 209 859	₱ 25 860 657 998
impuestos		₱ 2 763 020 649	₱ 2 901 941 931	₱ 3 047 824 681	₱ 3 201 017 282	₱ 3 361 885 540
Utilidad después de impuestos		₱ 18 490 984 346	₱ 19 420 688 305	₱ 20 396 980 556	₱ 21 422 192 577	₱ 22 498 772 459
Flujo Neto		₱ 18 490 984 346	₱ 19 420 688 305	₱ 20 396 980 556	₱ 21 422 192 577	₱ 22 498 772 459
Flujo Neto Acumulado		₱ 18 490 984 346	₱ 37 911 672 651	₱ 58 308 653 207	₱ 79 730 845 784	₱ 102 229 618 243

Fuente. Elaboración propia

Tabla 22. Flujo económico de la mejora

Rubro	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Toneladas de primera		31014,7	32565,4	34193,7	35903,4	37698,6
Tonelada no conforme		430,8	452,3	475,0	498,7	523,6
Precio de venta primer		₪ 864 000	₪ 864 000	₪ 864 000	₪ 864 000	₪ 864 000
Precio de venta no conforme		₪ 561 600	₪ 561 600	₪ 561 600	₪ 561 600	₪ 561 600
Ventas primera		₪ 26 796 702 166	₪ 28 136 537 275	₪ 29 543 364 138	₪ 31 020 532 345	₪ 32 571 558 963
Ventas no conforme		₪ 241 939 200	₪ 254 036 160	₪ 266 737 968	₪ 280 074 866	₪ 294 078 610
Ventas totales		₪ 27 038 641 366	₪ 28 390 573 435	₪ 29 810 102 106	₪ 31 300 607 212	₪ 32 865 637 572
Materia prima		₪ 5 282 844 840	₪ 5 546 987 082	₪ 5 824 336 436	₪ 6 115 553 258	₪ 6 421 330 921
Mano de obra		₪ 125 499 668	₪ 128 009 661	₪ 130 569 854	₪ 133 181 251	₪ 135 844 876
Otros costos		₪ 72 000 000	₪ 73 440 000	₪ 74 908 800	₪ 76 406 976	₪ 77 935 116
Utilidad antes de impuestos		₪ 21 558 296 858	₪ 22 642 136 691	₪ 23 780 287 016	₪ 24 975 465 726	₪ 26 230 526 659
impuestos		₪ 2 802 578 592	₪ 2 943 477 770	₪ 3 091 437 312	₪ 3 246 810 544	₪ 3 409 968 466
Utilidad después de impuestos		₪ 18 755 718 267	₪ 19 698 658 922	₪ 20 688 849 704	₪ 21 728 655 182	₪ 22 820 558 194
Flujo Neto	₪ 27 885 500	₪ 18 727 832 767	₪ 19 698 658 922	₪ 20 688 849 704	₪ 21 728 655 182	₪ 22 820 558 194
Flujo Neto Acumulado	₪ 27 885 500	₪ 18 727 832 767	₪ 38 426 491 688	₪ 59 115 341 392	₪ 80 843 996 574	₪ 103 664 554 768

Fuente. Elaboración propia.

Posteriormente en la Tabla 22, se comparan los flujos netos, para ambos casos y se estima el flujo neto económico asociado a la mejora

Tabla 23. Flujo neto de la mejora

	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Flujo neto sin implementar la propuesta	₪ 27 885 500,00	₪ 18 727 832 766,85	₪ 19 698 658 921,52	₪ 20 688 849 703,75	₪ 21 728 655 181,82	₪ 22 820 558 193,65
Flujo neto con la propuesta		₪ 18 490 984 346,23	₪ 19 420 688 304,87	₪ 20 396 980 556,27	₪ 21 422 192 576,96	₪ 22 498 772 458,54
Flujo neto asociado al impacto del proyecto	-₪ 27 885 500,00	₪ 236 848 420,62	₪ 277 970 616,65	₪ 291 869 147,49	₪ 306 462 604,86	₪ 321 785 735,10

Fuente. Elaboración propia

Una vez identificado el flujo neto, asociados a los benéficos de la mejora se procede a calcular el valor actual neto (VAN) en ₪ 719 901 267 y la tasa interna de retorno (TIR) en 865 %, ambos comparados con el costo capital definido por la empresa de un 25%. Además, se calcula el periodo de recuperación en 1.3 meses

**CAPÍTULO. CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES.**

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones.

Enseguida se muestra una tabla resumen de las mejoras

Tabla 24. Resumen de mejoras

Producto no conforme Previo a la implementación	Producto no conforme con implementación I	Reducción producto no conforme	Mejora en el VAN
4.57%	3.2%	1.37%	₱ 719 901 267

Fuente. Elaboración propia

6.1 Conclusiones

Una vez analizado las causas que originan el problema del estudio, y planteada la alternativa de solución para el objeto de estudio, se llegan a las siguientes conclusiones:

En lo que respecta al proceso actual, se concluye que, la empresa no cuenta con muestreos de aceptación para la materia prima, esto sin duda alguna, es una de causa de los problemas varios de no conformidad en el fleje. Además de la falta de la tarea “colocación de impeders y bobina inductora” que se debe realizar, pero no se identifica como parte del proceso, afectado la calidad final.

Se llega a la conclusión que el sistema de corte longitudinal ocasiona el 16% de los paros de línea (fallos), ocasionando defectos en el producto como rebabas con deformidad en el corte, costura del tubo abierta y soldadura del tubo mal desvirtuada.

