



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
DE ICA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ICA

FACULTAD DE INGENIERÍA, CIENCIAS Y ADMINISTRACIÓN

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TESIS

**“APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA PARA EL DESARROLLO
DE UN PLAN DE MEJORA PARA LA GESTION DE PROCESO EN UNA PYME DEL
SECTOR METALMECÁNICO”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y diseño de procesos productivos

Presentado por:

Kevin Joseph Jimenez Clemente

Tesis desarrollada para optar el Título de Ingeniero Industrial

Docente asesor:

Mg. César Augusto Cabrera García

Código Orcid N° 0000-0002-1946-8717

Chincha, Ica, 2021

Asesor

MG. CÉSAR AUGUSTO CABRERA GARCÍA

Miembros del jurado

- Dr. Edmundo Gonzáles Zavala
- Dr. William Chu Estrada
- Dr. Giorgio Alexander Aquije Cárdenas

DEDICATORIA

La presente tesis quiero dedicarla a toda mi familia y amigos, principalmente a mis padres que han sido un pilar fundamental en mi formación profesional, por brindarme la confianza y la oportunidad de poder llevar a cabo este bonito proyecto.

También dedico este esfuerzo a todas las personas que me ayudaron a desarrollar la tesis y me brindaron su apoyo en los momentos de mayor dificultad dándome su palabra de motivación para seguir avanzando hasta la concreción de esta meta, la cual se consolida con sacrificio, esfuerzo y perseverancia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, de manera especial, a mi Padre Celestial por acompañarme durante esta investigación levantándome de mi continuo tropiezo siempre para fortalecerme.

También quiero agradecer a toda mi familia por su constante apoyo, en particular a mis padres porque dieron todo para que pudiera continuar escalando en el ámbito profesional.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a todos esos verdaderos amigos que han estado presentes apoyándome, motivándome en el proceso de la tesis.

RESUMEN

La investigación denominada como Aplicación de la Metodología Lean Six Sigma para el Desarrollo de un Plan de Mejora para la Gestión de Proceso en una Pyme del Sector Metalmeccánico, tiene como propósito el abordaje estructurado de los elementos del proceso productivo que están limitando su capacidad de producción.

La metodología Lean Six Sigma a través de su método sistemático permitirá Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar todo el sistema de producción de la empresa, de modo que los resultados obtenidos impacten positivamente el nivel de productividad de la empresa y le permitan atender de manera satisfactoria las demandas de sus clientes a través de productos de alta calidad.

Para ello, durante las fases de implementación de la metodología Lean Six Sigma, se aplicarán herramientas para la disminución y/o eliminación de defectos en el proceso productivo y permitirá el levantamiento de información para la estandarización de operaciones, la identificación de desperdicios y la optimización del proceso de producción.

PALABRAS CLAVES:

Metodología, Mejora Continua, Gestión de Procesos, Pymes, Productividad, Calidad.

ABSTRACT

The research called Application of the Lean Six Sigma Methodology for the Development of an Improvement Plan for Process Management in a SME of the Metalworking Sector, has as its purpose the structured approach of the elements of the production process that are limiting its production capacity.

The Lean Six Sigma methodology through its systematic method will allow to Define, Measure, Analyze, Improve and Control the entire production system of the company, so that the results obtained positively impact the level of productivity of the company and allow it to meet satisfactorily meet the demands of its customers through high-quality products.

For this, during the implementation phases of the Lean Six Sigma methodology, tools will be applied to reduce and / or eliminate defects in the production process and allow the gathering of information for the standardization of operations, the identification of waste and optimization. of the production process.

KEYWORDS:

Methodology, Continuous Improvement, Process Management, SMEs, Productivity, Quality.

INDICE GENERAL

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	iv
Resumen	v
Palabras Claves:	v
Abstract	vi
Índice general	vii
I. INTRODUCCIÓN	9
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
2.1. Descripción del problema	12
2.2. Pregunta de investigación general	17
2.3. Preguntas de investigación específicas	17
2.4. Justificación e importancia	18
2.5. Objetivo General	22
2.6. Objetivos Específicos	22
2.7. Alcances y limitaciones	23
III. MARCO TEÓRICO	25
3.1. Antecedentes	25
3.2. Bases Teóricas	38
3.3. Marco Conceptual	61
IV. METODOLÓGICA	65
4.1. Tipo y Nivel de la investigación	65
4.2. Diseño de investigación	66
4.3. Metodología de desarrollo	67
4.4. Resumen de fases metodológicas:	119
V. RESULTADOS	122
5.1. Presentación de resultados	122
5.2. Interpretación de los resultados	139

VI.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	153
6.1.	Análisis descriptivo de los resultados	153
6.2.	Comparación de resultados con marco teórico	168
	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES	177
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181
	ANEXOS	187
	Anexo 1:	187
	Anexo 2:	189
	Anexo 3:	191
	Anexo 4:	192
	Anexo 5:	193
	Anexo 6:	194

I. INTRODUCCION

Las pequeñas y medianas empresas son los motores que dinamizan internamente la economía de los países, generando no sólo empleos que satisfacen las demandas del mercado laboral, sino que incorporan un importante flujo de bienes y servicios a la producción nacional de bienes y servicios. Sin embargo, las pymes enfrentan muchas debilidades en sus procesos y en ocasiones esto es originado por la falta de orientaciones técnicas para estandarizar sus operaciones y llevar sus procesos de producción a los niveles de productividad que requieren para hacer frente a las demandas del mercado.

El modelo de Lean Six Sigma es ampliamente recomendado para llevar a cabo procesos de mejora continua en este tipo de empresas, gracias a lo estructurado de su metodología es posible caracterizar el estado actual de los procesos de producción y determinar hacia dónde se deben concentrar los esfuerzos para obtener los resultados deseados en función de lograr la satisfacción de los clientes. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo principal desarrollar un Plan de Mejora Continua para la gestión del proceso productivo de una pyme del sector metalmecánico que permita el aumento de los niveles de productividad y la calidad de sus productos. En virtud de que la pyme presenta limitaciones en su proceso productivo, las cuales han incidido negativamente en sus niveles de productividad y en la capacidad de respuesta para satisfacer la demanda de sus clientes.

A través del diagnóstico inicial se pudo determinar el problema de investigación: ¿El desarrollo de un Plan de Mejora Continua para la Gestión del Proceso productivo de una Pyme del Sector Metalmeccánico permitirá el aumento de los niveles de productividad y la calidad de sus productos? Se espera que a través de la aplicación de la metodología de Lean Six Sigma se pueda lograr la optimización de las operaciones productivas de la empresa. La investigación se ha estructurado siguiendo el esquema de investigación establecido por la Universidad Autónoma de Ica y se encuentra organizado en Cinco capítulos, los cuales se describen a continuación:

En el capítulo I, se presentó la problemática objeto de estudio, la formulación del problema los objetivos de la investigación, la justificación e importancia; así como el alcance y las limitaciones del estudio.

En el capítulo II, el cual corresponde al marco teórico, se desarrolló la fundamentación teórica y referencial de la investigación. En este apartado se citaron los estudios previos que guardan correspondencia con la investigación y que sirven de referencia al presente estudio, a nivel internacional, nacional, regional y/o local; también se aborda las bases teóricas inherentes a la Metodología a implementar en la empresa y se realizó la definición de términos en el marco conceptual.

En el capítulo III se describió el tipo de investigación empleado para la realización de la investigación, en este caso, se emplea una investigación cuantitativa con un diseño experimental. Adicionalmente, se describió la ruta metodológica a aplicar

para el desarrollo de la propuesta que permitirá la concreción del objetivo de investigación centrado en un plan de mejora para la gestión de proceso en la mencionada Pyme Metalmecánica.

En el capítulo IV, se mostrarán los resultados obtenidos de acuerdo a la implementación de fases metodológicas de Lean Six Sigma en el proceso productivo de la empresa objeto de estudio.

Finalmente, en el capítulo V, se analizarán los resultados obtenidos de manera de demostrar que el Desarrollo del Plan de Mejoras para la Gestión del Proceso ha permitido el aumento de la productividad de la empresa e incidir positivamente en la calidad de sus productos.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

La importancia de las pequeñas y medianas empresas (pymes) para la economía de un país está centrada en su capacidad para ser dinamizadores de la economía y fuentes de trabajo, ya que vienen posicionándose en los esquemas de producción mundial gracias a la flexibilidad de sus procesos los cuales les permiten adaptarse más fácilmente a las circunstancias del mercado y responder satisfactoriamente a los cambios y variaciones del mismo.

En este sentido Acevedo (2019), señala que este tipo de organizaciones no son grandes empresa y por esta razón, sus estructuras dinámicas y flexibles determinan sus características operacionales. En este sentido, las pymes tienen la capacidad de reinventarse continuamente y esto facilita que sus procesos de producción pueden asumir roles cada vez más importantes en los sistemas productivos y económicos de los países.

Actualmente, los países de América Latina se han mostrados interesados política y económicamente, en impulsar el desarrollo de las pequeñas y medianas empresas, hecho que puede palpase en la adopción de políticas públicas encaminadas a fortalecimiento del sector, ya que es notable su aporte en lo que refiere a producción nacional. Al respecto el Índice de Políticas PYME: América Latina y el Caribe (2019), señalan que “cerca del 99.5% de las empresas son Pymes, las cuales son importantes generadores de empleo a nivel regional, representando cerca del 60% del empleo productivo formal” (p.4).

En el caso de Perú, la realidad de las pequeñas y medianas empresa es similar al resto de los países del continente americano, donde alrededor del 70% de los ingresos que perciben los ciudadanos provienen de las actividades productivas y comerciales de este importante sector. En este sentido, la Confederación Nacional de Instituciones Empresariales Privadas, conocida como (CONFIEP), resaltó la importancia de las PYMES como principal motor de la economía peruana, ya que genera empleo a más de 7 millones de compatriotas, es decir, el 45% de la Población Económicamente Activa (PEA), lo que representa el 21% del PBI nacional. (CONFIEP, 2021).

En este contexto, donde prevalece un mercado globalizado y caracterizado por altos niveles de competitividad las Pymes están obligadas a mejorar continuamente sus procesos para brindar una mejor atención a sus clientes, lograr la satisfacción de sus necesidades y garantizar su permanencia en el mercado con productos de calidad. En este sentido, buscan oportunidades de mejoras que puedan ser implementadas para alcanzar la madurez de sus procesos productivos y detectar a tiempo posibles desviaciones que pudiera repercutir negativamente en la calidad de sus productos.

Para estos proyectos de mejoramiento continuo, las empresas adoptan esquemas de trabajo o metodología que les facilita el desarrollo e implementación de las acciones de mejoras que generalmente están centradas en aumentar su productividad. En este caso, Lean Six Sigma (LSS) es una de las metodologías más empleadas por las grandes corporaciones para optimizar sus operaciones y está orientada a la mejora de procesos con la intención de

aumentar su rentabilidad, productividad y la calidad de sus productos con el propósito de incidir positivamente en la satisfacción del cliente.

Al respecto Pellegrini (2020), destaca el carácter estructurado y disciplinado de la metodología, la cual está fundamentada en la aplicación metodológica y exhaustiva de 5 pasos: Define e identifica oportunidades de mejora; Mide el estado actual del proceso; Analiza y da a conocer las causas de la variación/defectos; Mejora, desarrolla e implementa soluciones; y finalmente Controla los procesos para evitar futuras desviaciones.

Aun cuando las experiencias de implementación más exitosas de LSS corresponden a grandes organizaciones; sin embargo, las pequeñas y medianas industrias pueden encontrar en ella, los elementos que les facilite el camino para la estandarización de sus procesos. Al respecto, Medina et. al (2017, pp.1), exponen que la aplicación de LSS a las pymes y microempresas es originada por la necesidad de permanecer en el mercado o ser más competitivos en sus actividades.

Por otro lado, estas empresas deben tener claridad en sus metas y objetivos estratégicos, los cuales en general están focalizados al aumento de su capacidad productiva, el crecimiento de la cartera de clientes y la estandarización de operaciones; se cree que el fracaso en la aplicación de LSS en este tipo de empresas está relacionado a una ausencia de visión estratégica por parte de la gerencia para identificar y definir las iniciativas de mejora y/o fortalecimiento que requieren sus procesos, emprender las mejoras y sostener los resultados en el tiempo.

Dentro de este contexto de búsqueda de mejoras, se encuentra la empresa Metalmecánica XYZ C.A., dedicada a la elaboración de diferentes piezas y estructuras metálicas tanto para el sector de la construcción como las industrias en general. Inició sus operaciones en el año 2010, con el propósito de brindar un servicio de diseño, mecanizado y fabricación de piezas y partes de maquinarias industriales, la elaboración de repuestos para la actividad minera y la producción de rack para vidrios.

El rápido crecimiento que ha experimentado la empresa por la demanda de sus productos, no les ha permitido la adecuación de su proceso productivo ni la implementación de mejoras que les permita armonizar sus operaciones, evaluar las deficiencias y alcanzar la estabilidad de su proceso de producción. Es decir, que su crecimiento vertiginoso no se ha desarrollado a la par de su proceso productivo, generando que la capacidad instalada sea insuficiente para satisfacer las necesidades de sus clientes.

En la actualidad, la pyme ha centrado su producción en la fabricación de rack dejando a un lado los demás productos debido a que en este momento su capacidad de producción se encuentra en su límite máximo. Sin embargo, existe una cartera de clientes cautivos, en lo que respecta a la elaboración de piñones rectos, que desean atender y constantemente demandan sus servicios.

Hasta el momento, la empresa no ha logrado un proceso productivo maleable que pueda ser adaptado a las demandas de sus clientes mediante la planificación y control de su producción. Generalmente, la planificación maestra de la producción y las operaciones productivas en empresas cuyos productos

finales variados en cuanto al diseño geométrico, es difícil debido a las particularidades de los pedidos y las características de las piezas a elaborar que terminan haciendo complejo la estandarización de sus productos.

La empresa XYZ C.A., presenta una infraestructura física que se ha quedado pequeña para el desarrollo de la planta, impidiendo que exista una distribución de equipos y maquinarias que obedezca a una lógica de operaciones y permita una eficiencia operacional. Por consiguiente, no existe la definición de las operaciones y las rutinas antes, durante y post producción, es decir que existen variaciones en las rutinas y operaciones de producción.

Evidentemente, el hecho de la empresa no posea un proceso productivo estandarizado, ocasiona que la producción en algunos casos sea accidentada a esto se suma que no aplican indicadores de gestión que faciliten el control de todos los procesos tanto operativos como administrativos.

En este sentido, surge la necesidad de llevar a cabo la evaluación del proceso mediante la metodología de Lean Six Sigma para aumentar su productividad y calidad de sus servicios.

2.2. Pregunta de investigación general

¿El desarrollo de un Plan de Mejora Continua para la Gestión del Proceso productivo de una Pyme del Sector Metalmeccánico permitirá el aumento de los niveles de productividad y la calidad de sus productos?

2.3. Preguntas de investigación específicas

P.E.1:

¿La aplicación de la Metodología Lean Six Sigma en las operaciones de producción de la empresa metalmeccánica permitirá la concepción estructurada de un plan para el incremento de la capacidad de producción y la mejora calidad de sus productos?

P.E.2:

¿Las herramientas de la metodología de Lean Six Sigma facilitarán la caracterización y valoración del proceso productivo de la empresa contribuyendo a la identificación de las mejoras requeridas para el aumento de la productividad?

P.E.3:

¿El desarrollo de un Plan de Mejora mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma permitirá la disminución de las desviaciones del proceso

productivo que inciden en los niveles de productividad de la empresa y en la calidad de sus productos?

2.4. Justificación e importancia

La investigación pretende determinar un conjunto de mejoras que pueden aplicarse en la empresa metalmecánica objeto de estudio, de forma tal que se garantice su permanencia en el mercado con altos niveles de competitividad logrando la satisfacción plena de las necesidades de sus clientes; razón por la cual, la investigación se justifica desde las siguientes perspectivas:

✓ Justificación Metodológica

El estudio estará sustentado en la metodología Lean Six Sigma y el esquema metodológico definido en la norma ISO 13053: 2011, Métodos cuantitativos para la mejora de procesos - Six Sigma, cuya elección obedece a las siguientes argumentaciones:

1.- La metodología Lean Six Sigma permitirá la evaluación integral del proceso productivo aplicando las cinco fases del método DMAIC, es decir: Definir e identificar el proceso productivo, medir variables dentro del proceso para caracterizar cuantitativamente el mismo, analizar sus operaciones e identificar los desperdicios, mejorar y controlar los factores que intervienen en el proceso de producción de la empresa y están generando una variación en el sistema productivo.

2.- Durante las fases del método DMAIC se aplicarán un conjunto de herramientas empleadas por el Lean Six Sigma en la evaluación y mejora de los procesos productivos. Esto permitirá el levantamiento estructurado de la información de la empresa en términos de producción, la identificación de las debilidades y desperdicios de los procesos; así como, definir los proyectos de mejora enfocadas en abordar aquellos factores que están limitando el proceso y sus capacidades tanto potencial como real.

3.- La metodología LSS servirá para el desarrollo de mejoras operacionales orientadas a la calidad y satisfacción de los clientes; es decir, que los proyectos a implementar para mejorar el proceso productivo de la empresa deben impactar la calidad de sus productos y lograr la satisfacción de las necesidades del cliente final.

También se hará uso de los niveles Six Sigma y su relación con las debilidades del proceso productivo de la empresa metalmecánica, permitiendo el desarrollo de la estructura humana que participará en la aplicación de las fases metodológicas, pues el factor humano es de vital importancia en el éxito de la aplicación de Lean Six Sigma en una organización y debe abordarse las necesidades formativas del personal.

✓ **Justificación Practica**

La implementación de la metodología Lean Six Sigma estará centrada en el análisis y evaluación del proceso productivo de la empresa metalmecánica empleando la estructura sistémica de LSS para definir, medir, analizar,

mejorar y controlar los elementos del sistema de producción de estas pymes, desde el abordaje de los equipos, maquinarias y hasta las operaciones productivas.

La selección de esta metodología, obedece a su enfoque metodológico, secuencial y práctico que facilita la intervención del proceso, la medición de variables, la identificación de los desperdicios y las consecuencias que pueden estar generándose en el proceso y que a simple vista resultar insignificantes, pero que en su conjunto obstaculizan el desarrollo de las operaciones.

Con ello, se facilitará la toma de decisiones a nivel de la gerencia para iniciar los proyectos de mejoras que se deriven de este estudio, las cuales tributarán al crecimiento, desarrollo y madurez de todo el sistema de producción metalmecánico, posicionándose con mayor fuerza en un mercado altamente demandante para continuar brindando la gama de productos que el sector industrial les exigen, con una política orientada a la satisfacción del cliente, la mejora continua de sus procesos y aseguramiento de la calidad de los servicios y productos.

✓ **Importancia**

La importancia del estudio se centra en los resultados que pueden arrojar la aplicación de un protocolo sistémico como lo es Lean Six Sigma en una pequeña y mediana industria como la empresa metalmecánica XYZ, y lo que significa en términos de optimizar sus operaciones y aumentar sus niveles

de productividad y competitividad. Permitirá dejar una experiencia de implementación de LSS en un caso práctico del sector metalmecánico, de manera que los resultados obtenidos puedan orientar futuras investigaciones e impulsar a más empresa a que hagan uso de esta importante herramienta metodológica para su mejora de proceso.

La investigación es relevante para la empresa, ya que, en primera instancia, les permitirá la estandarización de su proceso, la implementación de mejoras y el establecimiento de mecanismos para el seguimiento y control de sus operaciones, dando lugar a un proceso de menor variabilidad y una mayor flexibilidad para adaptarse a las demandas de sus clientes.

Por otra parte, aplicación de la metodología Lean Six Sigma en esta empresa permitirá al investigador fortalecer y apoyar la visión estratégica y competitiva de la pyme, ya que les proporcionará las herramientas para alinear sus objetivos y metas organizacionales. De esta manera, los procesos de toma de decisiones tendrán mayor asertividad en cuanto a la priorización y elección de los proyectos que les permitan aumentar su eficiencia operacional en términos de competitividad, productividad y satisfacción de sus clientes.

Así mismo, el estudio profundizará en la necesidad de crecimiento que experimentan las pequeñas y medianas industrias y en los retos que pueden originar del mismo; orientando la forma en como las pymes pueden alcanzar sus objetivos mediante la aplicación del conocimiento científico que la

gestión de procesos pone a su disposición a través de métodos como Lean Six Sigma.

2.5. Objetivo General

Desarrollar un Plan de Mejora Continua para la gestión del proceso productivo de una pyme del sector metalmecánico que permita el aumento de los niveles de productividad y la calidad de sus productos.

2.6. Objetivos Específicos

O.E.1:

Aplicar la Metodología Lean Six Sigma en las operaciones de producción de la empresa metalmecánica para la concepción estructurada de un plan que permitan el incremento de la capacidad de producción y la mejora calidad de sus productos.

O.E.2:

Identificar las mejoras requeridas para el aumento de la productividad de empresa mediante la caracterización y valoración del proceso productivo aplicando las herramientas de la metodología Lean Six Sigma.

O.E.3:

Demostrar que el desarrollo de un Plan de Mejora mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma permite la disminución de las desviaciones del proceso productivo que inciden en los niveles de productividad de la empresa y en la calidad de sus productos.

2.7. Alcances y limitaciones

✓ Alcances

En cuanto a los alcances de la presente investigación, se tiene:

- Estandarización de las operaciones de producción.
- Diseños de indicadores de gestión para llevar a cabo el control de la producción mediante el registro de datos.
- Aplicación de métodos de trabajo más efectivos con la eliminación de desperdicios.
- Mejorar el proceso de planificación y control de la producción, con ello los tiempos de entrega de los pedidos.
- Organización del Trabajo dentro del área de producción.
- Planificación de los requerimientos de producción.

✓ Limitaciones

Por otro lado, la investigación se enfrenta a las siguientes limitaciones para el desarrollo del estudio del proceso:

- Paradas de producción prolongable que puedan imposibilitar la recolección de los datos e información.
- La resistencia al cambio para parte de operarios de producción, frente a las recomendaciones e implantación de dinámicas de trabajo que difieren de las existentes.
- El grado de motivación de la gerencia de la empresa para la ejecución de los proyectos de mejoras propuestos bajo la metodología Lean Six Sigma
- Los recursos económicos por parte de la pymes para ejecutar las mejoras.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Internacional

- Pardo Hernández, Alexandra. Bogotá, Colombia. (2019)

El trabajo de grado denominado como *“Propuesta de implementación del Modelo Six Sigma para mejorar el proceso de manejo y control de desperdicios de materia prima en la Empresa Cartones América”*.

Cuyo objetivo general estuvo centrado en realizar una propuesta de implementación del modelo Six Sigma para el proceso de manejo y control de los desperdicios de materia prima (papel kraft) en la fabricación de cajas de cartón corrugado para la empresa Cartones América. El tipo de estudio a implementar en el proyecto fue de tipo descriptivo, centrado en la medición del índice de capacidad del proceso (Cpk), lo cual le permitió conocer que el proceso a nivel del corrugador, impresoras y troqueladoras estaba fuera de control. En razón de ello, se implementaron las herramientas de mejora para lograr la disminución del desperdicio de papel kraft. Gracias a la elaboración de las herramientas estadísticas, se logró identificar que los puntos más críticos en los que se genera más desperdicio, dando como resultado que la maquina impresora Martin 618 y la troqueladora SPO. El

estudio finaliza con una serie de recomendaciones entre las cuales está la estandarización de las buenas prácticas de orden y control de las láminas, esto con el fin de lograr por lo menos un $cpk > 1.33$, también resalta la necesidad de aplicar de manera estricta y permanente los controles de la producción.

Esta investigación está estrechamente vinculada al presente estudio, pues la metodología Six Sigma aplicada actúa sobre la misma variable, es decir, el proceso productivo. El hecho de calcular un índice de capacidad del proceso puede ser aplicado en el caso objeto de estudio, y con ello se puede determinar los equipos y maquinarias que estarían obstaculizando la productividad del proceso, ya sea porque están subutilizada o porque se les está exigiendo niveles de producción por encima de sus valores nominales.

- Córdor Salazar, Bolívar Raúl. Quito, Ecuador. (2018)

El artículo titulado "*Seis sigma en las Pymes, bajando costos con calidad en Ofitek en Quito*"

Se trata de una investigación bajo la modalidad de Caso de Estudio efectuado con el objetivo de revisar la aplicación de la metodología Seis Sigma orientado a mejorar la adherencia de la pintura. Se obtuvieron de forma aleatoria, del mismo proceso productivo, muestras de subgrupos racionales, a fin de medir la adherencia, calcular las medias y desviaciones

estándar de esa variable, construir las Cartas de Control, determinar las capacidades a corto y largo plazo de los procesos, así como su grado de normalidad. Durante el estudio y evaluación del proceso de pintura de OFITEK se extrajeron conclusiones estadísticamente sustentadas, que permitieron una mejora significativa en la calidad de los componentes pintados, al elevar la adherencia de la pintura. La empresa experimentó un ahorro, como resultado de los cambios implementados en el proceso de pintura, cercano a los 15.000,00 USD anuales. El análisis de la situación, permitió conocer que la aplicación de Seis Sigma en las Pymes es desarrollada como un proyecto puntual, mientras que lo ideal sería adoptarlo como un estilo de vida y cultura empresarial Seis Sigma, con un equipo especializado desarrollando de forma permanente proyectos de mejora de los procesos y de la calidad, lo cual puede llegar a ser caro e insostenible para las empresas.

Esta investigación guarda relación con la variable en estudio y los resultados obtenidos brindan un soporte al mismo, puesto que brinda un contexto de mejoras que puede implementarse en las operaciones del proceso productivo de la empresa metalmecánica y lograr una incidencia directa con la productividad y competitividad de la empresa. Adicionalmente, los resultados obtenidos en la investigación, son una muestra de lo determinante e influyente de las debilidades o desperdicios existentes en las operaciones sobre los costos elevados de producción.

- Bernal Castaño, Santiago y Alzate Botero, Juan Camilo. Medellín, Colombia. (2018).

La investigación titulada “*Estrategias Lean Manufacturing para una empresa del sector metalmecánico*”.

El objetivo de este trabajo de grado fue realizar un análisis situacional de la empresa y el reconocimiento de las herramientas que Lean Manufacturing ofrece para el mejoramiento de la organización, se analizaron los procesos de mecanizado abordados a lo largo de la investigación con el fin de implementar esta filosofía encontrándose como principales factores susceptibles de mejora: el área de producción y en especial la falta de estandarización y orden de los procesos. Como principales herramientas del Lean Manufacturing se aplicó la filosofía de las 5's como base para la construcción de acciones de mejora; el VSM como herramienta de análisis de desperdicios en este caso del tiempo y la estandarización a través de manuales con el fin de controlar los procesos Afil&Sol. El resultado de la investigación originó una propuesta o conjuntos de estrategias para la mejora de múltiples procesos en la empresa.

El estudio se vincula con la investigación ya que tienen la misma variable dependiente; es decir, la actuación sobre el proceso productivo para determinar oportunidades de mejora continua en la gestión de mismo, tal como se plantea en este estudio sirviendo de referencia en cuanto a las

herramientas de LSS que puedan aplicarse para el análisis operacional del proceso y la identificación de posibles fallas o desperdicios.

- Araneda Durán, Marcela Paz. Santiago de Chile, Chile. (2016).

El trabajo de investigación sobre una *“Propuesta de un plan de mejora de la eficiencia de los procesos en una empresa metalmecánica”*.

El objetivo general de esta memoria de título, fue diseñar un plan de mejoramiento de la eficiencia de los procesos en una empresa de tamaño mediano, mediante el uso de la metodología Lean Manufacturing, para enfrentar las principales pérdidas y deficiencias en el desempeño de sus procesos. Entre los resultados obtenidos destaca la identificación de las actividades que agregan y no agregar valor, obteniéndose que el 98% del tiempo en que el equipo se encuentra en las actividades del proceso de reparación no agreguen valor. La autora, pudo concluir con un plan de mejora dirigido a una adecuada eficiencia de procesos, que es de suma importancia para una organización dentro del marco de un ciclo de mejora continua, ya que considera las principales causas que generan los desperdicios existentes, orientando la mejora a áreas específicas. El estudio recomienda que para la sostenibilidad del plan de mejora deba acompañarse con una adecuada gestión del cambio, donde exista la propagación de la

información en toda la organización, siendo necesaria la capacitación del personal involucrado.

Esta investigación en particular, guiará a nivel operacional y metodológico el diseño de las mejoras aplicables a la variable del proceso productivo de la empresa metalmecánica XYZ, en función de aumentar sus niveles de competitividad y productividad, para lograr la satisfacción de la demanda de sus clientes sin tener que renunciar a la atención de grandes pedidos por tener deficiencias en la capacidad del proceso que se lo impiden.

Nacionales

- Bernal Valladares, Carlos Enrique. Huacho, Peru. (2019)

La investigación denominada “*Metodología DMAIC y su productividad del Proceso de distribución de combustibles líquidos en una estación distribuidora PECSA*”.

Tuvo como principal objetivo el incrementar la productividad realizando mediciones directas de la aplicación de los resultados y luego del control estadístico para determinar las acciones correctivas. La metodología es de tipo aplicada, diseño cuasi experimental de naturaleza longitudinal. El resultado en este caso, es la obtención de un incremento de la eficiencia de 95.72% a 97.65%; es decir, se experimentó un aumento del 1.93%; también se consiguió mejorar la eficacia de las actividades del proceso de

distribución de combustibles líquidos de 95.16% en el pretest hasta un 97.29% luego del programa de mejoras, con un incremento de 2.13 puntos porcentuales. Por último, se recomienda la aplicación periódica del proceso de mejora continua, con la finalidad de descubrir nuevas oportunidades de mejora que no se hayan considerado.

La investigación se relaciona con la variable de estudio del presente trabajo, ya que aplica la metodología DMAIC sobre el proceso de producción para determinar las debilidades de las operaciones con incidencia en la productividad. Es el caso, que la investigación que se desarrolla tiene la misma variable con miras a determinar las mejoras que pudieran ser aplicadas en función de que la empresa metalmeccánica pueda aumentar su producción.

- Coronado Santivañez, Carlos Amadeus. Lima, Perú. (2018).

La investigación denominada *“Efecto del Uso de Lean Six Sigma en las Buenas Prácticas Empresariales de las Principales Empresas Agroexportadoras del Perú”*.

