



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA EQUIPAMIENTO MINERO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS DE METALMECÁNICA”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

**Autor:**

Walter Alex Chalán Perez

**Asesor:**

Ing. Ena Mirella Cacho Chávez

Cajamarca - Perú

2018

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor *Haga clic o pulse aquí para escribir texto.*, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería., Carrera profesional de Ingeniería Industrial., ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la investigación del (los) estudiante(s):

- *Walter Alex Chalán Perez*

Por cuanto, **CONSIDERA** que el trabajo de investigación titulado: OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS PARA EQUIPAMIENTO MINERO Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS EMPRESAS DE METALMECÁNICA. para aspirar al grado de bachiller por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

---

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos

Asesor

## ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El Sr(a) *Grado Académico y el nombres y apellidos del director o coordinador de carrera*, ha procedido a realizar la evaluación del trabajo de investigación del (los) estudiante(s): *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*, para aspirar al grado de bachiller con el trabajo de investigación: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*.

Luego de la revisión del trabajo en forma y contenido expresa:

Aprobado

Calificativo:  Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Evaluador

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi fortaleza y esperanza en los momentos de angustia, por darme la vida, la salud y la sabiduría para culminar este trabajo satisfactoriamente.

A mis padres Juan y Fredesvinda por el apoyo incondicional, porque a pesar de las dificultades económicas se preocuparon siempre por mi formación profesional, por ser los pilares fundamentales de mi formación como ser humano, por inculcarme siempre el trabajo, honradez y la ambición de superación, por enseñarme que con esfuerzo y sacrificio se logran las metas.

A Irma, mi compañera que siempre estuvo en los momentos difíciles, y a mis dos hijos Cristian y Daniel por apoyarme y darme ánimo en todos mis proyectos personales.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Ena Mirella Cacho Chávez, quien hizo posible el desarrollo de este trabajo, por formar parte de mi formación académica y su apoyo incondicional orientándome siempre hacia el camino de la investigación.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería y a todos aquellos de la Universidad Privada del Norte, los cuales impartieron su conocimiento en las aulas de clase haciendo posible así mi formación académica

### **Tabla de contenido**

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL INVESTIGACIÓN</b>	<b>TRABAJO DE</b>	<b>DE</b>	2
<b>ACTA DE EVALUACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN</b>			3
DEDICATORIA			4
AGRADECIMIENTO			5
ÍNDICE DE TABLAS			7
ÍNDICE DE FIGURAS			8
RESUMEN			9
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>			10
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>			13
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>			25
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>			41
REFERENCIAS			42

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Tabla n° 1. Personal que labora en proceso de fabricación de estructuras metálicas.	16
2. Tabla n° 2. Máquinas de la empresa para la fabricación.	16
3. Tabla n° 3. Instrumentos y Técnicas para la recolección de datos.	18
4. Tabla n° 4. Matriz de Preguntas-Sujetos (Ejemplo de aplicación).	20
5. Tabla n° 5. Escala categórica de valores.	22
6. Tabla n° 6. Resultados del ítem 1 de la encuesta.	32
7. Tabla n° 7. Resultados del ítem 2 de la encuesta.	33
8. Tabla n° 8. Resultados del ítem 3 de la encuesta.	33
9. Tabla n° 9. Resultados del ítem 4 de la encuesta.	33
10. Tabla n° 10. Resultados del ítem 5 de la encuesta.	34
11. Tabla n° 11. Resultados del ítem 6 de la encuesta.	34
12. Tabla n° 12. Resultados del ítem 7 de la encuesta.	35
13. Tabla n° 13. Resultados del ítem 8 de la encuesta.	35
14. Tabla n° 14. Resultados del ítem 9 de la encuesta.	35
15. Tabla n° 15. Resultados del ítem 10 de la encuesta.	36
16. Tabla n° 16. Resultados del ítem 11 de la encuesta.	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Figura n° 1. Diagrama Causa-Efecto.	19
2. Figura n° 2. Diagrama de Proceso productivo del taller de fabricación.	29
3. Figura n° 3. Plano planta de distribución actual de taller.	30
4. Figura n° 4. Diagrama Causa-Efecto de proceso productivo.	38

## RESUMEN

La presente investigación de campo de tipo descriptivo tiene como objetivo diseñar un plan que contribuya al mejoramiento del proceso de fabricación de estructuras metálicas cuya tamaño y gran cantidad de elementos imposibilita su ensamblaje en taller debido al espacio del que se dispone. Para lograr concretar los objetivos planteados en materia de mejora de flujo de trabajo, tiempo de entrega y calidad final se emplearon técnicas de recolección de datos mediante observación directa, entrevistas estructuradas, diagrama de operaciones del proceso, diagrama de causa y efecto y tormenta de ideas, que permitieron establecer un diagnóstico preciso de los factores que influyen negativamente el proceso productivo, para luego implementar herramientas de Manufactura Esbelta como el Kanban, para la optimización en el proceso productivo al identificar las piezas para correcto ensamblaje posterior y manejo eficiente, de tal modo que el espacio disponible en la empresa no represente un impedimento para llevar a cabo tareas de gran envergadura como la fabricación de estructuras para empresas mineras que lo requieren. Se tomaron como fuentes de información trabajos de tesis que han implementado técnicas para la mejora de procesos productivos. El trabajo de evaluación arrojó deficiencia no sólo en la dificultad de manejar estructuras de gran tamaño en el taller, sino también en la falta de estrategias y planificación de producción que permita prever cualquier dificultad que se pueda presentar durante el desarrollo de la fabricación. De esta manera se propone la implementación de estrategias de planificación de producción que elimine o en el escenario más modesto, disminuya significativamente las labores de retrabajo por problemas de calidad.

**PALABRAS CLAVES:** Proceso productivo, flujo de trabajo, Manufactura Esbelta, Empresa metalmecánica, calidad.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento en la demanda de productos y servicios a nivel global exige el aumento en la productividad de grandes empresas, la mayoría de ellas ya con tradición en el mercado mundial así como también de nuevas empresas que nacen con la intención de satisfacer nuevas necesidades. Dichas empresas se enfocan exclusivamente en la creación y producción de sus productos, por lo que delegan en empresas contratistas la responsabilidad de diseñar, fabricar e implementar los equipos, herramientas e infraestructura de trabajo que son necesarios, para poder llevar a cabo sus operaciones de manufactura.

