

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**MEJORA EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE LÍNEAS
CRIOGÉNICAS APLICANDO LA HERRAMIENTA LEAN
MANUFACTURING PARA REDUCIR LOS TIEMPOS DE
INSTALACIÓN DE TUBERÍAS**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADA POR

Bach. FIGUEROA FLORES, KEYLA ROSARIO
Bach. GALINDO MEJÍA, JACKELINE CRISTINA

ASESOR: Mg. ROSALES LÓPEZ, PEDRO PABLO

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de manera especial a mi madre Betty Flores, que con mucho sacrificio me apoyo incondicionalmente. A los amores de mi vida: Nicolás, Liam y mi gran Génesis que me acompañaron en este proceso y me motivaron a seguir adelante, a todos mis familiares y amigos que creyeron en mí

Keyla Figueroa Flores

Dedico este trabajo a mis padres, familiares, compañeros y amigos quienes me brindaron su apoyo incondicional en esta etapa de mi vida.

Jackeline Galindo Mejía

AGRADECIMIENTO

Nuestro mayor agradecimiento a Dios quien nos inspira y protege en todo momento; a nuestra querida Universidad Ricardo Palma, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; y a todas las personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

Keyla Figueroa y Jackeline Galindo

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos.....	2
1.2. Objetivo General y Específico.....	6
1.3. Importancia y Justificación del estudio.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO.....	9
2.1. Marco Histórico.....	9
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema.....	9
2.3. Estructura teórica y científica que sustenta el estudio.....	12
2.3.1. Proceso de Fabricación de tuberías de Spools.....	12
2.3.2. Optimización de procesos.....	15
2.4. Definición de términos básicos.....	24
CAPITULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	26
3.1. Hipótesis.....	26
3.1.1. Hipótesis principal.....	26
3.1.2. Hipótesis secundarias.....	26
3.2. Variables.....	26
CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
4.1. Tipo, método y diseño de la investigación.....	31
4.1.1. Tipo y nivel de Investigación.....	31
4.1.2. Diseño de la Investigación.....	31
4.2. Población y muestra.....	31
4.2.1. Población.....	31
4.2.2. Muestra.....	32

4.3. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos	32
4.3.1. Tipos de técnicas e instrumentos	32
4.3.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	33
4.3.3. Procedimientos para la recolección de datos	33
4.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	33
CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA	
INVESTIGACIÓN.....	34
5.1. Diagnóstico y situación actual.....	34
5.1.1. Análisis de los procesos de Montaje y Fabricación	40
5.1.2. Identificación de los problemas	47
5.2. Diseño del plan de implementación de las herramientas de Lean Manufacturing ..	50
5.2.1. Kaizen para el área de montaje.....	50
5.2.2. Just in Time para el área de fabricación.....	57
5.3. Presentación de resultados.....	59
5.4. Análisis de resultado.....	72
5.5 Prueba de hipótesis	73
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Causas de los problemas	4
Tabla N°2: Tipos de aplicación de recubrimiento en tuberías y soportes	13
Tabla N°3: Medidas de tuberías y soportes	15
Tabla N°4: Operacionalización de las variables	29
Tabla N°5: Porcentaje de Montaje de tuberías	40
Tabla N°6: Metros Lineales por isométricos	41
Tabla N°7: Análisis de la Fabricación de tubería 3"	43
Tabla N°8: Análisis de la fabricación de tubería 4"	44
Tabla N°9: Análisis de la fabricación de tubería de 6"	45
Tabla N°10: Análisis de la fabricación de tubería 8"	45
Tabla N°11: Defectos en el Proceso	48
Tabla N°12: Frecuencia de los defectos	48
Tabla N°13: Plan de Acción de Montaje	53
Tabla N°14: Beneficio de la implementación JIT	58
Tabla N°15: Valor Agregado	59
Tabla N°16: Metros Lineales diarios	59
Tabla N°17: Metros lineales diarios con mejora	61
Tabla N°18: Costo de la Producción diaria de tuberías criogénicas	64
Tabla N°19: Ahorro de la Producción diaria con la mejora	65
Tabla N°20: Gasto de Mano de Obra sin la implementación JIT	67
Tabla N°21: Gasto General del Proyecto	68
Tabla N°22: Resultados Operativos de la empresa	69
Tabla N°23: Gasto de Mano de Obra con la implementación JIT	70
Tabla N°24: Gasto General del Proyecto	70
Tabla N°25: Resultado Operativo incluido la implementación Lean Manufacturing	71
Tabla N°26: Presentación de resultados	72
Tabla N°27: Cuadro estadístico	73
Tabla N°28: Estadísticas de muestras emparejadas	74
Tabla N°29: Prueba de Normalidad	75
Tabla N°30: Cuadro estadístico	76
Tabla N°31: Definiciones	76
Tabla N°32: Estadísticas de muestras emparejadas	77
Tabla N°33: Prueba de Normalidad	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Herramientas de Lean Manufacturing	4
Figura N°2: Diagrama de Pareto.....	5
Figura N°3: Ubicación geográfica	7
Figura N°4: Adaptación de la casa Toyota	27
Figura N°5: Organigrama de Proyectos	35
Figura N°6: Mapeo de Procesos	37
Figura N°7: Ciclo de fabricación y montaje de tuberías criogénicas.	38
Figura N°8: DOP del proceso de montaje y fabricación	39
Figura N°9: Línea de producción de tubería 3"	43
Figura N°10: Línea de producción diaria de tubería 4"	44
Figura N°11: Línea de producción de tubería 6"	45
Figura N°12: Línea de producción de tubería 8"	46
Figura N°13: Ishikawa del área de Montaje	47
Figura N°14: Diagrama de Pareto.....	49
Figura N°15: Ishikawa del área de Fabricación.....	50
Figura N°16: DOP del proceso de montaje y fabricación	52
Figura N°17: Diagrama de flujo del proceso de Instalación de tuberías	55
Figura N°18: Diagrama de flujo del proceso de Instalación de tuberías.	56
Figura N°19: Avance de montaje.....	61
Figura N°20: Avance de montaje diario	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia	83
Anexo N°2: Formato para el registro de producción diaria.....	84
Anexo N°3: Formato para el registro.....	85
Anexo N°4: Validación de la entrevista por parte del Jefe del Proyecto.....	86
Anexo N°5: Entrevista al jefe del proyecto	87
Anexo N°6: Sistema de Gestión de Calidad	88
Anexo N°7: BOQ Montaje de tuberías	89
Anexo N°8: Plano isométrico de la instalación de tuberías.....	90
Anexo N°9: Selección de las tuberías según la medida.....	90
Anexo N°10: Montaje de tuberías criogénicas	91
Anexo N°11: Soldadura de las tuberías	91
Anexo N°12: Instalación de tuberías	92

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se analizó y aplicó herramientas de Lean Manufacturing, para mejorar el proceso de fabricación y montaje de tuberías criogénicas para una empresa dedicada al rubro Metalmecánica, con el objetivo de mitigar cuellos de botella que se observó a lo largo del área de fabricación y montaje, así como para optimizar los tiempos de instalación de tuberías aplicando las herramientas de Just in time y Kaizen.

Para lograr dicho objetivo se aplicó el análisis del escenario actual de la empresa metalmecánica, para lo cual se realizó un estudio de la producción diaria registrada en la base de datos, un análisis del mapeo de procesos, un estudio del avance de montaje, se desarrolló diagrama de actividades, diagrama de Pareto, y diagrama de Ishikawa para hallar los problemas principales que afectan el máximo rendimiento posible de las áreas de fabricación y montaje.

Aplicando las herramientas de Lean Manufacturing se logró reducir los tiempos de instalación de tuberías, ya que al ser el área de fabricación y montaje la causa raíz del retraso, con la aplicación de la herramienta Just in time y kaizen se optimizó el flujo de producción de tuberías habilitadas y se cumplió con los tiempos establecidos en la instalación de las tuberías criogénicas.

Palabras clave: Lean manufacturing, tuberías criogénicas, Kaizen, Just in time

ABSTRACT

This research work was analyzed and applied Lean Manufacturing tools, to improve the process of manufacturing and assembly of cryogenic pipes for a company dedicated to the Metalworking sector, with the aim of mitigating bottlenecks that were observed throughout the area of manufacturing and assembly, as well as optimizing pipe installation times by applying Just in time and Kaizen tools.

To achieve this objective, the analysis of the current scenario of the metalworking company was applied, which carried out a study of the daily production registered in the database, an analysis of the process mapping, a study of the assembly progress, diagram was developed of activities, Pareto diagram, and Ishikawa diagram to find the main problems that affect the maximum possible performance of the manufacturing and assembly areas.

Applying the tools of Lean Manufacturing was able to reduce the installation times of pipes, since being the manufacturing and assembly area the root cause of the delay, with the application of the Just in time and kaizen tool, the production flow of pipes enabled and the times established in the installation of cryogenic pipes were met.

Keywords: Lean manufacturing, cryogenic pipes, Kaizen, Just in time

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación realiza un análisis de la industria metalmecánica, en el cual se opta como caso de estudio a una empresa metalmecánica, dedicada a la fabricación de estructuras metálicas. Se realiza un análisis de los problemas que se presenta en el proceso de fabricación y montaje determinando de esta manera su problema principal, problemas específicos, planteando hipótesis para solucionarlos, que serán desarrollados en base a los objetivos planteados a través de los siguientes capítulos.

Para resolver la problemática de la empresa se diseña una propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing donde se desarrolla las herramientas Kaizen y Just in Time con lo que se logra mejorar la fabricación y montaje de tuberías; así mismo reducir el tiempo de instalación de tuberías criogénicas.

La estructura de la presente tesis es la siguiente:

En el Capítulo I se elabora el planteamiento del problema, donde se define el principal problema de la Empresa Metalmecánica, problemas específicos y formulación de objetivos para reducir el tiempo de instalación de tuberías mediante una mejora en la fabricación y montaje de tuberías criogénicas. Luego se desarrolla el Capítulo II que consiste en la investigación de sustentos teóricos referentes a las variables de estudio, definiciones de las herramientas a emplearse que contribuyen al desarrollo de la tesis. En el Capítulo III se presenta las hipótesis planteadas para los problemas y objetivos de la investigación desarrolladas en el Capítulo I. Seguidamente en el Capítulo IV se presenta la metodología que se empleará en este presente trabajo de investigación para reducir el tiempo de instalación de tuberías criogénicas. Finalmente, en el Capítulo V se presenta y analiza los resultados de la investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y formulación del problema general y específicos

1.1.1. Descripción del problema

Debido al auge de proyectos de la Empresa Metalmecánica, con experiencia en la fabricación, montaje de estructuras metálicas y spools como: fabricación de celdas de flotación para el sector minero, espesadores, puentes, modulares, redes de tuberías, pipe racks entre otros; surge la necesidad de mejorar continuamente para optimizar y aumentar la calidad del servicio; con lo que significaría una gran oportunidad de fidelizar y potenciar la cartera de clientes.

La Empresa Metalmecánica es consciente que el mercado dentro de su rubro es cada vez más competitivo es por ello que su enfoque está relacionado en identificar los cuellos de botella que se presentan en cada proyecto y tomar un plan de acción donde se tome las mejores decisiones para erradicar o minimizar futuros acontecimientos.

El presente trabajo de investigación se centra en uno de los proyectos donde la Empresa Metalmecánica ganó la licitación para la fabricación y montaje de tuberías criogénicas, el cual consta de la ampliación de una estación de servicios de gas criogénico, dentro de una planta ubicada en Cañete.

A excepción de los materiales suministrados por el cliente, la Empresa Metalmecánica debe suministrar todo los recursos, materiales, insumos, equipos, herramientas y demás elementos necesarios para la ejecución del servicio, dentro de ello; mano de obra, asistencia técnica, supervisión, equipos de construcción y montaje, equipo de transporte, herramientas certificadas, materiales de consumos, materiales permanentes e implementos de seguridad.

Para lograr una adecuada identificación de los problemas, se realiza un análisis del proceso de fabricación de tuberías criogénicas donde se encuentra que el principal problema es que el cliente al suministrar a la empresa Metalmecánica las tuberías criogénicas, entregó las tuberías criogénicas seccionadas esto debido a que se necesitaba que se ejecutara el proyecto con premura, el cliente optó por temas de facilidad de transporte abastecerse de las tuberías vía aérea, con lo que las presentaciones de los tubos que inicialmente eran de 12 metros fueron reducidos debido a la facilidad de transporte de las mismas, el cual conlleva a un incremento en el proceso de fabricación y Montaje

para la Empresa Metalmecánica ya que, al ser un mayor número de juntas por soldar, la ejecución del proceso de soldadura tomaba más tiempo de lo planificado lo cual genera una deficiencia en la producción diaria y un retraso en los procesos posteriores.

Ante esta problemática se aumentó el tiempo de instalación de tuberías criogénicas, dando como resultado el aumento en el costo de fabricación y montaje por un mayor consumo del gas de argón en el proceso de fabricación, así como una mayor utilización de equipos y maquinarias para el proceso de montaje; es por ello que la empresa Metalmecánica se ve en la necesidad de analizar y mejorar sus operaciones de fabricación y montaje para evitar penalidades con el cliente por el incumplimiento del cronograma planificado lo que perjudicará a la imagen de la empresa Metalmecánica frente a sus clientes. Debido a lo mencionado anteriormente el problema secundario es que, al tratarse de varias secciones de tubos, el proceso de montaje es más lento, debido a un mayor número tubos por montar y soldar, cabe resaltar que había tuberías criogénicas que se montaban y soldaban a una altura que limitaba y dificultaba la manipulación de las mismas.

Es por ello que, ante estas problemáticas el presente trabajo de investigación busca mejorar mediante la aplicación de la herramienta Lean Manufacturing los procesos de fabricación y montaje de tubería criogénicas para optimizar el tiempo de instalación de tuberías criogénicas.

Para la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing debemos tener en claro que es una metodología que se enfoca en la eliminación de cualquier tipo de pérdidas, temporal, material, eficiencia o procesos; es decir eliminar lo inútil con el objetivo de aumentar la productividad, en nuestro caso de estudio se optó por utilizar las herramientas Kaizen y JIT con la finalidad de lograr una mejora continua en todo el proceso de fabricación y montaje de tuberías criogénicas, optimizando la resolución de los problemas, así como el ahorro en los costos de fabricación y montaje para alcanzar el fin último que es mejorar los resultados de la Empresa Metalmecánica. A continuación, se presenta las herramientas del Lean Manufacturing. (Ver Figura N°1).

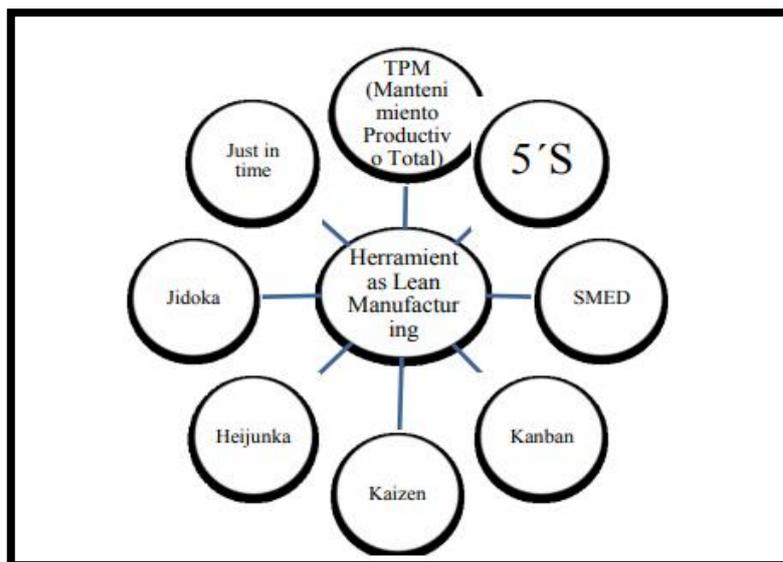


Figura N°1: Herramientas de Lean Manufacturing
 Fuente: Lean Manufacturing ¿Una herramienta de mejora de un sistema de producción? por Vargas (2016, p.159).

Para identificar las principales causas del problema se utilizó la herramienta del Diagrama de Pareto, donde enumeramos las frecuencias con que ocurren las posibles causas de la demora del tiempo instalación de tuberías criogénicas. (Ver Tabla N°1).

Tabla N°1: Causas de los problemas

CAUSAS	FRECUENCIA	FRECUENCIA ACUMULADA	% ACUMULADO
MAYOR NÚMERO DE JUNTAS POR SOLDAR	24	24	25%
AUMENTO DEL PROCESO DE IZAJE	20	44	46%
MAYOR CONSUMO DEL GAS ARGÓN	17	61	64%
DISPONIBILIDAD DEL PUENTE GRÚA	10	71	75%
DISPONIBILIDAD DE LA MATERIA PRIMA	8	79	83%
LIMITACIONES DE TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN	7	86	91%
DEFICIENCIA EN EL MÉTODO DEL TRABAJO	6	92	97%
IRREGULARIDADES EN LOS NIVELES DE JUNTAS SOLDADAS	2	94	99%
SOLDADURA INTERRUMPIDA POR CONDICIONES AMBIENTALES	1	95	100%

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, se observa en el Diagrama de Pareto que la principal causa del aumento en los tiempos instalación de tuberías es debido al mayor número de juntas por soldar, proceso de producción que retrasa el cumplimiento de las posteriores actividades que se somete a las tuberías criogénicas. (Ver Figura N°2).

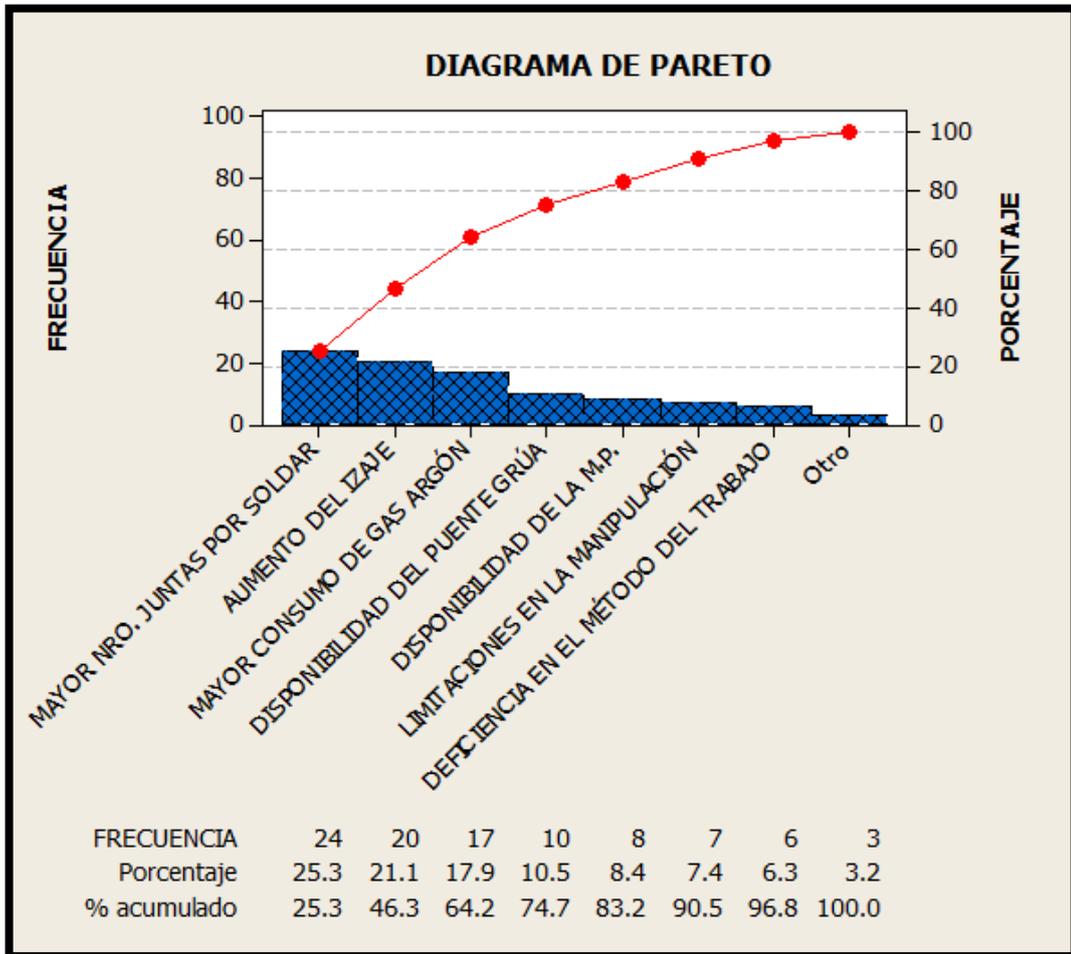


Figura N°2: Diagrama De Pareto
Fuente: Elaboración propia

1.1.2. Formulación del Problema General

¿En qué medida se reduce el tiempo de instalación de tuberías mediante una mejora en la fabricación y montaje de tuberías criogénicas aplicando la herramienta Lean Manufacturing?

1.1.3. Formulación de los Problemas Específicos

- a) ¿En qué medida se incrementa la productividad mediante una mejora en la fabricación de tuberías criogénicas aplicando la herramienta Lean Manufacturing?

- b) ¿En qué medida mejora la eficacia del proceso de montaje de las tuberías criogénicas aplicando la herramienta Lean Manufacturing?

1.2. Objetivo General y Específico

1.2.1. Objetivo General

Determinar en qué medida se reduce el tiempo de instalación de tuberías criogénicas aplicando la herramienta de Lean Manufacturing.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar en qué medida se incrementa la productividad de la fabricación de las tuberías criogénicas aplicando la herramienta de Lean Manufacturing.
- b) Determinar en qué medida mejora la eficacia del proceso de montaje de las tuberías criogénicas aplicando la herramienta de Lean Manufacturing.

1.3. Importancia y Justificación del estudio

Económica

Al aplicar la herramienta de Lean Manufacturing en la empresa Metalmecánica se obtiene una reducción en los tiempos de fabricación y montaje; así como un aumento de la producción diaria de la fabricación de tuberías criogénicas, mejorando las ganancias de la empresa Metalmecánica y fidelizando a sus clientes, por lo que se justifica económicamente.

Social

Siendo la satisfacción del cliente una respuesta al óptimo cumplimiento de trabajo de la empresa Metalmecánica, se incrementa la cartera de clientes fidelizados, con ello permitirá más fuente de trabajo, y estabilidad laboral de sus trabajadores, por lo que es una justificación social.