En lo que respecta a la no conformidad en la tubería estructural, el estudio llega a la conclusión que estas son ocasionadas por principalmente el método y materia prima, entre estas se encuentra: el tubo abierto en la costura por errores en el montaje de rodillos, tubo doblado por desalineamiento de rodillaje, tubo con la costura montada por mal ajuste en el formato, tubo abierto en la costura por falta o exceso de temperatura en la soldadora, fleje con óxido, fleje con menos desarrollo del debido, menos ancho de lámina, fleje con desprendimiento de galvanizado, fleje con el borde estirado, tipo campana.

Así mismo, en la puesta en marcha de la propuesta de solución, se valida cada uno de los diseños realizados con un formulario que arroja excelentes resultados, el 100 % está totalmente de acuerdo con el diagrama de flujo, 100%

con los requerimientos, 97% con el SIPOC y con la RACI, el 100% estaba de acuerdo con el rediseño e implementar.

En la investigación se evidencia la validez de la puesta en marcha de alternativa de solución al realizar la capacitación sobre las herramientas, su fusión y aplicación en el proceso esto se ve reflejado, en la asistencia de siete funcionarios de la compañía y en el diseño del instructivo.

Por la implementación de la estrategia de solución se disminuyó a 3,2 % de producto no conforme terminado de la tubería estructural, esto representa una disminución de 1,37 % para la línea estudiada TUB03. Menos que el promedio del año anterior, 2020. Por lo tanto, se cumple con el objetivo general del proyecto

Finalmente, con el estudio económico de la propuesta se determina que los indicadores financieros arrojan resultados positivos al tener un VAN en ¢ 719 901 267 que es mayor a cero, la tasa interna de retorno (TIR) en 865 % mayor que el costo capital definido en 25% y el periodo de recuperación en 1.3 meses menor a 5 años.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda a la empresa el establecimiento de un muestreo de aceptación para los materiales usados como materia prima, y su incorporación al proceso de producción, con el fin de disminuir el porcentaje de producto no conforme referente a los defectos o mal estado que el material presente.

En el caso de la maquinaria, se recomienda a la empresa el cambio del sistema de corte longitudinal o cortadora, esto porque se evidencia desgaste, que a su vez ocasiona defectos en el corte y daños en la costura (bombas).

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo y la tercerización con una empresa dedicada al mantenimiento correctivo para las maquinarias, esto con el fin de evitar y/o minimizar el producto no conforme por desgaste o daños en las máquinas.

Ejecutar actividades anuales con los operarios para fomentar la actualización del proceso de producción y promover la capacitación técnica entre los colaboradores, con el fin de disminuir el producto no conforme por causas de mano de obra.

Finalmente se recomienda la implementación total del diseño propuesto, ya que los resultados obtenidos mediante el plan piloto y el análisis realizado arrojan resultados favorables en la disminución del producto no conforme, y reducir el índice en menos de un 3 %, según lo establecido en la Tabla 25.

Tabla 25. Cronograma de actividades

actividad	Fecha
Contratación de recolector	5 de julio 2020
Capacitación a operarios de producción	6 de julio 2020
Capacitación a empleados de la empresa	12 de julio
Impresiones y envío de manuales	15 de julio
Puesta en marcha de la mejora	21 de julio
Capacitación de seguimiento anual	1er lunes de febrero

Fuente. Elaboración propia

Anexos

Anexo 1. Tablas de selección de impeders y bobinas inductoras.

Tubo a fabricar	Accesorio a utilizar			
	Código Tubotico	Código Thermatool	Diámetro mm.	Longitud mm.
21.0	6070312	FTE-14-230	14	230
22.2				
23.4				
25.4				
26.4				
28.0	6070301	FTE-18-230	18	230
29.5				
31.8	6070302	FTE-23-230	23	230
33.2				
38.1	6070303	FTE-28-230	28	230
41.9				
44.4	6070307	FTE-32-230	32	230
47.8				
50.8	6070313	FTE-38-230	38	230
55.7				
59.8	6070308	FTE-42-230	42	230
64.0				
72.5	6070304	FTE-55-230	55	230
75.0				
87.9				
91.0	6070314	FTE-64-230	64	230
113.0				
127.0	6070306	FTE-89-430	89	430
159.0	6070309	FTE-114-430	114	430
190.0	6070310	FTE-140-430	140	430

BOBINAS PARA SOLDADORAS CFI ESTÁNDAR


Tubo a fabricar	Accesorio a utilizar					
	Código Tubo/leo	Código Thermoool	Sentido de trabajo	Diámetro mm.	Longitud mm.	Espiras
bobina Inductora						
16.0	6134645	WL0210-001 LH	Izq-Der	26	55	2
19.1	6134646	WL0210-002 LH	Izq-Der	32	55	2
22.2						
21.0	6134639	WL0210-002 RH	Der-Izq	32	55	2
22.2						
26.4	6134601	WL0210-003 LH	Izq-Der	40	73	2
26.4	6134640	WL0210-003 RH	Der-Izq	40	73	2
28.0						
31.8	6134649	WL0210-005 RH	Der-Izq	51	87	2
33.2						
31.8	6134302	WL0210-005 LH	Izq-Der	51	87	2
33.2						
38.1						
41.9	6134603	WL0210-006 LH	Izq-Der	57	103	2
41.9	6134642	WL0210-006 RH	Der-Izq	57	103	2
47.8	6134643	WL0210-007 RH	Der-Izq	64	127	2
47.8	6134604	WL0210-007 LH	Izq-Der	64	127	2
50.8						
55.7	6134652	WL0210-008 LH	Izq-Der	70	127	2
59.6	6134605	WL0029-002	No aplica	80	47	1
64.0						
72.5	6134606	WL0029-003	No aplica	90	47	1
75.0						
87.9	6134607	WL0029-005	No aplica	105	47	1
91.0						
113.0	6134644	WL0029-007	No aplica	140	76	1
127.0	6134631	WL0193-004	No aplica	160	120	1
159.0	6134617	WL0193-006	No aplica	190	165	1
190.0	6134618	WL0318-002	No aplica	240	240	1

Bobinas inductoras



Tablas de selección de impeders y bobinas inductoras. Fuente: PC.