Con el objetivo de determinar el efecto del uso del Lean Six Sigma en las buenas prácticas empresariales de las principales empresas agroexportadoras del Perú. Se realizaron cuestionarios a los responsables de las principales agroexportadoras del país. En este sentido, se empleó una

investigación exploratorio – descriptivo para caracterizar la situación actual del sector, lo cual se combinó con una investigación cuantitativa para el tratamiento de las variables de investigación y poder establecer la relación entre la metodología y las buenas prácticas que deben desarrollarse en las empresas. Dentro de los instrumentos empleados por el investigador, se tiene una encuesta dicotómica que fue aplicada a las diferentes unidades de producción para conocer el uso de Lean Six Sigma en sus procesos, dicho instrumentos se aplicó sobre una población objeto del estudio de 71 agroexportadoras, con un nivel de confianza será del 95,5% y la ponderación del K es 2 con un margen de error de +-5%. Los resultados obtenidos demostraron que el 96% de los encuestados están totalmente de acuerdo de que el o los encargados de Lean Six Sigma usan las herramientas DMAIC y DMADV en sus procesos de mejora, mientras que un 4% está de acuerdo con el uso de las mismas por parte de los encargados de Lean Six Sigma en la empresa. El efecto del uso de Lean Six Sigma en la falla de proceso de producción de las principales empresas agroexportadoras del Perú, es positivo dado los resultados estadísticos que arroja una probabilidad alta para las variables independientes (número de proyectos y tiempo de aplicación del proyecto) que da un efecto positivo a la variable dependiente fallas en el proceso de producción. La investigación recomienda el uso de las herramientas DEMAV Y DEMAIC para todos los proyectos de LSS. Estas herramientas ayudan de manera cuantificable y medible a las mejoras por

cada acción tomada ayudando a predecir cuanto se puede ahorrar con la implementación de la metodología.

La investigación se relaciona con el presente estudio porque la metodología Lean Six Sigma tiene una alta aceptación entre las empresas, en relación a su aplicación para la mejora de sus procesos, lo cual demuestra que es asertiva para el abordaje e intervención de los sistemas de producción cuando la intención es desarrollar estructuradamente la mejora de algunas operaciones. Esto permite al autor establecer con claridad qué se ejecutará sobre el proceso productivo de la empresa metalmecánica, particularmente para actuar sobre las buenas prácticas de producción de esta pyme.

- Galarza Cahahuaringa, Cristina. Lima, Perú. (2018).

El Trabajo de investigación titulado *“Implementación de herramientas de calidad para la mejora de la gestión de procesos en una empresa metalmecánica”*.

El objetivo general del estudio fue proponer la implementación de herramientas de calidad para la mejora de gestión de procesos en la organización, a través del uso de la metodología PHVA o Ciclo de Deming. La investigación se basó en la metodología holística, con enfoque mixto, siendo de tipo proyectiva y de nivel comprensivo lo que implica el análisis de datos cuantitativos y cualitativos. Los instrumentos de recolección

aplicados fueron la encuesta y la entrevista respectivamente; la encuesta fue aplicada sobre una población de 47 trabajadores y la entrevista se dirigió al Gerente general, Jefe de planta y Supervisor de planta. El resultado del análisis indicó que la deficiencia de la gestión de procesos está asociada a principalmente tres puntos: la falta de verificación en aspectos de calidad al servicio realizado, el desabastecimiento de insumos y la falta de un plan de mantenimiento preventivo. Se propuso la implementación de las herramientas de calidad; haciendo uso de estas en la mejora de un proceso con la metodología de Deming o ciclo de mejora continua y se sugiere el análisis detallado de los procesos en el área de logística, de tal modo que pueda aplicarse el Ciclo de mejora continua, de manera que la gestión de esta área por si misma influye de sobremanera en el proceso productivo. Este estudio se vincula con esta investigación en virtud de que aborda el proceso de producción de una empresa del ramo metalmecánico, tal como se realizará en este trabajo investigativo. Adicionalmente aplican el ciclo de Deming para evaluar las operaciones que estaban afectando la calidad de los productos y los servicios prestados. En este caso, el estudio puede orientar la aplicación de la herramienta de calidad para identificar algunos problemas del proceso de producción en la Empresa Metalmecánica XYZ que repercuten sobre la productividad y competitividad de la unidad de producción.

- Espejo Peña, Dennis Alberto. Lima, Perú. (2018)

En el trabajo de investigación denominado *“Implementación de Lean Six Sigma y la Productividad en una Pyme de Producción- 2017”*.

Realizado con objetivo principal de medir la influencia de la implementación de Lean Six Sigma en la productividad de una Pyme de producción, bajo una propuesta metodológica que adapta la metodología de Lean Six Sigma a las Pymes del Perú. El estudio aplicó un enfoque cuantitativo, con diseño pre experimental y de tipo aplicada, explicativa y longitudinal. La población y la muestra estuvo conformada por información del proceso de producción recabada diariamente durante 12 semana, adicionalmente emplearon algunas técnicas de recolección de información como la observación y la revisión documental. Para el análisis de los datos, se empleó un Software SPSS 25 a los fines de llevar a cabo el procesamiento y análisis estadístico de la información recolectada. El estudio permitió constatar la hipótesis general y las específicas, llegando a la conclusión de que la implementación de Lean Six Sigma influye positivamente en la productividad de una Pyme de producción con un incremento del 22.87%, además se elevó el nivel sigma del proceso de producción de 2.09 a 3.00 y se aumentó la ratio de valor agregado de 0.64 a 1.4.

Particularmente, este estudio refleja en los resultados obtenidos que se pueden mejorar mediante la aplicación de la filosofía Lean Six Sigma en las

pequeñas y medianas empresas, aspecto íntimamente relacionado con la presente investigación, la cual pretender intervenir el proceso productivo de una pyme para mejorar y aumentar su eficiencia productiva, tal como quedó demostrado en referido estudio.

- Medina Hoyos, Gustavo Adolfo y Montalvo Montalvo, Gina Pamela. Nuevo Perú, Perú. (2017).

La investigación orientada a las *“Mejoras de la productividad utilizando la metodología Lean Six Sigma en la producción de pallets en una empresa maderera”*.

Fue realizada con objetivo de mejorar la productividad en el proceso productivo de pallets en la empresa Maderera Nuevo Perú S.A.C, mediante un Sistema de Gestión basado en Lean Six Sigma. El tipo de investigación empleado durante la investigación es descriptiva y el método de investigación que se tomó en cuenta es el método deductivo que permitió definir la realidad actual que atraviesa la empresa. Se calculó la productividad estimada de acuerdo a la propuesta del Sistema de Gestión basado en Lean Six Sigma, el cual se determinó por los modelos predominantes en la producción de pallets. Como estimación se propone una mejora de 50% para cada factor de mano de obra, materia prima e insumos, maquinaria y equipos. Entonces se dice que la productividad estimada de

mano de obra para el modelo A es de 3.07, modelo B es de 2.28 y para el modelo C es de 0.94 , con respecto a la productividad estimada de materia prima e insumos para el modelo A es de 2.19, modelo B es de 2.15y el modelo C es de 1.92 y por ultimo para la productividad estimada de maquinaria y equipos se lograría llegar en el modelo A de 4.63, modelo B es de 3.43 y el modelo C es de 1.418, dando un aumento de la productividad global estimada de 1.01 a 1.36. Se concluye que las zonas de trabajo se encuentran obstaculizadas por merma, objetos o elementos incensarios, que la maquinaria y equipos que utilizan no cuentan con mantenimiento preventivo, se determina los factores influyentes en el proceso productivo de pallets, son la contratación de mano de obra no capacitada, no contar con controles ni registro de indicadores de producción de cada procesos ni de producto terminado, no hay control sobre la merma y no cuentan con un Plan del mantenimiento preventivo de la máquinas y equipos.

Se vincula con la presente investigación puesto que comparten similitud en cuanto a la variable de estudio, la cual no es más que el proceso de producción y todos los factores que confluyen en ella. El estudio es considerado como una referencia, en virtud que orienta cuáles serían los elementos determinantes en la productividad de cualquier proceso productivo que sea sometido a análisis, iniciando por el factor humano y los desperdicios de materias primas e insumos.

3.2. Bases Teóricas

- **Definición de Lean Six Sigma**

La metodología Lean Six sigma (LSS) se caracteriza por determinar el valor en las actividades y operaciones en un determinado proceso productivo, en el cual el cliente es quien determina las características del producto o servicio, partiendo de sus necesidades. Lo que no genera valor es considerado como desperdicio. Sus orígenes se dan en el contexto de la industria automotriz y se expandió en los años 70 luego de la crisis; el inicio del crecimiento de las empresas fabricantes de vehículos japoneses en los países de los Estados Unidos, facilitó que Lean Manufacturing se esparciera por varios países del Mundo.

El concepto de LSS combina dos metodologías, por una parte, se encuentran la Manufactura Esbelta como un enfoque que busca mejorar el flujo en la cadena de valor y eliminar los residuos presentes en los procesos y por el otro, se encuentra Six Sigma planteando una metodología, sistémica, estructurada y documentada bajo el marco (DMAIC), es decir Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar herramientas estadísticas para descubrir las causas fundamentales que pueden estar originando las variaciones encontrada en el proceso. (Hernández, 2014, p 61).

Es decir, que LSS forma parte de las herramientas de gerencia de procesos a las cuales pueden acudir las industrias, cuando perciben una variación de

sus procesos que repercute significativamente en la competitividad y productividad de la industria.

Para ello, cada etapa de la metodología de Lean Six Sigma les ayudarán a reducir radicalmente los defectos y las variaciones del proceso productivo. En este sentido, el autor señala que Lean Six Sigma abarca nueve principios que cuando se entienden, pueden causar una transformación en la forma de ver la vida en general, el trabajo en particular y la concepción de los negocios.

Por su parte Gutiérrez (2018, p.398), conciben a Six Sigma, como una estructura metodológica cuya base fundamental es la mejora orientada particularmente en la satisfacción del cliente, que se aplica con el propósito de determinar, disminuir y de ser posible eliminar la causa raíz de defectos, retrasos y/o errores que se detectan en los procesos. Para ello, Six Sigma se apoya en herramientas estadísticas que facilitan el análisis y resolución de los problemas, basado en datos para las decisiones en los negocios; abarcando la mejora de la calidad conjuntamente con los niveles de desempeño en todos los procesos de la compañía.

Por su parte, Espinosa (2019) analiza los contextos de cada filosofía que integra a Lean Six Sigma por separado, destacando que el universo Seis Sigma se centra en la detección y reducción de la variación experimentada por los procesos productivos que son provocadas por factores externos cuya principal característica es que son mensurables. Mientras que en el ambiente Lean, todos los esfuerzos son dirigidos hacia la detección de

actividades y operaciones que no aportan valor al proceso en sus conjuntos, representando un desperdicio de tiempo, esfuerzo y dinero; es decir, un costo para las empresas.

Al respecto Pellegrini (2020), conceptualiza a Lean Six Sigma como una estrategia que surge de la combinación de dos enfoques para aumentar la eficiencia de los procesos mediante la disminución de la variabilidad del mismo debido a factores internos, considerados como desperdicios, y externos. Su principal objetivo es abordar todas las características críticas de los productos o servicios que se prestan y que son de vital importancia para los clientes.

Mientras que Pérez-López y García-Cerdas (2014, p.90), consideran que es Lean Six Sigma es una metodología que utiliza los datos de un proceso para elevar la calidad de sus productos a los niveles más altos posibles, cercanos a la perfección. Es distinto a otras metodologías empleadas para la mejora de procesos pues previene la aparición de los problemas a través de acciones para disminuir las fallas o variaciones en el sistema de producción y exige un gran esfuerzo de parte de las industrias ya que la disciplina y una actitud favorable ante los cambios que se plantean en un entorno LSS son la clave para el éxito y sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Adicionalmente, uno de los efectos positivos de la aplicación de un Plan de Mejoras basado en Lean Six Sigma es la alineación estratégica de empresa, lo que conlleva a la necesidad de que las pymes planifiquen a corto, mediano y largo plazo sus inversiones para alcanzar el crecimiento esperado.

- **Teorías de Lean Six Sigma**

Para comprender las teorías que sustentan la metodología Lean Six Sigma, es necesario conocer por separado los fundamentos teóricos de las filosofías de base: Lean Manufacturing y Six Sigma.

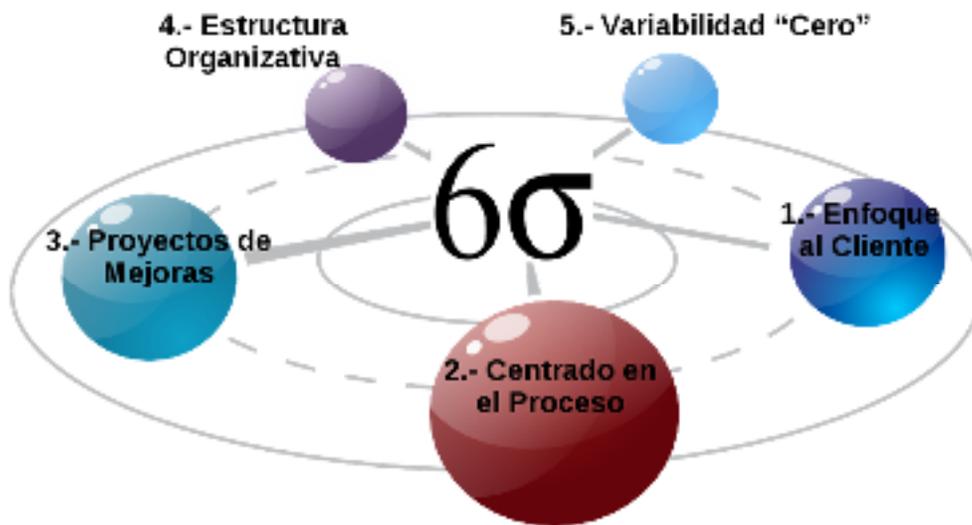
En el caso de Six Sigma, es una filosofía basada en la calidad de los productos y servicios, que toma como referencia las metas y objetivos de los clientes para establecer las bases de la mejora de los procesos de cualquier empresa. Es decir, que esta metodología busca establecer metas reales y alcanzables en corto plazo, que tributen a la consecución de objetivos en el largo plazo los cuales están centrado en lograr el fortalecimiento de los procesos, la satisfacción de los clientes y la disminución de los defectos.

Por su parte Navarro et al. (2017, p. 76), señalan que Six Sigma representa el número de desviaciones estándar obtenidas a la salida del proceso y su objetivo está centrado en aumentar la capacidad de los procesos, de tal forma que estos generen productos con los mínimos defectos por millón de unidades producidas y evitar que las imperfecciones pueden llegar hasta los clientes.

En este sentido, Six Sigma es una herramienta de mejoramiento continuo que aborda aquellas debilidades del proceso que pueden afectar los niveles de satisfacción de los clientes. Se trata de una medida estadística para medir el desempeño de los procesos de producción y disminuir al máximo la variabilidad de este.

En la Figura N°1 se puede observar los cinco principios que la sustenta la filosofía Six Sigma, donde el enfoque al cliente ocupa la posición principal, seguido de la necesidad de tener un proceso productivo centrado con una mínima o nula variabilidad; aplicando para el ello, la mejora continua de los procesos y una estructura organizativa orientada a los objetivos estratégicos.

Figura N°1. Los Principios de Six Sigma



Fuente: Elaboración Propia (2021)

En conclusión, Six Sigma tiene un enfoque dirigido al Cliente y concentra los esfuerzos de la organización en disminuir al mínimo las variaciones del proceso de producción que pueden transformarse en productos defectuosos que no cumplan con las expectativas y necesidades del cliente.

Cuando se analizan los principios de Lean Manufacturing, es necesario resaltar que se origina de los sistemas de producción Justo a Tiempo y

abarca un conjunto de herramientas y métodos que se aplican de manera sistemática sobre los procesos productivos, con el fin de alcanzar la mejora continua y “cero desperdicios”; es decir, se enfoca en detectar, minimizar y/o eliminar aquellos procesos que no son de valor para el proceso y entorpecen la eficiencia de las operaciones productivas.

Al respecto, Palacios et al. (2015, p. 178) considera que Lean Manufacturing emplea la mitad de los recursos tanto humanos como materiales para producir bienes y servicios, incluso desde el diseño del mismo; esto ocasiona que muchas empresas deseen implementarla en sus procesos de producción una variedad de productos con las menores no conformidades. Por su parte, Lean Six Sigma está orientado hacia la máxima productividad de un sistema de producción, lo cual significa producir más empleando menos recursos materiales, financieros y menor esfuerzo de personal.

Adicionalmente, Lean está soportada en 5 principios fundamentales:

- .- El valor del producto expresado desde la perspectiva del cliente, es decir cuánto está dispuesto a pagar el cliente final por el producto o servicios que se le brinda.
- .- El flujo de valor o identificación de las actividades y procesos que restan eficiencia al proceso de producción.
- .- Fluidez del proceso, que busca lograr la mayor fluidez del proceso mediante la eliminación de las paradas de producción y disminuir las interrupciones no planificadas de las operaciones de producción.

.- Optimización de los recursos materiales y humanos para lograr la producción.

.- Alcanzar la perfección y madurez de las operaciones productivas, aplicando un proceso de mejoramiento continuo.

Finalmente, se puede concluir que Lean Six Sigma está dirigido al mejoramiento de los procesos mediante la eliminación de los desperdicios de éste, aplicando un conjunto de herramientas para llegar a cero defectos, lograr la satisfacción de las necesidades de los clientes y la mejora de la calidad de los productos y servicios.

- **Dimensiones de Lean Six Sigma**

Las dimensiones de Lean Six Sigma se corresponden con las etapas que deben cumplirse durante la implementación de la metodología en cualquier proceso, indistintamente de la naturaleza de este. Se basa en Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar los elementos que definen un sistema de producción, a continuación, se presentan dichas dimensiones:

1.- Para Alarcón citado por Hernández (2014), la dimensión **Definir** consiste en determinar los requisitos del cliente y los estándares de desempeño que se requieren para satisfacerlos. En esta fase, se define el problema a abordar, el tiempo requerido para hacerlo, las actividades a desarrollar y se cuantifican el costo de un producto defectuoso y la inversión para mejorar el proceso. También, se considera el costo de no actuar sobre el problema.

2.- La dimensión **Medir**, según Bernal (2018), es la caracterización del problema o situación actual del proceso identificando los requisitos clave para los clientes, las características del producto y los aspectos que afectan el funcionamiento del proceso. Para ello, es necesario la medición de los variables y la capacidad del proceso en términos de su productividad.

3.- La tercera dimensión es **Analizar** el problema a través de datos e informaciones que faciliten la identificación de las causas que lo originan y la cuantificación de sus consecuencias. Generalmente, se realiza con la construcción de un Diagrama de Causa-Efecto.

4.- Durante la fase de **Mejorar** se determinan las oportunidades de mejoras que pueden llevarse a cabo en los diferentes proyectos que buscan dar solución a los problemas identificados. En esta dimensión se implementan todas las mejoras que sean necesarias según los objetivos establecidos en la dimensión de definir.

Finalmente, se tiene la dimensión de **Controlar**, la cual es definida por Gómez (2019, p.30) como el seguimiento aplicado sobre el proceso luego de ejecutar el plan de mejoras, para conocer el impacto que han tenido sobre el rendimiento de las organizaciones. Esta etapa es sumamente importante para garantizar que los resultados no se pierdan a través del tiempo y se mantengan las mejoras implementadas.

- **Herramientas de Gestión de Proceso en el esquema Lean Six Sigma**

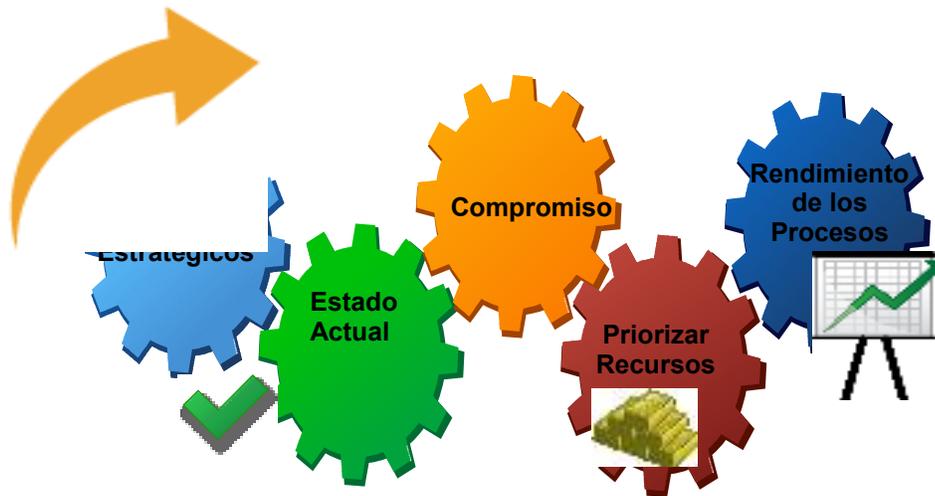
Algunas herramientas a emplear en este proyecto para apoyar la gestión de procesos son:

1.- El sistema de planificación y ejecución de la estrategia Hoshin Kanri, la cual es definida por Mogollón (2018), como “una metodología de trabajo basada en la cooperación de toda la empresa para alcanzar los objetivos estratégicos a largo y corto” (p.16). Permite medir como el conjunto de elementos que conforman una organización; es decir, personal, equipos, y procesos trabajan en función de alcanzar los objetivos estratégicos de la empresa.

Por su parte, Roncancio (2018) utiliza la definición de la estrategia basada en los dos términos en japonés la palabra “Hoshin” significa dirección o aguja de brújula y “kanri” significa control o administración; claramente el centro de una organización deben ser sus metas organizacionales, las cuales deben estar definidos estratégicamente para orientar cualquier proceso de toma de decisiones que desee llevarse a cabo; es decir, es el punto de partida de cualquier proceso de mejora que se desee desarrollar.

La aplicación de este tipo de estrategia, como se muestra en la Figura N° 2, permite alinear a la organización según sus metas, concentrar los esfuerzos sobre las acciones que derivan en los resultados satisfactorios, permite medir el compromiso de los trabajadores y cuán identificados se encuentra con respecto a los objetivos de la organización acercándolos a la visión y misión de la empresa.

Figura N° 2. Estructura para la aplicación de Hoshin Kanri.



Elaboración Propia (2021)

Es necesario que la aplicación de la estrategia permita abordar la planeación estratégica y orientar la operatividad de la empresa, en función de que se cumplan las metas a corto plazo, que día a día permitirán el cumplimiento de los planes estratégicos definidos en el largo plazo. Es muy importante, que se realicen la asignación de responsabilidades en el equipo de trabajo, tomando en cuenta la incidencia de cada uno de los procesos en las metas globales de la empresa y sobre este factor, cada responsable de área asume la cuota de responsabilidad del área que gerencia.

2.- Los mapas de flujo de Valor: son definidos por la aplicación LucidChart como una “pieza fundamental de la metodología Lean” ya que facilita la evaluación de los procesos de manera integral desde la elaboración del producto hasta que llega al cliente final. Durante el proceso se logra

identificar aquellas operaciones que no aportan valor al proceso y, por el contrario, sólo lo retrasan y afectan su productividad.

3.- Las 5 S: Es una herramienta de Lean Six Sigma empleada para la eliminación de los desperdicios aplicando el concepto de orden y limpieza en el área de producción, razón por la cual es parte imprescindible de cualquier proceso de mejoramiento continuo que se aplica en las empresas. Su intención es llegar a ser parte de la cultura organizacional interna y su adopción demandan un compromiso constante de la gerencia y del personal para profundizar en los cambios hasta hacerlos parte de la cotidianidad empresarial.

Para Rosas (s/f), las Cinco S es una práctica de Calidad concebida en Japón que está asociada al “Mantenimiento Integral” de la industria, no sólo en los que respecta a los equipos y maquinarias sin en general a todo el entorno de trabajo y debe ser concebida como parte del todo de la empresa.

Se trata de cinco letras en japonés que definen las fases de la implementación del método, orientadas en cinco actividades claves: seleccionar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener los cambios efectuadas para una mejor organización no sólo del lugar de trabajo sino de las herramientas y equipos empleados en el proceso. A través de la Figura N° 3, se explican brevemente dichas etapas.

Figura N° 3. Las 5 S.



Elaboración Propia (2021)

De acuerdo con Rosas (s/f), para la implementación de la técnica tiene como propósito llegar a ser modelo no sólo de organización, orden y limpieza sino de seguridad e higiene industrial, donde se exige que los primeros en comprometerse para su cumplimiento total son el personal de la gerencia.

- **Definición de un Proceso de Producción**

Un proceso de producción de una empresa, es un conjunto de operaciones predefinidas y ordenada en una secuencia lógica que permita la transformación de recursos o materias primas en bienes y/o servicios, que son destinados a la satisfacción de un nicho de mercado.

Este esquema o cadena productiva, lo integran un capital humano o fuerza laboral, unos insumos de producción y los equipos necesarios para llevar a

cabo la transformación. Por su parte, Alting (1990) define el proceso como "el conjunto de actividades relacionadas y ordenadas con las que se consigue un objetivo determinado" (p. 369).

Está formado por tres fases fundamentales: la entrada, un proceso de transformación y una salida o producto final, ver Figura N° 4, las cuales son dinámicas y se interrelacionan entre sí. Según Bravo y Orellana (s/f), consideran que el proceso productivo es aquella porción de las funciones operativas de una empresa que está destinada a la manufactura o fabricación de un bien o servicio.

Es decir, es un acto o acción con clara y precisa intencionalidad lo que se traduce en la planificación de un conjunto de acciones que permiten la transformación de unos materiales en productos que van a satisfacer alguna necesidad. En conclusión, todo proceso productivo requiere de: planificación, organización, dirección y control en aras de obtener el producto final que se desea. Según el grado de participación del Hombre, los procesos productivos pueden ser manuales, semiautomatizados o completamente automatizados donde hay una mínima intervención de la mano de obra.

Figura N° 4. Proceso de Producción y sus Elementos



Elaboración Propia (2021)

En este sentido, Chang (2016, p.5) opina que los procesos de producción comprenden aquellas actividades u operaciones que son ejecutadas por el productor o fabricante para llegar a la elaboración de un producto o la prestación de un servicio.

Esta metodología tiene un gran poder de permanencia en las grandes y pequeñas empresas ya que todos sus miembros trabajan hacia un objetivo estratégico, que es común entre todos, contribuyendo al inicio de una cultura de calidad a través de la evaluación de los procesos de forma imparcial, es ahí donde se verifica el producto que se está construyendo y se puede revisar la existencia de los defectos al compararlo con el modelo o especificación del cliente o usuario final.

Finalmente, el proceso viene a ser cualquier actividad o conjunto de operaciones a través de las cuales un o más insumos son transformados para adquirir un valor agregado según las necesidades del cliente que se desea atender. Este concepto asocia el resultado final del proceso de producción con el usuario o consumidor final, en virtud de que señala que ese producto final debe satisfacer las expectativas o necesidades de un cliente.

- **Teorías de un Proceso de Producción**

Para Modd (1995), citado por Blanco y Orellana (s/f), un proceso es un “conjunto de operaciones que sirven para mejorar e incrementar la utilidad o el valor de los bienes” (p. 14). Es decir, que un proceso de producción puede ser considerado como un sistema de producción, pues se encuentra integrado por un conjunto de elementos que interactúan entre sí para darle vida propia, si alguno de ellos no funciona, pues el sistema reacciona y deja de funcionar.

Para todo proceso, es necesario ordenar de manera lógica y secuencial todas las actividades u operaciones que se deben cumplir para obtener el producto terminado. Generalmente, las industrias representan gráficamente, mediante símbolos, dichas secuencia de paso mediante un flujograma donde se pueden visualizar todas las actividades ejecutadas para llegar a la producción de determinado bien o servicio.

De acuerdo con Kons (2008), citado por Vargas et al. (2016), un sistema de producción está definido según las partes que lo integran y el objetivo común que tienen y que establece su naturaleza y existencia; cada una de ellas puede ser consideradas como un subconjunto, cuya interacción ocasiona la transformación de “algún material” en productos que son útiles para un sujeto o cliente en particular.

Para ello, la teoría general de sistemas (TGS), facilita la representación esquematizada de los procesos al interno de un sistema, para evaluar su funcionamiento e interacción con el entorno. De acuerdo con Retos en Supply Chain, la Teoría General de Sistemas, establece que los sistemas se están compuesto de un conjunto de elementos que pueden llegar a ser independientes pero que interaccionan unos con otros, llegando a la creación de relaciones que produce un comportamiento unitario que tiende a ser estable.

Los sistemas de producción obedecen a un modelo, el cual define la distribución y organización del trabajo. Actualmente, las principales teorías a los Modelos de Producción, según De la Garza (1999), son:

a) Neoshumpeterianos: Son aquellos Modelos de producción donde se privilegia la innovación tecnológica y los procesos de aprendizaje y adaptación.

b) Regulacionismo: En este tipo de modelos se da especial importancia a las transformaciones en los procesos productivos, en particular a las formas de organización del trabajo y las relaciones laborales que se establecen dentro

del sistema de producción.

c) Especialización Flexible: Centra su atención en los sistemas de producción que son capaces de adaptarse a la variabilidad del mercado, por tanto, son procesos que continuamente cambian la presentación de sus productos para garantizar su competitividad en el mercado.

d) Toyotismo y Lean Production: Son teorías cuyo objeto de estudio es el proceso de producción, su organización, las operaciones y la calidad de los productos obtenidos. Por su parte, Toyota inclina el enfoque de abordaje de los sistemas de producción hacia el capital humano, manteniendo su mirada en las relaciones sociales y de producción que permitan un trabajador con alto nivel de compromiso y participación en el proceso de producción y en sus resultados; mientras que Lean se enfoca en lograr un proceso ágil, flexible, capaz, estético, sin desperdicios; es decir, un sistema de producción adelgazado con un stock mínimo de inventario de materiales y cero ocio del personal.

- **Elementos de un Proceso de Producción**

Los sistemas de producción se encuentran formados por cuatro elementos fundamentales, que se describen a continuación:

1.- Capital Humano: Es el personal que lleva a cabo las operaciones de producción, se incluye al personal calificado técnicamente como operarios de equipos, ayudantes, asistentes de producción, entre otros y al personal

que apoyan el proceso como el personal de mantenimiento industrial, administrativo, Compras, Ventas, Control de Calidad, entre otros.

Según Economipedia, la define como “las personas que hacen el trabajo en una empresa y representan el esfuerzo humano aplicado al proceso de producción y puede ser físico o mental, por ello requiere que sea remunerado o pagado”. También es definida por Blanco y Orellana (s/f), como todo el esfuerzo físico, mental y psicológico que los trabajadores dedican a las operaciones de manera que se obtenga una producción.

Mientras que Guzmán (2014), señala que “dentro del proceso productivo, la mano de obra es el segundo elemento del costo de producción, ya que dicho esfuerzo debe ser remunerado en efectivo” (p.1). Este autor señala que la mano de obra puede ser clasificada según su participación en el proceso de producción en Directa e Indirecta.

2.- Equipos y Maquinarias de producción: Representa el componente mecanizado o automatizado de equipos y maquinarias que realizan la transformación física y química de los materiales hasta lograr la producción de un bien, producto o servicio.