Teórica

La presente investigación se realiza por medio de la herramienta de Lean Manufacturing con el fin de optimizar el proceso de fabricación y montaje de tuberías criogénicas, aplicando la metodología Just in Time, para mejorar el rendimiento del flujo de la productividad del proceso de fabricación de las tuberías criogénicas, donde se identifican los cuellos de botellas que retrasan el cumplimiento de instalación de las tuberías criogénicas y por consiguiente realizar los ajustes apropiados para incrementar la gestión

de montaje de las tuberías criogénicas. Así mismo se utilizará la herramienta Kaizen en el área de Montaje de las tuberías criogénicas habilitadas, para mejorar los resultados de la Empresa Metalmecánica.

Práctica

La presente investigación, se realiza para mejorar el proceso de fabricación y montaje de las tuberías criogénicas a través de la implementación de herramientas de Lean Manufacturing, donde se presentan ineficiencias durante el proceso de soldadura de juntas de las tuberías suministradas por el cliente, de tal manera que retrasa el cumplimiento del cronograma de los tiempos programados para el servicio de las instalaciones de las tuberías criogénicas.

1.4. Limitaciones

Espacial

El proyecto estuvo ubicado a la altura del Km 160 al 170 de la Panamericana Sur en el distrito San Vicente Cañete – Lima. (Ver Figura N°3).



Figura N°3: Ubicación geográfica
Fuente: Google Maps

Temporal

La investigación comprendió con la toma de datos históricos del año 2017 de fabricación y montaje de tuberías criogénicas.

Confidencialidad

El presente trabajo se ve limitado a una confidencialidad de la información de la empresa Metalmecánica, debido a acuerdos establecidos con el cliente, por lo tanto, los datos han sido ajustados.

1.5. Viabilidad

Buena disponibilidad del jefe del proyecto, en base a entrevistas donde se realiza una serie de preguntas respecto a la situación de la Empresa Metalmecánica.

Análisis del contenido de información de la Empresa Metalmecánica con conformidad del jefe del proyecto.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. Marco Histórico

La empresa Metalmecánica especializada en la ingeniería y fabricación de estructuras metálicas, líder en el sector atendiendo los requerimientos de empresas: mineras, comerciales, telecomunicaciones, energía, transporte, industriales y del sector inmobiliario.

La línea de negocio en la que nos enfocaremos para la presente investigación es Gas - Equipos, el cual consta de la construcción de una estación de servicio de gas criogénico, dentro de la planta de gas ubicada en Cañete.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

Se han encontrado tesis nacionales e internacionales que se orientan a la filosofía Lean Manufacturing las cuales se relacionan con el trabajo de investigación.

Córdova, F. (2012). En su tesis plantea como objetivo:

Dar solución para la mejora del proceso de fabricación de spools de una empresa metalmecánica usando las herramientas de la manufactura esbelta. La metodología que se emplea fue de tipo experimental, explicativa y de nivel descriptivo, se concluyó que la una de las causas más comunes en todo el proceso de fabricación es la falta de coordinación y capacitación de personal, esto genera un alto índice de defectos en los productos.

De las seis herramientas de manufactura esbelta utilizados, se evidenció que con la aplicación de las dos de estas 5'S y Kanban, se impacta en el 62.09% de defectos totales detectados.

Con el desarrollo de las etapas del modelo, se encontró que para la aplicación de las herramientas Kanban y 5'S, se requiere capacitación y una inversión en las tarjetas Kanban, con lo cual se puede inferir que únicamente con la capacitación de dichas herramientas se estaría logrando un impacto alto de 62.07%, un impacto medio de 44.83% y un impacto leve de 20.69% en los 29 defectos detectados.

Mejía, S. (2013). En su tesis plantea como objetivo:

Desarrollar el análisis y la propuesta de mejora del área de confecciones de la empresa aplicando las herramientas de manufactura esbelta. Se concluyó que la implementación de las herramientas de manufactura esbelta logra un aumento en

los tres indicadores que involucran el OEE de 34.92%. Otros de los beneficios que se obtuvieron fue el incremento de la capacidad productiva, ahorro de horas hombre, incremento del área del trabajo y motivación del personal. El antecedente nos servirá para tener una visión del proceso de implementación de algunas herramientas del Lean Manufacturing como son las 5'S.

Maryuri, C., Diaz, H. (2016). En su tesis presenta como objetivo:

Establecer en qué medida la mejora en la gestión de procesos influye en la fabricación de reductores de velocidad en la Compañía Peruana S.A.C. Se concluyó que la capacitación y aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing permitirá elevar la productividad y los objetivos planteados por la empresa, habiendo un incremento inicial de un 8%, este margen se incrementará conforme el personal siga aplicando las herramientas Lean Manufacturing.

Salinas, M., (2015). En su tesis presenta como objetivo:

Mejorar el proceso de fabricación de tuberías de fierro negro, en la empresa metalmecánica ubicada en el Callao, el área a estudiar y en el cual se implementará la herramienta será durante el proceso de habilitado, en donde los problemas se centran en la recepción de materiales defectuosos y almacenaje inadecuado, constante modificaciones en la fabricación, tiempos muertos por los cambios de procesos lo que se generan por las demoras en la liberación de tuberías, lo cual genera falta de cumplimiento en el área de despacho.

Jimenez, M. (2017). En su tesis plantea como objetivo:

Medir el grado de mejora en el cumplimiento de entregas implementando la propuesta de mejora que se realizó durante el desarrollo de la tesis, ésta tesis se proyecta como un estudio de tipo documental y de campo, de carácter práctico y de nivel explicativo. Se concluyó que la empresa cuenta con deficiencias en la etapa de planificación, priorizando las actividades de la ruta crítica se planteó una propuesta la cual, con su implementación se espera reducir el 19.6% del tiempo total de producción de marmita, logrando mejorar el tiempo de entrega competitivo para la empresa. Así también se demostró que la ratio beneficio – costo es positiva concluyendo que la propuesta de mejora es rentable.

Torres, R. (2015). En su tesis se basa en mejorar el proceso de fabricación de pernos dentro de la empresa mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta, con el objetivo de optimizar sus procesos y garantizar su supervivencia en un mercado tan competitivo y cambiante, a través de la sistematización de la eliminación de los desperdicios y problemas presentes en dicho proceso.

Cueva, J. (2015). En su investigación tiene como objetivo:

Reducir los niveles de incumplimiento en las áreas de producción y calidad, es por ello que implementan la filosofía Lean Manufacturing, utilizando tres herramientas: 5'S, TPM y producción sin desperdicios, las cuales se llevaran a cabo en el área de metalmecánica. El uso de las herramientas permitió la correcta utilización de materiales, menos tiempo de fabricación de los productos, la eliminación de errores, eran reflejados en los costos, los cuales eran observados mediante indicadores el cual permitirá un mejor seguimiento y control en la producción y calidad.

Olguin, H. (2015). En su investigación tiene como objetivo:

Generar una propuesta de diseño de un sistema de información para mejorar la eficiencia en la planificación y control de los procesos productivos de una empresa de piping. La empresa no contaba con una buena gestión de planificación es sus tareas, es decir el software utilizado BES, no estaba actualizado, no se encontró todos los casos puedan permitir o rechazar la fabricación de un spools; así como el incremento en el tiempo de entrega, se debía a errores en la fabricación, determinación tardía de anomalías en las piezas.

Ruiz, J. (2016). En su investigación plantea como objetivo:

Establecer e implantar la filosofía Lean Manufacturing, así como las diversas herramientas que la conforman, en una cadena de producción y manipulación de alimentos. Con la implementación de Lean en el sector se persigue alcanzar un fin social, ya que reduciendo al mínimo los desperdicios, promueve el auge del mercado del sector agroalimenticio. Se concluyó que, para garantizar el éxito de la implementación de la filosofía, se han seleccionado determinadas áreas donde llevar a cabo pruebas iniciales de la filosofía y se esperan unos resultados propicios en un corto periodo de tiempo.

Barahona, D. (2013). En su tesis presenta como objetivo:

Analizar la situación actual de la empresa con el mapeo de la cadena de valor y las 5'S, evaluar los resultados y establecer los beneficios obtenidos con la implantación de la metodología. Se concluyó que para realizar las actividades analizadas en el VSM inicial, un 67% agrega valor al producto y el 33% no agrega valor de este porcentaje se deriva que el 16.5% son actividades que no agregan valor y que son innecesarias en el proceso, dando la oportunidad para implementar mejoras usando la metodología 5'S.

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

2.3.1 Proceso de Fabricación de tuberías de Spools.

Las tuberías de Spools son piezas pre montadas de tubos de acero inoxidable unidas con bridas, codos, olets, entre otros tipos de accesorios, los spools son soldados mediante la utilización del gas de Argón, considerando la dificultad del terreno donde están instalados para realizar el montaje.

Para el proceso de Fabricación de los Spools, previamente se realizan los planos que contienen las dimensiones de los Spools, el material y los cortes si así lo requiere el cliente.

2.3.1.1 Área de Habilitado

Es la primera etapa de la cadena de producción de Spools, donde se cortan los tubos según las especificaciones de los planos aprobados por el área de Ingeniería. La distribución de cortes para cada máquina sigue como parámetro los diámetros del tubo a cortar, utilizando el disco de corte según la complejidad del mismo.

Armado

La operación de armado consta de la unión entre un tubo más algún tipo de accesorio (brida, codos, olets, etc.), a través del apuntalado que es realizado con soldadura MIG o GMAW. El número de puntos para cada junta depende del diámetro del spool que se arme. Una vez liberada es transportada hacia el puesto de soldadura.

2.3.1.2 Soldadura

Esta operación se compone en dos sub-operaciones, las cuales son: - Pase raíz: Es el primer pase de soldadura después del apuntalado. Dependiendo del diámetro del tubo a

soldar se escogerá el proceso de soldadura. Pase relleno y acabado: Después de realizar el pase de raíz se procede a rellenar la junta con el proceso de soldadura designado en los planos y posteriormente se le da un pase de acabado con el mismo proceso de soldadura del de relleno. Antes de realizar el pase de relleno y acabado, se procede a realizar pruebas al pase de raíz con líquidos penetrante, esto con el fin de observar la existencia de discontinuidades en la soldadura de raíz. Luego de realizar todos los pases de soldadura.

2.3.1.3 Pintura

Una vez pasada las pruebas de calidad respectivas, el spool es llevado hacia el área de pintura por los maniobristas. Se procede a granallar el spool y luego a realizarle un pintado base con una pintura llamada Inorgánico Zinc. Posterior a la pasada de pintura base, el spool es dejado cierto tiempo al aire libre para su secado. Terminado el secado se comienza a realizar el pintado de acabado, cabe mencionar que después del pintado el spools es sometido a pruebas de calidad donde deberá cumplir con los criterios de validación para su posterior liberación y entrega al cliente. (Ver Tabla N°2).

Tabla N°2: Tipos de aplicación de recubrimiento en tuberías y soportes

Ø Tubería	Schedule	Material	Long. Aprox. (m)	Recubrimien to	Unión
¾"	STD	A106 Grado B	15	Pintura	Soldadura
1"	STD	A106 Grado B	5	Pintura	Soldadura
1 ½"	STD	A106 Grado B	51	Pintura	Soldadura
2	STD	A106 Grado B	650	Galvanizado - Caliente	Soldadura
¾"	STD	A53 Grado B	5	Galvanizado - Caliente	Roscado
1"	STD	A53 Grado B	5	Galvanizado - Caliente	Roscado
1 ½"	STD	A53 Grado B	50	Galvanizado - Caliente	Roscado
2"	STD	A53 Grado B	650	Galvanizado - Caliente	Roscado

Fuente: Elaboración propia

2.3.1.4 Procedimiento de pre comisionado para preservación de tubería

Inertización

La condición inicial es que las líneas deben estar libres de cualquier presencia de Nitrógeno para inertizar y cada línea que se va a inertizar debe haber sido soplada previamente, enjuagada con vapor, probada para sellar, hidrostática y neumática de manera satisfactoria y herméticamente probada antes realizando este proceso.

Como medida necesaria para una reacción de combustión y una mezcla de gases, un proceso o sistema de inertización con nitrógeno tiene como procesos para eliminar la mayor cantidad de oxígeno posible (una de las tres fuentes del triángulo de fuego) desde el interior de la tubería por donde LNG el gas se transporta, por lo que este sistema ayuda a mantener una cantidad mínima de oxígeno dentro de estas líneas al sustituir cualquier cantidad de oxígeno por nitrógeno.

La tubería debe drenarse, limpiarse, soplarse y secarse, si corresponde. El grado de limpieza se conservará empacando con gas inerte o producto químico según el caso. Los sistemas en conservación se identificarán adecuadamente con signos para evitar la apertura y / o la contaminación. Las presiones de embalaje y los accesorios adicionales temporales serán los definidos para cada caso mediante la puesta en marcha y el inicio del procedimiento del sitio correspondiente.

La línea, la tubería o el empaque inertizado deben aceptarse si el oxígeno medido en la tubería es inferior al 10% V / V o menos.

2.3.1.5 Procedimiento de Montaje de tuberías.

- Montaje de soportes de tuberías, suministrados por el cliente (270 unidades).
- Montaje de tuberías criogénicas (spools) pre-aisladas con poliuretano (Suministrado por el cliente) y soldadura de juntas de tubería.
- Homologación/calificación de soldadores (WPQ), de acuerdo al WPS-PQR suministrado por el cliente.
- Prueba neumática (19-21 Bar).
- Aislamiento en cada sección de las juntas de soldadura, con los kids suministrados por el cliente (El procedimiento de aislamiento será suministrado por el cliente).
- Pintura de soportes (Touch up).

- Inertización de líneas de tubería con nitrógeno

A continuación, se presenta un cuadro con el tipo de material de la tubería utilizada según sus dimensiones. (Ver Tabla N°3).

Tabla N°3: Medidas de tuberías y soportes

Tubería	Schedule	Material	Long. Aprox. (m)	# Juntas (Aprox)	Ø – Pulg.
2"	40S	A312TP304L	20	3	6
3"	10S	A312TP304L	550	60	180"
4"	10S	A312TP304L	20	10	40
6"	10S	A312TP304L	550	60	360"
8"	10S.	A312TP304L	550	60	480"

Fuente: Elaboración propia

2.3.2 Optimización de procesos

Alva, G., (2016), la optimización de procesos está orientada en ayudar a la empresa a rediseñar sus procesos de negocio con el objetivo de reducir costos y mejorar la eficiencia, obteniendo así el mayor beneficio posible usando las herramientas de mejora adecuada, cuyo uso es fundamental para lograr resultados efectivos.

Un proceso defectuoso genera sobrecostos y si es un proceso "Core" resta competitividad y eventualmente afecta la rentabilidad.

Mejorar los procesos en las empresas, estará relacionado con uno o más de los siguientes aspectos:

- Eliminar la duplicidad de los procesos y reducción de procesos críticos, disminuyendo o eliminando los errores, defectos del producto y servicio. Así como las actividades que no generan valor.
- Reducción de tiempos en procesos, optimizando el tiempo de entrega de un Producto o Servicio al cliente final.
- Procesos documentados y eficiencia organizacional.
- Mejorar la calidad del servicio para incrementar la satisfacción del cliente.
- Mejorar la productividad y eficiencia de los colaboradores en sus actividades diarias.
- Generar valor para el cliente para generar experiencias únicas.

- Optimizar los costos incurridos en la ejecución de un proceso y mejorar la rentabilidad.

Lograr estas mejoras requiere, no sólo tener clara la intención, sino también utilizar herramientas metodológicas que permitan un trabajo ordenado, estandarizado y controlado de las mejoras efectuadas. (p.2)

Lean Manufacturing

Hernández, J., & Vizán, A., (2013) refiere que la metodología “es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios”. (p.10).

Guerrero, J., (2016). “Lean manufacturing pretende alcanzar la satisfacción del cliente mediante la eliminación del despilfarro, que lleva a reducir al mínimo los plazos de entrega, reduciendo al tiempo los costes y mejorando la calidad”. (p.17).

Correa, F. (2007). “Lean es un conjunto de herramientas que ayudan a la identificación y eliminación de desperdicios, a la mejora en la calidad y a la reducción del tiempo y del costo de producción. Algunas de estas herramientas son la mejora continua (Kaizen), métodos de solución de problemas como 5 porqués y son sistemas a prueba de errores (poka yoke).” (p.86).

Córdova, F. (2012). Se puede decir que cuando hablamos de manufactura esbelta nos estamos enfocando en:

- Lo que agrega y no agrega valor a un producto en el proceso de fabricación del mismo, desde el punto de vista del cliente.
- Las actividades de cada centro de trabajo del proceso de fabricación del producto que son necesarias para crear un flujo de valor sin interrupciones, deterioros en el producto, esperas o desperdicios.
- El cumplimiento de los requerimientos del cliente en el tiempo justo.
- Buscar la mejora continua para cada centro de trabajo. (p.8).

Pensamiento esbelto

Villaseñor, A., (2009), los clientes constantemente tienen a las compañías bajo presión para reducir los costos y los tiempos de entrega, así como para tener la más alta calidad. El pensamiento tradicional dicta que el precio de venta es calculado por el costo más el margen de utilidad que se desea. Pero en el ambiente económico de hoy, es un problema. El mercado es tan competitivo que hay siempre alguien listo para tomar su lugar, los clientes pueden marcar el precio y no se tendrá la ganancia esperada. Bajo estas circunstancias, el único camino para obtener una ganancia es eliminando desperdicios de sus procesos y, por lo tanto, reduciendo costos, es decir, incrementando la productividad de sus procesos, podemos comparar el aumento de costo con el pensamiento tradicional versus la disminución de precio por medio del pensamiento Lean. (p.28).

Herramientas utilizadas dentro de Lean Manufacturing

Kaizen

Hernández & Vizán (2013) expone el concepto de mejora continua y Kaizen como:

La mejora continua se basa en la lucha persistente contra el desperdicio. El pilar fundamental para ganar esta batalla es el trabajo en equipo bajo lo que se ha venido en denominar espíritu Kaizen, verdadero impulsor del éxito del sistema Lean en Japón.

Kaizen significa “cambio para mejorar”; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN-bueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas. Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. Lógicamente este espíritu lleva aparejada una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se refiere la denominación de “mejora continua”. La mejora continua y el espíritu Kaizen, son conceptos maduros, aunque no tienen una explicación real extendida.

Su significado puede parecer muy sencillo y, la mayoría de veces, lógico y sentido común, pero la realidad muestra que en el entorno empresarial su aplicación es complicada sino hay un cambio de pensamiento y organización radical que permanezca a lo largo del tiempo.

El espíritu de mejora continua se refleja en la frase “siempre hay un método mejor” y consiste en un progreso, paso a paso, con pequeñas innovaciones y mejoras, realizado por todos los empleados, incluyendo a los directivos, que se van acumulando y que conducen a una garantía de calidad, una reducción de costes y la entrega al cliente de la cantidad justa en el plazo fijado. El proceso de la mejora continua propugna que, cuando aparece un problema, el proceso productivo se detiene para analizar las causas y tomar las medidas correctoras con lo que su resolución aumenta la eficiencia del sistema.

Llega un momento en que los incrementos derivados de la introducción de mejoras son poco significativos. Entonces debe producirse una inversión o cambio de la tecnología utilizada. Cuando los cambios son radicales, y se llevan a cabo mediante técnicas de reingeniería o de importantes mejoras en el diseño del producto, implican grandes inversiones y, a menudo, están asociados a la modernización de equipos y automatización.

No obstante, el pensamiento Kaizen presenta inconvenientes y dificultades que, en la mayoría de los casos, tienen que ver con el cambio de mentalidad de directivos y resto del personal. En ese sentido conviene recordar el pensamiento de Nicolás Maquiavelo quien concluía que: “No hay nada más difícil que planificar, ni más peligros que gestionar, ni menos probabilidad de tener éxito que la creación de una nueva manera de hacer las cosas, ya que el reformador tiene grandes enemigos en todo aquellos que se beneficiarán de lo antiguo y solamente un tibio apoyo de los que ganarán con lo nuevo”. Obviamente las personas constituyen el capital más importante de las empresas; los operarios están en permanente contacto con el medio de trabajo, son quienes están mejor situados para percibir la existencia de un problema y, en multitud de ocasiones, son los más capacitados para imaginar las soluciones de mejora.

Ante estas consideraciones es lógico concluir que la mejora continua es el pilar básico del éxito del modelo creado en Japón y es un factor fundamental a la hora de conseguir que los beneficios de implantación de cualquier herramienta Lean Manufacturing sean persistentes en el tiempo. (págs. 27-29).

Walton M., (2004), La mejora continua es una herramienta de mejora para cualquier proceso o servicio, permitiendo un crecimiento y optimización de factores importantes de la empresa que mejoran el rendimiento. Una vez determinada las variables de mayor impacto al proceso y servicio se les debe dar seguimiento en forma

constante y se establece un plan para ir mejorando poco a poco las variables mencionadas. (p.18).

La mejora continua tiene como eje fundamental el Círculo de Deming, o también conocido, Ciclo PHVA. (Planear, Hacer, Verificar y Actuar).

La utilización del PHVA nos brindará una solución que nos permitirá mantener la competitividad de nuestros productos y servicios, mejorar la calidad, reducir costos, mejorar la productividad.

En el mismo se resume la manera de pensar y resolver problemas que debe tener alguien que sea parte de un proceso ya que; Planear lo que se va a hacer para optimizar, Ejecutar paso a paso su estrategia, Verificar mediante indicadores de gestión o medición de variables que se están obteniendo los resultados esperados, Actuar de acuerdo a los valores de las mediciones que está obteniendo para corregir o continuar por el mismo camino y empezar nuevamente el ciclo ya sea para seguir mejorando o lograr los objetivos planteados en un principio. En resumen, aplicando el ciclo PHVA, se puede realizar una mejora continua al proceso, obteniendo grandes beneficios ya mencionadas. A continuación, mencionaremos los pasos para realizar una mejora continua.

Pasos para implementar mejora continua:

1. Selección de problemas
2. Subdivisión de los problemas
3. Análisis de causas-efecto
4. Establecimientos de los niveles de desempeño
5. Implementación de soluciones

Just in Time

Maldonado, G., (2008). El sistema JIT (siglas en inglés de Just in time o justo a tiempo) empezó a utilizarse en Estados Unidos en la industria automotriz, y hacia 1982 comenzó a filtrarse en Canadá y Europa por medio de divisiones de empresas estadounidenses de dicho sector. En 1985 comenzó a implantarse en Centro y Sudamérica, también por medio de filiales estadounidenses del sector automotriz. (p.65).

Maldonado, G., (2008). La finalidad del método JIT es mejorar la capacidad de una empresa para responder económicamente al cambio. La descripción convencional del JIT como un sistema para fabricar y suministrar mercancías que se necesiten y en las áreas de trabajo, utilizando, solamente define el JIT intelectualmente. La gente que, en las áreas de trabajo, utilizando sus mentes y ganando experiencias, se esfuerza en las mejoras, no define el JIT de ese modo. Para ellos el JIT significa eliminar implacablemente las pérdidas. Cuando el JIT se interna en las empresas, el despilfarro de las fábricas se elimina sistemáticamente. (p.65).