Anexo 2. Programa de producción mensual e informe de producción.

	A	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	Q	X	Y	AI	AL	AO	AQ	AS	AU	AW	AY
1												OF Programado onn OF Producido onn Cumplimiento 100.0%			Programad 15.563 t 100%								
	PROGRAMA DE PRODUCCIÓN PRODUCTOS LARGOS											Procesado: 8.973 t 58%		En Proceso: 6.590 t 42%									
739	TUB03	Reparación / reconstrucción de la sierra MTP-3 (al menos:											1-nov	3-nov									
740	TUB03	60237800				91,00	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		SIN MAR METALCO S.	2740	63	6000	1.430	100%	24	3-nov	3-nov				1.581	111%
741	TUB03	60238243				91,00	102696	TCULCE 1.50X72.00X6000		SIN MAR METALCO S.	2740	63	6000	2.000	100%	24	3-nov	4-nov				2.094	105%
742	TUB03	Cambio de Utillaje											24	4-nov	4-nov								
743	TUB03	60237791				91,00	102804	TRALCE 1.50X96.00X48.00X6000		SIN MAR METALCO S.	2740	50	6000	1.310	100%	24	4-nov	4-nov				1.332	102%
744	TUB03	60232329	2700012638	110	METALGASA	91,00	102804	TRALCE 1.50X96.00X48.00X6000	2da Quinc. O	SIN MAR METALCO S.	2740	50	6000	500	100%	24	4-nov	4-nov	15-oct			500	100%
745	TUB03	60231841	2700012568	260	HENRIQUEZ,	91,00	102804	TRALCE 1.50X96.00X48.00X6000	OCTUBRE	SIN MAR METALCO S.	2740	50	6000	50	100%	24	4-nov	4-nov	13-oct			50	100%
746	TUB03	Cambio de Utillaje											24	4-nov	4-nov								
747	TUB03	60237792				64,00	102793	TRALCE 1.50X75.00X25.00X6000		SIN MAR METALCO S.	2740	60	6000	1.640	100%	24	4-nov	5-nov				1.705	104%
748	TUB03	60232320	2700012638	90	METALGASA	64,00	102793	TRALCE 1.50X75.00X25.00X6000	2da Quinc. O	SIN MAR METALCO S.	2740	60	6000	60	100%	24	5-nov	5-nov	15-oct			60	100%
749	TUB03	60232727	2700012688	70	METALNIC S,	64,00	102793	TRALCE 1.50X75.00X25.00X6000	2da Quinc. O	SIN MAR METALCO S.	2740	60	6000	120	100%	24	5-nov	5-nov	15-oct			120	100%
750	TUB03	60233339	2700012721	170	INVERSIONE	64,00	102793	TRALCE 1.50X75.00X25.00X6000	OCTUBRE	SIN MAR METALCO S.	2740	60	6000	60	100%	24	5-nov	5-nov	21-oct			60	100%
751	TUB03	60232730	2700012688	130	METALNIC S,	64,00	102810	TRALCE 1.80X75.00X25.00X6000	2da Quinc. O	SIN MAR METALCO S.	2740	60	6000	120	100%	24	5-nov	5-nov	15-oct			120	100%
752	TUB03	60233340	2700012721	120	INVERSIONE	64,00	102810	TRALCE 1.80X75.00X25.00X6000	OCTUBRE	SIN MAR METALCO S.	2740	60	6000	240	100%	24	5-nov	5-nov	21-oct			240	100%
753	TUB03	Cambio de Utillaje											24	5-nov	5-nov								
754	TUB03	60238080				64,00	102674	TCULCE 1.20X50.00X6000		SIN MAR METALCO S.	2740	100	6000	850	100%	24	5-nov	5-nov				891	105%
755	TUB03	60237611	2700012688	110	METALNIC S,	64,00	102708	TCULCE 1.80X50.00X6000	OCTUBRE	SIN MAR METALCO S.	2740	100	6000	270	100%	24	5-nov	5-nov	23-sep			270	100%
756	TUB03	60232315	2700012638	140	METALGASA	64,00	102708	TCULCE 1.80X50.00X6000	2da Quinc. O	SIN MAR METALCO S.	2740	100	6000	300	100%	24	5-nov	5-nov	15-oct			300	100%
757	TUB03	60231839	2700012568	160	HENRIQUEZ,	64,00	102708	TCULCE 1.80X50.00X6000	OCTUBRE	SIN MAR METALCO S.	2740	100	6000	100	100%	24	5-nov	5-nov	13-oct			100	100%
758	TUB03	60233863	2700012725	110	ALMACENES	64,00	102708	TCULCE 1.80X50.00X6000		SIN MAR METALCO S.	2740	100	6000	600	100%	24	5-nov	5-nov	30-nov			631	105%
759	TUB03	60232128	2700012589	90	METALCO DE	64,00	305323	TCUGZE 1.53X50.00X6000 183	2da Quinc. O	SIN MAR METALCO S.	2740	100	6000	700	100%	24	5-nov	5-nov	14-oct			700	100%
760	TUB03	60232336	2700012634	50	METALGASA	64,00	305323	TCUGZE 1.53X50.00X6000 183	2da Quinc. O	SIN MAR METALCO S.	2740	100	6000	500	100%	24	5-nov	5-nov	15-oct			500	100%

20201119 [Sólo lectura] - Microsoft Excel Herramientas de tabla dinámica

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista Opciones Diseño

Cortar Copiar Pegar Copiar formato Portapapeles Fuente Alineación Combinar y centrar General Número Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Insertar Eliminar Formato Celdas Autosuma Rellenar Borrar Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Modificar

Advertencia de seguridad: Algún contenido activo se ha deshabilitado. Opciones...

