



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“Propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing  
para mejorar la productividad en la construcción de redes de  
ductos de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites  
S.R.L. – El Alto 2019”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Industrial

**AUTOR:**

Benites Valiente, Rubén (ORCID: 0000-0003-2452-8371)

**ASESOR:**

MSc. Seminario Atarama Mario Roberto (ORCID: 0000-0002-9210-3650)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial Y Productiva

PIURA-PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de tesis a Dios Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi esposa, por su apoyo incondicional y ánimo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mis adorados hijos Analy Benites, y Max Stefano Benites, a quienes siempre cuidaré para verlos hechos personas capaces y que puedan valerse por sí mismos.

A mis padres y hermano, quienes son mi guía desde mi infancia. Y a todas las personas que de una u otra manera me apoyaron en esta etapa de formación profesional.

## **Agradecimiento**

El presente trabajo de tesis me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

Agradecer a mis jefes de trabajo, los cuales me han motivado durante mi formación profesional.

A los docentes de esta prestigiosa Universidad por las enseñanzas y los conocimientos compartidos a lo largo de mi carrera profesional

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

## Declaración de autenticidad

### Declaración de autenticidad

Yo, Benites Valiente Rubén, estudiante de la facultad de ingeniería de la escuela académica profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, Piura, declaro que el trabajo académico titulado "Propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la construcción de redes de ductos de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. – El Alto 2019" presentada para la obtención del grado de ingeniero industrial es de mi autoría.

Por lo tanto, declaro lo siguiente:

- He mencionado todas las fuentes empleadas, en el presente trabajo de investigación, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo con lo establecido por las normas de elaboración de trabajos académicos.
- No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquella expresamente señalada en este trabajo. Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- Así mismo autorizo a la Universidad Cesar Vallejo publicar la presente investigación si cree conveniente.

De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Piura, 26 Julio del 2020



Benites Valiente Rubén

DNI 43204428

## Índice de contenidos

|   |      |
|---|------|
| Dedicatoria.....  | ii   |
| Agradecimiento .....                                      | iii  |
| Página del jurado .....                                   | iv   |
| Declaración de autenticidad .....                         | v    |
| Índice de contenidos .....                                | vi   |
| índice de tablas.....                                     | vii  |
| Índice de figuras.....                                    | viii |
| Resumen .....   | ix   |
| Abstract .....  | x    |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                      | 11   |
| II. MARCO TEÓRICO .....                                   | 15   |
| III. METODOLOGÍA.....                                     | 19   |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación .....                 | 19   |
| 3.2. Variables y Operacionalización.....                  | 21   |
| 3.3. Población, muestra y muestreo .....                  | 22   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 23   |
| 3.5. Procedimiento .....                                  | 23   |
| 3.6. Método de análisis de datos .....                    | 24   |
| 3.7. Aspectos éticos .....                                | 24   |
| IV. RESULTADOS .....                                      | 25   |
| V. DISCUSIÓN .....  | 35   |
| VI. CONCLUSIONES.....                                     | 36   |
| VII. RECOMENDACIONES.....                                 | 37   |
| REFERENCIAS .....   | 38   |
| ANEXOS  |      |

## índice de tablas

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabla N° 1: Tipos de Despilfarro.....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>Tabla N° 2: Operacionalización de las variables.....</b>                   | <b>22</b> |
| <b>Tabla N° 3: Principales causas de la baja productividad.....</b>           | <b>28</b> |
| <b>Tabla N° 4: Matriz de priorización.....</b>                                | <b>30</b> |
| <b>Tabla N° 5: Eficiencia y eficacia en el reemplazo de oleoductos.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>Tabla N° 6: Eficiencia y eficacia en el reemplazo de Alta presión.....</b> | <b>32</b> |
| <b>Tabla N° 7: Eficiencia y eficacia en el reemplazo de Baja presión.....</b> | <b>33</b> |

## Índice de figuras

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figura N° 1: Ciclo de la productividad.....</b>     | <b>18</b> |
| <b>Figura N° 2: Diagrama de flujo del proceso.....</b> | <b>20</b> |
| <b>Figura N° 3: Diagrama de Ishikawa.....</b>          | <b>29</b> |
| <b>Figura N° 4: Diagrama de Pareto.....</b>            | <b>30</b> |

## Resumen

La investigación denominada “Propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing para mejorar la productividad en la construcción de redes de ductos de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. – El Alto 2019” tuvo como objetivo general elaborar una propuesta de aplicación del Lean manufacturing para incrementar la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. Es un estudio aplicado con diseño descriptivo propositivo. La muestra de estudio la conformaron los servicios de construcción de redes de ductos realizados por la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. en un periodo de un año (2019). Para recoger la información se utilizaron instrumentos como las fichas de producción o avance. Los resultados fueron la elaboración del diagrama de flujo del proceso actual para analizar el proceso, así como el diagrama de Ishikawa para la determinación de las causas de la baja productividad, así como los valores de la productividad actual

**Palabras clave:** Lean manufacturing, productividad, construcción de ductos



## **Abstract**

The research called “Proposal for the application of Lean Manufacturing tools to improve productivity in the construction of pipeline networks of the company Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. - El Alto 2019 ”had the general objective of preparing a proposal for the application of Lean manufacturing to increase productivity in the construction process of pipelines networks in the company Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. .. It is an applied study with a descriptive, purposeful design. The study sample was made up of the pipeline network construction services carried out by the company Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. in a period of one year (2019). Instruments such as production or progress sheets were used to collect the information. The results were the elaboration of the flow diagram of the current process to analyze the process as well as the Ishikawa diagram to determine the causes of low productivity as well as the values of current productivity.

**Keywords:** Lean manufacturing, productivity, pipeline construction

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó con la finalidad de mejorar la productividad en la construcción de redes de ductos de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., mediante la propuesta de aplicación de herramientas de Lean Manufacturing. En este capítulo inicial se abordó la realidad problemática, los trabajos previos utilizados como soporte, las teorías relacionadas como base teórica, las preguntas que permiten determinar los problemas, y los objetivos planteados.

En el país se ha venido desarrollando una fuerte demanda de servicios de hidrocarburos, la aparición de nuevas empresas extranjeras, ha incrementado el grado de competitividad, y la aplicación de nuevas leyes del Estado, ha fomentado tanto el ingreso de empresas extranjeras, como la reducción de impuestos de empresas nacionales, en la ciudad de Talara se encuentra la red de oleoductos principales del lote X, los cuales sirven para coleccionar producción de 29 baterías, 2 puntos colectores de producción de Suab y una estación de bombeo (951 Zapotal), esta tiene una extensión aproximada de 125 Km, y está compuesta por una tubería de acero de entre 4" y 10" diámetros, toda esta red transporta los líquidos de producción hacia la planta de tratamiento de crudo (PTC) en Carrizo.

La red de gasoductos principales tiene una extensión aproximada de 240 Km, compuesta de tuberías de acero de entre 6" y 10" diámetro, esta red colecta y distribuye el gas por 12 estaciones de compresión, con un total de 38 compresores operativos.

Por otro lado, la red de acueductos tiene una extensión aproximada de 50 Km. de tubería de 6" y 8", esta red transporta agua dulce desde la quebrada honda a la PTC de carrizo, e inyecta agua de formación (PIAS Zapotal y Carrizo) como agua de mar (PIAS Central).

La empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. está situada en el norte del Perú, en El Alto – Talara en donde presta servicios en el sector de hidrocarburos a distintas empresas de la zona tales como: CNPC, GMP, CNPC SAPET, EXTERRAN, PETROMONT, CONFIPETROL, WEATHERFORD; SAVIA, STORK. Presta el servicio de construcción de ductos, el cual parte de un procedimiento definido según revisión de ingeniería de detalle y documentación QAQC, trazo y replanteo, transporte de tubería y accesorios, tendido y alineamiento de tubería y accesorios, pruebas de liberación de juntas soldadas según ASME , liberación de juntas soldadas, instalación de soportes de estructura metálicas montaje de tubería y accesorios, prueba hidrostática, instalación de hitos de concreto para la señalización, precomisionamiento, comisionamiento, ya que en marcha, entrega de dossier de calidad planos y acta de cierre, entrega del ducto.

Las falencias encontradas se centran en el incumplimiento de fecha de entrega, y de persistir esta situación actual, se continuaría en tiempos de ejecución mayores a lo programado, horas no efectivas, aplicación de multas por entregas a destiempo en la construcción, y por consiguiente se produciría un impacto negativo en la economía de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L

La aplicación de la metodología Lean Construction, basada en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de mejora continua y el lean manufacturing, propondría una mejora en la productividad de la empresa, siendo este un novedoso método que tiene como objetivo la mejora continua, minimizar pérdidas y maximizar el valor de producto final, diseñado conjuntamente con el cliente. De acuerdo a los resultados arrojados por el Lean Manufacturing, de esta manera, el costo de oportunidad obtenido por la aplicación de la metodología Lean Manufacturing considera mejoras en tiempos de ejecución, actuando de acuerdo a los resultados obtenidos por la metodología Lean, en donde se dispondrían parámetros de buenas prácticas constructivas y de gestión.

Respecto a la formulación del problema, se plantearon como preguntas, la general: ¿Cómo mediante una propuesta de aplicación del Lean manufacturing se incrementa la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L.?, y las específicas: ¿cuál es la situación actual del proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L.?, ¿Cuál es la situación actual de la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L.?, ¿cuáles son los principales problemas presentados en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L.?, y ¿cuál es el contenido de una propuesta para la mejora de la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L.?

El presente trabajo de investigación tiene una justificación económica y social debido a que el sector dedicado a la construcción en el Perú, tiene la necesidad de tener procedimientos y pasos ordenados para la toma de decisiones y optimización de recursos, incluyendo factor humano, tiempo, y recursos utilizados. Y la justificación económica se ve reflejada en que sería importante la propuesta del lean construcción, reduciendo así el uso de recursos innecesarios evitando desperdiciar tiempo y recursos humanos y de equipos. Respecto a la metodología que pretende aplicar, buscó incrementar la productividad de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L, generando impacto social y económico, beneficiando a la sociedad ya que tendría así una mayor gama de posibilidades para la construcción de viviendas y/o edificios en general, logrando cubrir sus necesidades de vida.