Lefcovich, M., (2004). La manufactura Just-in-Time es una extensión del concepto original de la administración del flujo de materiales para reducir los niveles de inventario. Sin embargo, existen muchas más cosas involucradas en una empresa de manufactura, además de reducir los inventarios para obtener el control de los costos. La manufactura tiene que ver con otros asuntos, como la regulación del proceso, el nivel de automatización, la manufactura flexible, el establecimiento de tiempos de arranque para maquinaria, la productividad de la mano de obra directa, los gastos de administración, la administración de los proveedores, el soporte de ingeniería y la calidad del producto que debe ser entregado a los clientes.

La descripción convencional del JIT como un sistema para fabricar y suministrar mercancías que se necesiten, cuando se necesiten y en las cantidades exactamente necesitadas, solamente define el JIT intelectualmente. La gente que, en las áreas de trabajo, utilizando sus mentes y ganando experiencia, se esfuerza en las mejoras, no define el JIT de ese modo. Para ellos el JIT significa podar implacablemente las pérdidas. Cuando el JIT se interna en las empresas, el despilfarro de las fábricas se elimina sistemáticamente. Para hacer esto, las ideas tradicionales y fijas ya no son útiles. (p.2).

Elementos de la filosofía justo a tiempo

Córdova, F. P. (2013), lograr la eliminación de las mudas, esta filosofía tiene tres elementos básicos:

a) Calidad en la fuente: Que consiste en hacer las cosas bien la primera vez en todas las áreas de la organización.

b) Flujo: es la manera como el proceso fabril avanza de una operación a otra, y está conformado por los siguientes elementos técnicos:

b.1) Carga fabril uniforme: Referido al equilibrio necesario para que haya flujo y por ende, rapidez en las operaciones, esto implica usar dos conceptos:

- Tiempo de ciclo: que es ritmo de producción acorde a la demanda generada por el cliente.

- Carga nivelada: La base de este principio es que los productos se deben de producir a la frecuencia que el cliente pida.

b.2) Operaciones coincidentes: La maquinaria debe de dedicarse total o parcialmente a una sola familia de productos. Para que una celda sea considerado JIT, debe cumplir dos características:

- El producto debe fluir uno cada vez de una máquina a otra.

- Tener flexibilidad para operar a distintos ritmos de producción y con cuadrillas de diferentes tamaños (tiempo de ciclo).

b.3) Compras JIT: Se busca una relación basada en la calidad, duradera y mutuamente benéfica con mejores proveedores, pero en menor número. Esta relación tiene cuatro elementos básicos y complementarios: Largo plazo, mutuo beneficio, menos proveedores y mejores proveedores.

b.4) Sistemas de jalar: Este sistema es una manera de conducir el proceso de producción de manera que cada operación, comenzando con los despachos y remontándose hasta el comienzo del proceso, va jalando el producto necesario de la operación anterior solamente a medida que lo necesite. A esta técnica se le ha llamado Kanban.

c) Intervención de empleados: que consiste en crear una cultura de participación de los empleados partiendo del trabajo en equipo.

La mezcla de estos tres elementos básicos, son esenciales para un adecuado funcionamiento de la filosofía Just In Time. (págs. 14-15).

El sistema Just-in-Time tiene cuatro objetivos esenciales que son:

- Atacar los problemas fundamentales.
- Eliminar despilfarros.
- Buscar la simplicidad.
- Diseñar sistemas para identificar problemas

Las principales ventajas que se pueden obtener del uso de los sistemas Just-in-Time tipo arrastre son las siguientes:

- Reducción de la cantidad de productos en curso.
- Reducción de los niveles de existencias.
- Reducción de los plazos de fabricación.
- Reducción gradual de la cantidad de productos en curso.
- Identificación de las zonas que crean cuellos de botella.
- Identificación de los problemas de calidad.
- Gestión más simple.

Mejora continua

Hernández & Vizán (2013), “Kaizen significa cambio para mejorar; deriva de las palabras KAI-cambio y ZEN-bueno. Kaizen es el cambio en la actitud de las personas Es la actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que se hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito”. (p.27).

Eficacia

Mokate K, (1999), “La eficacia de una política podría entenderse como el grado en que se alcanzan los objetivos propuestos. Un programa es eficaz si logra los objetivos para que se diseñara. Una organización eficaz cumple cabalmente la misión que le da razón de ser.” (p.2).

Pérez J. & Merino M. (2009), “La eficacia es la capacidad de alcanzar el efecto que

espera o se desea tras la realización de una acción.” (p.2).

Productividad

Baca, G. & Cruz, M. (2014), La productividad hace referencia a mejorar continuamente en los procesos de trabajo, para poder “hacer lo mejor con lo necesario” dentro del dinamismo cotidiano de la empresa. Por otro lado, el fenómeno de la productividad y la mejora continua en los procesos rebasan en gran medida a las cuatro paredes de la empresa. (p.89).

2.4. Definición de términos básicos

- Inertización: “Eliminación de oxígeno por gas nitrógeno, manteniendo una atmósfera inerte y uniforme evitando la reacción de los productos y el riesgo de oxidación, explosión o incendio”. (Linde, 2019, p.2).
- Embalaje: Sistema o línea de tuberías colocando bridas o válvulas ciegas, asegurando mantener una presión constante dentro del sistema. (Empresa Metalmecánica, 2017, p.2).
- Spools: “Elemento metalmecánico unida a algún tipo de accesorio (bridas, codos, olets, slip on, etc). Que forman parte de un sistema capaz de transportar hidrocarburos, etc”. (Alvarado & Macedo, 2017, p.26).
- Herramienta Lean Manufacturing: “Lean Manufacturing es un sistema y filosofía de mejoramiento de procesos de manufactura y servicios, enfocado en la eliminación de todos los desperdicios, permitiendo alcanzar resultados inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad de negocio”. (Machuca, M., 1995, p.62).
- Inventario: “Se define un inventario como la acumulación de materiales (materias primas, productos en proceso, productos terminados o artículos en mantenimiento) que posteriormente serán usados para satisfacer una demanda futura”. (Moya, 1999, p.19).
- Optimización: La optimización de procesos está orientada en ayudar a la empresa a rediseñar sus procesos de negocio con el objetivo de reducir costos y mejorar la eficiencia, obteniendo así el mayor beneficio posible usando las herramientas de mejora adecuada, cuyo uso es fundamental para lograr resultados efectivos. (Alva, 2016, p.2).
- Kaizen: “Significa cambio para mejorar, de manera que no se trata solamente de un programa de reducción de costes, sino que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, lo que se conoce comúnmente como mejora continua”. (Hernández & Vizán, 2013, p.162).

- Decapado: Es un tratamiento superficial de metales que se utiliza para eliminar impurezas, tales como manchas, contaminantes inorgánicos, herrumbre o escoria, de aleaciones de metales ferrosos, cobre, y aluminio. (Real Academia Española, 2019).
- Aislamiento: Es la instalación de recubrimiento de fibra de vidrio, para no dejar orificios en las tuberías criogénicas. (Empresa Metalmecánica, 2017, p.2).
- Eficacia: Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera. (Real Academia Española, 2014).

CAPITULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

Se reduce el tiempo de Instalación de tuberías criogénicas mediante las herramientas de Lean Manufacturing.

3.1.2. Hipótesis secundarias

- a) Se incrementa la productividad de la fabricación de tuberías criogénicas mediante la metodología JIT.
- b) Se mejora la eficacia del proceso de montaje de tuberías criogénicas mediante la aplicación de la metodología Kaizen.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de las variables

3.2.1.1. Variable Independiente general X: Implementación del Lean Manufacturing

Hernández & Vizán, (2013), en su libro define “la metodología Lean Manufacturing como una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, definidos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios”. (p.10).

Las herramientas de Lean Manufacturing que utilizaremos para este trabajo de investigación son:

Kaizen

La metodología Kaizen hace referencia a la acción del cambio y la mejora continua, eliminando desperdicios en el sistema productivo, es un proceso que apuesta por el crecimiento continuo mediante los siguientes pasos:

1. Planear: Teniendo en cuenta la situación actual de la empresa se tiene que partir desde un objetivo marcado, analizando el problema y definiendo un plan de acción.

2. Hacer: Establecer y definir las acciones que se desarrollará en el plan de acción, y se pondrá en marcha.
3. Comprobar: Analizar los resultados obtenidos y contrastarlos con la información que se tenía antes de poner en marcha las acciones.
4. Actuar: siempre y cuando las acciones que se estableció logren cumplir con los objetivos, se procede a estandarizarlas para fijarlas en los procesos; se debe plantear siempre la posibilidad de seguir mejorando el objeto de análisis.

JIT (Justo a Tiempo)

Filosofía de producción que consiste en terminar de producir el artículo o la parte al momento de ser requerido por el cliente. Con esta metodología se pretende optimizar todo el proceso productivo mediante la eliminación continua de desperdicios producidos ya sea por transporte entre máquinas, almacenaje o las preparaciones. Se resume que tanto las materias primas como los productos llegan justo a tiempo, ya sea para la fabricación o para el servicio al cliente. (Ver Figura N°4).

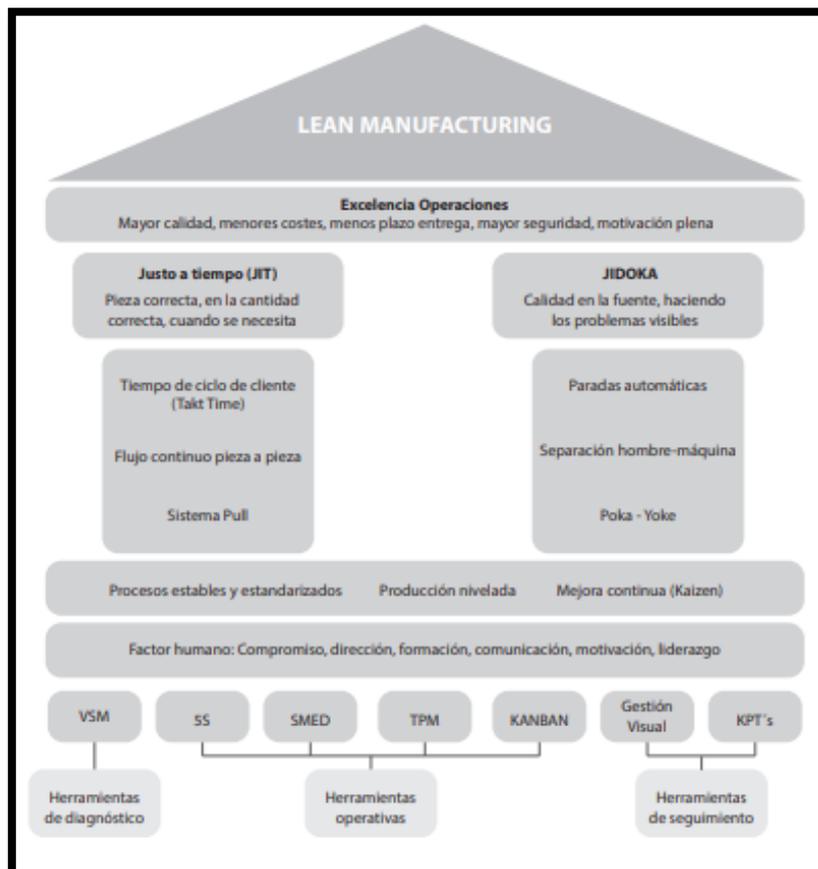


Figura N°4: Adaptación de la casa Toyota
Fuente: Hernández y Vizán, (2013, p.18).

3.2.1.2. Variable Dependiente general Y: Reducción del tiempo de Instalación

El tiempo de instalación se refiere al tiempo empleado para el montaje, fabricación, prueba y aislamiento de tuberías, en nuestro caso de investigación lo consideramos como un tiempo total.

Variable dependiente para la hipótesis Y1: Productividad

Carro & González (2012), “describe a la productividad como una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos, por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salida o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos)”. (p.3).

Variable dependiente para la hipótesis Y2: Eficacia del proceso montaje

Se hace referencia a la capacidad o habilidad de algún elemento para obtener resultados a partir de una acción que optimice el proceso de montaje.

3.2.2. Operacionalización de las variables

A continuación, se muestra una tabla con las definiciones de las variables dependiente e independiente de nuestro caso de estudio. (Ver Tabla N°4).

Tabla N°4: Operacionalización de las variables

	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador
Variable Independiente	Implementación del Lean Manufacturing	Filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios.	Metodología que busca la mejora continua minimizando todas las actividades que no generen valor en el desarrollo del sistema productivo	Herramienta de Just In Time	Cumplimiento de la metodología JIT
				Herramienta Kaizen	Cumplimiento de la metodología Kaizen
Variable Dependiente	Reducción del tiempo de Instalación	El tiempo de instalación se refiere al tiempo empleado para el montaje, fabricación, pruebas y aislamiento de tuberías criogénicas, en nuestro caso de investigación lo consideramos como un tiempo total.	Tiempo total de todos los procesos involucrados en la instalación de tuberías criogénicas.	Productividad	Producción / Recurso
				Eficacia del proceso de montaje.	ML montados x día/ Total ML planificados

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.1. Implementación del Lean Manufacturing

Tipo de variable: Variable Cuantitativa

Definición: Es la metodología que busca la mejora continua minimizando todas las actividades que no generen valor en el desarrollo del sistema productivo, tiene como objetivo la eliminación de “desperdicios” con la finalidad de ofrecer al cliente la mejor calidad de servicios y un plazo de entrega al menor costo posible.

Sus dimensiones están dadas por:

- Implementación del JIT (Justo a Tiempo)
Indicador: Cumplimiento de la metodología JIT.

- Implementación de la metodología Kaizen
Indicador: Cumplimiento de la metodología Kaizen.

3.2.2.2. Reducción del tiempo de instalación.

Tipo de Variable: Variable Cuantitativa

Definición: Tiempo total de todos los procesos involucrados en la instalación de las tuberías criogénicas.

Sus dimensiones están dadas por:

- Tiempo de montaje, fabricación, prueba y aislamiento.

Indicador: $TI = TM + TF + TPA.$

Dónde: TI = Tiempo de instalación

TF = Tiempo de fabricación

TPA = Tiempo de prueba y aislamiento

3.2.2.3. Productividad

Tipo de Variable: Variable Cuantitativa

Definición: La productividad es la relación entre la cantidad de lo producido y la cantidad de recursos que hemos empleado para producirlo.

Sus dimensiones están dadas por:

- Producción: pulgadas diámetro
- Recursos

Indicador: $\text{Producción} / \text{Recursos}$

3.2.2.4. Eficacia del proceso de montaje.

Tipo de Variable: Variable Cuantitativa

Definición: Es el avance diario en metros lineales del montaje de tuberías por el total de metros lineales planificados que tiene el proyecto.

Sus dimensiones están dadas por:

- ML: Metros lineales montados x día
- Total ML: Total metros lineales planificados
- Indicador:

$\text{Eficacia} = \text{ML montados x día} / \text{Total ML planificado}$

CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo, método y diseño de la investigación

El desarrollo metodológico del presente trabajo de investigación comprenderá el tipo, nivel y diseño de la investigación, recopilación de datos, la población y muestra, técnicas para el procesamiento y análisis de la información.

4.1.1 Tipo y nivel de Investigación

La presente investigación fue aplicada ya que busca resolver problemas utilizando las herramientas de Lean Manufacturing a fin de reducir los tiempos de instalación de tuberías criogénicas de la Empresa Metalmecánica, considerando el periodo de investigación de los meses de Julio – Noviembre del 2017. Además, es una investigación de enfoque cuantitativo ya que se recolectaron datos históricos numéricos las cuales fueron analizadas para medir las variables de estudio. El alcance fue de tipo descriptivo dado que se pretende dar a conocer la situación de la empresa y los problemas que se presentaron en el proceso de fabricación y montaje de instalación de tuberías criogénicas.

4.1.2 Diseño de la Investigación

La investigación fue de tipo no experimental ya que busca analizar las oportunidades de mejora que tendrá el proceso de fabricación y montaje de tuberías criogénicas utilizando la herramienta de Lean Manufacturing con la finalidad de reducir el tiempo de entrega al cliente.

4.2. Población y muestra

4.2.1. Población

La investigación se centró en la línea de fabricación de tuberías criogénicas ya que originan mayor demora en los tiempos de instalación de tuberías, específicamente un total de 2524 diámetros pulgadas.

La instalación de tuberías criogénicas de material Acero Inoxidable A-312-304L son fabricadas y montadas dentro de la Planta de Gas ubicada en Cañete, durante el periodo de Julio a Noviembre del 2017.

4.2.2. Muestra

Para el presente trabajo de investigación se ha considerado tomar los datos usando un muestreo no probabilístico intencional o de conveniencia, ya que nuestra producción es variada, tomaremos una muestra de 742 diámetros pulgadas.

4.3. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos

Para el presenta trabajo de investigación se empleó las siguientes técnicas e instrumentos:

4.3.1. Tipos de técnicas e instrumentos

Técnicas

Observación de campo: Consistió en la recopilación de datos bajo la observación del supervisor como la producción diaria del ciclo de fabricación y los avances de montaje de tuberías criogénicas.

Recopilación Documental: Se utilizó una base de datos histórica de la cuales se obtuvieron registros de la producción diaria para tener un control del avance de proyecto.

Estudio de tiempos: consistió en la medición del tiempo empleado en el proceso de fabricación y montaje de tuberías criogénicas.

Entrevista: consistió en visitas previamente coordinada con el jefe de proyectos con la finalidad de obtener todo tipo de información del proyecto.

Instrumentos:

- Diagrama de flujo
- Diagrama de Pareto
- DOP
- Toma de tiempos
- Diagrama causa - efecto
- Planilla de avance de la producción diaria

4.3.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

En nuestra investigación, los datos de la producción diaria se validaron al ser presentados por el jefe del proyecto a cargo y fueron aprobados con la conformidad del cliente.

La confiabilidad de los datos recogidos de la producción diaria se determinó con las pruebas de calidad y conformidad de las mismas.

4.3.3. Procedimientos para la recolección de datos

Sistema Informático

Entrevistas

Supervisión

4.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Para el procesamiento de la información del proyecto se utilizó el programa Excel en el cual se realizaron cálculos para determinar el tiempo total de fabricación, el porcentaje de avance en metros lineales del montaje de tuberías, los costos de fabricación, gráficos estadísticos. Así mismo se utilizó las herramientas de Lean Manufacturing para mejorar los cuellos de botella que se presentó en el proyecto. Adicionalmente se consideró la herramienta de IBM SPSS para la validación de hipótesis comparando los escenarios antes y después de la implementación de Lean Manufacturing.

CAPITULO V: PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Diagnóstico y situación actual

Antecedentes de la empresa:

En el presente capítulo se analizó la empresa metalmecánica para la identificación de los problemas y las causas que lo originan para posteriormente realizar la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing que permitirán la eliminación de dichos problemas.

La Empresa Metalmecánica es una empresa especializada en la ingeniería, fabricación, montaje de estructuras metálicas y spool atendiendo los requerimientos de empresas de sector minero, desde la ingeniería básica para realizar una simulación de los planos de cada proyecto, la fabricación y montaje de tanques, ductos, sistemas de transportes sólidos, líquidos y gases.

Perfil Organizacional

MISIÓN:

La empresa metalmecánica es una empresa 100% peruana que innova, investiga, diseña, desarrolla y ejecuta proyectos, garantizando la satisfacción de sus clientes y contribuyendo al desarrollo de nuestro país. Además, se especializa en el desarrollo de proyectos llave en mano y ejecución parcial según cada necesidad específica sobre la base de la más moderna planta existente en el Perú.

VISIÓN:

Ser reconocida como la mejor empresa peruana especialista en ejecución de proyectos, que brinda un servicio integral en sectores como Comercial, Minero. Telecomunicaciones, Energía, Transporte, Industrial e Inmobiliario con la más avanzada tecnología y personal altamente calificado, garantizando la seguridad, calidad, cumplimiento y protección del medio ambiente.

- Organización

La organización de la empresa está constituida por la gerencia administrativa y la gerencia de operaciones. A continuación, se muestra el Organigrama de la empresa. (Ver Figura N°5).

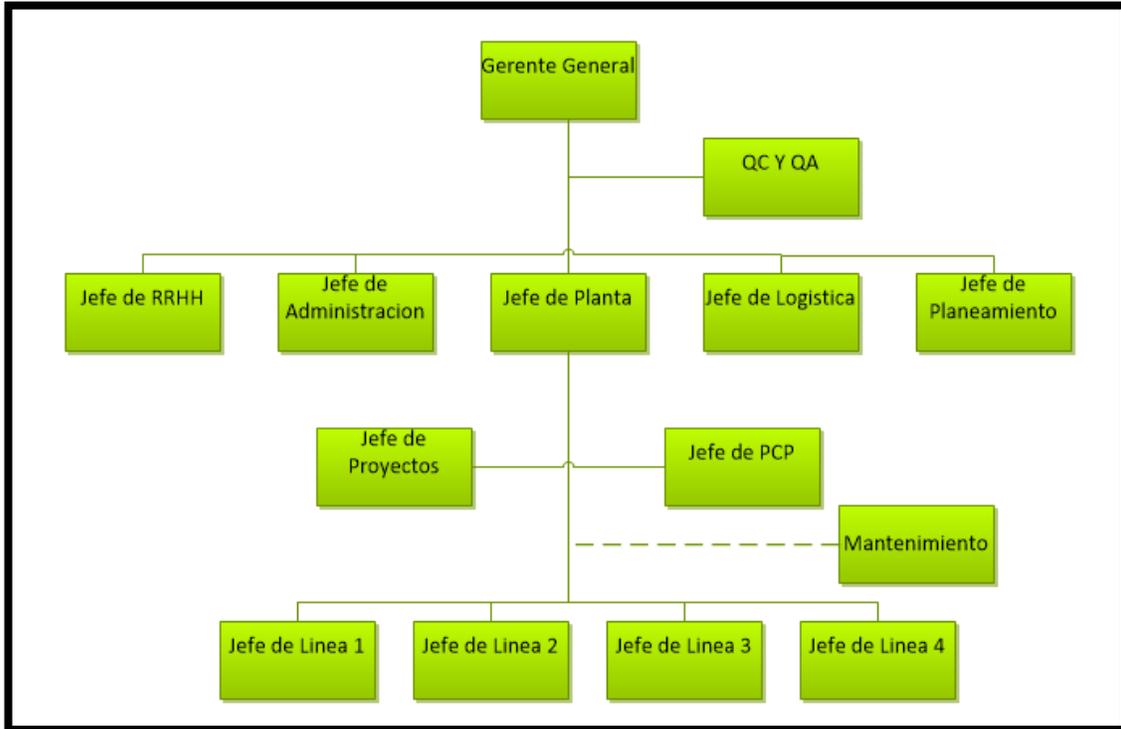


Figura N°5: Organigrama de Proyectos
Fuente: Elaboración propia

Gerente General: Es la persona encargada de administrar y gestionar la empresa en temas administrativos, financieros, ventas y operativos. Es el encargado también de negociar con los clientes de ventas corporativas. Es por eso que el gerente general siempre debe estar informado de los movimientos administrativos y operativos de la empresa, y saber el funcionamiento y relación de las áreas de la empresa.