Estas grandes empresas se caracterizan por poseer dentro de su estructura de trabajo estándares de productividad y calidad, que les permite transformar la materia prima en producto final deseado, cubriendo así con éxito las expectativas y exigencias del público consumidor. Sin embargo, estos mismos estándares y filosofías de producción y calidad muchas veces no forman parte de la estructura de trabajo de las empresas contratistas comprometiendo así la calidad de servicio, producto y velocidad de respuesta deseada por el cliente.

Al ser diferente el proceso productivo, el personal y el producto respecto a la empresa que contrata, surge la pregunta: ¿Se podría implementar técnicas y estrategias ya conocidas de gestión efectiva de producción y calidad en empresas contratistas cuya estructura organizacional es más pequeña e informal?

La mayoría de estas empresas contratistas que de igual modo hacen peso en el mercado de la construcción y servicios a grandes empresas, presentan la dificultad de ser en muchas ocasiones sociedades pequeñas, empresas familiares o incluso cooperativas, cuyos

propietarios y quienes se

encargan de tomar decisiones, no tienen la cultura ni formación en lo que respecta a gestión de proyectos y productividad. En el mejor de los casos, contratan personal especialista que aborde ese campo, pero en el momento de proyectar su implementación, se termina dando prioridad a inversión de capital a la fabricación en sí del producto requerido por el cliente, obviando ciertos aspectos para la garantía de buena calidad, velocidad de respuesta y confiabilidad. El perfil de la empresa objeto de la presente investigación, no escapa a dicha característica.

De esta manera, el presente trabajo de investigación propone hacer un estudio del proceso productivo de una empresa metalmecánica, detectando las debilidades que comprometen la producción, velocidad de respuesta, calidad y confiabilidad del producto contratado, para luego implementar metodologías que tienen como propósito controlar la manufactura mediante la integración de los distintos procesos, realizando el mantenimiento de las máquinas y la capacitación del personal.

Además, se propone implementar técnicas de simulación de producción y proyecciones futuras, de manera estratégica, con la finalidad de brindar información suficiente al propietario o cuerpo directivo de la contratista, para que sea más sencilla la toma de decisiones en el momento de la implementación de dichas técnicas en sus procesos productivos en pro a la mejora del proceso productivo de su empresa.

### **Objetivo General**

- Analizar el proceso productivo para el mejoramiento del proceso de fabricación de estructuras metálicas para equipamiento minero.

### **Objetivos Específicos**

- Describir las distintas áreas productivas en el proceso de fabricación de estructuras metálicas.
- Determinar la capacidad y tiempo de producción actual de la línea de fabricación de estructuras metálicas.
- Identificar y analizar las deficiencias en la línea de producción de estructuras metálicas.
- Establecer alternativas para el incremento en la productividad de la línea de producción de estructuras metálicas.
- Establecer propuestas para mejorar la calidad y tiempo de entrega de los productos fabricados.

## CAPÍTULO II.

### METODOLOGÍA

Este capítulo describe la metodología que será empleada para la elaboración de la investigación, lo que permitirá el desarrollo sistemático y una estructuración concisa y coherente entre los elementos que contribuirán a dar respuesta efectiva a la solución del problema propuesto.

#### **Tipo de investigación:**

El objeto de la presente investigación está enfocada a la elaboración de una propuesta viable, cuyo fin es dar solución a una necesidad específica partiendo de un diagnóstico previo. Un proyecto con tales características, se enmarca dentro de la modalidad de proyecto factible o investigación proyectiva (Arias, 2012).

Según Arias (2012), la definición de Proyecto Factible “Consiste en una propuesta de acción para resolver un problema práctico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de la realización”.

La factibilidad, indica la posibilidad de desarrollar un proyecto, tomando en cuenta la objetividad en las observaciones para llegar a un diagnóstico acertado, poder identificar los recursos humanos, técnicos, financieros, beneficiarios, entre otras variables que permitirán obtener las herramientas necesarias para la concreción del objetivo planteado.

Culminada la fase de diagnóstico se establece la factibilidad del proyecto, lo que conlleva a la elaboración de la propuesta, que será el objeto de desarrollo e implementación de la investigación.

La pregunta que motiva el desarrollo de esta investigación, de si es posible implementar un plan para la mejora del proceso productivo de una metalmecánica basado en métodos de manufactura esbelta, direcciona al investigador a identificar todas las variables que intervienen en el proceso productivo con la finalidad de medirlas y compararlas con las que se presentan en los métodos ya estudiados e implementados en otros procesos.

### **Diseño de la investigación:**

La estrategia que se implementará para dar solución al problema planteado, responde al tipo de Investigación Documental, ya que se basa en “la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, las obtenidas y registradas por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas.” Arias 2012.

De esta manera se requiere realizar la correspondiente revisión de material bibliográfico, documentos, artículos, información de la web, entre otras fuentes, para contar con la información necesaria que permitirá establecer un criterio de comprobación de los resultados que den respuesta a la propuesta inicial planteada.

Existe bibliografía relacionada con las técnicas de manufactura esbelta (Lean Manufacturing), entre las que incluyen procesos continuos (kaizen), disuasión e insentivo (kanban), elementos y procesos a prueba de fallos (poka yoke), entre otras técnicas, que han sido implementadas con éxito en otras industrias y procesos y que dan base para establecer las respuestas que se esperarían en la nueva implementación en el proceso productivo de la empresa metalmecánica objeto de análisis.

Este material teórico del cual se dispone en extensa literatura, publicaciones, material por internet; se seleccionará en función del área específica de investigación, que en este caso son los principios de Manufactura Esbelta. El punto de partida es realizar la búsqueda de libros publicados en esa área en bibliotecas, reseñas electrónicas por internet, resúmenes, y cualquier información que pueda hacer referencia a dichas publicaciones. Este tipo de literatura es la que permitirá establecer las bases teóricas necesarias para la comprensión y análisis efectivo del problema de estudio. Otra guía no menos importante radica en la revisión de trabajos de tesis relacionados con el tema. Muchas de ellas están disponibles en las bibliotecas de universidades y en internet. Por último, se plantea realizar búsquedas de material, revistas digitales, artículos, blogs por internet, con la finalidad de abarcar todos los aspectos y temas de actualidad que puedan contribuir a la investigación.

Cabe destacar la importancia de hacer un estudio previo de las bases teóricas mediante la literatura oficial de los teóricos que se han dedicado a esta área, porque de esta manera se podrá tener un criterio más amplio y efectivo en el momento de hacer los análisis que impone el estudio.

### **Población**

Según Tamayo (2003) La población es la totalidad de un objeto de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho objeto y se cuantifica integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica.