Los objetivos planteados para la investigación cuentan con uno general y cuatro específicos, el general consiste en elaborar una propuesta de aplicación del Lean manufacturing para incrementar la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica

Hnos. Benites S.R.L. Los específicos son: Analizar la situación proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., Analizar la situación actual de la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., determinar los principales problemas en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., y Diseñar una propuesta para la mejora de la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L.

## II. MARCO TEÓRICO

Para poder lograr los objetivos de la presente investigación, elaborar una propuesta de aplicación del Lean manufacturing para incrementar la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., se ha realizado una revisión bibliográfica, tanto a nivel nacional como internacional, se han considerado las de Aguirre (2014), Manco (2017), Soto (2018), Santillán (2020).

Aguirre (2014) propone el análisis de herramientas Lean Manufacturing para recortar posibles desperdicios en las pequeñas medianas empresas. El principal objetivo del investigador es disminuir los desperdicios que en ese momento forman parte del 19% de la producción, además de ello se busca optimizar la cadena de suministro que conforma el 15% de la producción. Se llevó a cabo la metodología del Lean Manufacturing. Finalmente llegó a la conclusión de que mediante la aplicación de conceptos y la teoría Lean Manufacturing en determinadas pequeñas o medianas empresas, sumada a diferentes herramientas.

Manco (2017) en su trabajo de investigación realizado en la empresa Arquídeas S.R.L. Comas, sobre la aplicación del lean manufacturing para mejorar su productividad en su proceso de producción. La investigación tuvo como objetivo incrementar la productividad de la fabricación de formaletas en dicha empresa. Para ello se hizo un análisis y un diagnóstico que determinó que los indicadores de productividad deberían mejorar mediante un mapeo value stream mapping junto a un análisis para lograr encontrar la mejora, mediante herramientas de lean. Finalmente, el autor concluyó que la productividad incrementó de 0.7631 a 0.9914 en la formaleta tipo 1 (23.02%), y en el tipo 2 mejora de 0.832 a 0.9915 (16.08%).

Soto (2018) realizó su investigación basada en la filosofía lean manufacturing con la finalidad de incrementar la productividad en una empresa de mantenimiento Emcosac. Con el objetivo de determinar como la aplicación del

Lean Manufacturing mejora la productividad de la empresa, la investigación es de tipo aplicada, es de nivel explicativo y diseño descriptivo. Mediante la metodología de recolección de información, se buscó aplicó la filosofía de Lean Manufacturing, y se llegó a concluir que la aplicación del lean manufacturing mejora la productividad de la empresa EMCOSAC, ya que el promedio de productividad anterior a la aplicación de la presente investigación, fue 75.96% y la posterior es de 91%.

Santillán (2020) realizó una propuesta que buscó mejorar el área de producción en una empresa de pallets de madera mediante las herramientas de Lean Manufacturing. Con el objetivo de incrementar la eficiencia en su proceso de fabricación, la técnica llevada a cabo en esta investigación fue la de observación y recopilación de datos, que fueron de vital importancia en la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing, se identificaron los problemas productos no conformes y devoluciones. Llegando finalmente a la conclusión de al implementar estas herramientas de Lean, se logró un incremento en el nivel de servicio pasando de 90.28% a 94.25%, y se redujeron los productos no conformes de 11.29% a 6.61%.

Las teorías relacionadas de esta investigación están vinculadas a la construcción de acueductos y la aplicación de la filosofía Lean manufacturing en ella, para una mejora en su productividad, y se tomaron en cuenta diferentes autores para su sustento cómo: Rajadell y Sánchez (2010), Hernández y Vizán (2013), Hanemann (2016), Hernández y Vizán, (2013), Guarjardo (2003), Rodríguez (2012).

Abordando la filosofía del Lean manufacturing se puede decir que es una manera de emplear la gestión de producción en la industria de la construcción; y cuenta con tres herramientas, el Value Stream Mapping, Estandarización, y Poka Yoke. Lean manufacturing es una metodología que consiste en identificar y eliminar el desperdicio de la empresa, considerando que el desperdicio es todo aquello que no agrega valor a un producto determinado, pueden ser actividades innecesarias

las cuales el cliente no tiene la obligación de remunerar. En Japón es un conjunto de herramientas basadas en los principios de William Edwards Deming (Rajadell y Sánchez, 2010). Los desperdicios en una empresa determinados por el Lean Manufacturing, se pueden apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1: Tipos de Despilfarro

|                 |   |
|-----------------|---|
| Sobreproducción | Producir en exceso de manera anticipada |
| Transporte      | Transporte innecesario                  |
| Inventario      | Cantidad superior al mínimo             |
| Esperas         | Tiempos sin actividad del personal      |
| Sobre Proceso   | Trabajo no percibido por el usuario     |
| Re trabajos     | Repeticiones innecesarias de trabajo    |
| Movimientos     | Movimientos que no agregan valor.       |

Fuente: Elaboración propia

También se puede decir que la filosofía de Lean Manufacturing se basa en mejorar y optimizar un sistema de producción, basado en el factor humano. Esta metodología se enfoca en un sistema de producción, centrándose en identificar los desperdicios y eliminarlos. Los desperdicios son definidos por Hernández y Vizán (2013), como aquellas actividades o procesos que hacen uso de recursos innecesarios. Las herramientas del Lean Manufacturing ya mencionadas se determinan de la siguiente manera:

Value Stream Mapping, es una herramienta de gestión visual, necesaria para la secuencia de las etapas en una implantación Lean, ya que toma en cuenta el flujo total, lo analiza y mejora en cada etapa (Hanemann, 2016).

La estandarización es base fundamental del Lean Manufacturing, es una descripción gráfica y escrita que permite comprender las técnicas más idóneas y así tener conocimientos sobre máquinas, personas, métodos, materiales, mediciones e información, con el objetivo de elaborar productos cumpliendo los estándares adecuados (Hernández y Vizán, 2013).

Poka Yoke es una frase que se traduce como "Cero defectos", y es una



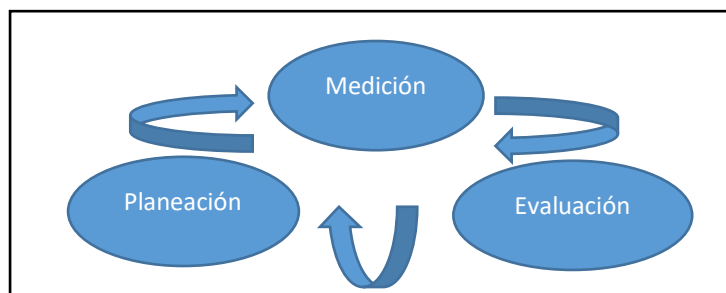
herramienta de esta filosofía que busca detener los procesos dónde ocurran defectos, se pueden definir causas y prevenir las recurrentes. (Guarjardo, 2003).

Respecto a la productividad se tienen varios conceptos a lo largo de los años, sin embargo, para la presente investigación se consideró la productividad como aquella capacidad que posee una organización para darle valor a los recursos que consume. Es aquel valor agregado con el uso de menos recursos, al que llamaremos productividad.

Según Rodríguez (2012) la productividad es hacer más (productos o servicios) con la menor cantidad de recursos. Es el uso eficiente de los recursos (insumos) al momento de producir bienes y/o servicios. La productividad cuenta con un ciclo conformado por tres elementos que a la vez son sus características, para que sea considerada una productividad óptima, estas las podemos apreciar en la Figura 1.

En otras palabras la productividad es aquella que puede medir el nivel de aprovechamiento que tienen los factores que influyen en un proceso de producción, por ello debe contar con un control, es un factor importante en lo que respecta a la competencia empresarial o mercantil y es por ello que se hace uso de herramientas de Lean Construction para poder llevar un control de ella, la productividad en ese sentido será medida considerando la eficacia y la eficiencia de las actividades realizadas en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites, midiendo tanto el nivel de ambos factores antes, y después del desarrollo de la propuesta del presente trabajo de investigación.

Figura 1: Ciclo de la productividad



Fuente: Elaboración propia.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

Según su tipo, el presente trabajo de investigación es aplicado ya que de acuerdo a Baena (2014), “una investigación aplicada tiene como objetivo el estudio de un problema orientado a la acción”. De esta manera el trabajo de investigación se aplicó a una unidad de estudio, de la cual reunirá la información necesaria para la elaboración del trabajo de investigación, teniendo así mismo un conocimiento previo de las teorías utilizadas en el trabajo de investigación, en este caso sería el Lean Construction.

Según su enfoque; la presente investigación se consideró una investigación cuantitativa debido a que hace uso de la técnica de recopilación de datos e información en general (Millán, Enríquez y Carrillo 2017), luego de la recopilación de información, esta quedo almacenada en el programa Excel.

Una investigación cuantitativa busca elegir el método correcto a poner en práctica para la optimización de los resultados, logrando un aumento en la productividad, y buscando determinar relaciones y dar explicaciones a las causas de los cambios en los hechos sociales” (Millán, Enríquez, Carrillo 2017).

En este caso la variable independiente de herramientas de Lean Manufacturing, recopiló información y luego se tomaron decisiones con el objetivo de incrementar la productividad en la construcción de redes de ductos de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L.

Según su diseño es una investigación no experimental de carácter pre experimental, en este caso a la población se le aplica una prueba previa al tratamiento no experimental, y luego de ello se pone en práctica el tratamiento, para finalmente aplicar nuevamente la prueba y finalmente se aplica una prueba posterior a la mencionada aplicación no experimental.

Según su tipo, el presente trabajo de investigación es aplicado ya que de acuerdo a Baena (2014), “una investigación aplicada tiene como objetivo el estudio de un problema orientado a la acción”. De esta manera el trabajo de investigación se aplicó a una unidad de estudio, de la cual reunirá la información necesaria para la elaboración del trabajo de investigación, teniendo así mismo un conocimiento previo de las teorías utilizadas en el trabajo de investigación, en este caso sería el Lean Construction.