Gerencia de Planeamiento y Control de Gestión: Es la persona encargada de conducir el proceso de formulación del Plan Estratégico, del Plan Operativo y del Presupuesto Anual de la empresa.

Gerencia de Recursos Humanos: es el área encargada de hacer la selección y reclutamiento del personal la empresa y los proyectos.

Gerencia Administrativa y Finanzas: área encargada del aprovisionamiento del capital de trabajo para el desarrollo y ejecución de los proyectos

Gerencia de Tecnología de la Información: área encarga del soporte informático y plataformas adecuadas de gestión desde la etapa de ingeniería hasta despacho de cada proyecto.

Fabricación y montaje de tuberías criogénicas

Para este proyecto el recurso humano de la empresa fue hasta 40 operarios. Los puestos de trabajo que se encuentra en la línea de producción para la fabricación de líneas criogénicas son:

Personal

- 1 Jefe del Proyecto
- 1 Ingeniero residente
- 1 Planear
- 1 Personal administrativo
- 2 Supervisores de Control de Calidad
- 40 operarios

Descripción del proceso Operativo

El proceso por el cual la empresa presenta como se desarrollan los proyectos, se inicia desde el periodo de comercialización donde se adquieren los proyectos a través de licitaciones, hasta el despacho de los proyectos terminados. (Ver Figura N°6).

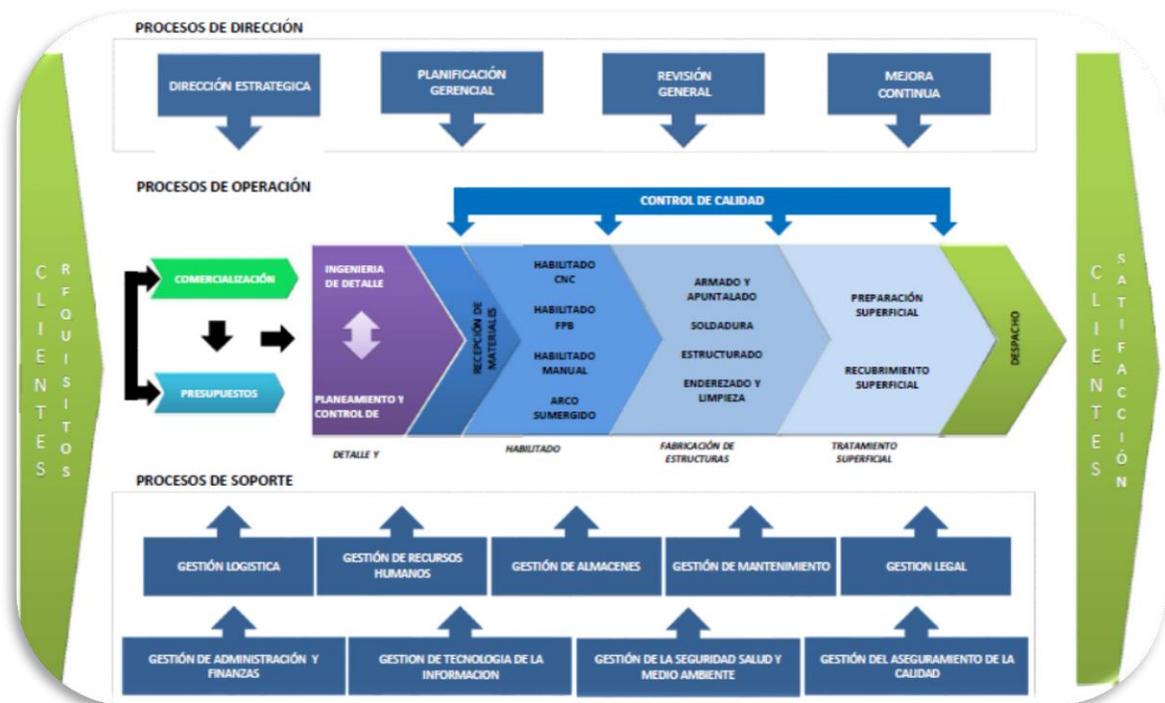


Figura N°6: Mapeo de Procesos
Fuente: Empresa Metalmeccánica

Para el presente trabajo de investigación se muestra y se detalla un diagrama donde se indica el ciclo de fabricación, montaje, pruebas y aislamiento de tuberías del proyecto. (Ver Figura N°7).

- Seleccionar: Clasificar por tipo de tubería.
- Separar: Ordenar por medida de tubería.
- Montaje: es el proceso por el cual las piezas habilitadas son manipuladas hasta el punto de armado.
- Armado: proceso por el cual se une las tuberías mediante puntos de soldadura.
- Soldar: proceso por el cual se unen las tuberías mediante soldadura.
- Pruebas de calidad: son los ensayos que aseguran la garantía de calidad de los niveles de juntas soldadas y forma parte del control de calidad.
- Inspeccionar: actividad donde se realiza los controles dimensionales, inspección visual de soldadura que cumplan con todos los parámetros de aceptación.

- Decapado - pasivado: proceso por el cual la tubería es sometida a una limpieza, para liberar de polvo, humedad, grasa, aceite, escoria u otro material contaminante.
- Servicio de instalación de aislamiento: instalación de cobertura de fibra de vidrio para no dejar algún orificio en la tubería.
- Prueba neumática: La tubería es sometida a una presión de 14 bar y se recubre por una mezcla jabonosa, con la finalidad de verificar si hay alguna fuga.
- Flusing: proceso por el cual se elimina partículas que puedan existir dentro de las tuberías.
- Inertización: proceso donde se inyecta nitrógeno a las tuberías con la finalidad de eliminar oxígeno existente dentro del tubo.

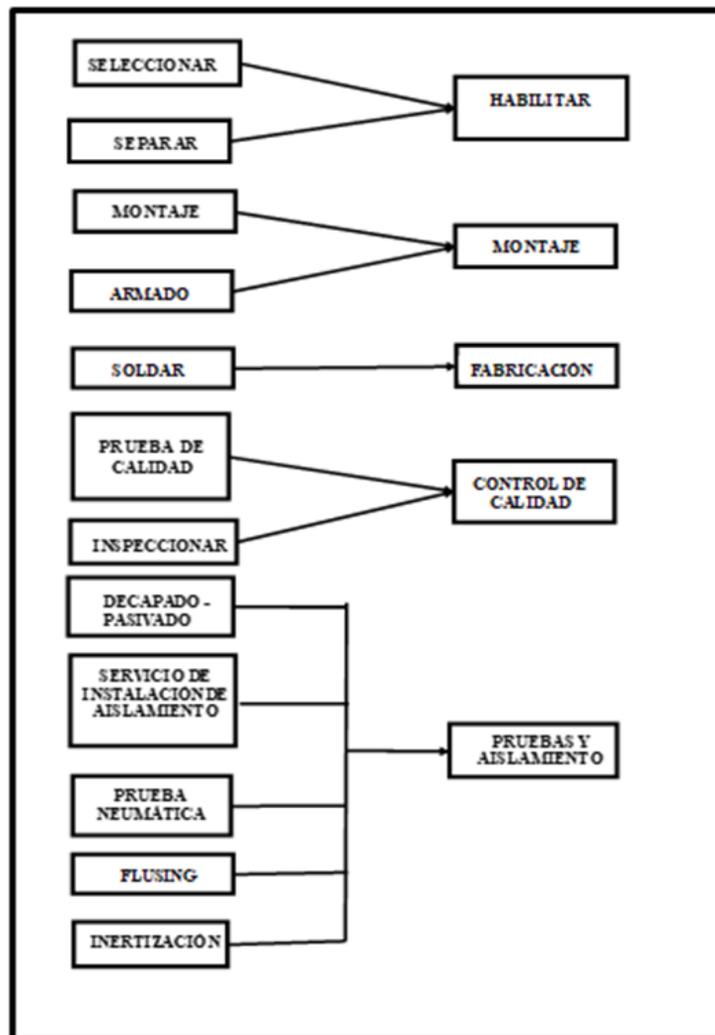


Figura N°7: Ciclo de fabricación y montaje de tuberías criogénicas.
Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico siguiente se muestra el DOP del proceso de fabricación y montaje de tuberías criogénicas. (Ver Figura N°8).

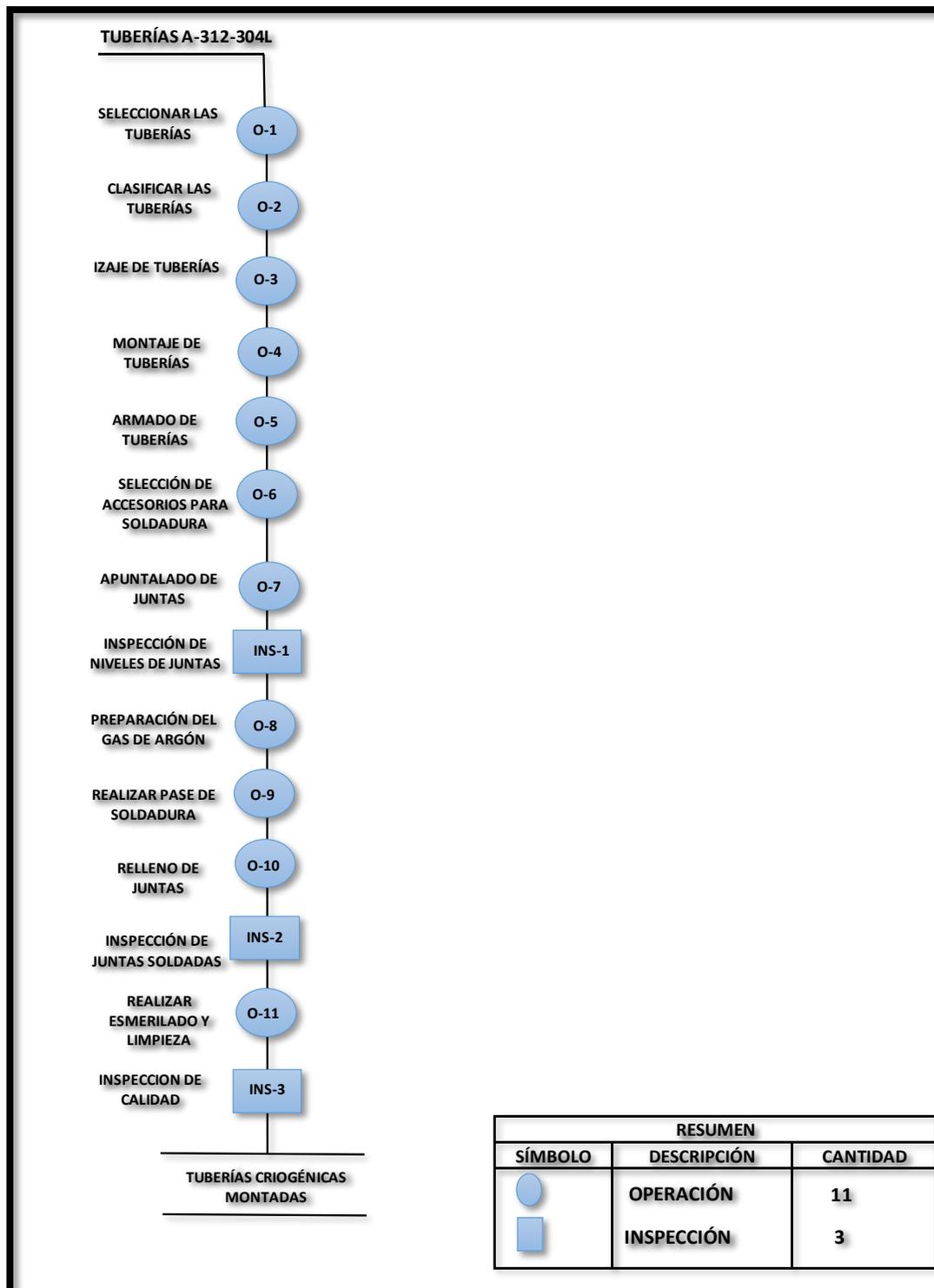


Figura N°8: DOP del proceso de montaje y fabricación
Fuente: Elaboración propia

5.1.1. Análisis de los procesos de Montaje y Fabricación

- Análisis del proceso de montaje

El proceso de montaje de tuberías criogénicas consta de la manipulación de las tuberías seccionadas previamente clasificadas con ayuda de maquinaria puente grúa, para elevarlo a una altura según los planos de la ampliación de la planta de gas que varía 1.5 metros hasta 300 metros de altura, por lo que la dificultad de maniobrar y evitar que las tuberías se quiebren obligaba a que el proceso de izaje fuera tubo por tubo; seguido del proceso de armado que consistía en la unión de las tuberías montadas mediante puntos de soldadura, cabe mencionar que para este proceso de soldadura se utilizaba gas argón por lo que el proceso se hacía más lento, debido que tenían que inyectar gas argón dentro de la tubería para después soldar, por lo que el avance en metros lineales a lo largo de las tuberías criogénicas instaladas no era como estaba planificado. Este proyecto tuvo un total de 1780 metros lineales por instalar. (Ver Tabla N°5 y N°6).

Tabla N°5: Porcentaje de Montaje de tuberías

PLANTA MELCHORITA / FABRICACIÓN Y MONTAJES DE SPOOLS DE LINEAS CRIOGENICAS		20%	50%	100%
MaterialGrade1	FECHA DE SOLDEO	Montaje de Tuberías (%)	Soldeo Pulgadas Diametrales (%)	Instalación (%)
ASTM 312 TP304L	23/08/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	23/08/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	3/08/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	31/08/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	29/08/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	10/09/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	31/07/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	1/08/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	6/09/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	12/08/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	14/08/2017	100%	100%	80.0%
ASTM 312 TP304L	7/08/2017	100%	100%	80.0%

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°6: Metros Lineales por isométricos

ISOMETRICOS	Linea TC	mm	ml
12019-035-PI-ISO-4009	8	9626	9.63
12019-035-PI-ISO-4008	8	37269	37.27
12019-035-PI-ISO-4007	8	73498	73.50
12019-035-PI-ISO-4006	8	40012	40.01
12019-035-PI-ISO-4005	8	89362	89.36
12019-035-PI-ISO-4004	8	90172	90.17
12019-035-PI-ISO-4003	8	78179	78.18
12019-035-PI-ISO-4002	8	54442	54.44
12019-035-PI-ISO-4001	8	84718	84.72
12019-035-PI-ISO-4071	6	12455	12.46
12019-035-PI-ISO-4070	6	74554	74.55
12019-035-PI-ISO-4069	6	51916	51.92
12019-035-PI-ISO-4068	6	76242	76.24
12019-035-PI-ISO-4067	6	64917	64.92
12019-035-PI-ISO-4066	6	31688	31.69
12019-035-PI-ISO-4065	6	83155	83.16
12019-035-PI-ISO-4064	6	30302	30.30
12019-035-PI-ISO-4063	6	30429	30.43
12019-035-PI-ISO-4062	6	55953	55.95
12019-035-PI-ISO-4061	6	40126	40.13
12019-035-PI-ISO-4050	3	2116	2.12
12019-035-PI-ISO-4040	3	18351	18.35
12019-035-PI-ISO-4039	3	66890	66.89
12019-035-PI-ISO-4038	3	50646	50.65
12019-035-PI-ISO-4037	3	79523	79.52
12019-035-PI-ISO-4036	3	71186	71.19
12019-035-PI-ISO-4035	3	59016	59.02
12019-035-PI-ISO-4034	3	66074	66.07
12019-035-PI-ISO-4033	3	51972	51.97
12019-035-PI-ISO-4032	3	56853	56.85
12019-035-PI-ISO-4031	3	38119	38.12
12019-035-PI-ISO-4021	4	12542	12.54
12019-035-PI-ISO-4080	3	9611	9.61
12019-035-PI-ISO-4100	4	11828	11.83
12019-035-PI-ISO-4190	3	31682	31.68
12019-035-PI-ISO-4191	3	45255	45.26
TOTAL		1780679	1780.68

Fuente: Elaboración propia

- Análisis del proceso de Fabricación

El proceso de fabricación iniciaba con la soldadura de las tuberías criogénicas, para lo cual el tubo era sellado temporalmente por bridas, luego ser inyectado por gas argón y finalmente realizar el apuntalado y rellenado de juntas; con la ayuda del esmeril se retiraba lo sobrante y luego se verificaba si había alguna irregularidad en el nivelado de juntas, este proceso originaba un cuello de botella por el aumento del tiempo en el proceso de soldadura de juntas que a causa de ello provocaba que los procesos subsiguiente fueran más lentos como el decapado-pasivado y el servicio de aislamiento, que consistió en la aplicación de ácido y fibra de vidrio, este proceso se realizaba para no dejar orificios en los tubos debido al proceso de soldadura de juntas; una vez realizado el proceso de soldadura de las tuberías criogénicas pasaba por inspección de calidad, donde se verificaba la conformidad del proceso y luego era sometido a las pruebas neumáticas a una presión de 14 bar, con la finalidad de verificar si existía alguna fuga, al tener la conformidad de la inexistencia de fugas se procedía con la limpieza de los tubos (Flusing) para eliminar partículas existentes dentro del tubo y finalmente someter toda la instalación de tuberías a un proceso de inertización de esa manera se eliminaba el oxígeno existente en las tubería criogénicas montada. (Ver Tabla N°7, N°8, N°9 y N°10).

Tabla N°7: Análisis de la Fabricación de tubería 3"

PLANTA MELCHORITA / FABRICACIÓN Y MONTAJES DE SPOOLS DE LINEAS CRIOGENICAS				71.462			
MaterialGrade1	Material	pulg diamet	Pulgada Diametro x isometric	FECHA DE SOLDEO	AVANCE EQUIVALENT	AVANCE DE PD	AVANCE DE JUNTAS
ASTM 312 TP304L	A312	3	64	18/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		15/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		15/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		18/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3	18	28/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		3/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		28/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		28/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		28/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		28/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3	45	2/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		23/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		14/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		23/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		22/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		13/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		16/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		16/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		16/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		16/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		16/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		16/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		14/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		14/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		13/9/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3	57	23/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		30/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		30/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		31/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		30/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		30/8/2017	2.4	3	1
ASTM 312 TP304L	A312	3		5/9/2017	2.4	3	1

Fuente: Elaboración propia

En el grafico siguiente se muestra la línea de producción diaria de tuberías criogénicas de 3". (Ver Figura N°9).

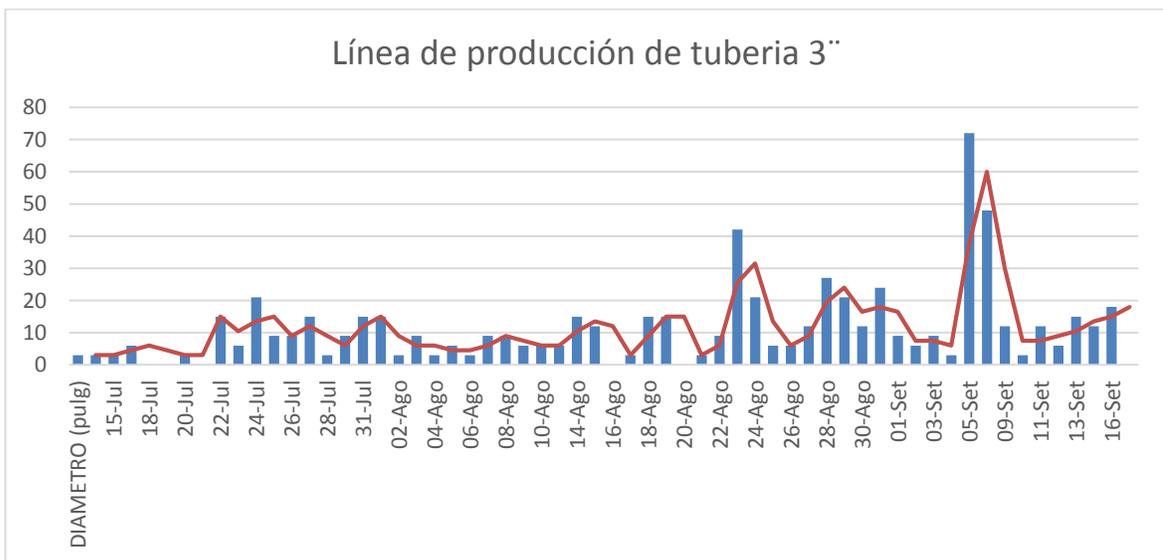


Figura N°9: Línea de producción de tubería 3"

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°8: Análisis de la fabricación de tubería 4"

PLANTA MELCHORITA / FABRICACIÓN Y MONTAJES DE SPOOLS DE LINEAS CRIOGENICAS					71.46%		
MaterialGrade1	Material	pulg diametro	Pulgada Diametro x isometrico	FECHA DE SOLDEO	AVANCE EQUIVALENTE	AVANCE DE PD	AVANCE DE JUNTAS
ASTM 312 TP304L	A312	4		16/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		17/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		28/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		16/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		29/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		29/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		16/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		15/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		3/9/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		3/9/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		18/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		15/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		17/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4	36	18/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		18/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		20/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		28/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		20/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		16/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		17/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		28/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4		18/8/2017	3.2	4	1
ASTM 312 TP304L	A312	4					

Fuente: Empresa Metalmecánica

En el grafico siguiente se muestra la línea de producción diaria de tuberías criogénicas de 4". (Ver Figura N°10).