A37 TUB03

	A	F	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	C#M#	(Varios elementos)																		
2				Act 1	Act 2															
3	Máquina	Cantidad (kg)	Horas Calendario	Horas Programadas	Horas Efectivas	tph Real	tph Esperado	Calidad %	Rendimiento	Utilización	Disponibilidad	OEE	Prod_Lab.	FTE						
24	PAN06	46.402	456	26	26	1,78	1,20	98%	148%	6%	100%	145%	404,9	0,11						
25	PAN07	422.563	456	248	151	1,70	2,70	96%	63%	54%	61%	37%	387,8	1,09						
26	PAN08	44.263	456	47	13	0,94	1,23	90%	76%	10%	28%	20%	213,6	0,21						
27	PER01	201.002	456	106	69	1,89	2,18	94%	87%	23%	65%	53%	287,1	0,70						
28	PER02	188.480	456	107	60	1,76	2,44	98%	72%	24%	56%	40%	267,1	0,71						
29	PER03	139.319	456	357	268	0,39	0,39	98%	100%	78%	75%	73%	88,9	1,57						
30	PER04	88.074	456	211	160	0,42	0,61	100%	68%	46%	76%	51%	95,0	0,93						
31	PER05	22.852	456	102	77	0,22	0,23	99%	97%	22%	76%	72%	51,3	0,45						
32	PER06	328.188	456	131	81	2,51	3,31	97%	76%	29%	62%	46%	381,3	0,86						
33	PER07	62.331	456	186	155	0,34	0,39	99%	86%	41%	84%	71%	76,6	0,81						
34	ROS02	38.252	456	68	59	0,57	0,92	100%	61%	15%	87%	53%	257,8	0,15						
35	TUB01	535.562	456	365	254	1,47	2,25	97%	65%	80%	69%	44%	133,7	4,01						
36	TUB02	567.909	456	378	216	1,50	2,55	97%	59%	83%	57%	33%	137,1	4,14						
37	TUB03	1.453.176	456	388	194	3,75	4,99	96%	75%	85%	50%	36%	284,6	5,11						
38	TUB04	596.482	456	267	145	2,23	2,78	96%	80%	59%	54%	42%	203,7	2,93						
39	TUB06	1.699.645	456	393	245	4,33	6,01	96%	72%	86%	62%	43%	329,0	5,17						
40	Total general	23.397.967																		

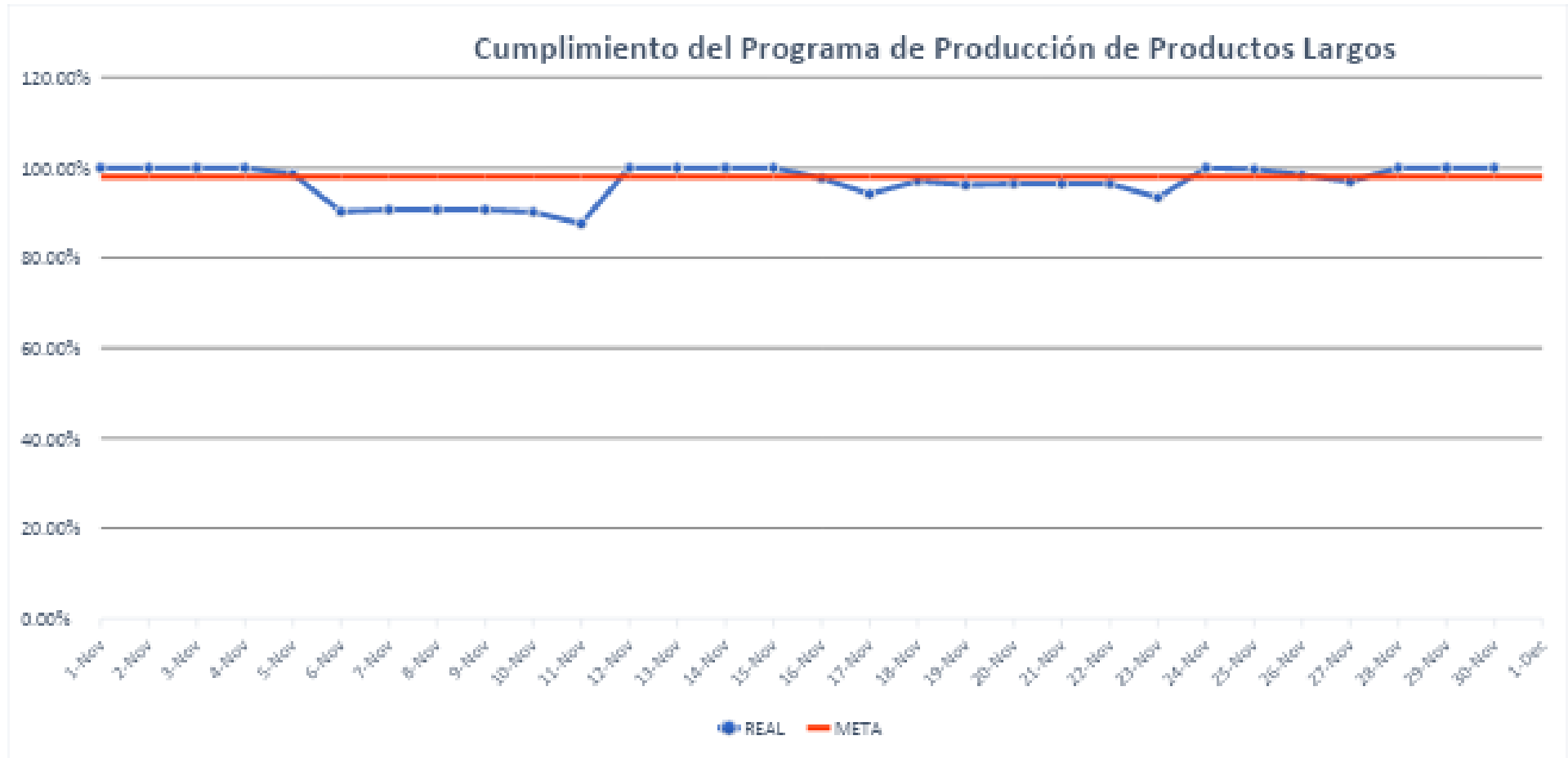
Producción Indicadores Calidad Defectos Prod X día Producción Recubiertos Indicador de Recubrimiento Actualizar 1 Actualizar 2 Actualizar 3