Según su enfoque; la presente investigación se consideró una investigación cuantitativa debido a que hace uso de la técnica de recopilación de datos e información en general (Millán, Enríquez y Carrillo 2017), luego de la recopilación de información, esta quedo almacenada en el programa Excel.

Una investigación cuantitativa busca elegir el método correcto a poner en práctica para la optimización de los resultados, logrando un aumento en la productividad, y buscando determinar relaciones y dar explicaciones a las causas de los cambios en los hechos sociales” (Millán, Enríquez, Carrillo 2017).

En este caso la variable independiente de herramientas de Lean Manufacturing, recopiló información y luego se tomaron decisiones con el objetivo de incrementar la productividad en la construcción de redes de ductos de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L.

Según su diseño es una investigación no experimental de carácter pre experimental, en este caso a la población se le aplica una prueba previa al tratamiento no experimental, y luego de ello se pone en práctica el tratamiento, para finalmente aplicar nuevamente la prueba y finalmente se aplica una prueba posterior a la mencionada aplicación no experimental.

### 3.2. Variables y Operacionalización

Las variables consideradas en esta investigación fue la variable independiente Lean Manufacturing y la dependiente la Productividad. Estas variables se pueden ver en la matriz de Operacionalización.

Tabla 2. Operacionalización de las variables

| Variables          | Definición Conceptual   | Dimensiones          | Definición Operacional  | Indicadores   | Escala de medición |
|--------------------|---|----------------------|---|---|--------------------|
| Lean Manufacturing | Lean manufacturing es una metodología que consiste en identificar y eliminar el desperdicio de la empresa (Rajadell y Sánchez, 2010).       | Value Stream Mapping | Símbolos, métricas y flechas para mostrar y mejorar el flujo de inventario                | Total de recursos (TR)  | Razón              |
|                    |   | Estandarización      | Descripción escrita y grafica del personal, maquinaria, recursos, método.                 | Total de personal (TP)<br>Total de maquinaria (TQ)<br>Total de métodos (TM) | Razón              |
|                    |   | Poka Yoke            | Inspección del total de producción e identificar anomalías para aplicar acción correctiva | Nº de producción (NP)   |                    |
| Productividad      | Es la capacidad de una organización para agregar valor a los recursos que consume. Es hacer más (productos o servicios) con menos recursos. | Mano de obra         | $PMO = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre empleadas}}$                  | Productividad de Mano de obra (PMO)   | Intervalo          |
|                    |   | Materiales           | $PMA = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Materiales utilizados}}$                   | Productividad de Materiales (PMA)   | Intervalo          |
|                    |   | Equipos              | $PME = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Equipos utilizados}}$                      | Productividad de equipos (PME)  | Intervalo          |

Fuente: Elaboración propia

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

La población es aquel grupo de quiénes y qué características deberán tener los objetos de estudio (organizaciones, personas, procesos, etc) para ser consideradas en el estudio” (Bernal 2010).

Dicho esto, la presente investigación toma como población los servicios de construcción de redes de ductos realizados por la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. en un periodo de tres meses de julio, agosto y septiembre, considerando el tiempo destinado a la realización de esta investigación.

La muestra se considera un sub grupo que parte de la población en donde todos los elementos, cuentan con la misma posibilidad de elección (Hernandez, Fernandez, y Baptista 2006).

En tal sentido y teniendo en consideración que el marco de tiempo se encuentra determinado entre los meses de enero a marzo 2020, por conveniencia se determina que la muestra será el subgrupo conformado por las actividades de construcción de redes de ductos realizados por la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. efectuados en estos tiempos determinado.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Debido a su naturaleza, las técnicas de recolección de datos de esta investigación, sería la de la observación de las actividades de campo y el análisis de documentación de la población. Para realizar el proceso de recolección de datos se utilizaron los instrumentos de fichas técnicas y carta de balance, para poder definir el porcentaje de plan cumplido, el listado de restricciones, la medición del nivel y tiempos en general de actividades, evaluación y carta de balance. Según Niño (2011) las fichas son medios para registrar la información útil para una técnica documental, como para otro tipo de técnicas, en este caso práctico para las herramientas de Lean Manufacturing.

La validación de los instrumentos se sometió a través del juicio de expertos profesionales en ingeniería industrial de la Universidad César Vallejo, sosteniendo la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing y la productividad en el presente trabajo de investigación.

Respecto a la confiabilidad de los instrumentos, no pudo ser determinada debido a que se tratan de instrumentos que no miden constructos.

### **3.5. Procedimiento**

Se inició este trabajo de investigación con un diagnóstico que indicará la situación actual de la productividad en la construcción de redes de ductos de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. Para llevar a cabo este diagnóstico y análisis de la realidad se evaluó el número de unidades producidas de redes de ductos, mediante un análisis.

Luego de recopilada la información se aplicaron las herramientas de la filosofía del Lean Manufacturing para la elaboración de la propuesta. Finalmente se hizo el análisis de los costos de la propuesta del Lean Manufacturing con el objetivo de mejorar la productividad en la construcción de redes de ductos de la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L mediante la aplicación de la filosofía del Lean Manufacturing.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El análisis de los datos se realizó mediante el software Excel, el cual brinda las herramientas necesarias, para crear tabulaciones de los resultados obtenidos luego de haber realizado la presente investigación, y haber recolectado los datos necesarios, mediante el uso de gráficos estadísticos con hojas de cálculo. Una vez hecho esto se podrá comparar la información recolectada, antes y después de la propuesta, utilizando gráficos lineales para contemplar las variaciones desviación estándar, coeficiente de variación, rango mínimo y máximo.

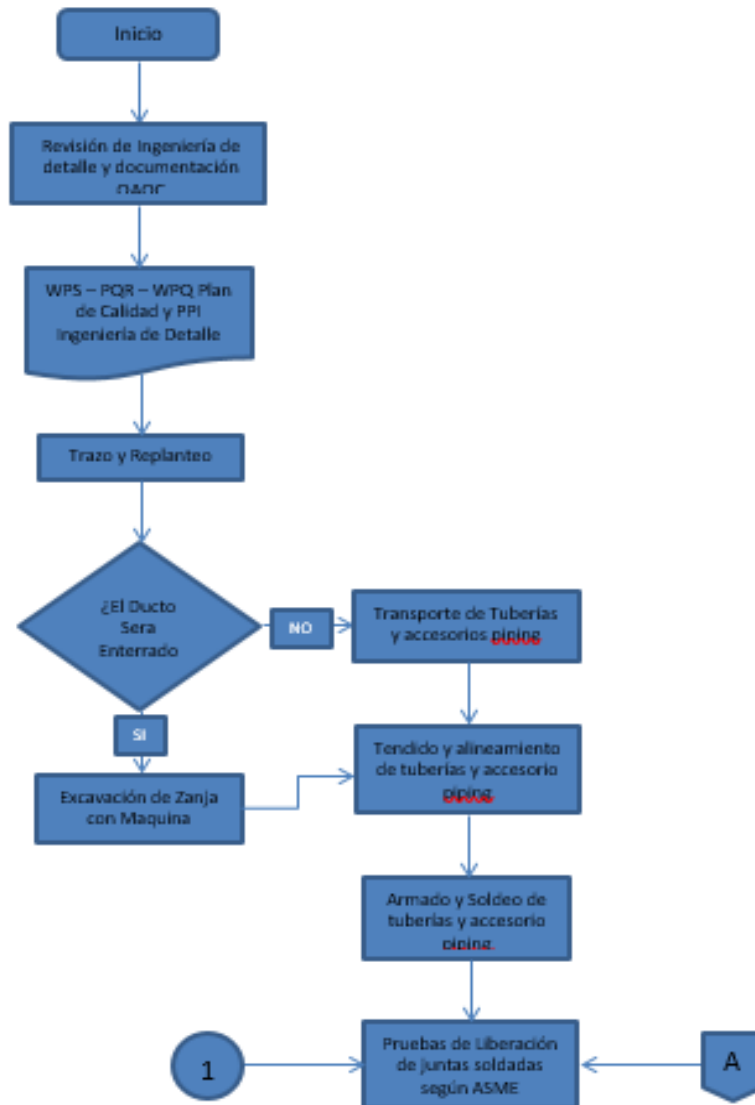
### **3.7. Aspectos éticos**

Se consideran que todos los datos recogidos son de carácter confidencial, y no se pretenderá distribuir o comercializar la información recogida, de igual manera se citó oportunamente los trabajos previos utilizados, así como las fuentes de las teorías relacionadas. Así mismo se deja constancia que las fuentes y datos obtenidos, se consideran confiables, y apegados a la verdad.

