

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE LA  
PRODUCCIÓN, APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN  
MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA METALMECANICA  
DE LIMA METROPOLITANA 2021”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**BACHILLER: APOLINARIO CRUZ ANTONY IVAN**

  
Antony Ivan Apolinario Cruz  
DNI N° 47079238

Callao, 2021  
PERÚ

  
Mg. Alfonso Caldas B.  
Ing. Mecanico  
CIP 53266

(Resolución N°019-2021-C.U. del 20 de enero de 2021)

**ACTA N° 043 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA  
LIBRO 001 FOLIO N.º. 069 ACTA N° 043 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 16 días del mes setiembre, del año 2021, siendo las 20:35 horas, se reunieron, en la sala meet: <http://meet.google.com/npd-amoz-jcny>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- Dr. Juan Manuel Palomino Correa : Presidente
- Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera : Secretario
- Mg. Vladimiro Contreras Tito : Miembro
- Mg. Alfonso Santiago Caldas Basauri : Asesor

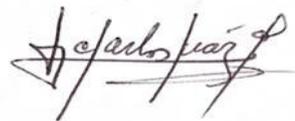
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **APOLINARIO CRUZ ANTONY IVAN**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN, APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA DE LIMA METROPOLITANA 2021"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **14 (catorce)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrada la Sesión a las 21:30 horas del día 16 del mes y año en curso.



Dr. Juan Manuel Palomino Correa  
Presidente de Jurado



Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera  
Secretario de Jurado



Mg. Vladimiro Contreras Tito  
Miembro de Jurado



Mg. Alfonso Santiago Caldas Basauri  
Asesor



**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE LA  
PRODUCCIÓN, APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN  
MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA METALMECANICA DE  
LIMA METROPOLITANA 2021”**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente a mis padres que en su afán de apoyo hacia sus hijos dieron todo cuanto pudieron, también a mis hermanos por su constante y resulta disposición de apoyo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecimiento especial al asesor de mi trabajo  
pues gracias a su guía pude terminar y lograr cerrar una  
etapa importante de mi vida profesional.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>12</b>
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	12
1.2 Formulación del problema (problema general y específicos). .....	13
1.2.1 Problema General	13
1.2.2 Problemas específicos	14
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 Justificación .....	16
1.4.1 Justificación Teórico	16
1.4.2 Justificación Económica	17
1.5 Limitantes de la investigación.....	18
1.5.1 Teórico	18
1.5.2 Temporal	18
1.5.3 Espacial	19
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>20</b>
2.1 Antecedentes: Internacional y nacional. ....	20
2.1.1 Antecedentes Internacionales	20
2.1.2 Antecedentes Nacionales	22
2.2 Bases teóricas: .....	27
2.2.1 Procesos de manufactura	28
2.2.2 Lean Manufacturing origen y desarrollo	32

2.3 Marco Conceptual .....	58
2.3.1 Proceso de implementación	58
2.3.2 Etapas de implementación	59
2.4 Definición de términos básicos: .....	63
2.4.1 Fiabilidad	63
2.4.2 Feedback	64
2.4.3 Troubleshooting	64
2.4.4 Percepción	64
2.4.5 Expectativa	64
2.4.6 Muda	64
2.4.7 Kaikaku	65
2.4.8 Precios Unitarios	65
2.4.9 Precio de venta de la hora compleja	65
2.4.10 Variabilidad	65
2.4.11 Know How	66
2.4.12 Diagrama de Pareto	66
2.4.13 Diagrama de Ishikawa	66
<b>III. VARIABLES E HIPÓTESIS</b>	<b>68</b>
3.1 Hipótesis.....	68
3.1.1 Hipótesis General	68
3.1.2 Hipótesis Específicos	68
3.2 Identificación y definición de variables .....	68
3.2.1 Variable Independiente	68
3.2.2 Variable Dependiente	68
3.2.3 Operacionalización de las variables	68
<b>IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>70</b>
4.1 Tipo y diseño de investigación.....	70
4.1.1 Parámetros de diseño	70
4.1.2 Etapas de diseño	71
4.2 Método de investigación .....	73
4.3 Población y Muestra .....	73

4.4 Ubicación del lugar de estudio y Periodo desarrollado .....	83
4.5 Técnicas e instrumento de recolección de datos .....	85
4.5.1    Técnicas de recolección de datos	85
4.5.2    Instrumento de recolección de datos	85
4.6 Identificación y clasificación de los procesos productivos .....	86
4.6.1    Identificación de áreas y procesos críticos	86
4.6.2    Identificación de consumibles críticos	91
4.6.3    Verificación de las condiciones de las áreas productivas	93
4.6.4    Identificación de actividades que no generan valor	94
4.6.5    Cuantificación y aglomeración de recursos y actividades consideradas como desperdicios.	95
4.6.6    Aplicación de plan de mejora.	96
4.6.7    Aplicación de plan de mejora de producción	98
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>110</b>
5.1 Resultados Descriptivos .....	110
5.1.1    Mejora de tiempos de producción por reingeniería aplicada.	110
5.2 Resultados Inferenciales .....	111
<b>VI.    DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>114</b>
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	114
6.1.1    Contrastación N°1 referente a la hipótesis 1.	114
6.1.2    Contrastación N°2 referente a la hipótesis 2.	114
6.1.3    Contrastación N°3 referente a la hipótesis 3.	115
6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares .....	115
6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes .....	117
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>118</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>120</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>121</b>
<b>VII.    Bibliografía</b>	<b>121</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>124</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Operacionalización de las variables.....	69
TABLA 2. Muestra de personal Operativo IDMH PERU SAC .....	74
TABLA 3. Muestra de personal Operativo PRODUCTOS FORJADOS .....	75
TABLA 4. Muestra de personal Operativo INDUSTRIA CROM.....	75
TABLA 5 Muestra de Maquinaria de la empresa IDMH PERU SAC .....	76
TABLA 6. Muestra de Maquinaria de la empresa PRODUCTOS FORJADOS	77
TABLA 7. Muestra de Maquinaria de la empresa INDUSTRIA CROM .....	78
TABLA 8. Muestra de productos fabricados mensualmente por IDMH PERU SAC.....	78
TABLA 9. Promedio mensual de ventas INDUSTRIA CROM .....	79
TABLA 10. Tiempo de producción de componentes en el área de mecanizado IDMH PERU SAC- Promedio mensual.....	80
TABLA 11. Muestra de consumo anual de herramientas y consumibles de la empresa IDMH PERU SAC.....	81
TABLA 12. Muestra de consumibles- Herramientas críticos analizados empresa IDMH PERU SAC.....	82
TABLA 13 Muestra de la población de materiales de la empresa IDMH PERU SAC.....	83
TABLA 14 .Técnicas de recolección de datos usados en la empresa IDMH PERU SAC.....	86
TABLA 15. Identificación de áreas operativas según su criticidad de la empresa IDMH PERU SAC.....	89
TABLA 16. Identificación de consumibles de mayor rotación de la empresa IDMH PERU SAC.....	92
TABLA 17. Identificación de actividades que no generan valor agregado en la planta industrial IDMH PERU SAC.....	95
TABLA 18 Análisis de consumo e herramientas críticas de la empresa IDMH PERU SAC.....	97

TABLA 19. Comparativo entre proveedores de gastos anuales de insertos en mecanizado IMDH PERU SAC .....	108
TABLA 20. Determinación de condición de placas según funcionalidad para el área de mecanizado IDMH PERU SAC .....	109
TABLA 21. Hipótesis general y específicas del presente trabajo .....	114

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas para identificación problemática	15
Figura 2. Taxonomía de procesos de manufactura	29
Figura 3 Diferencia de los tipos de mecanizado	31
Figura 4. Mecanizado mediante arranque de viruta	31
Figura 5. Pilares del TPS, llamado TPS house o Lean Operation	33
Figura 6 La evolución hacia Jidoka	36
Figura 7. Lista de técnicas y técnicas asimiladas a acciones de mejora de sistemas Productivos	37
Figura 8 Beneficios de la implementación Lean	38
Figura 9. Identificación de los 8 tipos de desperdicios Lean Manufacturing	39
Figura 10. MUDA(Desperdicio) Inventario	40
Figura 11. MUDA Sobreproducción	41
Figura 12. MUDA Tiempo de espera	41
Figura 13. MUDA Transporte	42
Figura 14 MUDA Movimientos	43
Figura 15. MUDA Sobre procesos	43
Figura 16. MUDA No calidad	44
Figura 17 Que son las 5S	47
Figura 18 Las seis grandes pérdidas en los equipos productivos	50
Figura 19 Adaptación de “Jidoka: Automatización con un toque humano”	52
Figura 20 Ciclo PDCA	54
Figura 21 Nivelación del mix de producción	56
Figura 22 Esquema del sistema Kanban	57
Figura 23. Ejemplo de tarjeta Kanban (Planta industrial productos forjados-Área de producción)	58
Figura 24. Hoja de ruta para la implementación LEAN	60
Figura 25. Ejemplo de símbolo VSM	63
Figura 26. Ubicación de la planta industrial IDMH PERU SAC	83
Figura 27. Ubicación de la planta industrial de INDUSTRIAS CROM EIRL	84

Figura 28. Ubicación de la planta industrial de PRODUCTOS FORJADOS SAC	84
Figura 29. Diagrama de PARETO de ventas con mayor rotación mensual – IDMH PERU SAC	87
Figura 30. Diagrama representativo de la rotación de productos de IDMH PERU SAC	88
Figura 31. Diagrama comparativo de facturación mensual con rotación mensual de IDMH PERU SAC	88
Figura 32. Grafica de tiempos de mecanizado por componente IDMH PERU SAC.	89
Figura 33. DIAGRAM DE PARETO para identificación de componentes críticos IDMH PERU SAC	90
Figura 34. Representación de las ventas mensuales de la empresa INDUSTRIA CROM	90
Figura 35. Esquematzación de consumo de insumos-herramientas por área de la planta IDMH PERU	91
Figura 36. Diagrama de PARETO de flujo de consumibles anuales de la planta IDMH PERU SAC	92
Figura 37. Registro fotográfico del desorden del área de mecanizado de la empresa IDMH PERU SAC	93
Figura 38- Registro fotográfico del torno CNC SL-40 IDMH PERU SAC	93
Figura 39. Registro fotográfico del apilamiento en almacén de la empresa INDUSTRIA CROM	94
Figura 40 Diagrama Ishikawa de evaluación de MUDA en la planta industrial de IDMH PERU SAC	96
Figura 41. Cuadro comparativo de consumos anuales de herramientas de mecanizado por tipo de proceso.	98
Figura 42. Interface de software OPEN ORANGE	99
Figura 43. Inicio de programación de actividades en el software de control	100
Figura 44. Módulo de gestor de planificación de actividades en la planta industrial IDMH PERU SAC	100

Figura 45. Interface de módulo de gestión OPEN ORANGE de la empresa IDMH PERU SAC	101
Figura 46. Módulo de gestor de actividades para control de producción IDMH PERU SAC	101
Figura 47. Cuadro Gantt de programación de actividades según Software OPEN ORANGE	102
Figura 48. Nuevo método de habilitado de material (barras de acero) para el área de mecanizado de la empresa IMDH PERU SAC	103
Figura 49. Extracto de informe IDMH 010-2018, cambio de habilitado en barras sólidas para poleas de fundición Gris( 4R Y 5R)	104
Figura 50. Extracto de informe IDMH 006-2018, cambio de habilitado en barras agujeradas para laberintos de carro minero.	104
Figura 51. Diseño de dispositivo mecánico de sujeción de poleas para mecanizado de canal de polea.	105
Figura 52. Corrección del molde de poleas de fundición gris	106
Figura 53. Cambio de herramienta uy parámetros de mecanizado para ruedas U-35 carro minero- IDMH PERU SAC	107
Figura 54. Resultados en tiempos y uso de herramientas para el mecanizado de piezas denominadas “Laberintos hembra y Macho”	110
Figura 55. Resultado de las implementaciones de reingeniería aplicada en la planta de IDMH PERU SAC	111
Figura 56. Comparativo de resultados en tiempos y uso de herramientas para el mecanizado de piezas denominadas “Laberintos hembra y Macho.	112
Figura 57. Muestra de optimización de tiempos de producción	112
Figura 58. Comparativo de resultado de mejora de producción	113
Figura 59. Comparativo de resultados en la reducción de consumos de insertos por año de la empresa IDMH PERU SAC	113

## RESUMEN

La implementación de un plan de mejora de la producción basada en la metodología Lean Manufacturing tuvo como campo de estudio la industria metalmecánica de Lima Metropolitana.

El trabajo se sitúa en Lima desde enero del 2018, y justamente para este año la industria en general se vio golpeada por una recesión económica mundial y destapes de corrupción internacional, inmersos en esa coyuntura se acentuó más la exigencia de reducir los costos de producción sin limitar las capacidades productivas, sino aumentando la capacidad de los recursos.

La metodología de Lean Manufacturing viene siendo aplicada a nivel internacional desde hace décadas; sin embargo, en nuestra industria es limitada su aplicación, peor aún es desconocida. El presente trabajo implica un aporte a nuestra industria, lo medular de la metodología Lean manufacturing radica en generar ahorro evitando el desperdicio, entendiendo por desperdicios a los recursos mal empleados como las horas hombre, materiales, consumibles y horas máquina. Es así que, el objetivo del presente trabajo fue la implementación de un plan de mejora de la producción en la industria metalmecánica de Lima Metropolitana, la metodología seguida en la investigación es de tipo aplicada, cuantitativa y transversal.

Los resultados se evidencian mediante tablas comparativas donde se aprecia el ahorro y reducción de costos. Debe quedar claro que la metodología Lean es universal y de único principio, sin embargo, la aplicación está sujeta a cada industria y compañía intervenida, es ahí donde radica el criterio básico para una correcta implementación bajo lineamientos de Lean Manufacturing.

Palabra clave: Lean, Manufacturing, ahorro, desperdicio, optimización, metalmecánica.

## **ABSTRACT**

The implementation of a production improvement plan based on the Lean Manufacturing methodology had as a field of study the metalworking industry of Metropolitan Lima.

The work has been located in Lima - Peru since January 2018 and precisely for this year the industrial sector in general was hit by a global economic recession and uncovered international corruption, immersed in that situation, the demand to reduce production costs was settled. without limiting productive capacities, but increasing the capacity of resources.

The Lean Manufacturing methodology has been applied internationally for decades, however, in our industry the application is still limited and worse still it is unknown, so this work implies a contribution to our industry, the core of the methodology Lean manufacturing is about generating savings avoiding waste, understanding waste to misused resources such as man hours, materials, consumables and machine hours, etc. Thus, the objective of this work was the implementation of a plan to improve production in the metalworking industry of Metropolitan Lima, the methodology followed in the research is applied, quantitative and transversal.

The results show through the comparative tables the savings and cost reduction. It should be clear that the Lean methodology is universal and of a single principle, however, the application is subject to each industry and company involved, there lies the basic criteria for a correct implementation under Lean Manufacturing guidelines.

Keyword: Lean, Manufacturing, savings, waste, optimization, metalworking.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto se logra contextualizar en medio de la crisis económica mundial, corrupción regional (caso Odebrecht) y desastre del fenómeno del niño, evidentemente nuestro país como parte del mercado mundial y actor principal en el contexto se ve afectado directamente de ello y es traducido en nuestra industria al desacelerar y trabar la producción en diversas áreas.

Una de las áreas que es duramente golpeada fue la industria metalmecánica, pues muchos proyectos de gran envergadura, los cuales son considerados y proyectados a generar dinamismo económico en nuestro país se vieron afectados y paralizados, tanto por la crisis económica, por la crisis de corrupción, las trabas que esto arraigaban y el golpe de la naturaleza que se dio en inicios del 2017. La minería como actividad productiva principal fue mermada y la construcción en general.

Ante la difícil situación, las empresas atravesaban momentos críticos el cual obligaba a reducir los costos en todos los aspectos, la austeridad era el criterio general adoptada. Para ello no solo era la reducción de costos administrativos, sino que se debía optimizar los procesos productivos en las empresas, administrando de manera eficiente los recursos.

Con el criterio de mejora y reducción de costos se busca implementar y corregir procesos de producción estableciendo procedimientos y mejoras basadas en el pensamiento LEAN MANUFACTURING, la aplicación de este principio se materializa en PLANES DE MEJORA, en el desarrollo del proyecto se evidencia claramente como fue plasmado la implementación para aliviar la crisis que se atraviesa.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### 1.1 Descripción de la realidad problemática.

La industria metalmecánica de Lima Metropolitana, tiene un largo periodo de desarrollo, diversas compañías en el transcurso de los años fueron consolidando la industria metalmecánica como un sector importante para la economía peruana. La industria metalmecánica representa una industria determinante que provee de estructuras, máquinas y medios productivos para los demás sectores de la económica peruana como lo es la minería, pesca, agricultura y construcción, es decir la industria metalmecánica es vital para nuestra economía y lo vimos entre una de las primeras actividades en reactivarse tras los duros meses de pandemia que aún vivimos.

Dicho lo anterior vemos lo crucial e importancia de la industria metalmecánica, ello significa una sola cosa para las compañías que conforman esta industria, la industria metalmecánica es muy competitiva y solo las empresas o compañías que puedan optimizar y ser competitivas podrán avanzar o mantenerse en el tiempo, es innegable también que la tecnología es vital en esta industria.

La investigación tuvo lugar en cuatro compañías que forman parte de la industria metalmecánica mediana y pesada, estas son proveedores directos de la minería, construcción, pesca y agricultura, estas compañías donde se desarrolló la implementación son representativas de la industria metalmecánica de LIMA Metropolitana, cada una de las compañías con su realidad, pero a la vez con un mismo fin de competir por el mercado.

La competitividad en la industria metalmecánica no solo representa ser puntuales en las entregas de los productos o proyectos, pues en muchos casos para lograr una meta las compañías usan más recursos de las que corresponden. Ser competitivos significa ser prudentes y aprovechar cada factor de producción al máximo, significa evitar mermas, evitar reprocesos y ser eficientes.

El presente trabajo de investigación se contextualiza en estas condiciones y entendiendo la necesidad de mejorar y optimizar las actividades de esta industria, demanda aplicar o corregir los procesos productivos, hacer que sean

ágiles y efectivos para usar lo necesario, ese pensamiento se le denomina Lean Manufacturing, pensamiento muy usado en las industrias de países de primer mundo que responde al nivel cultural de la sociedad. La investigación no pretende solo solucionar un problema en particular sino también aportar al cambio de mentalidad de nuestra industria, a usar lo necesario en el tiempo correcto y ejecutar las actividades o trabajos de manera óptima y con calidad que exige el mercado y necesidades de nuestro país.

## 1.2 Formulación del problema (problema general y específicos).

La producción en la industria metalmecánica actual exige ser eficientes, es decir administrar adecuadamente los recursos. Producir sin tener procedimientos claros y establecidos significa producir mediante una deficiente gestión de los recursos, sumado a ello producir bajo procedimientos obsoletos causan la pérdida de competitividad, ello se materializa en:

- Alto costo de producción.
- Demora en los tiempos de producción y demora de las fechas de entrega de los productos.
- Deterioro del prestigio de la compañía ante los clientes.
- Pérdida de competitividad en el mercado de la industria metalmecánica en este caso específico.

En ese sentido es de vital importancia entender que la producción en la industria metalmecánica recae fundamentalmente en emplear adecuadamente todos los recursos, básicamente; materia prima, mano de obra y maquinaria, estos tres factores deben ser adecuadamente controladas y empleadas bajo procedimientos claros que busque su eficiente uso.

### 1.2.1 Problema General

¿De qué manera la implementación de un plan de mejora de la producción basado en la metodología Lean Manufacturing optimiza los recursos productivos, reduce los costos de producción y aumenta la productividad en la industria metalmecánica de Lima Metropolitana 2021?

### 1.2.2 Problemas específicos

1. ¿De qué manera la planificación mediante la metodología Lean Manufacturing nos garantiza una correcta gestión de los recursos productivos de una planta industrial de metalmecánica?
2. ¿En qué medida la reingeniería mediante la metodología Lean Manufacturing a los procesos productivos aumenta la eficiencia y reduce los costos de producción de una planta industrial de metalmecánica?
3. ¿Cómo la implementación de módulos de control permite garantizar y sostener las mejoras de productividad logradas?

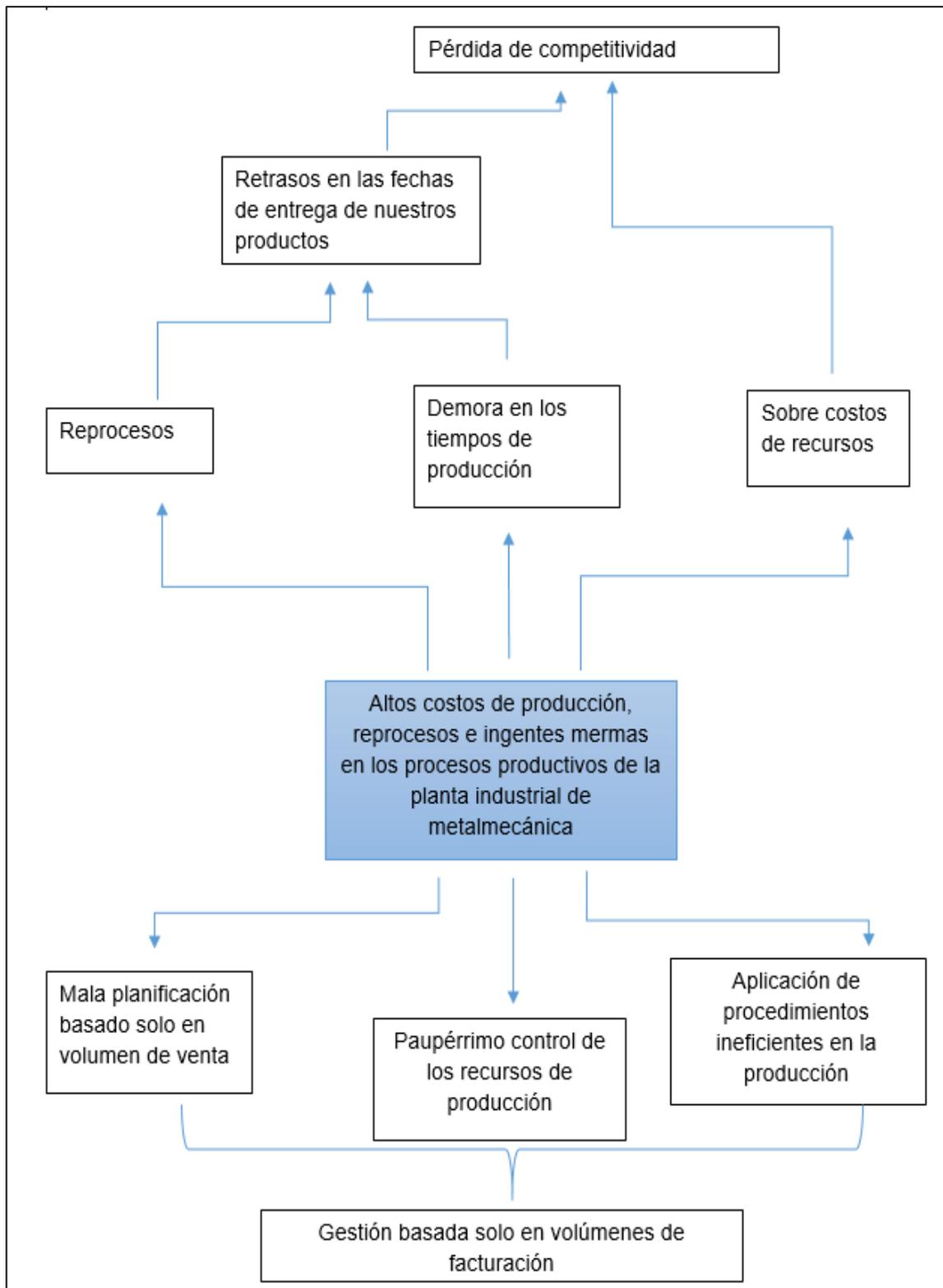


Figura 1. Árbol de problemas para identificación problemática. Elaboración propia

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

Implementar un plan de mejora de producción en una planta de metalmecánica basado en la metodología Lean Manufacturing para lograr optimizar los recursos productivos, reducir los costos de producción y aumentar la productividad de compañías en la industria metalmecánica de Lima Metropolitana 2021

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

4. Planificar mediante la metodología Lean Manufacturing para gestionar adecuadamente los recursos productivos de una planta industrial de metalmecánica.
5. Desarrollo de reingeniería en los distintos procesos de producción críticos para la reducción de actividades y materiales que no generan valor agregado mediante Lean Manufacturing
6. Implementación módulos de control en los distintos procesos productivos para sostener el aumento de productividad.

### 1.4 Justificación

#### 1.4.1 Justificación Teórico

La industria en general se encuentra en constante cambio y adaptación, pese a la divergencia de los rubros todos tiene una orientación y objetivo, ser competentes. Diversas compañías en el mundo y también en nuestro país vienen implementando metodologías de mejoras y ponen en práctica sistemas tecnológicos capacitando al personal para lograr ahorro y optimizar los recursos.

Dada la necesidad de la industria para optimizar los recursos surgen los sistemas esbeltos que justamente son un criterio para optimizar, alineados a través de procedimientos de mejora. Es así que, la metodología LEAN es ampliamente aplicado, para nuestro caso decantaremos en la metodología LEAN MANUFACTURING.

La aplicación del método LEAN refleja en el cliente un mayor compromiso y calidad de los productos. Así mismo lo medular de la implementación es el ahorro económico que se refleja en la empresa que la aplica.

Para nuestro caso, las compañías de Lima Metropolitana, tienen años de desarrollo, pero no precisamente aplican métodos o tecnologías de gestión y ello se evidencia en la limitada capacidad de procesar información según la exigencia del mercado. Hoy en día debido a la exigencia del mercado muchas empresas invierten en la adquisición de software de gestión y control buscando siempre generar mayor rentabilidad.

Lo medular del presente trabajo de investigación es identificar todos los procesos y en específico los procesos críticos que intervienen para fabricar un componente o producto, ya sea horas hombre, insumos, materia prima y servicios tercerizados para lograr obtener el producto. Veremos más adelante como es el flujo para obtener un componente determinado haciendo uso de un software de gestión, la base de datos que empleará este software no es otra cosa más que la información recogida de planta, el tiempo de producción, los insumos y herramientas necesarias, la designación de las máquinas donde se elaborará, la compra de los insumos, es decir daremos toda la información al software para que está analice y entregue una secuencia final del proceso y también es posible que el software identifique el proceso en el que se encuentre el componente en un determinado periodo de tiempo.

#### 1.4.2 Justificación Económica

En una compañía de metalmecánica, es fundamental el uso adecuado de los recursos, la merma de materiales, desperdicio de insumos, sobre tiempo en mano de obra y los retrasos en la procura causan la pérdida de competitividad.

Garantizar la entrega de los productos en el tiempo indicado cumpliendo las características ofrecidas al cliente es determinante para mantener

satisfechos al cliente, es habitual que para el cumplimiento de los compromisos (Orden de compra) se empleará más recursos de los que corresponden, es decir el costo de producción son mayores a lo planificado o cotizado.

Por lo antes mencionado es de suma importancia la implementación de procedimientos que optimicen tanto las actividades y materiales que intervienen en la producción de los productos.

## 1.5 Limitantes de la investigación

### 1.5.1 Teórico

Está determinada por la existencia de investigaciones (ejecutadas) afines a la que se ha realizado. Dentro del ámbito científico, estas limitantes circulan como teorías científicas en las distintas fuentes bibliográficas. (Torres Bardales, 2007)

Es notorio las limitaciones en este aspecto por la escasa información en bibliografía del pensamiento LEAN, sin embargo y debido a la coyuntura actual la información se transmite de manera inmediata, basado en información producida en una industria que aplico la metodología, es decir la información se va obteniendo sistematizando los resultados de la experiencia que se logra aplicando esta metodología (feedback)

Lo mencionado se puede evidenciar con mayor contundencia a nivel internacional, ya que existen resultados que comprueban la efectividad de la FILOSOFIA LEAN, se debe entender también que la aplicación de esta metodología será específica en cada industria y de manera bastante particular a cada entidad o compañía. (Torres Bardales, 2007)

### 1.5.2 Temporal

Las investigaciones empíricas y los análisis teóricos, tienen una fecha de inicio y de término no hay investigaciones eternas, aunque si pueden ser interrumpidas por múltiples factores. (Torres Bardales, 2007)

Para esta limitación se debe entender que la metodología LEAN MANUFACTURING implica una reestructuración de los procesos

productivos y administrativos por lo que una empresa o compañía como es el caso de IDMH PERU S.A.C.; PRODUCTOS FORJADOS S.A.C. o INDUSTRIA CROM S.R.L. deben aplicar los lineamientos en sus propias operaciones y durante sus operaciones. Cabe señalar que ninguna compañía productora tiene la capacidad de frenar alguna área de producción por la necesidad misma de la empresa, es así que cada etapa aplicada en esta industria tuvo que ser lento y sobrepuesta a los procesos antiguos con las que producen las empresas ocasionando que la disponibilidad sea muy restringida, pero a la vez implica mucha precisión para poder implementar las nuevas medidas en un periodo relativamente corto de 6 a 12 meses.

### 1.5.3 Espacial

Esta limitante se refiere al área geográfica (local, regional, nacional e internacional) en la cual está comprendido el problema de investigación. (Torres Bardales, 2007)

El proceso de investigación y toma de data para este proyecto se desarrolló en cuatro compañías que representan perfectamente la industria metalmecánica de Lima Metropolitana, en las cuatro empresas la aplicación se realizó en sus determinadas plantas de producción.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.

La necesidad del mercado mundial empuja a los especialistas a innovar, tal es el caso de la industria productiva, pudiendo ser esta de construcción, metalmecánica o extractiva. Al ser parte de la industria vemos que esta se encuentra en una constante transformación y adaptación a las mejoras tecnológicas, tal es el caso de la implementación de la filosofía LEAN MANUFACTURING, las actividades económicas se ven favorecidas con la implementación de esta metodología.

En la industria ya es generalizada la aplicación de LEAN MANUFACTURING y en ese sentido los centros de formación vienen impartiendo esos conocimientos entre sus miembros, principalmente en países totalmente industrializados siendo limitado en nuestro caso, sin embargo, los profesionales de la industria y compañías buscan capacitar y aprender de la filosofía LEAN para lograr la implementación de lineamientos de LEAN MANUFACTURING en sus proyectos o procesos.

Los antecedentes Internacionales se presentan a continuación:

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

En la publicación (SISTEMAS DE PRODUCCIÓN COMPETITIVOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA LEAN MANUFACTURING, 2018), Hernández Concluye que:

*El presente proyecto de investigación tiene la finalidad de analizar el impacto en la mejora continua y la optimización de un sistema de producción mediante la implementación de la herramienta Lean Manufacturing, así como los cambios que se generan en distintas compañías mediante un instrumento; esto se logra usando diferentes métodos y técnicas de investigación, como lo es la revisión documental de diferente literatura, el análisis documental y la recolección de datos. Dentro de los resultados se obtienen tablas y figuras que muestran la eficiencia de esta herramienta, lo cual comprueba su validez mediante casos de éxito donde se implementó, además información relevante que podría ser utilizada como base en las empresas que no hayan optado por su aplicación.*

En la publicación (MODELO METODOLÓGICO DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING, 2017), se recomienda:

*“Se diseñó una metodología flexible de implementación de lean manufacturing dirigido a empresas industriales, que partió de los modelos teóricos existentes. Se utilizó la metodología ICOM que permite determinar las relaciones entre los procesos y la construcción del diagrama de contexto de manera que la implementación de lean manufacturing sea más fácil de entender por las empresas. Se revisaron los principales métodos de implementación de diferentes autores que escriben sobre lean manufacturing identificando las 14 prácticas más usadas a través de una matriz comparativa, con lo cual se diseñó la metodología de implementación para empresas pequeñas y por personas con poca experiencia. En este sentido, el artículo se propone ofrecer una alternativa sencilla y ágil para el logro de una implementación exitosa de lean manufacturing, a través de los pasos que la metodología y el modelo proponen.”*

En la tesis de (Añaqui Yarasca, 2016) de la Universidad Politécnica de Valencia, concluye:

*“El presente Trabajo de Fin de Máster tiene por finalidad realizar una guía de integración entre Lean Manufacturing y Seis Sigma que marque las directrices de forma sencilla y clara para que las Pymes puedan acceder al uso de esta metodología.*

*Se revisará la literatura actual existente y analizará si es posible una integración de estas dos metodologías, como se complementan entre ellas y cuál es su enfoque para el cliente analizando los beneficios de su implementación, así como el despliegue de actividades, herramientas y técnicas.*

*La guía planteada en el trabajo fue validada mediante un panel de expertos los cuales cumplimentaron un cuestionario con preguntas relacionadas a los objetivos, alcance y beneficios de la integración,*

*así también brindaron recomendaciones y observaciones que serán tomadas en el trabajo y para líneas futuras de investigación.*

*Por último, se concluye que el trabajo en mención cumplió los objetivos planteados y que su implementación puede generar un mayor rendimiento de los procesos con miras a la excelencia de calidad”*

Mientras que en la tesis de (Aguirre Alvarez, 2014) de la Universidad Nacional de Colombia., concluye que:

*“Se concluye que la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios, en este caso tiempos de espera, defectos y eficiencia de la mano de obra, en el eslabón productivo de la cadena de suministro, fueron mayores cuando se combinaban las herramientas Lean, que cuando eran aplicadas de manera independiente. De esta manera, el texto explica como problemática central el uso de las herramientas Lean Manufacturing, como objeto para incrementar la productividad, en este caso medido por las unidades producidas al final de la línea de la cadena de suministro de las Pymes, con base en la eliminación de desperdicios, registrando cómo la combinación de estas herramientas en los procesos productivos resulta ser más significativa para la variable respuesta que realizar la aplicación de las herramientas de manera individual”*

### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

La industria nacional no es exenta de las innovaciones que se vienen implementado bajo la filosofía LEAN, sin embargo, la implementación en el Perú es aún lento, no podemos hablar de una masificación de esta tecnología en nuestros procesos productos, pero si podemos evidenciarlos en la gran industria, minería, manufactura e hidrocarburos.

Pese a la situación lenta de implementación y sobretodo de la difusión de la filosofía LEAN, en los centros académicos podemos ver una creciente

aplicación y desarrollo de la metodología LEAN y eso es producto de la necesidad del mercado, la industria peruana está cambiando y exige eficiencia por lo que las compañías productivas invierten en capacitar y adquirir herramientas para lograrla aplicación de la filosofía LEAN.

En la tesis de Portada Hernani Luis Enrique, 2014. Propuesta de mejora continua de procesos Lean Manufacturing para una empresa carrocera”. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú

Recomienda:

“Este trabajo muestra el proceso de análisis de identificación de las raíces de un problema dentro de un proceso industrial, y busca proponer una solución alternativa para la empresa en estudio. Se detalla la información teórica necesaria para entender las etapas de un proceso industrial, así también, se indica una breve descripción de la empresa y de su proceso de manufactura. Se utilizó la metodología DMAIC para la definición del proceso a evaluar, la elección de los parámetros de medición, y el análisis en las hojas de registro de la empresa en el año 2015; para poder identificar las causas raíz que originan el incremento de unidades defectuosas, y proponer una alternativa de solución que mejore la productividad operativa y satisfacer la demanda actual. Esta propuesta alternativa está basada en la utilización de herramientas de Lean Manufacturing para la erradicación de desperdicios operativos. Finalmente, se han calculado los indicadores VAN y TIR para determinar la viabilidad de la inversión de la propuesta de mejora”

En la tesis (Cruz Chu, y otros, 2018) de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Recomienda:

“Las empresas que incorporan o desarrollan buenas prácticas tienen una ventaja competitiva respecto a otras. Dentro de la gestión de manufactura, las empresas consideran la metodología lean Manufacturing (LM) debido a sus herramientas y técnicas, como una buena práctica para responder a las demandas actuales del mercado, entregando productos que

satisfacen totalmente a sus clientes y consumidores. Por esta razón, la presente investigación tiene como objetivo identificar las buenas prácticas en gestión de manufactura utilizando esta metodología en las empresas de consumo masivo de alimentos en el Perú.

La investigación se realizó bajo un enfoque cualitativo, obteniendo entrevistas basadas en las dimensiones de LM previamente revisadas en la literatura, de empresas líderes de manufactura en consumo masivo local y transnacional. Estas empresas han sido seleccionadas por tener presencia en el mercado local con productos vigentes a lo largo de los años y por ser líderes en sus respectivas categorías. Para ello, se identificaron las buenas prácticas por dimensión en cada empresa, así como también el nivel de madurez en cada una de estas dimensiones y, se analizó la información y datos obtenidos para responder las preguntas planteadas en la investigación.

Los resultados de esta investigación demostraron que mediante la implementación de las herramientas y prácticas de la metodología LM, adaptadas en la mayoría de casos, las empresas buscan ser más competitivas y a su vez lograr que esta se instaure más que como una metodología, sino como parte de la cultura organizacional, por lo cual se considera que desarrollar a las personas es esencial para toda implementación y lograr así mediante un enfoque de mejora continua: (a) obtener la excelencia en manufactura, (b) establecer la importancia de la calidad desde el origen, (c) mantener el control estadístico de procesos para medir la variabilidad en la fabricación, (d) controlar los costos de los productos defectuosos, y (e) gestionar la mejora en sus procesos. Estas últimas fueron algunas de las prácticas identificadas dentro de la investigación.

Por su parte la tesis de (Suarez Medina, 2020) de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

Recomienda:

El presente trabajo consiste en el análisis y mejora del proceso de elaboración de manifolds hidráulicos en una empresa metalmeccánica, enfocándose en las áreas de maquinado y banco de pruebas. Para la realización de las propuestas de mejora se utilizaron herramientas pertenecientes a la metodología Lean Manufacturing, la cual establece formas de mejora y optimización de procesos, enfocándose en la identificación y eliminación de desperdicios, así como de actividades que no generan un valor agregado. Las propuestas de mejora relacionadas con las 5S abarcaron el retiro de los elementos innecesarios en cada una de las zonas, la organización de los elementos necesarios y de los diversos tipos de herramientas utilizadas en el proceso de maquinado y el establecimiento de actividades de limpieza que deben ser realizadas de manera constante por el personal de la empresa y por un servicio especializado que se encargará de una limpieza y desinfección más detallada. Las propuestas relacionadas con el Poka Yoke para prevenir el error humano durante la elaboración del manifold hidráulico incluyeron la implementación de checklist que garantiza el cumplimiento de las condiciones básicas para el inicio de la jornada laboral, checklist para cada orden de trabajo con el objetivo de garantizar la eficiencia del proceso de maquinado, informes técnicos de evaluación y mitigación de errores, formatos de programación semanal de actividades y cartillas para garantizar el cumplimiento del proceso de revisión final. Las propuestas relacionadas con el Mantenimiento Productivo Total (TPM) abarcaron el establecimiento de un programa de mantenimiento constante de los equipos con la finalidad de evitar averías, paradas inesperadas y generación de productos defectuosos. Adicionalmente, se propuso la implementación del indicador de la efectividad global del equipo (OEE) con la finalidad de medir la productividad de los equipos e identificar oportunidades de mejora. Con estas mejoras se estima un aumento del indicador de la efectividad global del equipo (OEE) en ambos centros mecanizados CNC de un 14.6% y 17.2% respectivamente, además de

reducir el tiempo de cambio de herramienta en un estimado de 69%. A través de una evaluación económica se evidenció que la implementación de las propuestas de mejora resulta económicamente viable para la empresa, obteniendo una tasa interna de retorno (TIR) del 41.90% y un valor presente neto (VPN) de 40,393.96 soles en el escenario moderado. Los resultados obtenidos demostraron la utilidad de la aplicación de Lean Manufacturing en la mejora del proceso de elaboración de manifolds hidráulicos.