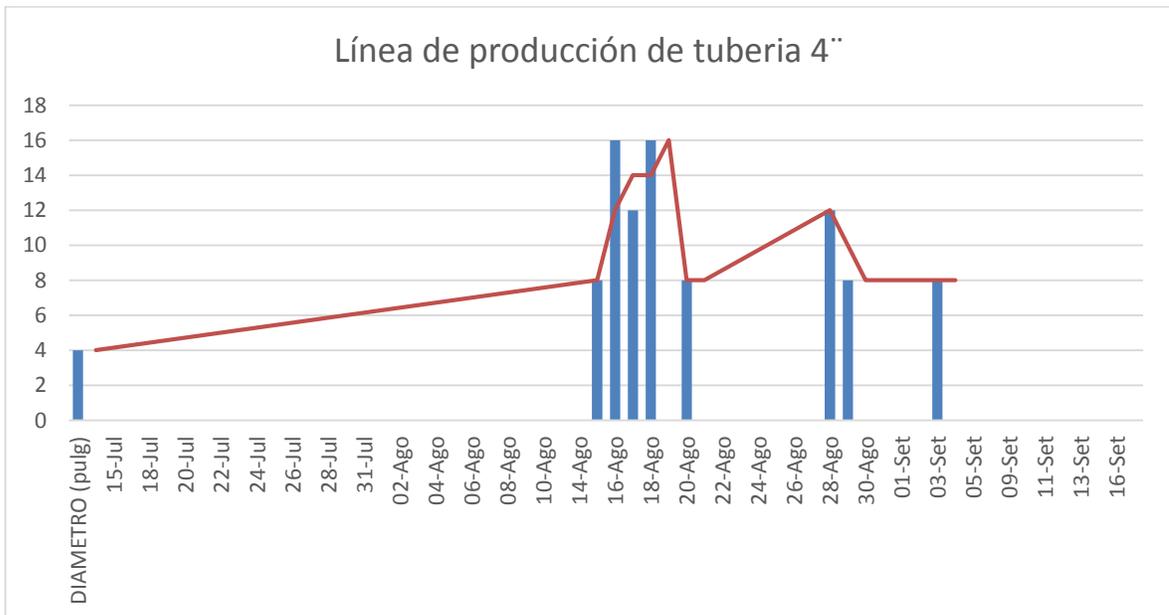


Figura N°10: Línea de producción diaria de tubería 4"

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°9: Análisis de la fabricación de tubería de 6"

PLANTA MELCHORITA / FABRICACIÓN Y MONTAJES DE SPOOLS DE LINEAS CRIOGENICAS				71.46%			
MaterialGradel	Material	ulg diamet	Pulgada Diametro x isometric	FECHA DE SOLDEO	AVANCE EQUIVALENTE	AVANCE DE PD	AVANCE DE JUNTAS
ASTM 312 TP304L	A312	6	105.75	5/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		14/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		3/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		2/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		31/7/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		29/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		29/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		11/9/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		11/9/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		24/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		24/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		4/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		18/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		22/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		24/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6	23/8/2017	4.8	6	1	
ASTM 312 TP304L	A312	6	30/8/2017	4.8	6	1	
ASTM 312 TP304L	A312	6	84	3/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		22/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		21/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		4/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		1/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		5/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		4/9/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		7/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		4/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		16/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		4/9/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		17/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		16/8/2017	4.8	6	1
ASTM 312 TP304L	A312	6		22/8/2017	4.8	6	1

Fuente: Empresa metalmecánica

En el grafico siguiente se muestra la línea de producción diaria de tuberías criogénicas de 6". (Ver Figura N°11)

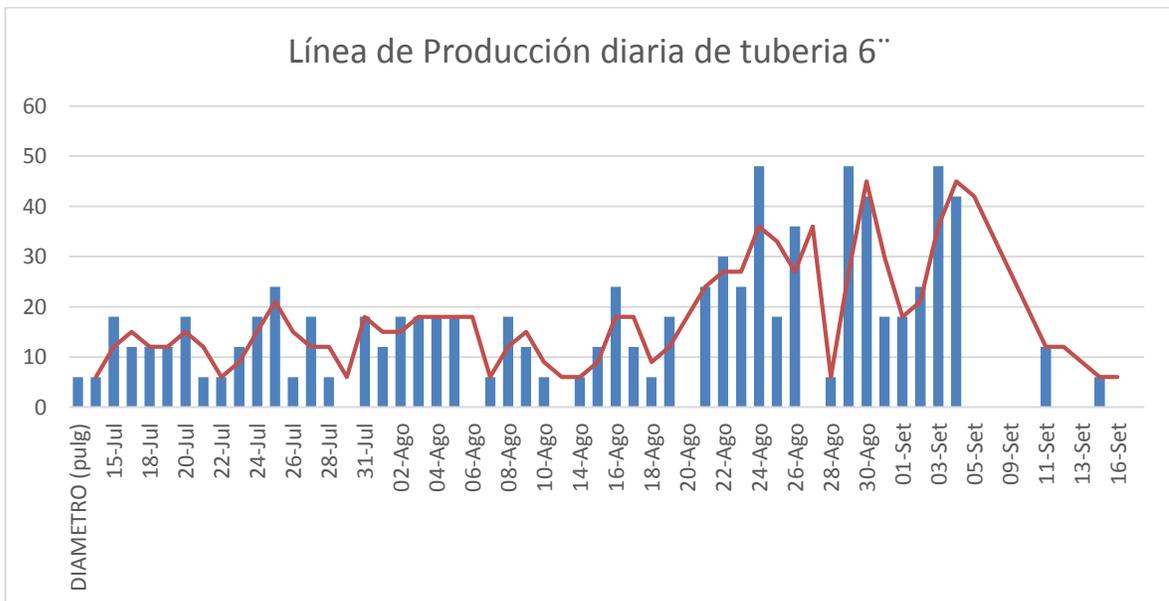


Figura N°11: Línea de producción de tubería 6"

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°10: Análisis de la fabricación de tubería 8"

PLANTA MELCHORITA / FABRICACIÓN Y MONTAJES DE SPOOLS DE LINEAS CRIOGENICAS				71.46%			
MaterialGrade1	Material	ulg diamet	Pulgada Diametro x isometric	FECHA DE SOLDEO	AVANCE EQUIVALENT	AVANCE DE PD	AVANCE DE JUNTAS
ASTM 312 TP304L	A312	8	40	8/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		7/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		3/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		20/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		14/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		15/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		2/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		3/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		31/7/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8	8/8/2017	6.4	8	1	
ASTM 312 TP304L	A312	8	144	16/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		5/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		8/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		12/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		20/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		10/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		20/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		12/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		12/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		20/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		20/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		3/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		4/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		8/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		26/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		7/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8		1/8/2017	6.4	8	1
ASTM 312 TP304L	A312	8	8/8/2017	6.4	8	1	
ASTM 312 TP304L	A312	8	28/8/2017	6.4	8	1	
ASTM 312 TP304L	A312	8	3/8/2017	6.4	8	1	
ASTM 312 TP304L	A312	8	28/8/2017	6.4	8	1	

Fuente: Empresa metalmecánica

En el grafico siguiente se muestra la línea de producción diaria de tuberías criogénicas de 8". (Ver Figura N°12).

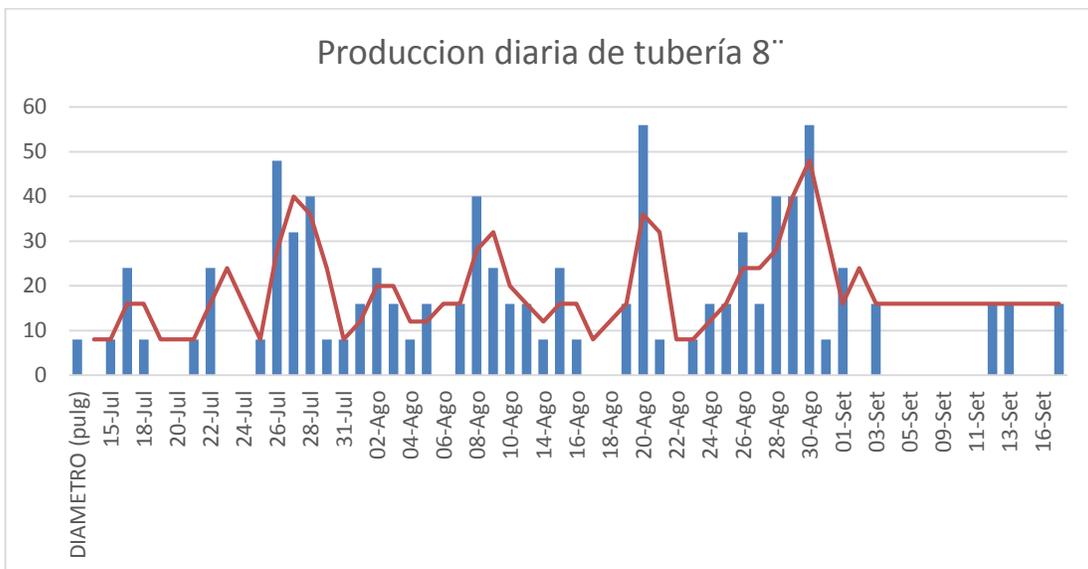


Figura N°12: Línea de producción de tubería 8"

Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Identificación de los problemas

- Problemas en el área de Montaje

Los factores que influyen en este problema son el proceso de izaje y armado, debido a la cantidad de tubos seccionados por manipular, conllevó a repetir el proceso varias veces, por lo que el riesgo a que el tubo sufra alguna abolladura o se quiebre por ser manipulado a alturas considerables sea mayor; a esto se le suma el proceso de apuntalado de juntas en el armado de tuberías usando soldadura con gas de argón, con un tiempo de inyección del gas argón elevado, por esa razón era lento el proceso de montaje, así como las condiciones de trabajo del operario para trabajos en altura podría perjudicar en la nivelación de las juntas soldadas, por lo que no sería aceptada por control de calidad, y se reprocesaría ocasionando costos considerables asumidos por la Empresa Metalmecánica. (Ver Figura N°13).

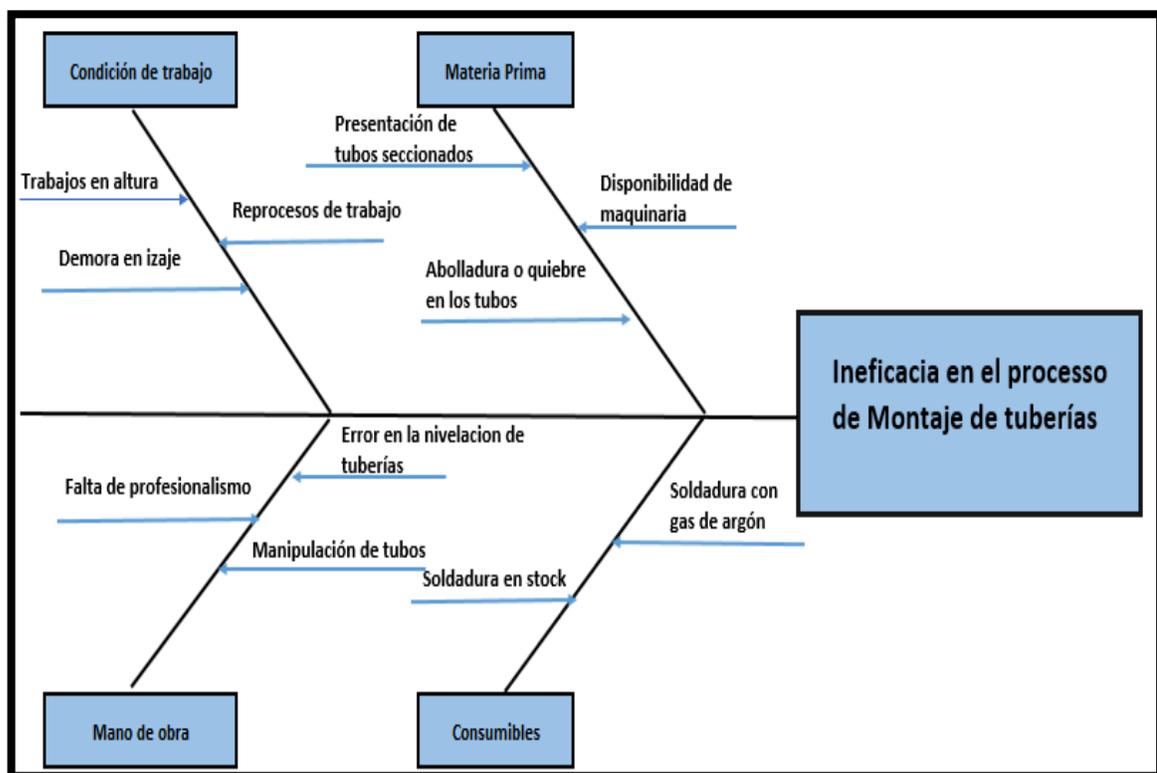


Figura N°13: Ishikawa del área de Montaje
Fuente: Elaboración Propia.

- Selección de Problemas

Con ayuda del Jefe de Proyecto se identificó los principales problemas que afectaba la eficacia del proceso de montaje. (Ver Tabla N°11).

Tabla N°11: Defectos en el Proceso

N° DE DEFECTO	DEFECTO
1	Proceso de izaje
2	Soldadura con gas de argón
3	Condiciones de trabajo
4	Manipulación de tuberías
5	Disponibilidad de equipos y maquinaria
6	Junta apuntalada
7	Abolladura de los tubos
8	Falta de profesionalismo

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de Pareto

Con la elaboración del diagrama de Pareto enumeraremos los defectos de mayor a menor de acuerdo a sus frecuencias relativas presentes en el proceso. (Ver Tabla N°12).

Tabla N°12: Frecuencia de los defectos

CAUSA	Frecuencia	% ACUMULADO	Frecuencia Acumulada
Proceso de izaje	27	25%	27
Soldadura con gas de argón	25	49%	52
Condiciones de trabajo	18	66%	70
Manipulación de tuberías	18	83%	88
Junta apuntalada	9	92%	97
Falta de profesionalismo	5	96%	102
Abolladura de los tubos	3	99%	105
Disponibilidad de equipos y maquinaria	1	100%	106

Fuente: Elaboración propia

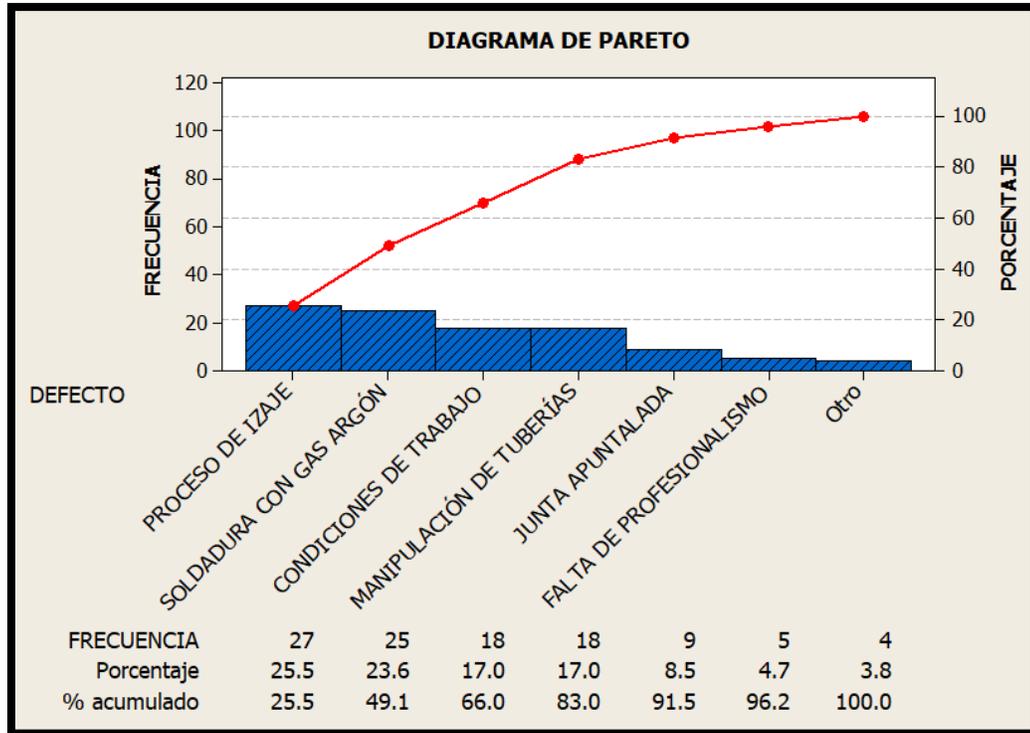


Figura N° 14: Diagrama de Pareto
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el diagrama de Pareto, observaremos que el 80% de los defectos en el proceso, son los siguientes:

- Proceso de Izaje
- Soldadura con gas de Argón
- Condiciones de trabajo
- Manipulación de Tuberías

Los siguientes defectos son los más comunes dentro del proceso, lo cual aplicaremos mejoras con la finalidad de minimizar o erradicar dichos problemas, a su vez aumentar la eficacia del proceso ya que ocupan el 80% de los defectos.

Además, la solución de los defectos encontrados deberá comprobar la hipótesis planteada.

- Si se aplica un plan de mejora continua se aumentará la eficacia en el proceso de montaje de tuberías criogénicas.

- Problemas en el área de fabricación

Las principales causas de la demora en el tiempo de fabricación es la cantidad de juntas por soldar y el tipo de soldadura utilizada para el proceso de soldeo, ya que es una soldadura en donde se utiliza el gas argón y su preparación demora 1 día en cargar.

Al inicio del proyecto solo se iban a fabricar 190 tuberías, luego el cliente dispuso que sean 500 tuberías y en almacén solo contaban con 21 kg de soldadura TIGFIL 308LG-5, la cual resultaba óptima para el proceso de soldeo, es por ello que solo se utilizó la soldadura con gas de Argón, debido a ello retraso los procesos posteriores. (Ver Figura N°15).

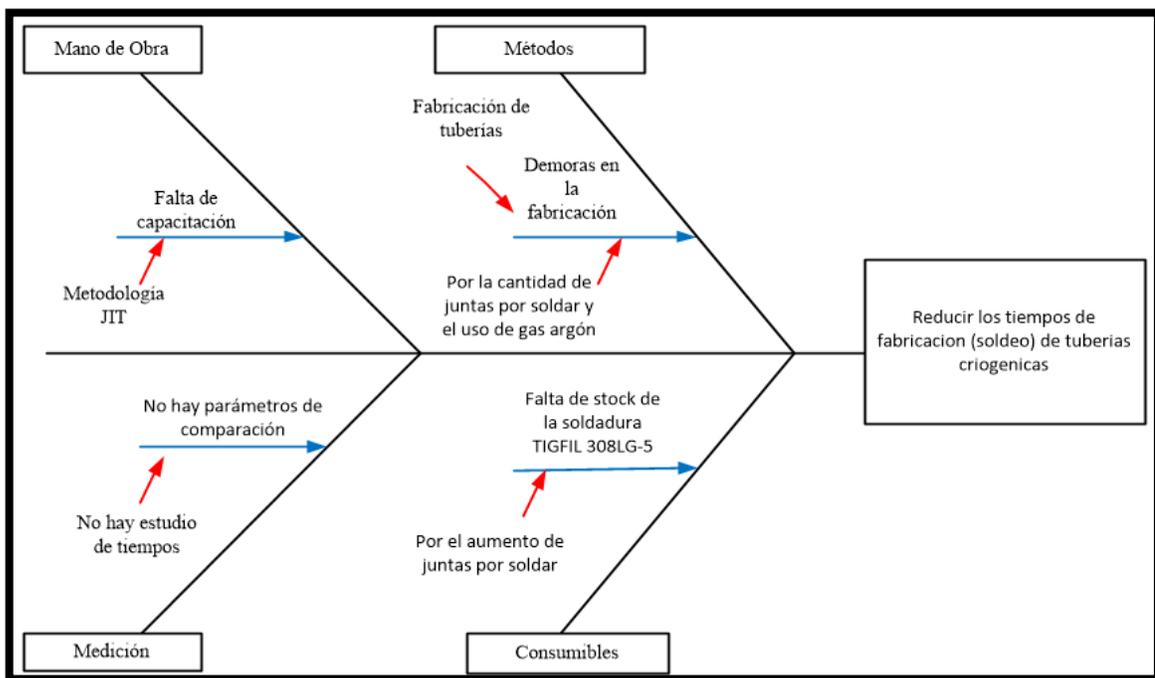


Figura N°15: Ishikawa del área de Fabricación
Fuente: Elaboración propia

5.2. Diseño del plan de implementación de las herramientas de Lean Manufacturing

5.2.1 Kaizen para el área de montaje

a. Metas de mejoramiento (Planear)

La mejora continua son las acciones que vamos a tomar para cumplir con los objetivos específicos planteados:

Incrementar la eficacia del área de montaje:

- Mejorar el método de trabajo del proceso de izaje.
- Proponer un consumible donde agilice el proceso de juntas apuntaladas.
- Minimizar o erradicar pérdida de tiempo en operaciones que no generen valor al proceso.
- Eliminar operaciones innecesarias.

b. Mejoras de los procesos analizados (Hacer y verificar).

Para cumplir con la siguiente mejora; se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. El oportuno habilitado de las tuberías en el área de trabajo.
2. Unificar áreas para reducir tiempos de desplazamiento.
3. Disponibilidad de maquinaria y equipos.
4. Experiencia en maniobra de tuberías a alturas superiores a 2 metros.

A continuación, se muestra las operaciones que deberían eliminarse ya que no generan valor al proceso de instalación de tuberías criogénicas. (Ver Figura N°16).

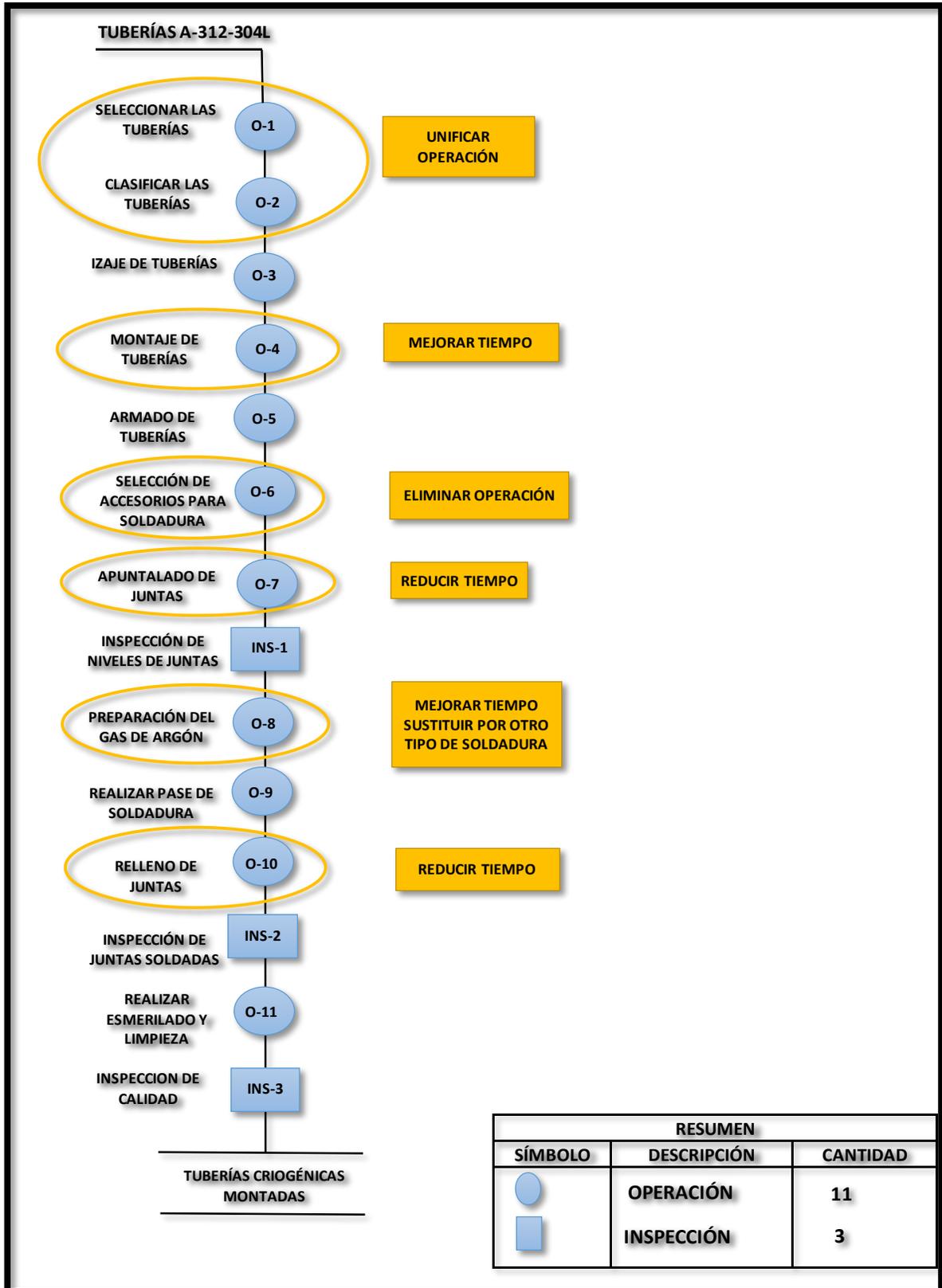


Figura N°16: DOP del proceso de montaje y fabricación
Fuente: Elaboración propia

- Mejorar el método de trabajo del proceso de Izaje. (Ver Tabla N°13).