Listo Promedio: 94587,81675 Recuento: 18 Máx: 1453176,35 Suma: 1418817,251 80%

4:45 p. m. 22/11/2020

Informe y programa de producción mensual mes noviembre Fuente: PC.

Anexo 3. Cumplimiento del programa producción.



Cumplimiento de la producción mensual mes noviembre Fuente: PC.

Anexo 4. Aplicación SAP, reporte de producción.

Lista Tratar Pasar a Opciones Tratamiento en masa Sistema Ayuda

Sistema info de orden: Movimientos de mercancía documentados

MIGO CONSUMOS ENTREGAS

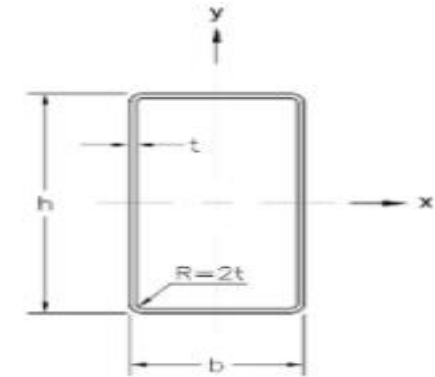
Orden	Material	Texto de material	Ped.clte.	Doc.material	Lote	Almacén	Σ	Ctd.UME	UM entrada	Cl.mov. ▲	Σ	Cantidad	Unidad	Fecha contab.
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696077	0006632188	2740		1,516.914-	KG	321		1,516.914-	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696404	0006632193	2740		1,516.914	KG			1,516.914	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696404	0006632193	2740		1,516.914-	KG			1,516.914-	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696406	0006632197	2740		1,516.914	KG			1,516.914	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696406	0006632197	2740		1,516.914-	KG			1,516.914-	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696407	0006632226	2740		1,516.914	KG			1,516.914	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696407	0006632226	2740		1,516.914-	KG			1,516.914-	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696410	0006632350	2740		1,516.914	KG			1,516.914	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696410	0006632350	2740		1,516.914-	KG			1,516.914-	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696411	0006632362	2740		1,516.914	KG			1,516.914	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696411	0006632362	2740		1,516.914-	KG			1,516.914-	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696433	0006632366	2740		1,516.914	KG			1,516.914	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696433	0006632366	2740		1,516.914-	KG			1,516.914-	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696437	0006632378	2740		1,516.914	KG			1,516.914	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696437	0006632378	2740		1,516.914-	KG			1,516.914-	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696455	0006632381	2740		144.468	KG			144.468	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696455	0006632381	2740		144.468-	KG			144.468-	KG	11/03/2020
								0	KG	321		0	KG	
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910690136	0006628964	2740		288.936	KG	Z09		288.936	KG	11/01/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696452	0006632387	2740		866.808	KG			866.808	KG	11/03/2020
60237800	102710	TCULCE 1.80X72.00X6000		4910696454	0006632389	2740		96	KG			96	KG	11/03/2020
60237800	102765	TCULCSE 1.80X72.00X6000		4910690136	0006628964	2740		288.936-	KG			288.936-	KG	11/01/2020
60237800	102765	TCULCSE 1.80X72.00X6000		4910696452	0006632387	2740		866.808-	KG			866.808-	KG	11/03/2020
60237800	103097	TERCERA PROD LARGOS LC		4910696454	0006632389	2740		96-	KG			96-	KG	11/03/2020
								0	KG	Z09		0	KG	
								35,879	KG			3,344.062-	KG	
								1,629-	UN					

SAP

Reporte de producción. Fuente: PC.

Anexo 5. Tubería estructural especificaciones técnicas y propiedades geométricas de las secciones.