Mientras que en la tesis de (Barahona Castillo, y otros, 2013) de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Recomienda:

En el presente trabajo se plantea reducir el consumo de zinc aplicando como herramienta de mejora la metodología Lean Six Sigma. Se desarrollan las fases de definición, medición, análisis y mejora, utilizando herramientas de Lean Manufacturing y Six Sigma. En la fase de definición se identifica el problema principal del área de galvanizado mediante una matriz de enfrentamiento que considera una serie de factores para cada uno de los problemas encontrados, dando como principal problema el alto consumo de zinc. Además, se elabora el Project Charter, la voz del cliente, los diagramas de proceso y el cronograma de trabajo. En la fase medición se describe la situación actual del proceso a través del mapa de flujo de valor, se identifican las variables de entrada-salida de cada uno de los procesos del área de galvanizado para seleccionar las variables críticas del proceso que influyen en el problema principal y se evalúa el costo de la no calidad. Se emplea la prueba R&R, gráficos de control y el análisis de la capacidad del proceso para obtener la situación actual del proceso en estudio. La fase analizar se divide en dos grupos: análisis del proceso y análisis de datos. En el primer grupo se identifican los desperdicios en base al mapa de flujo de valor y las oportunidades de mejora a través del uso de las herramientas de lean manufacturing, donde se hace un planteamiento de la situación actual. En el segundo grupo se efectúa el

análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las variables correspondientes a este grupo, donde se obtienen que la longitud de inmersión en la tina de zinc (m) y la velocidad de recogido (m/min) son variables causa raíz que influyen en el problema principal. La fase mejorar es la última que se desarrolla y se divide en dos grupos: mejoras utilizando herramientas de Lean Manufacturing y Six Sigma. En el primer grupo se desarrolla el planteamiento de la mejora propuesta por cada herramienta analizada en la fase anterior y su beneficio. En el segundo grupo se desarrolla el diseño de experimentos para las dos variables que influyen en el problema principal, analizadas en la fase anterior. De esta manera se obtienen los valores de las variables que optimizan el valor de la capa de zinc a 274.7 g/m<sup>2</sup>. Finalmente, la evaluación económica nos ofrece los beneficios económicos alcanzados luego de ejecutarse la fase de mejora.

## 2.2 Bases teóricas:

Según (Hernández Matías, y otros, 2013) define que “Lean Manufacturing 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 éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios”.

Así entonces Lean Manufacturing es un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación de actividades que no agregan valor en un proceso, ello implica costo y esfuerzo. La filosofía Lean Manufacturing se resume en la premisa de ahorrar recursos que no generan valor agregado en la producción o proceso productivo.

Como resultado, una organización que aplique Lean Manufacturing debería ajustar su producción a la demanda, en el momento y las cantidades en que sea solicitada, y con un costo mínimo. Entonces Lean Manufacturing se define como una filosofía de producción que agrupa un conjunto de técnicas que nos facilitan el diseño de un sistema para producir y suministrar en función de la demanda, con el mínimo costo, una calidad competitiva y alta flexibilidad.

### 2.2.1 Procesos de manufactura

Los procesos de manufactura es la agrupación de labores precisas para transformar las características originales de las materias primas. Estos rasgos pueden ser de origen muy cambiante como la forma, la consistencia, firmeza, dimensión o la belleza natural. Se ejecutan en el medio de la industria. Los procesos de manufactura también son llamados como proceso industrial, proceso fabricación o proceso de producción.

La producción de los productos participa en distintos procesos que involucran y cambia las propiedades físicas de las materias primas. Por esta razón, el proceso de manufactura comienza con el acceso de distintos materiales esenciales que van laborando y variando de forma creciente, sucesiva, hasta llegar con el producto final.

Al transcurrir el tiempo el proceso de manufactura fue incluyendo mejoras que se presentaron directamente la fabricación, con la adquisición de experiencia de años pasados. Esto genera un gran beneficio ya que la fabricación vendría vinculada de mejoras en costos, el cual se puede fabricar más y se puede comercializar con un valor económico más bajo. Puesto que el comercio se amplió era viable cubrir la solicitud de los productos.

#### 2.2.1.1 Procesos de manufactura

(Noriega Morales, y otros, 2017) definen de la siguiente manera: El proceso de manufactura es la ciencia y tecnología por la cual un material es convertido a su forma final con la estructura y propiedades necesarias para su uso deseado. La mayor porción del proceso es darla la forma deseada. El procesamiento del producto puede ser simple, una operación de un solo paso o una combinación de varios procesos, dependiendo en que tan procesable es el material que se usa y las especificaciones para la parte terminada, lo cual incluye el acabado superficial, tolerancias dimensionales, entro otras. El método de selección del proceso apropiado esta cercanamente sujeto la selección del material.

De igual forma (Silva Vasquez, 2012) define “El ingeniero observa a los procesos de manufactura como un mecanismo para la transformación de materiales en artículos útiles para la sociedad. También es considerada como la estructuración y organización de acciones que permiten a un sistema lograr una tarea determinada.”

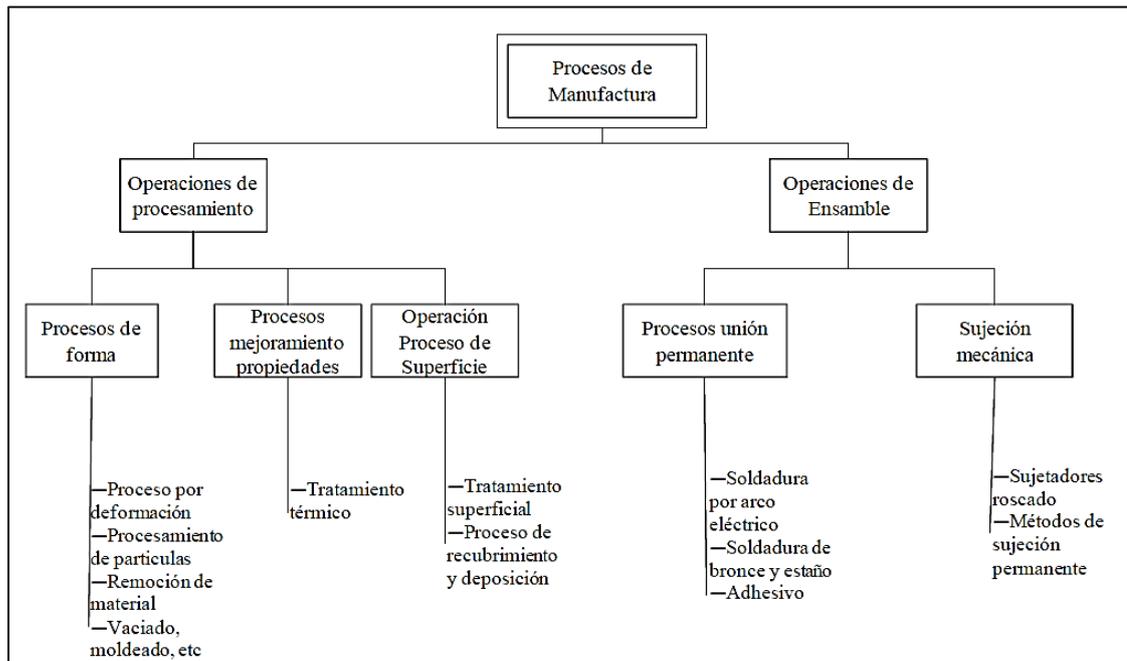


Figura 2. Taxonomía de procesos de manufactura, tomado del libro de Groover, 1996.

### 2.2.1.2 Proceso por arranque de viruta

Este proceso lo define (Silva Vasquez, 2012) como “Dada la diversidad de máquinas herramientas en las plantas industriales de mecanizado, para una mejor comprensión de la teoría de corte; existe una clasificación del tipo de mecanizado; cómo trabajan, qué comportamiento y características poseen. La Figura 2.1 muestra los tipos de máquinas herramientas empleadas en la industria de mecanizado, algunas emplean herramientas que obtienen virutas largas y gruesas; otras cortan el material de forma que la viruta que obtienen es pequeña; y otras cortan el material por cizallamiento sin desprendimiento de virutas”

De igual forma (Estrems Amestoy, 2007) El principio de generación de superficies en este tipo de procesos es el bidimensional, ya que la geometría de la herramienta sólo posee información de un punto o elemento de superficie de la geometría final. Esto tiene como ventaja la flexibilidad para generar mucha variedad de superficies con la misma herramienta. Para generar la superficie se requieren al menos dos movimientos relativos entre la pieza y la herramienta.

La geometría de la pieza final se origina mediante la combinación de dos elementos: La geometría de la herramienta, y el patrón de movimientos relativos entre la pieza y la herramienta. Las máquinas herramienta son las encargadas de generar esos movimientos relativos aportando la energía necesaria al proceso.

De los dos movimientos relativos mínimos para generar la superficie, suele haber uno que es el que consume la mayor parte de la potencia de la máquina. Este movimiento se le suele denominar movimiento primario o de corte. El otro movimiento se usa combinado con el movimiento de corte para ayudarlo a eliminar el material sobrante, este movimiento es llamado movimiento de avance.

Estos movimientos pueden ser a su vez lineales o circulares, pueden llevarlos la herramienta o las piezas indistintamente. Esto hace que haya mucha variedad de máquinas herramientas para generar las superficies: A modo de ejemplo veamos cómo se combinan estas variables en las máquinas herramientas más usuales:

**Tabla 6.1**  
**Lista sintetizada de varios Procesos de maquinado Tradicional (Adaptada de Bralla, 1998; DeGarmo, Black, y Kohser, 1984)**

Proceso	Materiales mas adecuados	Aplicaciones Típicas	Tasa de remoción de material	Tolerancias típicas (mm)	Acabado Superficial típico
Torneado	Todos los materiales ferrosos y no ferrosos considerados maquinables	Rodillos, pistones, pines, ejes, válvulas, tubos, y uniones para tubos	Con acero dulce, hasta cerca de 21 cm <sup>3</sup> /hp.min	±0.025	125 promedio
Taladrado	Cualquier material no endurecido; carburos son necesarios para algunas partes endurecidas	Agujeros para pines, ejes, sujetadores, roscas de tornillos, separadores, y desfoges	Con acero dulce, hasta cerca de 300 cm <sup>3</sup> /min	±0.15-0.025	63-250
Fresado	Cualquier material con buen grado para ser maquinado	Superficies planas, ranuras, y contornos en todo tipo de aparatos mecánicos	Con acero dulce, hasta cerca de 6,000 cm <sup>3</sup> /min a 300 hp	±0.05	63-250
Cepillado	Aceros de bajo y medio contenido de carbón o materiales no ferrosos mejores	Principalmente para superficies planas como bases para maquinaria y deslizadores pero también para contornos	Con acero dulce, hasta cerca de 10 cm <sup>3</sup> /hp.min	±0.13	63-125
Perfilado	Aceros de bajo y medio contenido de carbón o materiales no ferrosos mejores, no partes endurecidas	Principalmente para superficies planas como bases para maquinaria y deslizadores pero también para contornos	Con acero dulce, hasta cerca de 10 cm <sup>3</sup> /hp.min	±0.13	63-250
Mandrilado	Cualquier material con buen grado para ser maquinado	Agujeros cuadrados, rectangulares, o irregulares,, ranuras, y superficies planas	Max. Largo de superficie mandrilado cerca de 1,300 cm <sup>3</sup> /min	±0.025	32-125

*Figura 3* Diferencia de los tipos de mecanizado, tomado de (Silva Vasquez, 2012)



*Figura 4.* Mecanizado mediante arranque de viruta, tomado de UMESAL (Martínez, 2020)

## 2.2.2 Lean Manufacturing origen y desarrollo

El Lean Manufacturing es definido por muchos expertos como una filosofía de mejora continua basada en la eliminación de desperdicios y creación de valor para el cliente, es de origen japonés y está basada en el Lean Operation del Toyota Productive System.

### 2.2.2.1 Sistema de producción Toyota y Lean Operation

El origen de Lean Operation está muy relacionado y por decirlo menos proviene del desarrollo del sistema de producción Toyota, como todo conocimiento científico, el sistema se experimentó y sistematizó la información obtenida.

En el siguiente artículo (Lean Enterprise Institute) se menciona que “El sistema de producción Toyota (TPS) es implementada posterior a la segunda guerra mundial en Japón, encabezada por el jefe de producción de Toyota Taiichi Ohno en los años de 1950 y 1960”

Siendo los pilares del sistema Just In Time y Jidoka, para (Lean Enterprise Institute) lo encuncia “Los conceptos de justo a tiempo (JIT) y Jidoka tienen sus raíces en el período anterior a la guerra. Sakichi Toyoda, fundador del grupo de empresas Toyota, inventó el concepto de Jidoka a principios del siglo XX al incorporar un dispositivo en sus telares automáticos que detendría el funcionamiento del telar cada vez que se rompiera un hilo. Esto permitió grandes mejoras en la calidad y liberó a las personas para hacer más trabajo de creación de valor que simplemente monitorear la calidad de las máquinas. Finalmente, este concepto simple se abrió camino en cada máquina, cada línea de producción y cada operación de Toyota.

Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi y fundador del negocio de automóviles Toyota, desarrolló el concepto de JIT en la década de 1930. Decretó que las operaciones de Toyota no tendrían exceso de inventario y que Toyota se esforzaría por trabajar en sociedad con los proveedores para

nivelar la producción. Bajo el liderazgo de Ohno, JIT se convirtió en un sistema único de flujos de material e información para controlar la sobreproducción.

El reconocimiento generalizado de TPS como el sistema de producción de modelos creció rápidamente con la publicación en 1990 de *La máquina que cambió el mundo*, el resultado de cinco años de investigación dirigida por el Instituto de Tecnología de Massachusetts. Los investigadores del MIT encontraron que el TPS era mucho más efectivo y eficiente que la producción en masa tradicional que representó un paradigma completamente nuevo y acuñó el término producción ajustada para indicar este enfoque radicalmente diferente de la producción”

Se puede concluir que el TPS, es una síntesis de conocimiento desarrollada por una compañía innovadora que hasta la fecha es pionera en desarrollo tecnológico. Además, los conceptos de TPS son actualmente aplicados y son la base de la filosofía Lean.

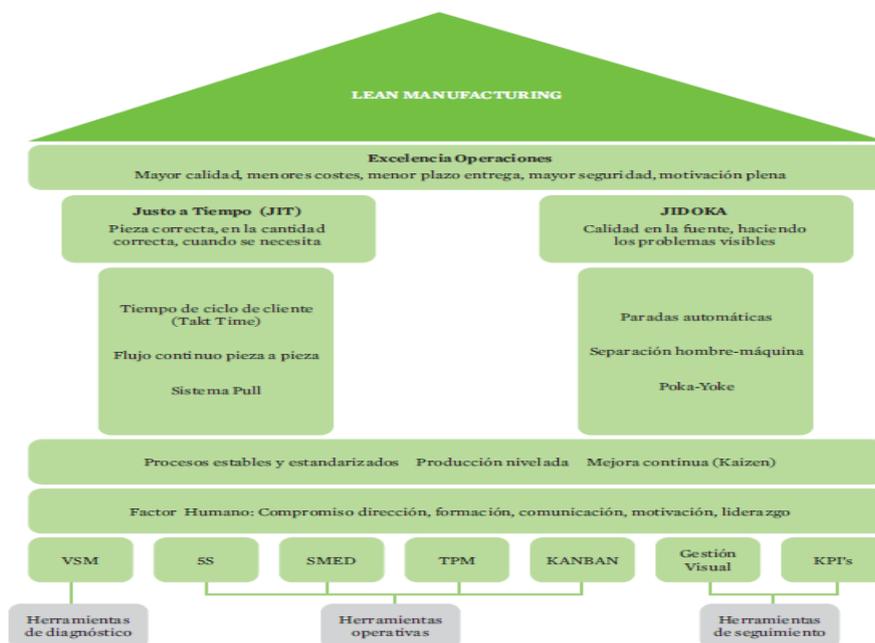


Figura 5. Pilares del TPS, llamado TPS house o Lean Operation, tomado de (Hernández Matías, y otros, 2013)

A continuación, se detalla los dos pilares de TPS

### **Just-in time**

El “Just-in time” tal cual se traduce en “Justo a tiempo”, significa producir en el momento y cantidad necesaria para continuar según necesidad de producción.

Es por ello que en la (Lean Enterprise Institute) menciona sobre JIT que es “Un sistema de producción que produce y entrega justo lo que se necesita, justo cuando se necesita y en la cantidad necesaria. JIT y Jidoka son los dos pilares del sistema de producción de Toyota. JIT se basa en heijunka como base y se compone de tres elementos operativos: el sistema de extracción, el tiempo de takt y el flujo continuo.

JIT tiene como objetivo la eliminación total de todos los residuos para lograr la mejor calidad posible, el menor costo y uso de recursos posibles, y los plazos de producción y entrega más cortos posibles. Aunque simple en principio, JIT exige disciplina para una implementación efectiva.”

Complementando la explicación en una entrevista para ESAN el especialista (Baraybar Cardini, 2018) sustenta “Este sistema es eficiente para producir las cantidades necesarias en los momentos claves. Todo ello tiene un impacto importante en la distribución, ya que permite la entrega oportuna y constante de los bienes distribuidos de acuerdo con las necesidades de los clientes. Así, se garantiza la variedad y las cantidades óptimas y pertinentes de los productos”

El takt time, según (Yepes Piqueras, 2014)“ se podría definir como la cadencia por la cual un producto debería ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente.”

Entonces vemos la importancia de este pilar, a tal punto que es una filosofía de producción.

## **Jidoka**

Tiene origen japonés y se traduce como automatización, pero automatización de los defectos o Automatización con enfoque humano. Vale la pena considerar que el término Jidoka no debe confundirse con Automatización industrial, además constituye el otro pilar del TPS.

En (Lean Enterprise Institute) se menciona "Proporcionar a las máquinas y los operadores la capacidad de detectar cuándo se ha producido una condición anormal y detener el trabajo de inmediato. Esto permite que las operaciones aumenten la calidad en cada proceso y separen hombres y máquinas para un trabajo más eficiente. Jidoka es uno de los dos pilares del sistema de producción de Toyota junto con el just-in-time.

Jidoka destaca las causas de los problemas porque el trabajo se detiene inmediatamente cuando ocurre un problema por primera vez. Esto conduce a mejoras en los procesos que construyen la calidad al eliminar las causas fundamentales de los defectos.

Jidoka a veces se llama autonomía, que significa automatización con inteligencia humana. Esto se debe a que le da al equipo la capacidad de distinguir las partes buenas de las malas de forma autónoma, sin ser monitoreado por un operador. Esto elimina la necesidad de que los operadores vigilen continuamente las máquinas y, a su vez, conduce a grandes ganancias de productividad porque un operador puede manejar varias máquinas, lo que a menudo se denomina manipulación de procesos múltiples.

El concepto de jidoka se originó a principios de la década de 1900 cuando Sakichi Toyoda, fundador del Grupo Toyota, inventó un telar textil que se detenía automáticamente cuando se rompía cualquier hilo. Anteriormente, si un hilo se rompía, el telar producía montones de tela defectuosa, por lo que cada máquina debía ser supervisada por un operador. La innovación de Toyoda permite que un operador controle muchas máquinas. En japonés, jidoka es una palabra creada por

Toyota que se pronuncia exactamente igual (y escrita en kanji casi igual) que la palabra japonesa para automatización, pero con las connotaciones agregadas de valor humanista y de creación.”

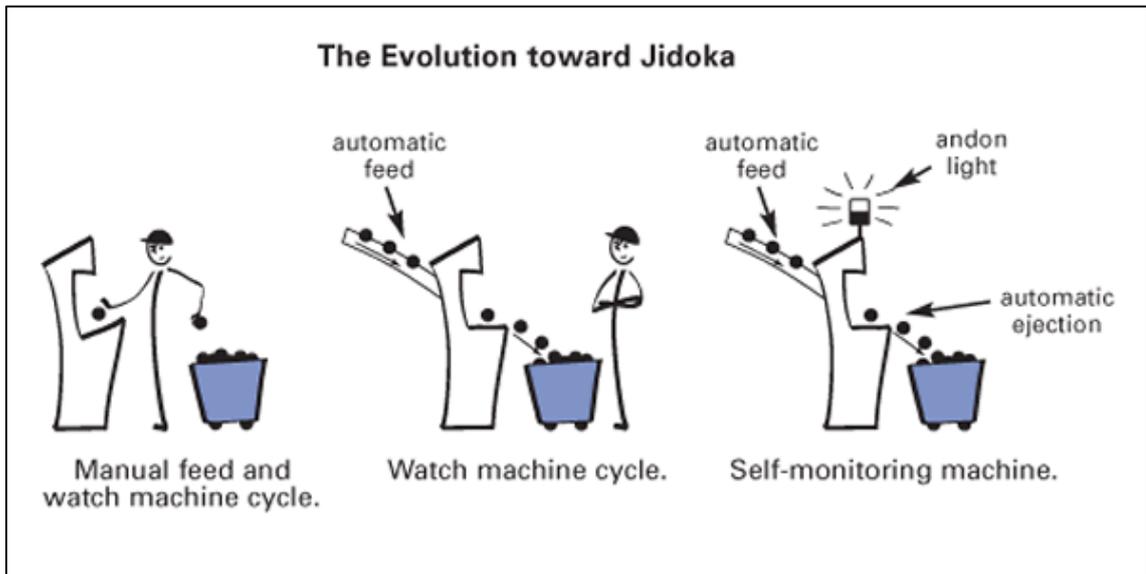


Figura 6. La evolución hacia Jidoka, tomado de (Lean Enterprise Institute)

#### 2.2.2.2 Lean production

Según (Lean Enterprise Institute) Lean production lo define como “Un sistema empresarial para organizar y gestionar el desarrollo de productos, las operaciones, los proveedores y las relaciones con los clientes que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital, menos material y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, en comparación con el anterior sistema de producción en masa.”

#### 2.2.2.3 Metodología Lean Manufacturing

Según (Hernández Matías, y otros, 2013) “Lean es un sistema con muchas dimensiones que incide especialmente en la eliminación del desperdicio mediante la aplicación de las técnicas que se irán describiendo en esta publicación. Lean supone un cambio cultural en la organización empresarial con un alto compromiso de la dirección de la compañía que decida implementarlo. En estas condiciones es

complicado hacer un esquema simple que refleje los múltiples pilares, fundamentos, principios, técnicas y métodos que contempla y que no siempre son homogéneos teniendo en cuenta que se manejan términos y conceptos que varían según la fuente consultada.”

En la figura se muestra la Lista de técnicas y técnicas asimiladas a acciones de mejora de sistemas productivos.

Además, en la figura 7, se muestra los beneficios de la implementación de Lean.

- 
- |   |  |
|---|--|
| • Las 5 S   | • Orientación al cliente               |
| • Control Total de Calidad                            | • Control Estadístico de Procesos      |
| • Círculos de Control de Calidad                      | • Benchmarking                         |
| • Sistemas de sugerencias                             | • Análisis e ingeniería de valor       |
| • SMED  | • TOC (Teoría de las restricciones)    |
| • Disciplina en el lugar de trabajo                   | • Coste Basado en Actividades          |
| • Mantenimiento Productivo Total                      | • Seis Sigma                           |
| • Kanban  | • Mejoramiento de la calidad           |
| • Nivelación y equilibrado                            | • Sistema Matricial de Control Interno |
| • Just in Time  | • Cuadro de Mando Integral             |
| • Cero Defectos                                       | • Presupuesto Base Cero                |
| • Actividades en grupos pequeños                      | • Organización de Rápido Aprendizaje   |
| • Mejoramiento de la Productividad                    | • Despliegue de la Función de Calidad  |
| • Autonomación (Jidoka)                               | • AMFE                                 |
| • Técnicas de gestión de calidad                      | • Ciclo de Deming                      |
| • Detección, Prevención y Eliminación de Desperdicios | • Función de Pérdida de Taguchi        |
- 

*Figura 7.* Lista de técnicas y técnicas asimiladas a acciones de mejora de sistemas Productivos, tomado de (Hernández Matías, y otros, 2013)

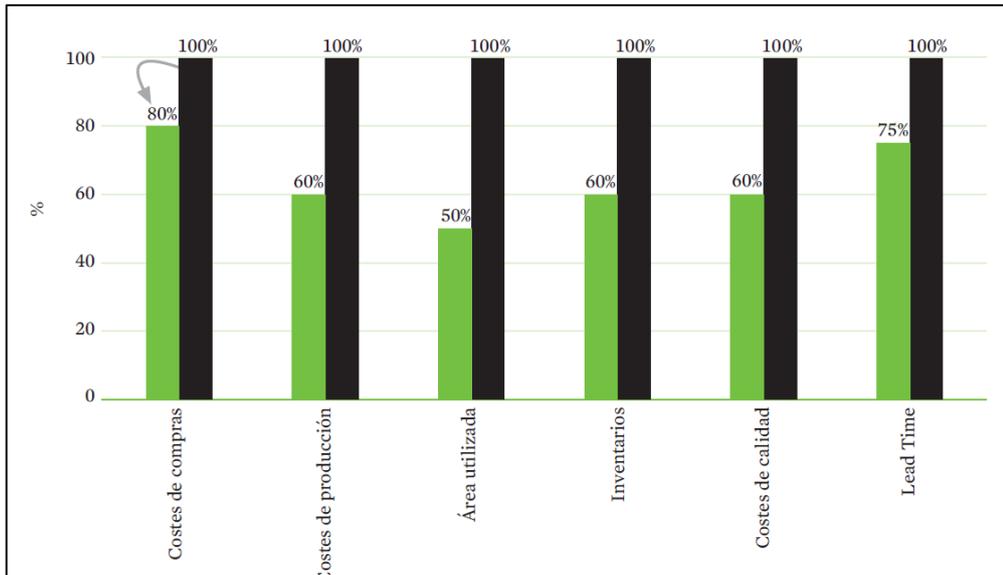


Figura 8. Beneficios de la implementación Lean, tomado del Estudio 300 empresas Aberdeen Group (Aberdeen, 2004)

#### 2.2.2.4 Desperdicios según Lean Manufacturing

La filosofía Lean se resume en generar ahorro mediante la reducción de desperdicios o despilfarros (MUDA), la aplicación o implementación de la metodología Lean en cualquier industria supone identificar ciertas actividades, procesos y recursos mal empleados y evitar el desperdicio. El pensamiento Lean también significa un cambio en nuestra cultura, en nuestra forma de actuar, allí radica la diferencia y efectividad de Sudamérica con respecto a los países asiáticos donde el pensamiento Lean ya es parte de su cultura.

Para (Hernández Matías, y otros, 2013) nos indica “[...] Lean Manufacturing propugna un cambio radical cultural. Este cambio consiste en analizar y medir la eficiencia y productividad de todos los procesos en términos de valor añadido y despilfarro”, también nos dicen “La mejor forma de entender los conceptos descritos y evaluar su magnitud es identificar algunos de los tipos de despilfarros sobre los que se centra el Lean Manufacturing; almacenamiento, sobreproducción, tiempo de espera, transporte o movimientos innecesarios, defectos, rechazos y reprocesos. Para cada uno de ellos

identificaremos sus características y las probables causas de fallos, así como las posibles acciones que propone el sistema Lean para su eliminación ...”

En la figura 9, se muestran los 8 tipos de desperdicio según Lean Manufacturing.



Figura 9. Identificación de los 8 tipos de desperdicios Lean Manufacturing, tomado de (SPC CONSULTING GROUP, 2020)

A continuación, desarrollamos los 8 tipos de desperdicio:

### **Desperdicio por ALMACENAMIENTO (INVENTARIO)**

Para (Hernández Matías, y otros, 2013) “El almacenamiento de productos presenta la forma de despilfarro más clara porque esconde ineficiencias y problemas crónicos hasta el punto que los expertos han denominado al stock la raíz de todos los males”, mas deakante también define “El despilfarro por almacenamiento es el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias para satisfacer las necesidades más inmediatas. El hecho de que se acumule material, antes y después del proceso, indica que el flujo de producción no es continuo”

En la figura 10 se esquematiza el desperdicio por almacenamiento.



*Figura 10. MUDA(Desperdicio) Inventario, tomado de (LEAN SOLUTIONS)*

### **Desperdicio por SOBREPDUCCIÓN**

Para (Hernández Matías, y otros, 2013) “El desperdicio por sobreproducción es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir o diseñar equipos con mayor capacidad de la necesaria. La sobreproducción es un desperdicio crítico porque no incita a la mejora ya que parece que todo funciona correctamente. Además, producir en exceso significa perder tiempo en fabricar un producto que no se necesita para nada, lo que representa claramente un consumo inútil de material que a su vez provoca un incremento de los transportes y del nivel de los almacenes.

El despilfarro de la sobreproducción abre la puerta a otras clases de despilfarro. En muchas ocasiones la causa de este tipo de despilfarro radica en el exceso de capacidad de las máquinas. Los operarios, preocupados por no disminuir las tasas de producción, emplean el exceso de capacidad fabricando materiales en exceso”

En la figura 11 se esquematiza el desperdicio por sobreproducción



Figura 11. MUDA Sobreproducción, tomado de (LEAN SOLUTIONS)

### Desperdicio por TIEMPO DE ESPERA

Según (Hernández Matías, y otros, 2013) “El desperdicio por tiempo de espera es el tiempo perdido como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados pueden provocar que unos operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo. Por ello, es preciso estudiar concienzudamente cómo reducir o eliminar el tiempo perdido durante el proceso de fabricación”

En la figura 12 se esquematiza el desperdicio por tiempo de espera.



Figura 12. MUDA Tiempo de espera, tomado de(LEAN SOLUTIONS)

## Desperdicio por TRANSPORTE

Según (Hernández Matías, y otros, 2013) “El desperdicio por transporte es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible y los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente sin esperar en colas de inventario. En este sentido, es importante optimizar la disposición de las máquinas y los trayectos de los suministradores. Además, cuantas más veces se mueven los artículos de un lado para otro mayores son las probabilidades de que resulten dañados”

En la figura 13 se esquematiza el desperdicio por Transporte



Figura 13. MUDA Transporte, tomado de (LEAN SOLUTIONS)

## Desperdicio por MOVIMIENTOS

Según (SPC CONSULTING GROUP, 2018) “Este término se refiere a los pasos extras que los empleados o los equipos toman por un acomodo ineficiente de la planta, por defectos, re procesos, sobre producción, muy poco o inventario excedido tanto los movimientos adicionales como la transportación excedente toma tiempos adicionales de fabricación no agregando valor al producto o servicio”

En la figura 14 se esquematiza el desperdicio por Movimientos.



Figura 14. MUDA Movimientos, tomado de (LEAN SOLUTIONS)

### Desperdicio por REPROCESOS

Para (Hernández Matías, y otros, 2013) “El despilfarro derivado de los errores es uno de los más aceptados en la industria aunque significa una gran pérdida de productividad porque incluye el trabajo extra que debe realizarse como consecuencia de no haber ejecutado correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores, para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de retrabajo o de inspecciones adicionales”

En la figura 15 se esquematiza el desperdicio por reprocesos.



Figura 15. MUDA Sobre procesos, tomado de (LEAN SOLUTIONS)

## Desperdicio por DEFECTOS

Según (SPC CONSULTING GROUP, 2018) “Son aspectos que tus productos o servicios no están conformes a los requerimientos de nuestros clientes, estos causan insatisfacción y por ende perdida del mercado, además ocultan costos por garantías, devoluciones o disputas con los clientes por multas o sanciones”

De igual forma (Hernández Matías, y otros, 2013) “También debería haber un control de calidad en tiempo real, de modo que los defectos en el proceso productivo se detecten justo cuando suceden, minimizando así el número de piezas que requieren inspección adicional y/o repetición de trabajos”

En la figura 16 se esquematiza el desperdicio por defectos.

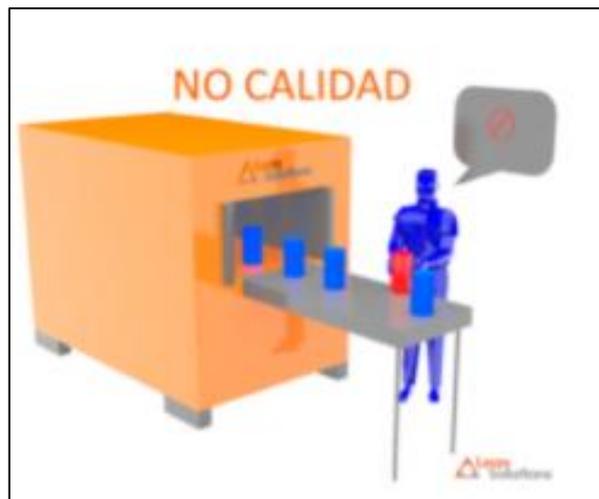


Figura 16. MUDA No calidad, tomado de (LEAN SOLUTIONS)

## Desperdicio por CONOCIMIENTOS NO UTILIZADOS

Según (SPC CONSULTING GROUP, 2020) “Es cuando no se utiliza el conocimiento y la creatividad de la gente a cargo, personal de la organización.

#### 2.2.2.5 Técnicas de Lean Manufacturing

La metodología Lean supone la aplicación de técnicas que, de manera independiente o conjunta, estas técnicas deben ser manejadas y aplicadas según las condiciones del entorno, debemos entender también que la aplicación de la metodología Lean es gradual y secuencial.

Es así que; (Hernández Matías, y otros, 2013) describe “El Lean Manufacturing se materializa en la práctica a través de la aplicación de una amplia variedad de técnicas, muy diferentes entre sí, que se han ido implementado con éxito en empresas de muy diferentes sectores y tamaños.

Estas técnicas pueden implantarse de forma independiente o conjunta, atendiendo a las características específicas de cada caso. Su aplicación debe ser objeto de un diagnóstico previo que establezca la hoja de ruta idónea”

Entre las técnicas que desarrollemos tenemos:

- Las 5s
- SMED
- Estandarización
- TPM
- Control visual
- Jidoka
- Técnicas de calidad
- Sistema de participación de personal (SPP)
- Heijunka
- Kanban

## Las 5S

Las 5 “S”, es ya una herramienta muy empleada a nivel industrial, sin embargo se confunde que esta herramienta solo es aplicable a empresas de gran calado, es así que si hacemos un análisis de las pequeñas empresas en función a las 5”s” vemos claramente que el tan solo hecho de implementar esta herramienta obtendrían eficiencia ahorro y optimización de sus recursos.

(Hernández Matías, y otros, 2013) lo enuncia de esta “La herramienta 5S se corresponde con la aplicación sistemática de los principios de orden y limpieza en el puesto de trabajo que, de una manera menos formal y metodológica, ya existían dentro de los conceptos clásicos de organización de los medios de producción. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito”

Además, indica lo siguiente “Los principios 5S son fáciles de entender y su puesta en marcha no requiere ni un conocimiento particular ni grandes inversiones financieras. Sin embargo, detrás de esta aparente simplicidad, se esconde una herramienta potente y multifuncional a la que pocas empresas le han conseguido sacar todo el beneficio posible. Su implantación tiene por objetivo evitar que se presenten los siguientes síntomas disfuncionales en la empresa y que afectan, decisivamente, a la eficiencia de la misma:

- Aspecto sucio de la planta: máquinas, instalaciones, técnicas, etc.
- Desorden: pasillos ocupados, técnicas sueltas, embalajes, etc.
- Elementos rotos: mobiliario, cristales, señales, topes, indicadores, etc.
- Falta de instrucciones sencillas de operación.

- Número de averías más frecuentes de lo normal.

En la figura 17, se aprecia una forma sencilla de entender las 5 “S”

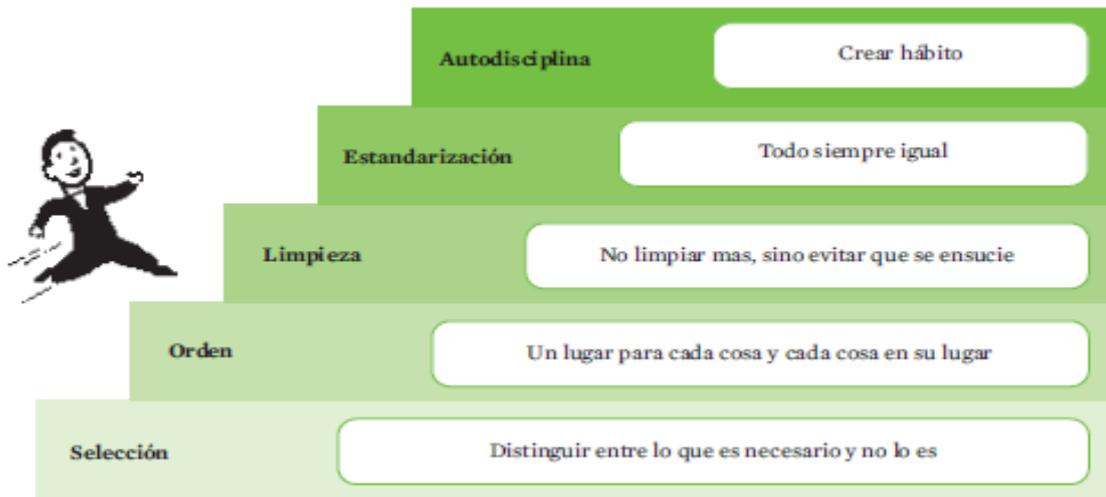


Figura 17 Que son las 5S, tomado de (Hernández Matías, y otros, 2013)

### **Cambio rápido de herramientas SMED**

Según (Hernández Matías, y otros, 2013) define : “SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies), es una metodología o conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de máquina. Esta se logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación. Estos cambios implican la eliminación de ajustes y estandarización de operaciones a través de la instalación de nuevos mecanismos de alimentación/retirada/ajuste/centrado rápido como plantillas y anclajes funcionales.

Además (Hernández Matías, y otros, 2013) nos menciona “Cabe destacar que en las empresas japonesas la reducción de tiempos de preparación no sólo recae en el personal de producción e ingeniería, sino también en los Círculos de Control de Calidad (CCC).

Precisamente, SMED hace uso de las técnicas de calidad para resolución de problemas como el análisis de Pareto, las seis preguntas clásicas ¿Qué? – ¿Cómo? – ¿Dónde? – ¿Quién? – ¿Cuándo? y los respectivos ¿Por qué? Todas estas técnicas se usan a los efectos de detectar posibilidades de cambio, simplificación o eliminación de tareas de preparación a partir de identificar la causa raíz que determinan tiempos elevados de preparación o cambio de técnicas. En este sentido conviene tener presente las posibles causas que originan elevados de cambio:

- La terminación de la preparación es incierta.
- No se ha estandarizado el procedimiento de preparación.
- Utilización de equipos inadecuados.
- No haber aplicado la mejora a las actividades de preparación.
- Los materiales, las técnicas y las plantillas no están dispuestos antes del comienzo de las operaciones de preparación.
- Las actividades de acoplamiento y separación duran demasiado.
- Número de operaciones de ajuste elevado.
- Las actividades de preparación no han sido adecuadamente evaluadas.
- Variaciones en los tiempos de preparación de las máquinas.

Esta herramienta nos exige que previamente conozcamos los tiempos y movimientos relacionados en la preparación de las maquinas, tal tarea implicara un recojo de información ya sea mediante un estudio o toma de data.

### **Estandarización**

Según (Hernández Matías, y otros, 2013) define: “La “estandarización” junto con las 5S y SMED supone unos de los cimientos principales del Lean Manufacturing sobre los que deben fundamentarse el resto de las técnicas que se describen en este capítulo. Una definición precisa de lo que significa la estandarización, que contemple todos los aspectos

de la filosofía lean, es la siguiente: “Los estándares son descripciones escritas y gráficas que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficaces y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas máquinas, materiales, métodos, mediciones e información, con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente” , más adelante menciona “La estandarización en el entorno de fabricación japonés, se ha convertido en el punto de partida y la culminación de la mejora continua y, probablemente, en la principal herramienta del éxito de su sistema. Partiendo de las condiciones corrientes, primero se define un estándar del modo de hacer las cosas; a continuación se mejora, se verifica el efecto de la mejora y se estandariza de nuevo un método que ha demostrado su eficacia. La mejora continua es la repetición de este ciclo. En este punto reside una de las claves del pensamiento Lean: “Un estándar se crea para mejorarlo” además detalla las características de la implementación:

- Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir cosas.
- Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.
- Garantizar su cumplimiento.
- Considerarlos siempre como puntos de partida para mejoras posteriores.