3.- Materias Primas e Insumos: Es todo material o insumo que se transforma físicamente en un producto terminado mediante las operaciones de producción. En este sentido Economipedia, señala que “Una materia prima es todo bien que es transformado durante un proceso de producción hasta convertirse en un bien de consumo”.

4.- Infraestructura Física: Es el lugar físico el cual cuenta con las condiciones necesarias para que todos los demás elementos del sistema de producción puedan funcionar acopladamente y se obtengan los resultados del proceso, es decir los productos terminados.

- **Desperdicios**

Comprende todas aquellas actividades, equipos, herramientas, o cualquier otro elemento del proceso de producción que no agregan valor al proceso. Es decir, todos aquellos procesos, actividades e incluso materiales que no aportan valor, sino que representan un costo para el proceso ya sea en tiempo, dinero o en ambas. Al respecto, Giannasi (s/f) destaca que los desperdicio, o despilfarro representa todos aquellos recursos materiales, económicos y hasta humanos que son mal utilizados en una empresa.

Por su parte Delgado (2018), señala que en los procesos de las empresas se han identificado siete tipos de desperdicios que son:

1.- Sobreproducción: El desperdicio con mayor incidencia en la economía de las empresas es la sobreproducción, la cual ocurre cuando un proceso productivo sigue sus operaciones cuando debió detenerse y como consecuencia se ha generado un excedente en los inventarios de productos terminados que el cliente no necesita y que se transforma en un inventario que no fue originado por un pedido.

2.- Esperas: Las interrupciones del proceso debido a la ausencia de algún elemento o materia prima que no llegó a tiempo para ser procesada, y se

invierten recursos humanos y materiales en una actividad de ocio. Generalmente, aparece cuando no hay una planificación de la producción tanto en materias primas e insumos.

3.- Transporte: Es común la pérdida de tiempo derivada de movimientos internos de materias primas y de personal durante las operaciones de producción, lo cual trae como consecuencia el aumento progresivo del tiempo empleado para producir un determinado número de piezas.

4.- Extra proceso: Se refiere a aquellas operaciones que deben repetirse ya que hubo alguna etapa del proceso que no arrojó los resultados esperados y origina los retrabajos, reprocesos, manipulaciones, aumentando significativamente las probabilidades de producir piezas defectuosas.

5.- Inventario: Los excesos de inventarios de productos terminados, el cual no está pautado entre los compromisos asumidos con los clientes. También se incluyen el exceso de materias primas e insumos de producción cuya estadía originan costos de almacenamiento; en este sentido, se debe trabajar bajo un esquema de planificación de la producción ajustado al requerimiento y el compromiso de la empresa.

6.- Movimientos: Estos aspectos obedece a la localización y distribución de los equipos y maquinarias en las áreas de procesos. Si este no obedece a una lógica operacional, se invertirá tiempo y esfuerzo e ir de un lugar a otro para realizar las operaciones de producción.

7.-Defectos: Estos desperdicios lo conforman las piezas y productos defectuosos o que no cumplen con las normas de aseguramiento de la calidad de la empresa. Es el que finalmente se vincula directamente con los clientes y la satisfacción de sus necesidades, siendo de mayor relevancia en términos de competitividad de la empresa en el mercado.

- **Operaciones de Producción**

Son un conjunto de actividades operacionales que se llevan a cabo de forma manual o mecanizada para lograr la transformación de una materia prima en un producto terminado. En particular, todo el conjunto de operaciones y equipos de producción tiene una Capacidad Máxima de Producción, también denominada Capacidad Instalada.

Al respecto Zuñiga (2005), considera las operaciones como un sistema y las definen como “una colección de subsistemas que debe estar apropiadamente integrado. El concepto del sistema integrado, a diferencia del de las partes funcionales independientes que constituyen el sistema, es crítico para comprender las interrelaciones que generan la ejecutoria del sistema” (p.5).

- **Plan de Mejora Continua**

Es un conjunto de proyectos destinados a dar solución a las problemáticas determinados en el proceso de producción de la empresa metalmeccánica. Estos se obtienen mediante la aplicación de la Metodología Lean Six Sigma

y obedecen a los objetivos en el corto, mediano y largo plazo que la empresa tiene definido en su horizonte de negocio. Por su parte, Proaño et al. (2017), destacan que el plan de mejora es un “proceso que se utiliza para alcanzar la calidad total y la excelencia de las organizaciones de manera progresiva, para obtener resultados eficientes y eficaces”

- **Etapas de un Proceso de Producción**

Podría hablarse de la existencia de tres etapas básicas en todo proceso de producción:

1. Acopio de Materias Primas e insumos de producción

- 2.- Producción u Operaciones de Transformación/ etapa de síntesis: durante esta fase, las materias primas que se recogieron previamente se transforman en el producto real que la empresa produce a través de su montaje. En esta etapa es fundamental observar los estándares de calidad y controlar su cumplimiento. Para que esta fase salga según lo previsto y se eviten futuros inconvenientes, es necesario hacer un trabajo de observación del entorno, de tal manera que se puedan anticipar los cambios y se pueda trazar un plan de actuación para saber cómo actuar en todo momento para seguir trabajando en pro del cumplimiento de los objetivos.

- 3.- Almacenamiento y distribución de Productos Terminados.

- **Tipos de Procesos de Producción**

Los procesos de producción pueden clasificarse de acuerdo con Retos en Supply Chain en:

.- **Proceso de Producción Contra Pedido:** Son sistemas de producción cuyos productos terminados se elaboran siguiendo las características que ha definido el cliente o usuario final del mismo.

.- **Procesos de Producción por Lote:** En este tipo de proceso se realiza una cantidad determinada de productos terminados que conforman el lote, por ello tiene las mismas características físicas.

.- **Producción en masa:** Es aquella que produce cientos de productos idénticos, por lo general en una línea de producción automatizada lo que permite dar salida a un volumen de productos más elevado, utilizando menos trabajadores.

.- **Producción de flujo continuo:** Son sistemas de producción cuya dinámica interna requiere que funcione las 24 Horas del Día y los 365 días del año. Son procesos de producción que elaboran altos volúmenes de productos y la gran mayoría de las operaciones son automatizadas.

Este tipo de proceso de producción exige que las operaciones y los productos terminados estén estandarizadas, las variaciones en estos dos elementos pueden repercutir significativamente en la capacidad de producción del sistema en su conjunto.

3.3. Marco Conceptual

- ✓ **Área de producción:** El área de producción, también llamada área o departamento de operaciones, manufactura o de ingeniería, es el área o departamento de un negocio que tiene como función principal la transformación de insumos o recursos (energía, materia prima, mano de obra, capital, información) en productos finales (bienes o servicios).
- ✓ **Capacidad de producción (Capacidad instalada):** Capacidad de producción teórica, muestra la máxima tasa de producción que puede obtenerse de un proceso, se mide en unidades de salida por unidad de tiempo, por ejemplo
- ✓ **Capacidad ociosa:** Capacidad de producción que no está siendo utilizada.
- ✓ **Capacidad utilizada (Volumen de producción):** Es la capacidad práctica, muestra la tasa real de producción durante una unidad de tiempo.
- ✓ **Control:** Es el proceso de gestión por el cual los eventos están limitados a seguir planes.
- ✓ **Control de la producción:** El control de producción es la función de la gerencia que planifica, dirige y controla el suministro de materiales y las actividades de procesamiento de una empresa.
- ✓ **Control de procesos.** La función de mantener un proceso dentro de un rango dado de capacidad mediante retroalimentación, corrección, etc.
- ✓ **Disposición de planta (Layout):** Diagrama de flujo de un proceso productivo, por ejemplo, diagrama donde se señala dónde ingresan los

insumos, donde son almacenados, donde son procesados, y donde se almacena el producto final.

- ✓ **Estandarización:** Se conoce como estandarización al proceso mediante el cual se realiza una actividad de manera standard o previamente establecida.
- ✓ **Gestión (Management).** El arte y la ciencia de planificar, dirigir y controlar el esfuerzo humano para alcanzar los objetivos de una empresa.
- ✓ **Indicadores de calidad:** Instrumentos de medida que se asocian a los resultados y operación de los procesos clave de una organización y se determinan con base en los factores y componentes críticos de éxito, esto es, el desarrollo de acciones concretas y los resultados finales de los procesos que garanticen el logro de los objetivos. Los indicadores de calidad miden si las acciones más relevantes que realiza la organización, contribuyen al logro de los resultados.
- ✓ **Justo A Tiempo (JIT: Just In Time):** Sistemas de *Control de Producción* en los que solo se fabrican los productos, cuando se requiere para su entrega a los clientes; las piezas solo se fabrican cuando se requieren para el montaje y los materiales solo se fabrican o reciben de los proveedores, cuando se requieren para el procesamiento
- ✓ **Mejora continua:** Su filosofía es intentar optimizar y aumentar la calidad de un producto, minimizar costos de producción obteniendo la misma calidad.
- ✓ **Medición:** Proceso que consiste en obtener experimentalmente uno o varios valores que pueden atribuirse razonablemente a una magnitud. Asignación

de números [o valores] a cosas materiales para representar las relaciones entre ellos con respecto a propiedades particulares.

- ✓ **Optimizar:** Es la acción de buscar la mejor forma de hacer una tarea, con mejores resultados y mayor eficiencia.
- ✓ **Operaciones:** La unidad de trabajo más pequeña utilizada con fines de planificación o control. *Son las* Actividades cuyos procesos combinan, separan, reforman y transforman insumos o recursos en productos (bienes o servicios).
- ✓ **Producción:** Acto de producir los productos, o la suma de todos los productos (bienes o servicios) producidos en una empresa.
- ✓ **Productividad:** Cociente resultante de dividir la producción (resultados obtenidos) entre los recursos (insumos utilizados). Mientras mayor sea la producción y menores los recursos (o costos) utilizados en ella, mayor será la productividad.
- ✓ **Proceso de Medición:** Es la asignación de números es y el valor asignado es definido como valor de medición.
- ✓ **Sistema:** Un conjunto de variables que juntas forman una entidad fácilmente identificable y definible, y están tan relacionadas que un cambio en cualquiera de ellas inducirá, o será inducido por un cambio en al menos una de las otras.
- ✓ **Sistema de producción:** Proporciona una estructura que agiliza la ejecución de un proceso industrial.

- ✓ **Sistema de medición:** Es el grupo de instrumentos o calibres, estándar, operaciones, métodos, dispositivos, software, personal, medio ambiente y supuestos utilizados para cuantificar una unidad de medida o valoración determinada al rasgo de la característica medida; proceso completo utilizado para obtener mediciones.

IV. METODOLÓGICA

4.1. Tipo y Nivel de la investigación

De acuerdo con el enfoque de la investigación, el presente estudio se define como una investigación cuantitativa, la cual es considerada por Hernández, et al. (2014), como aquel enfoque que “utiliza la recolección de datos para probar una hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p.4).

Este tipo de enfoque en general es estructurado, secuencial y lógico; es decir, que existe una relación entre las fases investigativa puesto que una es consecuencia de la anterior y no se puede alterar ese orden durante la ejecución de la investigación. Al respecto, Unrau et al. (2005), citado por Hernández, Fernández y Baptista (2014), señalan que las investigaciones realizadas estas características deben ser objetivas en lo posible y evitar la influencia subjetiva del investigador en tanto en el proceso como en los resultados obtenidos.

Para ello, Muñoz (2011), recomienda la implementación de un método formal para ejecutar la investigación, donde puedan recopilarse datos e informaciones de naturaleza numérica a través de procedimiento o técnicas de recolección de información. Dichos datos deben ser analizados de forma estadística e interpretada y analizada para obtener unos resultados que faciliten la comprobación o rechazo de una hipótesis, en el contexto de un conjunto de teorías que argumentan la investigación.

En este sentido, la presente investigación pretende demostrar que la aplicación de la metodología Lean Six Sigma permitirá el desarrollo de un conjunto de mejoras en el proceso de producción de una pequeña y mediana empresa del sector metalmecánico, esto con el propósito de aumentar el nivel de productividad y la calidad de sus productos mediante el abordaje efectivo de los procesos operacionales de la misma.

4.2. Diseño de investigación

Luego de definir el tipo de investigación es necesario que el investigador precise cómo dará respuesta a las interrogantes que se ha planteado para el estudio; es decir, identifique el diseño o estrategia que le permitirán acceder a la información que requiere para el abordaje del planteamiento del problema u objeto de estudio.

En cuanto al diseño de la investigación, el presente estudio empleará un diseño experimental dado que se procederá a observar un fenómeno, en este caso es un proceso de producción con la finalidad de caracterizar cuantitativamente sus elementos. Esto permitirá identificar las oportunidades de mejoras que serán aplicadas intencionalmente para generar su impacto en las variables establecidas para medir el proceso productivo.

Por su parte Muñoz Raso (2011, p.23), este tipo de investigaciones tiene como propósito estudiar un fenómeno en un ambiente con determinadas características técnicas, que permitirá ir realizando pruebas para

paulatinamente transformarlo y observar qué sucede con objeto de estudio bajo ciertos parámetros. Este diseño de investigación exige que se formalice la manipulación de las variables de la situación a observar, para establecer una relación directa entre los resultados obtenidos en cada fase de experimentación.

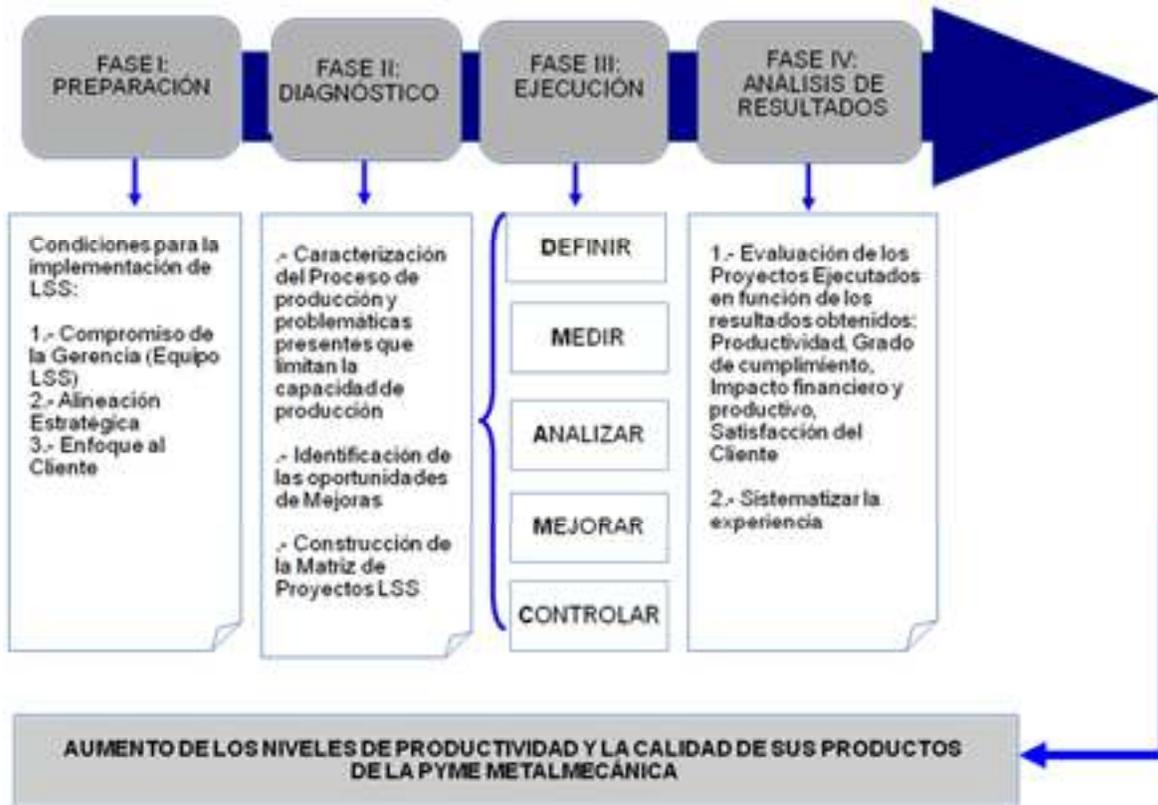
Mientras que Hernández et al. (2014, p.129), consideran que la esencia de los diseños experimentales es la manipulación intencional de una acción para determinar y analizar sus consecuencias. En este caso, la aplicación de la metodología de Lean Six Sigma permitirá desarrollar un conjunto de mejoras que al ser aplicadas al proceso de producción de la pyme generará un efecto en la capacidad de producción y en la calidad de los productos que se elaboran en la empresa, repercutiendo de manera directa en la satisfacción de sus clientes.

4.3. Metodología de desarrollo

En este apartado se describen las fases que serán implementadas para el desarrollo de la investigación, las cuales permitirá la evaluación y mejora del proceso productivo de la pyme metalmecánica, mediante la aplicación de la metodología DMAIC establecida en Lean Six Sigma a los fines de lograr un impacto positivo sobre la productividad y calidad de los productos elaborados a través de la ejecución de acciones de mejora. Dichas fases se muestran en la figura N° 5 y refleja el proceso metodológico que se ha ejecutado para llevar a cabo la investigación, es un paso a paso en cuya fase de ejecución se lleva a

cabo la aplicación de la metodología de Lean Six Sigma en el proceso de producción de la empresa.

Figura N°. 5. Fases Metodológicas de la Aplicación de Lean Six Sigma



Elaboración Propia (2021)

La metodología de desarrollo consta de 4 fases que se describen a continuación, donde la primera de ellas es preparar a entorno empresarial y todos sus elementos para realizar el análisis de procesos e implementar las mejoras que lleven a la pyme a mejores índices de capacidad de proceso y mayor espectro de satisfacción de los clientes. Luego se ejecuta la fase diagnóstica para determinar la situación actual del sistema productivo, una vez cumplido este propósito se aplican las etapas DMAIC en la fase de ejecución y

finalmente, todo este proceso conduce a unos resultados finales que deben ser analizados para su interpretación.

- **Fase 1:** Preparación de la Empresa para la implementación de Lean Six Sigma

La metodología LSS, exigen que tanto el sistema productivo como el resto de los elementos de la pyme se encuentre en las condiciones básicas para llevar a cabo las etapas estructuradas de Lean Six Sigma, requiriendo elevados niveles de compromiso de parte de los involucrados en las acciones de mejoras, sino los resultados se perderán en el tiempo al no contar con los grados de compromiso y responsabilidad para LSS. A continuación, se detallan los aspectos más resaltantes de esta fase:

a) Descripción de la fase I: Para garantizar el éxito de la metodología de Lean Six Sigma en la mejora del proceso de producción de la empresa metalmeccánica, será necesario garantizar un conjunto de condiciones que son indispensables para el desarrollo del Proyecto de Lean Six Sigma. En la figura N° 6, describen las tres secciones de trabajo que se realizarán con los dueños de la empresa, para establecer:

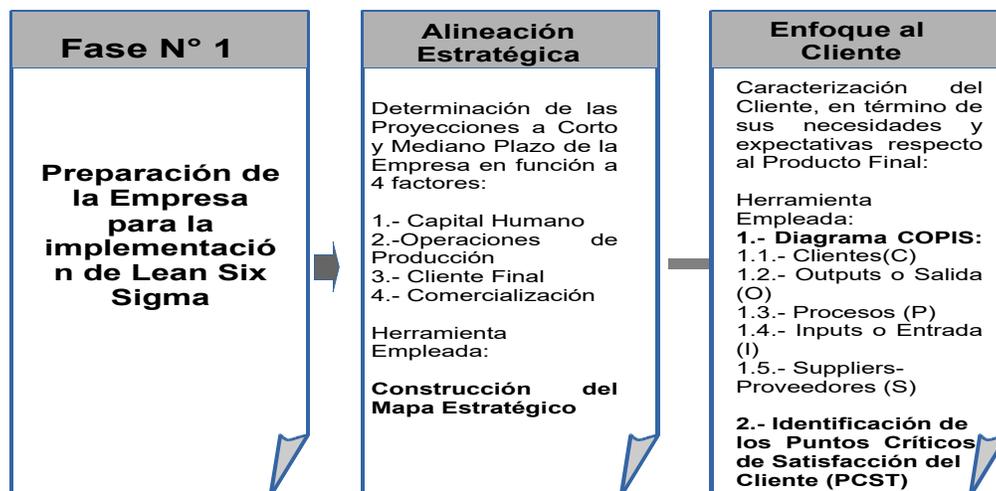
.- El compromiso de la gerencia de empresa en relación a la aplicación de LSS en su proceso productivo y la conformación de un equipo de trabajo empoderado para liderar la ejecución de las mejoras, se recomienda que esté conformado por personas que conozcan la problemática y sus causas.

.- Conocer la Planeación Estratégica, es decir sus proyecciones a corto, mediano y largo plazo. Esta información es de vital importancia conocer hacia dónde se dirige la empresa y con ello guiar el proceso hasta alinear la implementación de Lean Six Sigma a las metas y objetivos de la empresa.

.- Orientación al cliente: En LSS, la satisfacción de los clientes es parte fundamental de los proyectos de mejoras a ejecutar en la empresa puesto que los resultados obtenidos deben tomar en cuenta las necesidades de los clientes de la empresa.

Para Lean Six Sigma, es necesario saber que demandan los clientes de la pyme, en términos de productos, servicios y nuevos desarrollos.

Figura N° 6. Fase N° 1.- Preparación de la Empresa para la Implementación del LSS



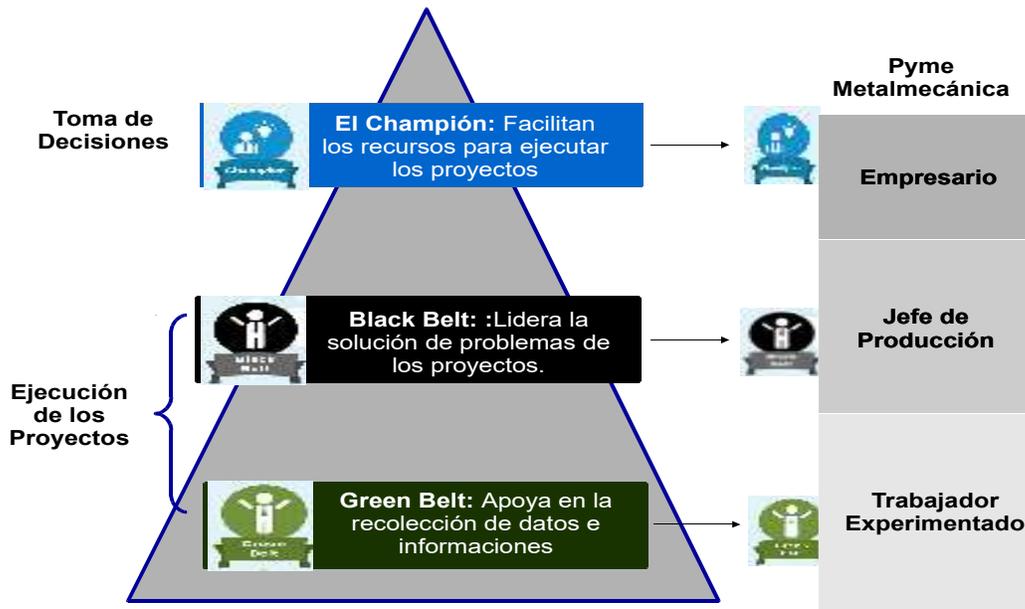
Fuente: Elaboración Propia (2021)

b) Herramientas Empleadas en la Etapa I:

.- Equipo Lean Six Sigma de la Empresa Metalmecánica

Como se muestra en la Figura N° 7, el equipo de Lean Six Sigma estará formado por el Champi3n que se encuentra representado por la figura del empresario, qui3n tendr3 bajo su responsabilidad la toma de decisiones y la articulaci3n de los recursos econ3micos necesarios para el desarrollo de los proyectos de mejoras.

Figura N° 7. Equipo LSS de la Empresa Metalmecánica



Elaboraci3n Propia (2021)

Luego se tiene el cintur3n negro o Black Belt, centrado en la jefatura o responsable del 3rea de producci3n y el cintur3n verde (Green Belt) que se le asignar3 al trabajador de mayor experiencia en el proceso productivo; ambos cinturones tendr3n a su cargo la ejecuci3n de las mejoras en el

proceso de producción. El resto del personal de producción, serán parte de los colaboradores en el proyecto de mejora al igual que los trabajadores administrativos.

Es un equipo sencillo, pero con alto nivel de responsabilidad por tal razón, se considera estratégico para LSS contar con el compromiso y experiencia del equipo de trabajo.

.- Mapa Estratégico de la Empresa Metalmecánica

Para la construcción del Mapa Estratégico de la Pyme, se definieron las dimensiones para los factores estratégicos considerado en la empresa vinculados al proceso de producción. Estas dimensiones son:

1.- Dimensión del Conocimiento: Aquí se definen las estrategias inherentes al personal de producción, partiendo de la identificación de los requerimientos del personal de la empresa, desde el diseño de nuevos puestos de trabajo hasta las necesidades de formación. Esta dimensión tiene como objetivo de aumentar sus habilidades técnicas y aptitudinales necesarias para el garantizar y sustentar las actividades que aportan valor al proceso de producción de la empresa mediante la gestión del conocimiento técnico, siendo importante mencionar que la mejora de un proceso productivo dependerá del trabajo en equipo y de su desarrollo profesional y personal.

2.- Dimensión de Proceso: Abarca los objetivos estratégicos de la empresa que están relacionados con las operaciones de producción, las cuales

aportan valor al proceso; dichas operaciones requieren ser estandarizadas, controlada y mejoradas para el aumento de la capacidad de producción y mejora de la calidad de los productos.

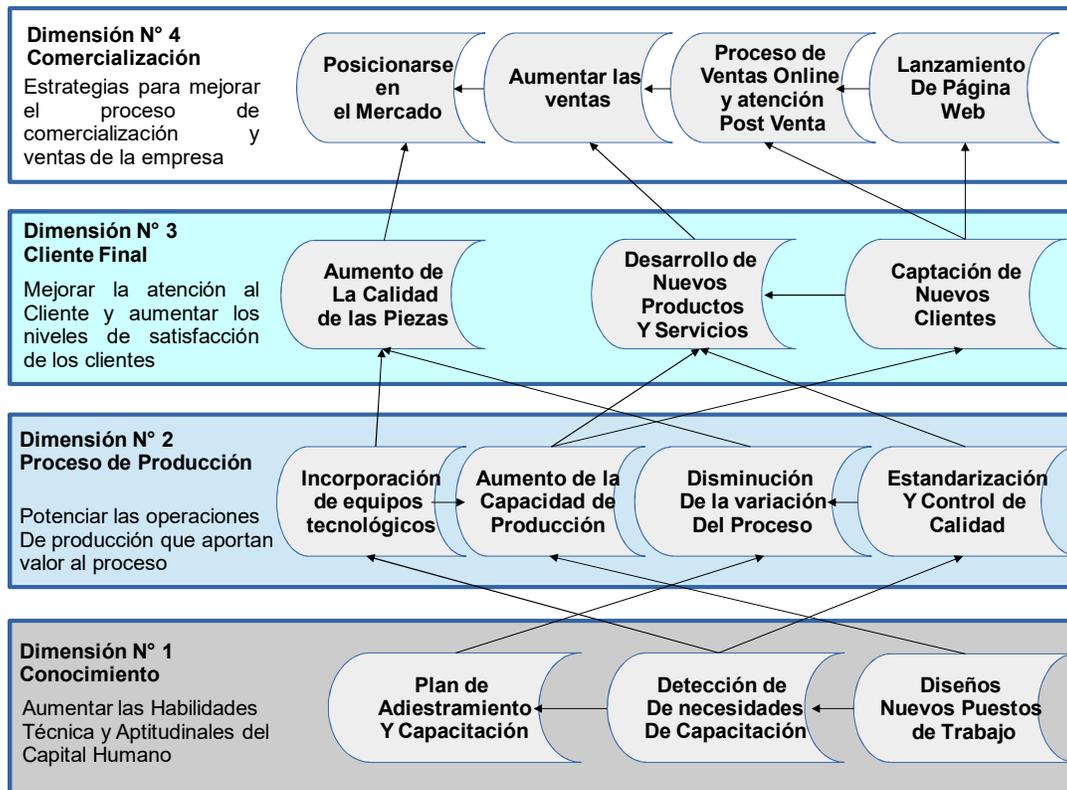
3.- Dimensión del Cliente Final: Son las estrategias de la empresa que se encuentran centradas en el cliente y la determinación de los niveles de satisfacción de los clientes en relación a la cartera de productos de la empresa. En esta dimensión se definen metas inherentes al mercado, desarrollo de nuevos productos y/o servicios metalmecánicos y el diseño de nuevos mecanismos para la atención del cliente.

4.- Dimensión de Comercialización: Son las proyecciones de la empresa para aumentar su participación en el mercado, planes de digitalización, diseños de página web, nuevas formas de ventas a través de los medios online y representa el plan de negocio para posicionarse en el mercado. Una vez definidas las dimensiones estratégicas, se realizarán las secciones de trabajo con la gerencia de la empresa para determinar los objetivos en cada una de las dimensiones; para finalmente establecer las relaciones causa-efecto entre los objetivos de los distintos niveles.

El resultado final será un esquema matricial, tal como se muestra en la figura N° 8, donde se podrá visualizar las metas, objetivos y estrategias de la empresa XYZ para lograr el posicionamiento y consolidación de la empresa en el mercado del diseño y confecciones de piezas para el sector de la industria, minería y construcción.

También servirá de base para la ejecución de las mejoras bajo LSS y el aporte que se obtendrá de la puesta en marcha de los proyectos de mejora continua en el proceso de producción.

Figura N° 8. Mapa Estratégico de la Pyme.