FACTOR	CLAVE DE ACTUACIÓN
DISTANCIAS	MECANIZAR LOS DESPLAZAMIENTOS
	UTILIZAR ESTRUCTURAS METÁLICAS COMO BASE PARA AMORTIGUAR EL PESO DE LAS TUBERÍAS
	DISMINUIR LAS DISTANCIAS HABILITANDO LOS TUBOS CERCA DEL ÁREA DE MONTADO
ESFUERZO	REDUCIR LAS CARGAS PARA EVITAR ABOLLADURA O EL QUIEBRE DE TUBERIAS
	MAQUINARIA EN BUEN ESTADO
DIFICULTAD	ESTABLECER AYUDAS VISUALES
	SIMPLIFICAR LAS TAREAS
	MEJORAR LA MANIPULACIÓN DE TUBERÍAS

Tabla N°13: Plan de Acción de Montaje

Fuente: Elaboración propia

- Proponer un consumible donde agilice el proceso de juntas apuntaladas

Para el proceso de apuntalado de juntas se utilizaba una soldadura cuya preparación consistía en inyectar los tubos de gas argón para después de esta actividad apuntalar las juntas, por lo que el proceso de preparación tardaba hasta 2 horas, por lo que el proceso de armado de tuberías era lento, y los metros lineales diarios montados no eran eficaces con lo planificado, para ello se propuso utilizar una nueva soldadura Tigfil 308LG-5 en donde no se hacía uso del gas de argón y pudo optimizar los procesos de montaje y fabricación.

- Minimizar o mitigar pérdida de tiempo en operaciones
 1. Unificar las operaciones de seleccionar y separar tuberías.
 2. Capacitación al personal en el proceso de trabajos en altura.
 3. Colocar las tuberías habilitadas cerca al área de montaje para agilizar el proceso de izaje.
 4. Colocar los accesorios del apuntalado de juntas cerca al área armado.
 5. Eliminar operaciones innecesarias.

La mejora es unificar las operaciones de seleccionar y separar las tuberías minimizando el tiempo de habilitado para la óptima disponibilidad de las tuberías para el proceso de montaje, así mismo contar con la disponibilidad de maquinaria (puente grúa) para el proceso de izaje. La mejora a realizar es colocar el equipo de soldeo y el material de limpieza cerca al área de armado facilitando su uso y eliminando o minimizando el tiempo que toma el operario en buscar el equipo o material necesarios para dicho proceso de armado.

Además, se facilitó la maniobra de tuberías con la utilización de estructuras metálicas que ayudaban a mantener fijo el armado de tuberías, con la finalidad de evitar o disminuir problemas en la nivelación de juntas apuntaladas.

A continuación, se muestra las horas utilizadas de todos los procesos involucrados en la instalación de tuberías criogénicas sin la aplicación de las mejoras propuestas para optimizar los procesos que son un total de 592 horas frente a 453 horas de todos los procesos involucrados en la instalación de tuberías criogénicas con la aplicación de mejoras propuestas. (Ver Figura N°17 Y N°18).

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS CRIOGÉNICAS							
			ACTUAL				
	RESUMEN	#	TPO				
	OPERACIÓN	17	485				
	TRANSPORTE	1	24				
	CONTROLES	6	83				
	ESPERAS	0	0				
	ALMACENAMIENTO	0	0				
TOTAL	24	592					
	Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (horas)
1	Recepcionar tuberías	○	⇒	□	D	▽	18
2	Seleccionar tuberías	○	⇒	□	D	▽	24
3	Traslado al área de montaje	○	⇒	□	D	▽	24
4	Montaje de tuberías	○	⇒	□	D	▽	53
5	Armado de tuberías	○	⇒	□	D	▽	83
6	Selección de accesorios	○	⇒	□	D	▽	6
7	Apuntalado de Juntas	○	⇒	□	D	▽	12
8	Inpeccion de niveles de juntas	○	⇒	□	D	▽	18
9	Selección del tipo de procedimiento de soldadura	○	⇒	□	D	▽	6
10	Inyección del gas de Argón al interior de las tuberías	○	⇒	□	D	▽	120
11	Realizar pase de soldadura	○	⇒	□	D	▽	90
12	Relleno de juntas	○	⇒	□	D	▽	6
13	Inspección de Juntas soldadas	○	⇒	□	D	▽	12
14	Realizar pase de acabado	○	⇒	□	D	▽	6
15	Esmerilar sobrantes	○	⇒	□	D	▽	6
16	Inspección de acabado	○	⇒	□	D	▽	18
17	Decapado - Pasivado de tuberías	○	⇒	□	D	▽	12
18	Proceso de asilamiento de tuberías	○	⇒	□	D	▽	18
19	Inspección de aislamiento	○	⇒	□	D	▽	12
20	Prueba Neumática de Tuberías	○	⇒	□	D	▽	9
21	Inspección de Prueba Neumática	○	⇒	□	D	▽	12
22	Proceso de Flusing	○	⇒	□	D	▽	6
23	Proceso de Inertización	○	⇒	□	D	▽	12
24	Inspección Final	○	⇒	□	D	▽	12
TOTAL							592

Figura N°17: Diagrama de flujo del proceso de Instalación de tuberías
Fuente: Elaboración propia

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS CRIOGÉNICAS							
	RESUMEN		ACTUAL				
	OPERACIÓN	#	TPO				
	OPERACIÓN	14	324				
	TRANSPORTE	1	23				
	CONTROLES	6	106				
	ESPERAS	0	0				
	ALMACENAMIENTO	0	0				
TOTAL	21	453					
	Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (horas)
1	Recepcionar tuberías	○	⇒	□	D	▽	18
2	Seleccionar tuberías	○	⇒	□	D	▽	18
3	Traslado al área de montaje	○	⇒	□	D	▽	23
4	Montaje de tuberías	○	⇒	□	D	▽	41
5	Armado de tuberías	○	⇒	□	D	▽	55
6	Apuntalado de Juntas	○	⇒	□	D	▽	9
7	Inpeccion de niveles de juntas	○	⇒	□	D	▽	23
8	Realizar pase de soldadura	○	⇒	□	D	▽	59
9	Relleno de juntas	○	⇒	□	D	▽	9
10	Inspección de Juntas soldadas	○	⇒	□	D	▽	14
11	Realizar pase de acabado	○	⇒	□	D	▽	9
12	Esmerilar sobrantes	○	⇒	□	D	▽	18
13	Inspección de acabado	○	⇒	□	D	▽	18
14	Decapado - Pasivado de tuberías	○	⇒	□	D	▽	14
15	Proceso de asilamiento de tuberías	○	⇒	□	D	▽	18
16	Inspección de aislamiento	○	⇒	□	D	▽	18
17	Prueba Neumática de Tuberías	○	⇒	□	D	▽	18
18	Inspección de Prueba Neumática	○	⇒	□	D	▽	9
19	Proceso de Flusing	○	⇒	□	D	▽	20
20	Proceso de Inertización	○	⇒	□	D	▽	18
21	Inspección Final	○	⇒	□	D	▽	24
TOTAL							453

Figura N°18: Diagrama de flujo del proceso de Instalación de tuberías
Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Just in Time para el área de fabricación

A continuación, se muestra una estrategia para implementar el JIT, que propone 5 fases:

Fase 1: Como poner el sistema en marcha.

La aplicación JIT exige un cambio en la actitud en la empresa. Por ello será necesario dar los siguientes pasos:

- Comprensión básica
- Compromiso
- Decisión y selección del equipo
- Identificación de la planta piloto

Fase 2: Mentalización

Esta segunda fase conlleva el conocimiento de la herramienta JIT y su aplicación en el área industrial. Debe estructurarse de tal forma que los trabajadores empiecen a aplicar la herramienta en su propio trabajo.

Fase 3: Mejora los procesos

La tercera fase se refiere a cambios físicos del proceso de fabricación que mejoraron el flujo del trabajo. Los cambios de proceso tienen tres formas principales:

- Reducir el tiempo de preparación de equipos y herramientas.
- Mantenimiento preventivo
- Cambiar las líneas de producción

Fase 4: Mejoras en el control

La forma en que se controle el sistema de producción determinará los resultados globales de la aplicación del JIT.

- Control local en vez de centralizado
- Control a través de indicadores del proceso (\sum juntas soldadas / día)
- Calidad en el origen

Fase 5: Relación cliente – proveedor

Etapa 1: Verificación de prerrequisitos y restricciones.

a. Verificación de prerrequisitos:

Determinar el proceso de fabricación.

Clima organizacional: Establecer una cultura organizacional para que el JIT sea un proceso exitoso.

b. Verificación de restricciones:

Políticas de entrega: el proyecto tiene un tiempo de vida que son 120 días, de los cuales para el proceso de fabricación son 59 días. Por ello los tiempos de entrega en las distintas áreas para la culminación del proyecto son importantes ya que al no cumplirlo pagaríamos una penalidad.

Etapa 2: Establecer el alcance de la herramienta.

De acuerdo al análisis la herramienta JIT debe ser aplicado al área de fabricación que consta de la selección y soldeo. Es importante mencionar que para empezar a realizar el JIT no estarán incluidas las actividades de almacenaje ni distribución, ni proveedores. Estos serían mejoras al sistema una vez que los resultados interiores sean tangibles.

Etapa 3: Redactar el objetivo de la herramienta en términos de los procesos para la fabricación de las tuberías criogénicas. La finalidad del JIT a los procesos de la empresa metalmecánica sería el siguiente: “Reducir el tiempo de fabricación de tuberías criogénicas, contribuye a incrementar la productividad de la empresa metalmecánica”. (Ver Tabla N°14).

Tabla N°14: Beneficio de la implementación JIT

PROCESO	BENEFICIO
FABRICACIÓN	Reducir el tiempo de fabricación utilizando una soldadura sin gas.

Fuente: Elaboración propia

Etapa 4: Realizar un análisis de valor agregado

Para realizar el análisis se debe recorrer el área de fabricación. Se observa la fabricación de una junta en el proceso de soldeo, y se va anotando la actividad que se realiza con la pieza. Para recopilar la información se hará un esquema. (Ver Tabla N°15)

Tabla N°15: Valor Agregado

N°ACT	DESCRIPCIÓN	AGREGA	VALOR
		SI	NO
1	SOLDEO (TIPO DE MATERIAL)		X

Fuente: Elaboración propia

5.3. Presentación de resultados

Aplicando un plan de mejora continua se logrará aumentar la capacidad del proceso de montaje de tuberías criogénicas. (Ver Tabla N°17).

El proyecto tiene una cantidad de 1780 metros lineales por montar, a continuación, se muestra una tabla del avance de montaje en metros lineales diarios. (Ver Tabla N°16).

Tabla N°16: Metros Lineales diarios

(Continua)

ML MONTADOS	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S (3")	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S (4")	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S (6")	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S (8")
DÍA 1	3		4	
DÍA 2	3		12	5
DÍA 3	6		8	15
DÍA 4			8	5
DÍA 5			8	
DÍA 6	3		12	
DÍA 7			4	5
DÍA 8	15		4	15
DÍA 9	6		8	
DÍA 10	22		12	
DÍA 11	9		17	5
DÍA 12	9		4	30
DÍA 13	15		12	20
DÍA 14	3		4	25
DÍA 15	9			5
DÍA 16	15		12	5
DÍA 17	15		8	10
DÍA 18	3		12	15

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°16: Metros Lineales diarios

DÍA 19	9		12	10
DÍA 20	3		12	5
DÍA 21	6		12	10
DÍA 22	3			
DÍA 23	9		4	10
DÍA 24	9		12	25
DÍA 25	6		8	15
DÍA 26	6		4	10
DÍA 27	6			10
DÍA 28	15		4	5
DÍA 29	12	2	8	15
DÍA 30		5	17	5
DÍA 31	3	3	8	
DÍA 32	15	5	4	
DÍA 33	15		12	10
DÍA 34		2		35
DÍA 35	3		17	5
DÍA 36	9		21	
DÍA 37	43		17	5
DÍA 38	22		33	10
DÍA 39	6		12	10
DÍA 40	6		25	20
DÍA 41	12			10
DÍA 42	28	3	4	25
DÍA 43	22	2	33	25
DÍA 44	12		29	35
DÍA 45	25		12	5
DÍA 46	9		12	15
DÍA 47	6		17	
DÍA 48	9	2	33	10
DÍA 49	3		21	55
DÍA 50	74			
DÍA 51	49			
DÍA 52	12			
DÍA 53	3			
DÍA 54	12			
DÍA 55	6			2
DÍA 56	15			
DÍA 57	8			
DÍA 58				
DÍA 59				
Total	647	24	552	557

Fuente: Elaboración propia

En el grafico siguiente se muestra el avance del montaje. (Ver Figura N°19).

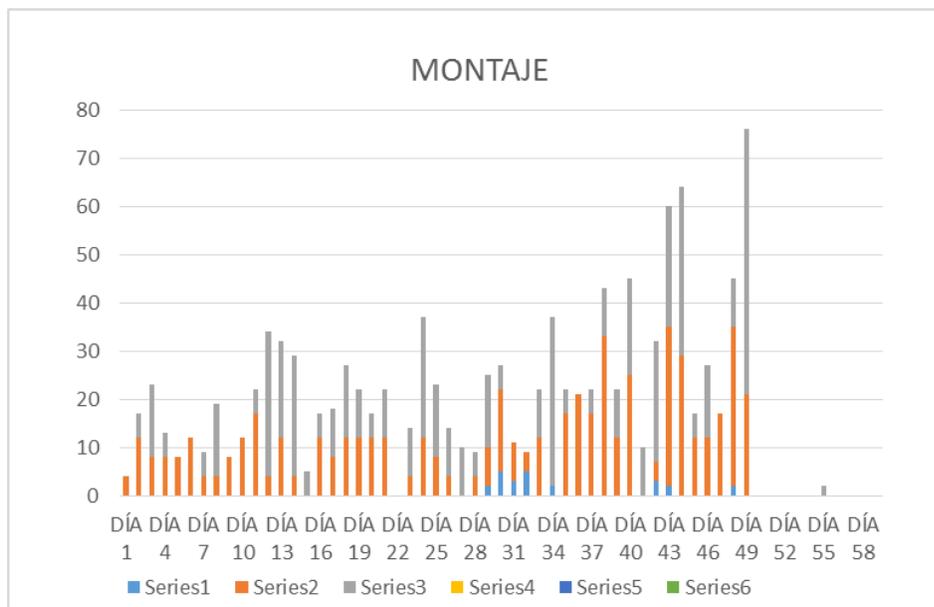


Figura N°19: Avance de montaje

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°17: Metros lineales diarios con mejora

(Continua)

ML MONTADOS	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S (3")	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S (4")	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S (6")	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S (8")
DÍA 1	5		7	
DÍA 2	5		19	8
DÍA 3	10		13	24
DÍA 4			13	8
DÍA 5			13	
DÍA 6	5		19	
DÍA 7			7	8
DÍA 8	24		7	24
DÍA 9	10		13	
DÍA 10	35		19	
DÍA 11	14		27	8
DÍA 12	14		7	47
DÍA 13	24		19	31
DÍA 14	5		7	39
DÍA 15	14			8

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°17: Metros lineales diarios con mejora

DÍA 16	24		19	8
DÍA 17	24		13	16
DÍA 18	5		19	24
DÍA 19	14		19	16
DÍA 20	5		19	8
DÍA 21	10		19	16
DÍA 22	5			
DÍA 23	14		7	16
DÍA 24	14		19	39
DÍA 25	10		13	24
DÍA 26	10		7	16
DÍA 27	10			16
DÍA 28	24		7	8
DÍA 29	19	4	13	24
DÍA 30		8	27	8
DÍA 31	5	5	13	
DÍA 32	24	7	7	
DÍA 33	24		19	16
DÍA 34				55
DÍA 35	5		27	8
DÍA 36	14		33	
DÍA 37	67		27	8
DÍA 38	35		35	16
DÍA 39	10			10
DÍA 40	10			
DÍA 41	46			
DÍA 42	54			
DÍA 43				
DÍA 44				
DÍA 45				
DÍA 46				
DÍA 47				
DÍA 48				
DÍA 49				
DÍA 50				
DÍA 51				
DÍA 52				
DÍA 53				
DÍA 54				
DÍA 55				
DÍA 56				
DÍA 57				
DÍA 58				
DÍA 59				
Total	647	24	552	557

Fuente: Elaboración propia.

En el grafico siguiente se muestra el avance de montaje diario. (Ver Figura N°20).

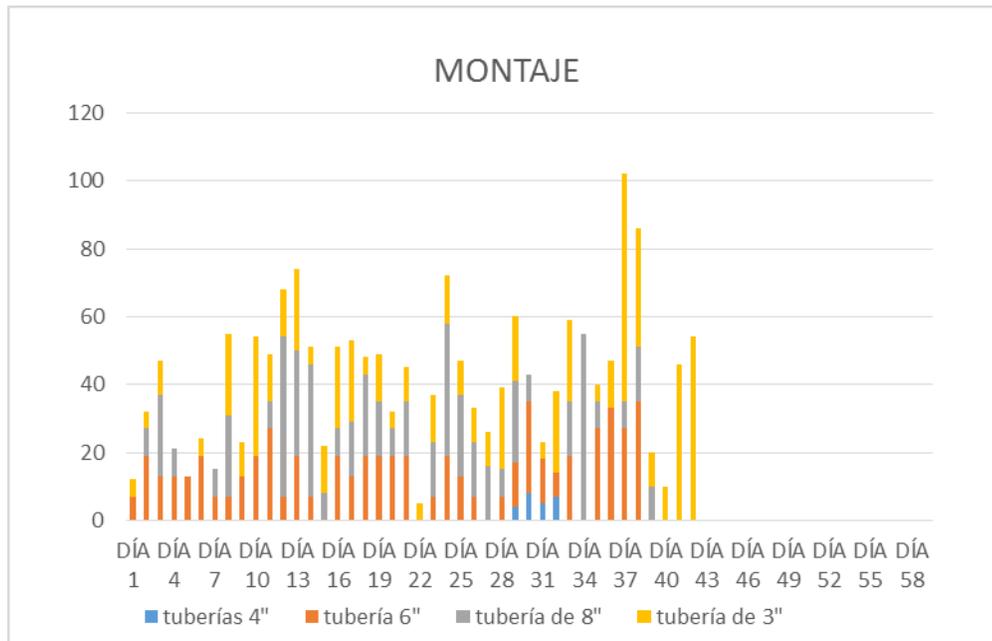


Figura N°20: Avance de montaje diario
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se desarrolla la inversión con la herramienta JIT. Demostraremos que tan viable es nuestra propuesta en función a los costos generados. También se detalla los beneficios de la herramienta.

Costo para la implementación del Just in time

Para la implementación del JIT se propuso una mejora en el proceso de soldadura, ya que se utiliza gas de protección argón para soldar y la preparación del gas tarda un día para ser utilizado.

A continuación, se detalla la producción diaria en pulgada diámetro de tuberías criogénicas. El tiempo para la fabricación será de 59 días. (Ver Tabla N°18).

Tabla N°18: Costo de la Producción diaria de tuberías criogénicas

(Continua)

UNIONES A TOPE Y MONTAJE	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S	PRODUCCIÓN	COSTO X PULGADA DIÁMETRO
DIAMETRO (pulg)	3	4	6	8		
14-Jul	3		6		9	1734.12
15-Jul	3		18	8	29	5587.72
17-Jul	6		12	24	42	8092.56
18-Jul			12	8	20	3853.6
19-Jul			12		12	2312.16
20-Jul	3		18		21	4046.28
21-Jul			6	8	14	2697.52
22-Jul	15		6	24	45	8670.6
23-Jul	6		12		18	3468.24
24-Jul	21		18		39	7514.52
25-Jul	9		24	8	41	7899.88
26-Jul	9		6	48	63	12138.84
27-Jul	15		18	32	65	12524.2
28-Jul	3		6	40	49	9441.32
29-Jul	9			8	17	3275.56
31-Jul	15		18	8	41	7899.88
01-Ago	15		12	16	43	8285.24
02-Ago	3		18	24	45	8670.6
03-Ago	9		18	16	43	8285.24
04-Ago	3		18	8	29	5587.72
05-Ago	6		18	16	40	7707.2
06-Ago	3				3	578.04
07-Ago	9		6	16	31	5973.08
08-Ago	9		18	40	67	12909.56
09-Ago	6		12	24	42	8092.56
10-Ago	6		6	16	28	5395.04
12-Ago	6			16	22	4238.96
14-Ago	15		6	8	29	5587.72
15-Ago	12	8	12	24	56	10790.08
16-Ago		16	24	8	48	9248.64
17-Ago	3	12	12		27	5202.36
18-Ago	15	16	6		37	7129.16
19-Ago	15		18	16	49	9441.32
20-Ago		8		56	64	12331.52
21-Ago	3		24	8	35	6743.8
22-Ago	9		30		39	7514.52
23-Ago	42		24	8	74	14258.32
24-Ago	21		48	16	85	16377.8
25-Ago	6		18	16	40	7707.2
26-Ago	6		36	32	74	14258.32
27-Ago	12			16	28	5395.04
28-Ago	27	12	6	40	85	16377.8
29-Ago	21	8	48	40	117	22543.56
30-Ago	12		42	56	110	21194.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°18: Costo de la Producción diaria de tuberías criogénicas

31-Ago	24		18	8	50	9634
01-Set	9		18	24	51	9826.68
02-Set	6		24		30	5780.4
03-Set	9	8	48	16	81	15607.08
04-Set	3		42	88	133	25626.44
05-Set	72				72	13872.96
06-Set	48				48	9248.64
09-Set	12				12	2312.16
10-Set	3				3	578.04
11-Set	12		12		24	4624.32
12-Set	6			16	22	4238.96
13-Set	15			16	31	5973.08
14-Set	12		6		18	3468.24
16-Set	18				18	3468.24
17-Set				16	16	3082.88
Total	660	88	840	936	2524	486324.32

Fuente: Elaboración propia

Al elaborar la mejora se debe de tener en cuenta que nos traerá un ahorro para la empresa metalmecánica con una eficiencia del 55% se obtuvo un ahorro de 17 días lo que equivale a un 28% (Ver Tabla N°19).