### **Mantenimiento Productivo Total TPM**

Según (Hernández Matías, y otros, 2013) define : “El Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de todos los empleados. La idea fundamental es que la mejora y buena conservación de los activos productivos es una tarea

de todos, desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios. Para ello, el TPM se propone cuatro objetivos:

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida útil del equipo que se inicie en el mismo momento de diseño de la máquina (diseño libre de mantenimiento) y que incluirá a lo largo de toda su vida acciones de mantenimiento preventivo sistematizado y mejora de la mantenibilidad mediante reparaciones o modificaciones.
- Implicar a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos.
- Implicar activamente a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios, incluyendo mantenimiento autónomo de empleados y actividades en pequeños grupos.

En la figura se muestra las seis grandes pérdidas en los equipos productivos.

Tipo	Perdida
Tiempo Muerto	1. Averías debidas a fallos en equipos.
	2. Preparación y ajustes. Ejemplos, cambios de utillajes, moldes, ajustes her ramientas.
Perdidas de velocidad	3. Tiempo en vacío y paradas cortas (operación anormal de sensores, bloqueo de trabajo en rampas, etc.).
	4. Velocidad reducida (diferencia entre la velocidad nominal y la real).
Defectos	5. Defectos en proceso y repetición de trabajos (desperdicios y defectos de calidad que requieren reparación).
	6. Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y producción estable.

*Figura 18* Las seis grandes pérdidas en los equipos productivos, tomado de (Hernández Matías, y otros, 2013)

## **Control Visual**

Según (Hernández Matías, y otros, 2013) define: “Las técnicas de control visual son un conjunto de medidas prácticas de comunicación que persiguen plasmar, de forma sencilla y evidente, la situación del sistema de productivo con especial hincapié en las anomalías y despilfarros. El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora. Hay que tener en cuenta que, en muchos casos, las fábricas usan estadísticas, gráficas y cifras de carácter estático y especializado que solo sirven a una pequeña parte de los responsables de la toma de decisión.”

## **Jidoka**

Anteriormente se definió este término como pilar del pensamiento Lean manufacturing, a continuación complementaremos algunos puntos, según (Hernández Matías, y otros, 2013) define: “Jidoka es un término japonés, que significa automatización con un toque humano o autonomación. Esta palabra, que no debe confundirse con automatización, define el sistema de control autónomo propuesto por el Lean Manufacturing. Bajo la perspectiva Lean, el objetivo radica en que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad, de forma que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá, ya sea automática o manualmente por el operario, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso. Dado que sólo se producirán piezas con cero defectos, se minimiza el número de piezas defectuosas a reparar y la posibilidad de que éstas pasen a etapas posteriores del proceso”

Además de esta definición nos apoyaremos de la figura 19, el cual muestra los pasos progresivos y técnicas que se irán aplicando para la lograr la automatización.

Fase	Descripción	Carga Hombre/máq.
1	<b>Autonomación del proceso</b> Transferir esfuerzo de operario en esfuerzo de la máquina. Ejemplo: Atornillado automático.	Operaciones simultáneas operario/máq.
2	<b>Autonomación de sujetar</b> Sustitución de apriete manual por sistemas accionados mecánicamente. El operario solo carga el útil.	
3	<b>Autonomación de alimentación</b> Alimentación automática. El operario solo interviene para parar la alimentación en caso de errores.	
4	<b>Autonomación de paradas</b> El sistema de alimentación para correctamente la máquina al final del proceso. El operario puede abandonar el proceso o máquina.	Tareas de operario
5	<b>Autonomación de retornos</b> Finalizado y parado el proceso correctamente, el sistema retorna a situación de inicio sin ayuda del operario.	
6	<b>Autonomación de retirada de piezas</b> Finalizado el proceso y retorno, la pieza es retirada automáticamente de forma que la siguiente pieza puede ser cargada sin necesidad de manipular la anterior.	
7	<b>Mecanismos antierror (Poka-Yoke)</b> Para prevenir transferencia de piezas defectuosas al proceso siguiente se instalan dispositivos para detectar errores, parar la producción y alertar al operario.	
8	<b>Autonomación de carga</b> La pieza es cargada sin necesidad de operario. El proceso debe tener capacidad de detectar problemas y parar la operación.	Tareas máquina
9	<b>Autonomación de inicio</b> Completados los pasos anteriores la máquina debe empezar a procesar piezas de forma autónoma. Se deben prever problemas de seguridad y calidad.	
10	<b>Autonomación de transferencia</b> Se enlazan operaciones mediante sistemas de transferencia que eviten la intervención del operario.	

Figura 19. Adaptación de “Jidoka: Automatización con un toque humano”, tomado de (Revista Logicel, 2007)

## **Técnicas de calidad**

La actividad productiva exige que los procesos de transformación sean eficaces, esto significa ser precisos en tiempos y calidad.

Es así que (Hernández Matías, y otros, 2013) nos menciona “La garantía de alta calidad constituye un pilar extraordinariamente importante en el contexto de Lean manufacturing. La calidad se entiende como el compromiso de la empresa en hacer las cosas “bien a la primera” y en todas sus áreas para alcanzar la plena satisfacción de los clientes, tanto externos como internos. El esfuerzo continuo mediante el despliegue de las técnicas de calidad es la única forma de asegurar que todas las unidades producidas cumplan las especificaciones dadas.

En esta situación cada empleado se convierte en un inspector de calidad, no habiendo distinción entre los operarios de la línea y el personal del departamento de calidad. De esta manera la reparación de los defectos no se realiza después de un largo tiempo de producción defectuosa, sino inmediatamente después de la localización de un problema”

Se debe considerar el análisis PDCA , así lo define (Hernández Matías, y otros, 2013) “Dentro de las técnicas de la calidad se considera que el análisis mediante el Ciclo PDCA, conocido como círculo de Deming, es una de las técnicas fundamentales a la hora de identificar y corregir los defectos. En el entorno Lean Manufacturing, el ciclo planificar-ejecutar-verificar-actuar debe guiar todo el proceso de mejora continua, tanto en las mejoras drásticas o radicales como en las pequeñas mejoras: P (plan), diagnosticar los problemas, definir los objetivos y la estrategia para abordarlos; D (do), llevar a cabo el plan, C (control), analizar los resultados; y A (act), ajustar, aprender de la experiencia, sacar conclusiones y realizar una nueva P o pasar a la S, al estándar, si se han cubierto los objetivos.”

En la figura 21 se muestra el ciclo PDCA

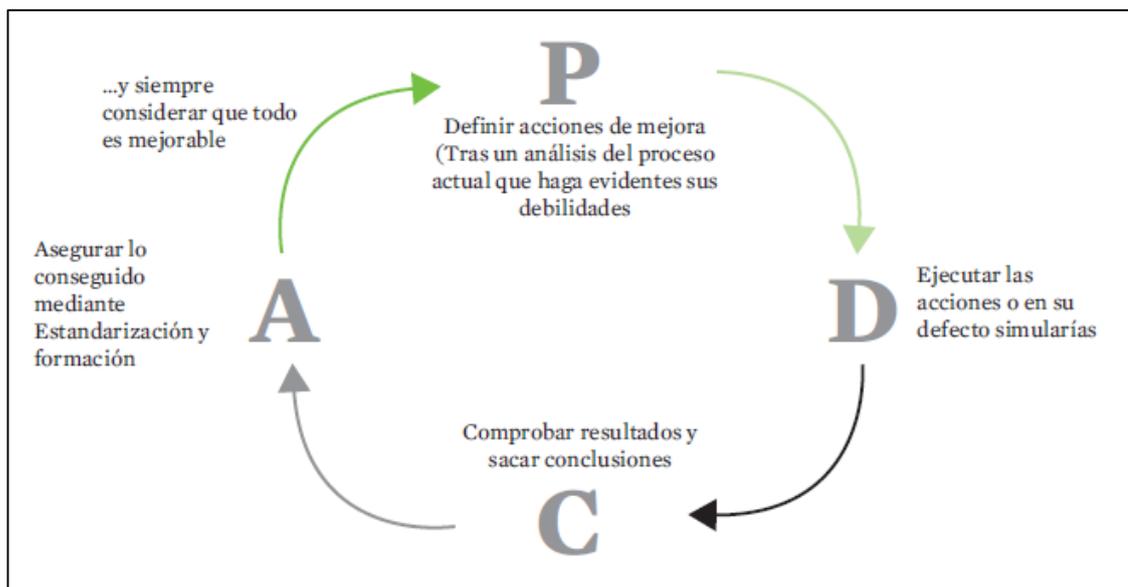


Figura 20. Ciclo PDCA, tomado de (Hernández Matías, y otros, 2013)

También referente a la calidad (Hernández Matías, y otros, 2013) nos dice acerca de Seis Sigma, “Seis Sigma ha ido evolucionando desde su mera aplicación como herramienta de calidad a ser incluida dentro de los valores clave de algunas empresas, como parte de su filosofía de actuación Lean. En realidad, no es una herramienta sino una nueva técnica que adquiere su máxima efectividad cuando se combina con Lean Manufacturing.

Aun partiendo de esta premisa, se ha optado por incluirla dentro de las técnicas Lean para intentar clarificar sus diferencias ya que es muy frecuente encontrar alusiones recientes al Lean Seis Sigma (LSS).”

### **Sistemas de participación del personal**

La canalización de las iniciativas del personal es muy importante, podrían incluso ser determinantes para la mejora de una actividad, en ese sentido (Hernández Matías, y otros, 2013) nos dice “Los sistemas de participación del personal (SPP) se definen como el conjunto de actividades estructuradas de forma sistemática que permiten canalizar eficientemente todas las iniciativas que puedan incrementar la competitividad de las empresas. Estos sistemas tienen como objetivo común la identificación de problemas o de oportunidades de mejora

para plantear e implantar acciones que permitan resolverlos, de aquí que son pieza fundamental en el proceso de mejora continua propugnado por el Lean Manufacturing.”

### **Heijunka**

Respecto a esta técnica (Hernández Matías, y otros, 2013) nos dice “Heijunka es la técnica que sirve para planificar y nivelar la demanda de clientes en volumen y variedad durante un periodo de tiempo, normalmente un día o turno de trabajo. Evidentemente, esta herramienta no es aplicable si hay nula o poca variación de tipos de producto. La gestión práctica del Heijunka requiere un buen conocimiento de la demanda de clientes y los efectos de esta demanda en los procesos y, a su vez, exige una estricta atención a los principios de estandarización y estabilización. Los pedidos de los clientes son relativamente constantes si se consideran en promedio dentro de un período suficientemente grande de tiempo, pero son impredecibles si se analizan con un rango de tiempo pequeño y fuera de un programa pactado. En el primer caso, las variaciones de la producción se deben al propio proceso (planificación, tamaño de los lotes, incidentes, oportunidades de negocio, etc.). En el segundo caso, es la aplicación extrema del tamaño unitario del lote lo que lleva a las empresas a intentar el ajuste instantáneo de la demanda, soportando todas las variaciones de los pedidos. A través de una producción continua nivelada, suavizada y en pequeños lotes, se logra producir con el mínimo nivel de despilfarro posible”

Y respecto a la aplicación de Heijunka , el autor (Hernández Matías, y otros, 2013) nos dice ” Para la aplicación del Heijunka existen una serie de técnicas que, integradas en su conjunto, permiten obtener un sistema avanzado de producción con flujo constante, ritmo determinado y trabajo estandarizado, lo que proporciona unas ventajas muy significativas desde el punto de vista de la optimización de mano de

obra, minimización de inventarios y tiempos de respuesta al cliente. Estas técnicas son:

- Usar células de trabajo.
- Flujo continuo pieza a pieza.
- Producir respecto al Takt time (tiempo de ritmo).
- Nivelar el mix y el volumen de producción.

En la figura 21, esquematizamos la nivelación del mix de producción.

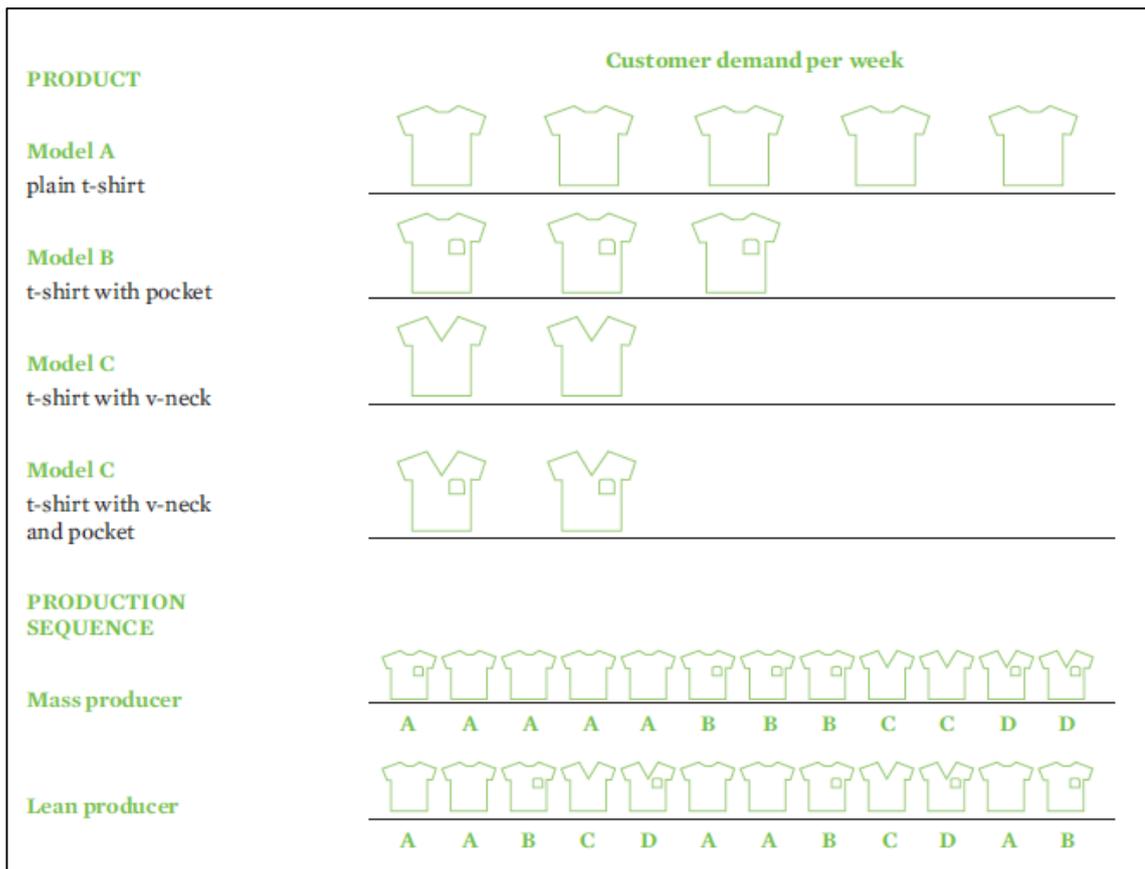


Figura 21. Nivelación del mix de producción, tomado de (Marchwinski, y otros, 2003)

## Kanban

Esta palabra traducida del japonés significa tarjeta, y nos facilita la identificación de lotes de producción.

En tal sentido (Hernández Matías, y otros, 2013) nos dice “Se denomina Kanban a un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (en japonés, Kanban), aunque pueden ser otro tipo de señales. Utiliza una idea sencilla basada en un sistema

de tirar de la producción (pull) mediante un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de tarjetas. Kanban se ha constituido en la principal herramienta para asegurar una alta calidad y la producción de la cantidad justa en el momento adecuado.

El sistema consiste en que cada proceso retira los conjuntos que necesita de los procesos anteriores y éstos comienzan a producir solamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que se han retirado, sincronizándose todo el flujo de materiales de los proveedores con el de los talleres de la fábrica y, a su vez, con la línea de montaje final. Las tarjetas se adjuntan a contenedores o envases de los correspondientes materiales o productos, de forma que cada contenedor tendrá su tarjeta y la cantidad que refleja la misma es la que debe tener el envase o contenedor”

En la figura 23 vemos el sistema Kanban y en la figura 23 una forma de aplicación de Kanban

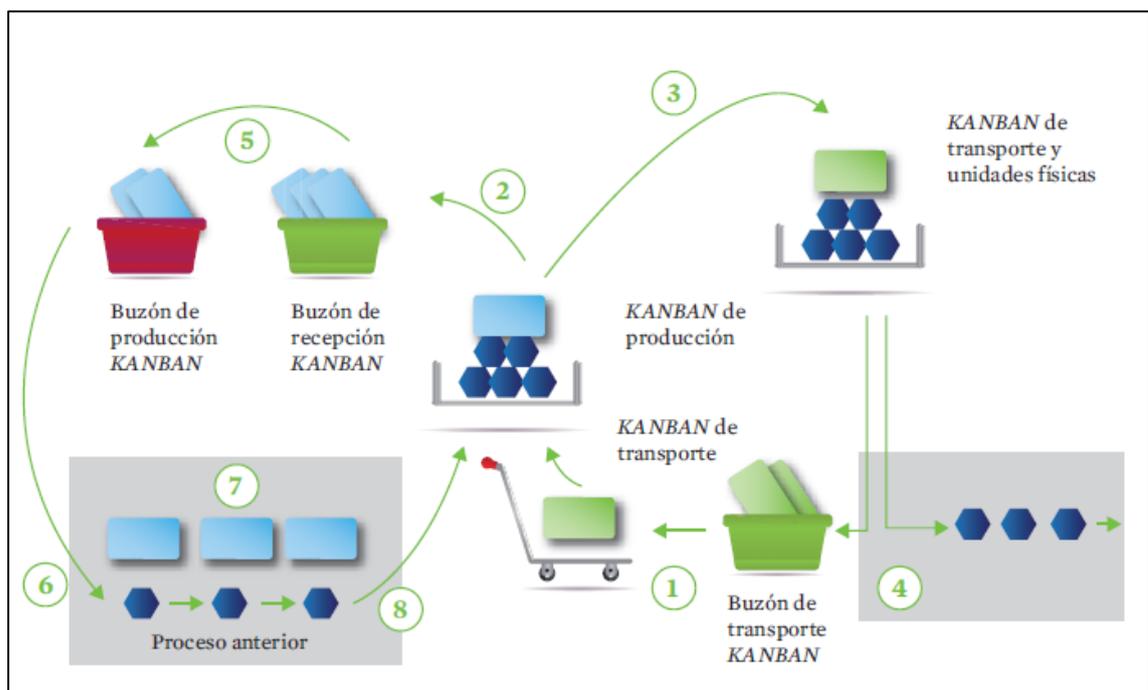


Figura 22. Esquema del sistema Kanban, tomado de (Hernández Matías, y otros, 2013)

KANBAN	
CÓDIGO Art. 63 10 2200	
DESCRIPCIÓN PLA 63x10x2200	
Cantidad a fabricar	Consumo promedio
50	100
Cantidad de Tarjetas KANBAN	
2 de 2	
Almacén Estante:	
A 02	
Material:	
63x11	

Figura 23. Ejemplo de tarjeta Kanban (Planta industrial productos forjados- Área de producción), *Elaboración propia*

## 2.3 Marco Conceptual

### 2.3.1 Proceso de implementación

Los estudios realizados hasta la fecha, y la opinión de los profesionales con larga experiencia en implantaciones Lean, indican que la extensión del modelo es aplicable todas las empresas y sectores. Aconsejan que la implantación se haga de forma secuencial, adaptándose a la realidad particular de cada caso, equilibrando los esfuerzos y recursos con los objetivos de mejora propuestos y la realidad. En general existe un consenso en que es necesario empezar por aquellas técnicas y métodos que modifican sustancialmente y, sobre todo, rápidamente, las formas de trabajo. En este sentido parece lógico afrontar primero aquellas que permiten mejorar las condiciones de trabajo (5S) y la reducción de los tiempos de preparación (SMED). Un ejemplo clásico de implantación puede comenzar con una primera etapa en donde se define un área piloto y se entrena un equipo de producción en las técnicas Lean, incluyendo funciones de soporte de personal de ingeniería y mantenimiento, bajo una

estructura jerarquizada y organizada de reuniones/talleres con mandos y directivos. El éxito de esta primera implantación será fundamental a la hora de extender el “modelo de buenas prácticas” al resto de la empresa. A continuación, ya se pueden ir estableciendo programas de mejora en el resto de las unidades operativas que involucren a nuevos equipos Lean suficientemente formados y motivados en la detección de despilfarros y propuesta de mejoras. Por su parte, mandos y directivos deben implicarse personalmente en el proceso de “cambio cultural” y garantizar la sostenibilidad y crecimiento del sistema.

A partir de los éxitos iniciales, ya puede pensarse en técnicas Lean más avanzadas, teniendo en cuenta que al final del proceso habrá que diseñar un procedimiento de auditoría permanente que garantice el mantenimiento y la mejora continua del propio sistema en el tiempo. De esta manera lo refiere (Hernández Matías, y otros, 2013 pág. 80)

Como se señala la implementación de la metodología Lean es aplicable a cualquier industria, sin embargo, dependerá en gran medida del cambio de cultura, es por ello que en nuestro país y continente es aletargado la implementación de la metodología en comparación a los países asiáticos, europeos o norteamericano.

### 2.3.2 Etapas de implementación

Cada industria será un contexto distinto, por lo que la aplicación se hará particular. Sin embargo, se puede esquematizar una secuencia de etapas para la implementación de la metodología Lean.

Para (Hernández Matías, y otros, 2013), menciona y esquematiza (figura 24 )

La hoja de ruta está constituida por una posible secuencia de fases y elementos que permitan a las empresas diseñar el mejor camino para una implantación Lean Manufacturing. Evidentemente, las fases propuestas que aparecen en el gráfico 10 consideran un escenario de “máximos” por

lo que deben ser tomadas exclusivamente como una referencia de manera que cada empresa diseñe su propia hoja de ruta.

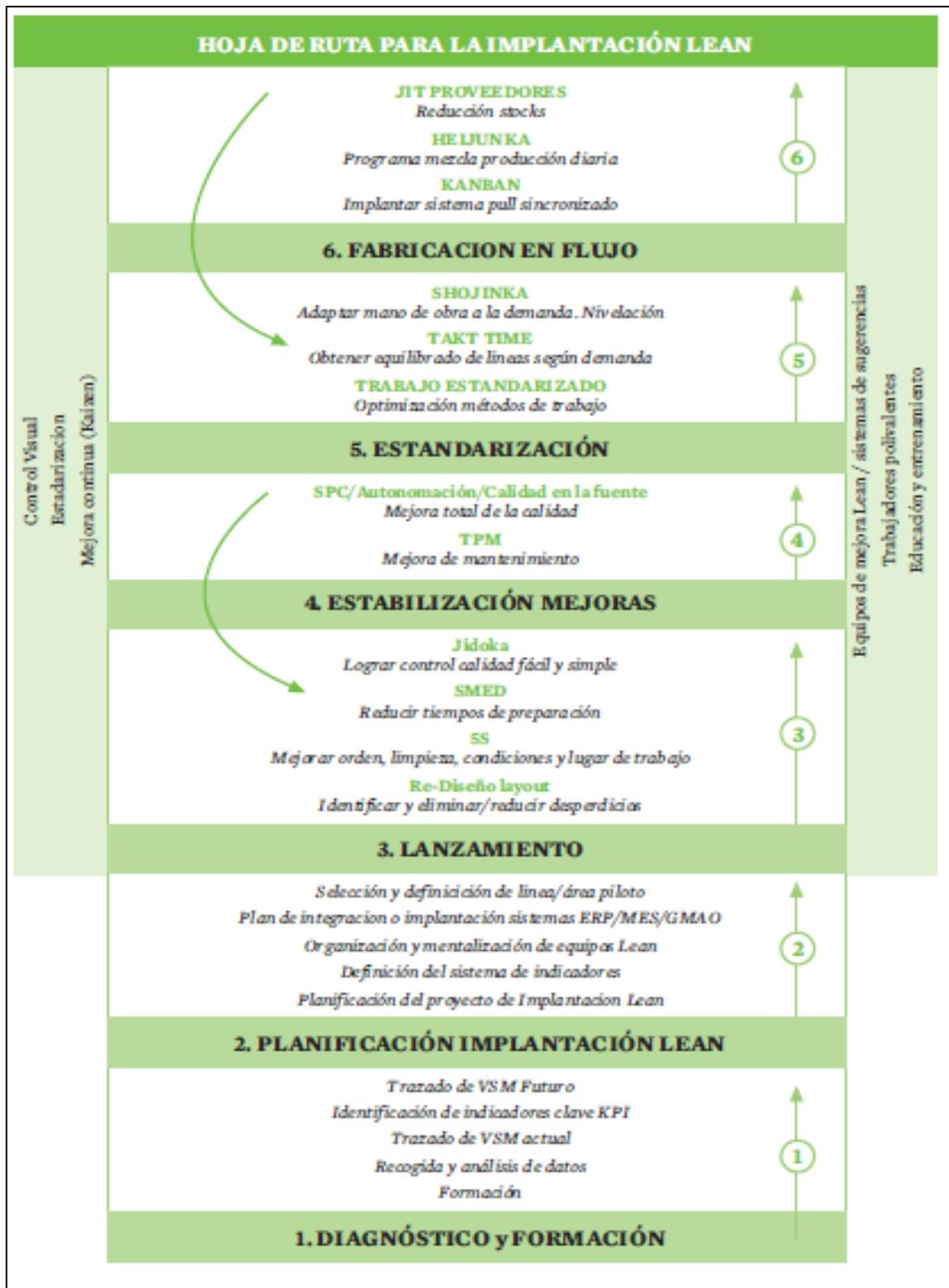


Figura 24. Hoja de ruta para la implementación LEAN, tomado de (Hernández Matías, y otros, 2013)

### 2.3.2.1 Diagnóstico y formación

No se puede comenzar a estudiar el proceso de mejora sin definir por dónde hay que empezar, de qué manera hay que trabajar, qué recursos se necesitan, etc. La primera fase debe centrarse en conocer el estado actual del sistema de fabricación en relación con las áreas abordadas por el Lean y emprender un programa específico de formación interna. (Hernández Matías, y otros, 2013)

### 2.3.2.2 Diseño del plan de mejora

Dependiendo de la situación de cada empresa, sus características y su grado de eficacia desde una perspectiva Lean, es necesario planificar un proyecto de implantación coherente con su realidad, y con unos objetivos bien definidos a corto, medio y largo plazo. (Hernández Matías, y otros, 2013)

### 2.3.2.3 Lanzamiento

En esta fase, comienzan los cambios radicales en los medios materiales y en su gestión operativa. En un primer momento es aconsejable perseguir cambios impactantes, rápidos y motivadores que faciliten la implantación del resto del sistema.

Se comienza siempre con las técnicas esenciales del Lean como son las 5S, SMED y técnicas específicas del Jidoka como los mecanismos anti-error. (Hernández Matías, y otros, 2013)

### 2.3.2.4 Estabilización de mejoras

En esta fase se pueden organizar realizar talleres Kaizen relacionados con metodologías de mejora como mantenimiento preventivo, mantenimiento productivo total, calidad en la fuente o control estadístico de proceso. Los sistemas de información pueden aportar ayuda en esta fase, especialmente mediante la utilización de sistemas de gestión de mantenimiento (GMAO), sistemas de control MES y programas de análisis estadístico de la calidad, siempre recordando,

que estos programas son simples técnicas y que lo importante es la cultura de mejora. (Hernández Matías, y otros, 2013)

#### 2.3.2.5 Estandarización

En esta etapa, los métodos bajo los cuales se han logrado lotes pequeños deben ser estandarizados y diseñados para ajustarse a las variaciones de demanda que genere el cliente. Elementos como el tiempo de ciclo demandado (takt time), shojinka y trabajo estandarizado deben utilizarse en esta etapa; los talleres Kaizen siguen siendo importantes para encontrar formas de mejorar los métodos estándar. En esta fase cobra aún más importancia la educación y entrenamiento de todos los trabajadores involucrados en la implementación y operación de sistema es muy importante. Los trabajadores multifuncionales deben adaptarse al requerimiento de demanda de los clientes. (Hernández Matías, y otros, 2013)

#### 2.3.2.6 Producción en flujo

Una vez recorridas las fases anteriores es posible plantearse los principios más ambiciosos JIT relacionados con la fabricación en flujo y justo a tiempo, produciendo en la cantidad, tiempo y lugar requeridos con niveles de desperdicio tendentes a cero. (Hernández Matías, y otros, 2013)

#### 2.3.2.7 Diagnostico a través de VSM

VMS, viene a ser un acrónimo de Value Stream Mapping(VMS), según (Hernández Matías, y otros, 2013) define al VMS como:

El mapa de la cadena de valor es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Tiene por objetivo plasmar en un papel, de una manera sencilla, todas las actividades productivas para identificar la cadena de valor y detectar, a nivel global, donde se producen los mayores desperdicios del proceso. El VSM facilita, de forma visual, la identificación de las actividades que no

aportan valor añadido al negocio con el fin de eliminarlas y ganar en eficiencia. Es una herramienta sencilla que permite una visión panorámica de toda la cadena de valor.

La esquematización para una cadena de valor la podemos obtener usando los símbolos de la figura

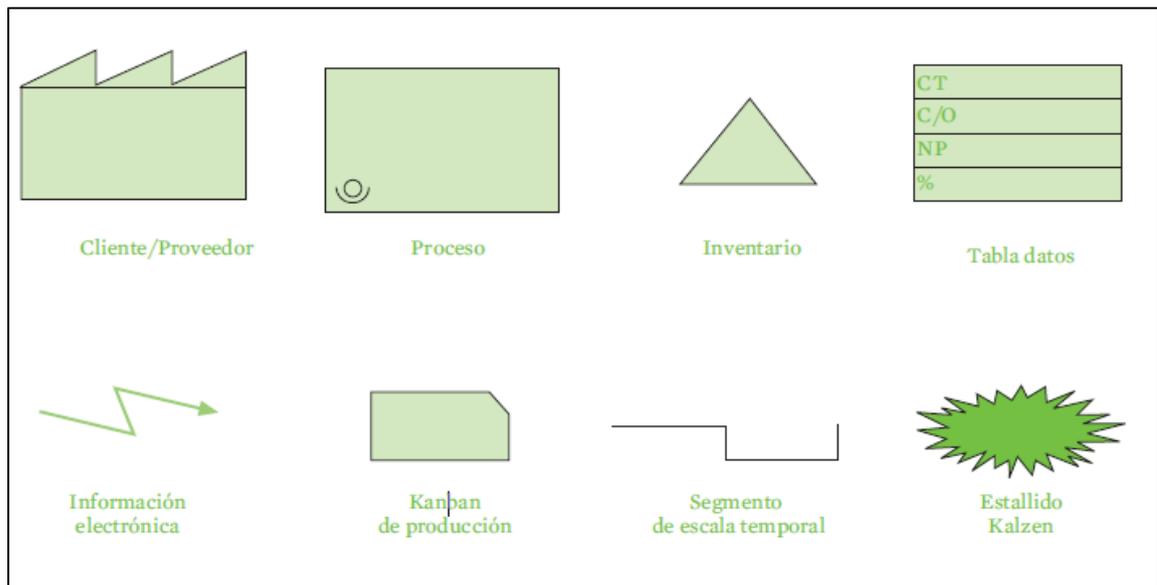


Figura 25. Ejemplo de símbolo VSM, tomado de (Hernández Matías, y otros, 2013)

## 2.4 Definición de términos básicos:

Los términos en general son definidos por referencias bibliográficas, sin embargo, estos términos en su gran mayoría son palabras del inglés, japonés u otro idioma, por lo que principalmente se traduce la palabra y definen según su aplicación.

### 2.4.1 Fiabilidad

Es la probabilidad que tiene un equipo de funcionar, sin fallar, en un determinado periodo de tiempo. En consecuencia, es parte fundamental poder cuantificarla de modo que se pueda estimar tiempos de vida útil, así mismo, esto se vuelve indispensable si el equipo es parte de una línea de producción. (CASTELA, 2016)

#### 2.4.2 Feedback

Es un término que puede traducirse como realimentación o retroalimentación. Se trata de la alimentación de un sistema a través del regreso de un sector o de un porcentaje de su salida. Durante un proyecto, el feedback corresponde a la acción de recibir y dar información constantemente, esto, tiene como objetivo mantener a todas las áreas comunicadas ante un posible suceso. (CARRILLO, 2016)

#### 2.4.3 Troubleshooting

El troubleshooting es una forma sistemática de resolver problemas en procesos y productos. Es una forma sistemática de buscar el origen de un problema para que este pueda ser resuelto. troubleshooting se puede traducir como resolución de problemas. (ALEGSA, 2016)

#### 2.4.4 Percepción

Philip Kotler define satisfacción como el nivel de estado de ánimo de una persona que resulta de comparar el rendimiento percibido de un producto o servicio con sus expectativas. (Kotler, 1999)

#### 2.4.5 Expectativa

La real academia de la lengua la define como espera de algún resultado. Por otro lado, en Marketing hace referencia a la imagen creada por el vendedor al cliente. (REAL ACADEMIA DE LA LENGUA ESPAÑOLA, 2009)

#### 2.4.6 Muda

“Muda es una palabra japonesa que significa “inutilidad; ociosidad; desperdicio; superfluidad” y es un concepto clave en el Toyota Production System (TPS) o Manufactura Esbelta como uno de los tres tipos de residuo (muda, mura, mun). Reducir los residuos es una manera efectiva de aumentar la rentabilidad. Toyota escogió estas tres palabras que comenzaban con el prefijo “mu” que es reconocido en Japón como

referencia a un programa o campaña de mejora de un producto.” (SPC Consulting Group, 2013)

#### 2.4.7 Kaikaku

El Kaikaku es una técnica japonesa que significa transformación, y como el Kaizen surgió en el siglo XX para apoyar cambios organizativos; su filosofía se orienta a las mejoras radicales, mediante procesos focalizados a una problemática, en donde se fomenta la participación de aquellos que quieren y cuentan con la capacidad de aportar a su solución. (ESCOBAR, 2013)

#### 2.4.8 Precios Unitarios

El Kaikaku es una técnica japonesa que significa transformación, y como el Kaizen surgió en el siglo XX para apoyar cambios organizativos; su filosofía se orienta a las mejoras radicales, mediante procesos focalizados a una problemática, en donde se fomenta la participación de aquellos que quieren y cuentan con la capacidad de aportar a su solución. (ESCOBAR, 2013)

#### 2.4.9 Precio de venta de la hora compleja

La hora compleja es un término, parte del know how de la empresa TAMOIN, que se define como el costo que paga la empresa por hora hombre al realizar un proyecto. Es decir, es la relación que existe entre el costo de ejecución del proyecto, para la empresa contratista, y la cantidad total de horas hombre invertidas en él. El precio base de la hora compleja depende de la empresa que realizará la actividad. (Know how TAMOIN, 2017)

#### 2.4.10 Variabilidad

“Constituye la principal Fuente de desperdicio en la industria de la construcción. Los sobrecostos ocasionados por la variabilidad se traducen en una pobre productividad, debido a la baja utilización de recursos, baja producción y trabajo en condiciones no óptimas. Entonces, para minimizar el desperdicio se debe controlar la variabilidad. La variabilidad no es otra

cosa que, la ocurrencia de eventos distintos a los previstos tanto por efectos internos y/o externos al sistema. Esta incertidumbre está presente en todos los proyectos y se incrementa con la complejidad y velocidad de los mismos. Es una realidad en la vida del Proyecto, sabemos que pueden ocurrir, pero no sabemos con exactitud cuándo. No considerarla en la planificación hace que se incremente significativamente y su impacto sea mayor en el sistema de producción”. (Spearman, y otros, 2001)

#### 2.4.11 Know How

Know-How, es un neologismo del idioma inglés, que data del 1838. Se define como: saber cómo hacer algo fácil y eficientemente.

“La palabra compuesta “know-how” puede ser reemplazada en nuestro rico y generoso idioma con muchos términos: pericias, destrezas, habilidades, dotes, alto nivel de conocimiento. Palabras que al igual que “know-how” significan solo “saber cómo hacer algo pronto y bien hecho “. Por otro lado, tiene una directa relación con la “experiencia”, esto es la práctica prolongada y consistente que proporciona conocimiento o habilidad para hacer algo.” (PEREIRA, 2013)

#### 2.4.12 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto consiste en una representación gráfica de los datos obtenidos de un problema que resulta de utilidad para identificar cuáles son los aspectos prioritarios que se deben enfrentar. En este contexto se espera el cumplimiento de la Regla de Pareto que empíricamente indica que aproximadamente el 80% de los problemas se explica por aproximadamente el 20% de las causas (notar que la Regla de Pareto se aplica adicionalmente en otros ámbitos y que por cierto los porcentajes anteriores son aproximaciones). (GEO TURORIALES, 2010)

#### 2.4.13 Diagrama de Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también conocido como Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de Causa y Efecto, es una herramienta de la calidad

que ayuda a levantar las causas-raíces de un problema, analizando todos los factores que involucran la ejecución del proceso.

Creado en la década de 60, por Kaoru Ishikawa, el diagrama tiene en cuenta todos los aspectos que pueden haber llevado a la ocurrencia del problema, de esa forma, al utilizarlo, las posibilidades de que algún detalle sea olvidado disminuyen considerablemente. En la metodología, todo problema tiene causas específicas, y esas causas deben ser analizadas y probadas, una a una, a fin de comprobar cuál de ellas está realmente causando el efecto (problema) que se quiere eliminar. Eliminado las causas, se elimina el problema.

Un ejemplo de utilización del Diagrama de Ishikawa es en el análisis de las causas-raíces en evaluaciones de no conformidades.

### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1 Hipótesis

##### 3.1.1 Hipótesis General

El plan de mejora de la producción basado en LEAN MANUFACTURING optimiza favorablemente el uso de los recursos, reduciendo los tiempos de producción y aumentando la productividad de una empresa en la industria metalmeccánica.

##### 3.1.2 Hipótesis Específicos

- La planificación mediante LEAN MANUFACTURING garantiza la optimización de los recursos productivos de una empresa en la industria metalmeccánica.
- Reducción de costos de producción mediante el desarrollo de reingeniería en los procesos críticos de una planta industrial de metalmeccánica.
- La Implementación de módulos de control permite garantizar la mejora en la productividad de una empresa en la industria metalmeccánica.

#### 3.2 Identificación y definición de variables

##### 3.2.1 Variable Independiente

Implementación de un plan de mejora de la producción.

##### 3.2.2 Variable Dependiente

Reducción de costos de producción

##### 3.2.3 Operacionalización de las variables

En la siguiente tabla 1, se esquematiza la relación existente entre las variables

**TABLA 1. Operacionalización de las variables**

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	ÍNDICE	MÉTODO Y TÉCNICA
<b>VI: Implementación de un plan de mejora de la producción</b>	Planificación de producción	Plan maestro de producción	Reporte de entregas por mes	Monto facturado	Cuantitativo Observación, Revisión documental
	Organización de áreas	Organigrama	Programa de mejora continua	Horas hombre	
	Módulo de Gestor de recursos	Consumo por OT	Control de inventario y reporte de HH y HM	Gastos por mes	
Reingeniería	Desarrollo de proyectos	Resultado de implementación	Horas hombre y maquina		
<b>VD: Reducción de costos</b>	Actividades que no generan valor	HH y HM empleadas por mes	Tareo de actividades	Gastos por mes	
	Trazabilidad de la producción	Actividades por área	Reportes de calidad	Horas hombre	

FUENTE: Elaboración propia

## IV. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1 Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada y por su naturaleza cuantitativa, ya que aborda un problema mediante la implementación de un plan de mejora y los diversos procedimientos aplicados son medidos y comparados con data previa a la implementación del plan de mejora. (Espinoza Montes, 2010)

A la vez esta investigación es descriptiva, pues analizamos el comportamiento y características de las partes del objeto de estudio (Bernal Torres, 2010)

También el presente trabajo es transversal, ya que la recolección de datos se realizó en determinados periodos de tiempo dependiendo de la compañía analizada.