El objeto de estudio de la presente investigación se basa en propuestas para la mejora del proceso productivo de una empresa metalmecánica, por lo que se tomará como población

al personal que interviene directamente con el proceso productivo y que se representa en la siguiente tabla:

Tabla N° 1. Personal que labora en proceso de fabricación de estructuras metálicas.

Cargo	Cantidad
Gerente de Operaciones	1
Departamento de Compras	2
Departamento Técnico	2
Supervisor de Producción	1
Operadores	12
<b>Total personal</b>	<b>18</b>

Tabla N° 2. Máquinas de la empresa para la fabricación.

Máquinas	Cantidad
Corte	3
Mecanizado	7
Soldadura	4
<b>Total</b>	<b>14</b>

## Muestra

Una vez cuantificada la población para una investigación se determina la muestra, que será una porción representativa de la población ya que no es posible medir la totalidad de las entidades de la población. Para el caso de estudio se tomará como muestra al personal que labora directamente sobre el proceso productivo como lo son los operadores y el supervisor de producción.

## Variables

Designa cualquier característica de la realidad que pueda ser determinada por observación tomando diversos valores en función de las condiciones en las que se presentan.

Las variables que serán objeto de análisis y que intervienen en el proceso estarán dadas:

- Recurso humano.
- Máquinas herramientas.
- Mantenimiento de máquinas.
- Método de trabajo.
- Tiempo de producción.
- Desperdicio.
- Materiales.
- Medio de trabajo.

Las variables son indispensables definir las, ya que al conceptualizar las permitirá evaluar más adecuadamente los resultados de la investigación.

### Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Los instrumentos serán las herramientas que permitirán clasificar de una manera ordenada y sistemática aquellos elementos que intervienen en el proceso y cuyas características ayudarán a determinar las causas de los fallos que comprometen a la productividad y calidad del producto terminado. Las técnicas que se emplearán será la metodología para la elaboración y llenado de datos de dichos instrumentos.

Los instrumentos que se emplearán acompañado de las técnicas para su realización se listan en la siguiente tabla:

Tabla N° 3. Instrumentos y Técnicas para la recolección de datos.

Instrumentos	Técnica
Diagrama de operaciones del proceso	Observación directa
Diagrama Causa-Efecto	Tormenta de ideas
Guiones de entrevistas	Entrevistas estructuradas, encuestas.

#### 1. Diagrama de operaciones del proceso:

Se refiere a la elaboración de un plano planta del área de producción donde se visualizarán las líneas de producción, máquinas y flujo de personal. Todos los elementos mostrados guardan una correcta relación entre sí y representando además todos los obstáculos que comprometen la eficiencia en la producción.

## 2. Diagrama Causa-Efecto:

Conocido también como diagrama de pescado, fue desarrollado por el Dr. Kaoru Ishikawa en el año 1953, con la finalidad de identificar las causas potenciales de un problema. El diagrama representa la relación entre el efecto (problema) y sus causas probables. En este diagrama se encuentra dibujada una línea horizontal que está unida directamente con el problema a analizar encerrado dentro de un recuadro hacia la derecha. Partiendo de la espina central se encuentran cuatro o más líneas llamadas espinas principales (causas principales), que a su vez están cuentan con líneas inclinadas llamadas espinas secundarias (subcausas).

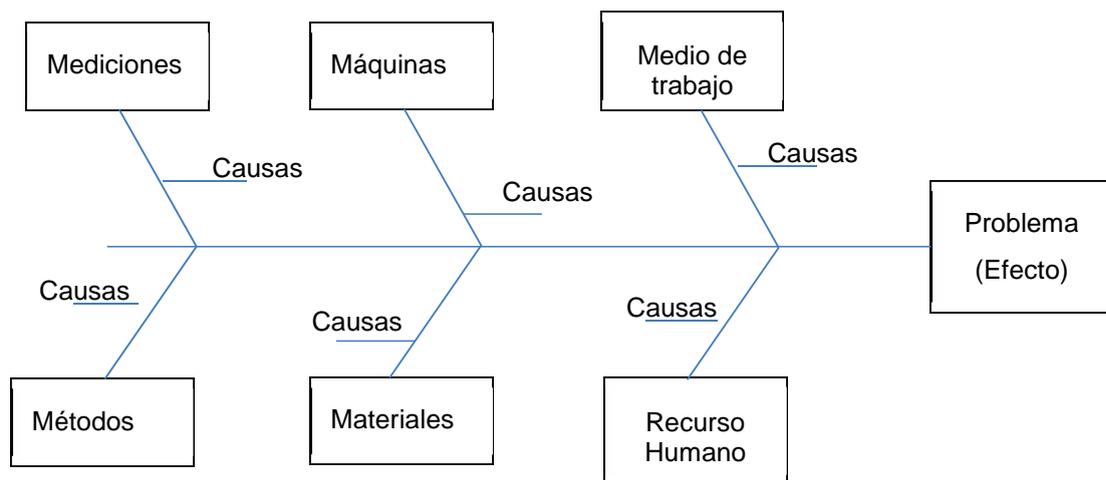


Figura N° 1. Diagrama Causa-Efecto.

### **Validez del instrumento**

Se entregará un instrumento de recolección de datos al personal involucrado directamente en el proceso y que conocen ampliamente el tema de estudio. Con esto se busca validar todos los datos que se han extraído del proceso productivo mediante la observación directa realizada por el investigador. El instrumento a implementar consiste en un cuestionario con preguntas relacionadas al proceso productivo, percepción del operador ante su ambiente de trabajo, condiciones de las máquinas, logística de operaciones, entre otras preguntas que ayudarán a establecer un diagnóstico efectivo para ofrecer luego alternativas de solución.

### **Confiabilidad del Instrumento**

Arias (2012) señala que la confiabilidad de un instrumento se relaciona con la exactitud de la medición. Esto implica entonces precisión y consistencia en la recolección de datos. Existen distintos métodos que permiten determinar la confiabilidad de un instrumento basado en cálculos estadísticos. Para el presente análisis se hará uso del método de dos mitades.

#### **Método de dos mitades:**

Se establecerá un cuestionario con un total de diez (10) preguntas a un grupo ( $n$ ) de 12 operadores involucrados en el proceso y cuyas respuestas se alternarán entre SI (1) y NO (0).

Estas respuestas se organizarán en una matriz Pregunta-Sujeto mostrada de la siguiente forma:

Tabla N° 4. Matriz de Preguntas-Sujetos (Ejemplo de aplicación).