Tabla N°19: Ahorro de la Producción diaria con la mejora

(Continua)

UNIONES A TOPE Y MONTAJE	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S	PRODUCCIÓN	COSTO \$/PD			
DIAMETRO (pulg)	3	4	6	8		
14-Jul	5		10		15	2608.8
15-Jul	5		28	13	46	8000.32
17-Jul	10		19	38	67	11652.64
18-Jul			19	13	32	5565.44
19-Jul			19		19	3304.48
20-Jul	5		28		33	5739.36
21-Jul			10	13	23	4000.16
22-Jul	24		10	38	72	12522.24
23-Jul	10		19		29	5043.68
24-Jul	33		28		61	10609.12
25-Jul	14		38	13	65	11304.8
26-Jul	14		10	75	99	17218.08
27-Jul	24		28	50	102	17739.84
28-Jul	5		10	62	77	13391.84
29-Jul	14			13	27	4695.84
31-Jul	24		28	13	65	11304.8
01-Ago	24		19	25	68	11826.56
02-Ago	5		28	38	71	12348.32
03-Ago	14		28	25	67	11652.64
04-Ago	5		28	13	46	8000.32

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°19: Ahorro de la Producción diaria con la mejora

05-Ago	10		28	25	63	10956.96
06-Ago	5				5	869.6
07-Ago	14		10	25	49	8522.08
08-Ago	14		28	62	104	18087.68
09-Ago	10		19	38	67	11652.64
10-Ago	10		10	25	45	7826.4
12-Ago	10			25	35	6087.2
14-Ago	24		10	13	47	8174.24
15-Ago	19	13	19	38	89	15478.88
16-Ago		25	38	13	76	13217.92
17-Ago	5	19	19		43	7478.56
18-Ago	24	25	10		59	10261.28
19-Ago	24		28	25	77	13391.84
20-Ago		6		87	93	16174.56
21-Ago	5		38	13	56	9739.52
22-Ago	14		47		61	10609.12
23-Ago	66		38	13	117	20348.64
24-Ago	33		75	25	133	23131.36
25-Ago	10		16	25	51	8869.92
26-Ago	10			42	52	9043.84
27-Ago	66				66	11478.72
28-Ago	52				52	9043.84
29-Ago						
30-Ago						
31-Ago						
01-Set						
02-Set						
03-Set						
04-Set						
05-Set						
06-Set						
09-Set						
10-Set						
11-Set						
12-Set						
13-Set						
14-Set						
16-Set						
17-Set						
Total	660	88	840	936	2524	438974.08
Costo de la producción diaria sin mejora						\$ 486 324.32
Costo de la producción diaria con mejora						\$ 438 974.08
Ahorro de la implementación en la fabricación						\$ 47 350.24

Fuente: Elaboración propia

Beneficios:

- Ahorro de Mano de obra
- Ahorro de costos directos
- Ahorro de tiempo en la fabricación de tuberías criogénicas

Resultado operativo de la empresa

A continuación, se muestra el cuadro con el gasto de la mano de obra de la fabricación y montaje de tuberías criogénicas en 59 días. (Ver Tabla N°20).

Tabla N°20: Gasto de Mano de Obra sin la implementación JIT

FECHA	SEMANA	SOLES	DÓLARES
14/07/2017	Semana 29	25640.09	8051.91
21/07/2017	Semana 30	32386	10170.36
28/07/2017	Semana 31	45673.32	14343.06
04/08/2017	Semana 32	45759.6	14370.15
11/08/2017	Semana 33	56762.68	17825.52
18/08/2017	Semana 34	64090.05	20126.57
25/08/2017	Semana 35	86021.08	27013.7
01/09/2017	Semana 36	91095.45	28607.24
08/09/2017	Semana 37	96021.08	30154.06
15/09/2017	Semana 38	57012.27	17903.9
22/09/2017	Semana 39	26176.08	8220.23
29/09/2017	Semana 40	24606.53	7727.33
06/10/2017	Semana 41	22667.56	7118.43
13/10/2017	Semana 42	24150.21	7584.03
20/10/2017	Semana 43	34620.38	10872.04
	TOTAL	732682.38	230088.53

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el cuadro con el gasto general del proyecto. (Ver Tabla N°21).

Tabla N°21: Gasto General del Proyecto

Tipo de Costo		Ganado (Kg)	Ganado (\$)	PU (\$/Kg)
Materiales	0101 Mat Acero	3,131.12	-	-
	0109 Mat Pintura	3,131.12	-	-
	0102 Mat Pernos	3,131.12	380.16	0.12
	0190 Mat Varios	3,131.12	691.65	0.22
	0120 Mat Montaje	-	-	-
Consumibles	0201 Consum Fabricación	3,131.12	160.15	0.05
	0220 Consum Montaje	3,131.12	56,726.85	18.12
Mano de Obra	0393 MO Habilitado	3,131.12	254.16	0.08
		-	-	-
	0305 MO Estructurado	3,131.12	4,049.39	1.29
		-	-	-
	0309 MO Pintura	3,131.12	1,186.70	0.38
		-	-	-
	0320 MO Montaje	3,131.12	171,463.97	54.76
		-	-	-
Ingeniería	0440 Serv Ingeniería	3,131.12	230.18	0.07
		-	-	-
Subcontratos	0441 Serv Pruebas QC	-	-	-
	0490 Serv Varios	3,131.12	28,248.16	9.02
	Serv Transporte Interno	-	-	-
Servicio de Transpor	0480 Serv Transp a obra	3,131.12	1,287.00	0.41
Equipo Alquilado	0601 Eq Alq Fabricación	3,131.12	325.37	0.10
	0620 Eq Alq Montaje	3,131.12	73,686.61	23.53
GASTO GENERAL DE O	0790 GGO Varios	3,131.12	135,946.35	43.42
Totales			474,636.70	151.59

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro resumen siguiente se muestran los costos que abarco el proyecto de las 2524 pulgadas diámetro fabricadas y los 1780 metros lineales montados de tuberías criogénicas, además del valor de venta y el margen. Cabe resaltar que el margen es lo que ha dejado como ganancia para la empresa el proyecto. (Ver Tabla N°22).

Tabla N°22: Resultados Operativos de la empresa

Tipo de Costo	Concepto	Presupuestos actualizados				Resultado Acumulado a la Fecha			Proyecciones				
		Presupuesto Adjudicado (de ventas)	\$/Kg Ppto	Presupuesto Meta (de costos)	\$/Kg Meta Costos	Valor Planeado (PV)	Ejecutado Valor Ganado (EV)	Costo Real (AC)	Estimado para concluir - (ETC)	Estimado al término - (BAC)	\$/Kg Real		
Costo del Resultado Operativo (R.O.)	MATERIALES	0102 Mat Pernos	384.00	0.12	384.00	0.12	384.00	380.16	1,550.81		1,550.81	0.49	
		0190 Mat Varios	698.64	0.22	698.64	0.22	698.64	691.65	24,549.22		24,549.22	7.76	
		0120 Mat Montaje	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
	SUBTOTAL>>		1,082.64	0.34	1,082.64	0.34	1,082.64	1,071.81	26,100.03	-	26,100.03	8.25	
	CONSUMIBLES	0201 Consum Fabricación	161.77	0.05	161.77	0.05	161.77	160.15			-	-	
		0220 Consum Montaje	61,324.02	19.39	57,293.85	18.12	57,293.85	56,726.85	70,955.49		70,955.49	22.43	
	SUBTOTAL>>		61,485.79	19.44	57,461.62	18.17	57,461.62	56,887.00	70,955.49	-	70,955.49	22.43	
	MANO DE OBRA	0393 MD Habilitado	Propia	256.72	0.08	256.72	0.08	256.72	254.16			-	-
			Subcontratista	-	-	-	-	-	-			-	-
		0305 MD Estructurado	Propia	4,090.29	1.29	4,090.29	1.29	4,090.29	4,049.39			-	-
			Subcontratista	-	-	-	-	-	-	1,041.71		1,041.71	0.33
		0309 MD Pintura	Propia	1,198.69	0.38	1,198.69	0.38	1,198.69	1,186.70			-	-
			Subcontratista	-	-	-	-	-	-			-	-
		0320 MD Montaje	Propia	160,195.93	50.65	173,195.93	54.76	173,195.93	171,463.97	230,088.53		230,088.53	72.75
			Subcontratista	-	-	-	-	-	-			-	-
	SUBTOTAL>>		165,741.63	52.40	178,741.63	56.51	178,741.63	176,954.21	231,130.24	-	231,130.24	73.08	
	INGENIERÍA	0440 Serv Ingeniería	Personal propio	232.50	0.07	232.50	0.07	232.50	230.18	-		-	-
			Subcontratistas	-	-	-	-	-	-			-	-
	SUBTOTAL>>		232.50	0.07	232.50	0.07	232.50	230.18	-	-	-	-	
	SUBCONTRATOS	0441 Serv Pruebas QC	-	-	-	-	-	-			-	-	
		0490 Serv Varios	28,533.50	9.02	28,533.50	9.02	28,533.50	28,248.16	28,180.78		28,180.78	8.91	
		Serv Transporte Interno	-	-	-	-	-	-			-	-	
	SUBTOTAL>>		28,533.50	9.02	28,533.50	9.02	28,533.50	28,248.16	28,180.78	-	28,180.78	8.91	
TRANSPORTE A OBRA		0480 Serv Transp a obra	1,300.00	0.41	1,300.00	0.41	1,300.00	1,287.00	9,248.99		9,248.99	2.92	
SUBTOTAL>>		1,300.00	0.41	1,300.00	0.41	1,300.00	1,287.00	9,248.99	-	9,248.99	2.92		
EQUIPOS ALQUILADOS	0601 Eq Alq Fabricación	328.66	0.10	328.66	0.10	328.66	325.37			-	-		
	0620 Eq Alq Montaje	59,430.92	18.79	74,430.92	23.53	74,430.92	73,686.61	36,162.69		36,162.69	11.43		
SUBTOTAL>>		59,759.58	18.89	74,759.58	23.64	74,759.58	74,011.98	36,162.69	-	36,162.69	11.43		
GASTO GENERAL DE OBRA		0790 GGO Varios	149,295.69	47.20	137,319.55	43.42	137,319.55	135,946.35	84,534.78		84,534.78	26.73	
SUBTOTAL>>		149,295.69	47.20	137,319.55	43.42	137,319.55	135,946.35	84,534.78	-	84,534.78	26.73		
Total (USD)		467,431.33	147.79	479,431.01	151.59	479,431.01	474,636.70	486,313.00	-	486,313.00	153.76		
Margen del Resultado Operativo (R.O.)	Utilidad			96,352.92		96,352.92	95,389.39			89,470.93			
		Monto OK	Precio Unit Venta										
		Valor de Venta	575,783.93	182.05	575,783.93		575,783.93	570,026.09		575,783.93			
		Margen RO/VV	18.8%		16.7%		16.7%	16.7%		15.5%			

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el cuadro con los gastos de mano de obra en los 42 días de fabricación y montaje de tuberías criogénicas aplicando la mejora (Ver Tabla N°23).

Tabla N°23: Gasto de Mano de Obra con la implementación JIT

FECHA	SEMANAS	SOLES	DÓLARES
14/07/2017	Semana 29	25640.09	8051.91
21/07/2017	Semana 30	32386	10170.36
28/07/2017	Semana 31	45673.32	14343.06
04/08/2017	Semana 32	45759.6	14370.15
11/08/2017	Semana 33	56762.68	17825.52
18/08/2017	Semana 34	64090.05	20126.57
25/08/2017	Semana 35	86021.08	27013.7
01/09/2017	Semana 36	91095.45	28607.24
08/09/2017	Semana 37	96021.08	30154.06
15/09/2017	Semana 38	56012.27	17589.86
22/09/2017	Semana 39	26176.08	8220.23
29/09/2017	Semana 40	24606.53	7727.33
06/10/2017	Semana 41		
13/10/2017	Semana 42		
20/10/2017	Semana 43		
	TOTAL	650244.23	204199.99

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el cuadro con los gastos generales del proyecto. (Ver Tabla N°24).

Tabla N°24: Gasto General del Proyecto

Tipo de Costo		Ganado (Kg)	Ganado (\$)	PU (\$/Kg)
Materiales	0101 Mat Acero	3,131.12	-	-
	0109 Mat Pintura	3,131.12	-	-
	0102 Mat Pernos	3,131.12	380.16	0.12
	0190 Mat Varios	3,131.12	691.65	0.22
	0120 Mat Montaje	-	-	-
Consumibles	0201 Consum Fabricación	3,131.12	160.15	0.05
	0220 Consum Montaje	3,131.12	56,726.85	18.12
Mano de Obra	0393 MO Habilitado	3,131.12	254.16	0.08
		-	-	-
	0305 MO Estructurado	3,131.12	4,049.39	1.29
		-	-	-
	0309 MO Pintura	3,131.12	1,186.70	0.38
Ingeniería		-	-	-
	0320 MO Montaje	3,131.12	171,463.97	54.76
		-	-	-
Subcontratos	0440 Serv Ingeniería	3,131.12	230.18	0.07
		-	-	-
Servicio de Transporte	0441 Serv Pruebas QC	-	-	-
	0490 Serv Varios	3,131.12	28,248.16	9.02
Equipo Alquilado	Serv Transporte Interno	-	-	-
	0480 Serv Transp a obra	3,131.12	1,287.00	0.41
GASTO GENERAL DE O	0601 Eq Alq Fabricación	3,131.12	325.37	0.10
	0620 Eq Alq Montaje	3,131.12	73,686.61	23.53
Totales	0790 GGO Varios	3,131.12	135,946.35	43.42
			474,636.70	151.59

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el cuadro de resultado operativo (RO) con los costos antes mencionados y además los costos usando la soldadura sin gas y el ahorro que se obtuvo por los días menos que generó la mejora. (Ver Tabla N°25).

Tabla N°25: Resultado Operativo incluido la implementación Lean Manufacturing

Tipo de Costo	Concepto		Presupuestos actualizados		Resultado Acumulado a la Fecha		Proyecciones		
			Presupuesto Adjudicado (de ventas)	Presupuesto Meta (de costos)	Valor Planeado (PV)	Ejecutado Valor Ganado (EV)	Costo Real (AC)	Estimado al término - (BAC)	\$/Kg Real
Costo del Resultado Operativo (R.O.)	MATERIALES	0102 Mat Pernos	384.00	384.00	384.00	380.16	1,550.81	1,550.81	0.49
		0190 Mat Varios	698.64	698.64	698.64	691.65	24,549.22	24,549.22	7.78
		0120 Mat Montaje	-	-	-	-	-	-	-
	SUBTOTAL>>		1,082.64	1,082.64	1,082.64	1,071.81	26,100.03	26,100.03	8.25
	CONSUMIBLES	0201 Consum Fabricación	161.77	161.77	161.77	160.15	-	-	-
		0220 Consum Montaje	61,324.02	57,299.85	57,299.85	56,726.85	48,746.32	48,746.32	15.41
	SUBTOTAL>>		61,485.79	57,461.62	57,461.62	56,887.00	48,746.32	48,746.32	15.41
	MANO DE OBRA	0393 MO Habilitado	Propia	256.72	256.72	256.72	254.16	-	-
			Subcontratista	-	-	-	-	-	-
		0305 MO Estructurado	Propia	4,090.29	4,090.29	4,090.29	4,049.39	-	-
			Subcontratista	-	-	-	-	1,041.71	1,041.71
		0309 MO Pintura	Propia	1,198.69	1,198.69	1,198.69	1,186.70	-	-
			Subcontratista	-	-	-	-	-	-
	0320 MO Montaje	Propia	180,195.93	173,195.93	173,195.93	171,463.97	204,199.99	204,199.99	64.56
	SUBTOTAL>>		165,741.63	178,741.63	178,741.63	176,954.21	205,241.70	205,241.70	64.89
	INGENIERÍA	0440 Serv Ingeniería	Personal propio	232.50	232.50	232.50	230.18	-	-
			Subcontratistas	-	-	-	-	-	-
	SUBTOTAL>>		232.50	232.50	232.50	230.18	-	-	
	SUBCONTRATOS	0441 Serv Pruebas QC	-	-	-	-	-	-	
		0490 Serv Varios	28,533.50	28,533.50	28,533.50	28,248.16	28,180.78	28,180.78	8.91
	SUBTOTAL>>		28,533.50	28,533.50	28,533.50	28,248.16	28,180.78	28,180.78	8.91
	TRANSPORTE A OBRA	0480 Serv Transp a obra	1,300.00	1,300.00	1,300.00	1,287.00	9,248.99	9,248.99	2.92
	SUBTOTAL>>		1,300.00	1,300.00	1,300.00	1,287.00	9,248.99	9,248.99	2.92
EQUIPOS ALQUILADOS	0601 Eq Alq Fabricación	328.66	328.66	328.66	325.37	-	-		
	0620 Eq Alq Montaje	59,430.92	74,430.92	74,430.92	73,686.61	36,162.69	36,162.69	11.43	
SUBTOTAL>>		59,759.58	74,759.58	74,759.58	74,011.98	36,162.69	36,162.69	11.43	
GASTO GENERAL DE OBRA	0790 GGO Varios	149,295.69	137,319.55	137,319.55	135,946.35	84,534.78	84,534.78	26.73	
SUBTOTAL>>		149,295.69	137,319.55	137,319.55	135,946.35	84,534.78	84,534.78	26.73	
Total (USD)		467,431.33	479,431.01	479,431.01	474,636.70	438,215.29	438,215.29	138.56	
Margen del Resultado Operativo (R.O.)	Utilidad		108,352.60	96,352.92	96,352.92	95,389.39	-	137,568.64	
			Monto OK						
	Valor de Venta		575,783.93	575,783.93	575,783.93	570,026.09	-	575,783.93	
	Margen RO/VV		18.8%	16.7%	16.7%	16.7%	-	23.9%	

Fuente: Elaboración propia

5.4. Análisis de resultado.

A continuación, se muestra los resultados obtenidos. (Ver Tabla N°26).

Tabla N°26: Presentación de resultados

HIPOTESIS	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADOR	SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN PROPUESTA	VARIACIÓN	%
Se reduce el tiempo de Instalación de tuberías criogénicas mediante las herramientas de Lean Manufacturing.	Reducción del tiempo de Instalación	$TI = TM + TF + TPA$	592 HORAS	453 HORAS	139 HORAS	23% de ahorro en tiempo
Se incrementa la productividad de la fabricación de tuberías criogénicas mediante la metodología JIT.	Productividad	Producción / Recursos	\$486,324.32	\$438,974.08	\$47,350.24	Existe una reducción de costos \$47,350.24
Se mejora la eficacia del proceso de montaje de tuberías criogénicas mediante la aplicación de la metodología Kaizen.	Eficacia del proceso montaje	$Eficacia = \frac{ML \text{ montados} \times \text{día}}{\text{Total ML planificado}}$	29%	47%	18%	18% aumentó la eficacia

Fuente: Elaboración propia

1. Hipótesis Principal

Se reduce el tiempo de Instalación de tuberías criogénicas mediante las herramientas de Lean Manufacturing.

Dada la problemática de reducir el tiempo de instalación de tuberías criogénicas, se propone la implementación de herramientas Lean Manufacturing. La cantidad de horas empleadas de todo el proceso involucrado en la instalación de tuberías criogénicas es de 592 horas, con la implementación propuesta se logrará reducir hasta en 23% el tiempo de instalación, haciendo el proyecto mejor rentable para la Empresa Metalmecánica.

2. Hipótesis Secundarias:

- Se incrementa la productividad de la fabricación de tuberías criogénicas mediante la metodología JIT.

Con el fin de mejorar la productividad del área de Fabricación, se implementó la metodología JIT, la mejora actual aplicando la metodología JIT es de un 28% con respecto a la optimización de tiempos, y en costos de fabricación sustituyendo con la nueva soldadura Tigfil 308LG-5 a lo largo de todo el proyecto es de: \$ 438,974.08 frente a un \$ 486,324.32 que inicialmente era con la utilización de la soldadura con argón.

- Se mejora la eficacia del proceso de montaje de tuberías criogénicas mediante la aplicación de la metodología Kaizen

Aplicando mejora continua en los cuellos de botella identificados en el proceso de montaje nos arroja un 47% de eficacia frente a un 29% sin mejora; por lo que la implementación de la herramienta Kaizen dio como resultado una mejora en la eficacia del proceso de montaje al optimizar los procesos de montaje de tuberías.

5.5 Prueba de hipótesis

5.5.1 Para la hipótesis de la mejora la eficacia del proceso de montaje de tuberías criogénicas mediante la aplicación de la metodología Kaizen se verificó la normalidad de los datos como primer paso se aplicó la prueba T. (Ver Tabla N°27).

h_0 : La aplicación de la metodología Kaizen **NO MEJORA** la eficacia del proceso de montaje.

h_1 : La aplicación de la metodología Kaizen **MEJORA** la eficacia del proceso de montaje.

Significancia:

Se trabaja al 95% de confianza, por ende:

$$\alpha = 0.05 // \frac{\alpha}{2} = 0.025$$

Tabla N°27: Cuadro estadístico

		Statistics		
		MontajeA	MontajeM	DiferenciaML
N	Valid	17	17	17
	Missing	0	0	0
Mean		30.76	48.88	18.12
Std. Deviation		3.666	5.521	2.027

Fuente: Elaboración propia

Promedio (\bar{x}) = 18.12
 Desviación Estándar (S) = 2.027
 Tamaño de muestra (n) = 17
 Grados de Libertad (G.L.) = 16

T de Student Tabla para $\frac{\alpha}{2} = 0.025$ y G.L. = 16

$$t_t = 2.120$$

T de Student Calculado (SPSS)

$$t_c = 36.846$$

Tabla N°28: Estadísticas de muestras emparejadas

		Paired Samples Test							
		Paired Differences							
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
Pair 1	MontajeM - MontajeA	18.118	2.027	.492	17.075	19.160	36.846	16	.000

Fuente: Elaboración propia

Entonces: Si $t_c > t_t$; se acepta h_1

$$t_c = 36.846 > t_t = 2.120$$

h_1 : La aplicación de la metodología Kaizen **MEJORA** la eficacia del proceso de montaje.