Además, el presente trabajo de investigación es documental, pues el análisis y desarrollo del trabajo se sostiene de documentos habilitados por el lugar de estudio. (Bernal Torres, 2010)

#### 4.1.1 Parámetros de diseño

##### 4.1.1.1 Identificación de desperdicios según Lean Manufacturing

Lean Manufacturing exige como principio la eliminación de desperdicios y eliminar con ello los sobrecostos por actividades que no generan valor, para el presente trabajo se abordó los siguientes desperdicios:

- Sobreproducción
- Defectos
- Tiempos de espera
- Uso ineficiente de potencial humano
- Transporte (tiempo por transporte y manipulación de material)
- Inventario
- Movimientos innecesarios
- Tiempos de espera

#### 4.1.1.2 Actividades que no generan valor

Se considera actividad que no genera valor a cualquier esfuerzo humano o gasto que se realiza para cumplir con una tarea específica que no genera ganancia directa a un entregable.

#### 4.1.1.3 Tiempo de ejecución de actividades de los procesos productivos de planta.

Es el tiempo que corresponde en la ejecución y procesamiento de un componente, pueden intervenir más de un subproceso, además que diversos recursos, pero por diversa que sea el proceso productivo le corresponde un tiempo de producción(ratio).

Los tiempos de producción siempre estarán expuesto a ser perfectibles y de hecho ese es el objetivo en toda la industria.

#### 4.1.2 Etapas de diseño

La presente tesis tiene como objetivo de optimizar los procesos productivos en una la planta de producción de metalmecánica. La aplicación del Lean Manufacturing consiste en evaluar el entorno, las condiciones, consecuencias y recursos empleados en desarrollo de las actividades, en base a ello se generó un plan de mejora para reducir los tiempos de producción. Así mismo es necesario considerar que ninguna herramienta, por más eficiente que sea, puede ser aplicada de manera única. A continuación, se describe los procedimientos en orden de realización del plan.

##### 4.1.2.1 Etapa de identificación de valor

Para esta sección se identificó el valor que generan las diversas actividades, se entiende que tendrán diferente valor y están sujetos a la calidad y manejo de recursos que implica la actividad.

Además, para el desarrollo del trabajo se identificó las actividades críticas, siendo estas las más determinantes y las que condicionan a otras.

#### 4.1.2.2 Etapa de recolección de data en planta industrial.

Los datos recopilados en planta son fundamentales para el presente trabajo, principalmente los datos previos a la implementación, tanto las ratios como procedimientos de trabajo se vieron modificados debido al nuevo plan de mejora de la producción y se contrastará la data inicial con los nuevos valores obtenidos producto de la implementación.

Para la ejecución de esta etapa se tomó un tiempo aproximada de 3 meses en la toma de datos, para ello se empleó formatos y hojas de registro, entre los datos que comprendían registrar se encuentran:

- Tiempo de proceso
- Personal designado para la actividad
- Maquina o equipo designado.
- Insumos, herramientas y materiales usados para el proceso
- Registro de tiempos muertos propios del trabajo
- Identificación de proceso previo y proceso subsiguiente.

#### 4.1.2.3 Etapa de identificación de actividades que no generan valor

Una vez conocidas las etapas y su valor, también es evidente la aparición e identificación de procesos y actividades que no generan valor agregado a los productos y por consiguiente no generan rentabilidad a la empresa.

Si bien es cierto existen actividades que directamente no aportan a la ejecución de un producto, estas son de carácter imprescindible y son considerados en los costos como indirectos, correspondiendo a este grupo el mantenimiento, limpieza y ordenamiento.

Fuera de la actividad mencionada, existen otras que definitivamente que no generan valor agregado directa ni indirectamente, tal como los desperdicios mencionados anteriormente.

#### 4.1.2.4 Etapa de aglomeración de actividades que no generan valor

Una vez que se identificó las etapas que no generan valor agregado, estas se deben aglomerar y tener una visión general de estos procesos y activadas, teniendo esta visión se encontraron afinidades en ellas y a la vez se evidenció el mismo modo de solución y corrección de ser el caso.

#### 4.1.2.5 Cuantificar las actividades que no generan valor y medir el impacto en la producción

Indudablemente una actividad que no genera valor para una compañía es perjudicial desde todo punto de vista, el uso de recursos que puede HH, HM, materiales o insumos no son más que otra cosa que malgastados.

Es y debe ser siempre cuantificable las actividades que no generan valor, lograr 100% de efectividad es muy complicado de conseguir, pero teniendo claro los valores de actividades que no generan valor la gerencia y otros cargos de dirección podrán observar la situación real y tomar decisiones a corto y mediano plazo.

#### 4.2 Método de investigación

El método seguido para la elaboración del trabajo es Hipotético-Deductivo, debido a que se plantean hipótesis y se someten a evaluación, para finalmente validarlos según las conclusiones. (Torres Bardales, 2007)

Se considera este método ya que el objeto a estudiar la implantación de un plan de producción, para ello se plantearon tres hipótesis de estudio, se sometió a la aplicación de manera individual obteniéndose conclusiones que validan las hipótesis.

#### 4.3 Población y Muestra

El desarrollo del trabajo se realizó en tres plantas de producción de la industria metalmecánica, sin embargo, la aplicación se desarrolla en cada lugar de manera única. Nuestra población son las áreas de producción y la

muestra es el resultado de la evaluación integrante de esta población, como puede ser área de mecanizado, habilitado de material(corte), forja o construcción.

En la tabla 2, 3 Y 4 se muestra la población de personal operativo (mano de obra) de las empresas donde realizó el presente trabajo de investigación.

Mientras que en las tablas 5, 6 y 7 se representa la población de los activos.

Y finalmente en las tablas y gráficos se esquematizan la población de los productos que se fabrican, aquí se identificó también la rotación que tienen estos productos.

**TABLA 2. Muestra de personal Operativo IDMH PERU SAC**

<b>ÁREAS Y CARGOS</b>	<b>PERSONAL POR ÁREA</b>	<b>COSTO / MES (S/.)</b>
<b>CARPINTERIA</b>	<b>3</b>	<b>S/.4,640.54</b>
MONITOR CARPINTERIA	1	S/.1,687.20
OPERARIO CARPINTERIA	2	S/.2,953.34
<b>CORTE</b>	<b>6</b>	<b>S/.7,184.66</b>
AYUDANTE CORTE	2	S/.2,302.40
OPERARIO CORTE	4	S/.4,882.26
<b>ENSAMBLE</b>	<b>5</b>	<b>S/.7,034.56</b>
AYUDANTE SOLDADURA	1	S/.1,143.00
OPERARIO ENSAMBLE	4	S/.5,891.56
<b>FORJA</b>	<b>6</b>	<b>S/.9,551.70</b>
AYUDANTE FORJA	1	S/.1,344.30
MONITOR FORJA	1	S/.2,105.00
PRENSISTA FORJA	4	S/.6,102.40
<b>MECANIZADO</b>	<b>16</b>	<b>S/.27,528.26</b>
AYUDANTE MECANIZADO	2	S/.2,587.30
MONITOR MECANIZADO	1	S/.1,000.00
TORNERO CNC MECANIZADO	5	S/.11,921.70
TORNERO MECANIZADO	8	S/.12,019.26
<b>SOLDADURA</b>	<b>23</b>	<b>S/.36,484.20</b>
ARMADOR SOLDADURA	3	S/.5,205.00
AYUDANTE SOLDADURA	6	S/.7,318.60
MONITOR ESTRUCTURAS	1	S/.2,109.90
OPERARIO SOLDADURA	3	S/.5,999.64
PINTOR	3	S/.3,833.40

ÁREAS Y CARGOS	PERSONAL POR ÁREA	COSTO / MES (S/.)
SOLDADOR	6	S/.10,167.66
<b>Total general</b>	<b>59</b>	<b>S/.92,423.92</b>

FUENTE: Tomado de la planilla de la empresa IDMH PERU SAC 2019

**TABLA 3. Muestra de personal Operativo PRODUCTOS FORJADOS**

Etiquetas de fila	Cuenta de AREA	Suma de REMUNERACIÓN
<b>CARPINTERIA</b>		<b>2</b>
MONITOR CARPINTERIA	1	1687.2
OPERARIO CARPINTERIA	1	1600
<b>CORTE</b>		<b>2</b>
AYUDANTE CORTE	1	1051.2
OPERARIO CORTE	1	1250
<b>ENSAMBLE</b>		<b>2</b>
AYUDANTE SOLDADURA	1	1143
OPERARIO ENSAMBLE	1	1795.4
<b>FORJA</b>		<b>2</b>
MONITOR FORJA	1	2105
PRENSISTA FORJA	1	1473.4
<b>MECANIZADO</b>		<b>7</b>
AYUDANTE MECANIZADO	2	2587.3
MONITOR MECANIZADO	1	1000
TORNERO CNC		
MECANIZADO	2	4692.7
TORNERO MECANIZADO	2	3503.3
<b>SOLDADURA</b>		<b>5</b>
ARMADOR SOLDADURA	1	1797
MONITOR ESTRUCTURAS	1	2109.9
OPERARIO SOLDADURA	1	1646.34
PINTOR	1	1380.4
SOLDADOR	1	1546.34
<b>Total general</b>	<b>20</b>	<b>32368.48</b>

FUENTE: Tomado de la planilla de la empresa PRODUCTOS FORJADOS-2018

**TABLA 4. Muestra de personal Operativo INDUSTRIA CROM**

AREAS Y CARGOS	PERSONAL POR ÁREA	COSTO / MES (S/.)
<b>ADMINISTRACIÓN</b>		<b>1</b>
ADMINISTRACIÓN	1	S/.3,000.00
<b>ENSAMBLE</b>		<b>2</b>
JEFE DE PLANTA	1	S/.3,000.00
SOLDADOR TIG	1	S/.1,800.00
<b>PRENSA</b>		<b>2</b>
OPERARIO DE PRENSA	2	S/.3,000.00
<b>Total general</b>	<b>5</b>	<b>S/.10,800.00</b>

FUENTE: Tomado de la planilla de la empresa INDUSTRIA CROM-2021

**TABLA 5 Muestra de Maquinaria de la empresa IDMH PERU SAC**

N°	ÁREA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT
1	FORJA	ELECFW1	ELECTROFORJA WELDING	01
2	FORJA	PREWS1	PRENSA HIDRAULICA WATSON STILLMAN	01
3	FORJA	PREGAM1	PRENSA GAMEI DE 200 TON.	01
4	FORJA	PREVAP1	PRENSA VAPZAROV	01
5	FORJA	PRECER1	PRENSA CERINI	01
6	FORJA	PREVSS1	PRENSA VSS	01
7	FORJA	PREULE1	PRENSA ULECIA	01
8	FORJA	PREZAM1	PRENSA ZAMECH	01
9	FORJA	PRECON1	PRENSA CONSUL	01
10	FORJA	PREGAM2	PRENSA GAMEI DE 100 TON	01
11	FORJA	HORTRA1	HORNO TRATAMIENTO	01
12	FORJA	HORTRA2	HORNO VAPZAROV	01
13	FORJA	HORVSS	HORNO VSS	01
14	FORJA	PREAIT1	PRENSA AITOR	01
15	MECANIZADO	TORCNC2	TORNO CNC GT-20 - HAAS	01
16	MECANIZADO	TORCNC3	TORNO CNC ST-25 - HAAS	01
17	MECANIZADO	TORCNC1	TORNO CNC SL-40 - HAAS	01
18	MECANIZADO	TORCSID1	TORNO CONV. N° 1- SIDERAL 650	01
19	MECANIZADO	TORCSID2	TORNO CONV. N° 2- SIDERAL 650	01
20	MECANIZADO	TORCSID3	TORNO CONV. N° 3- SIDERAL 650	01
21	MECANIZADO	TORCSID4	TORNO CONV. N° 4- SIDERAL 650	01
22	MECANIZADO	TORCTAF5	TORNO CONV. N° 2- TAFEL 500	01
23	MECANIZADO	TORCNAR6	TORNO CONV. N° 6- NARDINI 2000	01
24	MECANIZADO	TORCVDF1	TORNO CONVENCIONAL N° 7- VDF	01
25	MECANIZADO	FRESMCIN	FRESADORA N°1 - CINCCINATI	01
26	MECANIZADO	FRESMHUR	FRESADORA N°2- HURON	01
27	MECANIZADO	ROSBRA2	ROSCADORA N°1 - GURI 100	01
28	MECANIZADO	ROSBOS1	ROSCADORA N°2 - GURI 150	01
29	SOLDADURA	SOLDHOB1	SOLDADORA HOBART H-525	01
30	SOLDADURA	SOLDHOB2	SOLDADORA HOBART H-425	01
31	SOLDADURA	SOLDHOB3	SOLDADORA HOBART RN-400	01
32	SOLDADURA	SOLDHOB4	SOLDADORA HOBART RN-400	01
33	SOLDADURA	SOLDHOB5	SOLDADORA HOBART RN-400	01
34	SOLDADURA	SOLDPRI1	SOLDADORA PRIMUS 400	01
35	SOLDADURA	SOLDSOL1	SOLDADORA SOLANDINA TRS-300	01
36	SOLDADURA	SOLDHOB6	SOLDADORA HOBART H-280	01
37	SOLDADURA	SOLDSOL2	SOLDADORA SOLANDINA TC-260	01
38	CARPINTERIA	CARPSR1	SIERRA CIRCULAR	01
39	CARPINTERIA	CARPLIJ1	LIJADORA	01
40	CARPINTERIA	CARPSC2	SIERRA CINTA	01
41	CORTE	CORTSOP1	SIERRA MECANICA	01
42	CORTE	CORTSST1	SIERRA MECANICA	01
43	CORTE	CORTPPT2	PUNZONADORA FICEP	01
44	CORTE	CORTCOX	CARRO DE OXICORTE AGA	01
45	CORTE	CORTPANT1	PANTOGRAFO KEBE	01
46	CORTE	CORTPLAS1	CORTE PLASMA	01

FUENTE: Tomado del reporte contable de activos de IDMH PERU SAC 2019.

**TABLA 6. Muestra de Maquinaria de la empresa PRODUCTOS FORJADOS**

ITEM	TIPO DE ACTIVO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CAPACIDAD	CANT
01	MAQUINARIA	ELECFW1	ELECTROFORJA WELDING	5 TON	01
02	MAQUINARIA	PREWS1	PRENSA HIDRAULICA	20 TON	01
03	MAQUINARIA	PRECON1	PRENSA	200 TON	01
04	MAQUINARIA	PREGAM2	PRENSA	200 TON	01
05	MAQUINARIA	HORTRA1	HORNO TRATAMIENTO	500 KG	01
06	MAQUINARIA	HORTRA2	HORNO VAPZAROV	500 KG	01
07	MAQUINARIA	HORVSS	HORNO	300 KG	01
08	MAQUINARIA	PREAIT1	PRENSA	200 TON	01
09	MAQUINARIA	TORCNC2	TORNO CNC GT-20	80 KG	01
10	MAQUINARIA	TORCNC3	TORNO CNC ST-25 - HAAS	100 KG	01
11	MAQUINARIA	TORCSID1	TORNO CONVENCIONAL N° 1	250 KG	01
12	MAQUINARIA	TORCSID2	TORNO CONVENCIONAL N° 2	250 KG	01
13	MAQUINARIA	FRESMCIN	FRESADORA N°1	250 KG	01
14	MAQUINARIA	FRESMHUR	FRESADORA N°2	250 KG	01
15	MAQUINARIA	ROSBRA2	ROSCADORA N°1	250 KG	01
16	MAQUINARIA	ROSBOS1	ROSCADORA N°2	250 KG	01
17	MAQUINARIA	SOLDHOB1	SOLDADORA	300 AMP	01
18	MAQUINARIA	SOLDSOL2	SOLDADORA	300 AMP	01
19	MAQUINARIA	CARPSR1	SIERRA CIRCULAR	5 HP	01
20	MAQUINARIA	CARPLIJ1	LIJADORA	5 HP	01
21	MAQUINARIA	CARPSC2	SIERRA CINTA	5 HP	01
22	MAQUINARIA	CORTSOP1	SIERRA MECANICA	5 HP	01
23	MAQUINARIA	CORTPPT2	PUNZONADORA FICEP	50 TON	01
24	MAQUINARIA	CORTCOX	CARRO DE OXICORTE AGA	100 MM	01
25	MAQUINARIA	CORTPANT1	PANTOGRAFO KEBE	100 MM	01
26	MAQUINARIA	CORTPLAS1	CORTE PLASMA	100 MM	01
27	MAQUINARIA	CORTTREV1	TORNO REVOLVER IRALAG	200 KG	01

FUENTE: Tomado del reporte contable de activos de PRODUCTOS FORJADOS - .2018

**TABLA 7. Muestra de Maquinaria de la empresa INDUSTRIA CROM**

N°	ÁREA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT
1	PRENSA	IC-0516	PRENSA EXCETRICA 15 TON	01
2	PRENSA	IC-0416	PRENSA EXCETRICA 10 TON	01
3	PRENSA	IC-0316	PRENSA EXCETRICA 7 TON	01
4	PRENSA	IC-0216	PRENSA EXCETRICA 5 TON	01
5	MECANIZADO	IC-0115	TORNO CONVENCIONAL TW-500	01
6	CORTE	IC-0113	CIZALLA MANUAL DE 5TON	01
7	SOLDADURA	IC-0001	SODLADURA SOLANDINA 260AMP	01
8	SOLDADURA	IC-0101	SOLDADORA HOBART TIG	01

FUENTE: Tomado del reporte contable de activos de INDUSTRIA CROM-2021

A continuación, se muestra los productos fabricados en las compañías de estudio, debido al volumen de los productos se consideró agrupar en tipos o familias para hacerlo representativo, las muestras son promedios mensuales.

**TABLA 8. Muestra de productos fabricados mensualmente por IDMH PERU SAC**

FAMILIA DE PRODUCTOS	ROTACIÓN SEMESTRAL ( UNID)	VENTAS MENSUALES (\$)
CARRO MINERO	704	\$53,399.76
PASTECA	2540	\$44,645.48
MOTON OVAL	407	\$10,734.31
CALESA MINERA	88	\$7,562.51
MOTON ACERO	1224	\$7,487.16
MOTON DIAMANTE	135	\$4,830.88
MOTON MADERA	1576	\$2,858.97
CATALINA DE IZAJE	62	\$2,846.27
RUEDA DE FUNDICIÓN	346	\$2,107.80

FUENTE: Tomado del reporte contable de facturación IDMH PERU SAC-2019

Con respecto a la empresa INDUSTRIA CROM en la tabla se muestra las ventas mensuales de sus productos y la rotación misma.

**TABLA 9. Promedio mensual de ventas INDUSTRIA CROM**

ITEM	CÓDIGO	DETALLE	VENTA MES (UNID)
1	TRS-CH	Tapa de radiador simple chico.	2857
2	TRC41-4 LIB	Tapa de radiador chico de 4 Libras (baja, Toyota).	789
3	TRC27-4 LIB	Tapa de radiador chico de 4 Libras (alta, Nissan).	1316
4	TRC27-9 LIB	Tapa de radiador chico de 9 Libras (alta, Nissan)	263
5	TRS-GR	Tapa de radiador simple grande.	2500
6	TG-D	Tapa de gasolina Datsun/Nissan.	417
7	TRC27-1.1	Tapa de radiador chico de 1.1 (alta, carros nuevos)	26
8	L-1111	Plaqueta de Arrancador Izquierdo	357
9	TC-2808B	Terminal de batería CROM, ø 10mm ó 3/8	167
10	L-1110	Plaqueta de Arrancador Derecho	179
11	TG-T	Tapa de gasolina Toyota	292
12	TC-2808A	Terminal de batería CROM, ø 12mm ó 1/2	156
13	L-1106	Plaqueta de arrancador en L	250
14	TRC-4 LIB	Tapa de radiador grande de 4 Libras.	66
15	L-1108	Plaqueta de Arrancador Abanico	71
16	TRC41-9 LIB	Tapa de radiador chico de 9 Libras (baja, Toyota).	79
17	TRC-1.1 GR	Tapa de radiador grande 1.1	32
18	TR-U	Tapa rosca universal	42
19	TRC-7 LIB	Tapa de radiador grande de 7 Libras.	26
20	BRC-01	Boquillas de radiador CROM.	38
21	TRC41-1.1	Tapa de radiador chico de 1.1 (baja, carros nuevos).	53
22	TRC-9 LIB	Tapa de radiador grande de 9 Libras.	53

FUENTE: Tomado del reporte contable de facturación IDMH PERU SAC-2019

En la siguiente tabla se representa la carga de trabajo en el área de mecanizado

**TABLA 10. Tiempo de producción de componentes en el área de mecanizado  
IDMH PERU SAC- Promedio mensual**

COMPONENTE	TORNO CNC (MIN)	TORNO CONVENCIONAL (MIN)	ROSCADORA (MIN)	FRESADORA (MIN)	SUMA TOTAL (MIN)
BOCINA	487	2013			2500
BRAZO		172			172
CANCAMO		330			330
CARTUCHO	50	61			111
CUERPO	22			314	336
DISTANCIADOR	38	486			524
EJE	1667	1355		38	3060
GANCHO	108	795	25		928
GRILLETES	30	478		245	753
GUARDA ABRAZADERA	19	58			77
HORQUILLA	24	1207	6		1237
LABERINTO	335	985			1320
PASADOR		60	123		183
POLEA	1494	2065			3559
RUEDA	632				632
TAPA	10	111		1040	1161
TUERCA	101	342		855	1298
<b>Total general</b>	<b>5017</b>	<b>10518</b>	<b>154</b>	<b>2492</b>	<b>18181</b>

FUENTE: Tomado del reporte contable de facturación IDMH PERU SAC-2019

En la tabla se muestra el consumo anual de insumos y herramientas de la empresa IDMH PERU SAC

**TABLA 11. Muestra de consumo anual de herramientas y consumibles de la empresa IDMH PERU SAC.**

<b>AREAS/ CONSUMIBLE</b>	<b>CONSUMO 2014</b>	<b>CONSUMO 2015</b>	<b>CONSUMO 2016</b>	<b>CONSUMO 2017</b>	<b>TOTAL CONSUMO</b>
<b>CARPINTERIA</b>	<b>\$6.82</b>	<b>\$325.42</b>	<b>\$1,089.10</b>	<b>\$631.78</b>	<b>\$2,053.12</b>
BROCA	\$6.82	\$279.39	\$454.97	\$631.78	\$1,372.96
OTROS		\$46.03	\$634.13		\$680.16
<b>CORTE</b>	<b>\$942.24</b>	<b>\$6,756.40</b>	<b>\$8,914.13</b>	<b>\$9,558.20</b>	<b>\$26,170.97</b>
SIERRA CINTA	\$940.17	\$6,600.48	\$8,799.53	\$9,471.42	\$25,811.60
CHISPERO	\$2.07	\$66.73	\$98.48	\$23.91	\$191.19
INSTRUMENTOS		\$89.19	\$16.12	\$62.87	\$168.18
<b>FORJA</b>		<b>\$239.18</b>	<b>\$3.20</b>	<b>\$78.52</b>	<b>\$320.90</b>
CHISPERO		\$1.89	\$3.20		\$5.09
OTROS		\$237.29			\$237.29
TIPO				\$78.52	\$78.52
<b>MECANIZADO</b>	<b>\$9,624.75</b>	<b>\$34,879.44</b>	<b>\$43,972.75</b>	<b>\$29,428.40</b>	<b>\$117,905.34</b>
BROCA	\$5.05	\$1,218.67	\$5,068.67	\$2,130.12	\$8,422.51
CUCHILLA		\$100.11	\$425.32	\$539.02	\$1,064.45
INSERTO	\$5,595.40	\$15,018.23	\$31,867.37	\$16,416.09	\$68,897.09
PEINE	\$3,091.23	\$15,122.93	\$2,831.48	\$1,968.94	\$23,014.58
PORTA REPUESTO		\$1,713.88	\$2,956.13	\$2,539.30	\$7,209.31
PORTA	\$172.52	\$451.02	\$77.16	\$1,466.28	\$2,166.98
INSTRUMENTOS		\$200.31		\$1,109.09	\$1,309.40
PASTILLA CARB	\$760.55	\$272.64	\$181.13	\$666.35	\$1,880.67
OTROS		\$447.82	\$517.76	\$2,385.03	\$3,350.61
FRESA		\$333.83	\$47.73	\$208.18	\$589.74
<b>SOLDADURA</b>	<b>\$1,153.30</b>	<b>\$9,257.29</b>	<b>\$14,046.72</b>	<b>\$9,153.91</b>	<b>\$33,611.22</b>
BROCA	\$807.41	\$4,209.35	\$5,461.79	\$3,012.00	\$13,490.55
CHUCK		\$445.31	\$290.86		\$736.17
CUCHILLA	\$14.58	\$12.55	\$10.14	\$286.68	\$323.95
INSTRUMENTOS	\$331.31	\$4,590.08	\$8,283.93	\$5,855.23	\$19,060.55
<b>Total general</b>	<b>\$11,727.11</b>	<b>\$51,457.73</b>	<b>\$68,025.90</b>	<b>\$48,850.81</b>	<b>\$180,061.55</b>

FUENTE: Tomado del reporte contable de facturación IDMH PERU SAC-2019

En la tabla 12, se muestra la población de consumibles analizados

**TABLA 12. Muestra de consumibles- Herramientas críticos analizados empresa IDMH PERU SAC**

<b>PROCESO DE MECANIZADO /</b>			
<b>FORMA DE HERRAMIENTA</b>	<b>MITSUBISHI</b>	<b>ZCC</b>	<b>Total general</b>
<b>ACABADO</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>6</b>
ROMBO (VNMG-16)	1		1
TRIANGULO		1	1
ROMBO	4		4
<b>ACANALADO</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>10</b>
CIRCULAR(08)	1		1
CIRCULAR(10)	1		1
CIRCULAR(12)	2	1	3
CIRCULAR(CERAMICO)		1	1
ROMBO (VNMG-16-FG)	2	1	3
CIRCULAR(16)	1		1
<b>AGUJERADO</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
INSERT-BROCA	2	2	4
<b>BISELADO INT</b>		<b>1</b>	<b>1</b>
TRIGONAL		1	1
<b>CILINDRADO</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>17</b>
ROMBICO(CNM_12)	3		3
ROMBICO(CNM_19)	1	2	3
ROMBO (DNMG-25)	2		2
TRIANGULO	1	1	2
TRIGONAL	4	3	7
<b>CILINDRADO INT</b>	<b>2</b>		<b>2</b>
ROMBICO(INT_00)	2		2
<b>FRESADO</b>	<b>3</b>		<b>3</b>
OCTOGONAL	1		1
TRIANGULO FRE	2		2
<b>RANURADO</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
PLANO(RANUR)	4	1	5
<b>REFRENTADO</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>9</b>
CUADRADO(SNM_12)	5	2	7
CUADRADO(SNM_19)	1	1	2
<b>ROSCADO</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>
ROSCA(16)	2	2	4
ROSCA(22)	2	2	4
<b>Total general</b>	<b>44</b>	<b>21</b>	<b>65</b>

FUENTE: Tomado del reporte contable de activos de IDMH PERU SAC 2020.

En la figura 5, se muestra la población de materiales

**TABLA 13 Muestra de la población de materiales de la empresa IDMH PERU SAC**

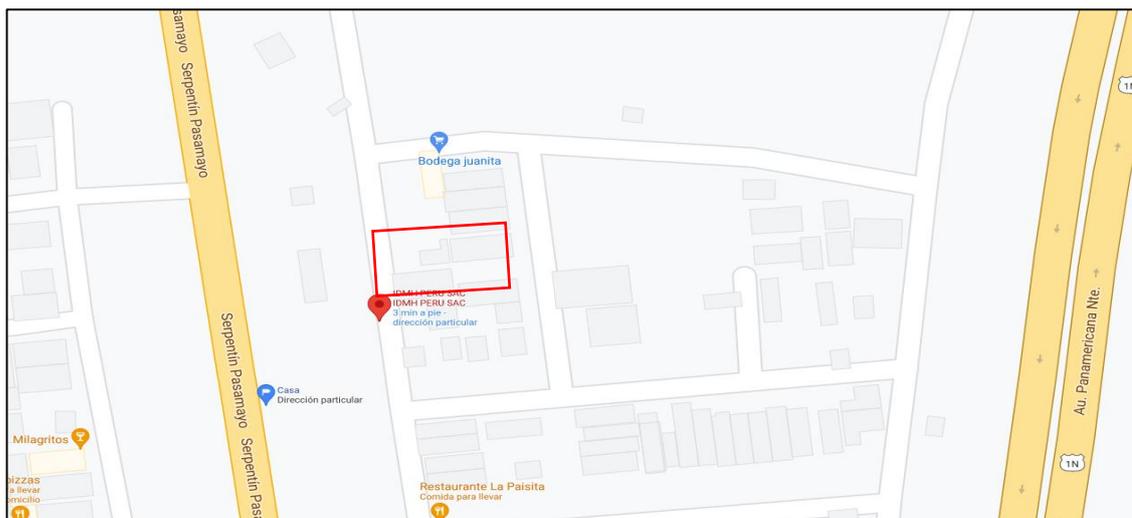
ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	COMPONENTES	AREAS INVOLUCRADAS
1	DIVERSO	ACEROS SAE 1020, 1045, 4140, 4340	EJES, PASADORES, BOCINAS, PINES, CANCAMO , GANCHOS, ETC	CORTE, MECANIZADO Y FORJA
2	DIVERSO	ACEROS ESTRUCTURAL ASTM A-36	TAPAS, TUERCAS Y PLATAFORMAS	CORTE, FORJA Y SOLDADURA
3	DIVERSO	ACEROS ANTIDESGASTE T-500	RECUBRIMIENTOS	CORTE Y SOLDADURA
4	DIVERSO	FUNDICIÓN SAE 1060	POLEAS, RUEDAS DE CARROS MINEROS, BRAZOS DE RUEDAS	MECANIZADO
5	DIVERSO	FUNDICIÓN GRIS	POLEAS Y LABERINTOS	MECANIZADO
6	DIVERSO	BRONCE SAE 20	BOCINAS	MECANIZADO
7	DIVERSO	BRONCE SAE 40	BOCINAS	MECANIZADO
8	DIVERSO	BRONCE GRAFITADO	BOCINAS	MECANIZADO

FUENTE: Tomado del reporte contable de activos de IDMH PERU SAC 2020.

#### 4.4 Ubicación del lugar de estudio y Periodo desarrollado

Como ya se indicó anteriormente el presente trabajo se realizó en tres plantas de producción de la industria metalmecánica, estas compañías resumen la industria metalmecánica de Lima Metropolitana.

Por lo que se representa en las figuras 26, 27 y 28



**Figura 26.** Ubicación de la planta industrial IDMH PERU SAC, tomado de GOOGLE MAPS

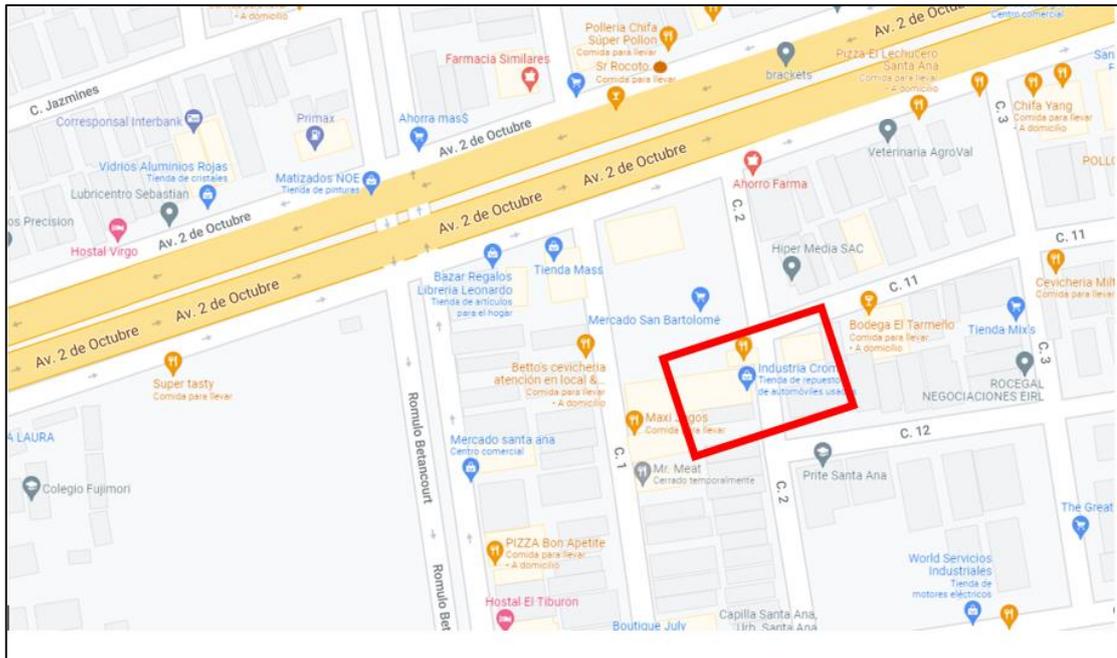


Figura 27. Ubicación de la planta industrial de INDUSTRIAS CROM EIRL, tomado de GOOGLE MAPS

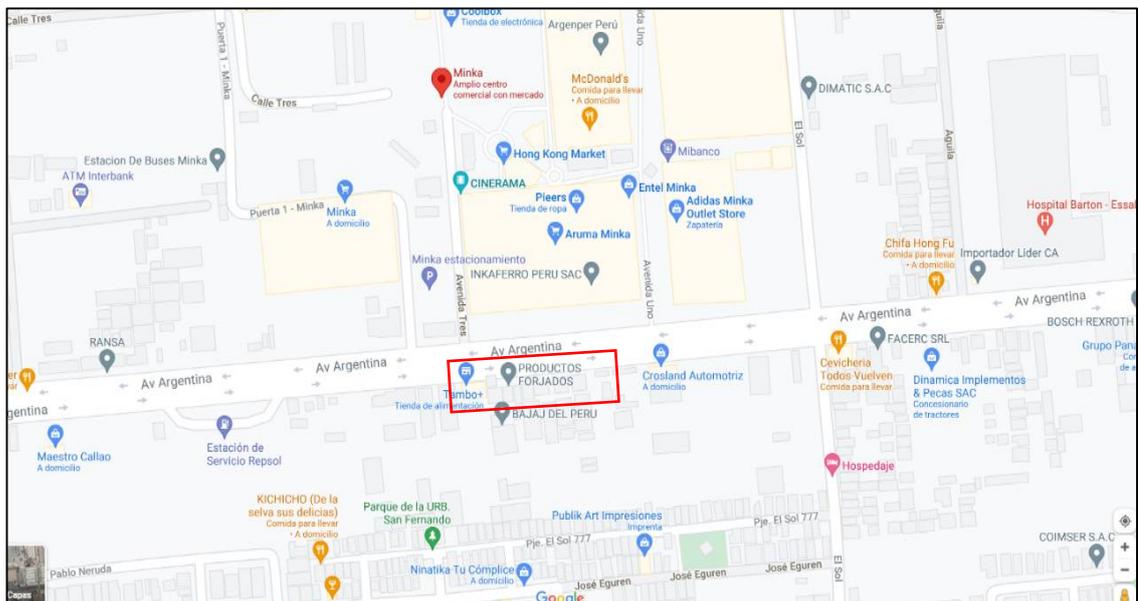


Figura 28. Ubicación de la planta industrial de PRODUCTOS FORJADOS SAC, tomado de GOOGLE MAPS

## 4.5 Técnicas e instrumento de recolección de datos

### 4.5.1 Técnicas de recolección de datos

La recolección de los datos se da de manera organizada y en medio de las actividades diarias de producción, es decir la primera etapa de recolección significó levantar información de los procesos, procedimientos, formas y tiempos de ejecución de fabricación de distintos elementos y en consecuencia el muestreo de las actividades por área de producción.

El proyecto de implementación surge en base al requerimiento de gerencia de controlar y mejorar la productividad sin aumentar recursos, es decir lograr la eficiencia, para ello se desarrollaron diversas reuniones entre planeamiento, y producción, donde recae por parte de producción la toma de data de los procesos actuales de producción.

Como segunda etapa se realiza la implementación y se recoge la información de los resultados, de igual forma producción se hizo cargo de ello, pero con mayor participación del área de planeamiento.

### 4.5.2 Instrumento de recolección de datos

La recolección de datos se da de manera organizada y en medio de las actividades diarias de producción, es decir la primera etapa de recolección significó levantar información de los procesos, procedimientos, formas y tiempos de ejecución de fabricación de distintos elementos y en consecuencia el muestreo de las activadas por área de producción.

Para esta actividad se desarrolló y empleo diversas herramientas vinculadas a la gestión de recursos, entre ellas:

- Reporte diario de producción
- Reporte de consumo diario y semanal de producción
- Reporte de tereo por máquina, donde se identifica los procesos de trabajo, registro de personal y herramientas usadas.
- Cuantificación de reprocesos que se incurrió.
- Reporte de incidencias por retrasos de entrega de componentes.

En la tabla 14, detalla las técnicas de recolección de datos usados.

**TABLA 14 .Técnicas de recolección de datos usados en la empresa IDMH PERU SAC**

DESCRIPCIÓN	INSTRUMENTO	TECNICAS
Planteamiento del problema	Entrevista al gerente de operaciones	Entrevistas
	Registros periodísticos de la coyuntura nacional	Documental
Marco teórico	Fichas bibliográficas	Documental
	Fichas videografías	
	Fichas electrónicas	
Hipótesis y variables	Fichas bibliográficas	Documental
	Fichas videografías	Observación directa
Diseño metodológico	Informe de tesis	Documental
	Fichas bibliográficas	
	Fichas videografías	
Resultados	Fichas bibliográficas	Documental
	Fichas videografías	
	Informe de tesis	
	Ficha de recolección	

FUENTE: Elaboración propia en coordinación con la empresa IDMH PERU SAC 2020.

#### 4.6 Identificación y clasificación de los procesos productivos

Los datos obtenidos previa a la implementación es vital para demostrar la efectividad del nuevo plan de mejora de la producción, esos datos fueron registrados y procesados como se describió previamente, para esta etapa consiste en la aplicación del nuevo plan de mejora basado en Lean Manufacturing, para tal fin se identifica y diagnostica las condiciones de las áreas productivas intervenidas.

##### 4.6.1 Identificación de áreas y procesos críticos

Toda actividad productiva tiene secuencias y procedimientos, estas se agruparán y sectorizan según el tipo de procesos en áreas productivas como es caso de la industria metalmecánica.

Entonces en nuestro caso identificamos las áreas operativas críticas que condicionan la producción y donde no existe posibilidad de retrasos o

reprocesos, si bien es cierto se planifica siempre con holgura para contemplar retrasos propios de las actividades, paradas de máquina, mantenimiento, incidente menor, pero no contempla reprocesos o producción fuera de los estándares ya identificados, y me refiero a los tiempos y calidad.

En tal sentido, las áreas de corte de material (habilitado) y maestranza, siendo la primera indudablemente donde parte todo y alimenta todas las áreas productivas, la segunda es crítica no por concentrar toda la producción, pero si el 80% de los productos para las compañías de estudio, principalmente lo crítico es por el nivel de precisión e importancia de la calidad del trabajo.

Según lo mostrado en la tabla 29, se elaboró mediante la técnica de PARETO la identificación de los productos con mayor rotación.