Sujetos	Preguntas					
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	...	N° 10
A	1	0	0	1	...	0
B	1	1	0	1	...	1
...	...	...	...	...	...	...
n	0	1	1	0	...	1

A partir de esta matriz se creará otra matriz que indique los valores resultantes de  $I$ ,  $P$ ,  $I \cdot P$ ,  $I^2$ ,  $P^2$  por cada sujeto para luego realizar la sumatoria por cada columna.

Estos valores resultantes se introducen dentro de la siguiente ecuación.

### 1. Cálculo de índice de Correlación de Pearson ( $r$ ):

$$r = \frac{n(\sum I \cdot P) - (\sum I)(\sum P)}{\sqrt{[n(\sum I^2) - (\sum I)^2] \cdot [n(\sum P^2) - (\sum P)^2]}}$$

Donde:

$n$ : Número de sujetos entrevistados (muestra)

$I$ : Cantidad de preguntas impares cuya respuesta sea positiva.

$P$ : Cantidad de preguntas pares cuya respuesta sea positiva.

## 2. Corrección con ecuación de Spearman-Brown (R):

$$R = \frac{2r}{1+r}$$

Donde:

R: Corrección Spearman-Brown.

r: Índice de correlación de Pearson.

**Criterio de decisión:** El resultado obtenido se ubicará dentro de una escala de valores que permitirán determinar el grado de confiabilidad de los datos recopilados. Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 5. Escala categórica de valores.

Valor dado de $n$	Confiabilidad
1.0 – 0.81	Muy alta
0.80 – 0.61	Alta
0.60 – 0.41	Moderada
0.40 – 0.21	Baja
0.20 - 0	Muy baja

### Técnicas de procesamiento y análisis de la información:

Para alcanzar el éxito de la investigación y lograr cumplir con los objetivos propuestos es necesario tener claro lo que se quiere realizar. De esta forma se podrá saber cuál será la manera más efectiva para llegar a donde se quiere llegar y a través de qué medios.

Entre las técnicas elegidas

para para desarrollar el presente proyecto destacan: Diagramas Causa-Efecto, diagramas de Pareto, diagramas de análisis y recorridos, técnicas de reubicación y diseño de almacenes, elaboración de diagramas de procesos que incluyan el manejo en físico y en sistema de operaciones, todas estas necesarias para realizar los análisis de las problemáticas evidenciadas y poder establecer las estrategias necesarias para la solución.

### **Procedimiento para el desarrollo de la investigación:**

**Fase I:** Revisión y análisis del material relacionado con la teoría de Manufactura Esbelta y aplicabilidad a procesos productivos. Adicionalmente se estudiarán trabajos de investigación anteriores, artículos y demás tipos de material informativo que permitirán elevar el nivel de conocimiento necesario para el análisis efectivo y solución a la problemática planteada.

**Fase II:** Realizar un análisis exhaustivo del proceso productivo de la empresa metalmecánica tomando en cuenta todas las variables que intervienen en el proceso tales como: tiempos de producción, desperdicio, manejo de materiales, procedimientos de trabajo, costos, entre otros, así como también una revisión y análisis de los procedimientos a nivel administrativo y gerencial que influyen notablemente en la producción. De acá se determinarán todas las debilidades, fallas, deficiencias, riesgos que serán el punto de partida para establecer las estrategias necesarias para las futuras mejoras.

**Fase III:** Desarrollo del método que permita ajustar e implementar las técnicas de Lean Manufacturing al proceso productivo de estudio, tomando en cuenta que a pesar de que son técnicas aplicables a cualquier proceso productivo, se trata de implementarlo en una

empresa a menor escala de producción y sin cultura de producción con técnicas especializadas.

**Fase IV:** Aplicación de metodología al proceso productivo y recopilación de indicadores de productividad y calidad.

**Fase V:** Análisis de resultados y evaluación de propuesta planteada a la solución de problema inicial.

**Fase VI:** Conclusiones y recomendaciones.

### **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

Para la concreción de objetivos que forman parte del desarrollo de la presente investigación fue necesario el levantamiento de información de campo, donde se puede evidenciar las deficiencias en el proceso productivo causados por: fallo en las máquinas herramientas, desorden en el espacio de trabajo, personal que labora, recepción y manejo de materiales, almacenamiento, flujo de trabajo, entre otras variables que en su totalidad determinan la eficiencia y rentabilidad del proceso productivo. Las herramientas empleadas para obtener un diagnóstico preciso de la situación actual se detallan a continuación:

#### **Observación directa:**

La implementación de esta técnica de recolección de datos desde la fuente directa, ha permitido el desarrollo de una lista de los elementos y factores que comprometen el desempeño adecuado y efectivo de las diversas tareas que se deben llevar a cabo para cubrir el desarrollo del producto final esperado por el cliente.

El trabajo contratado por el cliente y que es objeto del presente estudio consiste en la fabricación de la estructura metálica que soportará una banda transportadora de material a procesar a una tasa de 12000 Toneladas del área de chancado de una empresa minera. El trabajo consistió de un 80% de trabajo de corte y preparación de perfiles metálicos estructurales y soldadura de los mismos y otro 20% en trabajos del área de maestranza, tales como: perforación de agujeros, fresado de bordes curvos, torneado de bulones, entre otras actividades. Sin embargo, dada la magnitud en tamaño y cantidad de los elementos a ensamblar, las deficiencias en el proceso de fabricación derivaron en la conjunción de factores listados a continuación:

- 1. Espacio de trabajo:** Sólo se cuenta con un área de fabricación de 360mts<sup>2</sup>. Por lo que la fabricación de una estructura de 77 toneladas y 136 mts de longitud con una altura final de 25mts, ha sido un problema en cuanto al manejo de material y ensamblaje de la estructura.
- 2. Estandarización:** La estructura final cuenta con muchos elementos del mismo tipo de perfil y longitud. Sin embargo, no existió un plan de fabricación en serie de los elementos que garantizan la exactitud en el ensamblaje final.
- 3. Flujo de trabajo:** La materia prima, compuesta por materiales de gran tamaño han estado ubicados en la misma área de trabajo, impidiendo el flujo adecuado en la fabricación.
- 4. Herramientas de medición:** No existe una marca estándar en instrumentos de medición, por lo que se ha evidenciado variación en las mediciones.
- 5. Herramientas de trabajo:** No existen herramientas de corte adecuadas al proceso, ya que todos los cortes se hacen con equipos de flama acetilénica (oxicorte), elevando considerablemente la temperatura del metal para luego producir dilatación que afectan la medida final de los elementos estructurales.
- 6. Mantenimiento de equipos:** Existen herramientas rotativas de perforación y corte que por el juego axial que tienen generan desviaciones en las medidas finales.
- 7. Personal de trabajo:** La mayoría del personal no muestra la pericia ni la experiencia suficiente para llevar a cabo de manera efectiva y eficiente la labor.