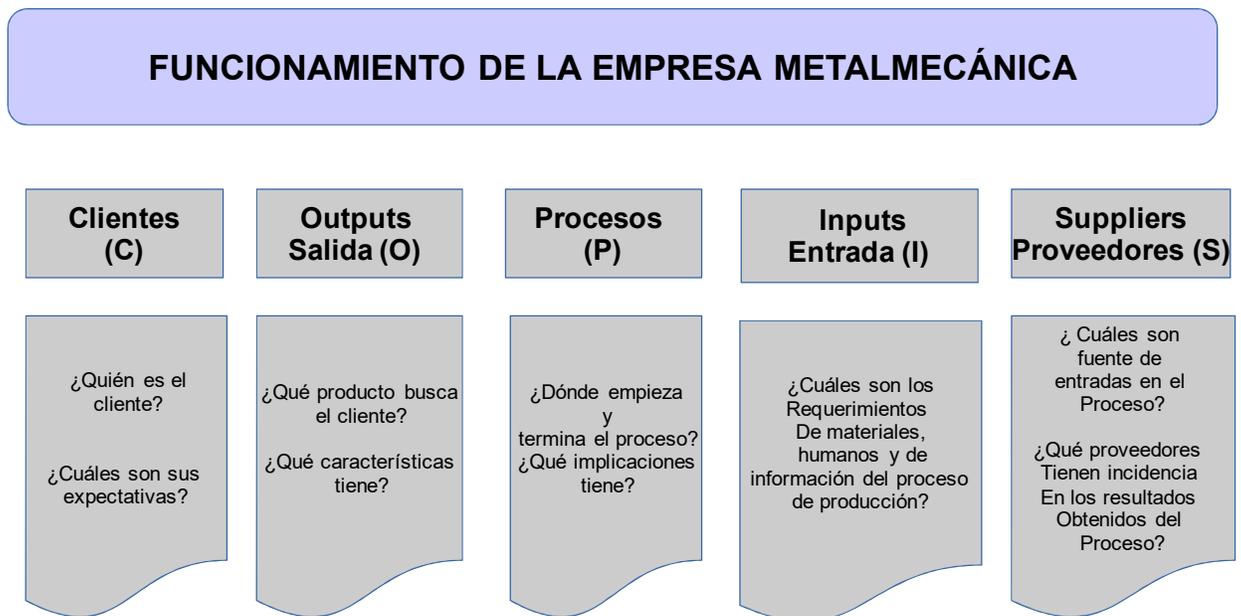
Elaboración Propia (2021)

.- Enfoque al Cliente

Para la caracterización del cliente se procederá a la construcción de un diagrama COPIS o Mapa de Proceso de Negocio, ver Figura N° 9, que permita visualizar de manera general todos los pasos que integran el proceso partiendo del Clientes(C), Outputs o Salida (O), Procesos (P), Inputs o Entrada (I), Suppliers-Proveedores (S). Para ello, se hará una revisión de

las órdenes de ventas que se han generado en los últimos tres meses y se determinará el segmento del mercado industrial que ha demandado el servicio de diseño y confección de piezas mecánicas.

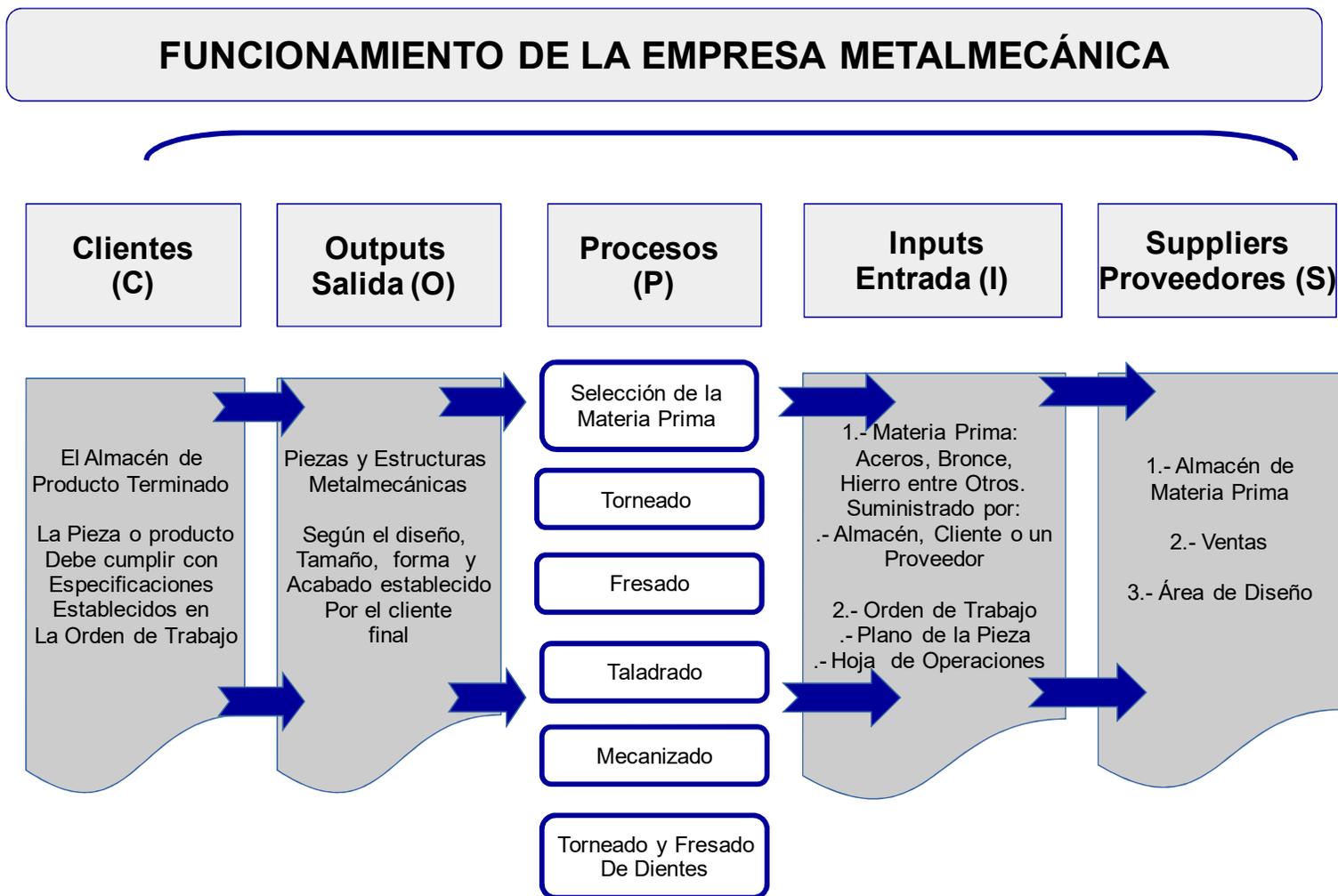
Figura N° 9. Mapa de Proceso de Negocio o COPIS



Elaboración Propia (2021)

La construcción del diagrama conducirá a la comprensión del proceso de producción de piezas metálicas desde la expectativa del cliente final y de lo que espera obtener en el producto; es decir, sus requerimientos en términos del producto o servicio que demande de la empresa XYZ. Adicionalmente, se emplearán un conjunto de preguntas generadoras, tipo entrevista abierta al personal de ventas y producción. Con la información obtenida se elaborará una lista de los puntos críticos que se deben tener en cuenta para garantizar la satisfacción del cliente. (Ver Figura N° 9 y 10)

Figura N° 10. Mapa de Proceso de Negocio o COPIS



Fuente: Elaboración Propia (2021)

.- Puntos Críticos de Satisfacción del Cliente:

Los puntos críticos relacionados a la satisfacción de los clientes, son aquellos atributos del producto que deben cumplirse para que la pieza pueda ser entregada al cliente final, sino el producto es nuevamente entregado al área de producción para su reproceso, ya que no cumple con las especificaciones. Generalmente, estos defectos de manufactura o mecanizado están relacionados al diseño y características superficiales de la pieza; los defectos representan un gasto para la pyme. En la tabla N° 1, se presentan los Puntos Críticos de Satisfacción del Cliente identificados.

Tabla N° 1. Puntos Críticos de Satisfacción del Cliente (PCSC)

N°	PCSC
1	Exactitud en el diseño de la Pieza (De acuerdo al Plano)
2	Calidad del Materia Prima Empleada
3	Adecuadas medidas de la pieza (Tolerancia)
4	Cero rugosidad
5	Tamaño adecuado de la Pieza
6	Acabado óptimo de la Pieza
7	Cumplimiento en el Tiempo de Entrega
8	Forma de la Pieza según lo diseñado

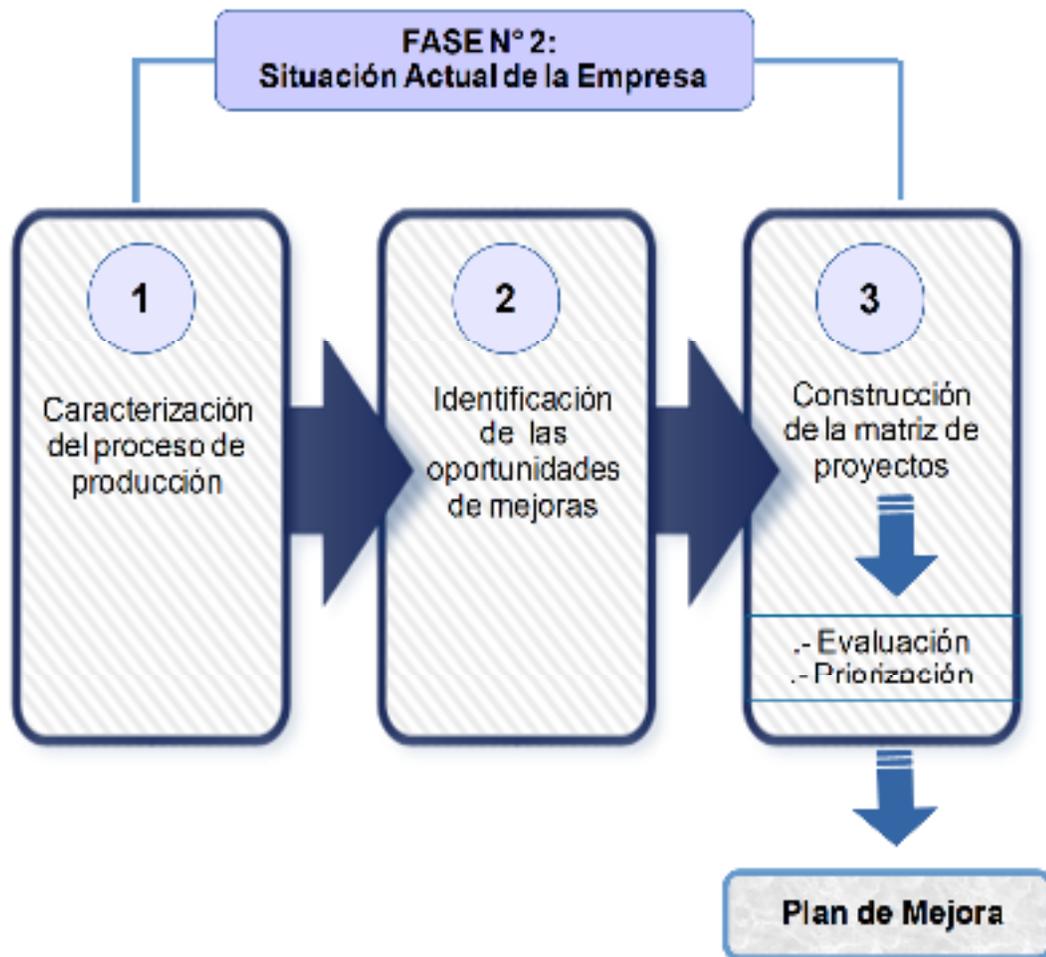
Fuente: Elaboración Propia (2021) con información suministrada por el Departamento de Ventas

Estos PCSC permitirán evaluar la satisfacción de las especificaciones del diseño geométrico de las piezas elaboradas por la pyme.

- **Fase 2: Diagnóstico de la Situación Actual de la Empresa**

En esta fase se realizará la caracterización del proceso de producción de la empresa en término de sus componentes: materias primas, operaciones, personal y productos terminados. También se procede a evaluar y se identifican las problemáticas que actualmente limitan su capacidad de producción y afectan la calidad de sus productos y servicios.

Figura N° 11. Fase 2. Diagnóstico de la Situación Actual de la Empresa.



Elaboración Propia. (2021)

Tal como se puede observar en la Figura N°11, esto permitirá identificar las oportunidades de mejoras para la construcción de la matriz de proyectos, los cuales deberán corresponder a los focos de mejoras identificados en el proceso de producción de la empresa metalmecánica XYZ.

Dicho proyecto será sometido a un proceso de evaluación en términos de: tiempo de ejecución, Inversión Inicial, Relación Beneficio- Costo y satisfacción de los clientes, que estará liderado por el Campión o Empresario ya que se deben tomar decisiones en torno al Plan de Mejoras LSS a ejecutar en la pyme.

.- Caracterización del Proceso de Producción:

La caracterización del proceso se inicia por el reconocimiento de la Pyme, es decir: Misión, Visión, Valores Organizacionales, Productos y el Proceso de Producción.

1.- Descripción de la Empresa Metalmecánica XYZ

Es una pequeña y mediana empresa peruana dedicada a la fabricación de piezas metalmecánicas, maquinarias, repuestos y estructuras metálicas para otras industrias del sector de la minería, textil, construcción, autopartes, entre otros. También ofrece servicios a emprendedores y clientes particulares; es una empresa centrada en brindar soluciones a las industrias en general mediante piezas y productos que cumple con estándares de calidad en diseño, exactitud y calidad de la materia. Inició sus operaciones

en el 2008, en un pequeño taller ubicado en la parte trasera de la casa del empresario y con una sola maquinaria adquirida a crédito; rápidamente, la calidad y precisión de sus servicios la llevaron a ampliar su capacidad de producción y a convertirse en una emergente empresa del sector metalmecánico en la actualidad.

En función de ello, la pymes ofrece un servicio especializado y personalizado a sus clientes para conocer sus necesidades y de este modo, garantiza que el cliente participe en el proceso de producción ya que se mantiene informado de la elaboración de sus piezas. Aun cuando la empresa no posee una certificación oficial de sus productos y servicios, se esfuerza en satisfacer los requerimientos de sus clientes.

Misión

Ofrecer soluciones integrales con servicios y productos de alta calidad, mediante una eficiente organización y los mejores recursos humanos de la industria para la satisfacción de los requerimientos nuestros clientes.

Visión

Ser una organización importante a nivel nacional y constituirse en forma sostenida como un proveedor confiable de piezas industriales para sectores productivos del país.

Estructura Organizativa

Como puede observarse en la figura N° 12, la empresa tiene una estructura organizativa sencilla, propia de las pymes, donde se tienen tres niveles jerárquicos: una gerencia general, el nivel administrativo y operativo. Puede diferenciarse claramente la existencia de dos procesos macros fundamentales, que es el proceso administrativo concentrado entre la Gerencia y el departamento de Finanza; y un proceso operativo donde se encuentran Producción, ventas y almacenamiento.

Figura N° 12. Estructura Organizativa de la Empresa Metalmecánica.



Fuente: Elaboración Propia (2021). Con información de suministrada por la Gerencia.

La plantilla de recursos humanos se describe en la Tabla N° 2, la empresa sólo cuenta con Once trabajadores de los cuales siete son operarios del área de producción.

Tabla N° 2. Descripción del Personal de la Pyme.

Cargo		Población
	Gerente General	1
	Administrador	1
	Asistente Administrativo	1
	Producción	2
	Soldadores	3
	Habilitador	1
	Analista de Ventas	1
	Almacenista	1
	TOTAL	11

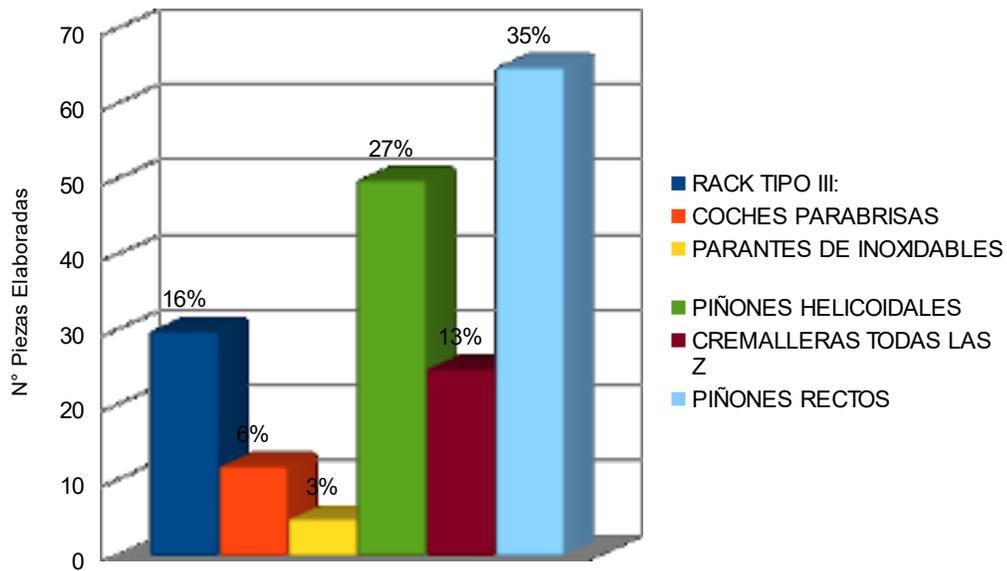
Fuente: Elaboración Propia (2021). Con información de suministrada por la Gerencia.

Productos

La empresa metalmecánica XYZ ofrece el servicio de diseño, mecanizado y fabricación de piezas y partes de maquinarias para la industria. Entre los productos elaborados se tienen las cremalleras, piñones helicoidales y rectos de diferentes diámetros, abrazaderas, bocinas, punzones y pines, entre otras piezas. Adicionalmente, elaboran estructuras metálicas tales como racks tipo III, parantes en acero inoxidable y estructuras para parabrisas.

En el gráfico N° 1 se muestran el promedio de ventas/mes según el tipo de pieza manufacturada, considerando las ventas realizadas durante el mes de Abril del 2021.

Gráfico N° 1. Promedio de Ventas/mes según el tipo de pieza. (Abril 2021)



Fuente: Elaboración Propia (2021) Con información de las ventas mensuales 2020

Por esta razón, la evaluación del proceso productivo estará centrada en las piezas metalmecánicas de mayor demanda de servicios en la empresa que son los piñones rectos con sus respectivos engranajes en diferentes diámetros.

Los piñones son piezas dentadas y rectas que se emplean generalmente para facilitar el movimiento giratorio entre dos o más ejes, está formado por un engranaje motriz, comúnmente, llamado piñón y una rueda. La información básica para su cálculo y diseño, es el número de dientes, el diámetro externo y el módulo, este último se obtiene de la relación entre el número de dientes y el diámetro del cilindro que mantiene contacto con los demás engranajes cuyo nombre es diámetro primitivo (DP).

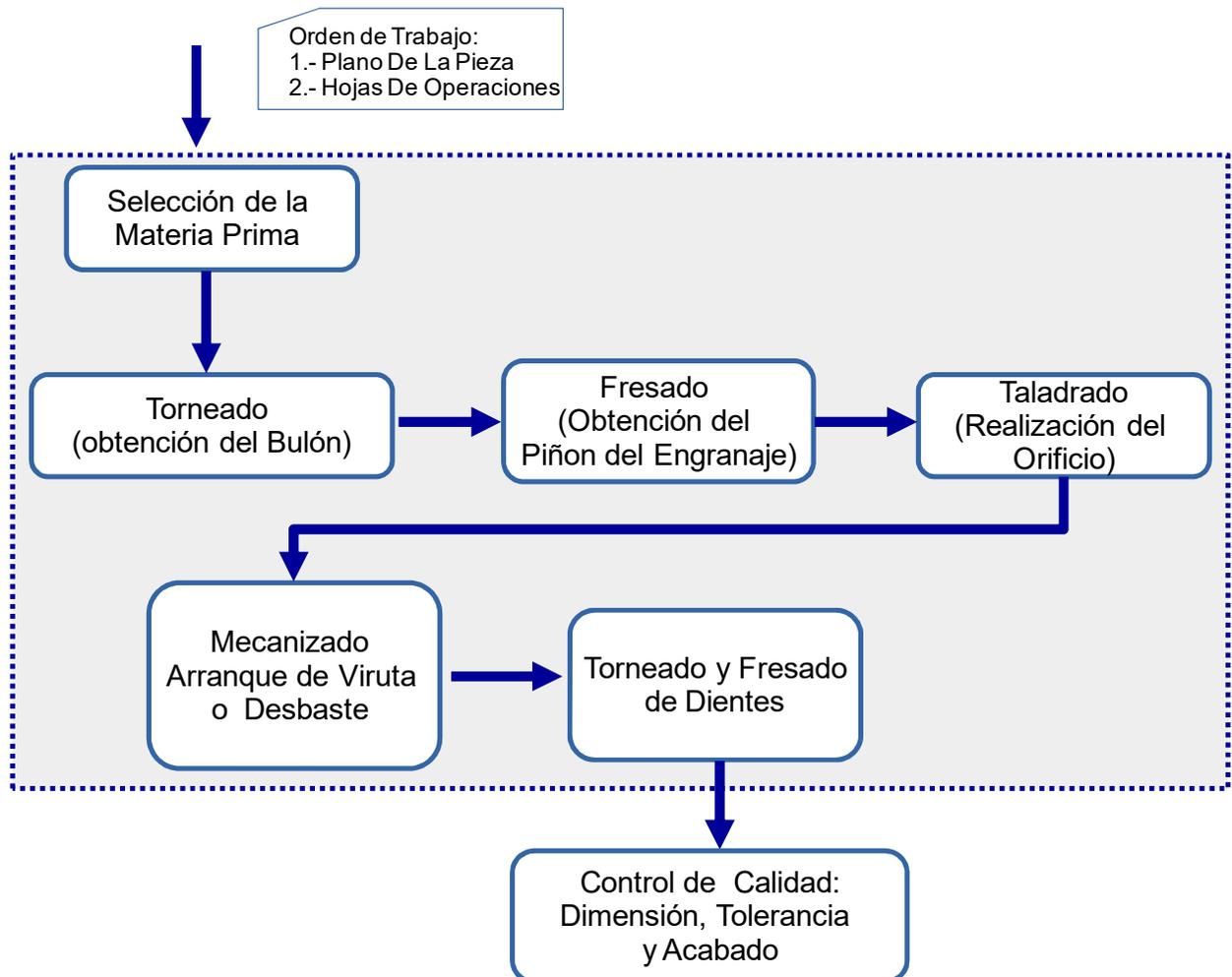
Proceso de Producción

La producción de piezas metalmecánicas requiere de un conjunto de procesos industriales que se aplican a una materia prima para fabricar en forma y tamaño una pieza o engranaje. El proceso de producción se puede observar a continuación en la Figura N° 13, e inicia con el boceto o diseño de la pieza con las especificaciones que el cliente ha solicitado.

Es importante señalar que en algunos casos el cliente suministra una pieza o muestra física de la misma; mientras que otras empresas ya poseen el plano de sus piezas, lo que facilita el proceso productivo. Sin embargo, sólo se llevará a cabo el estudio del proceso de producción donde es necesario prestar el servicio de diseño de los piñones.

Este está compuesto por ocho procesos de fabricación y manufactura, que se inicia con la realización del diseño de la pieza, la selección de materia prima, el torneado, fresado, taladrado. Mecanizado, elaboración de los dientes y el control de calidad.

Figura N° 13. Proceso de Producción de Piñones Rectos.



Fuente: Elaboración Propia (2021) con información del Área de Producción

Durante la fase diagnóstica, se pudo determinar la existencia de algunas debilidades en el proceso de producción que limitan la capacidad de producción e impiden que la pyme pueda asumir compromisos con sus clientes y cumplirlos de manera satisfactoria. En el diagrama de Ishikawa, figura N° 14, se pueden observar los factores que inciden en la limitada capacidad de producción de la empresa:

Figura N° 14. Diagrama Ishikawa. Factores que inciden en el Proceso de Producción de la pyme.

LIMITACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN PYME METALMECÁNICA

Elementos del proceso de productivo que inciden directamente en la capacidad de producción de la Pyme Metalmeccánica y limitan la productividad.



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Como puede observarse uno de los factores de mayor impacto en la capacidad de producción son las operaciones del proceso, las cuales se caracterizan por:

- .- Deficiente organización del trabajo
- .- Ausencia de estandarización.
- .- Deficiencia en el diseño del proceso.
- .- Reproceso de Productos terminados.

En este sentido, la metodología LSS se aplicará para ejecutar mejoras que permitan el abordaje de estas causas que afectan de manera significativa la productividad de la empresa y la satisfacción de sus clientes.

2.- Identificación de Oportunidades de Mejoras

Para determinar las oportunidades de mejoras en el proceso de producción, se analizaron las no conformidades en los productos terminados en general, haciendo énfasis en los piñones rectos, tomando como base los Puntos Críticos de Satisfacción del Cliente. Se procederá a revisar el cumplimiento de los mismos, para una muestra de la producción de piñones y engranajes rectos No Conformes (PNC) durante el mes de Abril a Mayo 2021 y los resultados se pueden observar en la tabla N° 3.

Con el total de puntos críticos en la muestra se procedió a calcular la frecuencia con la cual se incumplía cada criterio de calidad sirviendo de base para la construcción del Diagrama de Pareto, el cual se muestra en el

Gráfico N° 2. De allí se da a conocer en qué puntos críticos se encuentra el 80% de las no conformidades.

Tabla N° 3.- Matriz de Cumplimiento de PCSC

Nombre del Indicador: Cumplimiento de los PCSC				Tamaño de la Muestra:			
Período de Evaluación: Del: Abril 2021				Al: Mayo 2021			
Puntos Críticos de Satisfacción del Cliente							
1	Exactitud en el diseño de la Pieza (De acuerdo al Plano)	3	Adecuadas medidas de la pieza (Tolerancia)	5	Tamaño adecuado de la Pieza	7	Cumplimiento del Tiempo de Entrega
2	Calidad del Materia Prima empleado	4	Cero rugosidad	6	Acabado óptimo de la Pieza	8	Forma de la Pieza según lo diseñado

EVALUACIÓN DE LOS PUNTOS CRÍTICOS DE SATISFACCIÓN AL CLIENTE									
Tamaño de la Muestra:			11 PNC		Producto:		Piñones Rectos		
Criterio	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
Muestra									
1	1		1	1		1	1	1	6
2	1	1			1			1	4
3			1	1	1	1	1		5
4	1		1		1		1	1	5
5	1	1	1		1		1	1	6
6			1		1		1	1	4
7	1		1		1		1		4
8	1		1	1		1	1		5
9			1		1			1	1
10	1		1	1		1	1		5
11			1	1	1	1	1	1	6
TOTAL	7	2	10	5	8	5	9	7	53

Fuente: Elaboración Propia (2021)

El abordaje de estos puntos críticos determinará la construcción de la Matriz de Proyectos LSS; una vez evaluados los Puntos Críticos, se procede a

calcular la frecuencia en la cual cada criterio o PCSC no se cumplió en el producto que ha sido definido como no conforme y se construye una tabla de frecuencia a los fines de construir el Diagrama de Pareto.

A continuación, en la Tabla N° 4, se muestra la frecuencia de las no conformidades, ordenadas de forma decreciente, presentes en la muestra tomada. Se determina el porcentaje que representa cada criterio no conforme del total de PCSC evaluados.

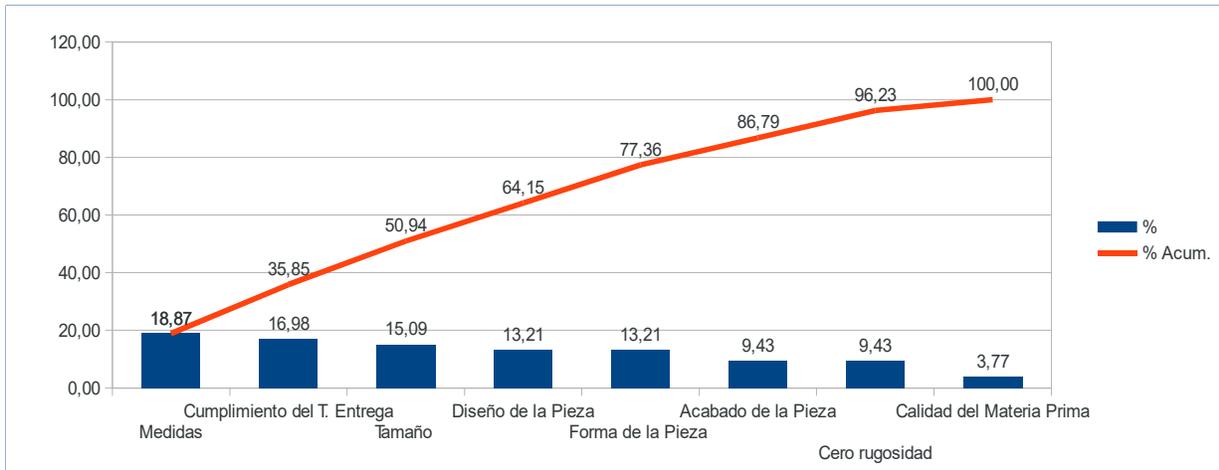
Tabla N°4. Frecuencia de No Conformidades en la Muestra Evaluada

PCSC	Frecuencia NC	%	%Acum.
Adecuadas medidas de la pieza)	10	18,87	18,87
Cumplimiento del Tiempo de Entrega	9	16,98	35,85
Tamaño adecuado de la Pieza	8	15,09	50,94
Exactitud en el diseño de la Pieza	7	13,21	64,15
Forma de la Pieza	7	13,21	77,36
Acabado de la Pieza	5	9,43	86,79
Cero rugosidad	5	9,43	96,23
Calidad del Materia Prima	2	3,77	100,00
	53	100	

Elaboración Propia (2021)

En el gráfico N° 2, se presenta el diagrama de Pareto donde se muestran el cumplimiento de los PCSC:

Gráfico N° 2. Diagrama de Pareto



Elaboración Propia (2021)

Como puede observarse en el análisis de Pareto, el 80% de las No Conformidades de las piezas están asociadas al diseño, tamaño, forma y dimensiones de los piñones rectos; también se observa que no hay cumplimiento de los tiempos de entrega, probablemente es ocasionado por el reproceso ya que, al no cumplir con un criterio de Satisfacción al Cliente, la pieza es devuelta para ser corregida ocasionando un retrabajo, es decir, un desperdicio tal como lo define LSS.

Estos resultados han puesto de manifiesto las oportunidades de mejoras en el proceso de producción de piñones rectos de la Pyme; en este sentido, se agruparon los puntos críticos relacionados a la descripción geométrica de la pieza para proceder a presentar la matriz de proyectos Lean Six Sigma a través de la Tabla N°5:

Tabla N° 5. Matriz de Proyectos Lean Six Sigma

PCSC	Oportunidad de Mejoras	Proyectos Identificados	Metas	Tiempo de Ejecución	Inversión Estimada
.- Adecuadas medidas de la pieza (Tolerancia)	Problemas con la descripción geométrica de las piezas (Productos NO Conformes)	1.- Implantación de un Sistema de Diseño Asistido por computadora (Autocad)	.- 100 % Diseño de las Piezas sean elaborados en Autocad para disminuir los PNC debido a Diseños Inexactos.	1 mes Plan Piloto de Contratación de Diseñador	S/1600 al Mes
.- Tamaño adecuado de la Pieza		2.- Incorporación operaciones de verificación de medida y diseño de la pieza al final de cada proceso	Disminuir las Productos No Conformes (PNC) por defectos en las medidas, forma y tamaño de la Pieza	Inmediato	0
.- Exactitud en el diseño de la Pieza		3.- Capacitación del Personal en Sistema de Medición	100% Personal de Producción Capacitado en la toma de mediciones y manejo de equipos	1 mes	Por estimar de acuerdo a un Plan de Capacitación y Formación del Personal
.- Forma de la Pieza según lo diseñado.					
Cumplimiento en los Tiempos de Entrega	Incumplimiento del Plan Maestro de Producción	4.- Implementación de un Sistema de Producción Justo A Tiempo	.- Disminuir en un 10% máximo los incumplimiento en los Tiempos de Entrega .- Aumentar la Capacidad del Proceso	1 mes	0

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Estos proyectos serán evaluados según la siguiente escala de valores (Ver Tabla N° 6), para posteriormente ser sometidos al proceso de decisión por parte del Champi3n. Se tomará en cuenta una escala de valores cualitativa para evaluar el impacto de cada proyecto donde:

5-Alto, 4- Medio Alto, 3- Medio, 2- Bajo y 1- Ninguno.