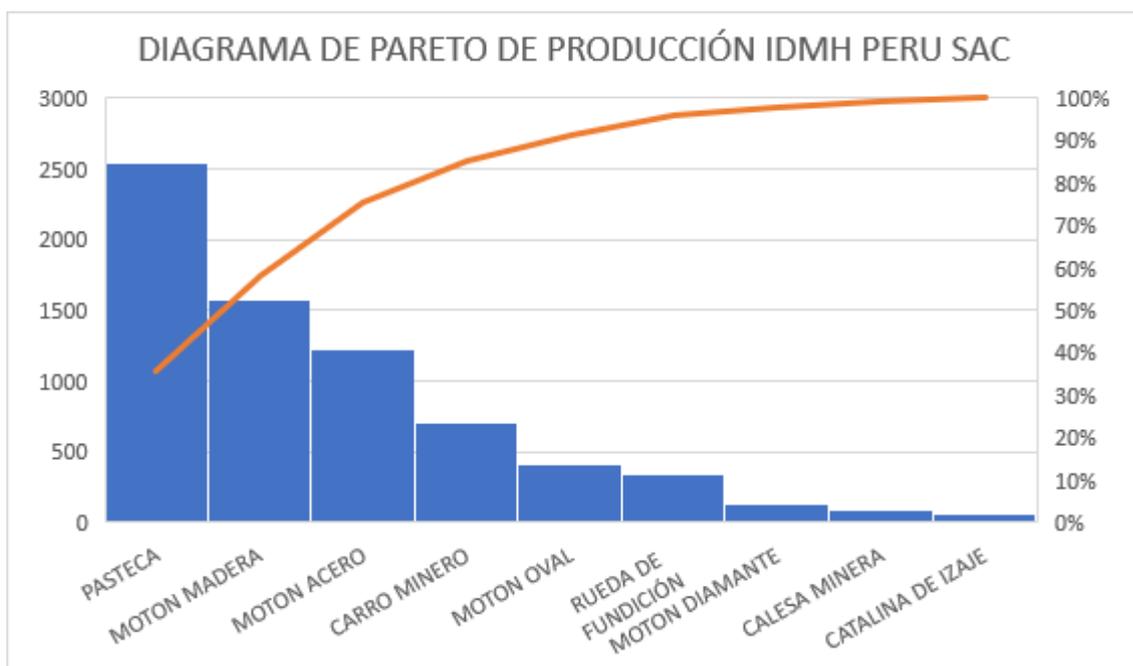


Figura 29. Diagrama de PARETO de ventas con mayor rotación mensual – IDMH PERU SAC, Elaboración propia en base a reporte contable de facturación IDMH PERU SAC - 2019

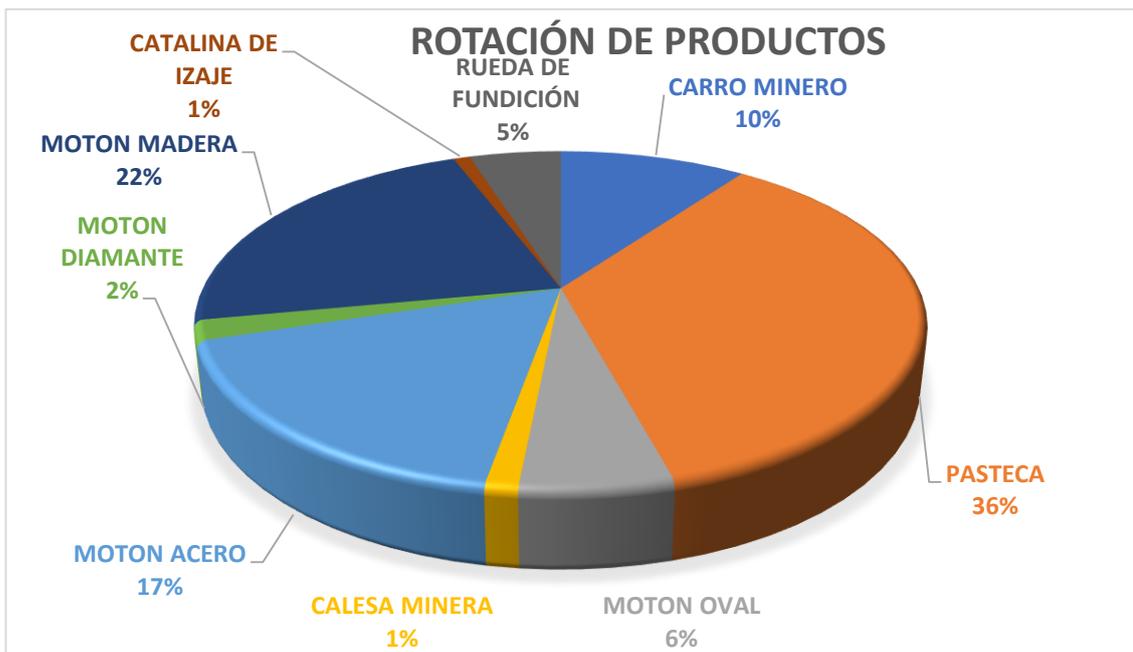


Figura 30. Diagrama representativo de la rotación de productos de IDMH PERU SAC, tElaboración propia en base al registro contable mensual de facturación 2019

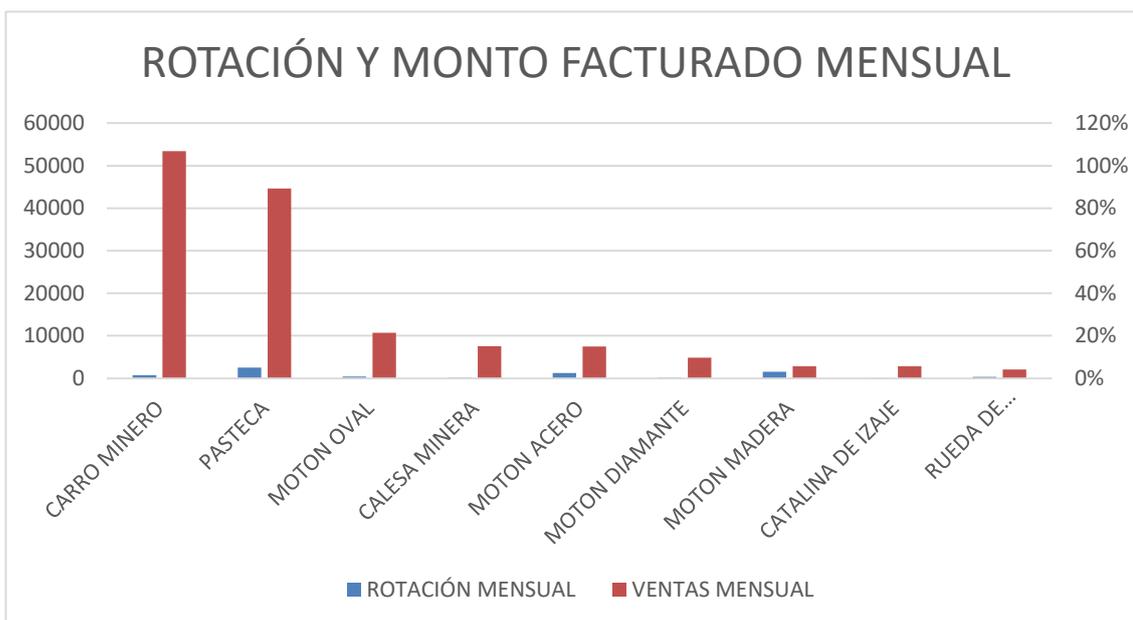


Figura 31. Diagrama comparativo de facturación mensual con rotación mensual de IDMH PERU SAC, Elaboración propia en base al registro contable mensual de facturación 2019

A continuación, se presenta la tabla 15 que clasifica las áreas productivas de la empresa IMDH PERU SAC según su criticidad.

**TABLA 15. Identificación de áreas operativas según su criticidad de la empresa IDMH PERU SAC**

ÁREA	DESCRIPCIÓN	ÁREAS DEPENDIENTES	VALOR DE PLANILLA	NIVEL DE CRITICIDAD
MECANIZADO	Mecanizado de ejes, ruedas y demás componentes móviles	Soldadura y Carpintería	S/.27,528.26	1
CORTE (HABILITADO DE MATERIAL)	Corte de planchas, perfiles y barras de acero.	Forja, Mecanizado, Soldadura y Carpintería	S/.7,184.66	2
FORJA	Forjado de componentes	Mecanizado, Carpintería y soldadura	S/.9,551.70	3
SOLDADURA	Soldadura de estructuras y ensamble	Almacén	S/.36,484.20	4

FUENTE: Elaboración propia en coordinación con la empresa IDMH PERU SAC 2020.

Una vez identificado la criticidad de las áreas se procedió a evaluar el área crítica, bajo esa identificación abordamos el área de MECANIZADO.

Por ello en la figura 32 y 33 vemos el análisis de los componentes mecanizados en base a la tabla 10.

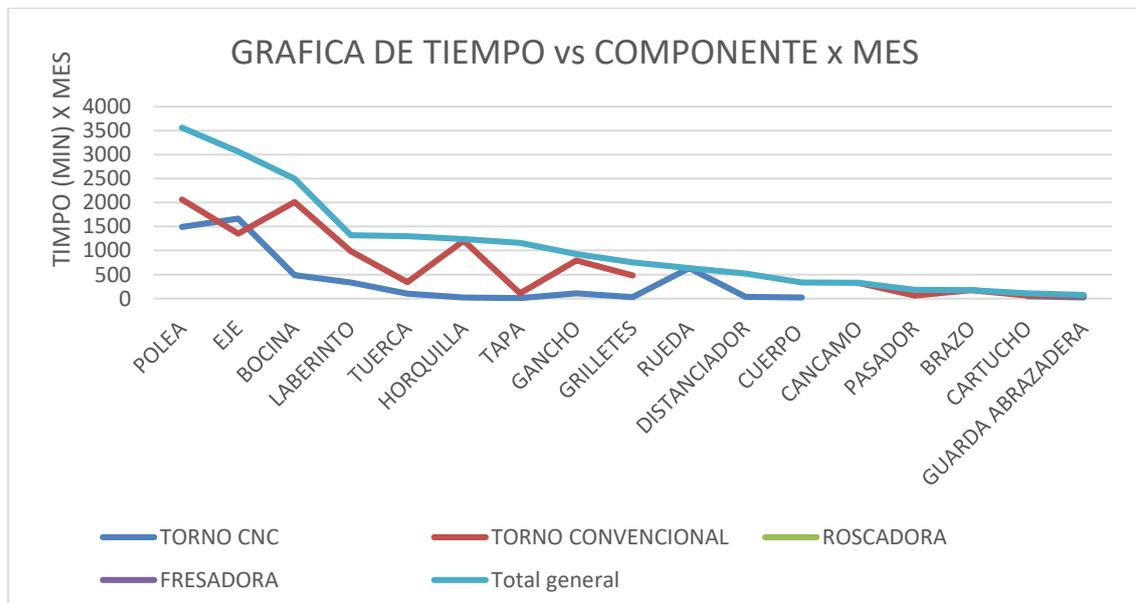
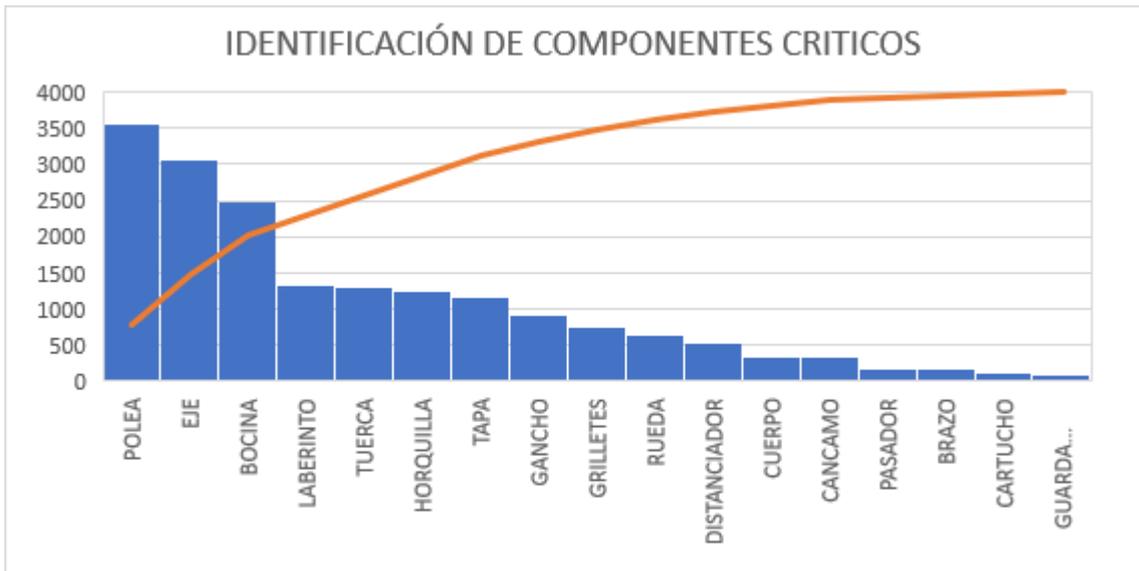
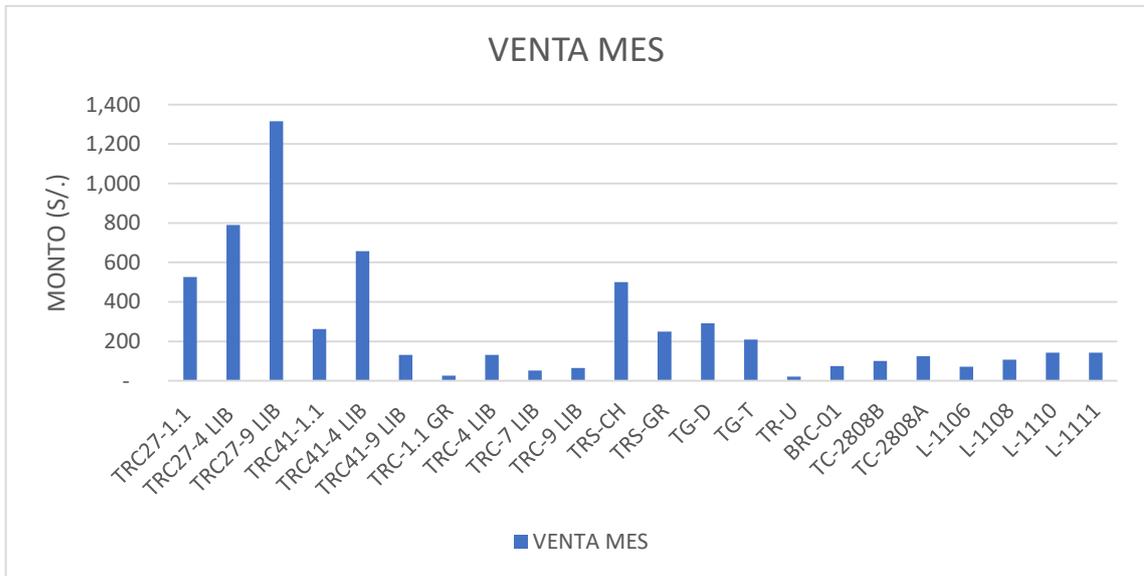


Figura 32. Grafica de tiempos de mecanizado por componente IDMH PERU SAC, Elaboración propia tomado del reporte y sistematización de recojo de data de la planta IDMH PERU SAC 2018.

También a partir del análisis de la tabla 10 se aplicó la técnica de Pareto para obtener la figura 33.



**Figura 33.** DIAGRAMA DE PARETO para identificación de componentes críticos IDMH PERU SAC, elaboración propia en base a los reportes de mecanizado y el recojo de data en planta de IDMH PERU SAC-2018  
Respecto a la empresa INDUSTRIA CROM también se esquematizo el consumo mensual partiendo de las ventas según la tabla 9.



**Figura 34.** Representación de las ventas mensuales de la empresa INDUSTRIA CROM, elaboración propia en base a los registros de ventas del 2021

#### 4.6.2 Identificación de consumibles críticos

Toda actividad productiva tiene secuencias y procedimientos, estas se agruparán y sectorizan según el tipo de procesos en áreas productivas como es caso de la industria metalmeccánica.

Al igual que la identificación de las áreas por su criticidad, los consumibles que poseen mayor importancia o representan mayor flujo de recursos económicos fueron analizados. Para la identificación de la criticidad de los consumibles se realizó teniendo estos criterios:

- Costo mensual de consumo.
- Frecuencia de consumo, rotación.
- Valor individual del consumible.
- Identificación de nivel de desperdicio

En la figura 35, mostramos un esquema que resume el flujo de consumo de insumos y herramientas del tipo consumible.

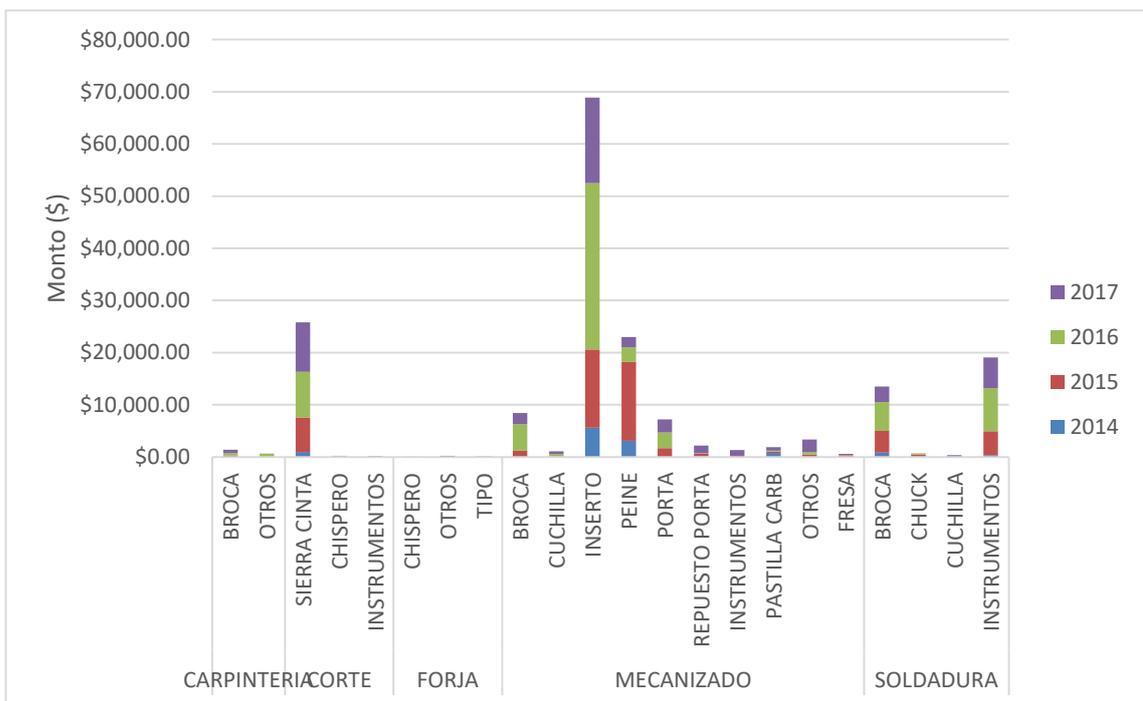


Figura 35. Esquematización de consumo de insumos-herramientas por área de la planta IDMH PERU

Fuente: Elaboración propia en base a los reportes de consumo de almacén IDMH PERU SAC- 2017

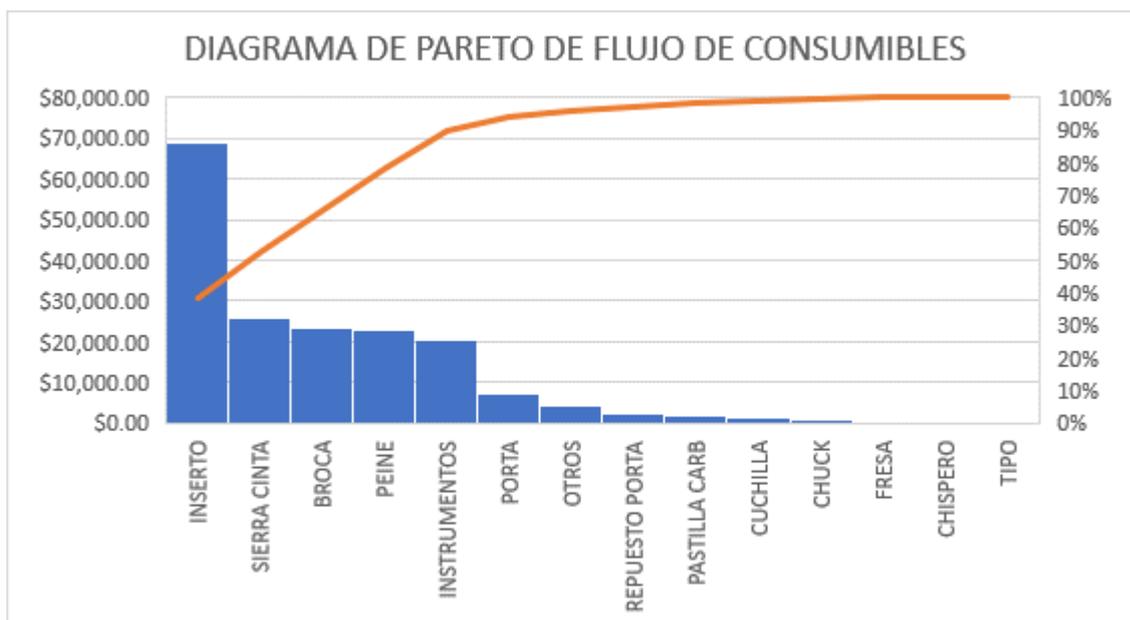


Figura 36. Diagrama de PARETO de flujo de consumibles anuales de la planta IDMH PERU SAC, elaboración propia en base a los reportes de consumos de almacén IDMH PERU SAC 2018

De la figura anterior es evidente la concentración del consumo de insertos (herramienta de corte para mecanizado). En la siguiente tabla N° 4.4.2. se representa los consumibles de mayor rotación acumulada anual, además se identifica la criticidad.

**TABLA 16. Identificación de consumibles de mayor rotación de la empresa IDMH PERU SAC**

CONSUMIBLE	DESCRIPCIÓN	ÁREAS	COSTO MENSUAL	NIVEL DE DESPERDICIO
INSERTOS	Pastillas carburadas para el proceso de mecanizado	MECANICADO	\$22,965.70	Excesivo, ver tabla 4
SIERRA CINTA	Sierra para máquinas de corte de acero	MECANIZADO	\$8,603.87	3
BROCA	Material de aporte para soldadura	SOLDADURA, MECANIZADO Y CARPINTERIA	\$7,671.53	2
PEINE DE ROSCADO	Gases para los procesos de soldadura y corte	MECANIZADO	\$6,353.52	1

FUENTE: Elaboración propia, tomado de los consumos registrados por almacén de la empresa IDMH PERU SAC 2020.

#### 4.6.3 Verificación de las condiciones de las áreas productivas

Para esta sección se registra las condiciones de la infraestructura y ordenamiento de las áreas, en las siguientes figuras veremos las condiciones de las plantas en estudio.



*Figura 37.* Registro fotográfico del desorden del área de mecanizado de la empresa IDMH PERU SAC. tomada del área productiva de mecanizado- IDMH PERU SAC-2019



*Figura 38.* Registro fotográfico del torno CNC SL-40 IDMH PERU SAC, tomada del área de mecanizado IDMH PERU SAC-2019



Figura 39. Registro fotográfico del apilamiento en almacén de la empresa INDUSTRIA CROM, tomada del almacén de INDUSTRIA CROM -2021

En relación a esta sección se evidencia el desorden de las áreas productivas y almacén de las empresas en estudio, esto sin lugar a dudas muestra la falta de planificación y control de los productos y recursos.

#### 4.6.4 Identificación de actividades que no generan valor

La metodología Lean es clara en cuanto nos indica que generemos ahorro reduciendo los desperdicios, en ese sentido uno de los factores de producción que debe ser medido y controlado es la mano de obra, este recurso está asociado a la actividad que realiza el personal que dicho sea de paso no todo lo que realizan o la forma como lo realizan debe permanecer constante. La tecnología avanza, el auge tecnológico genera año tras año nuevas herramientas de proceso y conocimiento que deben ser aplicados, ello condiciona al personal de poder adaptarse y aplicar.

En la siguiente tabla N° 17 se muestra las actividades que no generan valor.

**TABLA 17. Identificación de actividades que no generan valor agregado en la planta industrial IDMH PERU SAC**

ITEM	ÁREA	PERSONAL	ACTIVIDAD O PROCESO	IDENTIFICACIÓN DE MUDA	HH
1	CORTE	OPERARIO CORTE N° 1 y N°2	Habilitado para el área de mecanizado en trozos pequeños. Corte de	- SOBREPRODUCCIÓN - INVENTARIO - PROCESOS	Según dimensión y cantidad de cortes
2	CORTE	OPERARIO DE CORTE N°3 Y N°4	planchas según moldes mediante pantógrafo	- TIEMPO - INVENTARIO - PROCESOS	Según dimensión y cantidad de cortes
3	MECANIZADO	TORNERO CNC MECANIZADO N° 1, N° 2, N°3, N° 4 y N°5	Mecanizado de componentes en tornos CNC al igual que mecanizar en torno convencionales.	- TIEMPO - INVENTARIO - PROCESOS - MOVIMIENTOS	Según cantidad de componentes
4	MECANIZADO	TORNERO MECANIZADO N° 1 y N° 2	Mecanizado de canal de poleas solo en torno convencional	- TIEMPO - INVENTARIO - PROCESOS - MOVIMIENTOS	Según cantidad de componentes
5	MECANIZADO	FRESADOR N° 1 y N° 2	Barrenado de y planeado de tapas de pastecas fundidas	- TIEMPO - INVENTARIO - PROCESOS - MOVIMIENTOS	Según cantidad de componentes
6	FORJA	PRENSISTA FORJA N°1 Y PRENSISTA FORJA N°2	Traslado de componentes forjados desde los hornos a las prensa y desde las prensa N°1 a prensa N°2	- TIEMPO - PROCESOS - MOVIMIENTOS	Según cantidad de componentes
7	SOLDADURA	OPERARIO SOLDADURA N° 1 , N°2, N° 3 Y N° 4	Búsqueda de componentes.	- TIEMPO - PROCESOS - MOVIMIENTOS	Según cantidad de componentes

FUENTE: Elaboración propia en coordinación con la empresa IDMH PERU SAC 2020.

#### 4.6.5 Cuantificación y aglomeración de recursos y actividades consideradas como desperdicios.

Para la esquematización de este punto se usará el diagrama de Ishikawa, el cual nos permite identificar los impactos y consecuencias,

posteriormente se muestra las tablas para cuantificar el desperdicio de los recursos.

En la figura 40, se aprecia los desperdicios en planta de IDMH PERU SAC

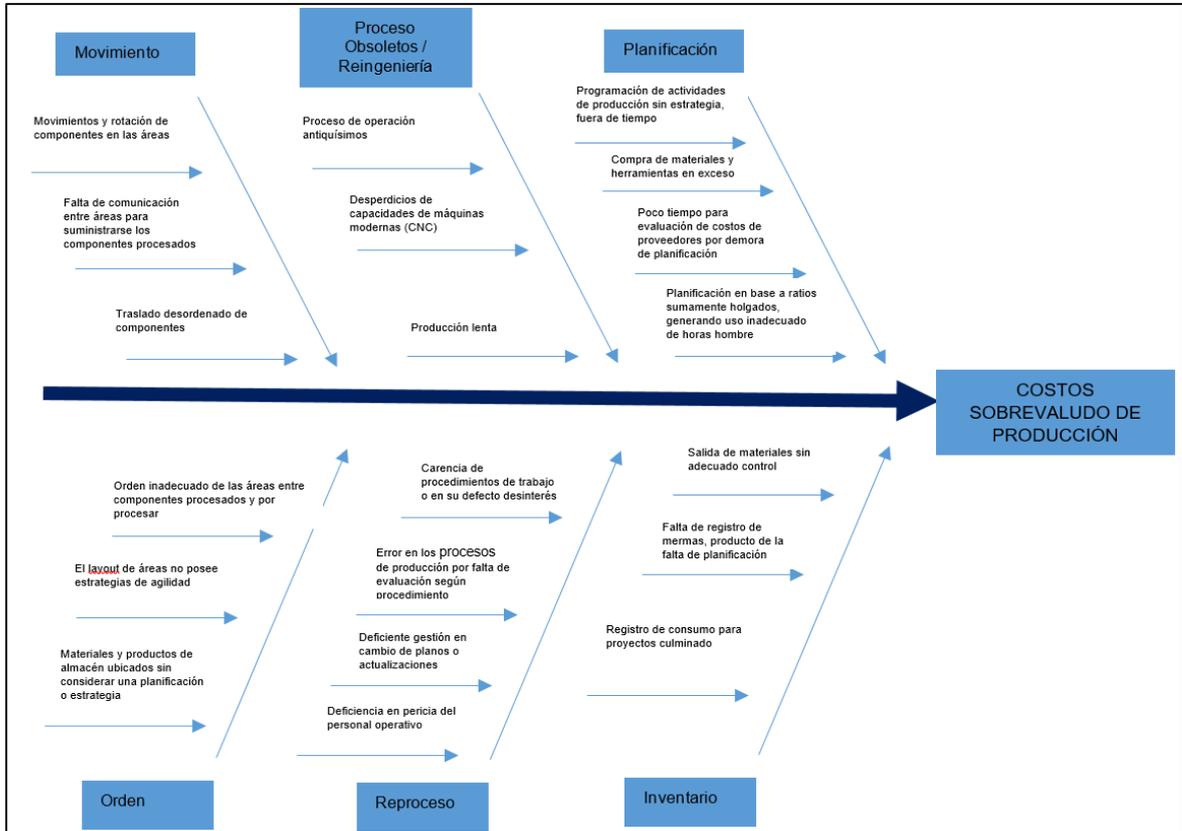


Figura 40. Diagrama Ishikawa de evaluación de MUDA en la planta industrial de IDMH PERU SAC, elaboración propia en base al análisis de la planta industrial IDMH PERU SAC

#### 4.6.6 Aplicación de plan de mejora.

Una vez identificadas las actividades que no generan valor para la producción se procedió a ser cambiado o retirado todos los desperdicios.

##### 4.6.6.1 Análisis de consumo de herramientas

En la sección 4.6.2 ya se identificó los recursos críticos a tratar por lo que se desarrolló el análisis de consumos, para ello se esquematisó en la tabla 18 y la figura 38, se usó la técnica de Pareto.

En la siguiente Tabla 18, se muestra el análisis de consumo de herramientas críticas

**TABLA 18 Análisis de consumo e herramientas críticas de la empresa IDMH PERU SAC**

Herramientas	Consumo						SITUACION EN EL 2018
	2014	2015	2016	2016	2017	2017	
<b>mitsubishi</b>	<b>130</b>	<b>1521</b>	<b>2845</b>	<b>27134.89</b>	<b>1669</b>	<b>11130.04</b>	
ROMBICO(CNM_12)	40	450	797	5178.89	340	1693.07	SIN USO
CIRCULAR(12)	30	168	280	1595.76	320	1375.5	SIN USO
PLANO(RANUR)		170	290	3145.34	170	1552.67	SIN USO
TRIGONAL		130	180	1386.16	140	704.85	SIN USO
CUADRADO(SNM_12)		60	160	1301.52	105	529.55	SIN USO
ROSCA(16)		80	135	1875.72	95	960.85	SIN USO
ROMBICO(CNM_19)	10	111	170	2419.21	90	928.65	SIN USO
ROMBO (DNMG-25)	10	32	140	1085.29	78	513.43	SIN USO
ROSCA(22)		65	195	4328.31	70	1217	SIN USO
CUADRADO(SNM_19)		80	160	2247.47	50	550.25	SIN USO
ROMBICO(INT_00)		5	95	500.9	50	190.54	EN USO
ROMBO (VNMG-16-FG)	10	90	100	812.44	45	248.1	SIN USO
ROMBO (VNMG-16)			70	510.07	45	248.75	EN USO
CIRCULAR(10)			10	36.3	40	143.15	EN USO
TRIANGULO FRE	20	20			10	79.3	EN USO
INSERT-BROCA		20	24	498.93	10	68.38	EN USO
OCTOGONAL	10	20	10	122.6	10	122.7	EN USO
CIRCULAR(08)		10	29	89.98	1	3.3	EN USO
TRIANGULO		10					SIN USO
<b>ZCC</b>		<b>10</b>	<b>20</b>	<b>548.69</b>	<b>958</b>	<b>5089.6</b>	
TRIGONAL					345	1491.3	EN USO
CIRCULAR(12)					130	516.4	EN USO
TRIANGULO					100	399.7	EN USO
ROMBO (VNMG-16-FG)					90	493.65	EN USO
PLANO(RANUR)					90	626.6	EN USO
ROSCA(16)					45	352.4	EN USO
CUADRADO(SNM_12)					40	159.85	EN USO
INSERT-BROCA					36	226.38	EN USO
ROMBICO(CNM_19)					30	243.5	EN USO
ROSCA(22)					25	289.25	EN USO
CIRCULAR(CERAMICO)		10	20	548.69	17	209.32	EN USO
CUADRADO(SNM_19)					10	81.25	SIN USO
<b>Total general</b>	<b>130</b>	<b>1531</b>	<b>2865</b>	<b>27683.58</b>	<b>2627</b>	<b>16219.64</b>	

FUENTE: Elaboración propia en coordinación con la empresa IDMH PERU SAC 2020.

#### 4.6.7 Aplicación de plan de mejora de producción

Después del proceso de toma de información y consolidado de data de

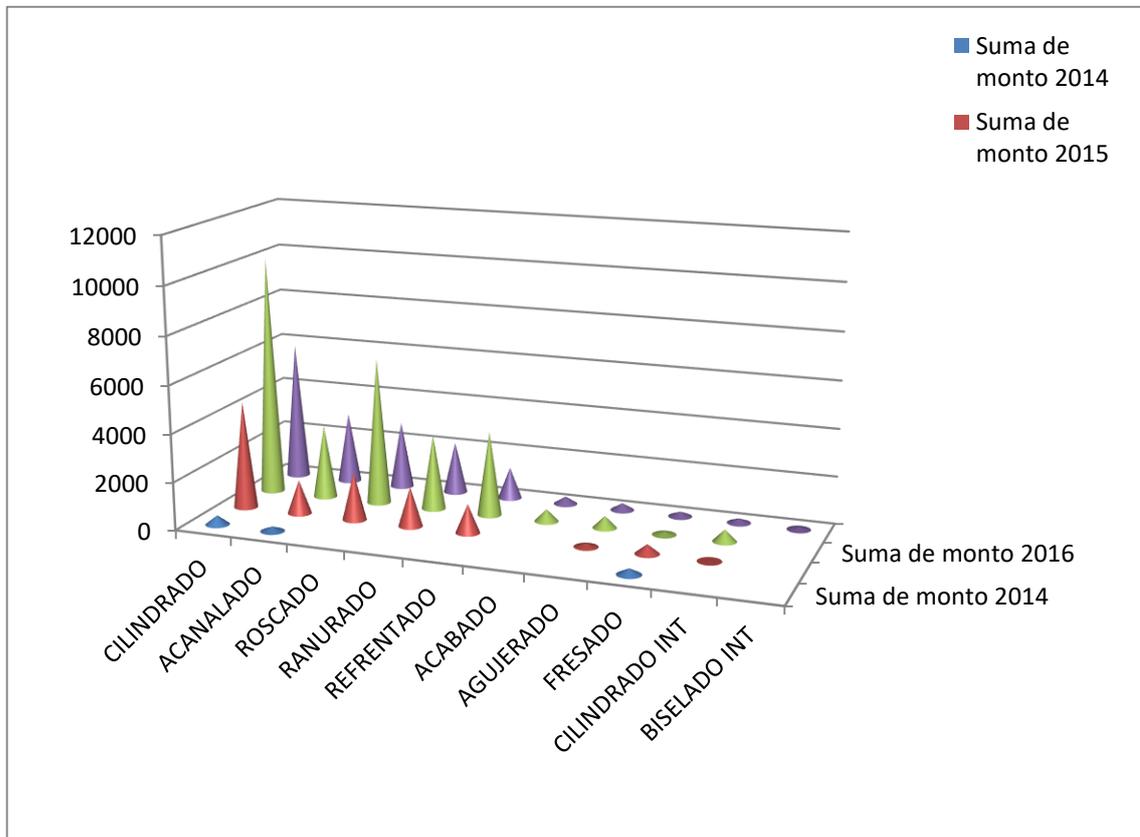


Figura 41. Cuadro comparativo de consumos anuales de herramientas de mecanizado por tipo de proceso, elaboración propia en base a los reportes de contabilidad de consumos anuales IDMH PERU SAC

todos los recursos que intervienen en la producción, se procedió al uso de las algunas herramientas de gestión y manejo de información, estas herramientas pueden ser desde el Microsoft Excel para algunas compañías en otros casos software más privados como los son OPEN ORANGE Y MICROSOFT EXCEL

Sin importar la herramienta que se utilice para la planificación y elaboración de planes maestro de producción estas parten de la información previamente alimentada, analizada y sistematizada.

En las tablas posteriores de los subsiguientes puntos se muestra la planificación mediante un plan de mejora de la producción

#### 4.6.7.1 Plan maestro de producción

En la sección 4.6.4 ya se identificó las actividades como desperdicios, estas fueron procesadas y evitadas en la programación del nuevo plan de producción.

Partimos por el criterio de automatización y evitar el retrabajo, este último es muy importante entenderlo, muchos autores sostienen que nos encontramos en la cuarta revolución industrial y ello supone el uso al máximo nivel de la tecnología, debemos entender que si determinadas actividades de nuestro personal puede ser realizado por un software entonces la decisión más oportuna y coherente es implementar estas herramientas.

La implementación o adquisición de un software supone una inversión, sin embargo, el resultado del uso de la herramienta es ahorro en HH y no solo ahorro sino también ganamos un personal para tareas que aún no son cubiertas o reforcemos actividades para lograr un trabajo más eficiente.

Para una planificación esbelta se opta por el software OPEN ORANGE, en las figuras 42 al 47 se muestra la secuencia de la programación.