- 8. Plan de fabricación:** Los planos de fabricación que se le suministra al personal operativo, no va acompañado de un plan estratégico y sistemático del desarrollo que se debe llevar en el proceso de fabricación.

### **Descripción del proceso de fabricación de la estructura metálica**

- 1. Recepción de material:** Los materiales que consisten en perfiles estructurales tipo W, canales C, angulares L, planchas en formato 2400x1200mm con diferentes espesores, son desmontados de los trailers con la ayuda del puente grúa de 40 Toneladas dispuesto en el taller. Dado el rango de maniobra de la grúa, sólo se puede depositar dicho material a un costado del área de soldadura, por lo que no se dispone de área de almacén para dicho material.
- 2. Preparación y corte de material:** Con ayuda del puente grúa se separan los perfiles para proceder con la medición y corte mediante proceso de oxicorte (corte con flama). La escoria acumulada se remueve con esmeril.
- 3. Ensamblado de elementos estructurales:** En el suelo se colocan los perfiles ya cortados y se agrupan tal como se muestran en los planos de fabricación. Una vez realizado el montaje de las piezas se procede a apuntalar con soldadura por electrodo revestido. Dicho proceso se repite para ambos lados.
- 4. Izado de estructuras laterales:** Una vez finalizado el apuntalado se procede al izado de los laterales por medio de la grúa y eslingas de amarre. Esto se hace con la finalidad de unir los laterales con los elementos intermedios, como ángulos y perfiles W, que van finalmente conectados mediante pernos.

- 5. Apuntalado de elementos intermedios:** Una vez izado los laterales, se procede a apuntalar los ángulos y perfiles intermedios para mantener la estructura armada parcialmente y continuar con el proceso de fabricación.
- 6. Perforación de agujeros de pernos:** Una vez armada la estructura y apuntalada, se procede a realizar las perforaciones de los agujeros de los pernos con taladros magnéticos. Esto se hace posicionando el taladro sobre las planchas y perfiles que requieren las perforaciones.
- 7. Soldadura final de estructura:** Aquellos elementos estructurales que irán conectados rígidamente, se le aplica su respectivo cordón de soldadura, dando como resultado un conjunto de elementos que conformarán una sola pieza. Normalmente la magnitud de estos elementos oscila entre los 6 y 11 metros de largo y 2.4 metros de alto.
- 8. Remoción de puntos de soldadura de apuntalamiento:** Los lugares donde las conexiones serán atornilladas, una vez realizados los agujeros, se procede a colocar los pernos con sus tuercas y luego remover los puntos de soldadura que mantenían dichos elementos unidos antes de su conexión mediante pernos.
- 9. Inspección de calidad:** en esta etapa se procede a realizar, a petición del cliente, los ensayos no destructivos a los cordones de soldadura para verificar que no existan porosidades, discontinuidades o defectos en la soldadura que comprometan la integridad estructural.

**10. Traslado de sub-tramos ensamblados a taller alternativo:** Por razones de espacio, los conjuntos que se terminan de fabricar, son retirados del taller para poder continuar con la fabricación de los conjuntos siguientes.

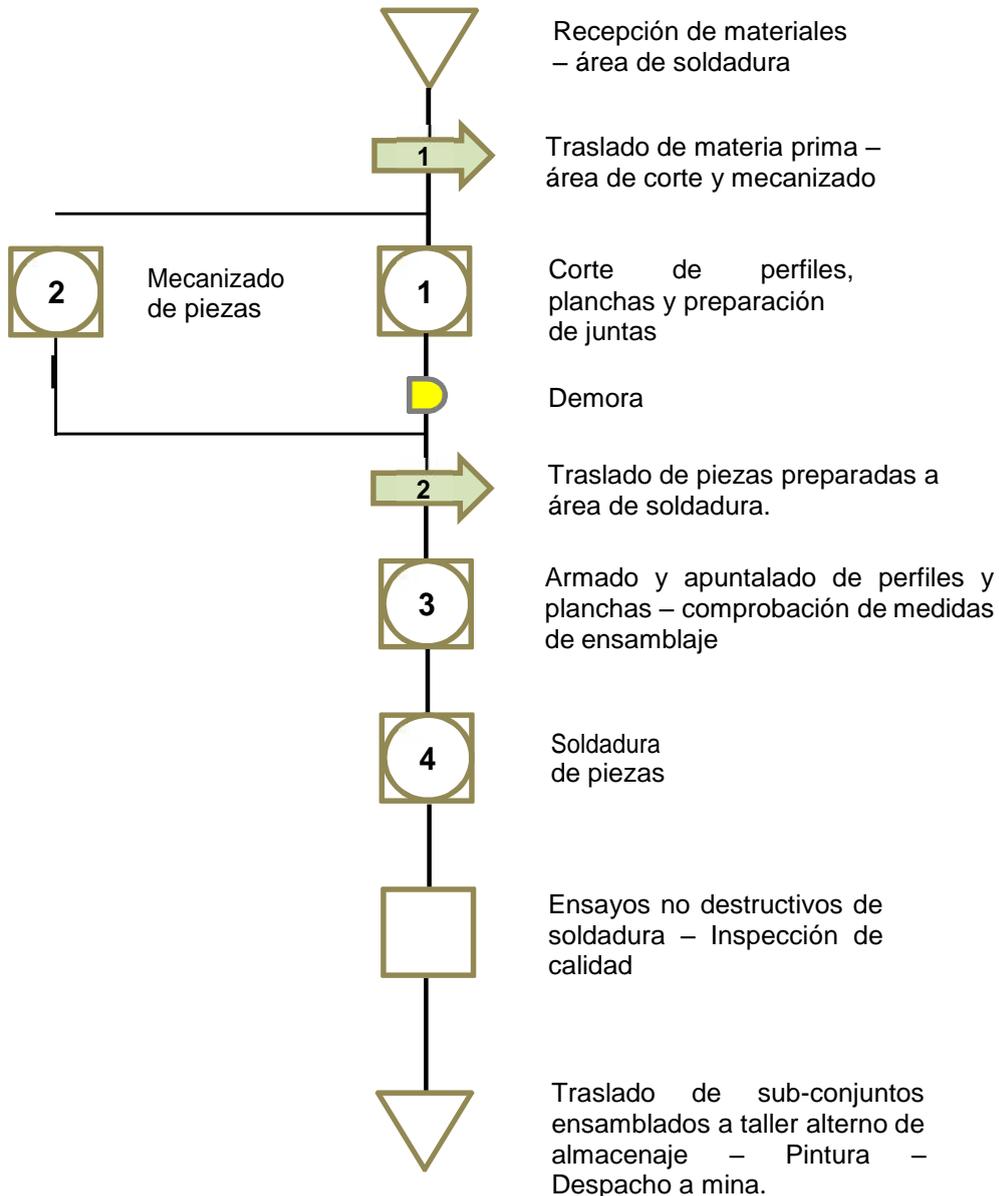
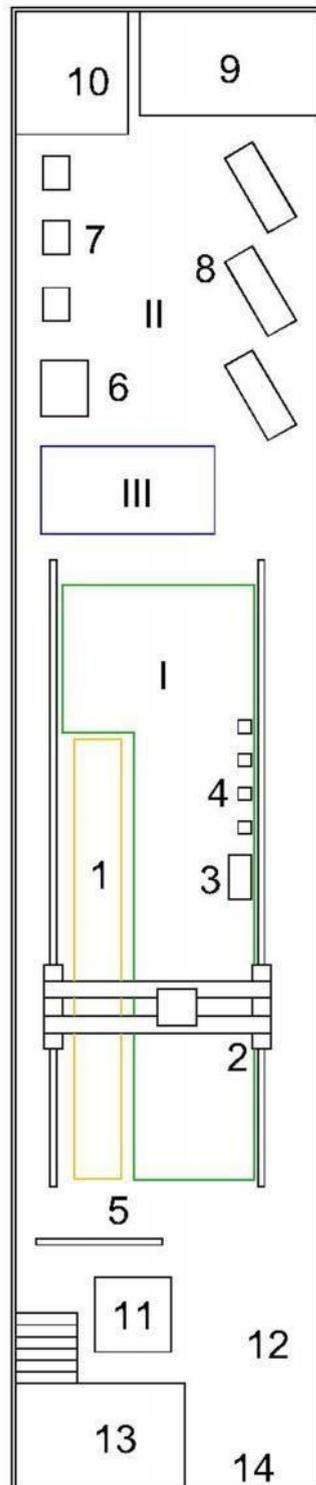