A = área de la sección	h = peralte de la sección
t = espesor de los perfiles	C_w = constante del alabeo de la sección
J = constante de la torsión de la sección (constante de St. Venant)	r_x = radio del giro de la sección con respecto al eje x
r_y = radio del giro de la sección con respecto al eje y	I_x = momento de inercia de la sección con respecto al eje x
I_y = momento de inercia de la sección con respecto al eje y	S_x = módulo elástico de la sección con respecto al eje x
H. G. = Hierro Galvanizado	H.N. = Laminado en caliente
Nota: Calculado según las expresiones dadas en el manual del AISI	



TUBERÍA ESTRUCTURAL RECTANGULAR EN HIERRO NEGRO Y GALVANIZADA (especificaciones técnicas y propiedades geométricas de las secciones)																
SECCIÓN		Largo (m)	h (cm)	b (cm)	t (cm)	A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	S _x (cm ³)	r _x (cm)	I _y (cm ⁴)	S _y (cm ³)	r _y (cm)	C _w (cm ⁶)	J (cm ⁴)	Acabado	
															H.N.	H.G.
23 x 96	1.50 mm		9.6	2.3	0.150	3.40	33.75	7.03	3.15	3.44	2.99	1.00	11.86	10.84	16.51	
	1.80 mm		9.6	2.3	0.180	4.06	39.70	8.27	3.12	3.99	3.47	0.99	13.81	12.71	19.81	
25 x 75	1.50 mm		7.5	2.5	0.150	2.81	18.11	4.82	2.53	3.22	2.58	1.07	4.77	9.41	13.92	
	1.80 mm		7.5	2.5	0.180	3.35	21.15	5.64	2.51	3.74	2.99	1.06	5.54	11.05	16.70	
38 x 50	1.80 mm		5.0	3.8	0.180	2.94	10.32	4.13	1.87	6.77	3.56	1.52	0.41	13.38	15.02	
38 x 75	1.50 mm		7.5	3.8	0.150	3.20	23.38	6.23	2.70	8.23	4.33	1.60	5.64	20.04	15.88	
	1.80 mm		7.5	3.8	0.180	3.80	27.30	7.28	2.68	27.30	5.04	1.59	6.61	23.64	19.05	

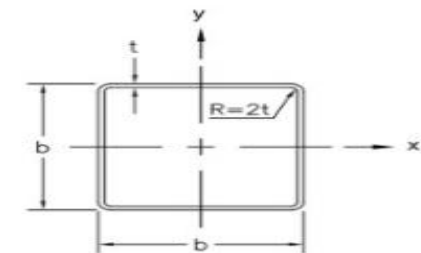
48 x 72	1.50 mm	7.2	4.8	0.150	3.41	24.86	6.91	2.70	13.41	5.41	1.98	3.36	28.13	16.51	
	1.80 mm	7.2	4.8	0.180	4.08	29.26	8.13	2.68	15.76	6.56	1.97	3.99	33.47	19.81	
	2.37 mm	7.2	4.8	0.237	5.24	36.63	10.17	2.64	19.67	8.19	1.93	5.04	42.76	26.08	
48 x 96	1.50 mm	9.6	4.8	0.150	4.13	50.04	10.43	3.48	17.30	7.21	2.46	19.91	41.81	19.86	20.17
	1.80 mm	9.6	4.8	0.180	4.94	59.15	12.32	3.46	20.39	8.50	2.03	23.63	49.82	23.84	24.14
	2.37 mm	9.6	4.8	0.237	6.38	74.63	15.54	3.42	25.62	10.67	2.00	29.90	63.81	31.39	
	3.17 mm	9.6	4.8	0.317	8.29	93.81	19.54	3.36	32.02	13.34	1.95	37.60	81.75	41.83	
50 x 150	1.50 mm	15.0	5.0	0.150	5.81	156.69	20.89	5.19	28.47	11.39	2.21	165.80	80.04	27.42	27.83
	1.80 mm	15.0	5.0	0.180	6.97	186.24	24.83	5.17	33.70	13.48	2.20	197.02	95.48	32.90	33.32
	2.37 mm	15.0	5.0	0.237	9.05	237.57	31.68	5.12	42.68	17.07	2.17	251.60	122.65	43.32	
	3.17 mm	15.0	5.0	0.317	11.85	303.38	40.45	5.06	53.97	21.59	2.13	319.70	157.91	57.94	
	4.75 mm	15.0	5.0	0.475	17.88	318.38	42.50	5.03	57.25	26.09	2.11	331.70	165.91	86.38	
50 x 200	2.37 mm	20.0	5.0	0.237	11.43	503.34	50.33	6.63	56.19	22.48	2.22	807.80	174.42	54.70	
	3.17 mm	20.0	5.0	0.317	15.02	647.81	64.78	6.57	71.38	28.55	2.18	1031.00	224.77	72.87	

6

100 x 150	2.37 mm	15.0	10.0	0.237	11.43	367.25	48.97	5.67	198.36	39.67	4.17	213.00	409.91	53.34	
	3.17 mm	15.0	10.0	0.317	15.02	474.27	63.24	5.62	255.71	51.14	4.13	279.00	536.97	72.87	
	4.75 mm	15.0	10.0	0.475	21.88	666.80	88.90	5.52	358.30	71.65	4.04	398.00	775.80	108.53	
100 x 200	2.37 mm	20.0	10.0	0.237	13.81	735.72	73.57	7.30	255.07	51.01	4.29	1263.00	608.67	65.75	
	3.17 mm	20.0	10.0	0.317	18.19	954.90	95.48	7.25	330.00	66.00	4.26	1650.00	798.30	87.21	
	4.75 mm	20.0	10.0	0.475	26.62	1356.60	135.66	7.13	466.10	93.22	4.18	2362.00	1157.00	129.79	
Nota: La fabricación especial se da en los productos de lista, en longitudes de 4 a 12 metros, cantidad mínima 20 unidades.															

Tubería Estructural Rectangular, Especificaciones Técnicas.