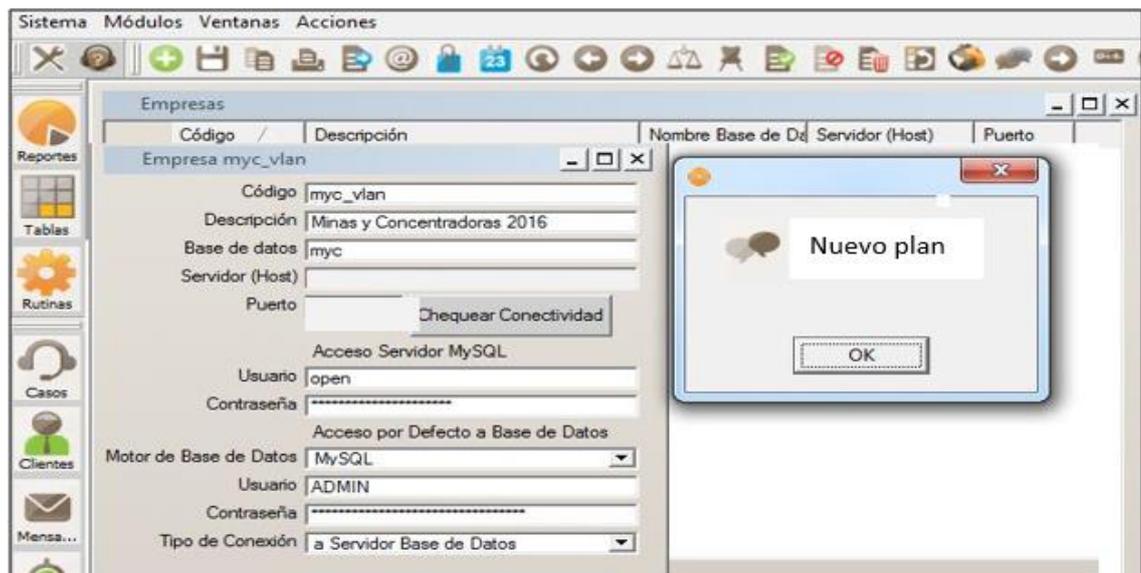


Figura 42. Interface de software OPEN ORANGE, software de control de gestión de la empresa IDMH PERU SAC

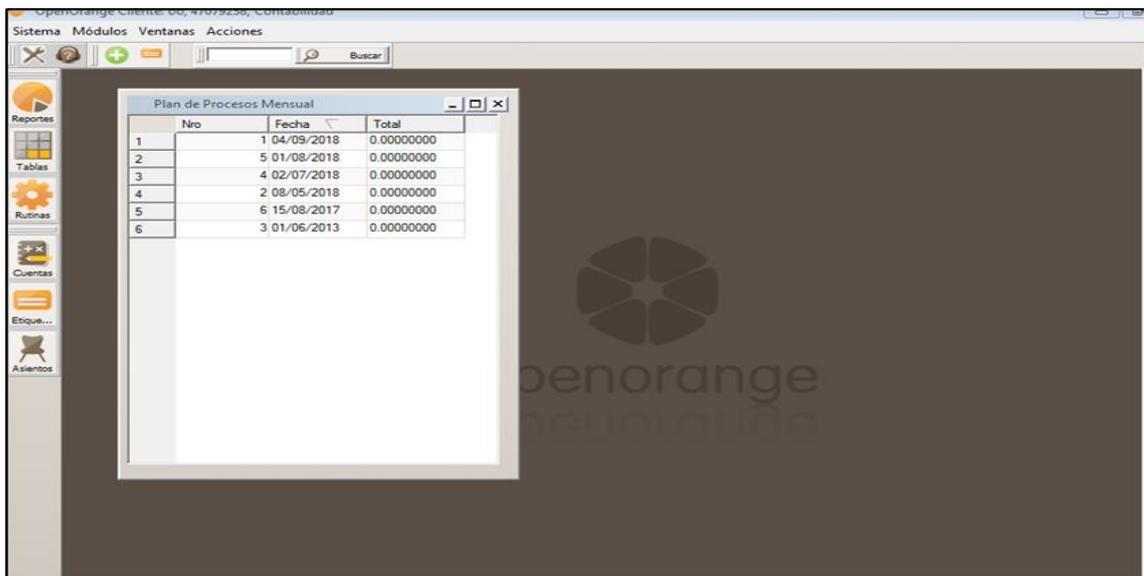


Figura 43. Inicio de programación de actividades en el software de control, tomado del software de control de la empresa IDMH PERU SAC

OT	PN	Artículos Terminados	Máquina	Nombre	Cant.	Tiempo	Máquina	Cant. Ter.	Selección	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	16790	5097	02MIO20190	LABERINTO CHICO	60.00	365.00	TORCNC1	0.00	0.00	21/08/2018	21/08/2018
2	16790	5097	02MIO20190	LABERINTO GRANI	120.00	970.33	TORCNC1	0.00	0.00	20/08/2018	21/08/2018
3	16790	5097	02MIO20190	REFUERZO ENGARAN	360.00	931.00	TORCNC3	0.00	0.00		
4	16790	5097	02MIO20190	PAPA FUNDIDA U-	360.00	2.536.00	TORCNC1	0.00	0.00		
5	16790	5097	02MIO20190	REFUERZO ENGARAN	360.00	2.561.00	TORCNC3	0.00	0.00		
7	16790	5097	02MIO20190	CABEZA PIN DE EN	180.00	1.291.00	TORCNC1	0.00	0.00		
8	16790	5098	02MIO20190	ESC. DE TREN TRO	30.00	1.365.50	TORCNC1	0.00	0.00		
9	16790	51043	02MIO20190							19/08/2018	20/08/2018
Total		0.00	Total de horas		0.00						

Se muestra la OT

Cada programación hecha se le asigna un número (orden de proceso)

En estas cuatro columnas se muestra código de prod. terminado, semiprocesado (componente), nombre y cantidad

Muestra el tiempo de producción del componente

Se muestra la máquina que le corresponde

Figura 44. Módulo de gestor de planificación de actividades en la planta industrial IDMH PERU SAC, elaboración propia en base al software de control.

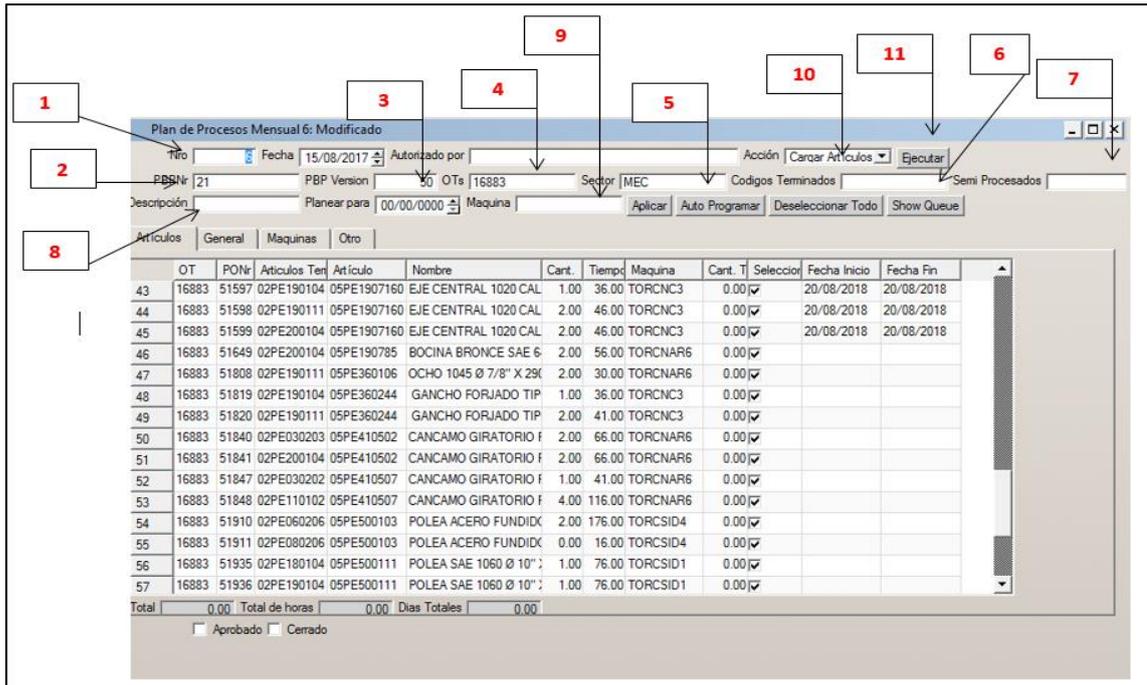


Figura 45. Interface de módulo de gestión OPEN ORANGE de la empresa IDMH PERU SAC, tomado del software de control de la empresa IDMH PERU SAC

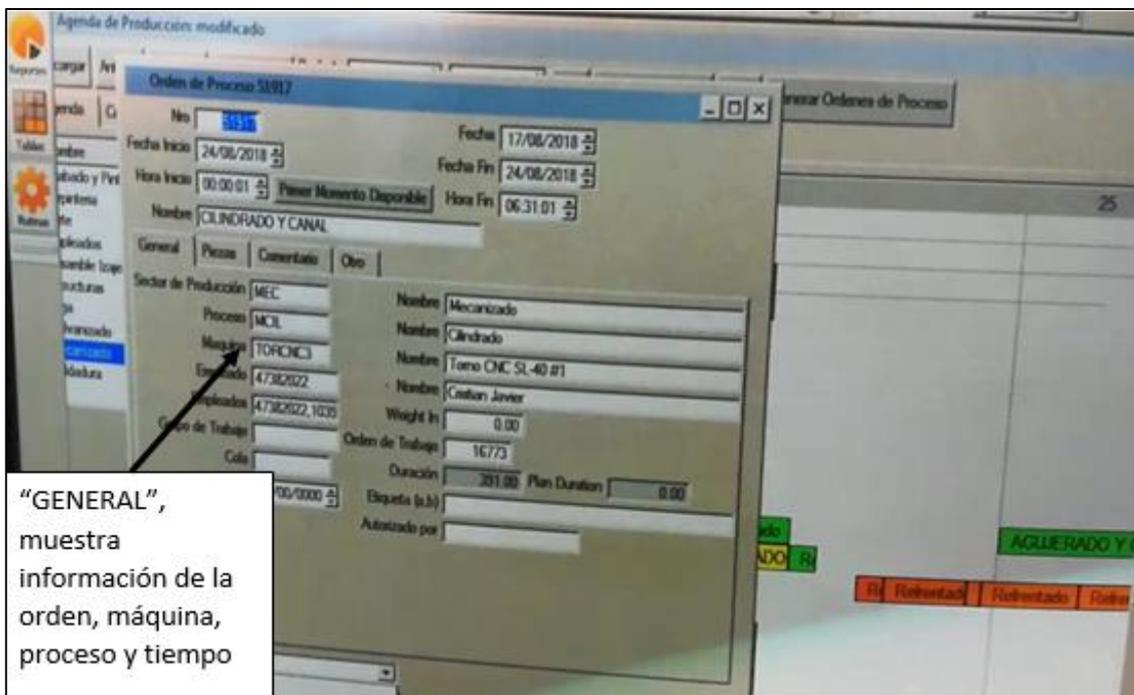


Figura 46. Módulo de gestor de actividades para control de producción IDMH PERU SAC, tomada del software de control de la empresa IDMH PERU SAC-2019

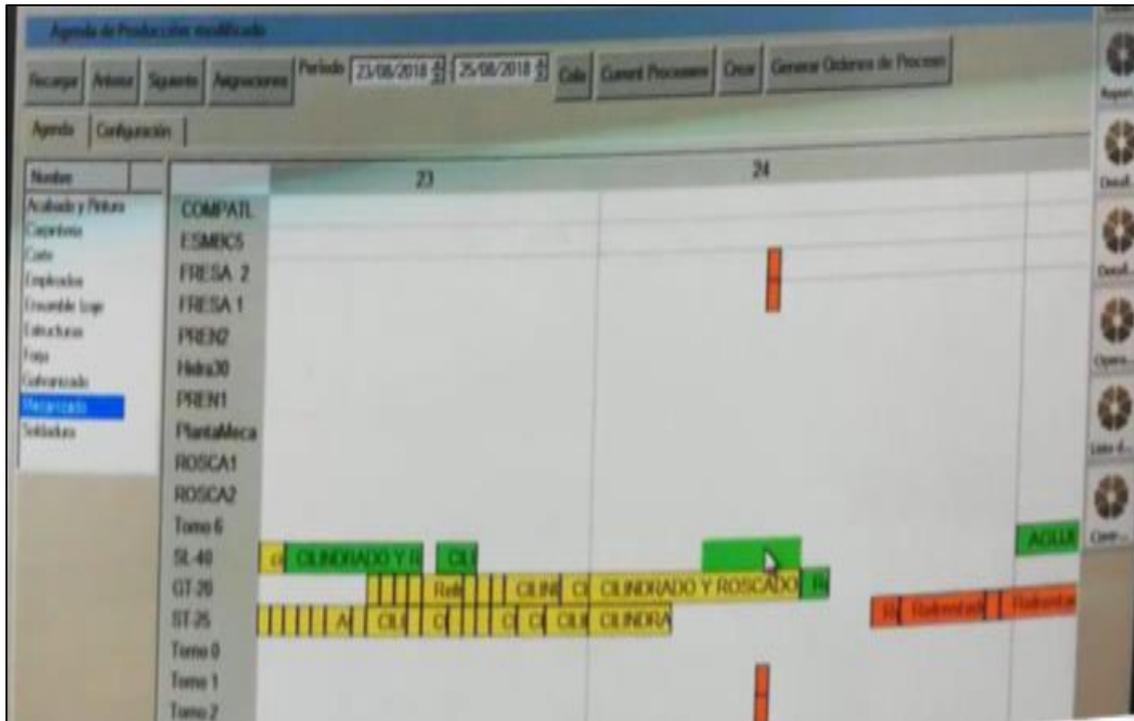


Figura 47. Cuadro Gantt de programación de actividades según Software OPEN ORANGE, tomado del Software OPEN ORANGE de la empresa IDMH PERU SAC

En las figuras descritas se observa de manera secuencial como es la programación y planificación de las actividades, se toma como unidad de producción las maquinarias y equipos, allí el personal operativo realizara la actividad por ello el cuadro Gantt es posible observarlo en función ala maquinaria.

#### 4.6.7.2 Reingeniería de procesos críticos

En la sección 4.6.1 ya se identificó los procesos críticos y en la sección 4.6.4 las actividades identificadas como “desperdicios”, a partir de ello se ejecutó la reingeniería de los procesos más críticos y principalmente en las áreas más críticas, las cuales son mecanizado y corte.

Respecto al área de mecanizado, lo principal para la reingeniería fue la adaptación de los componentes para su mecanizado en las máquinas CNC, se entiende que no todos los componentes podrán ser adecuados, debido al producto de la forma y dimensión del componente, pero entre los componentes de mayor rotación si aplicó.

Además, esta adaptación de los componentes para el mecanizado en las máquinas CNC requirió que la forma de habilitado de la materia prima cambie.

### Habilitado de material en barras para mecanizado

Lo común para la fabricación de un eje es habilitarlo el material en trozos de barras que tengan a lo mucho 5 mm de en demasía, esta forma es útil para un torno convencional, pero para un torno CNC no lo es además vimos la carga de los tornos CNC es mayor, dentro de las operaciones de mecanizado se desarrollaron herramientas de tronzado, el cual son cuchilla de corte que realiza el mecanizado de manera perpendicular al eje con un espesor de corte de 1mm y 3mm según el tamaño.

Pero no solo es el habilitado de barras para los ejes sino se deben considerar ciertos parámetros par ale habilitado así como de la sujeción que implicó este nuevo proceso, en los siguientes gráficos se muestra la manera de cómo e abordo esta dificultad.

En la figura 45, se muestra un método de cambio para habilitado en barra de los componentes.

		FORMATO							
		FORMULA DE HABILITADO EN BARRAS							
$Lh = (\#Lc + 3)Q + M$		VARIABLES:							
<b>Lh=</b>	<b>0</b> (MM)	<b>Lh :</b>	LONGITUD DEL HABILITADO      MM						
DIGITAR:		<b>#Lc :</b>	LONGITUD DEL COMPONENTE      MM						
<table border="1"> <tr><td>#Lp</td><td></td></tr> <tr><td>Q</td><td></td></tr> <tr><td>M</td><td></td></tr> </table>	#Lp		Q		M			<b>Q :</b>	CANTIDAD DE COMPONENTES
#Lp									
Q									
M									
		<b>M :</b>	TOLERANCIA PARA AMORDAZAR      MM						
		DONDE :							
		M=30 , SI $\phi$ HASTA DE 2"							
		M=40 , SI: $\phi$ HASTA DE 3 1/2 "							
<b>LA FORMULA TAMBIEN ES CONDICIONADA A LOS DIAMETROS Y LONGITUDES DE LOS COMPONENTES</b>									
LONGITUD	DIAMETRO ( $\phi$ )								
80 MM	DESDE 1/2" HASTA 1"								
100MM	DESDE 1" HASTA 1 1/2"								
120MM	DESDE 1 1/2" HASTA 3 1/2"								

Figura 48. Nuevo método de habilitado de material (barras de acero) para el área de mecanizado de la empresa IMDH PERU SAC, elaboración propia en base al proyecto de reingeniería desarrollada en la empresa IDMH PERU SAC

**PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MECANIZADO DE POLEAS DE FUNDICION:**

**A. POLEAS 4R**

**SITUACION ACTUAL DE HABILITADO:**

1. EL FUNDIDO ES HABILITADO EN UNIDADES:



*Figura 49.* Extracto de informe IDMH 010-2018, cambio de habilitado en barras sólidas para poleas de fundición Gris( 4R Y 5R, tomado de un recorte del informe de resultados del proyecto de mejora de IDMH PERU SAC-2018

**RESULTADO DEL MECANIZADO DE LABERINTOS U-35**

**HABILTADOS EN BARRA AGUJERADA**

El informe pretende mostrara a detalle la diferencia que existe al mecanizar los laberintos habilitados en barra agujerada (propuesta) con relación al habilitado anterior (en unidades)

**I. OBJETIVO**

- 1) Reducir el tiempo de producción en un 60% del mecanizado habitual.
- 2) Mejorar el proceso de mecanizado, optimizando el uso de las herramientas y materia prima.

**II. EVALUACION**

COMPONENTE A MECANIZAR: LABERINTOS HEMBRA Y MACHO DE CARRO U-35

**A. PROCESO ANTERIOR Y REALIZADO HASTA MAYO DEL 2018**

**LABERINTO MACHO (CHICO)**

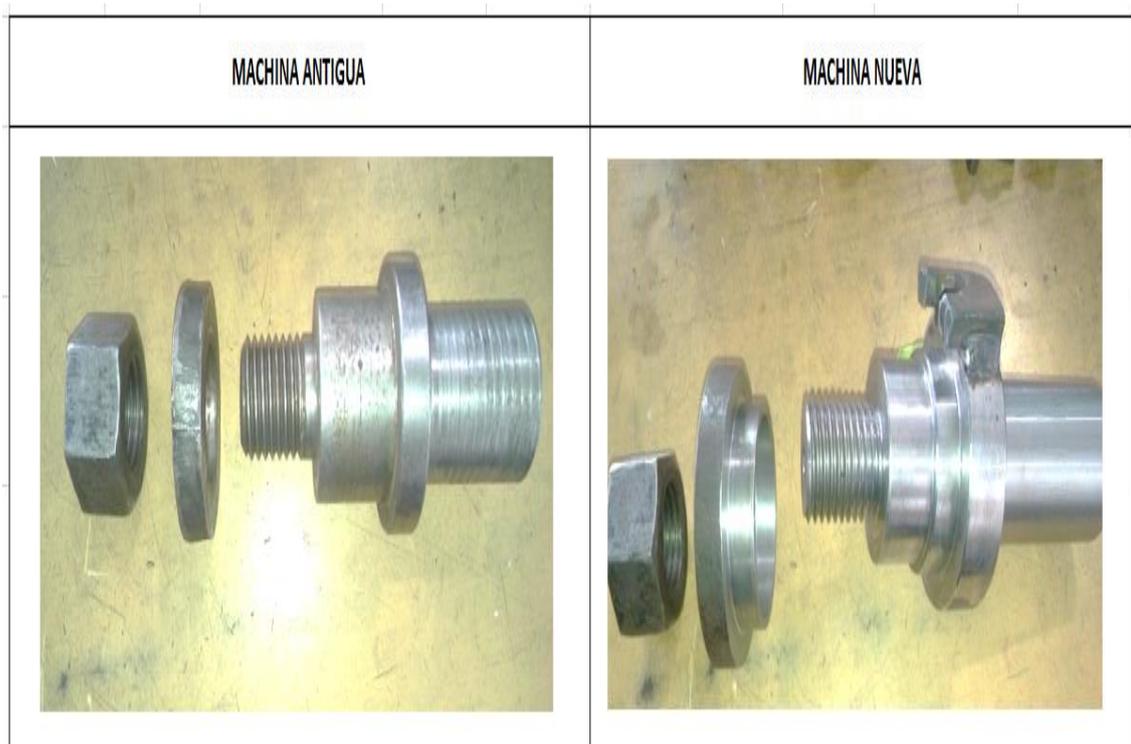
*Figura 50.* Extracto de informe IDMH 006-2018, cambio de habilitado en barras agujeradas para laberintos de carro minero, se tomó un recorte del informe de resultados del proyecto de mejora de IDMH PERU SAC-2018

En el anexo se muestra el informe completo del cual se obtuvieron los extractos mostrados en las figuras 48,49 y 50.

### **Modificación de procesos de mecanizado de poleas y ruedas**

Anteriormente se mencionó que el mecanizado de las ruedas y poleas representan más del 50% de productos en rotación. Una de las dificultades en el área de mecanizado es lograr mecanizar todos los componentes en las maquinas CNC, sin embargo, debido a las grandes revoluciones que posee las maquinas CNC comparados con las máquinas convencionales harán imposible el mecanizado de algunos componentes.

Pese al desafío de poder montar y lograr el mecanizado se logró adaptar la sujeción y lograr el mecanizado.



*Figura 51.* Diseño de dispositivo mecánico de sujeción de poleas para mecanizado de canal de polea, elaboración propia de acuerdo con el proyecto de mejora de la empresa IDMH PERU SAC.

**B. POLEAS 6R**

**SITUACION ACTUAL DE HABILITADO:**

1. EL FUNDIDO PRESENTA ENDEMASIA DE MATERIAL DE HASTA 20 MM , EL CUAL ALARGA EL PROCESO DE MECANIZADO



**PROPUESTA:**

MODIFICAR EL MOLDE DEL FUNDIDO Y HABILITAR LA POLEA CON SOLO 5 MM DE ENDEMASIA, ESTOS PERMITIRA **ELIMINAR LA PRIMERA PUESTA EN MAQUINA DE ESTAS POELAS POR LO QUE EL TIEMPO QUEDARA:**

**TIEMPO TOTAL PROYECTADO - MODIFICANDO EL MOLDE**

**15 MIN**

*Figura 52.* Corrección del molde de poleas de fundición gris, se tomó un recorte del informe IDMH 010-2018 del proyecto de mejora IDMH PERU SAC-2019

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE MEJORA PARA POELAS PJ MINERA T-12						
OBJETIVOS :				JUNIO, 2017		
1) EVALUAR EL TIEMPO DE MAQUINADO DE LAS RUEDAS CON PLACAS ZCC(CHINO)						
2) REDUCIR LOS TIEMPOS DE MECANIZADO , INCRTERMENTANDO EL AVANCE CORTE.						
<b>RUEDA U-35</b>		<b>Q-22</b>				
<b>CUADRO COMPARATIVO DE INSERTOS:</b>						
MECANIZADO ACTUAL (PLACA MITSUBISHI)						
PROCESOS	TIEMPO (MIN)	PLACAS USADAS				
PROCESO 1 LADO A	1. CILINDRADO EXTERIOR	2	10	ROMBICA 19 08HE0127133		
	2.REFRENTADO	3		CUADRADA 19 08HE013194		
	3. CILINDRADO INTERIOR DESRONCADO	3		ROMBICA 12 08HE012777		
	4. CILINDRADO INTERIOR ACABADO	2		ROMBICA 12 08HE012777		
PROCESO 2 LADO B	1. CILINDRADO EXTERIOR (CONICO)	5	15	ROMBICA 19 08HE0127133		
	2.REFRENTADO	3		CUADRADA 19 08HE013194		
	3. CILINDRADO INTERIOR DESRONCADO	5		ROMBICA 12 08HE012777		
	4. CILINDRADO INTERIOR ACABADO	2		ROMBICA 12 08HE012777		
<b>TIEMPO TOTAL</b>		<b>25 MIN</b>				
MECANIZADO PRUEBA (PLACA CHINA)						
PROCESOS	TIEMPO (MIN)	PLACAS USADAS				
PROCESO 1 LADO A	1. CILINDRADO EXTERIOR	2	5	ROMBICA 19 08HE0127133		
	2.REFRENTADO	1		CUADRADA 19 08HE013194		
	3. CILINDRADO INTERIOR DESRONCADO Y ACABADO	2		ROMBICA 12 08HE012777		
PROCESO 2 LADO B	1. CILINDRADO EXTERIOR (CONICO)	3	7	ROMBICA 19 08HE0127133		
	2.REFRENTADO	2		CUADRADA 19 08HE013194		
	3. CILINDRADO INTERIOR DESRONCADO	2		ROMBICA 12 08HE012777		
<b>TIEMPO TOTAL</b>		<b>12 MIN</b>				
		<table border="1"> <tr> <td>INSERTO CHINO CON RESPECTO A MITSUBIHI</td> <td>50 % MAS EFICIENTE</td> </tr> </table>			INSERTO CHINO CON RESPECTO A MITSUBIHI	50 % MAS EFICIENTE
INSERTO CHINO CON RESPECTO A MITSUBIHI	50 % MAS EFICIENTE					
<p>SIN EMBARGO , EL DESGASTE DE LAS PASTILLAS PODRIA SER SIGNIFICATIVO EN CUANTO AUMENTAMOS LA CARGA DE TRABAJO Y TAMBIEN AL MECANIZAR OTRO COMPOONENTE . LA PRUEBA TIENE ESTOS RESULTADOS PUES SE AUMENTO EL AVANCE DE CORTE Y LA FUERZA DE ESTA , ES DECIR SE AGILIZO EL PROCESO DE MECANIZADO CON EL PROGRAMA QUE ACTUALMENTE SE USA EN EL AREA</p>						

Figura 53. Cambio de herramienta uy parámetros de mecanizado para ruedas U-35 carro minero- IDMH PERU SAC, tomado del informe de proyecto de mejora IDMH-005

### Selección y eliminación de herramienta de corte en mecanizado según funcionalidad

De la misma forma se aplicó la reingeniería en los componentes que se producen, este análisis y reingeniería se aplicó al uso de las herramientas de mecanizados y exactamente nos referimos a los insertos, estos insertos son pastillas carburadas o cuchillas de corte.

El análisis también comprendió evaluar los cotos de los proveedores por cuestiones poco claras pero la compra de insertos y herramientas de mecanizado se canalizaban con un solo proveedor (MARCA MITSUBISHI), por lo que sugerimos la incorporación de otros proveedores y buscar reducir costos, así surgió la alternativa (MARCA ZCC-CHINA), este último tenía precios que representaban 30% menos del costo de PLACAS MITSUBISHI.

En la tabla 19 se muestra el cómo se desenvuelve el consumo anual al incorporarse otro proveedor.

**TABLA 19. Comparativo entre proveedores de gastos anuales de insertos en mecanizado IMDH PERU SAC**

TIPO DE INSERTO / MARCA	CONSUMO 2015	CONSUMO 2016	CONSUMO 2017	CONSUMO 2018
<b>MITSUBISHI</b>	<b>\$11,293.03</b>	<b>\$27,134.89</b>	<b>\$11,130.04</b>	<b>\$9,512.48</b>
ROMBICO(CNM_12)	\$2,337.89	\$5,178.89	\$1,693.07	\$1,193.07
CIRCULAR(12)	\$784.56	\$1,595.76	\$1,375.50	\$1,475.50
PLANO(RANUR)	\$1,648.39	\$3,145.34	\$1,552.67	\$1,152.67
TRIGONAL	\$673.77	\$1,386.16	\$704.85	\$704.85
CUADRADO(SNM_12)	\$311.49	\$1,301.52	\$529.55	\$529.55
ROSCA(16)	\$832.31	\$1,875.72	\$960.85	\$660.85
ROMBICO(CNM_19)	\$1,246.37	\$2,419.21	\$928.65	\$528.65
ROMBO (DNMG-25)	\$217.46	\$1,085.29	\$513.43	\$513.43
ROSCA(22)	\$1,186.31	\$4,328.31	\$1,217.00	\$1,217.00
CUADRADO(SNM_19)	\$894.94	\$2,247.47	\$550.25	\$750.25
ROMBICO(INT_00)	\$22.51	\$500.90	\$190.54	\$110.54
ROMBO (VNMG-16-FG)	\$507.19	\$812.44	\$248.10	\$110.54
ROMBO (VNMG-16)		\$510.07	\$248.75	\$148.75
CIRCULAR(10)		\$36.30	\$143.15	\$143.15
TRIANGULO FRE	\$158.62		\$79.30	\$79.30
INSERT-BROCA	\$151.80	\$498.93	\$68.38	\$68.38
OCTOGONAL	\$245.20	\$122.60	\$122.70	\$122.70
CIRCULAR(08)	\$33.00	\$89.98	\$3.30	\$3.30
TRIANGULO	\$41.22			
<b>ZCC</b>	<b>\$89.14</b>	<b>\$548.69</b>	<b>\$5,089.60</b>	<b>\$6,271.80</b>
TRIGONAL			\$1,491.30	\$1,891.30
CIRCULAR(12)			\$516.40	\$566.40
TRIANGULO			\$399.70	\$399.70
ROMBO (VNMG-16-FG)			\$493.65	\$793.65
PLANO(RANUR)			\$626.60	\$626.60
ROSCA(16)			\$352.40	\$352.40
CUADRADO(SNM_12)			\$159.85	\$159.85
INSERT-BROCA			\$226.38	\$296.38
ROMBICO(CNM_19)			\$243.50	\$296.38
ROSCA(22)			\$289.25	\$296.38
CIRCULAR(CERAMICO)	\$89.14	\$548.69	\$209.32	\$296.38
CUADRADO(SNM_19)			\$81.25	\$296.38
<b>Total general</b>	<b>\$11,382.17</b>	<b>\$27,683.58</b>	<b>\$16,219.64</b>	<b>\$15,784.28</b>

FUENTE: Elaboración propia en coordinación con la empresa IDMH PERU SAC 2019.

**TABLA 20. Determinación de condición de placas según funcionalidad para el área de mecanizado IDMH PERU SAC**

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>PROMEDIO CONSUMO MENSUAL</b>	<b>CONDICIÓN</b>
<b>mitsubishi</b>	<b>\$792.71</b>	
ROMBICO(CNM_12)	\$99.42	<b>DESECHADO</b>
CIRCULAR(12)	\$122.96	<b>DESECHADO</b>
PLANO(RANUR)	\$96.06	<b>DESECHADO</b>
TRIGONAL	\$58.74	<b>DESECHADO</b>
CUADRADO(SNM_12)	\$44.13	<b>DESECHADO</b>
ROSCA(16)	\$55.07	<b>DESECHADO</b>
ROMBICO(CNM_19)	\$44.05	<b>DESECHADO</b>
ROMBO (DNMG-25)	\$42.79	<b>DESECHADO</b>
ROSCA(22)	\$101.42	<b>DESECHADO</b>
CUADRADO(SNM_19)	\$62.52	<b>DESECHADO</b>
ROMBICO(INT_00)	\$9.21	A USAR
ROMBO (VNMG-16-FG)	\$9.21	<b>DESECHADO</b>
ROMBO (VNMG-16)	\$12.40	A USAR
CIRCULAR(10)	\$11.93	A USAR
TRIANGULO FRE	\$6.61	A USAR
INSERT-BROCA	\$5.70	A USAR
OCTOGONAL	\$10.23	A USAR
CIRCULAR(08)	\$0.28	A USAR
TRIANGULO		<b>DESECHADO</b>
<b>ZCC</b>	<b>\$522.65</b>	
TRIGONAL	\$157.61	A USAR
CIRCULAR(12)	\$47.20	A USAR
TRIANGULO	\$33.31	A USAR
ROMBO (VNMG-16-FG)	\$66.14	A USAR
PLANO(RANUR)	\$52.22	A USAR
ROSCA(16)	\$29.37	A USAR
CUADRADO(SNM_12)	\$13.32	A USAR
INSERT-BROCA	\$24.70	A USAR
ROMBICO(CNM_19)	\$24.70	A USAR
ROSCA(22)	\$24.70	A USAR
CIRCULAR(CERAMICO)	\$24.70	A USAR
CUADRADO(SNM_19)	\$24.70	<b>DESECHADO</b>
<b>Total general</b>	<b>\$1,315.36</b>	

FUENTE: Elaboración propia en coordinación con la empresa IDMH PERU SAC 2019.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Resultados Descriptivos

De acuerdo con lo desarrollado en la investigación se evidenció la efectividad de la implementación con datos comparativos entre ratios previos a la implementación y después de la implementación.

#### 5.1.1 Mejora de tiempos de producción por reingeniería aplicada.

Sin duda la mejora de tiempos de producción es más evidenciable en la aplicación de la reingeniería, pues la aplicación se da en la misma jornada de trabajo y su evaluación es una vez culminada la prueba a diferencia de la evaluación de los cambios en la planificación o control de los otros recursos, pues ellos se evalúan al cierre de cada mes.

En la figura N°5.1.1, se muestra los resultados de la reingeniería de laberintos

LABERINTO MACHO (CHICO)						
PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN PROYECTADO	MIN REAL	OBSERVACION
1	CILINDRADO INTERIOR Y EXTERIOR ,REFRENTADO , ENTALLE Y TRONZADO	TORNO CNC : SL-40 (UNICA MÁQUINA)	TRIGONAL(08HE015227) , ROMBICA(08HE012777-REUTILIZADO) Y RANURADO(08HE015246)	8	5.6	SE ADAPTO UNA HERRAMIENTA DE RANURADO INTERIOR (MITSUBISHI)
2	RANURADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	RANURADO(08HE015246)	3	0	ESTE PROCESO SE INCLUYO EN LA PRIMERA PUESTA
TIEMPO TOTAL				11	5.6	
LABERINTO HEMBRA (GRANDE)						
PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN PROYECTADO	MIN REAL	OBSERVACION
1	CILINDRADO INTERIOR Y EXTERIOR ,REFRENTADO Y TRONZADO	TORNO CNC : SL-40 (UNICA MÁQUINA)	TRIGONAL(08HE015227) , ROMBICA(08HE012777-REUTILIZADO) Y RANURADO(08HE015246)	8	6.3	
TIEMPO TOTAL				8	6.3	

Figura 54. Resultados en tiempos y uso de herramientas para el mecanizado de piezas denominadas "Laberintos hembra y Macho", tomada de los resultados del proyecto de mejora de la empresa IDMH PERU SAC

Se resume en la siguiente figura 55 el resultado de la implementación.

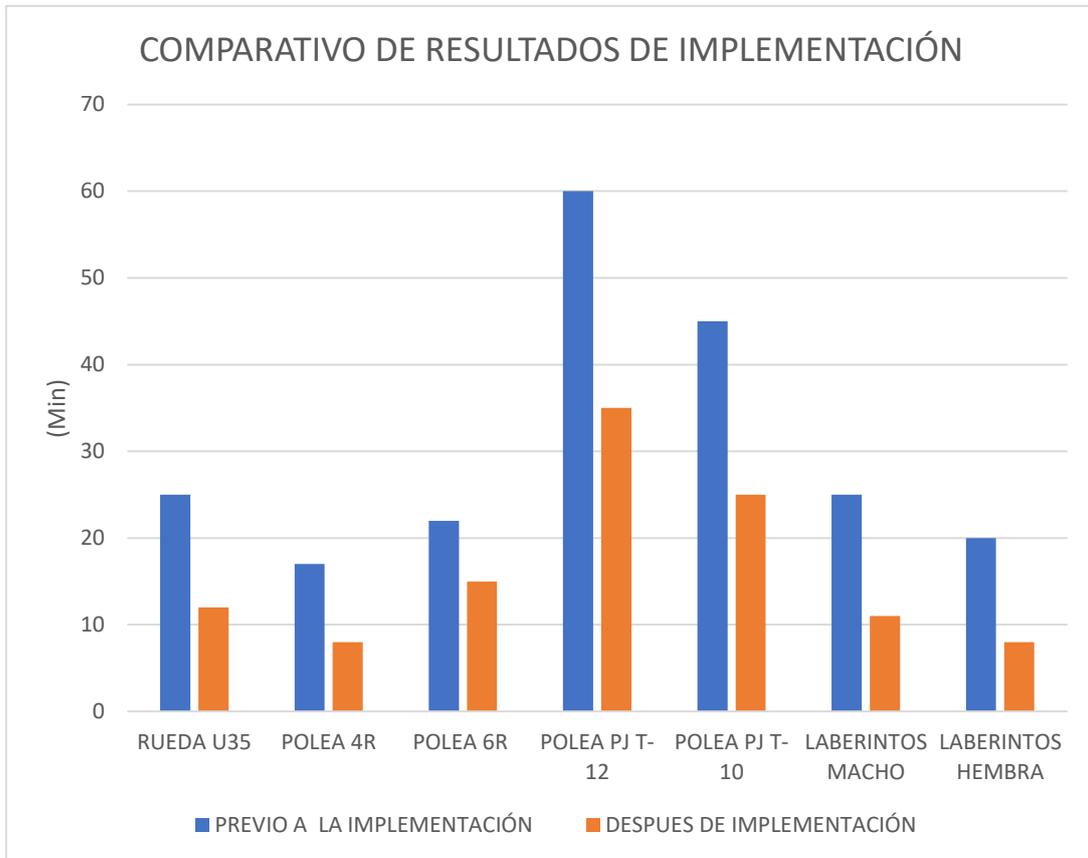


Figura 55. Resultado de las implementaciones de reingeniería aplicada en la planta de IDMH PERU SAC, tomado de los resultados de las implementaciones en la planta industrial de IDMH PERU SAC - 2019

## 5.2 Resultados Inferenciales

Producto de las implementaciones y reingeniería aplicada se muestra continuación los resultados inferenciales que se desprenden de los resultados descriptivos.

Como se aprecia en la figura 56 la mejora obtenida en tiempos de producción es más del 50% el cual refleja en un ahorro de la planilla referente a horas extras o siendo lo más adecuado el aumento de capacidad instalada de la planta de producción.



Figura 57. Muestra de optimización de tiempos de producción, tomado de los resultados de las pruebas de evaluación.

Es necesario precisar que la información que se presenta son resultados tangibles y que actualmente los métodos propuestos ya son aplicados en la planta.

**D. CONCLUSIÓN**

El resultado es notoriamente favorable en muchos aspectos:

- Optimización de material
- Proceso de mecanizado más rápido.
- Consumo de herramientas más racionalizado.
- Reducción sustancial de horas hombres en el mecanizado de los laberintos.

LABERINTO	PROCEDIMIENTO ANTERIOR	PROCEDIMIENTO MEJORADO	TIEMPO GANADO
HEMBRA	20 MIN	6.3 MIN	13 min <-> 300% más eficiente
MACHO	25 MIN	5.6 MIN	19 min <-> 450% más eficiente
<b>TIEMPO MEJORADO en (%)</b>			<b>400 % más eficiente</b>

Figura 56. Comparativo de resultados en tiempos y uso de herramientas para el mecanizado de piezas denominadas "Laberintos hembra y Macho, tomado del informe de mejora de procesos de la empresa IDMH PERU SAC.

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE MEJORA PARA POELAS PJ MINERA T-12**

**OBJETIVOS :**  
 1) Optimizar el tiempo de producción de las pastecas PJ MINERAS.  
 2) Mejorar el proceso de mecanizado de acanalado ,cambiando la estrategia de mecanizado.

**COMPONENTE DE PRUEBA:** POLEA PJ MINERA T-12

**CANTIDAD :** 12 UNIDADES

**CUADRO COMPARATIVO DE INSERTOS:**

MECANIZADO ACTUAL (DESDE JUNIO DEL 2017)				
PROCESOS	TIEMPO (MIN)	PLACAS USADOS	MARCA	
PROCESO 3 CANAL DE POLEA	1. DESBRONCADO DE CANAL	7	REDONDA T-12 OSHE015314	13
	2.ACABADO DE CANAL	5		
	3.REFRENTADO	1		
			REDONDA T-12 OSHE015314	ZCC
			ROMBICA 19 OSHE012779	MITSUBISHI

MECANIZADO PRUEBA (CAMBIANDO DE ESTRATEGIA)				
PROCESOS	TIEMPO (MIN)	INSERTOS USADOS	MARCA	
PROCESO 3 CANAL DE POLEA	1. DESBRONCADO CANAL(DESAHOGADO)	2	HERRAMIENTA NUEVA	5
	2.ACABADO DE CANAL	2		
	3.REFRENTADO	1		
			REDONDA T-12 OSHE015314	ZCC
			ROMBICA 19 OSHE012779	MITSUBISHI

<b>RESULTADO</b>	<b>61.5384615 %</b>	<b>más eficiente</b>
------------------	---------------------	----------------------

Figura 58. Comparativo de resultado de mejora de producción, tomado del informe 004 Mejora de procesos de la empresa IDMH PERU SAC

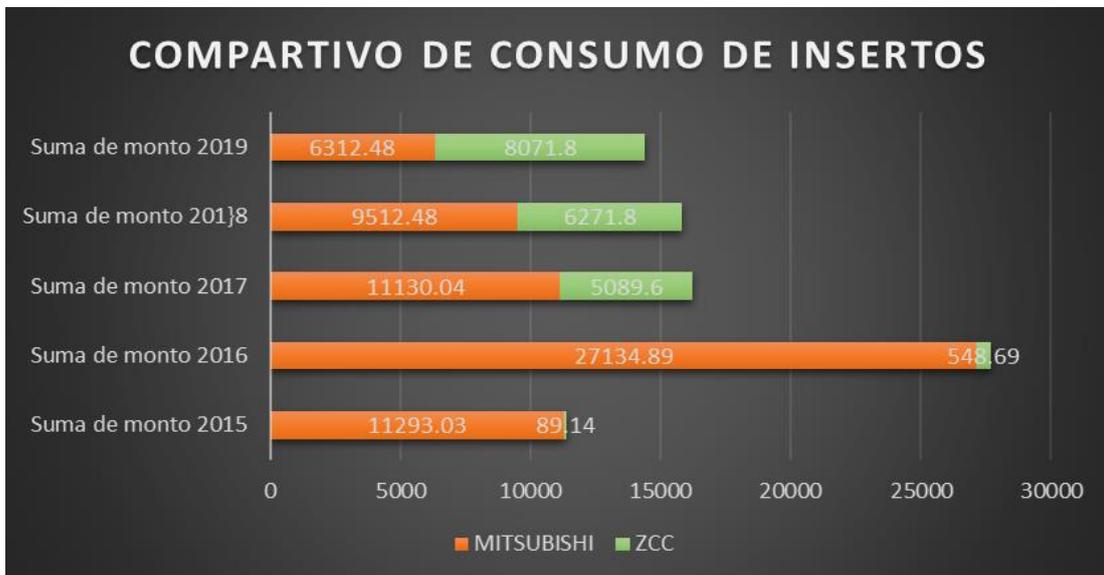


Figura 59. Comparativo de resultados en la reducción de consumos de insertos por año de la empresa IDMH PERU SAC, tomado del registro contable de almacén-Salidas IDMH PERU 2019

## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Para esta sección se procede a contrastar la hipótesis planteada con los resultados obtenidos de la implementación, en la figura continua resumimos las hipótesis planteadas.