Figura 2: Diagrama de Proceso productivo del taller de fabricación.

Fuente: Elaboración propia.



- I. Área de soldadura – 360m<sup>2</sup>
- II. Área de maestranza – 260m<sup>2</sup>
- III. Área de mantenimiento de bombas – 70m<sup>2</sup>

- 1. Área de recepción de materiales estructurales – 35m<sup>2</sup>
- 2. Puente grúa de 40 Toneladas.
- 3. Mesa de trabajo.
- 4. Máquinas de soldar y taladros de banco.
- 5. Área de recepción de materiales ligeros – No depende del manejo de grúa – 40m<sup>2</sup>
- 6. Mandriladora
- 7. Fresadoras.
- 8. Tornos.
- 9. Almacén de herramientas.
- 10. Oficina de control de calidad de área de maestranza.
- 11. Banco de pruebas de bombas.
- 12. Estacionamiento.
- 13. Almacén de materiales: Piso 1.  
Oficinas: Pisos 2, 3 y 4.
- 14. Entrada a taller.

**Área total de taller: 1265m<sup>2</sup>**

Figura 3. Plano planta de distribución actual de taller.

El diagrama mostrado en la figura anterior parte de la observación al proceso y muestra en gran medida la ausencia de ciertas etapas para la optimización del proceso. Estas carencias consisten en la falta de ciertas etapas, tales como:

- Codificación de piezas una vez culminada el proceso de preparación (medición y corte según planos).
- Desarmado de estructura de las conexiones pernadas para minimizar el tamaño y optimizar el proceso de pintura y traslado a taller alterno.
- Al ser los sub-conjuntos de gran tamaño, se imposibilita el pintado de la superficie ya que se haría en la misma área de soldadura por falta de espacio.
- Imposibilidad de inspección de pintura por no poder hacerse en taller.

### **Entrevistas estructuradas**

La observación directa permitió reunir toda la información expuesta en el apartado anterior y que sirve de base para establecer criterios de control para mejorar las deficiencias evidenciadas en el proceso; sin embargo, al ser esta una herramienta al que recurre el investigador de manera informal y sin el consenso de un grupo de observadores que confirmen o amplíen dicha información, se hace uso de la herramienta de entrevistas estructuradas. Esta técnica permite validar las observaciones realizadas previamente con la finalidad de garantizar la objetividad en las mediciones que se requieren para derivar en un diagnóstico adecuado para establecer las alternativas de solución al problema.

Con la aplicación de esta herramienta se realizó un sondeo más amplio del personal para apreciar el grado de conocimiento que se tiene del proceso y las deficiencias que se pueden percibir desde diferentes ópticas. La encuesta fue aplicada a: Supervisor de soldadura

(1) y operarios (12) que trabajan directamente en la línea de producción, dando un total de 13 personas entrevistadas.

Estas encuestas se aplican a los sujetos de estudio con la finalidad de recolectar información acerca de las causas que influyen en la calidad del producto final, incumplimiento en los plazos de entrega del producto al cliente, dificultad en la fabricación y retrabajos.

Los resultados obtenidos de cada uno de los ítems de la encuesta se muestran en los cuadros a continuación:

Item 1.

¿Existen procedimientos para la fabricación en serie de los elementos estructurales de acuerdo a los planos suministrados y codificación de los mismos?

Tabla 6. Resultados del ítem 1 d

e la encuesta.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	2	15
NO	11	85
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

El resultado muestra que el ochenta y cinco por ciento (85%) respondió que no existen procedimientos escritos para la fabricación en serie de los elementos estructurales, lo que conlleva a la variación en medidas de los mismos elementos ya que no se fabrican en el mismo momento.

Item 2. ¿Existen procedimientos para el proceso de soldadura de la estructura?

Tabla 7. Resultados del ítem 2 de la encuesta.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	1	8
NO	12	92
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

En efecto, no existen procedimientos ni documentos en físico que especifiquen al operador cómo deben realizarse las soldaduras. Sólo se indica verbalmente.

Item 3. ¿Se aplican las normas y planes de orden y limpieza y seguridad industrial en la empresa?

Tabla 8. Resultados del ítem 3.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	10	77
NO	3	23
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

El 77% respondió afirmativamente ya que es una rutina que se establece diariamente y que el supervisor se encarga de que se cumpla.