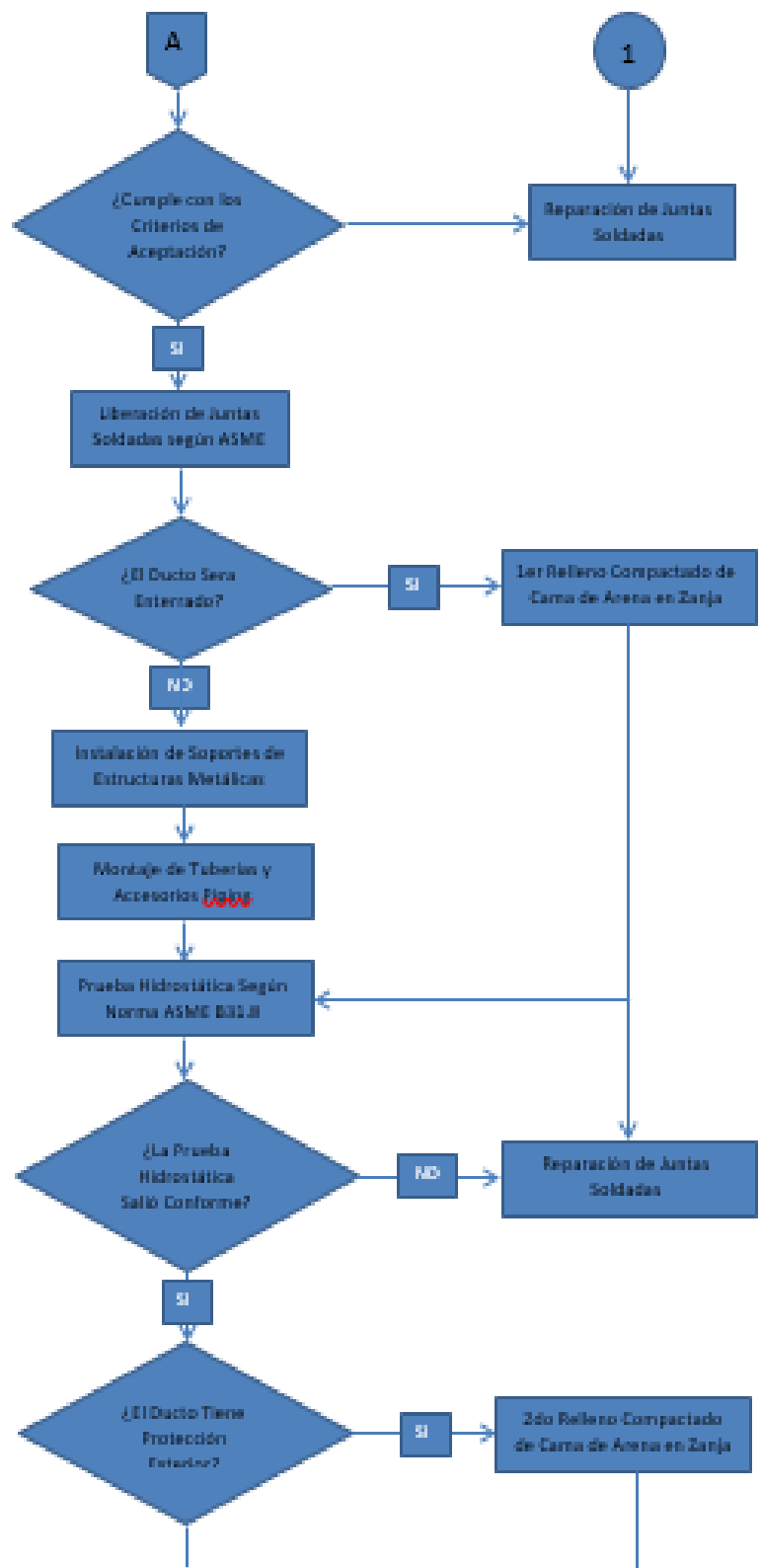
#### IV. RESULTADOS

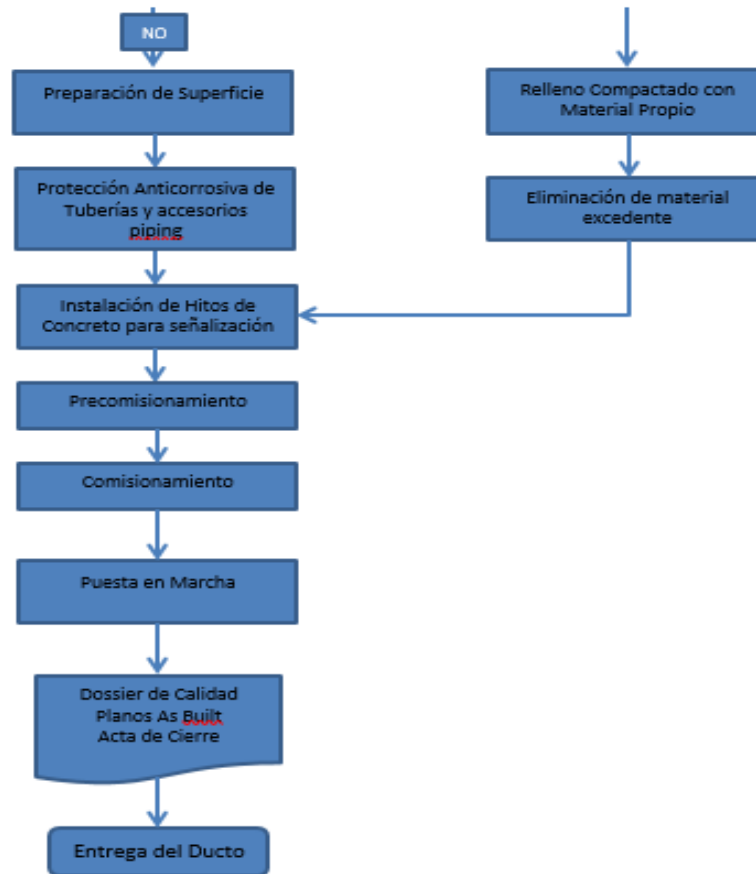
Para analizar la situación proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., se elaboró el diagrama de flujo del proceso actual, el cual se muestra en la figura 2.

Figura N° 2: Diagrama de procesos









Fuente: Elaboración propia

De la observación en sitio con respecto a este proceso encontramos que se contempla desde el retiro de la tubería a utilizar del almacén de origen, su transporte hacia la zona de trabajo donde previa firma del permiso correspondiente y de haber generado el debido Análisis de riesgo de Tarea (ART) se procede a leer los lugares donde debe ser regada la tubería, se hace la delimitación del área y se procede teniendo ya la tubería en su sitio, se retira el camión cama baja y se procede a la segunda base soldeo de “varillones” para esto se inspeccionan las herramientas a utilizar, los trajes de seguridad de las cuadrillas involucradas se realiza el ART correspondiente a soldeo, se toman si existe presencia de gases peligrosos en el área con un multigas debidamente calibrado, se firman los permisos correspondientes y se procede a la tarea

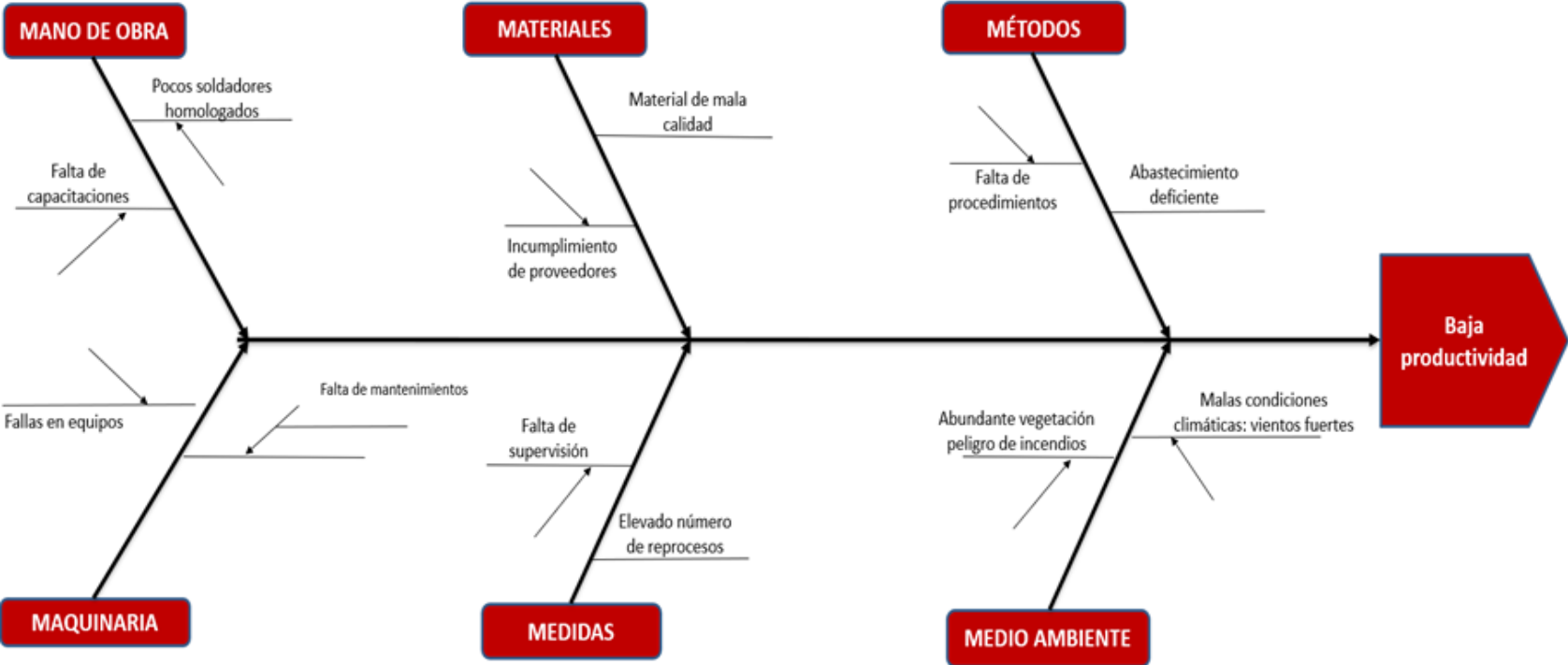
Para determinar los principales problemas en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., se procedió a la aplicación de una lluvia de ideas al personal de la empresa tanto ingenieros supervisores como al personal operativo encontrándose las causas principales al problema de la baja productividad, los cuales se detallan en la Tabla.