*TABLA 21. Hipótesis general y específicas del presente trabajo*

HIPÓTESIS GENERAL	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS
El plan de mejora de la producción basado en LEAN MANUFACTURING optimizará favorablemente el uso de los recursos, reduciendo los tiempos de producción y aumentando la productividad de una empresa en la industria metalmecánica.	La planificación mediante LEAN MANUFACTURING garantiza la optimización de los recursos productivos de una empresa en la industria metalmecánica.
	Reducción de costos de producción mediante el desarrollo de reingeniería en los procesos críticos de una planta industrial de metalmecánica.
	La Implementación de módulos de control permite garantizar las mejoras en la productividad de una empresa en la industria metalmecánica.

FUENTE: Elaboración propia en coordinación con la empresa IDMH PERU SAC 2020.

#### 6.1.1 Contrastación N°1 referente a la hipótesis 1.

En la tabla 11 “Hipótesis general y específicas del presente trabajo”, se detalla la primera hipótesis, para tal sentido el resultado que esquematiza en la figura 39 “Comparativo de consumo de herramientas críticas en la empresa IDMH PERU SAC”.

A la vez en la figura 40 se resume la optimización obtenida producto de la implementación de metodología Lean Manufacturing.

#### 6.1.2 Contrastación N°2 referente a la hipótesis 2.

En la tabla 11 “Hipótesis general y específicas del presente trabajo”, se detalla la primera hipótesis, para tal sentido el resultado que esquematiza en la figura 37 “Comparativo de resultados en tiempos y uso de

herramientas para el mecanizado de piezas denominadas “Laberintos hembra y Macho”

También se evidencia en la figura 36 “Resultados en tiempos y uso de herramientas para el mecanizado de piezas denominadas “Laberintos hembra y Macho”

A la vez en la figura 41 se resume la optimización obtenida producto de la implementación de metodología Lean Manufacturing.

### 6.1.3 Contrastación N°3 referente a la hipótesis 3.

En la tabla 11 “Hipótesis general y específicas del presente trabajo”, se detalla la primera hipótesis, para tal sentido el resultado que esquematiza en la figura 33 “Cuadro Gantt de programación de actividades según Software OPEN ORANGE”

Allí se observa el resultado, cuadro Gantt con la programación de actividades que a la vez el software Open Orange nos permite controlar los demás recursos que participan de esa actividad. Este módulo de control permitirá evaluar a tiempo real el avance, pero lo más importante es la búsqueda de la perfección, pues las ratios de producción que mostrará el software que permitirá evaluar el uso óptimo de los recursos.

## 6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares

La metodología Lean Manufacturing viene siendo empleada y su método de aplicación permite perfeccionar esta metodología, es muy importante el feedback para esta tecnología, en ese sentido contrastamos los resultados con otros trabajos similares.

En la publicación de José G. Vargas-Hernández, Gabriela Muratalla-Bautista & María Teresa Jiménez Castillo (SISTEMAS DE PRODUCCIÓN COMPETITIVOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA LEAN MANUFACTURING, 2018). Concluyen que:

*El presente proyecto de investigación tiene la finalidad de analizar el impacto en la mejora continua y la optimización de un sistema de producción mediante la implementación de la herramienta Lean*

*Manufacturing, así como los cambios que se generan en distintas compañías mediante un instrumento; esto se logra usando diferentes métodos y técnicas de investigación, como lo es la revisión documental de diferente literatura, el análisis documental y la recolección de datos. Dentro de los resultados se obtienen tablas y figuras que muestran la eficiencia de esta herramienta, lo cual comprueba su validez mediante casos de éxito donde se implementó, además información relevante que podría ser utilizada como base en las empresas que no hayan optado por su aplicación.*

También en ese sentido el siguiente autor

Mientras que en la tesis de (Aguirre Alvarez, 2014) de la Universidad Nacional de Colombia., concluye que:

*“Se concluye que la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing para la eliminación de desperdicios, en este caso tiempos de espera, defectos y eficiencia de la mano de obra, en el eslabón productivo de la cadena de suministro, fueron mayores cuando se combinaban las herramientas Lean, que cuando eran aplicadas de manera independiente. De esta manera, el texto explica como problemática central el uso de las herramientas Lean Manufacturing, como objeto para incrementar la productividad, en este caso medido por las unidades producidas al final de la línea de la cadena de suministro de las Pymes, con base en la eliminación de desperdicios, registrando cómo la combinación de estas herramientas en los procesos productivos resulta ser más significativa para la variable respuesta que realizar la aplicación de las herramientas de manera individual”*

### 6.3 Responsabilidad ética de acuerdo con los reglamentos vigentes

De acuerdo con lo desarrollado en el presente trabajo y asumiendo las normas éticas que nos establece la Universidad Nacional del Callao y sociedad.

La información abordada es fidedigna y cuenta con la venia de las entidades a través de los representantes legales.

Así mismo los principios de objetividad, transparencia y compromiso asumido conllevan a la presentación de este trabajo de investigación.

## CONCLUSIONES

1. El plan de mejora de la producción implementado fue de gran resultado, se logró reducir los costos de producción, los costos de insumos y los costos de HH. Todo eso tuvo sentido cuando se identificó los desperdicios según nos indica la metodología Lean y en base al análisis de identificación de recursos y actividades críticas se logró corregir.

Debe entenderse también que la corrección total de los defectos o desaparición de los recursos no se dio al 100% , esto debido a que la metodología Lean es perfectible siempre.

2. La efectividad de la implementación de un plan de mejora de la producción es evidenciable en los resultados mostrados, se optimizó adecuadamente los recursos y sobre todo se potenció la capacidad productiva, obteniendo un aumento de 15% en productividad en el área de mecanizado.

3. La implementación de la metodología Lean Manufacturing exige un cambio significativo en la forma de pensar y actuar para los involucrados de una compañía. La reingeniería aplicada significó un esfuerzo no solo por el análisis técnico que implicó, sino que mereció un trabajo de concientización del personal operativo para el logro final, incluso la empresa se sostuvo de ideas externas como es el caso de los proveedores que sumaron con experiencia de otras industrias.

Se puede probar con satisfacción que la reducción de tiempos en el área de mecanizado en los productos de mayor rotación fue de 50% y respecto a la reducción de costos referentes a los consumibles en el último año el cual coincide con la implementación del plan de mejora se redujo el 9%, ello considerando que las ventas no disminuyeron.

Por ello decimos que la reingeniería fue un éxito cabal, se corrigió y logró el objetivo de optimización y a la vez depuró gastos y consumos

innecesarios, validando los lineamientos de la Metodología Lean Manufacturing.

4. Como toda nueva actividad y logro obtenido, esta debe perpetuarse y perfeccionarse y la forma de sostener los avances es controlando a partir de las mejoras, para ello se necesitan herramientas de control y ese control en la industria nos brinda los softwares.

Existen gran cantidad de software, la oferta es diversa, sin embargo, debe elegirse la que nos brinde mayor automatización y practicidad para las actividades.

Resumiendo, es vital para sostener y seguir en una mejora continua el uso de módulos de control mediante software.

## RECOMENDACIONES

La implementación de la metodología Lean Manufacturing es muy ambicioso y complejo, es por ello que recomiendo a futuros estudiantes o profesionales que se encuentren en la investigación y/o aplicación del pensamiento Lean tener en cuenta lo siguiente:

1. La implementación de la metodología Lean Manufacturing en la industria es muy efectiva, sin embargo, no debe aplicarse como una copia, cada industria es muy diferente de otra y cada empresa o compañía tiene una realidad muy distinta por lo que se debe identificar y conocer el lugar de aplicación.
2. La participación de todo el personal debe ser integra, todos tienen aporte, se debe partir por la facilidad y comodidad de quién realizará la actividad.
3. La capacitación y feedback es vital, la comunicación y seguimiento de parte de gerencia o cargos de dirección es determinante, pues tiene un significado importante entre el personal, ya que no solo es captada como las personas que guía la implementación, sino es recibida como motivación entre el personal.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

De acuerdo con normas internacionales, APA, Vancouver, ISO y/o otros

**Aberdeen, Group Estudio 300 empresas. 2004.** Estudio 300 empresas Aberdeen Group. 2004.

**Aguirre Alvarez, Yenny Alejandra. 2014.** ANÁLISIS DE LAS HERRAMIENTAS LEANMANUFACTURING PARA LA ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS EN LAS PYMES. Colombia : Universidad Nacional de Colombia, 2014.

**Añaqui Yarasca, Miluska. 2016.** INTEGRACIÓN LEAN MANUFACTURING Y SEIS SIGMA. TESIS. Valencia, España : s.n., 2016.

**Barahona Castillo, Leandro y Navarro Infante, Jessica. 2013.** Mejora de proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Sigma. Lima : PONTIFICIE UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU, 2013.

**Baraybar Cardini, Jorge . 2018.** CONEXION ESAN. [En línea] 18 de JUNIO de 2018. <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2018/06/el-metodo-just-in-time-en-la-gestion-de-los-canales-de-distribucion-y-ventas/>.

**Bernal Torres, César Augusto. 2010.** *Metodología*. Bogota : Pearson Educación de Colombia Ltda, 2010. 978-958-699-128-5.

**Cruz Chu, David Ricardo, y otros. 2018.** Buenas Prácticas en Gestión de Manufactura Utilizando la Metodología Lean Manufacturing en las empresas de consumo masivo de alimentos en el Perú. Lima : PONTIFICIE UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU, 2018.

**Espinoza Montes, Ciro . 2010.** *Metodología de investigación tecnológica*. Huancayo : Imagen Grafica SAC, 2010. 978-612-00-0222-3.

**Estrems Amestoy, Manuel. 2007.** *Principios de Mecanizado y Planificación de Procesos*. Cartagena : Departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación-Universidad Politécnica de Cartagena, 2007.

**Hernández Matías, Juan Carlos y Vizán Idoipe, Antonio. 2013.** *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid : Fundación eoi, 2013.

- Lean Enterprise Institute.** Lean Enterprise Institute. [En línea]  
<https://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system>.
- LEAN SOLUTIONS.** [En línea] <http://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/7-desperdicios-mura-muri-muda-las-3-mu/>.
- Marchwinski, Chet, Shook, Jhon y Schroeder, Alexis. 2003.** 2003.
- Martínez, Quique. 2020.** Mecanizado por arranque de viruta UMESAL. [En línea] Junio de 2020. <https://umesal.com/mecanizado-por-arranque-de-viruta/>.
- MODELO METODOLÓGICO DE IMPLEMENTACIÓN DE LEAN MANUFACTURING.* **Fonseca, G. A. y Bocanegra, C. C. 2017.** Lima : EAN, 2017.
- Noriega Morales, Salvador, y otros. 2017.** *Ingeniería de manufactura en el siglo XXI.* Ciudad de Mexico : Academia de Ingeniería México, 2017.
- Revista Logicel, N° 57. 2007.** *Jidoka: Automatización con un toque humano.* marzo de 2007.
- Silva Vasquez, Wilson José. 2012.** *Ingeniería y Procesos Manufactura I.* Lima : Editorial Universitaria, 2012.
- SISTEMAS DE PRODUCCIÓN COMPETITIVOS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA LEAN MANUFACTURING.*  
**Vargas Hernandez, José G., Muratalla Bautista, Gabriela y Jimenez Castillo, María Teresa. 2018.** s.l. : REVISTA CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, 2018.
- Vargas Hernandez, José G., Muratalla Bautista, Gabriela y Jimenez Castillo, Maria Teresa. 2018.** s.l. : REVISTA DIGITAL CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, 2018.
- SPC CONSULTING GROUP. 2018.** [En línea] 21 de setiembre de 2018.  
<https://spcgroup.com.mx/7-desperdicios/>.
- 2020.** SPC CONSULTING GROUP. [En línea] 17 de enero de 2020.  
<https://spcgroup.com.mx/los-8-tipos-de-desperdicios-lean-manufacturing/>.
- Suarez Medina, Luis Miguel. 2020.** Analisis y mejora de procesos en una empresa metalmeccanica usando herramientas de Lean Manufacturing. Lima : PONTIFICIE UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU, 2020.

**Torres Bardales, Coloníbol. 2007.** *Metodología de la investigación científica.*  
Lima : San Marcos, 2007.

**Yepes Piqueras, Víctor. 2014.** <https://victoryepes.blogs.upv.es/>. [En línea] 4 de  
setiembre de 2014. <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/takt-time/>.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Matriz de consistencia

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN, APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA METALMECANICA DE LIMA METROPOLITANA 2021									
REALIDA PROBLEMÁTICA	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGIA	PARÁMETROS DE MEJORA	
<p>La producción en la industria metalmeccánica actual refiere ser eficientes, es decir administrar adecuadamente los recursos. Producir sin tener procedimientos claros y establecidos significa producir mediante una deficiente gestión de los recursos, sumado a ello producir bajo procedimientos obsoletos causan la pérdida de competitividad.</p> <p>Lo descrito se puede evidenciar en:                      Alto costo de producción por no controlar adecuadamente los recursos productivos.                      Demora en los tiempos de producción y demora de las fechas de entrega de sus productos.                      Deterioro de la imagen de la compañía ante los clientes.                      Pérdida de competitividad en la industria metalmeccánica en este caso específico.</p>	<b>PROBLEMA GENERAL:</b>	<b>OBEJETIVO GENERAL:</b>	<b>HIPÓTESIS GENERAL:</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>					
	¿De qué manera la implementación de un plan de mejora de la producción basado en la metodología Lean Manufacturing optimiza los recursos productivos, reduce los costos de producción y aumenta la productividad en la industria metalmeccánica de Lima Metropolitana 2021?	Implementar un plan de mejora de producción en una planta de metalmeccánica basado en la metodología Lean Manufacturing para lograr optimizar los recursos productivos, reducir los costos de producción y aumentar la productividad de compañías en la industria metalmeccánica de Lima Metropolitana 2021	El plan de mejora de la producción basado en LEAN MANUFACTURING optimizará favorablemente el uso de los recursos, reduciendo los tiempos de producción y aumentando la productividad de una empresa en la industria metalmeccánica.	Implementación de un plan de mejora de la producción basado en Lean Manufacturing.	- Planificación de producción  - Organización de áreas  - Modulo de Gestor de recursos	- Plan maestro de producción  - Organigrama  - Consumo por OT	1. TIPO: - Aplicada  2. ALCANCE: - Transversal  3. NIVEL: - Descriptiva  3. ENFOQUE: - Cualitativa	Los parámetros de mejora de los procesos: Están relacionados a los tiempos de ejecución de las actividades: - Tiempos registrados de horas hombre y horas equipo. - Impacto de los desperdicios generados por las actividades que no generan valor en la ejecución de ordenes de trabajo.	
	<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</b>	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				<b>NIVELES DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>TIPOS DE INVESTIGACIÓN</b>
	¿De qué manera la planificación mediante la metodología Lean Manufacturing nos garantiza una correcta gestión de los recursos productivos de una planta industrial de metalmeccánica?	Planificar mediante la metodología Lean Manufacturing para gestionar adecuadamente los recursos productivos de una planta industrial de metalmeccánica.	La planificación mediante LEAN MANUFACTURING garantiza la optimización de los recursos productivos de una empresa en la industria metalmeccánica.	Reducción de costos de producción	- Reingeniería	-Desarrollo de proyectos	1. Según de los OBJETIVO del estudio 2. Según los medios de obtención de datos 3. Según el nivel de conocimientos y manipulación de variables 4. Según el nivel de medición y naturaleza de la investigación 5. Según Muestreo 6. Según tiempo	nfo	
	¿En qué medida la reingeniería mediante la metodología Lean Manufacturing a los procesos productivos aumenta la eficiencia y reduce los costos de producción de una planta industrial de metalmeccánica?	Desarrollo de reingeniería en los distintos procesos de producción críticos para la reducción de actividades y materiales que no generan valor agregado mediante Lean Manufacturing.	Reducción de costos de producción mediante el desarrollo de reingeniería en los procesos críticos de una planta industrial de metalmeccánica.		- Actividades que no generan valor  - Trazabilidad de la producción	- HH y HM empleadas por mes  - Actividades por area			
¿Cómo la implementación de módulos de control permite garantizar y sostener las mejoras de productividad logradas?	Implementación de módulos de control en los distintos procesos productivos para sostener el aumento de productividad.	La implementación de módulos de control permite garantizar las mejoras en la productividad de una empresa en la industria metalmeccánica.							

## ANEXO 2: INFORME DE PRUEBAS DE REINGENIERIA. IDMH 006-2018



### RESULTADO DEL MECANIZADO DE LABERINTOS U-35

IDMH 006-2018

#### HABILITADOS EN BARRA AGUJERADA

El informe pretende mostrara a detalle la diferencia que existe al mecanizar los laberintos habilitados en barra agujerada (propuesta) con relación al habilitado anterior (en unidades)

#### I. OBJETIVO

- 1) Reducir el tiempo de producción en un 60% del mecanizado habitual.
- 2) Mejorar el proceso de mecanizado, optimizando el uso de las herramientas y materia prima.

#### II. EVALUACION

COMPONENTE A MECANIZAR: **LABERINTOS HEMBRA Y MACHO DE CARRO U-35**

#### A. PROCESO ANTERIOR Y REALIZADO HASTA MAYO DEL 2018

##### LABERINTO MACHO (CHICO)

PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN
1	LADO 1 : CILINDRADO INTERIOR Y REFRENTADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	TRIGONAL(08HE015227) Y ROMBICA(08HE012777-REUTILIZADO)	7
2	LADO 2 : REFRENTADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	ROMBICA(08HE012777-REUTILIZADO)	3
3	CILINDRADO EXTERIOR - UTILIZANOD MACHINA(MANDRIL)	TORNO CNC : GT-20 o ST-25 TORNO CONVENCIONAL	TRIGONAL(08HE015227)	7
4	REFRENTADO Y CILINDRADO (ENTALLE)	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	RANURADO(08HE015246)	5
5	RANURADO DE CANAL Y ACABADO INTERIOR	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	RANURADO(08HE015246) Y TRIGONAL(08HE015227)	3
<b>TIEMPO TOTAL</b>				<b>25</b>

##### LABERINTO HEMBRA (GRANDE)

PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN
1	LADO 1 : CILINDRADO INTERIOR Y REFRENTADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	TRIGONAL(08HE015227) Y ROMBICA(08HE012777-REUTILIZADO)	7
2	LADO 2 : REFRENTADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	ROMBICA(08HE012777-REUTILIZADO)	3
3	CILINDRADO EXTERIOR - UTILIZANOD MACHINA(MANDRIL)	TORNO CNC : GT-20 o ST-25 TORNO CONVENCIONAL	TRIGONAL(08HE015227)	7
4	RANURADO DE CANAL Y ACABADO INTERIOR	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	RANURADO(08HE015246) Y TRIGONAL(08HE015227)	3
<b>TIEMPO TOTAL</b>				<b>20</b>

  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**  
 Gerente General

**B. RESULTADO DEL MECANIZADO LA CAMBIAR HABILITADO EN BARRAS  
AGUJERADAS**

**LABERINTO MACHO (CHICO)**

PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN PROYECTADO	MIN REAL	OBSERVACION
1	CILINDRADO INTERIOR Y EXTERIOR ,REFRENTADO , ENTALLE Y TRONZADO	TORNO CNC : <b>SL-40 (UNICA MÁQUINA)</b>	TRIGONAL(08HE015227) , ROMBICA(08HE012777- REUTILIZADO) Y RANURADO(08HE015246)	8	5.6	SE ADAPTO UNA HERRAMIENTA DE RANURADO INTERIOR (MITSUBISHI)
2	RANURADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	RANURADO(08HE015246)	3	0	ESTE PROCESO SE INCLUYO EN LA PRIMERA PUESTA
<b>TIEMPO TOTAL</b>				<b>11</b>	<b>5.6</b>	

**LABERINTO HEMBRA (GRANDE)**

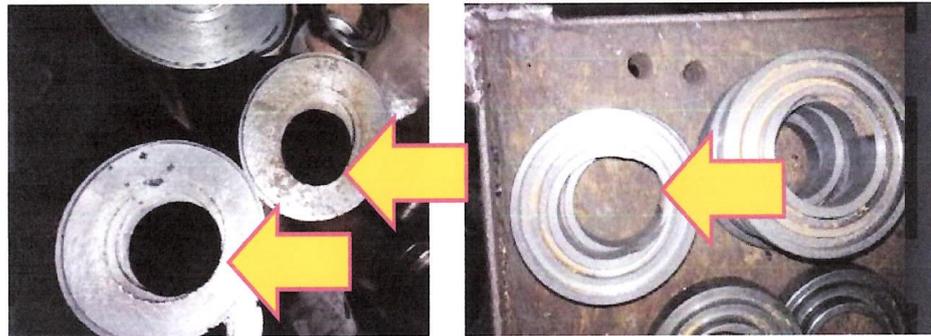
PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN PROYECTADO	MIN REAL	OBSERVACION
1	CILINDRADO INTERIOR Y EXTERIOR ,REFRENTADO Y TRONZADO	TORNO CNC : <b>SL-40 (UNICA MÁQUINA)</b>	TRIGONAL(08HE015227) , ROMBICA(08HE012777- REUTILIZADO) Y RANURADO(08HE015246)	8	6.3	
<b>TIEMPO TOTAL</b>				<b>8</b>	<b>6.3</b>	

  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**  
 Gerente General

C. LIMITACION Y CORRECCIONES NECESARIAS

• FUNDIDO

1. Las barras enviadas por el proveedor presentaron problemas en la CONCENTRICIDAD de los DIAMETROS interior y exterior. al mecanizar habrán laberintos fallados.



2. En demasía de material , la barra para el laberinto hembra debe tener como máximo 100mm de diámetro(diámetro máximo que tolera el torno SL-40) , sin embargo vino con



  
IDMH PERU SAC  
Cecibel Gutiérrez Pruvot  
Gerente General

**D. CONCLUSIÓN**

El resultado es notoriamente favorable en muchos aspectos:

- Optimización de material
- Proceso de mecanizado más rápido.
- Consumo de herramientas más racionalizado.
- Reducción sustancial de horas hombres en el mecanizado de los laberintos.

LABERINTO	PROCEDIMIENTO ANTERIOR	PROCEDIMIENTO MEJORADO	TIEMPO GANADO
HEMBRA	20 MIN	6.3 MIN	13 min<->300% más eficiente
MACHO	25 MIN	5.6 MIN	19 min<-> 450% más eficiente
TIEMPO MEJORADO en (%)			<b>400 % más eficiente</b>

  
**IDMH PERÚ SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**  
Gerente General

12 de Junio del 2019

### ANEXO 3: INFORME HABILITADO DE BARRAS

	FORMATO
	FORMULA DE HABILITADO EN BARRAS

$$Lh = (\#Lc + 3)Q + M$$

Lh = 0 (MM)

DIGITAR:

#Lp	
Q	
M	

VARIABLES:

Lh : LONGITUD DEL HABILITADO MM  
 #Lc : LONGITUD DEL COMPONENTE MM  
 Q : CANTIDAD DE COMPONENTES  
 M : TOLERANCIA PARA AMORDAZAR MM  
 DONDE:  
 M=30, SI  $\phi$  HASTA DE 2"  
 M=40, SI:  $\phi$  HASTA DE 3 1/2 "

ENTRE 500 A  
650 MM

LA FORMULA TAMBIEN ES CONDICIONADA A LOS DIAMETROS Y LONGITUDES DE LOS COMPONENTES

LONGITUD	DIAMETRO ( $\phi$ )
80 MM	DESDE 1/2" HASTA 1"
100MM	DESDE 1" HASTA 1 1/2"
120MM	DESDE 1 1/2" HASTA 3 1/2"

  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**  
 Gerente General

# ANEXO 4: INFORME IDMH - 002



## RESULTADOS DE LA PRUEBA DE MEJORA PARA POLEAS PJ MINERA T-12

PROYECTO IDMH-002

LA PRUEBA CONSISTIA EN DOS OBJETIVOS:  
 1) EVALUAR EL TIEMPO DE MAQUINADO PARA CANAL USANDO INSERTOS ZCC (CHINO)  
 EVALUACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE NUEVA MACHINA PARA POLEA

2)

MATERIAL	POLEA	TIEMPO DE PROCESOS DE MECANIZADO EN LAS CONDICIONES ACTUALES								
		PROCESO 1				PROCESO 2		PROCESO 3		TOTAL (MIN)
		REFRENTADO		CILINDRADO		CANAL		AJUSTE DE RODAJE		
(MIN)	MAQUINA	(MIN)	MAQUINA	(MIN)	MAQUINA	(MIN)	MAQUINA			
S A C I S I D O	PJ MIN T-30	5 MIN	CNC	5 MIN	CNC	10 MIN	CNC	5MIN	CNC	25 MIN
	PJ MIN T-32	7 MIN		5 MIN	CNC	15 MIN		7MIN		35 MIN

1) EVALUACION DE TIEMPOS PARA EL MAQUINADO DE CANAL

POLEA PJ MINERA T-12 Q=10

### CUADRO COMPARATIVO DE INSERTOS:

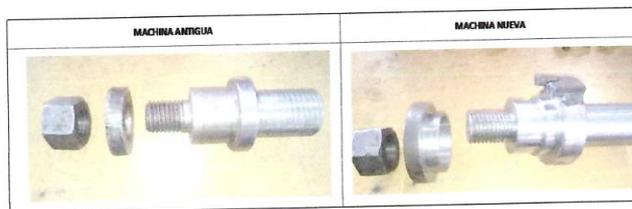
MECANIZADO ACTUAL (PLACA MITSUBISHI)			
PROCESOS	TIEMPO (MIN)	PLACAS USADA	
PROCESO 2	15	REDONDA 12 08HE0131135	
TIEMPO TOTAL		15 MIN	

MECANIZADO PRUEBA (PLACA ZCK CHINA)			
PROCESOS	TIEMPO (MIN)	PLACAS USADA	
PROCESO 2	10	REDONDA 12	
TIEMPO TOTAL		10MIN	

INSERTO ZCK (CHINO) CON  
RESPECTO A MITSUBISHI 33% MAS  
EFICIENTE

2) EVALUACION DE FUNCIONAMIENTO DE NUEVA MACHINA

SE MODIFICO LA MACHINA CON EL OBJETIVO DE REDUCIR LOS PORCESOS INDEPENDIENTES , ES DECIR SE PASARA DE TRES PROCESOS A DOS:  
 EL PROCESO 3 , EL CUAL SE REALIZA DE MANERA INDEPENDIENTE , SE DESARROLLARA EN EL PROCESO 1 , PARA ELLO ES NECESARIO CAMBIAR LA FORMA DE SUECION DE LA POLEA Y ESTO IMPLICA LA MODIFICACION DE MACHINA , ESTA NUEVA MACHINA DEBE TENER ESTAS CARACTERISTICAS:  
 A) LOGRE SUJETAR A LA POLEA CON AJUSTE  
 DE LA POLEA  
 B) EVITE EL CABECEO  
 C) EVITAR EL ABRRASTRE (GIRO EN LA MACHINA) DE LA POLEA AL SER MAQUINADO



MATERIAL	POLEA	PROCESO 1				PROCESO 2		TOTAL (MIN) PROYECTADO
		REFRENTADO		CILINDRADO Y AJUSTE		CANAL		
		(MIN)	MAQUINA	(MIN)	MAQUINA	(MIN)	MAQUINA	
A C S I D O	PJ MIN T-12	5	CNC	7	CNC	10	CNC	22

*Cecibel Gutiérrez Pruvot*  
**IDMH PERU SAC**  
 Cecibel Gutiérrez Pruvot  
 Gerente General

viernes, 1 de Marzo de 2019

**ANEXO 5: INFORME IDMH - 004**



PROYECTO	IDMH-004
----------	----------

**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE MEJORA PARA POELAS PJ MINERA T-12**

**OBJETIVOS :**

- 1) Optimizar el tiempo de producción de las pastecas PJ MINERAS.
- 2) Mejorar el proceso de mecanizado de acanalado ,cambiando la estrategia de mecanizado.

**COMPONENTE DE PRUEBA:** POLEA PJ MINERA T-12

**CANTIDAD :** 12 UNIDADES

**CUADRO COMPARATIVO DE INSERTOS:**

MECANIZADO ACTUAL (DESDE JUNIO DEL 2017)					
PROCESOS		TIEMPO (MIN)		PLACAS USADOS	MARCA
PROCESO 3 CANAL DE POLEA	1. DESBRONCADO DE CANAL	7	13	REDONDA T-12 08HE015314	ZCC
	2.ACABADO DE CANAL	5		REDONDA T-12 08HE015314	ZCC
	3.REFRENTADO	1		ROMBICA 19 08HE012779	MITSUBISHI

MECANIZADO PRUEBA (CAMBIANDO DE ESTRATEGIA)					
PROCESOS		TIEMPO (MIN)		INSERTOS USADOS	MARCA
PROCESO 3 CANAL DE POLEA	1. DESBRONCADO CANAL(DESAHOGADO)	2	5	HERRAMIENTA NUEVA	MITSUISHI - HERREMITAN GY2 4MM (RANURADO)
	2.ACABADO DE CANAL	2		REDONDA T-12 08HE015314	ZCC
	3.REFRENTADO	1		ROMBICA 19 08HE012779	MITSUBISHI

<b>RESULTADO</b>	<b>61.5384615 %</b>	<b>más eficiente</b>
------------------	---------------------	----------------------

**CONCLUSIÓN:**

El tiempo que se logro acortar en el proceso se debe principalmente al cambio de estrategia para el mecanizado , además que se introdujo una nueva herrameinta para ello . La nueva forma de mecanizado consiste:

- Desahogar el canal de la polea, esto se consigue usando una nueva herramienta de ranurado de 4 mm, ello genera la descarga de material y uniformiza la superficie del canal.
- Una vez uniformizado el canal , el acabado se realiza con insertos redondos , que podria ser ZCC O MITSUBISHI , ambos presentan las mismas carcteristicas para el trabajo.

La nueva forma de mecanizado y el resultado, tiempo , indica ser mas conveniente optar por este metodo , e incluso este proceso garantiza mas vida para los insertos redondos.

  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**

lunes, 1 de Julio de 2019

# ANEXO 6: INFORME IDMH - 005



## RESULTADOS DE LA PRUEBA DE MEJORA PARA RUEDAS U-35

PROYECTO IDMH-005

**OBJETIVOS :**

- 1) EVALUAR EL TIEMPO DE MAQUINADO DE LAS RUEDAS CON PLACAS ZCC(CHINO)
- 2) REDUCIR LOS TIEMPOS DE MECANIZADO , INCRTERMENTANDO EL AVANCE CORTE.

**RUEDA U-35 Q=22**

**CUADRO COMPARATIVO DE INSERTOS:**

MECANIZADO ACTUAL (PLACA MITSUBISHI)			
PROCESOS	TIEMPO (MIN)	PLACAS USADAS	
PROCESO 1 LADO A	1. CILINDRADO EXTERIOR	3	18
	2. REFRENTADO	3	
	3. CILINDRADO INTERIOR DESBRONCADO	3	
	4. CILINDRADO INTERIOR ACABADO	2	
PROCESO 2 LADO B	1. CILINDRADO EXTERIOR (CONICO)	5	15
	2. REFRENTADO	3	
	3. CILINDRADO INTERIOR DESBRONCADO	5	
	4. CILINDRADO INTERIOR ACABADO	2	
<b>TIEMPO TOTAL</b>		<b>25 MIN</b>	

MECANIZADO PRUEBA (PLACA CHINA)			
PROCESOS	TIEMPO (MIN)	PLACAS USADAS	
PROCESO 1 LADO A	1. CILINDRADO EXTERIOR	2	5
	2. REFRENTADO	1	
	3. CILINDRADO INTERIOR DESBRONCADO Y ACABADO	2	
PROCESO 2 LADO B	1. CILINDRADO EXTERIOR (CONICO)	3	7
	2. REFRENTADO	2	
	3. CILINDRADO INTERIOR DESBRONCADO	2	
<b>TIEMPO TOTAL</b>		<b>12 MIN</b>	

**INSERTO CHINO CON RESPECTO A MITSUBISHI 50% MAS EFICIENTE**

SIN EMBARGO , EL DESGASTE DE LAS PASTILLAS PODRIA SER SIGNIFICATIVO EN CUANTO AUMENTAMOS LA CARGA DE TRABAJO Y TAMBIEN AL MECANIZAR OTRO COMPONENTE . LA PRUEBA TIENE ESTOS RESULTADOS PUES SE AUMENTO EL AVANCE DE CORTE Y LA FUERZA DE ESTA , ES DECIR SE AGIUIZO EL PROCESO DE MECANIZADO CON EL PROGRAMA QUE ACTUALMENTE SE USA EN EL AREA

jueves, 1 de Agosto de 2019

*Cecibel Gutierrez Pruvot*  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutierrez Pruvot**  
 Gerente General

**ANEXO 7: INFORME IDMH – 010-2018**



**IDMH 010-2018**

**PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MECANIZADO DE POLEAS DE FUNDICION:**

**A. POLEAS 4R**

**SITUACION ACTUAL DE HABILITADO:**

1. EL FUNDIDO ES HABILITADO EN UNIDADES:



2. EN CUANTO AL MECANIZADO DE LAS POLEAS, ESTAS INVOLUCRA PROCESOS SEPARADOS. , LOS CUALES GENERAN MONTAR A LAS MAQUINAS PARA CADA UNO DE ESTOS PROCESO:

PUESTA N° 1 REFRENTADO LADO 1 Y 2			PUESTA N°2 TALADRADO		
MIN	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN	MAQUINA	HERRAMIENTA
7	CONVENCIONAL	ROMBICA (FUND) 08HE012779 / CUADRADA 08HE012734	5	CONVENCIONAL	BROCA HSS
					BROCA HSS

PUESTA N°3 CANAL			TIEMPO TOTAL ACTUAL
MIN	MAQUINA	HERRAMIENTA	<b>17 MINUTOS</b>
5	CNC	ACABADO (VNMG) 08HE0127141	

  
**IDMH PERÚ SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**  
 Gerente General

PUESTA N° 1 REFRENTADO DE TROMPAS			PUESTA N° 2 REFRENTADO LADO 1 Y 2		
MIN	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN	MAQUINA	HERRAMIENTA
7	CONVENCIONAL	<b>ROMBICA (FUND)</b> <b>08HE012779 /</b> <b>CUADRADA</b> <b>08HE012734</b>	5	CNC	<b>ROMBICA (FUND)</b> <b>08HE012779 /</b> <b>CUADRADA</b> <b>08HE012734</b>

PUESTA N° 3 TALADRADO			PUESTA N°2 CANAL		
MIN	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN	MAQUINA	HERRAMIENTA
5	CONVENCIONAL	<b>BROCA HSS</b>	5	CNC	<b>ACABADO (VNMG)</b> <b>08HE0127141</b> <b>BROCA HSS</b>

TIEMPO TOTAL ACTUAL
<b>22 MIN</b>

**PROPUESTA:**

MODIFICAR EL MOLDE DEL FUNDIDO Y HABILITAR LA POLEA CON SOLO 5 MM DE ENDEMASIA, ESTOS PERMITIRA **ELIMINAR LA PRIMERA PUESTA** EN MAQUINA DE ESTAS POELAS POR LO QUE EL TIEMPO QUEDARA:

TIEMPO TOTAL PROYECTADO - MODIFICANDO EL MOLDE
<b>15 MIN</b>

  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**  
 Gerente General

**PROPUESTA:**

HABILITAR LAS POLEAS EN BARRAS, CON ELLO LAS POLEAS SE TRABARIAN COMPLETAMENTE EN CNC Y SOLO SE MONTARA UNA VEZ.