**Item 4.** ¿Considera usted que se trabaja bajo presión al momento de llevar a cabo sus actividades?

Tabla 9. Resultados del ítem 4.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	9	69
NO	4	31
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

Este ítem dio como resultado un 69% ya que los plazos de entrega son cortos y la ineficiencia en el proceso productivo retrasa las metas diarias, provocando cierta ansiedad en el personal que afecta el rendimiento.

**Item 5.** ¿Las instrucciones son claras antes de ejecutar la tarea encomendada?

Tabla 10. Resultados del ítem 5.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	8	15
NO	5	85
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

La información suministrada mediante planos de fabricación va acompañada de una explicación detallada con la finalidad de no incurrir en errores. Sin embargo, muchas veces se deben realizar retrabajos, porque el resultado no corresponde con lo solicitado.

**Item 6.** ¿La maquinaria y equipos de trabajo reciben mantenimiento regularmente?

Tabla 11. Resultados del ítem 6.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	2	15
NO	11	85
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

El 85% ha respondido negativamente, y esto se refleja en la desconfianza que se tiene al momento de fabricar, ya que se recurre constantemente a la verificación dimensional y ensamblaje de componentes, lo que hace el proceso más lento.

**Item 7.** ¿Existen manuales de entrenamiento y capacitación para el área de fabricación de estructuras metálicas y procesos de soldadura?

Tabla 12. Resultados del ítem 7.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	0	0
NO	13	100
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

No se cuenta con formatos ni instructivos de manera escrita que orienten al operador en la manera correcta en que se debe realizar las actividades.

**Item 8.** ¿Considera usted que la empresa desarrolla programas de incentivos para elevar la motivación personal?

Tabla 13. Resultados del ítem 8.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	2	15
NO	11	85
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

La mayoría respondió negativamente, lo que puede derivar en un bajo rendimiento en las actividades encomendadas.

**Item 9.** ¿Considera usted que los equipos y herramientas de trabajo son los adecuados para el desarrollo de la fabricación?

Tabla 14. Resultados del ítem 9.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	4	31
NO	9	69
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

A pesar de que se cuenta con suficiente herramental para el desarrollo de los trabajos, surge la imprecisión en los cortes de los materiales, ya que se realizan con oxicorte para luego esmerilar. De esta manera repercute en el tiempo dedicado al corte, acabado e imprecisión en la medida final.

**Item 10.** ¿Se recibe la materia prima en el tiempo requerido por los operarios?

Tabla 15. Resultados del ítem 10.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	11	85
NO	2	15
<b>Total</b>	<b>13</b>	<b>100</b>

La requisición de materiales depende del cálculo de los cómputos métricos realizados en el momento de recibir los planos de fabricación suministrados por el cliente. Una vez realizados los mismos, se procede a la cotización y compra de la totalidad del material, por lo que se dispone en el momento de fabricar salvo ciertas excepciones en los que se indiquen cambios de ingeniería durante el proceso.

**Item 11.** ¿La infraestructura de trabajo tiene las condiciones necesarias para un desempeño seguro, ergonómico y estable?

Tabla 16. Resultados del ítem 11.

Alternativas	Número de Respuestas	Porcentaje (%)
SI	5	38
NO	8	62

**Total**

**13**

**100**

El espacio de trabajo no cuenta con extractores de humo de soldadura, la iluminación es insuficiente a horas de la tarde y al anochecer y la distribución de materiales y herramientas afectan el desempeño de los operadores en su mayoría.

### **Diagrama de causa y efecto**

La información recolectada por medio de la observación y la técnica de entrevistas permite establecer de manera concreta y objetiva las causas que originan los fallos en el proceso productivo que afectan negativamente con el resultado esperado por el cliente. De esta manera el diagnóstico que se generó gracias a la aplicación de dichas técnicas se lista a continuación:

1. Espacio insuficiente del área de trabajo.
2. Distribución inadecuada de los materiales, equipos y herramientas.
3. No existe un plan de estandarización en el proceso de fabricación.
4. No existe un plan para la codificación de piezas para su ensamble posterior
5. Falta de motivación del personal.
6. No existen planes para el desarrollo de la fabricación.
7. No hay programas de mantenimiento de equipos y herramientas.
8. Retraso en la producción debido al ensamble de la estructura para luego realizar las perforaciones y verificaciones en las medidas finales del conjunto armado.
9. Iluminación insuficiente en el área de trabajo a determinadas horas.
10. Ventilación inadecuada para la remoción de gases de soldadura.
11. Falta de personal de control de calidad.
12. No se puede pintar la estructura en el taller, ya que la estructura debe permanecer ensamblada ya que no se cuenta con la codificación de las piezas.