Tabla N° 3.  
Principales causas de la baja productividad

| Código | Causas  |
|--------|---|
| C001   | Pocos soldadores homologados                  |
| C002   | Falta de capacitaciones                       |
| C003   | Falta de supervisión                          |
| C004   | Elevado número de reprocesos                  |
| C005   | Fallas en equipos                             |
| C006   | Falta de mantenimiento                        |
| C007   | Abastecimiento deficiente                     |
| C008   | Falta de procedimientos                       |
| C009   | Malas condiciones climáticas: vientos fuertes |
| C010   | Abundante vegetación peligro de incendios     |
| C011   | Material de mala calidad                      |
| C012   | Incumplimiento de proveedores                 |

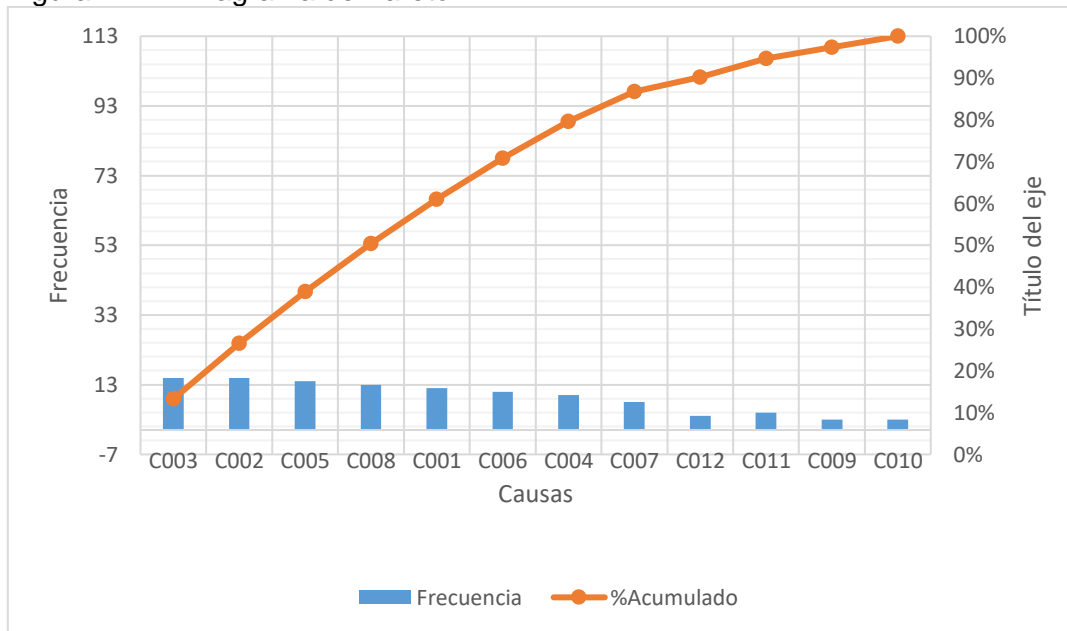
Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama de Ishikawa de la Figura N° 3: muestran las causas en base a las 6 M



Fuente: Elaboración propia

Figura N°: 4. Diagrama de Pareto



Fuente elaboración propia

En el diagrama de Pareto se observa según la figura 04, que las causas más frecuentes que origina una baja productividad son: falta de supervisión, falta de capacitaciones, fallas en los equipos, Pocos soldadores homologados, falta de mantenimientos y elevado número de reproceso. En la Tabla 4 se muestra la matriz de priorización donde se aprecia las dimensiones de mayor incidencia.

Tabla 4. Matriz de priorización

| PROBLEMAS POR DIMENSIÓN   | Medición | Mano de obra | Materia Prima | Ambiente | Maquinaria | Métodos  | Nivel de criticidad | Total Problemas | Tasa porcentual de problemas | Prioridad |
|---------------------------|----------|--------------|---------------|----------|------------|----------|---------------------|-----------------|------------------------------|-----------|
| Gestión                   | 1        | 1            | 1             | 2        | 0          | 2        | Alto                | 7               | 58%                          | 1         |
| Procesos                  | 1        | 1            | 0             | 0        | 0          | 0        | Medio               | 2               | 17%                          | 2         |
| Mantenimiento             | 0        | 0            | 0             | 0        | 1          | 0        | Bajo                | 1               | 8%                           | 3         |
| Calidad                   | 0        | 0            | 1             | 0        | 0          | 0        | Bajo                | 1               | 8%                           | 4         |
| <b>Total de problemas</b> | <b>2</b> | <b>2</b>     | <b>2</b>      | <b>2</b> | <b>2</b>   | <b>2</b> |                     | <b>12</b>       | <b>100.00%</b>               |           |

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 4 se puede concluir que las dimensiones donde se presenta el mayor número de problemas corresponden a gestión y proceso por lo que se deberán tomar la aplicación del Lean Manufacturing.

Para analizar la situación actual de la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., se evaluaron las tres actividades realizadas en el 2019, con reemplazos en oleoductos, reemplazo en gasoducto de baja presión y reemplazo en gaseoducto de alta presión. En las tablas 5, 6 y 7 se muestran los cálculos.

Tabla 5.  
Eficiencia y eficacia en el reemplazo de oleoductos

| Año 2019  |              | REEMPLAZO DE OLEODUCTOS |                        |          |                     |                       |                      |            |               |
|-----------|--------------|-------------------------|------------------------|----------|---------------------|-----------------------|----------------------|------------|---------------|
| Mes       | Longitud (m) | Días Programados (Días) | Días Ejecutados (Días) | Eficacia | Tiempo Mejorado (%) | Costo Programado (\$) | Costo Ejecutado (\$) | Eficiencia | Productividad |
| Enero     | 162          | 3                       | 5                      | 0.60     | -67%                | 5,167.62              | 8,612.70             | 0.60       | 0.36          |
| Febrero   | 268          | 5                       | 8                      | 0.63     | -60%                | 8,612.70              | 13,780.32            | 0.63       | 0.39          |
| Marzo     | 0            | 0                       | 0                      |          | 0%                  | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
| Abril     | 1,000        | 17                      | 20                     | 0.85     | -18%                | 29,283.18             | 34,450.80            | 0.85       | 0.72          |
| Mayo      | 1,500        | 26                      | 28                     | 0.93     | -8%                 | 44,786.04             | 48,231.12            | 0.93       | 0.86          |
| Junio     | 1,000        | 17                      | 18                     | 0.94     | -6%                 | 29,283.18             | 31,005.72            | 0.94       | 0.89          |
| Julio     | 0            | 0                       | 0                      |          | 0%                  | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
| Agosto    | 0            | 0                       | 0                      |          | 0%                  | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
| Setiembre | 539          | 10                      | 15                     | 0.67     | -50%                | 17,225.40             | 25,838.10            | 0.67       | 0.44          |
| Octubre   | 0            | 0                       | 0                      |          | 0%                  | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
| Noviembre | 0            | 0                       | 0                      |          | 0%                  | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
| Diciembre | 0            | 0                       | 0                      |          | 0%                  | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
|           |              |                         |                        |          |                     | <b>134,358.12</b>     | <b>161,918.76</b>    |            |               |

Fuente: Elaboración propia

Tabla. 6. Eficiencia y eficacia en el reemplazo de gasoductos de alta presión

| Año 2019                          |              |                         |                        |          |                     |                       |                      |            |               |  |
|-----------------------------------|--------------|-------------------------|------------------------|----------|---------------------|-----------------------|----------------------|------------|---------------|--|
| REEMPLAZO GASODUCTOS ALTA PRESIÓN |              |                         |                        |          |                     |                       |                      |            |               |  |
| Mes                               | Longitud (m) | Días Programados (Días) | Días Ejecutados (Días) | Eficacia | Tiempo Mejorado (%) | Costo Programado (S/) | Costo Ejecutado (S/) | Eficiencia | Productividad |  |
| Enero                             | 125          | 3                       | 5                      | 0.60     | -67%                | 5,167.62              | 8,612.70             | 0.60       | 0.36          |  |
| Febrero                           | 335          | 6                       | 9                      | 0.67     | -50%                | 10,335.24             | 15,502.86            | 0.67       | 0.44          |  |
| Marzo                             | 718          | 13                      | 16                     | 0.81     | -23%                | 22,393.02             | 27,560.64            | 0.81       |               |  |
| Abril                             | 240          | 5                       | 7                      | 0.71     | -40%                | 8,612.70              | 12,057.78            | 0.71       | 0.51          |  |
| Mayo                              | 959          | 17                      | 20                     | 0.85     | -18%                | 29,283.18             | 34,450.80            | 0.85       | 0.72          |  |
| Junio                             | 600          | 11                      | 13                     | 0.85     | -18%                | 18,947.94             | 22,393.02            | 0.85       | 0.72          |  |
| Julio                             | 0            | 0                       | 0                      |          |                     |                       |                      |            |               |  |
| Agosto                            | 182          | 4                       | 6                      | 0.67     | -50%                | 6,890.16              | 10,335.24            | 0.67       | 0.44          |  |
| Setiembre                         | 301          | 6                       | 8                      | 0.75     | -33%                | 10,335.24             | 13,780.32            | 0.75       | 0.56          |  |
| Octubre                           | 0            | 0                       | 0                      |          |                     |                       |                      |            |               |  |
| Noviembre                         | 116          | 3                       | 4                      | 0.75     | -33%                | 5,167.62              | 6,890.16             |            |               |  |
| Diciembre                         | 65           | 2                       | 4                      | 0.50     | -100%               | 3,445.08              | 6,890.16             |            |               |  |
|                                   |              |                         |                        |          |                     | <b>120,577.80</b>     | <b>158,473.68</b>    |            |               |  |

Fuente: Elaboración propia



Tabla. 6. Eficiencia y eficacia en el reemplazo de gasoductos de baja presión

| Año 2019  |              | REEMPLAZO GASODUCTOS BAJA PRESIÓN |                        |          |                     |                       |                      |            |               |
|-----------|--------------|-----------------------------------|------------------------|----------|---------------------|-----------------------|----------------------|------------|---------------|
| Mes       | Longitud (m) | Días Programados (Días)           | Días Ejecutados (Días) | Eficacia | Tiempo Mejorado (%) | Costo Programado (S/) | Costo Ejecutado (S/) | Eficiencia | Productividad |
| Enero     | 0            | 0                                 | 0                      |          |                     | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
| Febrero   | 0            | 0                                 | 0                      |          |                     | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
| Marzo     | 24           | 1                                 | 1                      | 1.00     | 0%                  | 1,722.54              | 1,722.54             | 1.00       | 1.00          |
| Abril     | 0            | 0                                 | 0                      |          |                     | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
| Mayo      | 0            | 0                                 | 0                      |          |                     | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
| Junio     | 366          | 7                                 | 10                     | 0.70     | -43%                | 12,057.78             | 17,225.40            | 0.70       | 0.49          |
| Julio     | 344          | 6                                 | 8                      |          |                     | 10,335.24             | 13,780.32            | 0.75       | 0.00          |
| Agosto    | 519          | 9                                 | 11                     | 0.82     | -22%                | 15,502.86             | 18,947.94            | 0.82       | 0.67          |
| Setiembre | 560          | 10                                | 12                     | 0.83     | -20%                | 17,225.40             | 20,670.48            | 0.83       | 0.69          |
| Octubre   | 477          | 9                                 | 11                     |          |                     | 15,502.86             | 18,947.94            | 0.82       | 0.00          |
| Noviembre | 105          | 2                                 | 4                      | 0.50     | -100%               | 3,445.08              | 6,890.16             | 0.50       | 0.25          |
| Diciembre | 0            | 0                                 | 0                      |          | 0%                  | 0.00                  | 0.00                 |            |               |
|           |              |                                   |                        |          |                     | <b>75,791.76</b>      | <b>98,184.78</b>     |            |               |

Fuente: Elaboración propia

Para el diseño de la propuesta que permita mejorar la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., se tiene en cuenta las herramientas del Lean manufacturing como son las 5S, SMED y Poka Yoke cuyo contenido se muestra en el Anexo 4.