LA BARRA PODRIA SER HABILITADO DE Ø 2 ½ " X 18" LONGITUD , PARA 20 POLEAS , EN EL CASO DE MODIFICARSE LA CANTIDAD EL CALCULO ESTA DADO POR LA FORMULA:

$$Lh=(\#Lc+3)Q +M$$

VARIABLES:

Lh : LONGITUD DEL HABILITADO MM  
 #Lc : LONGITUD DEL COMPONENTE MM  
 Q : CANTIDAD DE COMPONENTES  
 M : TOLERANCIA PARA AMORDAZAR MM  
 PARA :  
 M=25.4  
 <>1"  
 LC=18  
 Q=20

PUSTA N 1					
REFRENTADO Y TALADRADO			CILINDRADO , ACANALADO Y TRONZADO		
MIN	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN	MAQUINA	HERRAMIENTA
3	CNC	ROMBICA (FUND) 08HE012779 / CUADRADA 08HE012734	5	CNC	BROCA HSS
					BROCA HSS

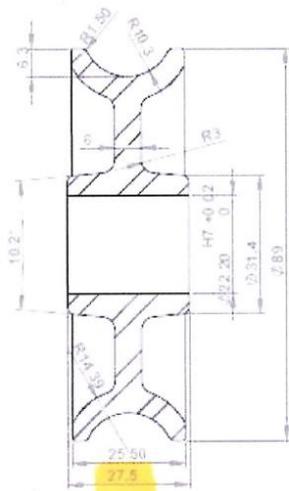
TIEMPO TOTAL PROYECTADO
8 MIN

  
**IDMH PERU SAC**  
 Cecibel Gutiérrez Pruvot  
 Gerente General

**B. POLEAS 6R**

**SITUACION ACTUAL DE HABILITADO:**

1. EL FUNDIDO PRESENTA ENDEMASIA DE MATERIAL DE HASTA 20 MM , EL CUAL ALARGA EL PROCESO DE MECANIZADO



SECCION B-B  
ESCALA 1:1



ESCALA 1:1

  
IDMH PERU SAC  
Cecibel Gutiérrez Pruvot  
Gerente General

## ANEXO 8: INFORME IDMH – 015-2018



IDMH 015-2018

### PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MECANIZADO DE LABERINTOS U-35

#### I. SITUACION ACTUAL DE HABILITADO:

1. EL FUNDIDO ES HABILITADO EN UNIDADES:



2. EN CUANTO AL MECANIZADO DE LOS LABERINTOS, LOS PROCESOS QUE SE DESARROLLAN EN 5 PUESTAS A MAQUINA

#### LABERINTO MACHO (CHICO)

PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN
1	LADO 1 : CILINDRADO INTERIOR Y REFRENTADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	TRIGONAL(08HE015227) Y ROMBICA(08HE012777- REUTILIZADO)	7
2	LADO 2 : REFRENTADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	ROMBICA(08HE012777- REUTILIZADO)	3
3	CILINDRADO EXTERIOR - UTILIZANOD MACHINA(MANDRIL)	TORNO CNC : GT-20 o ST-25 TORNO CONVENCIONAL	TRIGONAL(08HE015227)	7
4	REFRENTADO Y CILINDRADO (ENTALLE)	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	RANURADO(08HE015246)	5
5	RANURADO DE CANAL Y ACABADO INTERIOR	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	RANURADO(08HE015246) Y TRIGONAL(08HE015227)	3
<b>TIEMPO TOTAL</b>				<b>25</b>

#### LABERINTO HEMBRA (GRANDE)

PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN
1	LADO 1 : CILINDRADO INTERIOR Y REFRENTADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	TRIGONAL(08HE015227) Y ROMBICA(08HE012777- REUTILIZADO)	7
2	LADO 2 : REFRENTADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	ROMBICA(08HE012777- REUTILIZADO)	3
3	CILINDRADO EXTERIOR - UTILIZANOD MACHINA(MANDRIL)	TORNO CNC : GT-20 o ST-25 TORNO CONVENCIONAL	TRIGONAL(08HE015227)	7
4	RANURADO DE CANAL Y ACABADO INTERIOR	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	RANURADO(08HE015246) Y TRIGONAL(08HE015227)	3
<b>TIEMPO TOTAL</b>				<b>20</b>

#### II. PROPUESTA:

  
**IDMH PERU SAC**  
 Cecibel Gutiérrez Pruvot

HABILITAR LOS LABERNTOS EN BARRAS AGUJERADAS, BAJO ESTA FORMA LOS LABERINTOS SE TRABAJARAN COMPLETAMENTE EN CNC Y SOLO SE MONTARA UNA VEZ. EN CASO DEL LABERINTO HEMBRA Y DOS VECES EN EL CASO DEL LABERINTO MACHO

**MECANIZADO PROYECTADO**

**LABERINTO MACHO (CHICO)**

PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN
1	CILINDRADO INTERIOR Y EXTERIOR ,REFRENTADO , ENTALLE Y TRONZADO	TORNO CNC : <b>SL-40 (UNICA MÁQUINA)</b>	<b>TRIGONAL(08HE015227) , ROMBICA(08HE012777- REUTILIZADO) Y RANURADO(08HE015246)</b>	<b>8</b>
2	RANURADO	TORNO CNC : GT-20 o ST-25	<b>RANURADO(08HE015246)</b>	<b>3</b>
<b>TIEMPO TOTAL</b>				<b>11</b>

**LABERINTO HEMBRA (GRANDE)**

PUESTA MAQUINA	PROCESO	MAQUINA	HERRAMIENTA	MIN
1	CILINDRADO INTERIOR Y EXTERIOR ,REFRENTADO Y TRONZADO	TORNO CNC : <b>SL-40 (UNICA MÁQUINA)</b>	<b>TRIGONAL(08HE015227) , ROMBICA(08HE012777- REUTILIZADO) Y RANURADO(08HE015246)</b>	<b>8</b>
<b>TIEMPO TOTAL</b>				<b>8</b>

**CONCLUSIÓN**

De acuerdo a la forma del mecanizado se propone el habilitado de los laberintos en barras agujeradas, el cual tienen estas medidas:

LABERINTO	DIMENSION	CANTIDAD POR BARRA
MACHO (CHICO)	BARRA FUNDICION GRIS Ø EXT 88 MM Ø INT 57 MM X 15 1/2" (390 MM APROX)	20 UNIDADES
HEMBRA (GRANDE)	BARRA FUNDICION GRIS Ø EXT 96 MM Ø INT 45 MM X 18" (450 MM APROX)	20 UNIDADES

  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**  
 Gerente General

## ANEXO 9: AUTORIZACIÓN DE IDMH PRU SAC

### CARTA DE AUTORIZACIÓN

Lima, 05 de enero del 2018

Señores:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Presente. -

Estimados señores:

Yo, Cecibel Eliane Gutiérrez Pruvot identificada con DNI N° 45853658, en mi calidad de representante legal de la empresa IDMH PERU S.A.C., autorizo a Antony Ivan Apolinario Cruz, Bachiller de la carrera de INGENIERÍA MECÁNICA, de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO - UNAC, a utilizar información confidencial de la empresa para la Tesis denominada **"IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN, APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA METALMECANICA DE LIMA METROPOLITANA 2021"**.

Asimismo, queda establecido como condición de la presente autorización, que el Bachiller se compromete a lo siguiente:

1. No divulgar ni usar para fines personales la información que le fue suministrada; y
2. No proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente, información alguna de las actividades y/o procesos de cualquier clase que fuesen observadas en la empresa.
3. Toda la información y el resultado de la investigación serán de uso exclusivamente académico; o en todo caso, se podrá aplicar en mi representada si así lo requiriese.

Asimismo, autorizamos que la información y resultado que se obtenga del mismo podrían llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye la formación de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica.

En caso de que alguna(s) de las condiciones anteriores sea(n) infringida(s), el estudiante queda sujeto a toda la responsabilidad legal a que se hiciere acreedor; quedando a salvo la responsabilidad de la institución educativa.

Atentamente,

  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**  
**Gerente General**

Firma y sello del Representante legal

## ANEXO 10: AUTORIZACIÓN DE IDMH PRU SAC



<b>FORMATO</b>
<b>DURACIÓN DE INSERTOS</b>

### CONSUMO DE INSERTOS

CODIGO.	DESCRIPCION	FORMA	MARCA	TAMAÑO	OPERACIÓN	FRECUENCIA DE USO X DIA	REQUERIMIENTO MENSUAL	MATERIALES DE TRABAJO
08HE015227	PLACA WNMG 080408 DR YBD 152	TRIGONAL	ZCC	8	CILINDRADO Y REFRENTADO	2	60	ACEROS
08HE015229	PLACA CARB P/FRESAR RCKT 1204MO-DM YBG-202	CIRCULAR	ZCC	12	MAQUINADO DEL CANAL DE POLEAS	1	30	ACEROS
08HE015246	PLACA CARB P/RANURADO 2TFD0303-MG YBG-205	PLANA	ZCC	3	RANURADO Y TRONZADO	0.8	24	ACEROS
08HE0127141	PLACA VNMG 160408 UCS115	ROMBICA MUY AGUDA		16	ACBADO Y MAQUINADO DE	0.6	18	ACEROS/ FUND GRIS
08HE015245	PLACA CARB P/TORNEAR TNMG160408 DR YBC-252	TRIANGULAR	ZCC	16	DESBRONCADO PARA PERFILES	0.5	15	ACEROS
08HE0131135	PLACA RCMX1204M0 VP10RT	CIRCULAR	MIT	12	MAQUINADO DEL CANAL DE POLEAS	0.45	13.5	ACEROS
08HE015226	PLACA CNMA 190616 YBD-152	ROMBUCA		19	CILINDRADO DE RUEDAS	0.4	12	
08HE012771	PLACA MMT16ER G60 S VP15TF	ROSA DER		16	ROSCADO FINO EXTERIOR	0.35	10.5	ACEROS
08HE012772	PLACA MMT22ER N60 VP10MF	ROSA DER G		22	ROSCADO GRUESA EXTERIOR	0.35	10.5	ACEROS
08HE015162	PLACA VNMG 160404 UCS115	ROMBICA MUY AGUDA		16	ACABDO DE EJES	0.2	6	ACEROS
08HE0127138	PLACA GY2M0300F 150N BM VP20RT	PLANA CON RAD		3 CON RADIO	RANURADO EN RADIO	0.2	6	ACEROS
08HE012774	PLACA MMT22IR N60 VP10MF	ROSA IZQ G		22	ROSCADO GRUESO INTERIOR	0.2	6	ACEROS
08HE0131103	PLACA GY2M0300F030N GM VP10RT	PLANA		3		0.2	6	ACEROS
08HE0127139	PLACA NNMU 200608ZEN HK MC5020	HEPTAGONO			FRESADO	0.175	5.25	ACEROS
08HE012721	PLACA MMT16IR G60 S VP15TF	ROSA IZQ		16	ROSCADO FINO INTERIOR	0.17	5.1	ACEROS
08HE015248	PLACA SNMG 120408 PM YBD-152	CUADRADA		12	REFRENTADO	0.17	5.1	ACEROS
08HE0131130	PLACA SNMG 120408 MA VP 15TF	CUADRADA		12	REFRENTADO Y CILINDRADO ,BISEL	0.17	5.1	ACEROS
08HE012734	PLACA SNMA 120408 UCS115	CUADRADA		12	REFRENTADO Y CILINDRADO ,BISEL DE	0.17	5.1	FUNDICION
08HE015225	PLACA SNMG 190616 DR YBD-152	CUADRADA		19	REFRENTADO	0.17	5.1	
08HE120143	PLACA RCMX 1003MO MC6025	CIRCULAR		10	MAQUINADO DEL CANAL DE POLEAS	0.15	4.5	ACEROS
08HE120105	PLACA CCMT 060204 VP15TF	ROMBICA		6	CILINDRADO INTERIOR	0.15	4.5	ACEROS
08HE012763	PLACA GPMT 070204-U2 VP15TF	ROMBICA BROCA		7 PORTABR		0.135	4.05	ACEROS
NO HAY CODIGO	PLACA CARB P/TORNEAR TNMG160404 PM YBC-252	TRIANGULAR	ZCC	16	ACABADO PARA PERFILES	0.1	3	
08HE015174	PLACA GY2M0200D100N-BM VP20RT	PLANA CON RAD		2 CON RADIO	RANURADO EN RADIO FINO	0.1	3	ACEROS
08HE0131129	PLACA WNMG 080408 MA VP15TF	TRIGONAL	MIT	8	CILINDRADO ,REFRENTADO	0.1	3	ACEROS
08HE012768	PLACA RCMT 0803 MO UE6110	CIRCULAR		8	MAQUINADO DEL CANAL DE POLEAS	0.1	3	ACEROS
08HE013173	PLACA CCMT09T308 VP15TF	ROMBICA		9	CILINDRADO INTERIOR	0.1	3	ACEROS
08HE102701	PLACA GY2M0200D020N GM VP10RT	PLANA		2		0.1	3	ACEROS
08HE015247	PLACA CARB P/BROCA SPG1090408-PM YBG-215	CUADRADA		9 PORTABR	BROCA PORTAINSEROS	0.08	2.4	ACEROS
08HE102001	PLACA SOMX 084005 UM VP15TF	CUADRADA		8 PORTABR	BROCA PORTAINSEROS	0.08	2.4	ACEROS
08HE0127133	PLACA CNMG 190616-GH-UC-5115	ROMBICA		19	CILINDRADO Y REFRENTADO ACEROS		0	ACEROS
08HE012777	PLACA CNMG 120408 MA VP15TF	ROMBICA	MIT	12	CILINDRADO		0	ACEROS
08HE012784	PLACA CNMG 120408 GH UCS115	ROMBICA	MIT	12	CILINDRADO , REFRENTADO Y		0	ACEROS
08HE012785	PLACA SNMG120408 GH UCS115	CUADRADA		12	REFRENTADO Y CILINDRADO ,BISEL		0	ACEROS
08HE012779	PLACA CNMA120408 UCS115	ROMBICA		12	CILINDRADO Y REFRENTADO DE		0	FUNDICION
08HE024216	PLACA WNMA 080408 MC5005	TRIGONAL		8	CILINDRADO ,REFRENTADO DE		0	FUNDICION
08HE013194	PLACA SNMG190616 MH - UCS115	CUADRADA		19	REFRENTADO Y CILINDRADO RUEDAS		0	ACEROS
08HE012765	PLACA DNMG 150408- GH UCS115	ROMBICA DE "		15	INTERIOR		0	ACEROS
	CHINO	ROMBICA FINA		16	INTERIOR Y ACACADO		0	ACEROS
08HE0127135	PLACA DNMG 150608 MP UCS115	ROMBICA		15	EXTERIO		0	ACEROS
08HE110201	PLACA SOMX 084005 UM VP15TF	CUADRADO			TALDRADO CON BROCA PORTA		0	ACEROS

  
**IDMH PERU SAC**

## ANEXO 11 : INVENTARIO DE ACTIVOS DE IDMH PERU SAC

PERIODO: 2019  
 RUC: 20601598494  
 RAZÓN SOCIAL: IDMH PERU S.A.C.

### INVENTARIO DE MAQUINARIA Y ACTIVOS FIJO:



ITEM	TIPO DE ACTIVO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MARCA	CONDICIÓN	ÁREA	CAPACIDAD	COSTO DE ADQUISICIÓN
01	MAQUINARIA	ELECFW1	ELECTROFORJA WELDING	WELDING	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	5 TON	S/.53,000.00
02	MAQUINARIA	PREWS1	PRENSA HIDRAULICA	WATSON STILLMAN	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	20 TON	S/.62,000.00
03	MAQUINARIA	PREGAM1	PRENSA	GAMEI	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	200 TON	S/.120,000.00
04	MAQUINARIA	PREVAP1	PRENSA	VAPZAROV	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	50 TON	S/.80,000.00
05	MAQUINARIA	PRECEP1	PRENSA	CERINI	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	50 TON	S/.68,000.00
06	MAQUINARIA	PREVSS1	PRENSA	VSS	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	100 TON	S/.100,000.00
07	MAQUINARIA	PREULE1	PRENSA	ULECIA	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	100TON	S/.100,000.00
08	MAQUINARIA	PREZAM1	PRENSA	ZAMECH	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	150 TON	S/.120,000.00
09	MAQUINARIA	PRECON1	PRENSA	CONSUL	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	200 TON	S/.120,000.00
10	MAQUINARIA	PREGAM2	PRENSA	GAMEI	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	200 TON	S/.120,000.00
11	MAQUINARIA	HORTRA1	HORNO TRATAMIENTO	VAPZAROV	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	500 KG	S/.10,000.00
12	MAQUINARIA	HORTRA2	HORNO VAPZAROV	VAPZAROV	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	500 KG	S/.10,000.00
13	MAQUINARIA	HORVSS	HORNO	VSS	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 KG	S/.8,000.00
14	MAQUINARIA	PREAIT1	PRENSA	AITOR	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	200 TON	S/.120,000.00
15	MAQUINARIA	TORCNC2	TORNO CNC GT-20	HAAS	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	80 KG	S/.80,000.00
16	MAQUINARIA	TORCNC3	TORNO CNC ST-25 - HAAS	HAAS	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	100 KG	S/.150,000.00
17	MAQUINARIA	TORCNC1	TORNO CNC SL-40 - HAAS	HAAS	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 KG	S/.200,000.00
18	MAQUINARIA	TORCSID1	TORNO CONVENCIONAL Nº 1	SIDERAL 650	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.20,000.00
19	MAQUINARIA	TORCSID2	TORNO CONVENCIONAL Nº 2	SIDERAL 650	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.20,000.00
20	MAQUINARIA	TORCSID3	TORNO CONVENCIONAL Nº 3	SIDERAL 650	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.20,000.00
21	MAQUINARIA	TORCSID4	TORNO CONVENCIONAL Nº 4	SIDERAL 650	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.20,000.00
22	MAQUINARIA	TORCTAF5	TORNO CONVENCIONAL Nº 2	TAFEL 500	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.20,000.00
23	MAQUINARIA	TORCNAR6	TORNO CONVENCIONAL Nº 6	NARDINI 2000	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.20,000.00
24	MAQUINARIA	TORCVDF1	TORNO CONVENCIONAL Nº 7	VDF	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.25,000.00
25	MAQUINARIA	FRESMCIN	FRESADORA Nº1	CINCCINATI	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.25,000.00
26	MAQUINARIA	FRESMHUR	FRESADORA Nº2	HURON	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.25,000.00
27	MAQUINARIA	ROSBRA2	ROSCADORA Nº1	GURI 100	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.8,000.00
28	MAQUINARIA	ROSBOS1	ROSCADORA Nº2	GURI 150	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	250 KG	S/.8,000.00
29	MAQUINARIA	SOLDHOB1	SOLDADORA	HOBART H-525	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 AMP	S/.10,000.00
30	MAQUINARIA	SOLDHOB2	SOLDADORA	HOBART H-425	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 AMP	S/.10,000.00
31	MAQUINARIA	SOLDHOB3	SOLDADORA	HOBART RN-400	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 AMP	S/.10,000.00
32	MAQUINARIA	SOLDHOB4	SOLDADORA	HOBART RN-400	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 AMP	S/.10,000.00
33	MAQUINARIA	SOLDHOB5	SOLDADORA	HOBART RN-400	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 AMP	S/.10,000.00
34	MAQUINARIA	SOLDPRI1	SOLDADORA	PRIMUM 400	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 AMP	S/.8,000.00
35	MAQUINARIA	SOLDSOL1	SOLDADORA	SOLANDINA TRS-300	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 AMP	S/.8,000.00
36	MAQUINARIA	SOLDHOB6	SOLDADORA	HOBART H-280	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 AMP	S/.8,000.00
37	MAQUINARIA	SOLDSOL2	SOLDADORA	SOLANDINA TC-260	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300 AMP	S/.8,000.00
38	MAQUINARIA	CARPSR1	SIERRA CIRCULAR	OPTIMUN	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	5 HP	S/.7,000.00
39	MAQUINARIA	CARPLJ1	LIJADORA	OPTIMUN	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	5 HP	S/.2,000.00
40	MAQUINARIA	CARPSC2	SIERRA CINTA	OPTIMUN	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	5 HP	S/.8,000.00
41	MAQUINARIA	CORTSOP1	SIERRA MECANICA	OPTIMUN	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	5 HP	S/.7,000.00
42	MAQUINARIA	CORTSST1	SIERRA MECANICA	OPTIMUN	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	5 HP	S/.7,000.00
43	MAQUINARIA	CORTPPT2	PUNZONADORA FICEP	FICEP	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	50 TON	S/.12,000.00
44	MAQUINARIA	CORTCOX	CARRO DE OXICORTE AGA	AGA	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	100 MM	S/.6,000.00
45	MAQUINARIA	CORTPANT1	PANTOGRAFO KEBE	KEBE	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	100 MM	S/.5,000.00
46	MAQUINARIA	CORTPLAS1	CORTE PLASMA	DAFF	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	100 MM	S/.15,000.00
47	MAQUINARIA	CORTREV1	TORNO REVOLVER TRALAG	TRALAG	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	200 KG	S/.17,000.00

  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutiérrez Pruvot**  
**Gerente General**

ANEXO 12 : PLANILLA IDMH PERU

ES SALUD	9%
SCR	1.25%

DESCRIPCIÓN	SNP / ONP	PRIMA	HABITAT	INTEGRA	PROFUTURO
APORTE OBLIGATORIO	1.3%	10.00%	10.00%	10.00%	10.00%
COMISIÓN % SOBRE R.A.		0.38%	0.38%	0.90%	1.07%
PRIMA SEGURO		1.35%	1.35%	1.35%	1.35%

PLANILLA DE REMUNERACIONES

PERIODO: 2019  
RUC: 20601576494  
RAZON SOCIAL: IDMH PERU S.A.C.



RMV	930.00
A. Familiar	10%

ORDEN	DNICEX	APELLIDOS Y NOMBRES	CARGO U OCUPACION	AREA	ASIG. FAMILIAR	INGRESOS DEL TRABAJADOR			RETENCIONES A CARGO DEL TRABAJADOR					REMUNERA NETA				
						SUELDO T. REGISTRO	ASIGNACIÓN FAMILIAR	OTROS	TOTAL REMUN. BRUTA	SNP / ONP	AFP	APORTE OBLIGATORIO	COMISIÓN % SOBRE R.A.		PRIMA DE SEGURO	QUINTA CATEG.	TOTAL DESCUENTO	
01	70043927	MARTINEZ SALAZAR, DAVID	OPERARIO CARPINTERIA	CARPINTERIA	NO	1,600.00	-	-	1,600.00	NO	0	HABITAT	1,600.00	6.08	21.60	-	187.68	1,412.32
02	41187610	MARTINEZ SALAZAR, WALTER	MONITOR CARPINTERIA	CARPINTERIA	NO	1,687.20	-	-	1,687.20	NO	0	INTEGRA	1,687.20	15.18	22.78	-	206.68	1,480.52
03	25708127	IGARTE APOQUINARIO, ELVIS HERNAN	OPERARIO CARPINTERIA	CARPINTERIA	NO	1,353.34	-	300.00	1,353.34	NO	0	HABITAT	1,353.34	4.00	14.22	-	123.56	1,229.78
04	25515736	ALEGRIA CHAVEZ ERICK	AYUDANTE CORTE	CORTE	NO	1,051.20	-	-	1,051.20	NO	0	INTEGRA	1,051.20	9.46	14.19	-	128.77	923.43
05	25416559	CASANOVA RODRIGUEZ, GIACOMO	AYUDANTE CORTE	CORTE	NO	1,051.20	-	200.00	1,251.20	NO	0	HABITAT	1,051.20	3.99	14.19	-	123.31	1,127.89
06	46182324	CHAVEZ CHAVEZ MICHAEL	OPERARIO CORTE	CORTE	NO	1,320.00	-	-	1,320.00	NO	0	INTEGRA	1,320.00	11.88	17.82	-	161.70	1,158.30
07	47137442	GONZALEZ MARTINEZ, ANGEL	OPERARIO CORTE	CORTE	NO	1,050.00	-	-	1,050.00	NO	0	HABITAT	1,050.00	3.99	14.18	-	123.17	926.83
08	42635797	HUAMACCTO OCHANTE, AURELIO	OPERARIO CORTE	CORTE	NO	1,112.26	-	150.00	1,262.26	NO	0	INTEGRA	1,112.26	10.01	15.02	-	136.25	1,126.01
09	73650323	INFANTES CARBAJAL, NICO	OPERARIO CORTE	CORTE	NO	1,000.00	-	250.00	1,250.00	NO	0	HABITAT	1,000.00	3.80	13.50	-	117.30	1,132.70
10	73663204	BARRIGA GUZMAN, FELIPE EZEQUEL	OPERARIO ENSAMBLE	ENSAMBLE	SI	1,502.40	93.00	200.00	1,795.40	NO	0	PRIMA	159.54	2.87	21.54	-	183.95	1,611.45
11	08846297	LAYNES LOPEZ, VICTOR ANDRES	OPERARIO ENSAMBLE	ENSAMBLE	SI	1,203.30	93.00	-	1,296.30	NO	0	PRIMA	129.63	2.33	17.50	-	149.46	1,146.84
12	46376937	ORE CONDORI, HONNY	AYUDANTE SOLDADURA	ENSAMBLE	SI	1,050.00	93.00	-	1,143.00	NO	0	PROFUTURO	114.30	12.23	15.43	-	141.96	1,001.04
13	25845486	SILVA CLAVIJO, ARTURO ERNESTO	OPERARIO ENSAMBLE	ENSAMBLE	NO	1,144.30	-	150.00	1,294.30	NO	0	PRIMA	114.43	2.06	15.45	-	131.94	1,162.36
14	47533407	CAMPOS SOLIS, MARCOS ANTONIO	OPERARIO ENSAMBLE	ENSAMBLE	NO	1,505.56	-	-	1,505.56	NO	0	PROFUTURO	150.56	16.11	20.33	-	186.99	1,318.57
15	07550745	CERDA CUYA, DARIO	MONITOR FORJA	FORJA	NO	2,105.00	-	-	2,105.00	NO	0	PRIMA	210.50	3.79	28.42	0.47	243.17	1,861.83
16	08463821	DE LA CRUZ MATA, ERNESTO FELICIANO	PRENSISTA FORJA	FORJA	SI	1,500.00	93.00	-	1,593.00	NO	0	PROFUTURO	159.30	17.05	21.51	-	197.85	1,395.15
17	47427774	DE LA CRUZ MATA, MARCHAL	PRENSISTA FORJA	FORJA	SI	1,350.00	93.00	-	1,443.00	NO	0	PRIMA	144.30	2.40	19.48	-	166.38	1,276.62
18	74324748	DE LA CRUZ WALTER	PRENSISTA FORJA	FORJA	SI	1,350.00	93.00	150.00	1,593.00	NO	0	PROFUTURO	144.30	15.44	19.48	-	179.22	1,413.78
19	47881293	ROJAS YEPEZ, FELICIANO	AYUDANTE FORJA	FORJA	NO	1,144.30	-	200.00	1,344.30	NO	0	PRIMA	114.43	2.06	15.45	-	131.94	1,212.36
20	42957372	UCHUYA MENDOZA, VICTOR ANTONIO	PRENSISTA FORJA	FORJA	SI	1,230.40	93.00	150.00	1,473.40	NO	0	HABITAT	132.34	5.03	17.87	-	155.23	1,318.17
21	44516281	BARCO SAavedra, CESAR	TORNERO CNC MECANIZADO	MECANIZADO	SI	3,000.00	93.00	-	3,093.00	NO	0	HABITAT	309.30	11.75	41.76	92.68	455.49	2,637.51

Preparado por RR. HH.  
  
**IDMH PERU SAC**  
 Lic. Zandra Silvana López Monteza  
 Jefe de Administración y RRHH

Lima, 30 de noviembre de

22	08705981	BALDON HUANCA, JULIO	TORNERO CNC MECANIZADO	MECANIZADO	SI	2.500.00	93.00	-	2.593.00	NO	0	HABITAT	259.30	9.85	35.01	44.01	350.17	2.242
23	72556396	MECHAN OSORIO CRISTIAN	TORNERO CNC MECANIZADO	MECANIZADO	SI	2.100.00	93.00	-	2.193.00	SI	273		-	-	-	8.48	281.68	1.911
24	03834879	SILVA PALACIOS JEAN CARLO	TORNERO CNC MECANIZADO	MECANIZADO	SI	2.350.00	93.00	-	2.443.00	NO	0	HABITAT	244.30	9.28	32.98	32.01	318.58	2.124
25	47302421	CABRERA RUIZ, CARLOS	MECANIZADO	MECANIZADO	NO	1.144.30	-	200.00	1.344.30	NO	0	HABITAT	114.43	4.35	15.45	-	134.23	1.210
26	46195607	CHAVEZ GUERRA MIGUEL	AYUDANTE MECANIZADO	MECANIZADO	SI	1.050.00	93.00	100.00	1.243.00	NO	0	HABITAT	114.30	4.34	15.43	-	134.07	1.106
27	8327422	ECHAVARRIA WILLIAMS, JORGE LUIS	TORNERO MECANIZADO	MECANIZADO	NO	1.600.00	-	200.00	1.800.00	NO	0	HABITAT	160.00	6.08	21.60	-	187.68	1.612
28	04206474	MACCHA CABELLO, JESUS EDWIN	TORNERO CNC MECANIZADO	MECANIZADO	SI	1.356.70	93.00	150.00	1.599.70	NO	0	HABITAT	144.97	5.51	19.57	-	170.05	1.421
29	42161938	MAURIVILA HECTOR DAVID	MECANIZADO	MECANIZADO	NO	1.503.30	-	200.00	1.703.30	NO	0	INTEGRA	150.33	13.53	20.29	-	184.15	1.515
30	47412933	MAURI VILLA, GIOVANNI RUBEN	MONITOR MECANIZADO	MECANIZADO	NO	900.00	-	100.00	1.000.00	NO	0	INTEGRA	90.00	8.10	12.15	-	110.25	886
31	44810917	MELÉNDEZ CRUCHAGA, GREGORIO GUILLERMO	TORNERO MECANIZADO	MECANIZADO	SI	1.354.00	93.00	150.00	1.597.00	NO	0	INTEGRA	144.70	13.02	19.53	-	177.26	1.415
32	14880525	MONTERO TALLEDO CHRISTIAN	TORNERO MECANIZADO	MECANIZADO	SI	1.354.70	93.00	150.00	1.597.70	NO	0	INTEGRA	144.97	13.05	19.57	-	177.59	1.421
33	06024607	SANCHEZ BRAVO JULIO	TORNERO MECANIZADO	MECANIZADO	NO	1.203.26	-	200.00	1.403.26	NO	0	INTEGRA	120.33	10.83	16.24	-	147.40	1.251
34	25535085	SOLSOL RAMIREZ JAZER	TORNERO MECANIZADO	MECANIZADO	SI	1.050.00	93.00	100.00	1.243.00	NO	0	INTEGRA	114.30	10.29	15.43	-	140.02	1.101
35	10396521	SORIA JESÚS	TORNERO MECANIZADO	MECANIZADO	NO	1.080.00	-	150.00	1.230.00	NO	0	INTEGRA	108.00	9.72	14.58	-	132.30	1.091
36	43428082	VILLAFÁN BRONCANO, HERIBERTO	TORNERO MECANIZADO	MECANIZADO	SI	1.200.00	93.00	150.00	1.443.00	SI	156		-	-	-	-	156.00	1.281
37	10561612	CERDA PILLACA, FELICIANO	MONITOR SOLDADURA	SOLDADURA	NO	1.650.00	-	200.00	1.850.00	NO	0	INTEGRA	165.00	14.85	22.28	-	202.13	1.641
38	09291708	GUEVARA VÁSQUEZ, EDILBERTO	SOLDADOR	SOLDADURA	SI	1.353.34	93.00	100.00	1.546.34	NO	0	PROFUTURO	144.63	15.48	19.53	-	179.64	1.364
39	09491336	QUISE TASAICO JESUS	AYUDANTE SOLDADURA	SOLDADURA	NO	996.00	-	150.00	1.146.00	NO	0	PROFUTURO	99.60	10.66	13.45	-	123.70	1.021
40	25727571	SOBA SALAZAR, ROLANDO	SOLDADOR	SOLDADURA	SI	1.240.46	93.00	150.00	1.509.46	NO	0	PROFUTURO	135.37	14.48	18.27	-	168.12	1.331
41	43024059	VEGA MALDONADO, JUAN MARTIN	ARMADOR SOLDADURA	SOLDADURA	SI	1.504.00	93.00	200.00	1.797.00	NO	0	PROFUTURO	159.70	17.09	21.56	-	198.35	1.591
42	41472668	VILCARANA PURIHUAMAN, BENITO	SOLDADOR	SOLDADURA	NO	1.507.36	-	100.00	1.607.36	NO	0	PROFUTURO	150.74	16.13	20.35	-	187.21	1.421
43	77533036	AGUIRTO VILLEGAS, PEDRO	PINTOR	SOLDADURA	SI	1.050.00	93.00	150.00	1.293.00	NO	0	PROFUTURO	114.30	12.23	15.43	-	141.96	1.115
44	48769345	ALDUNATE CHUJIFALLI, CÉSAR	ARMADOR SOLDADURA	SOLDADURA	NO	2.105.00	-	150.00	2.255.00	SI	273,65		-	-	-	14.47	288.12	1.926
45	70908230	BARRERA BALLESTEROS, EDSON AIRTON	PINTOR	SOLDADURA	NO	960.00	-	200.00	1.160.00	NO	0	INTEGRA	96.00	8.64	12.96	-	117.60	1.041
46	46279527	BERROCAL DAMIÁN, CLAUDIO	SOLDADOR	SOLDADURA	NO	2.109.96	-	100.00	2.209.96	NO	0	HABITAT	211.00	8.02	28.48	10.26	257.76	1.951
47	44824479	CARRAJAL MOSCOSO JOSE	PINTOR	SOLDADURA	NO	1.230.40	-	150.00	1.380.40	NO	0	PRIMA	123.04	2.21	16.61	-	141.87	1.238
48	25701590	GOMEZ BENITEZ OSWALDO	AYUDANTE SOLDADURA	SOLDADURA	NO	1.051.20	-	150.00	1.201.20	NO	0	INTEGRA	105.12	9.46	14.19	-	128.77	1.071
49	09410206	HUANAGUIRI LANCHE AMAR	SOLDADOR	SOLDADURA	NO	1.353.34	-	200.00	1.553.34	NO	0	HABITAT	135.33	5.14	18.27	-	158.75	1.391
50	25709668	LÓPEZ ESCOBAR, RICARDO	OPERARIO SOLDADURA	SOLDADURA	NO	2.403.30	-	100.00	2.503.30	NO	0	PRIMA	240.33	4.33	32.44	37.64	314.74	2.181
51	40940151	MENDOZA NIETO, BILL	SOLDADOR	SOLDADURA	SI	1.051.20	93.00	150.00	1.294.20	NO	0	INTEGRA	114.42	10.30	15.45	-	140.16	1.115
52	25479312	MIRANDA MORA VICTOR EDUARDO	AYUDANTE SOLDADURA	SOLDADURA	SI	1.050.00	93.00	150.00	1.293.00	NO	0	HABITAT	114.30	4.34	15.43	-	134.07	1.115

Preparado por RR.HH.

.....  
**IDMH PERU SAC**  
 Lic. Zandra Silvana López Monteza  
 Jefe de Administración y RRRH

Lima, 30 de noviembre de

53	460877957	OLIVOS RUIZ ANTONIO	OPERARIO SOLIDADURA	SOLIDADURA	SI	1,353.34	93.00	200.00	1,646.34	NO	0	PRIMA	144.63	2.60	19.53	-	166.76	1.47
54	47432090	ROSPICUOSI SANCHEZ ISAAC ADRIELUD	SOLIDADURA	SOLIDADURA	SI	960.00	93.00	100.00	1,153.00	NO	0	HABITAT	105.30	4.00	14.22	-	123.52	1.02
55	03474815	RUIZ NEGROCH, LUIS FELIPE	SOLIDADURA	SOLIDADURA	SI	991.20	93.00	150.00	1,234.20	NO	0	HABITAT	106.42	4.12	14.64	-	127.18	1.10
56	45307411	SAMANIEGO VILLANUEVA, ERNESTO FERNANDO	MONITOR ESTRUCTURAS	SOLIDADURA	NO	1,959.90	-	150.00	2,109.90	NO	0	HABITAT	195.99	7.45	26.46	0.92	230.82	1.87
57	06777578	SAMANIEGO VILLANUEVA, OSCAR FERNANDO	OPERARIO SOLIDADURA	SOLIDADURA	NO	1,650.00	-	200.00	1,850.00	NO	0	PRIMA	165.00	2.97	22.28	-	190.25	1.65
58	45437540	VILCABANA CASTILLO CHRISTIAN	AYUDANTE SOLIDADURA	SOLIDADURA	NO	1,050.00	-	100.00	1,150.00	NO	0	PRIMA	105.00	1.89	14.18	-	121.07	1.02
59	01023093	ZEVALLOS XAVIER	SOLIDADOR	SOLIDADURA	SI	1,504.00	93.00	150.00	1,747.00	NO	0	PRIMA	159.70	2.87	21.56	-	184.13	1.56
<b>TOTALES S/.</b>						<b>82,862.92</b>	<b>2,611.00</b>	<b>7,050.00</b>	<b>92,423.92</b>		<b>702.65</b>		<b>7,978.29</b>	<b>458.94</b>	<b>1,077.07</b>	<b>243.15</b>	<b>10,460.10</b>	<b>81.96</b>



**IDMH PERU SAC**  
 Lic. Zandra Silvana López Monteza  
 Jefe de Administración y RRHH

**ANEXO 13 : FORMATO PARA REGISTRO DE ACTIVIDADES**



**REGISTRO DE PRODUCCION AREA MECANIZADO**

PR-R-PR-005  
VERSION 01

OPERAARIO	PROCEDENCIA				DESCRIPCION DE OPERACION Y COMPONENTE	MATERIAL	N° PLANO	CANTIDAD	PESO KG	HORA DE INICIO	HORA DE TERMINO	TURNO	APARENCIA A/R
	ALMACEN	CORTE	FORJA	ESTRUCTURA									
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													

REPORTE DE PARADAS DE MAQUINA			
PARADA VERI PARA 01			
TIEMPO			
ACEITE EMPLEADO		ACCESORIOS CAMBIADOS	
OBSERVACIONES			

CODIGO DE PARADA DE MAQUINAS	
1	ADUCCION DE HERRAMIENTAS
2	FALTA DE ENERGI
3	DESASTACAMIENTO DE MATERIAL
4	CAMBIO DE HERRAMIENTA
5	PROBLEMAS ELECTRICOS
6	LIMPIEZA DE MAQUINA
7	MANUTENIMIENTO PREVENTIVO
8	MANUTENIMIENTO CORRECTIVO
9	OTROS

VR OPERARIO

VR JEFE DE AREA

*Cecibel Gutierrez Pruvot*  
**IDMH PERU SAC**  
**Cecibel Gutierrez Pruvot**  
 Gerente General

ANEXO 14 : INVENTARIO DE ACTIVOS DE INDUSTRIA CROM

PERIODO: 2021  
 RUC: 20519456380  
 RAZÓN SOCIAL: INDUSTRIA CROM S.R.L.

INVENTARIO DE MAQUINARIA Y ACTIVOS FIJOS



ITEM	TIPO DE ACTIVO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	MARCA	CONDICIÓN	ÁREA	CAPACIDAD	COSTO DE ADQUISICIÓN
01	MAQUINARIA	IC-0516	PRENSA EXCÉNTRICA	ZAVM-BELENE	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	15 TON	S/20.000,00
02	MAQUINARIA	IC-0416	PRENSA EXCÉNTRICA	ZAVM-BELENE	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	10 TON	S/15.500,00
03	MAQUINARIA	IC-0316	PRENSA EXCÉNTRICA	ZAVM-BELENE	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	7 TON	S/10.000,00
04	MAQUINARIA	IC-0216	PRENSA EXCÉNTRICA	ZAVM-BELENE	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	5 TON	S/5.000,00
05	MAQUINARIA	IC-0115	TORNO CONVENCIONAL TW-500	TIWAN	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	2HP	S/20.000,00
06	MAQUINARIA	IC-0113	CIZALLA MANUAL	TRUPER	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	5 TON	S/15.000,00
07	MAQUINARIA	IC-0001	SOLDADORA	SOLANDINA	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	260AMP	S/5.000,00
08	MAQUINARIA	IC-0101	SOLDADORA	HOBART TIG	OPERATIVO	PRODUCCIÓN	300AMP	S/8.000,00

Industria CROM S.R.L.  
 ZENON JAVINEZ TORRES  
 GERENTE GENERAL

Preparado por el Área de Contabilidad.

Revisado y validado por Gerencia.

Lima, 31 de marzo del 2021.

## CARTA DE AUTORIZACIÓN

Lima, 04 de enero del 2021

Señores:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Presente. -

Estimados señores:

Yo, Zenon Jiménez Torres identificado con DNI N° 06209991, en mi calidad de representante legal de la empresa INDUSTRIA CROM S.R.L., autorizo a Antony Ivan Apolinario Cruz, Bachiller de la carrera de INGENIERÍA MECÁNICA, de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO - UNAC, a utilizar información confidencial de la empresa para la Tesis denominada **IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN, APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA METALMECANICA DE LIMA METROPOLITANA 2021**".

Asimismo queda establecido como condición de la presente autorización, que el Bachiller se compromete a lo siguiente:

1. No divulgar ni usar para fines personales la información que le fue suministrada; y
2. No proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente, información alguna de las actividades y/o procesos de cualquier clase que fuesen observadas en la empresa.
3. Toda la información y el resultado de la investigación serán de uso exclusivamente académico; o en todo caso, se podrá aplicar en mi representada si así lo requiriese.

Asimismo, autorizamos que la información y resultado que se obtenga del mismo podrían llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye la formación de los estudiantes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica.

En caso de que alguna(s) de las condiciones anteriores sea(n) infringida(s), el estudiante queda sujeto a toda la responsabilidad legal a que se hiciere acreedor; quedando a salvo la responsabilidad de la institución educativa.

Atentamente,

**Industria CROM S.R.L.**

ZENON JIMENEZ TORRES  
GERENTE GENERAL

Firma y sello del Representante legal



## ANEXO 17 : CARTA AVAL DE ESPECIALISTA



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA

### CARTA AVAL

Yo, Luis Manuel Vallejos Huamantumba

Identificado con DNI N°: 72750589 y CIP N°: 247580

En mi condición de especialista como INGENIERO INDUSTRIAL doy buena fe y avalo los procedimientos, planteamientos, así como los resultados en el presente trabajo de Investigación titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE LA PRODUCCIÓN, APLICANDO LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING EN LA INDUSTRIA METALMECANICA DE LIMA METROPOLITANA 2021”**

Que tiene como responsable al investigador: ANTONY IVAN APOLINARIO CRUZ.

Lima, 03 de septiembre del 2021.



LUIS MANUEL  
VALLEJOS HUAMANTUMBA  
Ingeniero Industrial  
CIP N° 247580