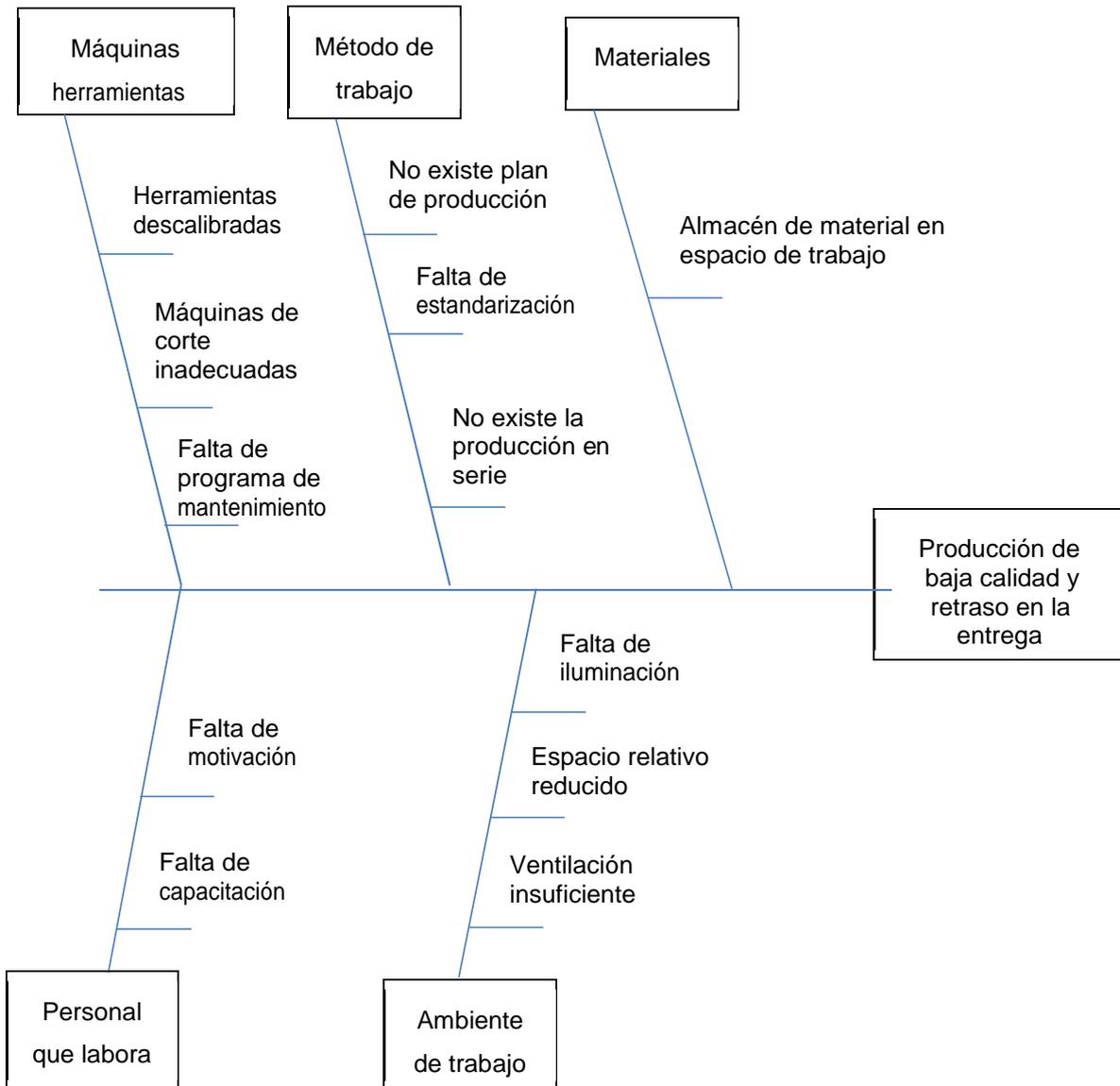


Figura 4. Diagrama Causa-Efecto de proceso productivo.

## **Propuestas para la mejora en la producción**

### **1. Propuesta n° 1. Distribución adecuada de las áreas de la planta.**

1.1. El plano mostrado en la figura n° 1, muestra un área de reparación de bombas lejos del banco de pruebas. Estas bombas son de gran tamaño y requiere el uso del puente grúa para trasladarlas desde el área de mantenimiento hasta el banco de pruebas.

Esto implica tener que detener el proceso de fabricación la estructura para proceder al traslado de la bomba. Se propone ubicar el área de mantenimiento de bombas cerca del banco de pruebas y hacer uso del área disponible para aumentar el área de trabajo de soldadura.

1.2. Debido a que el material requerido para la fabricación es de gran tamaño, se pueden preparar y cortar en un taller alternativo, que facilitaría el transporte, almacenamiento y manejo de dicho material en el taller.

### **2. Propuesta n° 2. Fabricación en serie y codificación de elementos estructurales.**

2.1. Establecer la codificación correspondiente a los elementos y piezas estructurales representadas en los planos de fabricación. Agregar los códigos a los planos.

2.2. Preparar y cortar todos los perfiles y planchas requeridos para la fabricación según medidas establecidas en los planos.

2.3. Identificar las piezas cortadas y preparadas con troquelado alfa-numérico haciendo uso de la codificación establecida en los planos.

#### 2.4. Establecer un

plan de mantenimiento a las máquinas y herramientas para que no se produzcan desviaciones significativas en las medidas finales causadas por el desgaste de los asientos axiales de los ejes y husillos de las herramientas. De esta manera se garantiza que las piezas cortadas y perforadas tengan las mismas medidas de los planos, asegurando así el correcto ensamblaje posterior.

### **3. Propuesta n° 3. Adquisición de herramental adecuado al proceso productivo.**

3.1. Los equipos de corte actuales al ser por flama, calientan de manera considerable al material, derivando en dilatación térmica que afecta en las medidas finales del perfil o plancha. Por ello se propone la adquisición de máquinas tronadoras industriales con discos de corte adecuado al tipo de material y máquinas de corte por hoja-sierra para planchas de gran longitud.

3.2. Estandarizar la marca de los equipos de medición. Se propone adquirir cintas métricas (winchas), vernieres y micrómetros del mismo fabricante, Esto con la finalidad de garantizar la uniformidad en las mediciones de cualquier miembro del personal que labora.

### **4. Estandarización de los procesos productivos.**

4.1. Establecer procedimientos de instrucciones estándar mediante formatos y/o instructivos que favorezca el establecimiento de un lenguaje universal donde las instrucciones y métodos no varíen según el criterio de cada operador.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las técnicas de recolección de información de campo permitieron identificar las fallas que comprometen la productividad eficiente en el proceso de fabricación de estructuras metálicas de gran tamaño. Mediante la observación directa y las entrevistas estructuradas se consiguió dar un diagnóstico efectivo de la situación y sirvió de base para el análisis y diseño de propuestas que dieran respuesta al problema presentado.

Al proponerse implementar técnicas de identificación y codificación de componentes, se contribuirá al manejo simplificado de material de gran tamaño, siendo este escenario favorable al taller con las dimensiones relativas al trabajo requerido.

Al presentarse estas dificultades en el flujo de trabajo, se observó que afecta también en otros aspectos del proceso como lo es: ergonomía del personal que labora, tiempos de fabricación, calidad, entre otras variables.

De esta manera, al implementar dichas técnicas, no sólo mejorará el flujo del proceso de fabricación sino también contribuirá al orden y armonía en el proceso de fabricación.

## REFERENCIAS

1. Arias, F. (2004). El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta Edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.
2. Bernal T., Cesar A. (2006). Metodología de la Investigación. 2da Edición. Editorial Pearson. España.
3. Everett, J. (1991). Análisis de la producción y la capacidad. Editorial Prentice Hall. España.
4. Muñoz Razo, C. (2011). Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis. 2da Edición. Editorial Pearson. México.
5. Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica. 4ta Edición. Editorial Limusa. México.
6. Velazco Sánchez, J., Campins Masriera, J. (2013). Gestión de la producción de la empresa. Ediciones Pirámide. España.

### Referencias electrónicas:

1. <http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2012/11/validez-y-confiabilidad.html>.  
**Temática: Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.**
2. <http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESION-4-Confiabilidad%20y%20Validez%20de%20Instrumentos%20de%20investigacion.pdf>.  
**Temática: Herramientas para determinar la confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.**