A = área de la sección	h = peralte de la sección
t = espesor de los perfiles	C_w = constante del alabeo de la sección
J = constante de la torsión de la sección (constante de St. Venant)	r_x = radio del giro de la sección con respecto al eje x
r_y = radio del giro de la sección con respecto al eje y	I_x = momento de inercia de la sección con respecto al eje x
I_y = momento de inercia de la sección con respecto al eje y	S_x = módulo elástico de la sección con respecto al eje x
H. G. = Hierro Galvanizado	H.N. = Laminado en caliente
Nota: Calculado según las expresiones dadas en el manual del AISI	



TUBERÍA ESTRUCTURAL CUADRADA EN HIERRO NEGRO Y GALVANIZADA (especificaciones técnicas y propiedades geométricas de las secciones)											
SECCIÓN		Largo (m)	b (cm)	t (cm)	A (cm ²)	Fy (Mpa)	Ix = Iy (cm ⁴)	Sx = Sy (cm ³)	rx = ry (cm)	Acabado y Peso (kg/unidad)	
										H.N.	H.G.
50 X 50	1.20 mm	6	5.0	0.120	2.280	0	8.92	3.57	1.98	11.135	11.346
	1.50 mm		5.0	0.150	2.810	0	10.82	4.33	1.96	13.919	14.13
	1.80 mm		5.0	0.180	3.330	0	12.60	5.04	1.94	16.703	16.914
	2.37 mm		5.0	0.237	4.370	227	16.24	6.50	1.93	21.992	
	3.17 mm		5.0	0.317	5.506	227	19.15	7.66	1.86	28.972	
72 X 72	1.20 mm		7.2	0.120	3.340	0	27.60	7.67	2.88	15.891	16.192
	1.50 mm		7.2	0.150	4.130	0	33.80	9.39	2.86	19.864	20.165
	1.80 mm		7.2	0.180	4.915	0	39.75	11.04	2.84	23.837	24.138
	2.37 mm		7.2	0.237	6.442	227	51.39	14.28	2.82	31.385	
	3.17 mm		7.2	0.317	8.296	227	63.54	17.65	2.76	41.831	
91 X 91	1.50 mm		9.1	0.150	5.330	0	72.10	15.67	3.68	24.83	25.206
	1.80 mm		9.1	0.180	6.355	0	85.17	18.52	3.66	29.796	30.172
100 X 100	1.50 mm		10.0	0.150	5.813	227	93.18	18.63	4.36	27.418	27.834
	1.80 mm		10.0	0.180	6.931	227	110.21	22.04	3.98	32.902	33.317
	2.37 mm		10.0	0.237	9.050	227	141.65	28.33	3.95	43.32	
	3.17 mm	10.0	0.317	11.847	227	181.37	36.27	3.91	57.943		
	4.75 mm	10.0	0.475	17.129	227	250.44	50.08	3.82	86.38		
150 X 150	2.37 mm	15.0	0.237	13.810	227	496.92	66.26	5.99	65.754		
	3.17 mm	15.0	0.317	18.187	227	645.10	86.02	5.96	87.21		
	4.75 mm	15.0	0.475	26.629	227	917.40	122.32	5.86	129.792		
Nota: La fabricación especial se da en los productos de lista, en longitudes de 4 a 12 metros, cantidad mínima 20 unidades.											
Utilizar límite de fluencia Fya, según la sección A7.2 de AISI con Fxf = 227 Mpa Límite de fluencia mínimo del acero virgen Fy = 227 MPA / Esfuerzo último mínimo de acero virgen Fu = 310 MPA											

Tubería Estructural Cuadrada, Especificaciones Técnicas. Fuente: METALCO, 2020.

Anexo 6. Indicadores TUB03 tubería estructural 2020.

Indicadores TUB03 Tubería estructural 2020									
Año 2020	Línea	Cantidad Consumo (t)	Horas Calendario	Horas Programadas	Horas Efectivas	Utilización	Calidad %	No conforme	No conforme
								t	%
Enero	TUB03	2.458	744	620	515	83,1%	96,3%	90,946	3,70%
Febrero	TUB03	2.658	696	615	542	88,1%	96,0%	106,32	4,00%
Marzo	TUB03	2.698	744	633	526	83,1%	96,2%	102,524	3,80%
Abril	TUB03	2.597	720	628	540	86,0%	95,7%	111,671	4,30%
Mayo	TUB03	2.425	744	625	519	83,0%	94,9%	123,75	5,10%
Junio	TUB03	2.525	720	625	538	86,1%	95,5%	113,625	4,50%
Promedio		15.361	4368	3746	3180	84,9%	95,8%	648,836	4,23%
		Horas Programadas	Horas Efectivas	paros por sistema de corte	otros paros	total, de paros	% paro con mayor influencia, sistema de corte		
2020									
enero		620	515	19,31	85,69	105	20,2755		
febrero		615	542	17,04	55,96	73	12,4392		
marzo		633	526	20,2	86,80	107	21,614		
abril		628	540	15,37	72,63	88	13,5256		
mayo		625	519	17,2	88,80	106	18,232		
junio		625	538	16	71,00	87	13,92		
		3746	3180	105,12	460,88	566	16,7		

Indicadores de producción. Fuente: PC.

Anexo 7. Encuesta recolección de información para la evaluación de causas



Recolección de información Metalco

El presente formulario, forma parte del diagnóstico del proyecto final de graduación, para optar por el título de Lic. en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana; para el estudiante Jeffrey Soto Quiros

Siguiente

No conformidades

En las siguientes secciones, se detalla una lista de no conformidades detectadas durante la etapa de diagnóstico. Se le presenta una escala de 1 a 5 que se explica en la siguiente imagen, por favor seleccione el valor que considera apropiado para cada no conformidad.