Tabla N° 6. Evaluación de los Proyectos LSS

Criterios de Evaluación	Proyecto N° 1	Proyecto N° 2	Proyecto N° 3	Proyecto N° 4
1.- Inversión Inicial	5	5	3	5
2.-Tiempo de Ejecución	5	5	2	5
3.- Impacto Operacional	5	5	5	5
1.-Disminución de Costos	5	5	5	4
2.-Satisfacción de Clientes	5	5	3	4
TOTAL	25	25	18	23

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Una vez evaluados los proyectos de mejoras, estos se organizarán en una matriz de resultados la cual se puede visualizar en la Tabla N° 7 donde se tomará en cuenta el impacto total obtenido y finalmente, se elegirá el proyecto Lean Six Sigma que se llevará a cabo en la presente investigación bajo la metodología DMAIC.

Tabla N° 7. Matriz de Resultados. Evaluación de Proyectos de Mejora.

Nombre del Proyecto	Nivel de Impacto
.- Implantación de un Sistema de Diseño Asistido por computadora (Autocad)	Alto
.- Incorporación operaciones de verificación de medidas y diseño de la pieza al final de cada proceso	Alto
.- Implementación de un Sistema de Producción Justo A Tiempo	Medio Alto
.- Capacitación del Personal en Sistema de Medición	Medio

Fuente: Elaboración Propia (2021)

De los cuatro proyectos de mejoras presentados, el equipo LSS optó por ejecutar los proyectos 1 y 2 debido a que significa una mejora en el proceso de producción de gran importancia debido a que actualmente, los diseños de las piezas son efectuados de forma manual con un alto impacto en la generación de productos que no satisfacen los criterios de satisfacción del cliente. Así mismo, generan un desperdicio que limita la capacidad de producción del proceso debido al reproceso de piezas por defectos en la geometría.

Adicionalmente, se espera que la incorporación de actividades de verificación de medidas y diseño al término de cada operación permitirá disminuir el porcentaje de productos no conforme, el cual se ubica en 16,92% de las piezas que requieren ser sometidas nuevamente a operaciones de mecanizado para cumplir con los PCSC. Como consecuencia de la ejecución de los proyectos 1 y 2, se impactará de manera positiva los tiempos de entrega, con el fin de aumentar el cumplimiento de los pedidos.

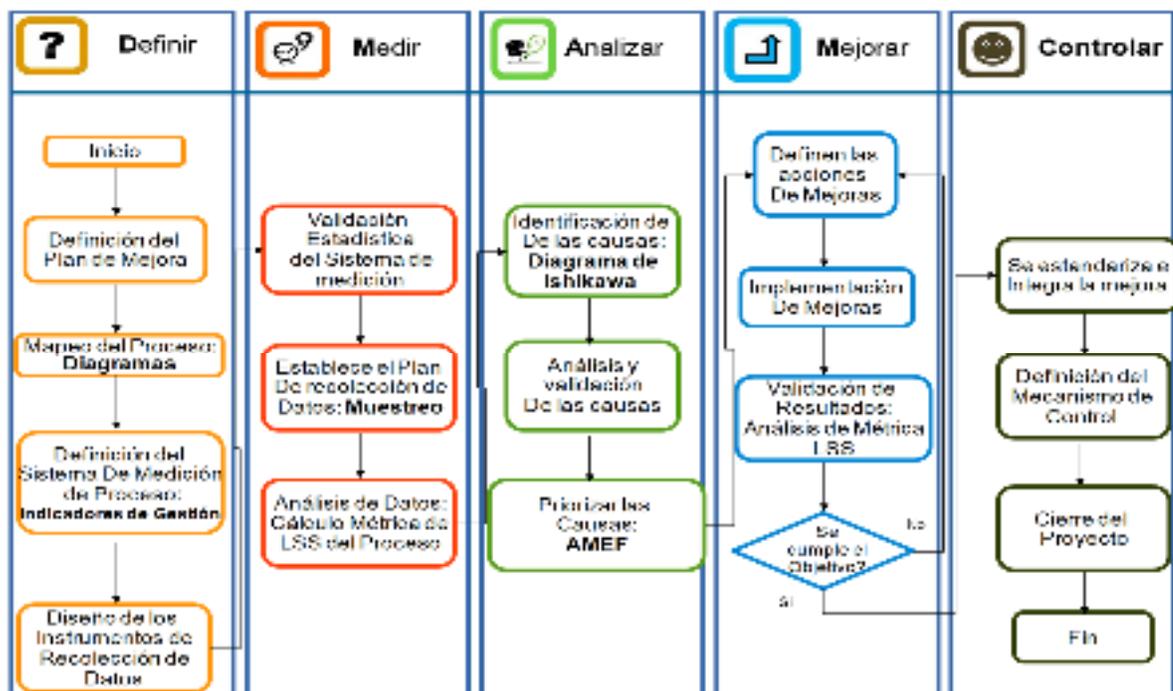
- **Fase 3: Ejecución**

Se procederá a la aplicación de la Metodología DMAIC, descrita en la Figura N° 15, con el propósito de desarrollar el Plan de Mejora derivado del proyecto seleccionado siendo la intención principal llevar a cabo el abordaje del foco u oportunidad de mejora que se ha detectado en la fase diagnóstica

en virtud de aumentar la capacidad de producción de la empresa metalmecánica.

Es importante señalar, que se toma como referencia el procedimiento metodológico de DMAIC para proyectos Lean Six Sigma diseñado por Felizzola y Luna (2014) para ser aplicado a las pequeñas y medianas empresas (pymes). Esta metodología consta de cinco etapas que contempla Lean Six Sigma y dentro de cada una de ella se especifica las actividades que se realizarán para llevar a cabo las mejoras que requiere el proceso productivo a nivel de sus operaciones para aumentar su desempeño operacional y la calidad de sus productos.

Figura N° 15. Metodología DMAIC



Fuente: Elaboración Propia (2021) fundamentado en el proceso DMAIC para Pymes de Felizzola y Luna (2014)

1.- DEFINIR

Durante esta fase se definirán los aspectos inherente al Plan de Mejora continua y esto se registran en la plantilla del Project Charter se muestra en la Tabla N° 8, entre los cuales se encuentran: El nombre del proyecto, el área en el cual se aplicará, la descripción de la problemática existente, las oportunidades de mejoras identificadas y se establecen los objetivos a alcanzar, los alcances y limitaciones del Proyecto; así como, se presenta la planificación de las fases de Lean Six Sigma y los niveles de responsabilidad de los miembros del equipo LSS.

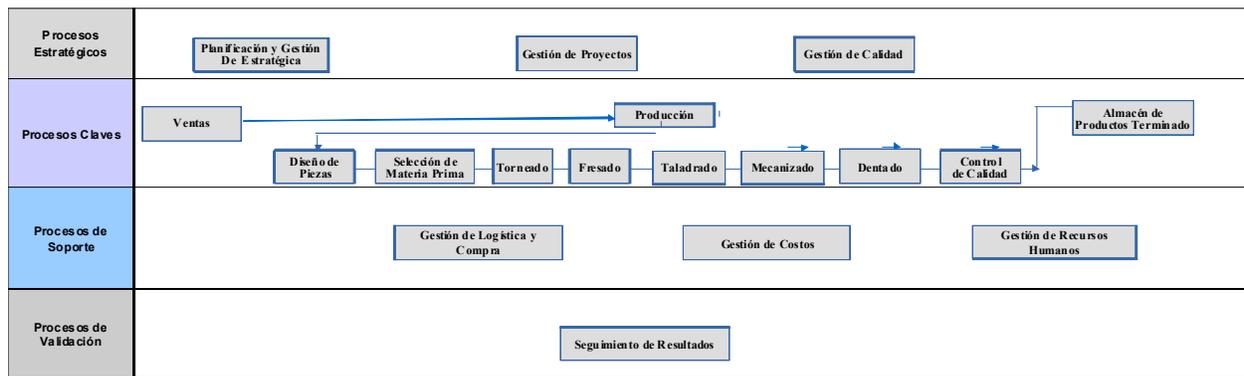
Tabla N° 8. Matriz del Project Charter

Nombre del Proyecto:	Implantación de un Sistema de Diseño Asistido por computadora (Autocad) e Incorporación operaciones de verificación de medidas y diseño de la pieza al final de cada proceso			
Área	Departamento de Producción de la Pyme Metalmecánica			
Caso de Negocio (Planteamiento de la Problemática)	Oportunidades de Mejora			
Limitación de la capacidad de producción e insatisfacción de los puntos críticos de satisfacción del Cliente (PCSC) originados por la producción de productos no conformes desde el punto de vista geométrico (diseño, forma, medidas, tamaño), que generan que el 16,92% de la producción para un mes en específico sea reprocesada. Ocasionando no sólo el incumplimiento de las fechas de entrega sino un bajo rendimiento del proceso para asumir nuevos pedidos. Actualmente, el diseño es elaborado de forma manual por uno de los operarios de mayor experiencia y no se dispone de un sistema de diseño asistido por computadora ni el personal capacitado para llevar a cabo las actividades.	<p>1.- Problemas con la descripción geométrica de las piezas, es decir insatisfacción de los Puntos Críticos de Satisfacción al Cliente relacionados a medida, diseño, forma y tamaño de las piezas elaboradas, lo que generan un 16,92% de productos no conformes (PNC)</p> <p>2.- Incumplimiento en los Tiempos de Entrega</p>			
Objetivos	Alcance			
<p>- 100 % Diseño de las Piezas sean elaborados en Autocad para disminuir los PNC</p> <p>- Disminuir los Productos No Conformes (PNC) por defectos en las medidas, forma y tamaño de la Pieza en un 50 %</p>	El proyecto se limita a las operaciones de diseño y elaboración de las piezas metalmecánicas para mejorar la calidad de los productos y aumentar la satisfacción de los clientes.			
Plan del Proyecto	Inicio	Final	Tiempo Empleado	Equipo Responsable
1. Definir	01/05/2021	30/05/2021	30 días	Integrante: %Ocupación
2. Medir	01/06/2021	15/06/2021	15 días	Gerente Champión 10
3. Analizar	16/06/2021	20/06/2021	5 días	Jefe de Prod. Black Belt 50
4. Mejorar	20/06/2021	20/07/2021	30 días	Trabajador Green Belt 40
5. Controlar	21/07/2021	31/07/2021	10 días	

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Se realiza el mapeo del proceso, ver figura N° 16, identificando los procesos estratégicos, claves, de soporte y validación que constituyen el marco de funcionamiento y operatividad de la pyme. Con ello, se establecen las variables que serán evaluadas para la métrica LSS, el cual permitirá determinar las operaciones del proceso, los tiempos de producción y el inventario de piezas en proceso.

Figura N° 16. Mapeo del Procesos de la Pyme Metalmeccánica



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Entre los procesos estratégicos de la empresa se tienen: la planificación y gestión a cargo del empresario, los proyectos de crecimiento y la gestión de calidad. Mientras que los procesos claves son Ventas y Producción, en la cual se lleva a cabo la vinculación con el cliente y sus demandas de productos.

En los procesos de soportes se tienen la gestión logística y de compra, costos y recursos humanos, que son piezas fundamentales directamente relacionadas con el proceso de producción y sus requerimientos materiales

y humanos. Finalmente, se tiene un proceso de validación para el seguimiento de los resultados y la mejora de la gestión integral del proceso. También se analizará al detalle las operaciones a través de la construcción del diagrama de flujo de operaciones ejecutadas durante el proceso de producción de los piñones rectos que se presenta en la figura N° 16. Es importante, enfatizar que se consideran los pedidos que requieren de la realización del diseño de la pieza partiendo de una muestra que haya suministrado el cliente.

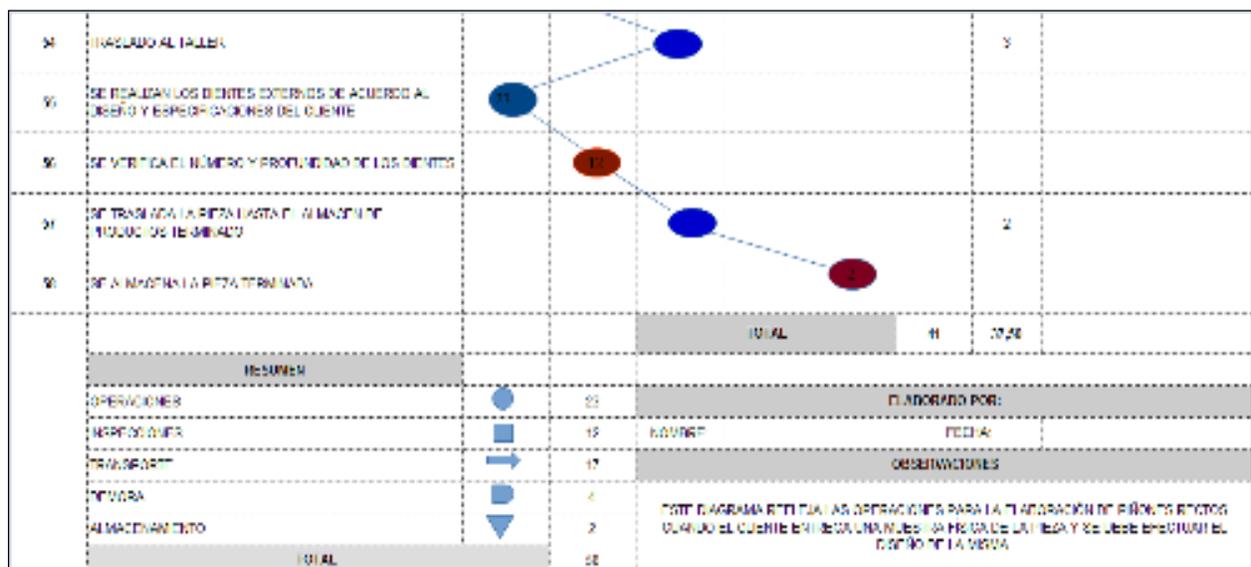
Esto en concordancia con los resultados obtenidos a través del análisis del Diagrama de Pareto, el cual indica que las deficiencias del proceso productivo que más desperdicios genera son aquellas relacionadas a la geometría de las piezas, en especial las medidas de los piñones.

En la Figura N°17, se presenta el Diagrama de Flujo de Proceso Actuales donde se podrá visualizar las operaciones, las inspecciones, traslados y demoras que se ejecutan para la elaboración de los piñones rectos.

Figura N° 17. Diagrama de Flujo de Procesos para elaborar Piñones Rectos.

MÉTODO ACTUAL		FECHA		PROCESO			ELABORACIÓN DE PIÑONES RECTOS		
N°	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	OPERACIÓN	RESERVA	TRANSPORTE	DEMORA	ALMACENAR	TIEMPO PROMEDIO (MIN)	DISTANCIA (M)	OBSERVACIONES
		●	■	➔	◐	◑			
1	TRASLADO A LA OFICINA DE VENTAS RECIBIR LA MUESTRA DE LA PIÑAY LA CREACIÓN DE LA ORDEN			●			7,6		JEFE DE PRODUCCIÓN
2	REVISIÓN DE INSTRUCCIONES				●		5		JEFE DE PRODUCCIÓN
3	SEÑALA POCO O A MÁS AL AZAR DE LA PIEZA A CLASIFICAR	●							OPERARIO CON EXPERIENCIA EN EL LO
4	COMPARA MEDIDAS Y REALIZA CÁLCULO DE CORRECCIONES SI NECESITA	●							
5	TRASLADO AL ALMACÉN DE MATERIAS PRIMAS			●			2		JEFE DE PRODUCCIÓN Y TORNERO
6	DETERMINA LA MATERIA PRIMA A UTILIZAR EN EL ALMACÉN		●						
7	REVISIÓN DE INSTRUCCIÓN DE MATERIALES				●		3		
8	RECIBE MATERIALES (PREFORMA)	●							
9	TRASLADO AL TALLER			●			2		
10	REVISIÓN ESTADO DE LA PREFORMA		●						TORNERO
11	REVISIÓN LA PREFORMA	●							
12	TRASLADO HASTA EL TORNO			●			1,7		
13	PROCEDE A SUJETAR LA PREFORMA	●							
14	VERIFICACIÓN DE SUJECIÓN		●						
15	TRASLADO HASTA EL ESTANTE DE LAS HERRAMIENTAS			●			2,55		
16	SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CORTE	●							
17	TRASLADO HASTA EL TORNO PARA CORTE DE LA PREFORMA			●			2,55		
18	CORTE DE PREFORMA CON UN ESNERIL	●							
19	SE ALMACENA LOS RESIDUOS DE LAMINA				●				
20	SELECCIÓN DE LA CUCHILLA	●							
21	COLOCACIÓN DE LA CUCHILLA EN EL TORNO	●							
22	VERIFICACIÓN DE LA CUCHILLA		●						
23	SE AFILIA PARA ELIMINAR LOS HERNOS Y AJUSTAR LA AGUDAD DE LA PREFORMA	●							SE AFILIA PARA ELIMINAR IMPERFECCIONES EN EL CORTE
24	CLINDRADO PARA REDUCCIÓN DEL DIÁMETRO	●							
25	SE VERIFICA LA REPRESENTA Y EL CLINDRADO		●						

25	SE RETIRA LA PROFORMA DEL TORNO	15				
26	SE VERIFICA LAS MEDIDAS LONGITUD Y DIAMETRO (TORNO)	16				
28	TRASLADO AL TALLADO DEL MATERIAL PARA MEDIR EL DIAMETRO INTERIO	17			1,5	
29	SE MIRA POR REVOLUCIÓN Y SE AJUSTA A PUNTO DEL TALLADO	18			10	
30	SE SUJETA LA PIEZA	19				
31	VERIFICACION DE LA SUJECION	20				
32	TRASLADO AL ALMACÉN PARA MEDIR LA CROCA	21			5	
33	SELECCION DE LA CROCA Nº 1 PARA EL FINADO DE LOS BOCALOS, LAS BUCAS DE BENCH DE LAS ESTACIONACIONES DE LA PIEZA	22				PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO
34	TRASLADO AL TALLE	23			2	
35	SE TALLA LA PIEZA CON BUNDA Nº 1	24				
36	VERIFICA LA OPERACION DE USUARIO	25				
37	TRASLADO AL ALMACÉN PARA MEDIR LA CROCA Nº 2	26			5	
38	REALIZA LA SELECCION DE LA CROCA Nº 2	27				
39	TRASLADO AL TALLE	28			2	
40	SE TALLA LA PIEZA CON BUNDA Nº 2	29				
41	VERIFICA LA OPERACION DE USUARIO	30				
42	TRASLADO AL ALMACÉN PARA MEDIR LA CROCA Nº 3 PARA LAS BUCAS DE BENCH CON LAS ESTACIONACIONES DEL CUERPO	31			5	
43	SE TALLA LA CROCA Nº 3	32				
44	TRASLADO AL TALLE	33			2	
45	TALLADO CON BUNDA Nº 3	34				
46	VERIFICA LA OPERACION DE TALLADO, EL DIAMETRO INTERIO	35				
47	SE DESMONTA LA PIEZA DEL TALLADO	36				
48	SE TRASLADA A LA MESADORA	37			2,5	
49	SE REALIZA UN INSPECCION VISUAL	38			10	PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE UN TALLADO DE PIEZA
50	SE MONTA Y MIDE LA PIEZA	39				
51	SE RETIRA LA SUJECION	40				
52	TRASLADO AL ALMACÉN DE ESTAMPINAS	41			3	
53	SELECCIONA LA MESA	42				



Fuente: Elaboración propia (2021) Con información suministrada por el Jefe de Producción de la Empresa.

Como puede observarse en el diagrama, la elaboración de una pieza a partir de una muestra física involucra la ejecución de 58 actividades, de las cuales existen 17 son de traslado representando el 29, 31% del total para un recorrido aproximado de 37,5 m por cada pieza elaborada. Por otra parte, es necesario evaluar las demoras en el proceso que se produce cuando los equipos deben ocuparse para el reproceso o rectificación de medidas de piezas no conformes.

Durante la etapa de definición, es necesario entender que el proceso de producción de piezas metalmecánica está centrado en elaborar piezas que deben cumplir con determinadas especificaciones consideradas en la fase de diseño, sino cumplen son piezas que deberán ser reprocesadas.

Por esta razón, una de las variables más importante en este tipo de procesos es el diseño. Sin embargo, para la métrica LSS se definen las variables que se muestran en la tabla N° 9.

Tabla N° 9. Variables para la Métrica LSS

Variables	Consideraciones
1.- Diseño de Piezas	<ul style="list-style-type: none"> .- El diseño de la Pieza es estandarizado .- Se tiene de una muestra para el diseño de la pieza .- Se dispone de un croquis de la pieza
2.- Materia Prima	<ul style="list-style-type: none"> .- Son materias primas que se manejan por inventarios definidas a partir de la Planificación Maestra de la Producción. .- Se trabaja con proveedores .- El cliente suministra la materia prima
3.- Las Operaciones para fabricar la pieza y la secuencia	<ul style="list-style-type: none"> .- Tamaño del Lote .- Capacidad de la Máquina que limita el proceso. .- Dependencia entre las operaciones de producción
4.- Tiempo De Producción	<ul style="list-style-type: none"> .- Tiempo de mecanizado: Tiempo total de las operaciones .- Tiempo muerto (el diseño, paradas, suministro de la materia prima)
5.- Maquinarias y Herramientas empleadas en el proceso	<ul style="list-style-type: none"> .- Forma y tamaño de la pieza .- Precisión de la pieza .- Tasa de Producción

Fuente: Elaboración Propia (2021) con información suministrada por el Área de Producción.

Finalmente, se define el sistema de medición y se diseñan los indicadores de gestión de proceso, ver tabla N° 10, los cuales serán objeto de estudio durante y después de la ejecución de las mejoras para medir el impacto de las acciones emprendidas en la capacidad del proceso productivo.

Tabla N° 10. Indicadores de Gestión para la Métrica LSS

N°	Nombre del Indicador	Definición	Presentación	Unidad	Meta
1	Productos No Conformes (PNC)	Cuantifica el número de piezas que no cumplen con los PCSC en un Período de Producción Determinado.	Mensual	%	5%
2	Disponibilidad de Equipos Producción (DEP)	Disponibilidad de los Equipos para el 100% de los trabajos previstos	Mensual	%	100%
3	Eficiencia del Proceso (EP)	Es la razón el número de piezas producidas y el número de piezas planificadas en un período de tiempo	Mensual	%	100%
4	Índice de Calidad (IC)	Es la relación entre el número de piezas conformes producidas y el total de la producción en un lapso de tiempo.	Mensual	%	100%
5	Eficiencia General de los Equipos (EEO)	Permite conocer el tiempo efectivo del proceso de producción considerando la disponibilidad de los equipos, la calidad y la eficiencia del proceso.	Mensual	%	100%
6	Capacidad del Proceso (CP)	Permite determinar la amplitud de la variación del proceso de una característica de la calidad otorgada.	Mensual	Unidad	1

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Adicionalmente, se diseñan los instrumentos de Recolección de Datos del Proceso que será aplicado en la etapa de medición, entre los cuales se tiene:

.- Formato para el Reporte de la Producción y Paradas (ver Anexo A)

.- Fichas de Observación para:

1.- Requerimientos de Producción

2.- Reprocesos

3.- Índice de Capacidad del Proceso y Rendimiento.

2.- MEDIR

La metodología Lean Six Sigma se caracteriza por realizar el análisis de procesos tomando en cuenta la mayor cantidad de información posible del mismo. En este caso, luego de definir todo el sistema de medición será necesario validar el mismo a través de métodos estadísticos y se procede a aplicar un Análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R').

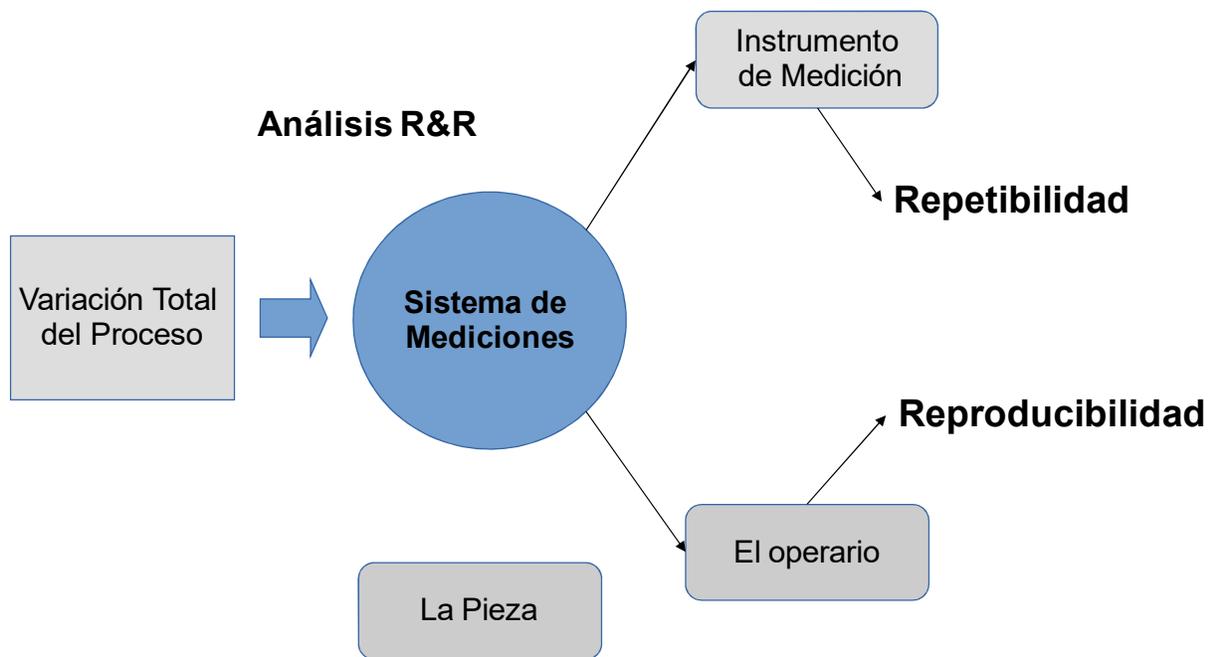
.- Validación del Sistema de Medición:

En virtud de que las no conformidades en los piñones rectos se deben a problemas con la descripción geométrica de las piezas, principalmente el diseño, tamaño y forma; se procede a la validación del sistema de medición empleado en el estudio ya que es necesario contar con un método confiable para el proceso de mejora continua que se está llevando a cabo en la pyme. En este sentido, se toma en cuenta un pedido en el cual el cliente ha suministrado la muestra física de la pieza para la elaboración de 10 piñones rectos. Se solicitó la colaboración de tres operarios para el levantamiento de la información requerida en la elaboración de los piñones, son personal con experiencia en la rama y uno de ellos tiene mayor antigüedad en la empresa. Finalmente, se procede a medir el diámetro externo e interno cuya

información es la base para la aplicación del análisis de Repetibilidad y Reproducibilidad.

El cálculo de la R&R' es vital cuando se desea conocer las propiedades de los sistemas de medición empleados por las empresas en sus controles de calidad, ayudando a conocer como influyen los sistemas de medición en las variaciones o deficiencias observadas en el proceso de producción.

Figura N° 18. Análisis Reproducibilidad y Repetibilidad (R&R).



Fuente: Elaboración Propia (2021). Según Portuondo (2010)

Tal como se muestra en la Figura N° 18, el R&R se consideran tres factores de vital importancia: el operario que lleva a cabo la medición, el instrumento de medición y las características de la pieza o producto que se someterá al estudio. La evaluación del factor R&R' que se realizó es cruzado, indica la

consistencia en las mediciones efectuadas sobre la misma pieza por tres trabajadores diferentes, de manera aleatoria en tres intentos. La característica a medir es el diámetro externo de los piñones y se procede al análisis mediante el método de promedio-rango haciendo uso de las herramientas y funciones de Excel. Para la interpretación de los resultados obtenidos, se aplica la Norma ISO 5725-2:1994 que establece los siguientes criterios:

- Si $\%R\&R' < 10 \%$, el sistema de medición, es aceptable y se puede concluir que su impacto sobre la variación del proceso es bajo.
- Para un factor de $\% R\&R'$ entre 10 y 30 %, puede considerarse que el sistema de medición es marginal y requiere mejoras aun cuando puede ser aceptado de manera temporal. En el caso donde $R\&R'$ es mayor de 30%, el sistema de medición es inaceptable y es necesario que se determinen las causas de las inconsistencias para ser mejorado en términos del operario, el método y las condiciones.