## V. DISCUSIÓN

Manco (2017) en la investigación sobre la aplicación del Lean Manufacturing para mejorar su productividad en su proceso de producción logro incrementar la productividad en la fabricación de formaletas en dicha empresa realizando un análisis y un diagnóstico. De la misma manera en la presente investigación a través del uso de herramientas del Lean Manufacturing se pretende alcanzar un aumento de la productividad haciendo uso de la misma herramienta.

Santillán (2020) realizó una propuesta que buscó mejorar el área de producción en una empresa de pallets de madera mediante las herramientas de Lean Manufacturing. Con el objetivo de incrementar la eficiencia en su proceso de fabricación, la técnica llevada a cabo en esta investigación fue la de observación y recopilación de datos, que fueron de vital importancia en la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing. En la investigación realizada también se aplicaron las técnicas de la observación para el estudio del proceso actual así también como la recopilación de datos a través del análisis documental para el análisis de la productividad a través de la eficiencia y eficacia de los procesos durante el año 2019.

También se puede decir que la filosofía de Lean Manufacturing se basa en mejorar y optimizar un sistema de producción, basado en el factor humano. Esta metodología se enfoca en un sistema de producción, centrándose en identificar los desperdicios y eliminarlos. Los desperdicios son definidos por Hernández y Vizán (2013), como aquellas actividades o procesos que hacen uso de recursos innecesarios. En esta investigación los recursos innecesarios identificados corresponden a los tiempos desperdiciados al no ejecutar las tareas en los tiempos programados incurriendo al pago adicional para el cumplimiento de la tarea.

## **VI. CONCLUSIONES**

Se analizó la situación actual del proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., mostrándose a través de un diagrama de flujo, las actividades realizadas

Se determinaron los principales problemas en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. encontrándose que las causas más frecuentes que origina una baja productividad son: falta de supervisión, falta de capacitaciones, fallas en los equipos, Pocos soldadores homologados, falta de mantenimientos y elevado número de reproceso.

Se analizó la situación actual de la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L., encontrándose que tanto en el reemplazo de oleoductos, gasoductos de baja presión y gasoductos de alta presión se obtienen valores promedios muy bajos.

Se diseñó una propuesta para la mejora de la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L. tomando como base las herramientas del Lean manufacturing.

## **VII. RECOMENDACIONES**

A la empresa que ejecute la propuesta realizando previamente una exigente capacitación al personal de todas las áreas.

Debe existir un involucramiento total de todos los colaboradores de la empresa para el éxito de la implementación de la metodología propuesta.

Realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos realizando inspecciones diarias.

Fortalecer el área de calidad para lograr un mejor análisis de las especificaciones técnicas de los productos que llegan y de esta manera contribuir con la confiabilidad de los productos.

Elaborar un conjunto de indicadores para verificar el cumplimiento de las actividades y poder acciones correctivas a corto plazo.

## REFERENCIAS

BAENA Guillermina, Metodología de la Investigación. Grupo Editorial Patria, México 2014. Disponible <https://bit.ly/2CTbMGo>

BALLARD, G. y HOWELL, G. Shielding production: Essential step in production control. Journal of Management in Engineering. Universidad de California 1998. Disponible: <https://bit.ly/2ppSEMY>.

BOTERO L. Construcción sin pérdidas: Análisis de procesos y filosofía Lean Construcción. Colombia 2006. Disponible: LEGIS S.A.

BRADY, Denise; TZORTOPOULOS, Patricia Y ROOKE, John. "An examination of the barriers to Last Planner implementation". Conferencia anual del LCI. Lima. Perú. 2011

CANTU A, MORENO J, GALLINA M. y GARCÍA G. Productividad Real en obras Civiles: Análisis de un caso. Centro Universitario Mendoza. Argentina 2009.

COTRINA, Javier. Aplicación del Lean Construction para optimizar la productividad en una obra de ampliación del pabellón educativo en Ñaña – Lurigancho, Universidad César Vallejo, Lima 2017. Disponible: <https://bit.ly/2r0Qqnl>

CHAVEZ, Jhonny y De La CRUZ AQUIJE, Christian. Aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de edificación. Lima: universidad de san Martín de Porres, 2014. Disponible: <https://bit.ly/2COdcSy>

DEL CARMEN, Lizbeth. Mejora de la productividad en el mantenimiento rutinario de una carretera aplicando filosofía Lean Construction. Piura: Universidad de Piura 2013. Disponible: <https://bit.ly/2KsVZCs>

GHIO, VIRGILIO y LAURI, KOSKELA. Productividad en obras de construcción.

Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima 2001. Disponible: <https://bit.ly/2QrvReT>.

GUZMÁN Abner. Aplicación de la filosofía lean construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos. Lima: pontificia universidad católica del Lima, 2014. Disponible: <https://bit.ly/37booGK>

HERNÁNDEZ Roberto, FERNÁNDEZ Carlos y BATISTA Maria. Metodología de la Investigación: Quinta edición. México D.F. 2010. Disponible: <https://bit.ly/2Xkpyv6>

HUAMÁN, Jefferson, en su investigación sobre análisis de productividad con la aplicación del Lean Construction en obras de contención en el Distrito de Comas. Universidad César Vallejo, Lima 2017. Disponible: <https://bit.ly/33XineJ>.

IZQUIERDO, J. Taller de conceptos Lean en la industria de la construcción. Conferencia presentada en el 1er. Congreso Nacional Lean Construction, Lima 2012. Disponible: <https://bit.ly/37ax0gJ>

KOSKELA, L. Management of production in Construction: A Theoretical View. Proceedings of the 7th International Group for Lean Construction Conference. Revista Ingeniería de Construcción 1999. Disponible: <https://bit.ly/2NXGvIF>

KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Revista Ingeniería de Construcción 1992. Disponible: <https://bit.ly/2NXGvIF>

LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE Institute Lean Construction. [En línea] 2016. [Consultado 05 octubre 2019]. Disponible: <http://www.leanconstruction.org/>.

LORÍA ARCILA, JOSÉ HUMBERTO. "Programación de obras con la técnica de la línea de balance". Universidad autónoma de Yucatán, México.

MENGOA Osmar, NAIZA Héctor, Rivera Carolina. Análisis de la productividad de los procesos constructivos aplicando filosofía lean construction para obras civiles de gran minería. Universidad Privada de Ciencias Aplicadas. Lima 2018. Disponible: <https://bit.ly/2psGNhl>.

MERINO, Delia. Aplicación de la filosofía lean para la mejora de la productividad en la estructura: reservorio elevado de la obra: instalación, ampliación y mejoramiento del servicio de agua potable y alcantarillado en los aa.hh. de las cuencas 1,2 y 3 de la zona alta de la ciudad de Paita-provincia de Paita - Piura, en el año 2014. Universidad Señor de Sipán, 2015. Disponible: <https://bit.ly/2QsptnN>

MORALES, Nayda y GALEAS, John. Diagnóstico y evaluación de la relación entre el grado de industrialización y los sistemas de gestión con el nivel de productividad en obras de construcción. Pontificia universidad Católica del Perú, Lima 2006. Disponible: <https://bit.ly/357A9fB>

NIÑO Víctor. Metodología de la Investigación: Diseño y Ejecución. Bogotá. Ediciones de la U, Colombia 2011. Disponible: <https://bit.ly/2r34UU0>.

ORAMAS L, Carlos. Aplicación de la Metodología Lean Construction en la Vivienda de interes Social. Universidad EAN Bogotá 2012. Disponible: <https://bit.ly/2r0uvgr>

PUCP. Lean Construction permite obtener una obra de buena calidad, en menor tiempo y a bajo costo. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011. Disponible en: <https://bit.ly/2L13SiJ>

PRÍNCIPE, Yundior. Aplicación De Ingeniería De Métodos En El Área Redes Internas Para Incrementar La Productividad En El Proceso De Instalación De La Red Interna De Gas Natural Domiciliario De La Empresa Conugas Gas Natural De Calidad S.A.C, Santa Rosa. Universidad César Vallejo, 2017. Disponible: <https://bit.ly/2KtoSyn>.