Valor de p

$$p = 6.6892 \times 10^{-17}$$

Entonces: Si $p < \alpha$, la hipótesis alterna h_1 se valida.

$$p = 0.000 < \alpha = 0.05$$

Podemos concluir que la aplicación de la metodología Kaizen **MEJORA** la eficacia del proceso de montaje.

Test de Normalidad de las muestras de metros lineales avanzados por día.

Tenemos:

h_{0n} : Los datos usados **PROVIENEN** de una distribución normal

h_{1n} : Los datos usados **NO PROVIENEN** de una distribución normal.

Tabla N°29: Prueba de Normalidad

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
DiferenciaPU > 20 & DiferenciaPU < 30 (FILTER)		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
MontajeA	Selected	.080	17	.200 [*]	.975	17	.899
MontajeM	Selected	.131	17	.200 [*]	.980	17	.956

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Fuente: Elaboración propia

Si el valor de $p < \alpha$; se acepta h_{1n} , pero si el valor de $p > \alpha$; se acepta h_{0n}

$$p = 0.200 > \alpha = 0.05$$

Entonces: h_{0n} : Los datos usados **PROVIENEN** de una distribución normal

5.5.2 Para la hipótesis específica del incremento de la productividad en la fabricación de tuberías criogénicas mediante la metodología JIT, se verificó la normalidad de los datos como primer paso se aplicó la prueba T. (Ver Tabla N°30).

Validar hipótesis de Producción (Pulgadas Diámetro)

h_0 : No se incrementa la productividad en la fabricación de tuberías criogénicas mediante la metodología JIT.

h_1 : Se incrementa la productividad en la fabricación de tuberías criogénicas mediante la metodología JIT.

Significancia:

Se trabaja al 95% de confianza, por ende:

$$\alpha = 0.05 // \frac{\alpha}{2} = 0.025$$

Tabla N°30: Cuadro estadístico

		Statistics		
		ProduccionA	ProduccionM	DiferenciaPU
N	Valid	17	17	17
	Missing	0	0	0
Mean		43.65	68.53	24.88
Std. Deviation		6.566	8.804	2.472

Fuente: Elaboración propia

Descriptivos

Tabla N°31: Definiciones

Promedio (\bar{x})	=	24.88
Desviación Estándar (S)	=	2.47
Tamaño de muestra (n)	=	17
Grados de Libertad (G.L.)	=	16

Fuente: Elaboración propia

T de Student Tabla para $\frac{\alpha}{2} = 0.025$ y G.L. = 16

$$t_t = 2.120$$

T de Student Calculado (SPSS)

$$t_c = 41.504$$

Tabla N°32: Estadísticas de muestras emparejadas

		Paired Samples Test							
		Paired Differences			95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	ProduccionM - ProduccionA	24.882	2.472	.600	23.611	26.153	41.504	16	.000

Fuente: Elaboración propia

Entonces: Si $t_c > t_t$; se acepta h_1

$$t_c = 41.504 > a t_t = 2.120$$

h_1 : Se incrementa la productividad en la fabricación de tuberías criogénicas mediante la metodología JIT.

Valor de p

$$p = 1.0148 \times 10^{-17}$$

Entonces: Si $p < \alpha$, podemos concluir que la hipótesis alterna h_1 se usa.

$$p = 0.000 < \alpha = 0.05$$

Podemos concluir que al utilizar la metodología JIT en el proceso de fabricación de tuberías criogénicas se INCREMENTA la productividad.

Test de Normalidad de las muestras de juntas soldadas por día.

Tenemos:

h_{0n} : Los datos usados **PROVIENEN** de una distribución normal

h_{1n} : Los datos usados **NO PROVIENEN** de una distribución normal.

Tabla N°33: Prueba de Normalidad

DiferenciaPU > 20 & DiferenciaPU < 30 (FILTER)		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
ProduccionA	Selected	.186	17	.120	.838	17	.007
ProduccionM	Selected	.171	17	.200	.909	17	.095

a. Lilliefors Significance Correction

Fuente: Elaboración propia

Si el valor de $p < \alpha$; se acepta h_{1n} pero si el valor de $p > \alpha$; se acepta h_{0n}

$$p = 0.120 > \alpha = 0.05$$

Entonces: h_{0n} : Los datos usados **PROVIENEN** de una distribución normal

CONCLUSIONES

- 1) Queda demostrada la hipótesis general, ya que con la implementación de las herramientas Lean Manufacturing se logrará mejorar su efectividad en función al tiempo y al costo. Las tuberías criogénicas deo una rentabilidad del 15,5% con la implementación se logró un ahorro de tiempo de instalación de tuberías criogénicas de 23%.
- 2) Se demuestra la hipótesis específica 1, la mejora actual aplicando la metodología JIT es de un 28% con respecto a la optimización de tiempos, y en costos de fabricación sustituyendo con la nueva soldadura Tigfil 308LG-5 a lo largo de todo el proyecto es de \$ 438,974.08 frente a un \$ 486,324.32 que inicialmente era con la utilización de la soldadura con argón siendo más rentable para la Empresa Metalmecánica.
- 3) Aplicando mejora continua en los cuellos de botella identificados en el proceso de montaje nos arroja: 47% de eficacia frente a un 29% sin mejora; por lo que la implementación de la herramienta Kaizen dio como resultado una mejora en la eficacia del proceso de montaje al optimizar los procesos de montaje de tuberías.

RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda continuar el plan de la secuencia de implementación de las herramientas Lean Manufacturing, el cual deberá capacitar a todos los responsables del proyecto, generando así un compromiso de la empresa desde la gerencia general hasta los operarios.
- 2) La implementación de las herramientas de Lean Manufacturing debe ser comprendido como un proceso de mejoramiento continuo que requiere de retroalimentación y debe ser evaluado continuamente por un responsable. A demás estas herramientas deben ser modificadas según se vayan generando cambios en los procesos y se vayan dando solución a los defectos.
- 3) Para obtener buenos resultados en la aplicación de las herramientas se recomienda poner ímpetu en los avances que va generando la herramienta a través de indicadores, para el Just in time se debe mantener un control con indicadores de acuerdo a la carga de fabricación y para la metodología Kaizen se debe tener un control de la mejora continua en base a indicadores que midan la efectividad de los procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alva, G. (2016). *¿Cuáles son las ventajas de optimizar los procesos en las empresas?* Recuperado 25 de Octubre del 2017. <https://gestion.pe/tendencias/cuales-son-ventajas-optimizar-procesos-empresas>.
- Carro & González. (2012). *Administración de Operaciones. La Productividad y Competitividad*. [Universidad Nacional de Mar del Plata].
- Córdova, F. (2013). *Mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando manufactura esbelta*. (Tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.
- Correa, F. (2007). *Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing). Principales Herramientas*. Revista Raites.
- Guerrero, J. (2016). *Lean es Lean*. Madrid, España: Independent Publishing Platform.
- Hernández, J., & Vizan, A. (2013). *Lean Manufacturing. Conceptos, Técnicas e Implantación*. Madrid: EOI.
- Lefcovich, M. (2004). *Sistema de Manufactura Just In Time*. Recuperado 12 de Agosto del 2017. <https://www.gestiopolis.com/sistema-de-manufactura-just-in-time-jit/>.
- Maldonado, G. (2008). *Herramientas y Técnicas Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad*. (Tesis pregrado), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad de México.
- Mejía, C. (1998). *Indicadores de efectividad y eficacia*. Recuperado 10 de Setiembre del 2017. <http://www.planning.com.co/bd/archivos/octubre1998>.
- Mejía, S. (2013). *Análisis y propuesta de mejora del proceso productivo de una línea de confecciones de ropa interior en una empresa textil mediante el uso de herramientas de manufactura esbelta*. (Tesis pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima - Perú.

Mokate, K. (1999). *Eficacia, Eficiencia, Equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos decir?* INDES.

Pérez, J. & Merino, M. (2009). *Definición de Eficacia*. Recuperado 25 de Octubre del 2017.

Torres, R. (2015). *Propuesta de mejora en el proceso de fabricación de pernos en una empresa metalmecánica*. (Tesis pregrado), Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima -Perú.

Villaseñor, A. (2009). *Manual de Lean Manufacturing* Guía básica. México: Editorial Limusa.

Walton, M. (2004). *Método de Deming en la práctica*. Perú: Editorial Norma.

ANEXOS

Anexo N°1: Matriz de consistencia

Mejora en la Fabricación y mintaje de líneas criogénicas aplicando la Herramienta Lean Manufacturing para reducir los tiempos de Instalación de tuberías.					
Título	Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología
General	¿En qué medida se reduce el tiempo de instalación de tuberías criogénicas aplicando la herramienta Lean Manufacturing'	Determinar en qué medida se reduce el tiempo de instalación de tuberías criogénicas aplicando la herramienta de Lean Manufacturing.	Se reduce el tiempo de Instalación de tuberías criogénicas mediante las herramientas de Lean Manufacturing	X: Implementación del Lean Manufacturing. Y: Reducción del tiempo de Instalación	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Aplicada - Nivel: Descriptivo - Diseño : No experimental - Enfoque: cuantitativo - Población : 2524 diámetros pulgadas - Muestra: 742 diámetros pulgadas. - Técnicas de recolección de datos: Observación de campo Recopilación Documental Entrevista - Tecnicas para el procesamiento de datos: Microsoft Excel IBM SPSS Herramientas de Lean Manufacturing
Específico	¿En qué medida se incrementa la productividad mediante una mejora en la fabricación de tuberías criogénicas aplicando la herramienta Lean Manufacturing?	Determinar en qué medida se incrementa la productividad de la fabricación de las tuberías criogénicas aplicando la herramienta de Lean Manufacturing.	Se incrementa la productividad de la fabricación de tuberías criogénicas mediante la metodología JIT.	X1: Implementación JIT. Y1:Productividad	
Específico	¿En qué medida mejora la eficacia del proceso de montaje de las tuberías criogénicas aplicando la herramienta Lean Manufacturing?	Determinar en qué medida mejora la eficacia del proceso de montaje de las tuberías criogénicas aplicando la herramienta de Lean Manufacturing.	Se mejora la eficacia del proceso de montaje de tuberías criogénicas mediante la aplicación de la metodología Kaizen.	X2: Implementación del Kaizen Y2: Eficacia del proceso de montaje	

Anexo N°3: Formato para el registro de horas.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS CRIOGÉNICAS								
	ACTUAL							
	RESUMEN		#	TPO				
	OPERACIÓN							
	TRANSPORTE							
	CONTROLES							
	ESPERAS							
	ALMACENAMIENTO							
	TOTAL							
	Descripción Actividades	Op.	Trp.	Ctr.	Esp.	Alm.	Tiempo (horas)	
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
TOTAL								

Lima, 06 de mayo de 2019

Sr. Leyniz Arias Llanos

Jefe del Proyecto

Empresa Metalmecánica

Presente. –

La presente tiene por finalidad solicitar su colaboración para determinar la validez del contenido de los instrumentos de recolección de datos a ser aplicados en el estudio denominado **“Mejora de la fabricación y montaje de líneas criogénicas aplicando la herramienta Lean Manufacturing para reducir el tiempo de instalación de tuberías”**.

Su valiosa ayuda consistirá en la evaluación de la pertinencia de cada una de las preguntas para la elaboración de las propuestas de mejora

Agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, nos despedimos de usted.

Atentamente,

 T&M Ingenieros S.A.C.

Eng. Leyniz Arias Llanos
Plant Production Services Manager

Entrevista al jefe del proyecto para determinar la problemática de la empresa

ENTREVISTA PARA DETERMINAR LA PROBLEMÁTICA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍAS CRIOGÉNICAS EN LA EMPRESA METALMECÁNICA

Nombres y Apellidos: Leyniz Arias Llanos

Inicio de labores dentro de la empresa metalmecánica:

1. ¿De qué manera la empresa metalmecánica brinda sus servicios a los clientes?
2. ¿Cómo se realiza el proceso de fabricación y montaje de tuberías criogénicas?
3. ¿Existen dificultades con respecto al método del trabajo que utilizan en estos procesos?
4. ¿Existen dificultades con respecto al estudio de tiempos que utilizan en estos procesos?
5. ¿Existen dificultades con respecto a la mano de obra que interviene en estos procesos?
6. ¿Existen dificultades con respecto al medio ambiente en estos procesos?
7. ¿Existen dificultades con respecto a la maquinaria que interviene en estos procesos?
8. ¿Existen dificultades con respecto a los materiales que interviene en estos procesos?

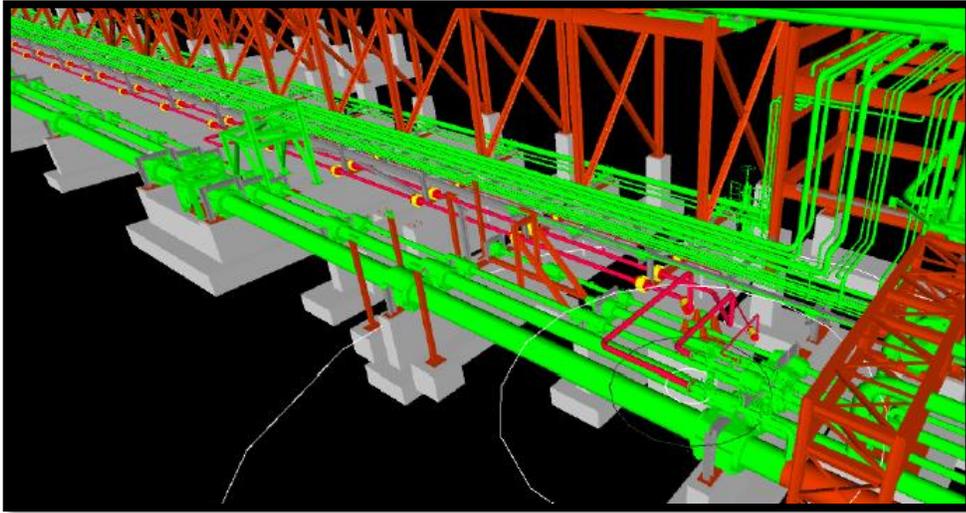
Anexo N°6: Sistema de Gestión de Calidad

SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD (QUALITY MANAGEMENT SYSTEM)		CC/PRO-03/REG-04	
FORMAT A FOR WELDER PERFORMANCE QUALIFICATIONS (WPQ) (See QW-301, Section IX edition 2015, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)		Rev (Edition):	1
		Fecha (Emission):	24/09/12
		Pág.(Sheet):	1 de 1
Welder's name	<u>Rafael Navarro Silvestre</u>	D.N.I.	<u>43435804</u>
		Identification N	<u>RNS</u>
Identification of WPS followed	<u>12019-035-QA-WPS-01</u>	<input checked="" type="checkbox"/> Test coupon	<input type="checkbox"/> Production weld
Specification and type/grade or UNS Number of base metal(s)	<u>ASTM A312</u>		<u>3.4 mm</u>
Testing Variables and Qualification Limits			
Welding Variables (QW-350)	Record Actual Values Used in Qualification	Range Qualified	
Welding process(es)	<u>GTAW</u>	<u>GTAW</u>	
Type (i.e.; manual, semi-automatic) used	<u>Manual</u>	<u>Manual</u>	
Backing (with/without)	<u>Without Backing</u>	<u>Without Backing</u>	
<input type="checkbox"/> Plate <input checked="" type="checkbox"/> Pipe (enter diameter if pipe or tube)	<u>6 in (NPS)</u>	<u>2.5 in (NPS) to Unlimited</u>	
Base metal P-Number to P-Number	<u>P-Number 8 to P-Number 8</u>	<u>P-Number 8 to P-Number 8</u>	
Filler metal or electrode specification(s) (SFA) (info. only)	<u>SFA 5.9</u>	<u>SFA 5.9</u>	
Filler metal or electrode classification(s) (info. only)	<u>ER308L</u>	<u>ER308L</u>	
Filler metal F-Number(s)	<u>F-Number 6</u>	<u>F-Number 6</u>	
Consumable insert (GTAW or PAW)	<u>None</u>	<u>None</u>	
Filler Metal Product Form (solid/metal or flux cored/powder) (GTAW or PAW)	<u>Solid</u>	<u>Solid</u>	
Weld deposit thickness for process	<u>3.4 mm</u>	<u>6.8 mm</u>	
Position qualified (1G,2G,5G,6G,1F,2F,2FR,4F,5F)	<u>6G</u>	<u>All</u>	
Vertical progression (uphill or downhill)	<u>Uphill</u>	<u>Uphill</u>	
Type of fuel gas (OFW)	<u>---</u>	<u>---</u>	
Inert gas backing (GTAW, PAW, GMAW)	<u>Argón 99.9%</u>	<u>Argón 99.9%</u>	
Transfer mode (spray/globular or pulse to short circuit-GMAW (FCAW))	<u>---</u>	<u>---</u>	
GTAW current type/polarity (AC, DCEP, DCEN)	<u>DCEN</u>	<u>DCEN</u>	
Other	<u>Welding in root and finished with Argon gas chamber</u>	<u>---</u>	
RESULTS			
Visual examination of completed weld (QW-302.4)	<u>Accepted</u>		
<input type="checkbox"/> Transverse face and root bends [QW-462.3(a)]	<input type="checkbox"/> Longitudinal bends [QW-462.3(b)]	<input type="checkbox"/> Side bends (QW-462.2)	
<input type="checkbox"/> Pipe bend specimen, corrosion-resistant weld metal overlay [QW-462.5(c)]	<input type="checkbox"/> Plate bend specimen, corrosion-resistant weld metal overlay [QW-462.5(d)]		
<input type="checkbox"/> Pipe specimen, macro test for fusion [QW-462.5(b)]	<input type="checkbox"/> Plate specimen, macro test for fusion [QW-462.5(e)]		
Acceptance Criteria (QW-183)	Type	Result	Type
	<u>---</u>	<u>---</u>	<u>---</u>
	<u>---</u>	<u>---</u>	<u>---</u>
Alternative Volumetric Examination Results (QW-191):	<u>AM&SC-RT-007 / 17</u>	RT <input checked="" type="checkbox"/> or UT <input type="checkbox"/>	
Fillet weld - fracture test (QW-181.2)	<u>---</u>	Length and percent of defects	<u>---</u>
<input type="checkbox"/> Fillet welds in plate [QW-462.4(b)]	<input type="checkbox"/> Fillet welds in pipe [QW-462.4(c)]		
Macro examination (QW-184)	<u>---</u>	Fillet size (in.)	<u>---</u>
		Concavity/convexity (in.)	<u>---</u>
Other tests	<u>---</u>		
Film or specimens evaluated by	<u>Alejandro Meza</u>	Company	<u>AM&SC S.A.C</u>
Mechanical tests conducted by	<u>---</u>	Laboratory test	<u>---</u>
Welding supervised by	<u>Carlos León Sotelo</u>		
We certify that the statements in this record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of Section IX 2015 of the ASME BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE.			
Manufacturer or Contractor		 ING. CARLOS LEÓN S Jefe de Control de Calidad AM&SC S.A.C Fecha: <u>14/09/2012</u>	

Anexo N°7: BOQ Montaje de tuberías

TUBERIAS DE PROCESOS (PRINCIPALES) - A312 TP304L													
ITEM	UNIONES A TOPE Y MONTAJE	DIAMETRO (pulg)	CANTIDAD MTS Contractual	# Pegas Promedio Contractual	Diametro - Pulgada Contractual	RESPONSABLE	PU \$ SUMINISTRO	PU \$ EJECUCIÓN	PRECIO TOTAL Contractual	CANTIDAD MTS Rev1	# Pegas Promedio Rev1	Diametro - Pulgada Rev1	PRECIO TOTAL Rev1
2	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S	3	550	60	180	CLIENTE	N/A	\$ 42.42	\$ 7,635.19	647.3	220	660	\$ 27,995.71
3	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S	4	20	10	40	CLIENTE	N/A	\$ 38.11	\$ 1,524.47	24.4	22	88	\$ 3,353.82
4	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S	6	550	60	360	CLIENTE	N/A	\$ 36.12	\$ 13,001.67	551.7	140	840	\$ 30,337.23
5	ACERO INOXIDABLE A-312-304L SCH 10S	8	550	60	480	CLIENTE	N/A	\$ 35.00	\$ 16,801.48	557.3	117	936	\$ 32,762.88
6	DECAPADO - PASIVADO (J)			190		SUB-CONTRATISTA		\$ 36.21	\$ 6,879.22		499		\$ 18,066.99
7	SERVICIO INSTALACIÓN DE AISLAMIENTO			193		SUB-CONTRATISTA		\$ 30.62	\$ 5,909.16		166		\$ 5,082.49
8	SUMINISTRO DE KITS DE AISLAMIENTO			193		CLIENTE	N/A	N/A			166		
9	PRUEBA NEUMÁTICA - 19 a 21 BAR		1690	PA		SUB-CONTRATISTA		\$ 8.15	\$ 13,776.97	1780.7			\$ 13,776.97
10	FLUSING (SOPLADO DE LIMPIEZA)		1690	PA		SUB-CONTRATISTA		\$ 9.45	\$ 15,974.40	1780.7			\$ 15,974.40
11	MONTAJE DE TUBERIA		1670			SUB-CONTRATISTA		\$ 55.37	\$ 92,470.54	1780.7			\$ 98,600.18
12	SUMISTRO DE TUBERIA		1670			CLIENTE	N/A	N/A					
13	MONTAJE DE SOPORTES - De 10.01 a 25 kg/ud.		270			SUB-CONTRATISTA		\$ 65.25	\$ 17,616.56	311			\$ 20,291.67
14	TOUCH UP DE SOPORTES Y ESTRUCTURAS EN CONTACTO CON SOPORTES (mismo sistema de pintura, soporte apoyado en dos puntos)		270			SUB-CONTRATISTA		\$ 5.73	\$ 1,547.72	311			\$ 1,782.74
15	SUMINISTRO DE SOPORTES		270			CLIENTE	N/A	N/A					
16	HOMOLOGACION DE SOLDADORES, CON PROCEDIMIENTO DE COBRA				8	SUB-CONTRATISTA		\$ 542.90	\$ 4,343.18			13	\$ 7,057.67
17	INERTIZACION DE TUBERIA - OPCIONAL		Global		1	SUB-CONTRATISTA		\$ 19,644.82	\$ 19,644.82	Global			\$ 19,644.82
18	ENDS + RX					CLIENTE	N/A	N/A					
									\$ 217,125.38				\$ 294,727.58

Anexo N 8: Plano isométrico de la instalación de tuberías



Anexo N°9: Selección de las tuberías según la medida



Anexo N°10: Montaje de tuberías criogénicas



Anexo N°11: Soldadura de las tuberías



Anexo N° 12: Instalación de tuberías