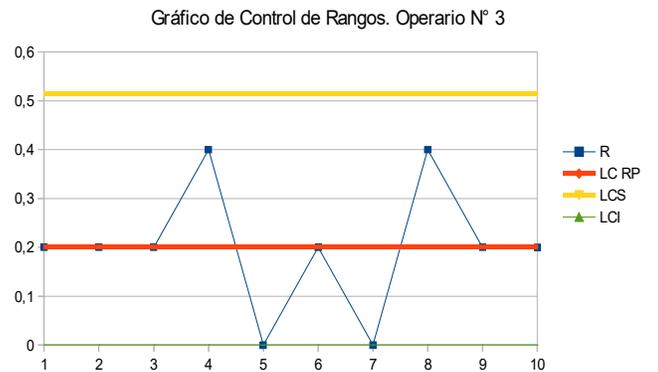
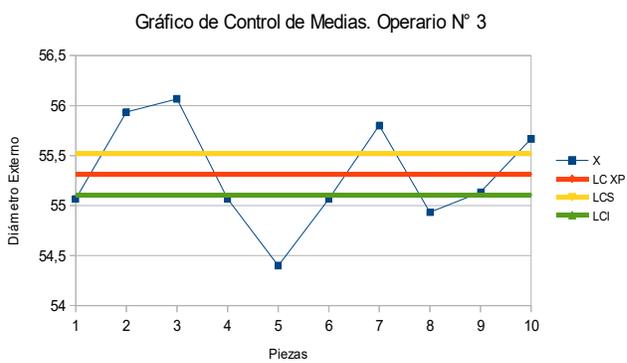
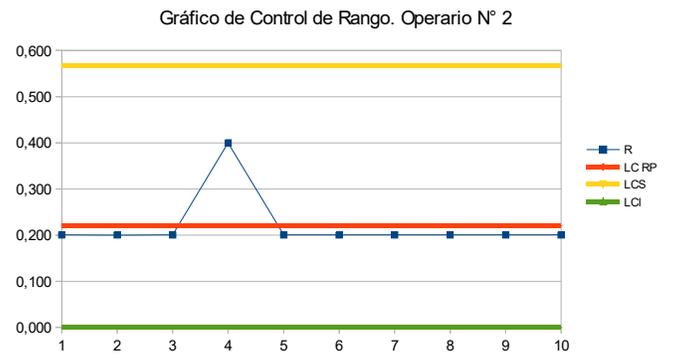
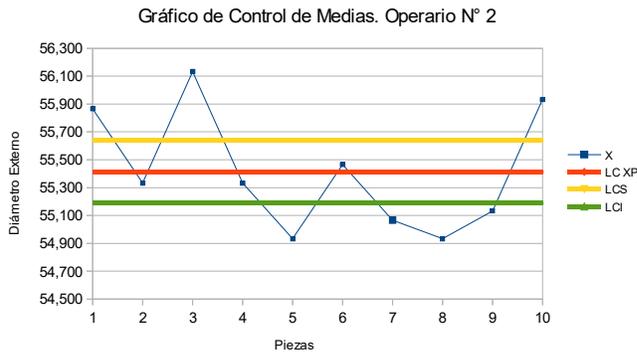
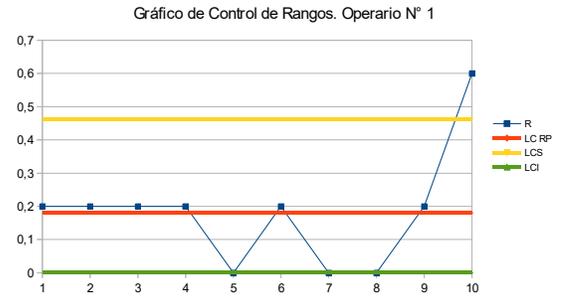
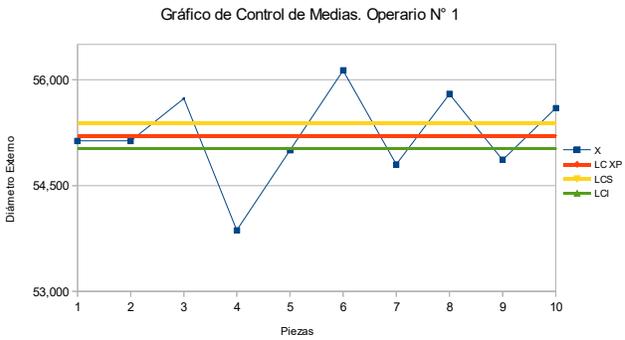
A continuación, en la Tabla N° 11, se muestran los resultados obtenidos en 10 muestras cuyo diámetro externo solicitado por el cliente es de 55 mm y 7 mm, respectivamente, con una tolerancia de +/- 2 mm.

El análisis de R&R' arroja que el 28,73% de las variaciones del proceso de producción de piñones rectos se debe al sistema de medición, que se ubica como un sistema de medición marginal. Por esta razón, se deberán aplicarse algunas mejoras tanto en los instrumentos de medición utilizados (calibrador, micrómetro y hexómetro); así como, capacitar a los operarios para el uso adecuado de los mismos.

La repetibilidad obtenida fue de 24,40% y la reproducibilidad es de 15.17%, esto indica que la inconsistencia en las mediciones puede ser originadas por el instrumento o existe una variabilidad alta en lo que respecta a las piezas evaluadas que han sido tomadas directamente del proceso productivo.

Esta última hipótesis, se confirma puesto que la evaluación de los PCSC, puso de manifiesto que el reproceso de piezas se debe a problemas con las medidas de las mismas tal como está indicando el valor obtenido de R&R'.

Gráfico N^a 3. Gráficos de Control de Media y Rango por Operario



Fuente. Elaboración Propia (2021) con información del análisis R&R'

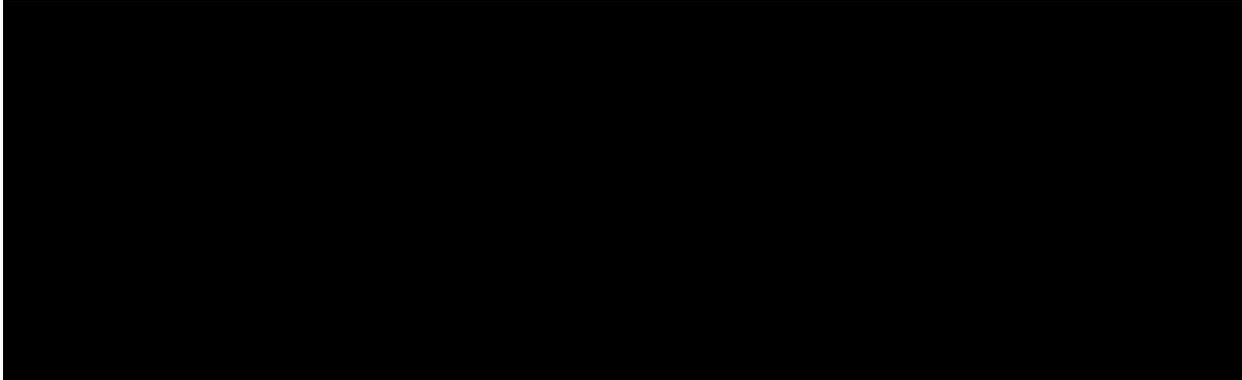
En los gráficos de control de las mediciones por operarios, se puede observar que el operario N° 2 realizó las mediciones de menor variabilidad en el rango; es decir, la medición de los diámetros externos en las piezas es semejantes y esto demuestra que hay mayor experiencia en el manejo de los instrumentos de medición y es el apropiado para llevar a cabo las mediciones de piezas en los puntos de control del proceso.

Una vez validado el sistema de mediciones, se define que las muestras a evaluar para la construcción de la métrica LSS corresponderá los pedidos recibidos durante el período comprendido entre el 01/06/2021 al 15/06/2021 y que las mediciones serán efectuadas de forma aleatoria por el operario de mayor experticia en el sistema de medición.

La Métrica LSS será el punto de partida de la aplicación de la metodología Lean Six Sigma para el desarrollo de mejoras en el proceso productivo, que estarán encaminadas a aumentar la capacidad del proceso y la calidad de los productos elaborados.

A continuación, en la Tabla N° 12, se presentan los valores de los indicadores de gestión determinados en el lapso de tiempo definido correspondiente a la fase pre Mejoras LSS, utilizando la información recabada del proceso productivo a través del Formato de Reporte de Producción (Ver Base de Datos en Anexo B). Es importante señalar que los indicadores fueron calculados diariamente; sin embargo, la tabla muestra los valores promedio de cada uno de ellos con el fin de que representen la situación inicial del proceso.

Tabla N° 12. Métrica Inicial del LSS.



Elaboración Propia (2021).

En cuanto a la Capacidad del Proceso, se procede a efectuar a la medición de la característica evaluada con el operario de mayor experiencia en el sistema de medición. Considerando la producción del período de estudio y una muestra de 16 muestras de 3 piezas, que corresponden a un pedido de piñones rectos de un diámetro externo es de 70 mm +/- 2 mm. Este indicador permite conocer la uniformidad del proceso productivo a través de la medición del potencial del mismo, siendo fundamental para la aplicación de LSS.

Particularmente, se determinó el factor de Capacidad Potencial (Cp) y Capacidad Real (Cpk), el análisis de estos indicadores indicará si el proceso de producción es capaz de satisfacer los requerimientos de los clientes, en lo que respecta a los PCSC inherentes a la geometría de las piezas que se solicitan en los pedidos.

En la Tabla N° 13, se puede visualizar la base de cálculo para la determinación del Cp y Cpk.

Tabla N° 13. Índices de Capacidad del Proceso (Cp y Cpk).

Diámetro Externo (mm)					Target (mm)	70	Tolerancia= +/- 2
Muestra 1	X1	X2	X3	X	LS	LI	Target
1	70	70	72	70,67	72	68	70
2	70	70	68	69,33	72	68	70
3	72	70	70	70,67	72	68	70
4	70	70	70	70,00	72	68	70
5	70	70	72	70,67	72	68	70
6	72	70	68	70,00	72	68	70
7	70	70	70	70,00	72	68	70
8	70	70	68	69,33	72	68	70
9	70	70	70	70,00	72	68	70
10	72	70	70	70,67	72	68	70
11	70	70	70	70,00	72	68	70
12	70	70	72	70,67	72	68	70
13	70	70	70	70,00	72	68	70
14	70	70	70	70,00	72	68	70
15	72	70	70	70,67	72	68	70
Promedio de las Medias:			XP	70,18			

Muestra	X1	X2	X3	Desviación Estándar
1	70	70	72	1,155
2	70	70	68	1,155
3	72	70	70	1,155
4	70	70	70	0,000
5	70	70	72	1,155
6	72	70	68	2,000
7	70	70	70	0,000
8	70	70	68	1,155
9	70	70	70	0,000
10	72	70	70	1,155
11	70	70	70	0,000
12	70	70	72	1,155
13	70	70	70	0,000
14	70	70	70	0,000
15	72	70	70	1,155
Promedio de la Desviación Estándar Muestral		DESV. EST.		0,749

Capacidad Potencial y Real							
Capacidad Potencial (Cp)							
Fórmula: $C_p = (LSE - LIE) / 6 * Desv. Est$	<table border="0"> <tr><td>LIE</td><td>68</td></tr> <tr><td>LSE</td><td>72</td></tr> <tr><td>XP</td><td>70,18</td></tr> </table>	LIE	68	LSE	72	XP	70,18
LIE	68						
LSE	72						
XP	70,18						

Cp	0,89	Cpk	0,81
-----------	-------------	------------	-------------

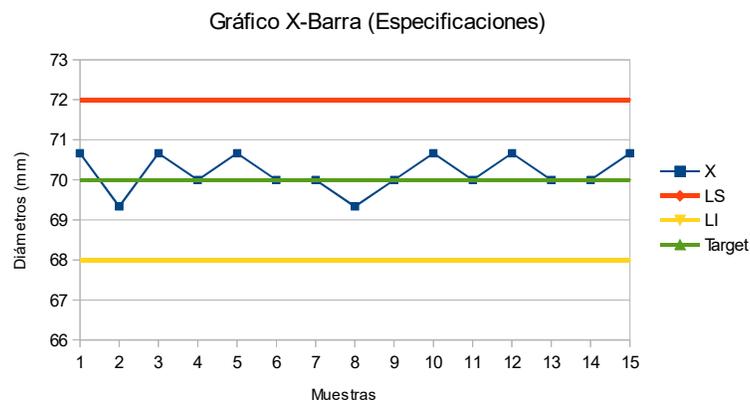
Capacidad Real (Cpk)	
$C_{ps} = (LSE - XP) / 3 * Desv. Est$	Cps 0,8108
$C_{pi} = (XP - LIE) / 3 * Desv. Est$	Cpi 0,9690

Fuente: Elaboración Propia (2021). Con información del Proceso de elaboración de piñones rectos

Para la evaluación de la Capacidad del Proceso, se consideran los siguientes criterios:

- $C_p < 1$; indica que el proceso es variable y no tiene la capacidad para cumplir con los PCSC.
- $C_p: 1$; caracteriza un proceso justamente capaz para responder a las especificaciones de los clientes.
- $C_p > 1$; determina un proceso con capacidad para satisfacer los puntos críticos de satisfacción al cliente.

En este caso, la pyme tiene un C_p de 0,89 esto demuestra que el proceso tiene una variabilidad alta, lo que determina su pobre o baja capacidad para cumplir con las solicitudes de sus clientes en lo que respecta a los PCSC. No obstante, esta cerca de ser un proceso con la capacidad de satisfacción de los puntos críticos de control, sólo que deben implementarse mejoras en las operaciones de producción, los equipos y maquinarias.



Al analizar el gráfico de control X-Barra de las especificaciones que se muestra anteriormente, es notable que el proceso es variable; sin embargo,

la media de las mediciones de los diámetros está cercana a la línea central dando muestra que el proceso puede centrarse con ajustes y mejoras.

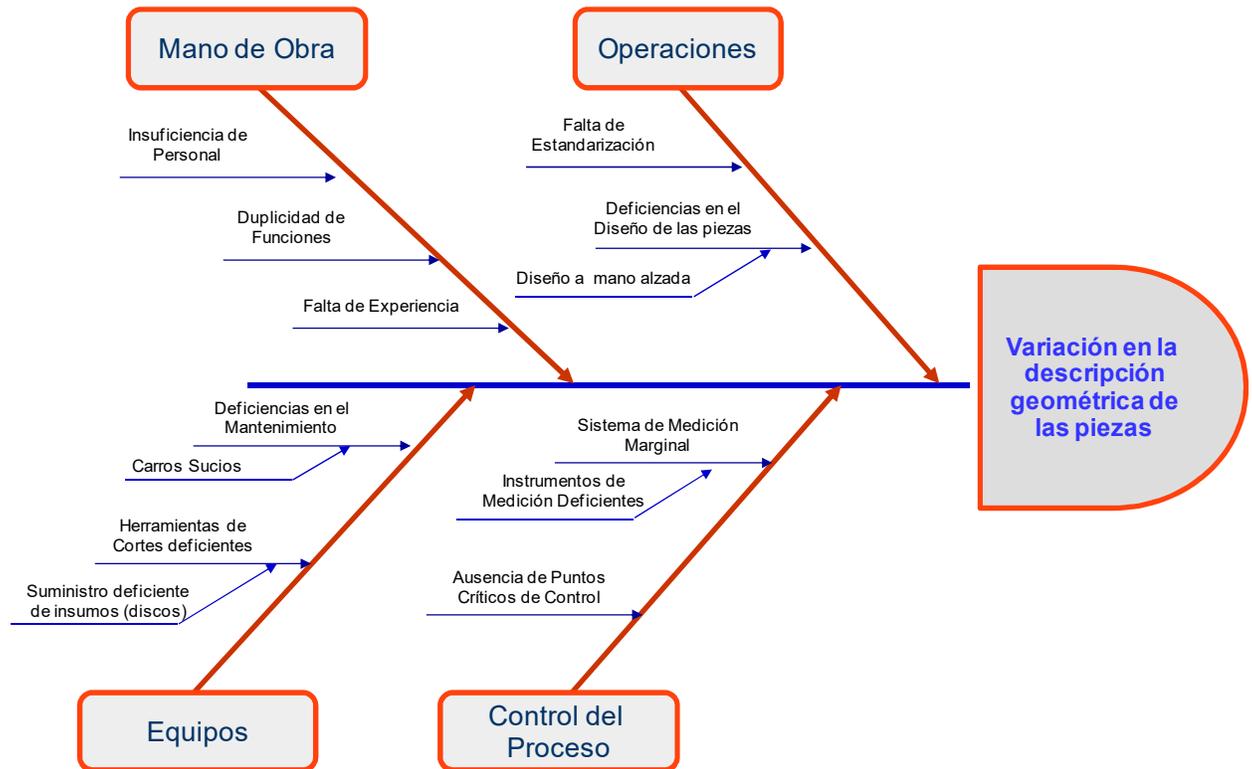
3.- ANALIZAR

En esta etapa de la metodología DMAIC, se procederá a la identificación de las posibles causas que están generando la problemática, en virtud de ello, se construirá el Diagrama de Ishikawa para evaluar las causas que inciden los problemas que presentan las piezas elaboradas en los que respecta a la geometría y que inciden tanto en la capacidad del proceso como en la calidad de los productos terminados. La evaluación se realiza a nivel de las operaciones, equipos, mano de obra, materia y en el control del proceso.

En la Figura N° 19 se muestra el Diagrama de Ishikawa que indica la influencia de cada uno de los factores: operaciones, mano de obra, equipos y control del proceso en las variaciones que presentan los productos terminados en cuanto a la geometría, es decir, medidas, forma y tamaño. Evidentemente, las operaciones de producción son determinantes en las deficiencias que presentan las piezas en sus medidas y esto se debe a problemas del diseño ocasionado por el proceso manual, a mano alzada, para el dibujo de piñones rectos que requieren una alta precisión en la definición de las medidas que el cliente ha solicitado en sus especificaciones. Es necesario mencionar que durante el proceso de evaluación de los PCSC se pudo detectar que el 60,38% de las no conformidades encontradas en las piezas evaluadas estaban relacionadas

de manera directa con la geometría de los piñones (medidas, tamaño y forma).

Figura N° 19. Diagrama de Ishikawa.



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Adicionalmente, el factor R&R' arrojó que hay inconsistencia en las mediciones originadas no sólo por los instrumentos de medición sino por las habilidades de los operarios que cumplen con las funciones de diseño y estas repercuten significativamente en la definición correcta de las especificaciones en la geometría de los productos terminados generando piezas no conformes.

Para la priorización de las causas se realizó un análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF), que puede visualizarse en la tabla N° 14.

Tabla N° 14. Matriz de Análisis de Modo y Efecto de Falla- AMEF

FACTOR	MODO DE FALLA POTENCIAL	EFECTO POTENCIAL	SEVERIDAD (1-9)	CAUSAS POTENCIALES	OCURRENCIA (1-9)	DETECCIÓN (1-9)	RPN
Operaciones	Deficiencias en el diseño de las piezas	Variaciones en la geometría de las piezas	9	Diseño a mano alzada	9	9	729
	Ausencia de estandarización		8	Ausencia de Diagramas del Proceso	7	7	392
Mano de Obra	Duplicidad de Funciones		7	Deficiencia en la organización del trabajo	7	6	294
	Falta de Experiencia		7	Ausencia de planes de adiestramiento y capacitación	7	5	245
Control de Proceso	Ausencia de Puntos Críticos de Control		6	Deficiencias en el Control de Calidad	6	6	216
	Instrumentos de medición deficientes y en mal estado		6	Sistema de medición marginal	5	6	180
Equipos	Equipos en mal estado (sucios)		7	Deficiencias en el mantenimiento de los equipos	5	5	175
	Herramientas de corte deficientes		7	Suministro deficiente de insumos de producción	5	5	175
Mano de Obra	Insuficiencia de personal		6	Pocos trabajadores en el proceso de producción	5	5	150

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Las causas de mayor impacto sobre el proceso son las asociadas a las operaciones, como puede observarse en el AMEF, las prioridades en las acciones de mejoras se encaminan al diseño de las piezas, la estandarización y reorganización de las operaciones de producción y el control de calidad.

4.- MEJORAR

Una vez determinadas las causas que generan el problema de producción en la pyme metalmecánica, se establecerán las acciones concretas que formarán parte del plan de mejora para lograr el aumento de la capacidad operacional de producción y lograr mayor satisfacción en los clientes. Se hará uso de las herramientas que Lean Six Sigma disponen para la mejora continua de los procesos de producción tales como las 5S, Justo a Tiempo el Kanban, los Flujos de una Pieza, Kaizen, el Mantenimiento Productivo Total (MPT), el SMED, la Gerencia Visual, el Balanceo de Líneas y los Poka Yokes para llevar a cabo las acciones de mejora. La elección de la herramienta a utilizar dependerá de los objetivos establecidos en el Plan de Mejora o Project Charter.

Luego de la implementación, es necesario validar los resultados obtenidos y calcula nuevamente la métrica LSS para comparar la evolución del proceso productivo: el antes y el después de la intervención del proceso productivo a través de la metodología LSS.

5.- CONTROLAR

La implementación de las mejoras generará un cambio en la dinámica operacional, por esta razón es necesario que las mismas se estandaricen y

comiencen a formar parte de las operaciones de producción y del contexto de la pyme. En este sentido, para lograr que la transformación no se disipe en el tiempo y pueda considerarse como una cultura empresarial se diseñarán los mecanismos, procedimientos y normativas para ello.

También se procederá a actualizar los diagramas de procesos y se construirá los indicadores que permitan monitorear y controlar la producción y el aseguramiento de la calidad bajo un nuevo esquema operacional. Se comunicarán los resultados al equipo LSS y a los trabajadores, de ser necesario se les capacitará en las áreas que haya lugar según la mejora y sus procesos.

- **Fase 4: Análisis de Resultados:**

Finalmente, se cierra el proyecto y se ejecuta la fase final de la investigación la cual se centra en el análisis de los resultados obtenidos luego de la aplicación de Lean Six Sigma para el abordaje del proceso de producción de la pyme metalmecánica.

Es importante mencionar que el análisis de los resultados se realiza en una primera fase, ante del desarrollo del Plan de Mejoras, donde los aspectos más resaltantes obtenidos en las fases de diagnóstico y ejecución de LSS son:

.- Se tiene un bajo cumplimiento de los niveles de satisfacción del cliente, esto es debido a que el incumplimiento de los Puntos Críticos de Satisfacción del Cliente no se cumplen, particularmente en el diseño de las piezas

generando inicialmente un %PNC de 22,58% y un Índice de Calidad en el proceso (IC) del 81,06%; lo cual se traduce en un alto nivel de reproceso.

.- El sistema de mediciones tiene debilidades, así lo evidencia un análisis R&R' de 28,73% que lo califica como un sistema que debe ser mejorado para verdaderamente garantizar el control del proceso. El Factor R&R' cercano al 30%, rango donde se ubican los sistemas de medición marginales, pone en evidencia tres elementos de gran importancia: la existencia variaciones en el proceso de manufactura, un personal que carece de las habilidades técnicas para ejecutar el sistema de medición y los instrumentos de medición no se encuentra en condiciones óptimas de funcionamiento.

.- Por otra parte, los índices de Capacidad del Proceso (Cp y Cpk), resultantes en la fase pre LSS de 0,89 y 0,81; respectivamente, manifiesta la incapacidad de proceso de producción de la Pyme metalmecánica para satisfacer las especificaciones de diseño que exigen los clientes, por lo cual deberán aplicarse las mejoras necesaria para el ajuste del mismos.

.- Las principales causas que están originando estas desviaciones del proceso se relacionan a los factores de operaciones de producción, mano de obra, equipos y el control de procesos. Las cuáles serán abordadas a través de un Plan de Mejoras correspondiente a los Proyectos LSS emprendidos.

Luego de la aplicación de LSS y del desarrollo de las acciones de mejora continua, se presentarán los resultados posterior a la fase de LSS, los cuales se analizarán en términos de Productividad, Grado de cumplimiento, Impacto

financiero y productivo, Satisfacción del Cliente de los proyectos implementados bajo la metodología LSS y se realiza la sistematización de la experiencia destacando los aportes a la empresa y las recomendaciones para que se mantenga la cultura de mejoramiento continuo.

4.4. Resumen de fases metodológicas

Tabla N° 15. Resumen de fases metodológicas

N°	FASE	ACTIVIDADES DESARROLLADAS
1	Preparación de la Empresa para la implementación de Lean Six Sigma	<ul style="list-style-type: none"> • Conformación de un equipo de trabajo de Lean Six Sigma para liderar la ejecución de las mejoras. • Construcción del Mapa Estratégico de la Pyme. • Caracterización del cliente y construcción del Mapa de Proceso de Negocio • Definición de los Puntos Críticos de Satisfacción al cliente.
2	Diagnóstico de la Situación Actual de la Empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterización del Proceso de Producción • Identificación de las Oportunidades de Mejoras. • Construcción de la Matriz de Proyectos
3	Ejecución del Proyecto LSS (DMAIC)	<p>Definir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición del Plan de Mejoras. • Mapeo del Proceso <p>Medir:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definición del Sistema de Medición. • Validación Estadística del Sistema de Medición. • Establecimiento del Plan para la recolección de datos. • Cálculo de la Métrica Lean Six Sigma del Proceso <p>Analizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las causas: Construcción del Diagrama de Ishikawa. • Análisis y validación de las causas • Priorización de las causas: AMEF

4 Análisis de Resultados

Mejorar:

- Definición de las acciones de mejoras.
- Implementaciones de las mejoras
- Validación de las mejoras: Análisis de la Métrica LSS Post

Controlar:

- Se integraron las mejoras a las operaciones del proceso.
- Construcción del diagrama de flujo de proceso.
- Se definen los mecanismos de control
- Análisis de resultados Post LSS.
- Comparación de Resultados Pre y Post LSS

Fuente: Elaboración Propia (2021)

V. RESULTADOS

5.1. Presentación de Resultados

A través de la aplicación de las primera tres etapas de la metodología Lean Six Sigma, se pudo detectar que las limitaciones de la capacidad de producción de la empresa se debían al proceso, en particular a las operaciones. Dando como resultado un proceso pobre, incapaz de cumplir con las expectativas del cliente y satisfacer los Puntos Críticos de Satisfacción al Cliente (PCSC). La evaluación del cumplimiento de los PCSC, determinó que las no conformidades en las piezas se originaban por deficiencias en las características geométricas de los piñones en particular las medidas.

Mediante el diagrama de Ishikawa fue posible determinar las causas que repercuten en la geometría de las piezas, las cuales fueron sometidas a un Análisis del Modo y Efecto de Falla (AMEF) con el fin de priorizarlas en el Proyecto de mejora, de esta manera en la Tabla N° 15 se pueden visualizar las acciones emprendidas con el propósito de disminuir el reproceso y la generación de piezas que no satisfacen los requerimientos de los clientes.

La selección de las actividades de mejoras implementadas tomó en consideración las causas que mayor impacto generan en el proceso y que tributan al aumento de la capacidad de producción y los niveles de satisfacción del cliente, como objetivos centrales de la investigación.

- **Plan de Mejora**

- .- **Objetivos del Plan de Mejora**

- 1.- Mejorar la precisión en el diseño de las Piezas mediante la implantación de un sistema computarizado.

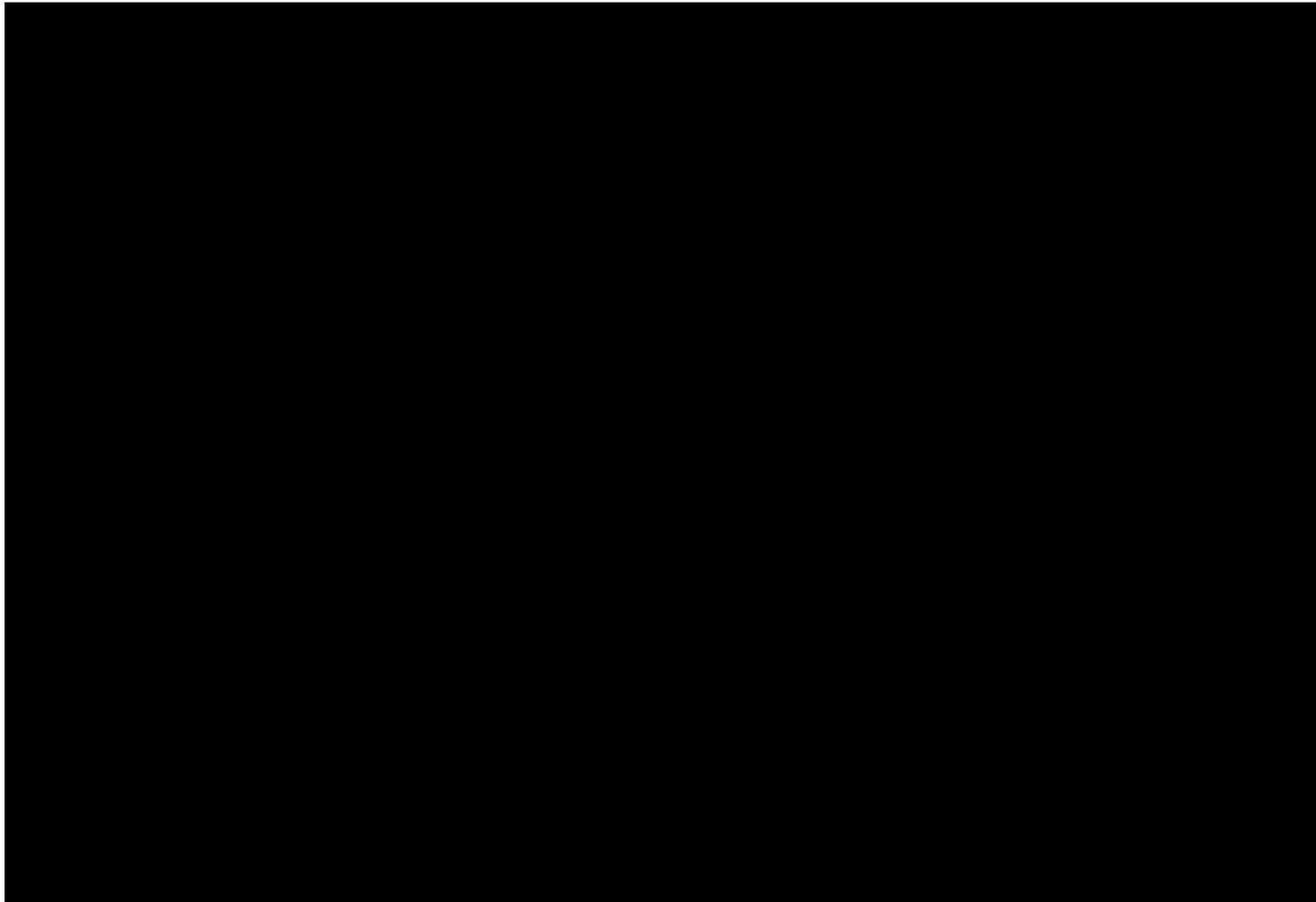
- 2.- Disminuir la generación de Productos No Conformes (PNC) por defectos en las medidas, forma y tamaño de la Pieza.

- 3.- Disminuir las operaciones que no aportan valor al proceso las cuales limitan la capacidad de producción para asumir los pedidos de nuevos clientes.

- 4.- Mejorar el cumplimiento en la entrega de los pedidos.

Cada actividad fue ejecutada por el equipo LSS contando con el apoyo de la gerencia de la empresa, que facilitó los medios y recursos humanos y financieros para la concreción de las mejoras.

Tabla N° 16. Plan de Mejora para el Proceso de Producción de fabricación de Piñones rectos

A large black rectangular area representing a redacted table. The table content is completely obscured by this solid black block.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **Ejecución del Plan de Mejoras**

Fase Post-Lean Six Sigma

En la fase de medición se detectó que los operarios requerían de una inducción para mejorar la precisión en la toma de medidas usadas para dibujar el boceto de las piezas a fabricar. En este sentido, se inició la puesta en marcha del Plan de Mejoras capacitando a todos los trabajadores del departamento de producción, en el uso de los instrumentos de medición como paso imprescindible en la obtención de resultados más favorables del proceso de producción cuyo eje principal es un sistema de mediciones.

a) Plan de Formación de los Trabajadores

Las actividades de capacitación fueron priorizadas, en especial aquellas que están direccionadas a mejorar las habilidades de los trabajadores para el manejo correcto de los instrumentos de medición. A continuación, se presenta los resultados obtenidos en la Tabla N° 16.