Detalle de escala

1	La no conformidad se da en rara ocasión
2	La no conformidad no se da con regularidad
3	La no conformidad se da moderadamente
4	La no conformidad se da regularmente
5	La no conformidad es común en las operaciones

Atrás

Siguiente

Método

A continuación se presentan las no conformidades relacionadas a los métodos de producción

Tubo abierto en la costura por errores en el montaje de rodillos *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Tubo doblado por desalineamiento de rodillaje *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Tubo con la costura montada por mal ajuste en el formato *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Tubo abierto en la costura por falta o exceso de temperatura en la soldadora *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Atrás

Siguiente

Mano de obra

A continuación se presentan las no conformidades relacionadas a la Mano de obra

Variación en medidas externas del tubo y tubo doblado por falta de destreza del encargado. *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Falta de capacitación en los cambios de formato. *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Costura del tubo mal desvirutado (sin desbastar el cordón) *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Atrás

Siguiente

Maquinaria

A continuación se presentan las no conformidades relacionadas a la Maquinaria:

Costura del tubo abierta o con rebaba por paros de línea, ocasionados por la cortadora. *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Rodillos con desgaste ocasionan mal formado y perforaciones en la costura (bombas) *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Atrás

Siguiente

Materia Prima

A continuación se presentan las no conformidades relacionadas a la materia prima.

Fleje con el borde estirado, tipo campana *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Fleje con oxido *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Fleje con menos desarrollo del debido, menos ancho de lamina *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Fleje con desprendimiento de galvanizado. *

1 2 3 4 5

La no conformidad se da en
rara ocasión

La no conformidad es común
en las operaciones

Atrás

Siguiente

METALCO®

Recolección de información Metalco

Gracias

Atrás

Enviar

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, S. (2017). El 28 julio 2011 en Estructura Organizativa, Habilidades Directivas, Mejora Continua. Academia.edu.
- Burckhardt, V., Gisbert, V., y Pérez, A. (2016). *Estrategia y desarrollo de una guía de implantación norma iso 9001 2015*. España: Científica 3Ciencias. Recuperado de: https://issuu.com/3ciencias/docs/estrategia_y_desarrollo_de_una_guia
- Dale, H. (2009). *Control de calidad*. (8a. ed.) Pearson Educación.
- Groover, M. (2014). Introducción a los procesos de Manufactura. En M. Groover, *Introducción a los procesos de Manufactura*. D.F: Iteramericana Editores S.A De C.V.
- Herrera, R. (2017). Reducción del desperdicio de materia prima en la empresa COMATE S.A, en Alajuela Costa Rica, en el año 2017. Tesis de grado. Universidad Hispanoamericana.
- Laines, Y. (2017). *Evaluación de la gestión financiero de la subzona el oro nro. 7 mediante análisis del foda y diagrama Pareto*. Machala, Ecuador: Universidad técnica de Machala.
- METALCO. (2020). *Nuestra empresa*. Obtenido de metalco: <http://www.metalco.net/nuestra-empresa>
- Núñez, M. (2018). *Disminución del porcentaje de producto defectuoso en la bloquera belén para el segundo semestre del 2018*. Tesis de grado. Universidad Hispanoamericana.
- Nuño, P. (2017). *Diagrama de Ishikawa*. Universidad Iberia.
- Perez, C. (2011). *Mejoramiento de los procesos productivos en la empresa ACCECOL LTDA*. Bucaraman: Universidad industrial de Santander.
- Pérez E y García, M. (2014). *Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal*. Tecnología en Marcha. Vol. 27, N° 3.

- Reyes, P. (2019). *Administración de Inventarios en Almacenes*. Recuperado de:
<https://repositorio.unan.edu.ni/7029/1/6549.pdf>
- Ríos, P Gómez, A y López, D. (2015). *Procesos de calidad en las empresas del sector metalmeccánico certificadas en ISO 9001:2008 y/o acreditadas en ISO 17025:2005 en las ciudades de Pereira y Dosquebrada*. Recuperado de:
<https://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/17420/6.%20PROCESOS%20DE%20CALIDAD%20EN%20LAS%20EMPRESAS%20DEL%20SECTOR%20METALMEC%20C3%81NICO%20CERTIFICADAS%20EN%20ISO%209001-2008%20ADAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanabria P, Romero, V y Flórez, C. (2014). El concepto de calidad en las organizaciones: una aproximación desde la complejidad. *Universidad & Empresa*, 16(27),165-213. [ISSN: 0124-4639. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1872/187241606007>
- Sánchez, J. (2020). *Mejora de la eficiencia en la línea de producción de botellas número 1 en la presentación de 3 litros, planta refrescos en río segundo de Alajuela durante el primer cuatrimestre del año 2020*. Tesis de grado. Universidad Hispanoamericana.
- Tubotico. (2018). *Soldadora CFL Termatool. Manual de preparación, operación y mantenimiento de las soldadoras CFI Termatool*, 1,1-85.
- Urbina, G. B. (2014). *Generalidades de la ingeniería industrial*. En G. B. Urbina, *Generalidades de la ingeniería industrial* (pág. 2). México: grupo editorial patria.
- Zandin, K. (2005). *Maynard Manual del ingeniero Industrial*. 5ta. edición. Ed. McgrawHill, México.
- Zegarra, S. (2017). *Reducción de productos no conformes en la fabricación de jabones modelo ovalado, aplicando metodología AMEF*. Tesis de grado. Recuperado de:
http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3567/1/2017_Zegarra-Silva.pdf