QUISPE Raúl. Aplicación de “Lean Construction” para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación. Universidad César Vallejo Huancavelica, 2017. Huancavelica 2017. Disponible: <https://bit.ly/2QrxuJu>

SABBATINO, Daniel. “Directrices y recomendaciones para una buena implementación del sistema last planner en proyectos de edificación en Chile, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. 2011



# **ANEXOS**

ANEXO N° 1: Validación de instrumentos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, VICTOR GERARDO RUIZ ALAMO con DNI N.º 02606042. Magister en EDUCACION N.º ANR: ....., de profesión INGENIERO INDUSTRIAL desempeñándome actualmente como DOCENTE UNIVERSITARIO en LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos: Ficha de observación de actividad y Formato para carta balance

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

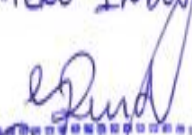
| Ficha de observación de actividad | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|-----------------------------------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad                       |            |           |       | X         |           |
| 2. Objetividad                    |            |           |       | X         |           |
| 3. Actualidad                     |            |           |       | X         |           |
| 4. Organización                   |            |           |       | X         |           |
| 5. Suficiencia                    |            |           |       | X         |           |
| 6. Intencionalidad                |            |           |       | X         |           |
| 7. Consistencia                   |            |           |       | X         |           |
| 8. Coherencia                     |            |           |       | X         |           |
| 9. Metodología                    |            |           |       | X         |           |

| Formato para carta balance | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|----------------------------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad                |            |           |       | X         |           |
| 2. Objetividad             |            |           |       | X         |           |
| 3. Actualidad              |            |           |       | X         |           |
| 4. Organización            |            |           |       | X         |           |
| 5. Suficiencia             |            |           |       | X         |           |
| 6. Intencionalidad         |            |           |       | X         |           |
| 7. Consistencia            |            |           |       | X         |           |
| 8. Coherencia              |            |           |       | X         |           |
| 9. Metodología             |            |           |       | X         |           |

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 17 días del mes de Noviembre del Dos mil Diecinueve.

Mgtr. : VICTOR GERARDO RUIDIAS ALAMO  
DNI : 02606042  
Especialidad : INGENIERO INDUSTRIAL

E-mail : ger\_ruidias@hotmail.com

  
.....  
Victor Gerardo Ruidias Alamo  
Ingeniero Industrial  
Registro CIP N° 05268

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, Gerardo Sosa Pantoja con DNI N.º 03591940 Magister  
 en DOCENCIA UNIVERSITARIA N.  
 ° ANR: 07114, de profesión INGENIERO INDUSTRIAL  
 desempeñándome actualmente como DOCENTE  
 en UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos: Ficha de observación de actividad y Formato para carta balance

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| Ficha de observación de actividad | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|-----------------------------------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad                       |            |           |       | X         |           |
| 2. Objetividad                    |            |           |       | X         |           |
| 3. Actualidad                     |            |           |       | X         |           |
| 4. Organización                   |            |           |       | X         |           |
| 5. Suficiencia                    |            |           |       | X         |           |
| 6. Intencionalidad                |            |           |       | X         |           |
| 7. Consistencia                   |            |           |       | X         |           |
| 8. Coherencia                     |            |           |       | X         |           |
| 9. Metodología                    |            |           |       | X         |           |

| Formato para carta balance | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|----------------------------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad                |            |           |       | X         |           |
| 2. Objetividad             |            |           |       | X         |           |
| 3. Actualidad              |            |           |       | X         |           |
| 4. Organización            |            |           |       | X         |           |
| 5. Suficiencia             |            |           |       | X         |           |
| 6. Intencionalidad         |            |           |       | X         |           |
| 7. Consistencia            |            |           |       | X         |           |
| 8. Coherencia              |            |           |       | X         |           |
| 9. Metodología             |            |           |       | X         |           |

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 17 días del mes de Noviembre del Dos mil Diecinueve.

Mgtr. : Gerardo Sosa Panta  
DNI : 03591946  
Especialidad : gerardodolar@gmail.com

E-mail :

*Gerardo S*  
 Mg. Gerardo S. Panta  
INGENIERO INDUSTRIAL  
CIP. 6714

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN**

Yo, MARIO ROBERTO SEMINARIO ATHRAMA con DNI N.º 02633043 Magister en INGENIERÍA DE SISTEMAS N.º ANR: ..... de profesión INGENIERO INDUSTRIAL desempeñándome actualmente como DOCENTE UNIVERSITARIO en LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - PIURA

Por medio de la presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos: Ficha de observación de actividad y Formato para carta balance

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

| Ficha de observación de actividad | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|-----------------------------------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad                       |            |           |       | ✓         |           |
| 2. Objetividad                    |            |           |       | ✓         |           |
| 3. Actualidad                     |            |           |       | ✓         |           |
| 4. Organización                   |            |           |       | ✓         |           |
| 5. Suficiencia                    |            |           |       | ✓         |           |
| 6. Intencionalidad                |            |           |       | ✓         |           |
| 7. Consistencia                   |            |           |       | ✓         |           |
| 8. Coherencia                     |            |           |       | ✓         |           |
| 9. Metodología                    |            |           |       | ✓         |           |



| Formato para carta balance | DEFICIENTE | ACEPTABLE | BUENO | MUY BUENO | EXCELENTE |
|----------------------------|------------|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. Claridad                |            |           |       | ✓         |           |
| 2. Objetividad             |            |           |       | ✓         |           |
| 3. Actualidad              |            |           |       | ✓         |           |
| 4. Organización            |            |           |       | ✓         |           |
| 5. Suficiencia             |            |           |       | ✓         |           |
| 6. Intencionalidad         |            |           |       | ✓         |           |
| 7. Consistencia            |            |           |       | ✓         |           |
| 8. Coherencia              |            |           |       | ✓         |           |
| 9. Metodología             |            |           |       | ✓         |           |

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 17 días del mes de Noviembre del Dos mil Diecinueve.

NR  
Eminente

Mgtr. : INGENIERÍA DE SISTEMAS  
DNI : 02633043  
Especialidad : INGENIERÍA INDUSTRIAL

E-mail : MSEMINDO@UCV.EDU.PE

## Propuesta

### 1.1. Objetivo

Elaborar una propuesta de aplicación del Lean Manufacturing para incrementar la productividad en el proceso constructivo de redes para ductos en la empresa Servicios Metal Mecánica Hnos. Benites S.R.L.

Para la elaboración de la propuesta se tomará como base la información obtenida a través de la entrevista, cuestionario y observación para la identificación de los problemas y plasmados en diagrama de Ishikawa.

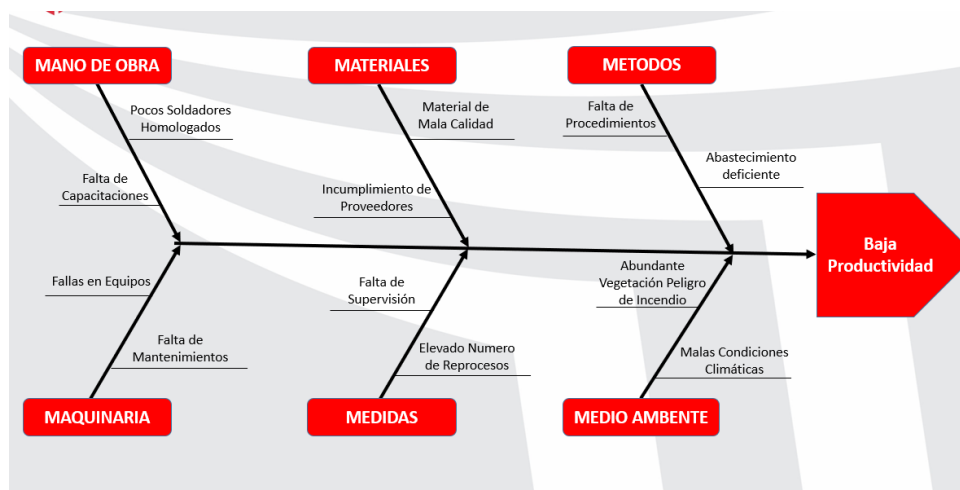


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

Se propone las herramientas del Lean Manufacturing que conducirán al mejoramiento de la productividad.

### 1.2. Herramientas del Lean Manufacturing

#### 1.2.1. Value Stream Mapping

Es una herramienta que sirve para ver y entender un proceso para identificar sus desperdicios. Está enfocado a esfuerzos de mejoramiento pues ayuda a la detección de: ventajas competitivas, lenguaje común y comunicar ideas. Es una representación gráfica en diagrama de flujo o mapa que muestra el flujo desde el proveedor hasta el cliente. Busca reducir y eliminar desperdicios. Es útil para planeación estratégica y la gestión del cambio. En la investigación realizada se



identificó entre las causas frecuentes en los métodos actuales de proceso se identifican el abastecimiento deficiente y la falta de procedimientos.

Entre los desperdicios que establece el pensamiento esbelto (LEAN) se tienen:

Proceso o servicio que logre dar sólo lo necesario con la calidad que el cliente espera en el menor tiempo posible.

Los desperdicios comúnmente aceptados en el sistema de producción son:

- Sobre producción
- Esperar
- Transporte
- Proceso inadecuado
- Inventario innecesario
- Defectos
- Movimientos

Hay que realizar análisis profundos, causa-efecto. Algunas causas frecuentes pueden ser:

- Desbalanceo
- Sobre capacidad
- Métodos actuales de proceso
- Sub optimización
- Actividades en serie
- Interrupciones al proceso

#### 1.2.2. Propuesta de Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Según lo identificado en el diagrama de Ishikawa con respecto a los equipos: falla en equipos y falta de mantenimientos se propone la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) buscando alcanzar el incremento de la eficiencia de la maquinaria y su disponibilidad para los proyectos. Se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

- La Alta Gerencia debe comprometerse en la implementación del TPM.
- El plan de mantenimiento involucrará a todos los equipos, materiales, repuestos, etc.
- Se aplicará principalmente el mantenimiento autónomo, el cual debe basarse en la participación de los operadores que realizan funciones básicas de mantenimiento e inspección en sus propios equipos como limpieza y lubricación, ajuste, regulación e inspección y del personal de mantenimiento quienes realizan labores no rutinarias.
- Debe elaborarse un listado de todas las máquinas utilizadas en los proyectos, así como sus repuestos y componentes; y se les realizará un diagnóstico.
- Capacitar al operario para que conozca a profundidad la máquina que opera en su área y puede detectar fallos. El propósito de implementar el Mantenimiento Productivo Total es lograr el eficiente funcionamiento de la maquinaria de la empresa, así como el alto rendimiento.

### **Mantenimiento Programado Total (MPT).**

Es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas.