Tabla N° 17. Matriz de Capacitación y Formación de los Trabajadores

Nombre del Taller	Objetivo	Total de Horas (Hr)	N° de Trabajadores Área	Total de Hr-Hombres Planificada	N° Participante	Hr-Hombre Real
1.- Uso del Calibrador	<p>Módulo Teórico .- Que el trabajador conozca el instrumento de medición, identifique sus partes, las escalas de medición, Clasificación, el mantenimiento y cuidados para su aplicación y uso adecuado.</p> <p>Módulo Práctico .- Realizar mediciones con el vernier de diferentes piezas. .- Identificar errores en las lecturas efectuadas y determinar la precisión de las mismas.</p>	16	8	128	6	96
2.- El micrómetro	<p>Módulo Teórico .- Que el trabajador pueda conocer el uso y aplicación del micrómetro, sus características, partes y la correcta utilización del mismo.</p> <p>Módulo Práctico .- El trabajador debe ser capaz de realizar mediciones e identificar errores y precisión de las lecturas realizadas.</p>	10	8	80	8	80
Total de Hr- Hombres de Entrenamiento					176	

Fuente: Elaboración Propia (2021)

b) Sistema de Mediciones

Luego de capacitar al personal en el uso de los instrumentos se procede a realizar un análisis R&R', para medir la confiabilidad del sistema de mediciones una vez que se han brindados las herramientas necesarias al personal. Por otra parte, la Gerencia asumió la recomendación de sustituir los instrumentos de medición, que se encontraban deteriorados. Las condiciones del estudio R&R' son las mismas; es decir, se evalúa una muestra de 10 piezas que fueron tomadas de manera aleatoria del proceso, las cuales se someten a la medición por parte de tres operarios y la característica evaluada es el diámetro externo de una producción de piñones rectos de 66 mm +/-2 mm de diámetro. Los resultados se muestran en la tabla N° 17 y 18.

Tabla N° 18. Análisis Repetibilidad y Reproducibilidad Post Mejora LSS.

PIEZA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
OPERARIO 1	MEDICIÓN 1	66	66	66	66	66	66,2	66	66,2	66	66,6	
	MEDICIÓN 2	66	66	66	66,8	66	66	66	66,2	66,2	66,4	PROMEDIO
	MEDICIÓN 3	66	66	66	66	66	66	66	66,2	66,2	66,6	
	Promedio	66,00	66,00	66,00	66,27	66,00	66,07	66,00	66,20	66,13	66,53	66,120
	Rango	0	0	0	0,8	0	0,2	0	0	0,2	0,2	0,140
PIEZA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
OPERARIO 2	MEDICIÓN 1	66,8	65,8	66	66	66	65,8	66	66	66	66,8	
	MEDICIÓN 2	66,8	65,8	66,4	66	66	66	66	66	66	67	PROMEDIO
	MEDICIÓN 3	66,8	65,8	66	66	66	66	66	66	66	67	
	Promedio	66,80	65,80	66,13	66,00	66,00	65,93	66,00	66,00	66,00	66,93	66,160
	Rango	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,2	0,040
PIEZA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
OPERARIO 3	MEDICIÓN 1	66,2	66	66	66	66,4	65	66,4	66	66,8	66,6	
	MEDICIÓN 2	66,2	66	66	66	66,2	65	66,4	66	66,8	66,8	PROMEDIO
	MEDICIÓN 3	66,8	66	66	65,8	66,4	65	66,4	66	67,2	66,6	
	Promedio	66,40	66,00	66,00	65,93	66,33	65,00	66,40	66,00	66,93	66,67	66,167
	Rango	0,6	0	0	0,2	0	0	0	0	0,4	0	0,120
Cálculo de la Repetibilidad y Reproducibilidad												
Repetibilidad	Promedio Total de los Rangos (PTR)											FÓRMULAS
	0,100	% Repetibilidad	15,25%	% R&R'		15,26%		REPETIBILIDAD (R)		$\%R = (K1 * PRT) / T * 100$		
	Tolerancia (T)							REPRODUCIBILIDAD (R')				
	2							$\% R' = ((K2 * XD)^2 - (K1 * PRT)^2 / (n * r))^{1/2} / T * 100$				
K1 para el Primer Ensayo												
3,05												
Reproducibilidad	n (Nro de Ensayos por Operador)											
	3	% Reproducibilidad	0,64%	% R&R'		15,26%						
	r (Nro de Partes Medidas)											
	10											
	K2											
	2,7											
XD												
0,0467												
CONSIDERACIONES PARA LA EVALUACIÓN												
1.- Si el % R&R' es menor al 10%, es aceptable el sistema de medición.												
2.- Para el % R&R' entre 10 y 30%, el sistema de medición es marginal y se acepta temporalmente.												
3.- Si el % R&R' es mayor de 30%, es inaceptable el sistema de medición y debe ser sometido a evaluación												

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Tabla N° 19. Índice de Repetibilidad y Reproducibilidad Post Mejora LSS.

Indicador	Valor Post LSS (%)
Repetibilidad (R)	15,25
Reproducibilidad (R')	0,64
Facto R& R'	15,26

Fuente: Elaboración Propia (2021)

c) Análisis de Capacidad del Proceso (Cp y Cpk)

El análisis inicial de la capacidad del proceso tanto potencial como real, dio como resultado un proceso de fabricación incapaz de satisfacer los puntos críticos de satisfacción al cliente (PCSC), dando muestra de las deficiencias existente que estaban afectando la calidad de los productos fabricados. Las acciones implementadas fueron a nivel de las fases de diseño, donde se encontró mayor variabilidad del proceso en particular en la geometría de los piñones.

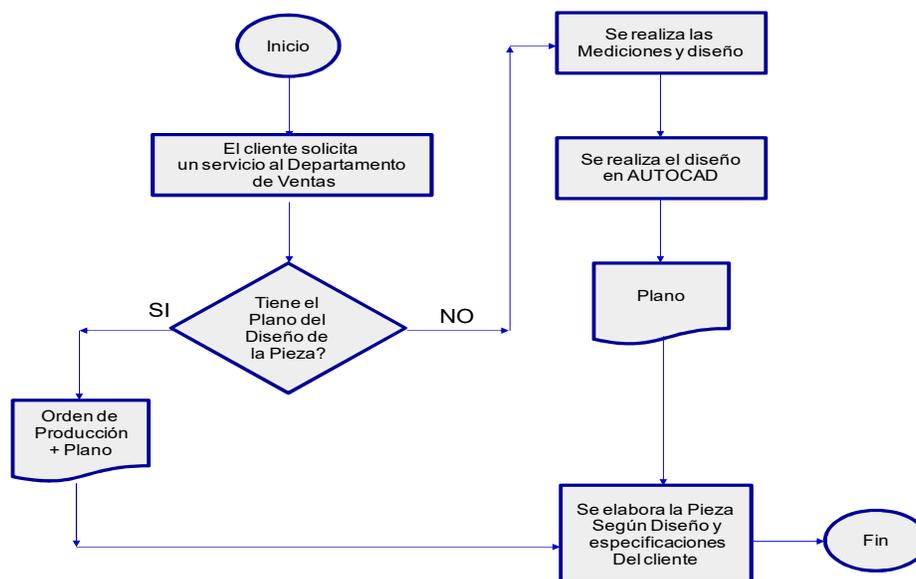
Inicialmente, los bocetos y dibujos preliminares de las piezas eran efectuadas a mano alzada por un operario que tomaba las medidas y realizaba el dibujo. En este sentido, la mejora adoptada fue la migración a un sistema de diseño asistido por computadora, también conocido como Autocad. Para ello, la empresa contrató un dibujante a los fines de llevar a cabo una prueba piloto en la cual el diseño era efectuado por un especialista quien estuvo asistido con un operario que le colaboró con la toma de medidas. La proyección futura es que se consolidó un equipo

que pueda dar origen al Departamento de Diseño, de esta forma Producción no estaría realizando tales operaciones.

Esta mejora fue combinada con otras acciones entre las que destacan:

.- Análisis y ajuste de las operaciones de producción para la disminución y/o eliminación de los desperdicios, entre ellos: los recorridos innecesarios y algunas demoras que estaban siendo originadas por la falta de estandarización de las operaciones de producción (ver análisis operacional). La organización del trabajo considerando la propuesta de las operaciones de producción y el funcionamiento del equipo de diseño. El nuevo esquema de trabajo entre el Departamento de Ventas y el equipo de diseño se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

Figura N° 20. Diagrama de Flujo propuesto para el diseño de las piezas.



Fuente: Elaboración Propia (2021)

.- Identificación de los puntos críticos del proceso de producción y aplicación de indicadores de gestión para el seguimiento del proceso y la satisfacción de los PCSC.

.- Ejecución de un plan de mantenimiento de los equipos para la prevención de averías que generen parada no planificadas.

Para validar que estas acciones impactarían la capacidad del proceso, se realizó la medición del diámetro de las piezas considerando 15 muestras y cada una de ellas con 3 piñones. En la Tabla N° 19, se presentan los resultados y el cálculo de los índices de capacidad del proceso obtenidos.

Tabla N° 20. Análisis de Capacidad del Proceso (Cp y Cpk)- Post LSS.

Diámetro Externo (mm)					Especificaciones		
					Target (mm)	60	Tolerancia= +/- 2
Muestra 1	X1	X2	X3	X	LS	LI	Target
1	60	60	62	60,67	62	58	60
2	60	60	60	60,00	62	58	60
3	60	60	58	59,33	62	58	60
4	60	60	60	60,00	62	58	60
5	60	60	60	60,00	62	58	60
6	60	60	60	60,00	62	58	60
7	60	58	60	59,33	62	58	60
8	58	60	60	59,33	62	58	60
9	60	60	60	60,00	62	58	60
10	60	60	60	60,00	62	58	60
11	58	58	60	58,67	62	58	60
12	60	60	60	60,00	62	58	60
13	60	60	58	59,33	62	58	60
14	60	60	62	60,67	62	58	60
15	62	60	60	60,67	62	58	60
Promedio de las Medias:			XP	59,87			

Muestra	X1	X2	X3	Desviación Estándar
1	60	60	62	1,155
2	60	60	60	0,000
3	60	60	58	1,155
4	60	60	60	0,000
5	60	60	60	0,000
6	60	60	60	0,000
7	60	58	60	1,155
8	58	60	60	1,155
9	60	60	60	0,000
10	60	60	60	0,000
11	58	58	60	1,155
12	60	60	60	0,000
13	60	60	58	1,155
14	60	60	62	1,155
15	62	60	60	1,155
Promedio de la Desviación Estándar Muestral		DESV.EST.		0,616

Capacidad Potencial y Real		
Capacidad Potencial (Cp)		
Fórmula:	LIE	58
$Cp = (LSE - LIE) / 6 * Desv.Est$	LSE	62
	XP	59,87

Cp	1,08	Cpk	1,01
-----------	-------------	------------	-------------

Capacidad Real (Cpk)	
$Cps = (LSE - XP) / 3 * Desv.Est$	Cps 1,1547
$Cpi = (XP - LIE) / 3 * Desv.Est$	Cpi 1,0104

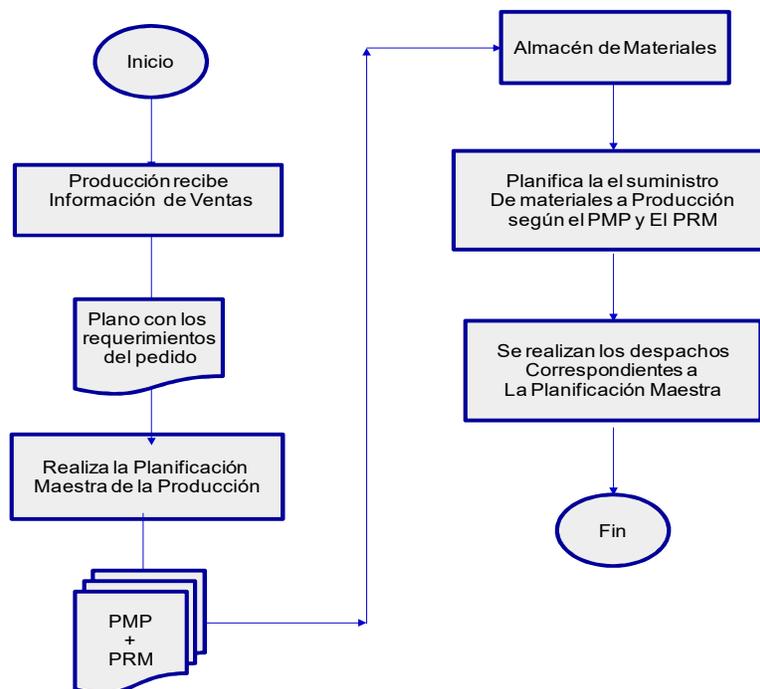
Fuente: Elaboración Propia (2021)

d) Análisis Operacional

Para el análisis de las operaciones de producción, fue necesario extraer del esquema operacional actual todas las actividades relacionadas al diseño de las piezas, las cuales fueron incorporadas a las funciones conjuntas entre el área de ventas y el equipo de diseño.

Adicionalmente, se ha sugerido que una vez se disponga del boceto de los piñones a producir el jefe de producción deberá realizar la planificación maestra de la producción (PMP), especificando la cantidad de piezas a producir por día y las materias primas y sus requerimientos.

Figura N° 21. Planificación Maestra de la Producción Pyme Metalmecánica XYZ



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Tanto el PMP como el Plan de Requerimientos de Producción (PRP) para ese pedido y entregar al almacén el Maestro de Requerimientos de Materiales (MRM) para el suministro oportuno de los insumos de producción.

Con el fin de eliminar los desperdicios generados por recorridos innecesarios, debido a la desorganización del taller y la inadecuada ubicación de las herramientas se aplicó las 5 S, cuyos resultados se describen en la Tabla N° 20.

Tabla N° 21. Resultados de las 5 “S”

N°	Etapa 5 “S”	Resultados Obtenidos
1	Seiri (Clasificación)	.- Se procedió a identificar las herramientas que cada lugar de trabajo requiere, para luego clasificarlas con el propósito de sólo dejar las indispensables para las actividades operativas. .- Se eliminan piezas defectuosas, restos de materiales de los puestos de trabajo.
2	Seiton (Ordenar)	.- Las herramientas fueron ordenadas y ubicadas de manera estratégica en los puestos de trabajo. También se coloca un estante en el cual se almacenan los insumos de corte, discos y brocas a ser utilizados en la producción de acuerdo al PMP y PMR
3	Seiso (Limpieza)	.- Se eliminan piezas defectuosas y restos de materiales de los puestos de trabajo.
4	Seiketsu (Estandarizar)	.-Se establece una normativa para el mantenimiento de las áreas de trabajo
5	Shitsuke (Seguir Mejorando)	.- En virtud de seguir mejorando el desempeño operacional, se mantendrá el seguimiento y control sobre los desperdicios en las operaciones, es decir sobre el traslado y las demoras.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Luego de la aplicación de las 5 “S”, se procedió a levantar la propuesta de Diagrama de Flujo del proceso el cual queda definido según la siguiente propuesta:

Figura N° 22. Diagrama de Flujo del Proceso Post-LSS

N°	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	OPERACIÓN	INSPECCIÓN	TRANSPORTE	DEMORA	ALMACENAJE	TIEMPO PROMEDIO (MIN)	DISTANCIA (M)	OBSERVACIONES
1	VERIFICA ESTADO DE LA PREFORMA		1						TORNERO
2	MIDE LA PREFORMA	1							
3	TRASLADO HASTA EL TORNO			1				1,7	
4	PROCEDE A SUJETAR LA PREFORMA	2							
5	VERIFICACIÓN DE SUJECCIÓN		2						
6	TRASLADO HASTA EL ESTANTE DE LAS HERRAMIENTAS			2				1	
7	SELECCIÓN DE LA HERRAMIENTA DE CORTE	3							
8	TRASLADO HASTA EL TORNO PARA CORTE DE LA PREFORMA			3				1	
9	CORTE DE PREFORMA CON UN ESMERIL	4							
10	SE ALMACENA LOS RESTOS DE LAMINA					1			
11	SELECCIÓN DE LA CUCHILLA	5							
12	COLOCACIÓN DE LA CUCHILLA EN EL TORNO	6							
13	VERIFICACIÓN DE LA CUCHILLA		3						
14	REFRENTADO PARA PULIR LOS FRENTES Y AJUSTAR EL ACABADO DE LA PREFORMA	7							SE REALIZA PARA ELIMINAR IMPERFECCIONES EN EL CORTE
15	CILINDRADO PARA REDUCCIÓN DEL DIÁMETRO	8							
16	SE VERIFICAN LA REFRENTA Y EL CILINDRADO		4						
17	SE RETIRA LA PREFORMA DEL TORNO	9							
18	SE VERIFICAN LAS MEDIDAS (LONGITUD Y DIÁMETRO EXTERNO)		5						
19	TRASLADO AL TALADRO DE PEDESTAL PARA REALIZAR EL DIÁMETRO INTERNO			4				1,6	
20	SE SUJETA LA PIEZA	10							
21	VERIFICACIÓN DE LA SUJECCIÓN		6						
22	TRASLADO AL ESTANTE PARA BUSCAR LAS BROCAS			5				1	
23	SELECCIÓN DE LAS BROCA N° 1, 3 Y 3, PARA EL PROCESO DE TALADRADO. LAS BROCAS DEPENDEN DE LAS ESPECIFICACIONES DE LA PIEZA	11							ESTE PROCESO SE DENOMINA BARRENADO
24	TRASLADO HASTA EL TALADRO			6				1	
25	SE TALADRA LA PIEZA CON BROCA N° 1	12							
26	VERIFICA LA OPERACIÓN DE TALADRADO		7						

27	SE TALADRA LA PIEZA CON BROCA N° 2	13								
28	VERIFICA LA OPERACIÓN DE TALADRADO		8							
29	TALADRADO CON BROCA N° 3	14								
30	VERIFICA LA OPERACIÓN DE TALADRADO, EL DIÁMETRO INTERNO		9							
31	SE DESMONTA LA PIEZA DEL TALADRO	15								
32	DEMORA POR PUESTA A PUNTO DE LA FRESADORA					1	10			
33	SE TRASLADA A LA FRESADORA				7			1,5		
34	SE MONTA Y SUJETA LA PIEZA	16								
35	SE VERIFICA LA SUJECCIÓN		10							
36	TRASLADO AL ESTANTE DE HERRAMIENTAS PARA BUSCAR LA FRESA				8			1		
37	SELECCIONA LA FRESA	17								
38	TRASLADO AL TALLER				9			3		
39	SE REALIZAN LOS DIENTES EXTERNOS DE ACUERDO AL DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE	18								
40	SE VERIFICA EL NÚMERO Y PROFUNDIDAD DE LOS DIENTES		11							
41	SE TRASLADA LA PIEZA HASTA EL ALMACEN DE PRODUCTOS TERMINADO				10			2		
42	SE ALMACENA LA PIEZA TERMINADA								2	
							TOTAL	10	14,8	
RESUMEN (PROPUESTA POST LSS)										
OPERACIONES		18	ELABORADO POR:							
INSPECCIONES		11	NOMBRE:		FECHA:					
TRANSPORTE		10	OBSERVACIONES							
DEMORA		1	ESTE DIAGRAMA REFLEJA LAS OPERACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE PIÑONES RECTOS CUANDO EL CLIENTE ENTREGA UNA MUESTRA FÍSICA DE LA PIEZA Y SE DEBE EFECTUAR EL DISEÑO DE LA MISMA.							
ALMACENAMIENTO		2								
TOTAL		42								

Fuente: Elaboración Propia (2021)

En la tabla N° 21, se muestra el impacto de las mejoras en las operaciones de producción; principalmente en los desperdicios del proceso tales como demoras y traslados innecesarios. Adicionalmente, se presenta la tabla N° 22 con el total de las actividades del proceso con la propuesta: operaciones, inspecciones, traslados, demoras y almacenamientos.

Tabla N° 22. Impacto de las mejoras en las operaciones de producción.

Operaciones	Post- LSS
Tiempo en Demoras (Min)	10
Recorridos Realizados (m)	14,8

Fuente: Elaboración Propia (2021) de acuerdo al Diagrama de Flujo del Proceso Post LSS

Tabla N° 23. Actividades propuestas en el Diagrama de Flujo del Proceso Post LSS

N°	Actividad	N° Total Propuesto	% Post LSS
1	Operaciones	18	42,86
2	Inspecciones	11	26,19
3	Transportes	10	23,81
4	Demoras	2	2,38
5	Almacenamiento	1	4,76

Fuente: Elaboración Propia (2021) de acuerdo al Diagrama de Flujo del Proceso Post LSS

e) Métrica Lean Six Sigma Post

Tabla N° 24. Resultados de la Métrica LSS. Post.

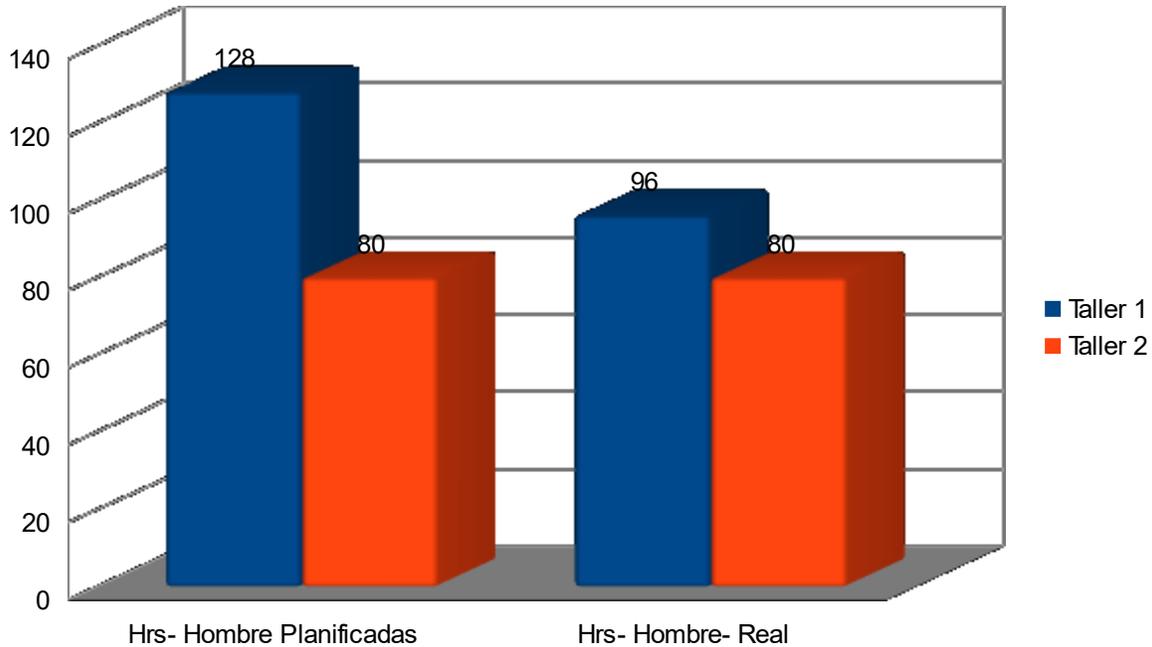
		INDICADORES MÉTRICA LSS (%)				
N°	FECHA	PRODUCTOS NO CONFORME	EFICIENCIA DEL PROCESO	ÍNDICE DE CALIDAD	EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS	DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS
1	21/06/21	0,0%	60,0%	100,0%	60,0%	100,0%
2	22/06/21	25,0%	100,0%	75,0%	75,0%	100,0%
3	23/06/21	20,0%	83,3%	80,0%	66,7%	100,0%
4	24/06/21	0,0%	80,0%	100,0%	70,0%	87,5%
5	25/06/21	0,0%	100,0%	100,0%	87,5%	87,5%
6	28/06/21	0,0%	75,0%	100,0%	75,0%	100,0%
7	29/06/21	0,0%	75,0%	100,0%	75,0%	100,0%
8	30/06/21	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
9	01/07/21	0,0%	75,0%	100,0%	60,9%	81,3%
10	02/07/21	25,0%	80,0%	75,0%	60,0%	100,0%
11	05/07/21	0,0%	60,0%	100,0%	60,0%	100,0%
12	06/07/21	25,0%	80,0%	75,0%	60,0%	100,0%
13	07/07/21	0,0%	60,0%	100,0%	48,8%	81,3%
14	08/07/21	25,0%	83,3%	80,0%	66,7%	100,0%
15	09/07/21	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
16	12/07/21	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
17	13/07/21	0,0%	100,0%	100,0%	77,5%	77,5%
18	14/07/21	25,0%	100,0%	75,0%	75,0%	100,0%
19	15/07/21	0,0%	100,0%	100,0%	93,8%	93,8%
20	16/07/21	20,0%	83,3%	80,0%	66,7%	100,0%
PROMEDIO		8%	84,75%	92,00%	73,92%	95,44%

Fuente: Elaboración Propia (2021) con datos del Proceso productivo.

5.2. Interpretación de Resultados

- **Plan de Capacitación:**

Gráfico N° 4.- Horas-Hombre de Entrenamiento Planificada y Real



Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **Interpretación:**

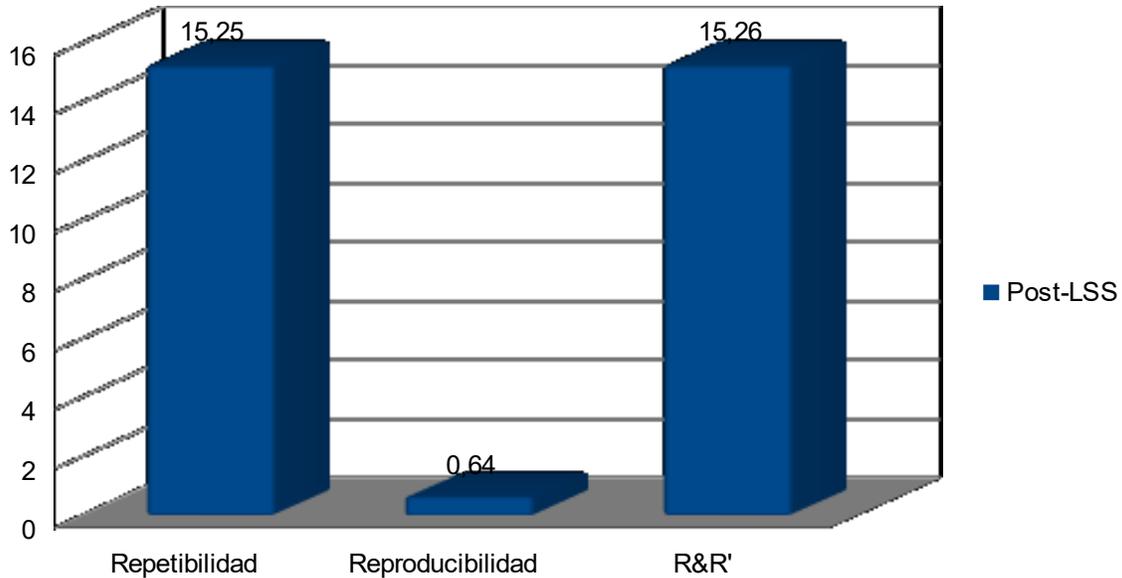
En el gráfico N° 2, se muestra las Hrs Hombres de Capacitación ejecutadas en la fase de mejoras. Durante el taller 1, sobre el uso del vernier no fue posible la participación de toda la plantilla de trabajadores; no obstante, de las 128 Hr- Hombre de capacitación sólo fueron impartidas 96 Hr. Uno de los resultados favorable de la inducción al personal fue crear un precedente en

lo que respecta a la formación del capital humano puesto que es la primera vez que la Pyme realiza este tipo de actividades formativa.

Para el taller 2, se alcanzó la meta ya que hubo participación de todos los trabajadores del área. Es necesario, que las actividades de formación, se mantengan dentro de la empresa para continuar reforzando y ampliando las capacidades y habilidades técnicas del personal y con ello, mejorar los resultados operativos obtenidos en el proceso de producción.

- **Sistema de Mediciones**

Gráfico N° 5. Repetibilidad Vs Reproducibilidad. Post-Lean SIX Sigma



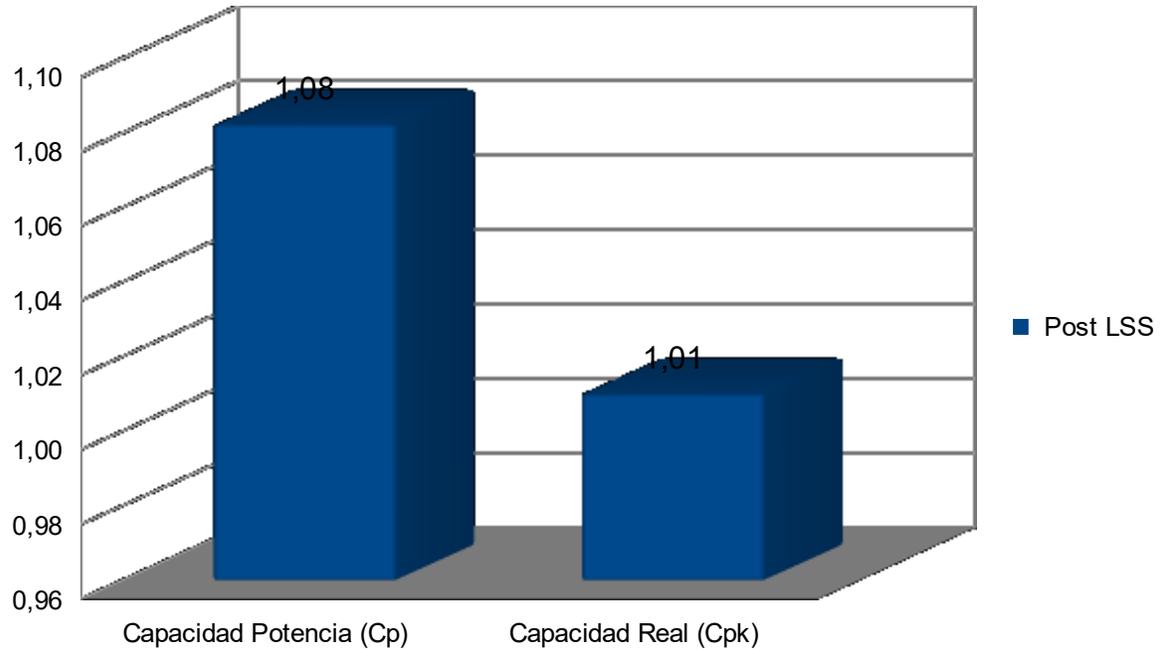
Fuente: Elaboración Propia (2021) a partir de los resultados del Factor R&R' Post Mejora LSS

- **Interpretación**

La Repetibilidad posterior a la etapa de mejoras de Lean Six Sigma, arrojó un resultado del 15,25% de las variaciones en el sistema de mediciones debido a los instrumentos de medición. Mientras que la variabilidad por causa de los operadores; es decir, la Reproducibilidad ha descendido hasta ubicarse en 0,64%, mostrando un avance significativo debido a la capacitación de los trabajadores. En lo que respecta al Factor R&R', el indicador tiene un valor de 15,25% ubicando al sistema de mediciones en un estatus de aceptable, pero bajo una denominación marginal.