Cuando se hace referencia a la participación total, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente

Como Implementar MPT.

#### **1) ANUNCIO DE LA ALTA DIRECCIÓN DE LA DECISIÓN DE INTRODUCIR EL TPM.**

Hacer un anuncio oficial de la decisión de implantar el TPM. La alta dirección debe informar a sus empleados de su decisión e infundir entusiasmo por el proyecto. Esto puede cumplirse a través de una presentación formal que introduce el concepto, metas, y beneficios esperados del TPM, y también incluye propuestas

personales de la alta dirección a los empleados sobre las razones que fundamentan la decisión de implantar el TPM. Esto puede seguirse con información impresa en boletines internos.

## **2) LANZAMIENTO DE CAMPAÑA EDUCACIONAL.**

Entrenamiento y promoción del TPM lo que debe empezar tan pronto como sea posible después de introducir el programa.

El objetivo de la educación es, no solamente explicar el TPM, sino también elevar la moral y romper la resistencia al cambio -en este caso, el cambio al TPM.

La resistencia frente al TPM puede adoptar diferentes formas: algunos trabajadores pueden preferir la división de tareas más convencional (los operarios manejan el equipo, mientras los trabajadores de mantenimiento lo reparan).

## **3) CREAR ORGANIZACIONES PARA PROMOVER EL TPM.**

Una vez que se ha completado la educación introductoria al nivel de personal de dirección (de jefes de sección hacia arriba), puede empezar la creación de un sistema promocional del TPM.

La estructura promocional TPM se basa en una matriz organizacional, conformada por grupos horizontales tales como comités y grupos de proyecto en cada nivel de la organización vertical de dirección. Es extremadamente importante para el éxito y desarrollo general del TPM.

## **4) ESTABLECER POLÍTICAS Y METAS PARA EL TPM**

Las oficinas centrales promocionales del TPM deben empezar estableciendo políticas y metas básicas. Moverse hacia la eliminación de defectos y averías a través del TPM, una política de dirección básica debe comprometerse con el TPM e incorporar procedimientos concretos de desarrollo del TPM en el plan de dirección general a medio y largo plazo.

## **5) FORMULAR UN PLAN MAESTRO PARA EL DESARROLLO DEL TPM**

La siguiente responsabilidad de la oficina central del TPM es establecer un plan maestro para el desarrollo TPM.

- Mejorar la efectividad del equipo a través de la eliminación de las seis grandes pérdidas (realizado por equipos de proyecto).
- Establecer un programa de mantenimiento autónomo por los operarios (siguiendo un método de siete pasos).
- Aseguramiento de la calidad.
- Establecer un programa de mantenimiento planificado por el departamento de mantenimiento.
- Educación y entrenamiento para aumentar las capacidades personales.

## **6) EL “DISPARO DE SALIDA” DEL TPM**

El “disparo de salida” es el primer paso para la implantación, el comienzo de la batalla contra las seis grandes pérdidas. La dirección y el staff profesional juegan el rol dominante. Sin embargo, a partir de este punto, los trabajadores individuales deben cambiar desde sus rutinas de trabajo diario tradicionales y empezar a practicar el TPM. Cada trabajador juega ahora un rol crucial. Como alguien ha dicho, no hay lugar para ser espectador en el TPM, indicando que cada persona es un participante no puede haber mirones. Por esta razón, cada trabajador debe apoyar la política sobre TPM de la alta dirección a través de actividades para eliminar las seis grandes pérdidas.

## **7) MEJORAR LA EFECTIVIDAD DEL EQUIPO**

El TPM se implementa a través de las cinco actividades de desarrollo básicas del TPM, la primera de las cuales es mejorar la efectividad de cada pieza del equipo que experimenta una pérdida.

El staff de ingeniería y mantenimiento, los supervisores de línea, y los miembros de pequeños grupos se organizan en equipos de proyecto que harán mejoras para eliminar las pérdidas. Estas mejoras producirán resultados positivos dentro de la compañía. Sin embargo, durante las fases tempranas de la implantación, habrá personas que duden del potencial del TPM para producir resultados incluso algunos que hayan visto cómo en otras compañías el uso del TPM incrementa la productividad y calidad, reduce los costes, mejora los resultados, y crea un entorno favorable de trabajo.

## **8) ESTABLECER UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Autónomo PARA LOS OPERARIOS**

La segunda de las cinco actividades de desarrollo del TPM, el mantenimiento autónomo, es el paso octavo del programa de desarrollo. Debe atacarse justo después del disparo de salida.

El mantenimiento autónomo por los operarios es una característica única del TPM; su organización es central para la promoción del TPM dentro de la compañía. Cuanto más antigua es una compañía, más dificultoso es implantar el mantenimiento autónomo, porque los operarios y el personal de mantenimiento encuentran penoso apartarse del concepto: Yo opero tu reparas. Los operarios están acostumbrados a dedicarse a tiempo completo a la producción, y el personal de mantenimiento espera asumir la plena responsabilidad del mismo.

## **9) ESTABLECER UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO**

El noveno paso en el programa de desarrollo es también una de las cinco actividades básicas TPM un programa de mantenimiento periódico para el departamento de mantenimiento.

El mantenimiento programado realizado por el departamento de mantenimiento, debe coordinarse con las actividades de mantenimiento autónomo del departamento de operaciones, de forma que los departamentos puedan funcionar como las ruedas de un coche.

## **10) CONDUCIR ENTRENAMIENTO PARA MEJORAR CAPACIDADES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Las capacidades de operación y mantenimiento es la cuarta actividad de desarrollo del TPM y el décimo paso del programa de desarrollo del TPM.

En Japón, las grandes corporaciones del acero y la electrónica proveen a sus empleados con entrenamiento técnico en centros bien equipados, pero otras compañías japonesas infra estiman el valor del entrenamiento, especialmente el entrenamiento en técnicas de mantenimiento. La educación y el entrenamiento son inversiones en entrenamiento que permita a los empleados gestionar

apropiadamente el equipo. En adición al entrenamiento personal que rinden múltiples beneficios. Una compañía que implante el TPM debe invertir en técnicas de mantenimiento, los operarios deben afinar también sus capacidades en operación.

## **11) DESARROLLO TEMPRANO DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN DE EQUIPOS**

La última categoría de las actividades de desarrollo del TPM es la gestión temprana (o anticipada) del equipo.

Cuando se instala el nuevo equipo, a menudo aparecen problemas durante las operaciones de test, y arranque, aunque durante el diseño, la fabricación, y la instalación toda parece marchar normalmente. Puede que los ingenieros de mantenimiento e ingeniería tengan que hacer muchas mejoras antes de que comience la operación normal. Incluso entonces, se necesitan reparaciones en el período inicial, inspección, ajuste, y lubricación y limpieza iniciales para evitar el deterioro, y las averías son a menudo tan difíciles de reparar que los ingenieros de supervisión se desmoralizan completamente. Como resultado, pueden pasarse por alto la inspección, lubricación, y limpieza, lo que necesariamente prolonga las paradas del equipo incluso para las averías menores.

## **12) IMPLANTACIÓN PLENA DEL TPM Y CONTEMPLAR METAS MÁS ELEVADAS**

El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación del TPM y fijar metas futuras aún más elevadas. Durante este período de estabilización cada uno trabaja continuamente para mejorar los resultados TPM, de forma que puede esperarse que dure algún tiempo.

### **1.2.3. La estandarización**

En cualquier empresa trabajan muchas personas desde el diseño, hasta la producción, por consiguiente, ¿Cómo sería el resultado si cada persona en cada área, trabajara de diferente modo? Por ejemplo, si el método de operación fuese

diferente entre cada uno de los turnos. Posiblemente se presentarían los siguientes casos:

- Se producen diferentes defectos por cada uno de los miembros
- Se dificulta conocer la causa de las fallas de la operación
- La mejora de la operación se hace problemática dado que cada quien realiza la operación a su forma de pensar
- Se realizan actos inseguros por cada uno de los miembros
- Se dificulta la capacitación y el entrenamiento del personal Se generan retrasos entre operaciones que se reflejan en el incumplimiento de las entregas de la producción al siguiente proceso
- Se incrementan los costos por daños en el producto por malas prácticas en la operación

Así, no es posible producir buenos productos, a menor costo y entregarlos oportunamente al cliente. De ahí la necesidad de ciertas reglas que rijan los trabajos de cada uno de los miembros, para poder dar los resultados que espera la compañía y sobre todo el cliente. El aplicar esto en la organización se evitarían los reprocesos a través del uso de las hojas de operación estándar que permite hacer siempre lo mismo de la misma manera.

#### 1.2.4. Poka Yoque

Poka-yoke es una técnica de calidad desarrollada por el ingeniero japonés Shigeo Shingo en los años 1960's, que significa "a prueba de errores". La idea principal es la de crear un proceso donde los errores sean imposibles de realizar. La finalidad del Poka-yoke es la eliminar los defectos en un producto ya sea previniendo o corrigiendo los errores que se presenten lo antes posible. Un dispositivo Poka-yoke es cualquier mecanismo que ayuda a prevenir los errores antes de que sucedan, o los hace que sean muy obvios para que el trabajador se dé cuenta y lo corrija a tiempo. El concepto es simple: si los errores no se permiten que se presenten en la línea de producción, entonces la calidad será alta y el re trabajo poco. Esto aumenta la satisfacción del cliente y disminuye los costos al mismo tiempo. El resultado, es de alto valor para el cliente. No solamente es el simple concepto, pero normalmente las herramientas y/o dispositivos son también

simples. Los sistemas Poka-yoke implican el llevar a cabo el 100% de inspección, así como, retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren. Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100% de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

La práctica del sistema Poka-yoke se realiza más frecuentemente en la comunidad manufacturera para enriquecer la calidad de sus productos previniendo errores en la línea de producción. Un sistema Poka-Yoke posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100% de las partes producidas, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método Poka-Yoke en reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea: en el inicio de la línea, auto-chequeo, o chequeo continuo. Los efectos de un sistema poka-yoke en la reducción de defectos varían dependiendo del tipo de inspección.