- **Análisis de Capacidad del Proceso (Cp y Cpk)**

Gráfico N° 6. Índices de Capacidad de Proceso Potencial y Real. Post-LSS



Fuente: Elaboración Propia (2021) partiendo de los resultados del análisis de capacidad del proceso post LSS.

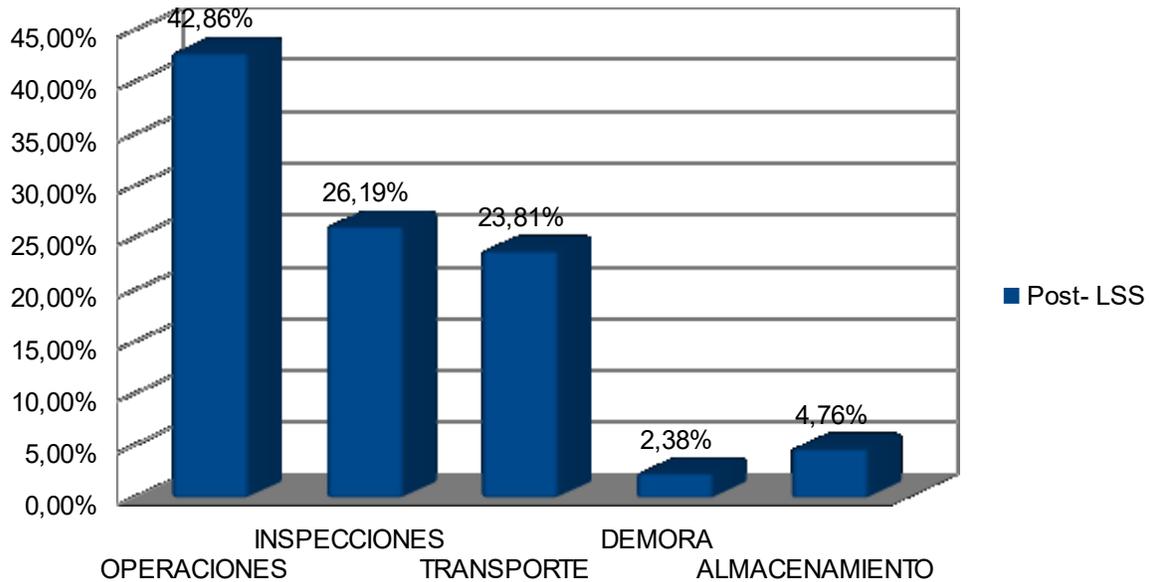
- **Interpretación:**

En el gráfico N° 4, se refleja que bajo las nuevas condiciones el sistema de producción ha reaccionado favorablemente permitiendo mejorar sustancialmente los índices de capacidad del proceso, tanto potencial (Cp) como Real (Cpk), los cuales se ubican en 1,08 y 1,01, respectivamente luego de las acciones de mejoras ejecutadas. Sin embargo, aún el Cp y Cpk se encuentra en el límite de un proceso capaz de satisfacer los requerimientos de sus clientes puesto que el valor mínimo de Cp para proceso existente

debe ser entre 1,25 y 1,33. Este resultado obtenido indica que la empresa metalmecánica deberá continuar el proceso de mejoras e incorporar otras acciones para robustecer el sistema de producción hasta lograr su estabilidad total.

- **Análisis Operacional**

Gráfico N° 7. Actividades en el Diagrama de Flujo de Proceso Post- LSS



Fuente: Elaboración propia (2021) de acuerdo al ajuste de las actividades y operaciones propuesto en el marco de las mejoras LSS.

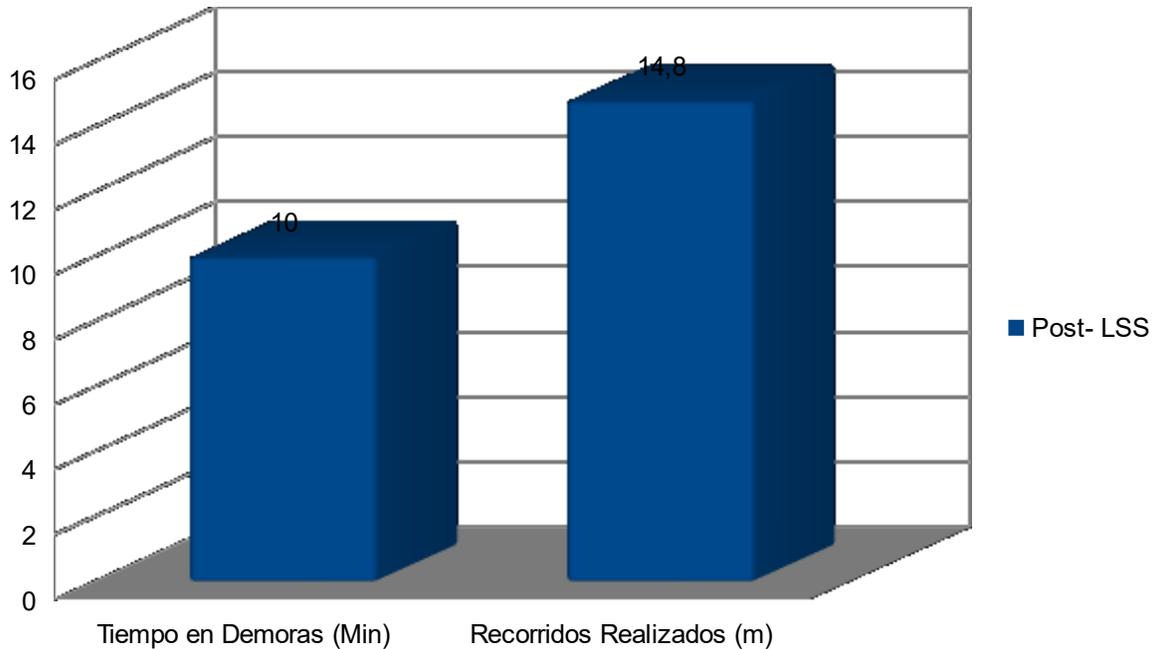
- **Interpretación**

Con la puesta en funcionamiento del equipo de diseño, se realizó una reorganización y ajuste de las actividades productivas logrando una propuesta en la cual se establecen el 42,86 % de los procesos están destinados a la elaboración de las piezas. Mientras que el 26,19% son procesos de verificación y control de calidad para garantizar que se están cumpliendo con las especificaciones geométricas del producto y por tanto, se satisfacen los requerimientos de los clientes. Por su parte, las actividades

de transporte o traslados sólo representan el 23,81 %, las demoras el 2,38% y los almacenamientos el 4,76%.

Gráfico N° 8. Indicadores Tiempo de Demoras y Recorridos realizados

Fuente: Elaboración propia (2021) de acuerdo al ajuste de las actividades y operaciones



propuesto en el marco de las mejoras LSS.

- **Interpretación:**

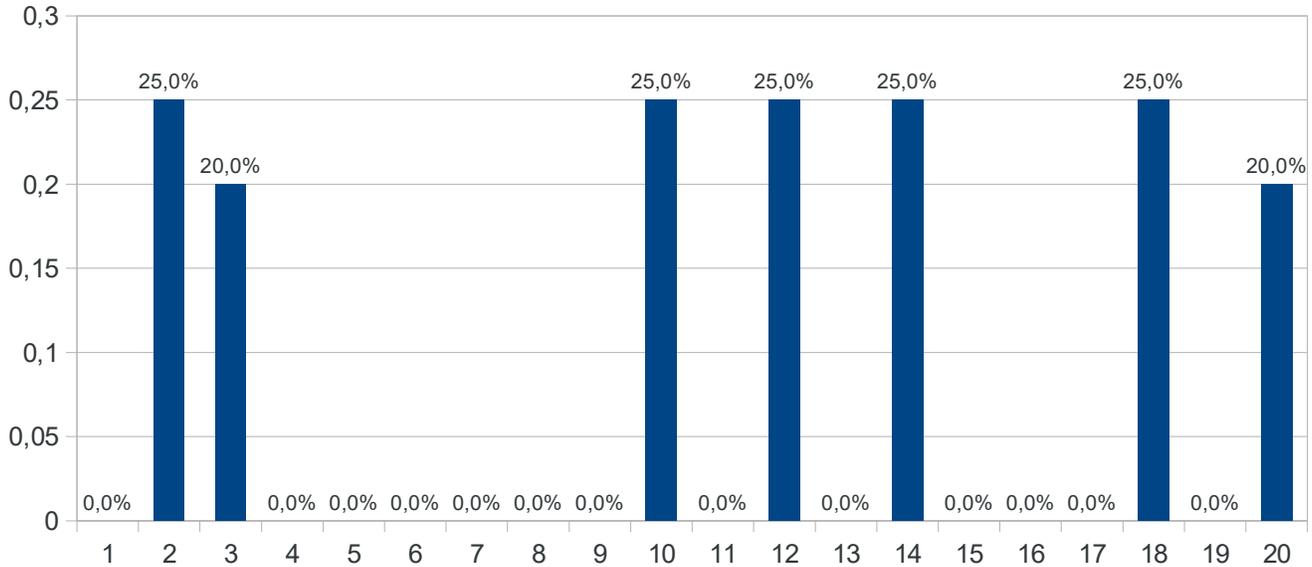
En lo que respecta al tiempo en demoras por piezas producidas, el ajuste de ciertas operaciones principalmente las asociadas a los mantenimientos de los equipos; así como, la disminución del reproceso como principales causas de las demoras permitieron llevar el tiempo de las demoras a 10 minutos/pieza elaborada. Por otra parte, los recorridos internos durante la confección de una pieza se llevaron a 14,8 m/pieza a lo largo de todo el

proceso, siendo éstos los mínimos y necesarios para completar la manufactura de los piñones rectos.

- **Métrica Lean Six Sigma**

Indicador: Productos No Conforme (%)

Gráfico N° 9. Índice de Productos No Conforme (%) Post- LSS



Fuente: Elaboración Propia (2021)

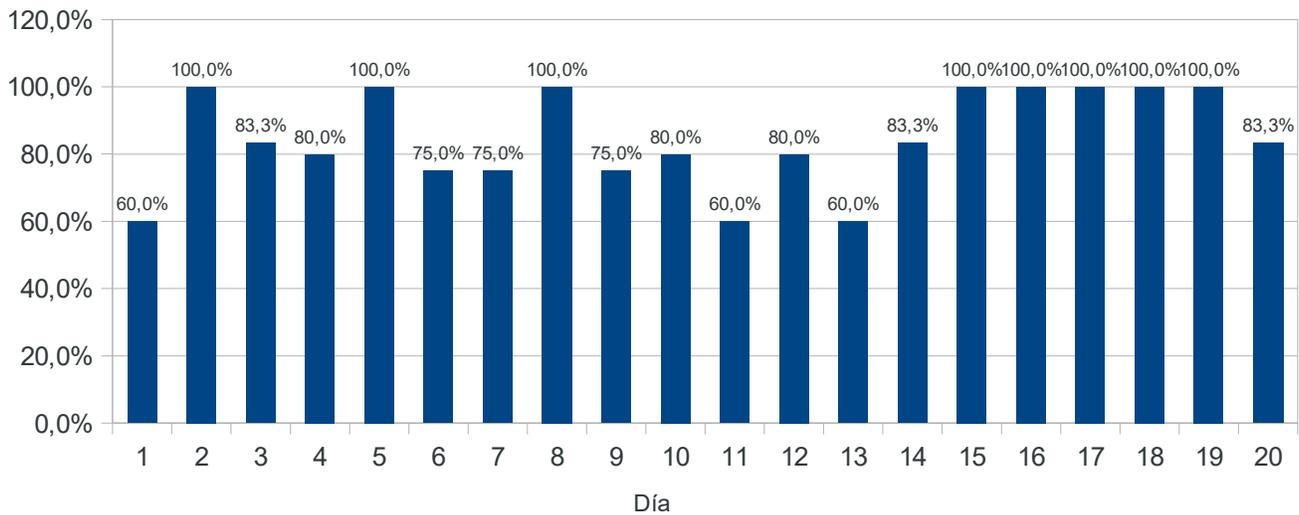
- **Interpretación**

El indicador denominado Productos No Conformes (PNC), fue calculado durante 20 días en la etapa de implementación de mejoras al sistema de producción de la pyme, logrando resultados satisfactorios ya que el indicador comenzó a variar entre 0% de piezas defectuosas a un máximo de 25% del total de productos elaborados por días. En el lapso de estudio, los productos no conformes (PNC), representaron en promedio el 8 % de la producción elaborada por la empresa.

Indicador: Eficiencia del Proceso

Gráfico N° 10. Eficiencia del Proceso Productivo Pyme Metalmecánica (%)

Post- LSS



Fuente: Elaboración Propia (2021)

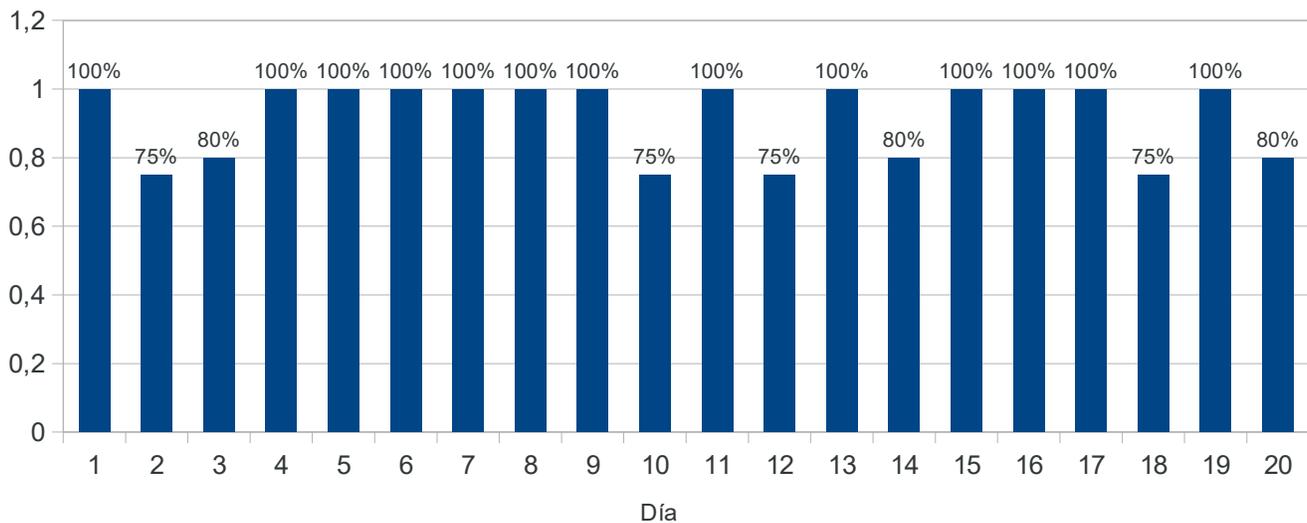
- **Interpretación**

La eficiencia del proceso (EP) es un indicador que determina la capacidad del sistema de producción para cumplir con el Plan Maestro de la Producción (PMP, es decir, el total de piezas que se ha planificado elaborar en la empresa. Al inicio de las mejoras, el EP se ubicó en un mínimo de 60%, lo que representa un cumplimiento de PMP del 60%. Paulatinamente, la incorporación de mejoras en el sistema productivo de la pyme permitió alcanzar un 100% de ejecución del PMP; permitiendo que el proceso alcanzara un promedio de eficiencia del 84,75% dando muestra que aquellos desperdicios del proceso han disminuido facilitando que el proceso aumente

su capacidad para producir y atender mayor cantidad de pedido de los clientes.

Indicador: Índice de Calidad

Gráfico N° 11. Índice de Calidad (IC) (%). Post- LSS



Fuente: Elaboración Propia (2021)

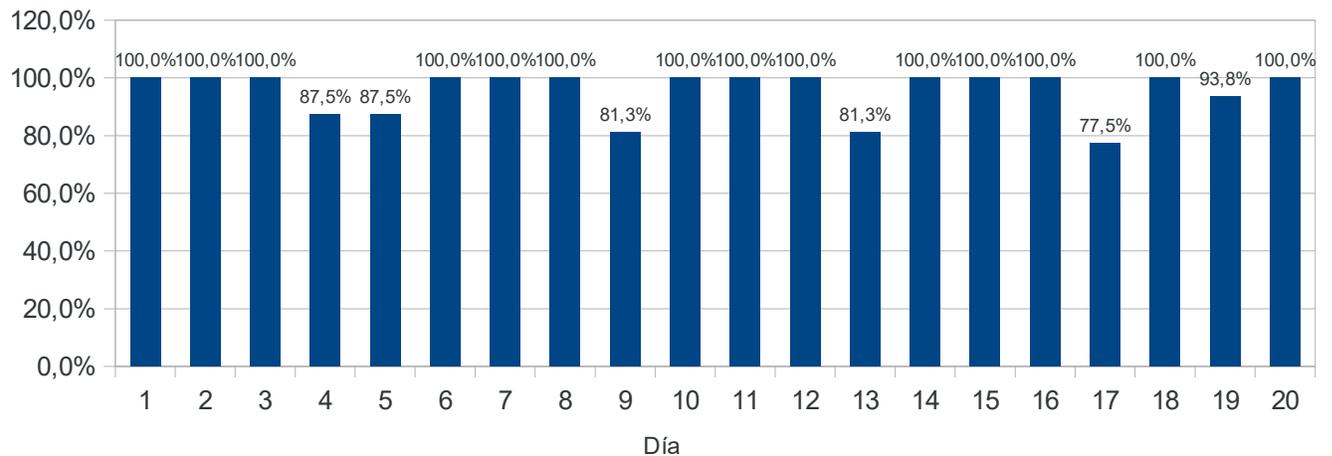
- **Interpretación**

El índice de Calidad (IC), es un indicador de control de calidad que facilita el seguimiento de los productos conformes con respecto al total de piezas elaboradas, mostrando la capacidad del sistema de producción para producir piñones rectos que satisfagan las especificaciones definidas por los clientes. En la etapa de mejora continua del proceso productivo el IC osciló entre el 75% y el 100% permitiendo que el promedio de los IC registrados durante el período de estudio fuera de 92%; es decir, que el 92% de las piezas

elaboradas en el lapso de mejoras, cumplieran los requerimientos geométricos del cliente.

Indicador: Disponibilidad de los Equipos de Producción (DEP)

Gráfico N° 12. Disponibilidad de los Equipos (DEP) Post LSS.



Fuente: Elaboración Propia (2021)

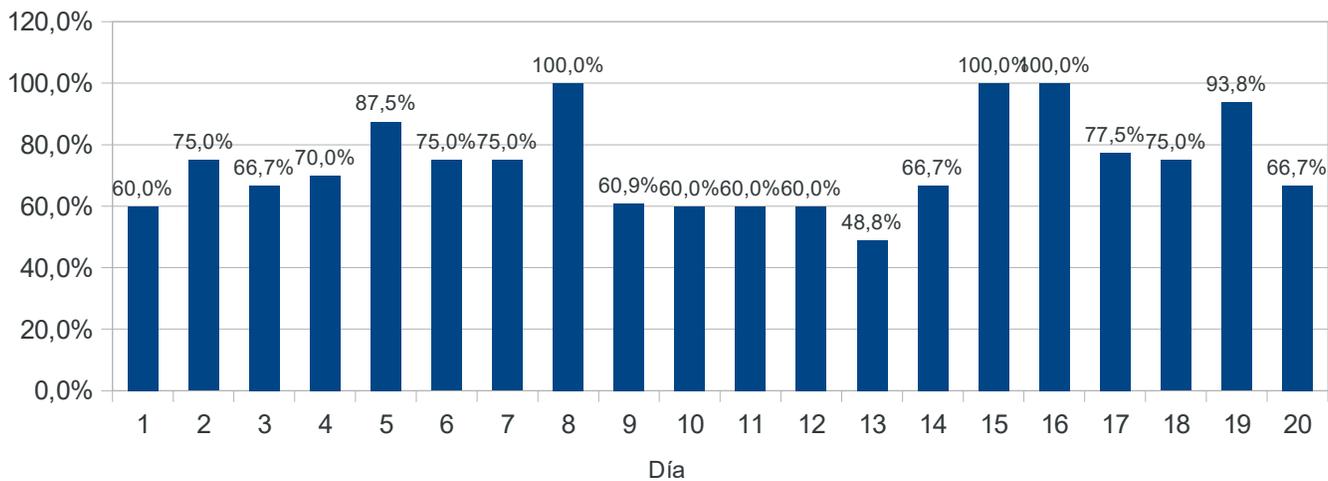
- **Interpretación**

Este indicador permite conocer la disponibilidad de los equipos de producción en el tiempo de estudio, es decir, el funcionamiento real del sistema de producción (maquinarias y equipos) en relación al tiempo de funcionamiento que se ha planificado (8 Hr de Jornada Laboral). En este lapso de tiempo la DEP se ubicó entre el 77,5% y el 100%, gracias a la implementación de un plan de mantenimiento básico que permitió disminuir las paradas no planificadas, que incidían en la eficiencia del proceso. Así

mismo, como resultado de las mejoras Lean Six Sigma aplicadas se logró un DEP en promedio de 95,44%.

Indicador: Eficiencia General de los Equipos

Gráfico N° 13. Eficiencia General de los Equipos (EEO) (%) Post- LSS



Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **Interpretación**

El indicador de EEO, durante el período estuvo entre el 60% y el 93,8% exceptuando que durante 3 días se logró un 100% de la Eficiencia General de los Equipos de la Empresa. Sin embargo, el promedio de EEO se ubicó en 73,92% como consecuencia de la estandarización de las operaciones de producción, la eliminación de los desperdicios y la puesta en funcionamiento del equipo de trabajo para el diseño de las piezas. Todas estas mejoras permitieron que mejorar la EEO, con un impacto positivo en el proceso de

producción, el cual se ubica en la clasificación de un proceso estándar ya que el indicador EEO Post LSS se encuentra entre el 60 y 85%.

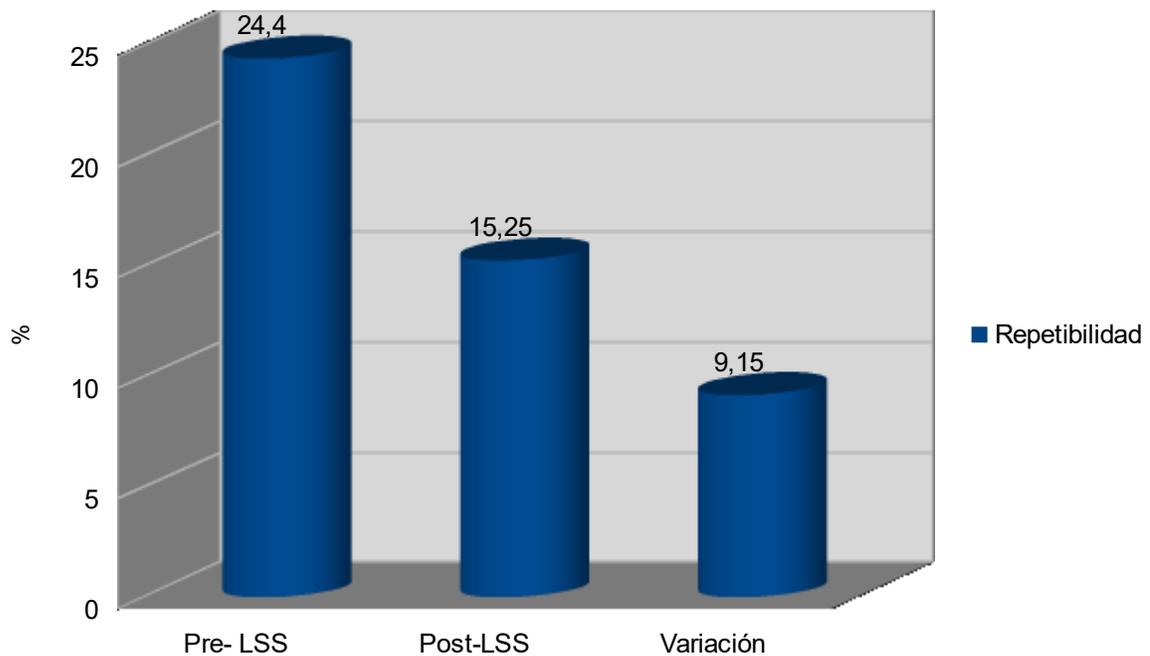
VI. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

6.1. Análisis Descriptivo de los Resultados

a) Sistema de Mediciones

.- Repetibilidad:

Gráfico N° 14. Análisis de los Resultados de la Repetibilidad (%)



Fuente: Elaboración Propia (2021)

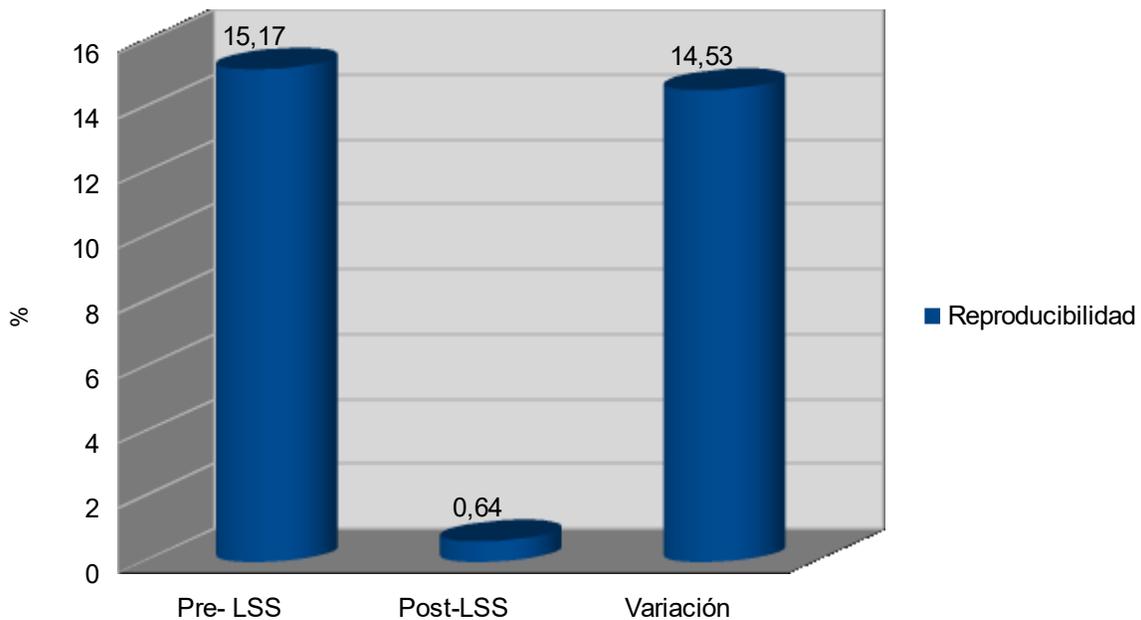
• Interpretación del Análisis:

Puede observarse que la Repetibilidad disminuyó de 24,40% a 15,25% con una diferencia de 9,15 puntos porcentuales, esto se debe a las mejoras ejecutadas en el área de trabajo destinada para llevar a cabo las mediciones de las piezas: se instaló un escritorio, se aumentó la iluminación y ventilación

del lugar para crear mejores condiciones del medio ambiente de trabajo en las cuales se ejecutaba el proceso de medición, también se llevó a cabo el reemplazo de los instrumentos de medidas (vernier y el micrómetro) cuyas deterioradas condiciones iniciales afectaban significativamente los resultados del sistema de mediciones.

.- Reproducibilidad

Gráfico N°15. Análisis de los Resultados de la Reproducibilidad (%)



Fuente: Elaboración Propia (2021)

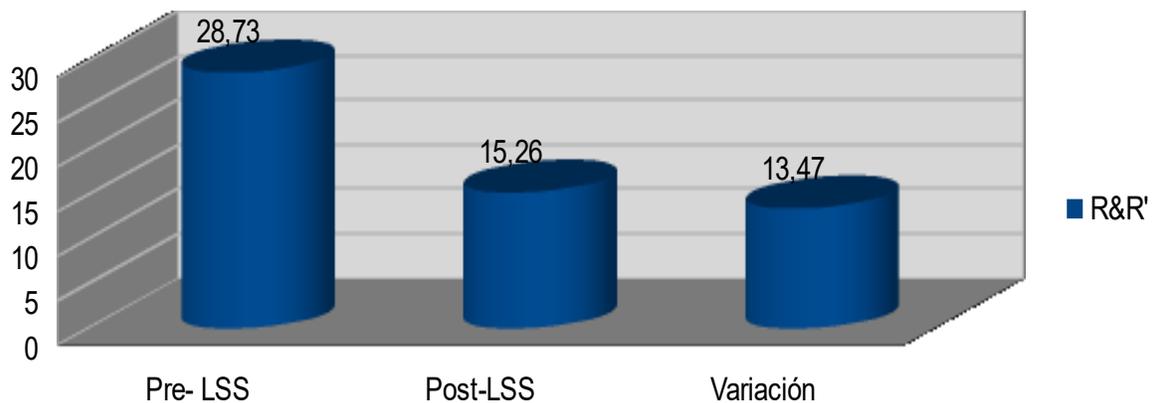
- **Interpretación del Análisis:**

Por su parte, la Reproducibilidad de 15,17% a 0,64%, con una brecha porcentual de 14,53 puntos; es un impacto positivo de la formación de los

operarios para el uso correcto de los instrumentos ocasionando que su repercusión sobre el sistema de mediciones disminuya considerablemente, lo cual se traduce en mayor precisión en el diseño y el control de dicha variable. Al comparar la Repetibilidad y la Reproducibilidad, resulta evidente que se tiene variabilidad en el proceso de producción de pieza en menor porcentaje y por esta razón, es necesario seguir con los ajustes del proceso; sin embargo, hay una mejora significativa en ambos factores como consecuencia de las acciones tomadas en el marco del Plan de Mejoras desarrollado por la empresa.

.- Factor de Repetibilidad(R) & Reproducibilidad (R')

Gráfico N° 16. Análisis de los Resultados del Factor R&R'



Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **Interpretación del Análisis:**

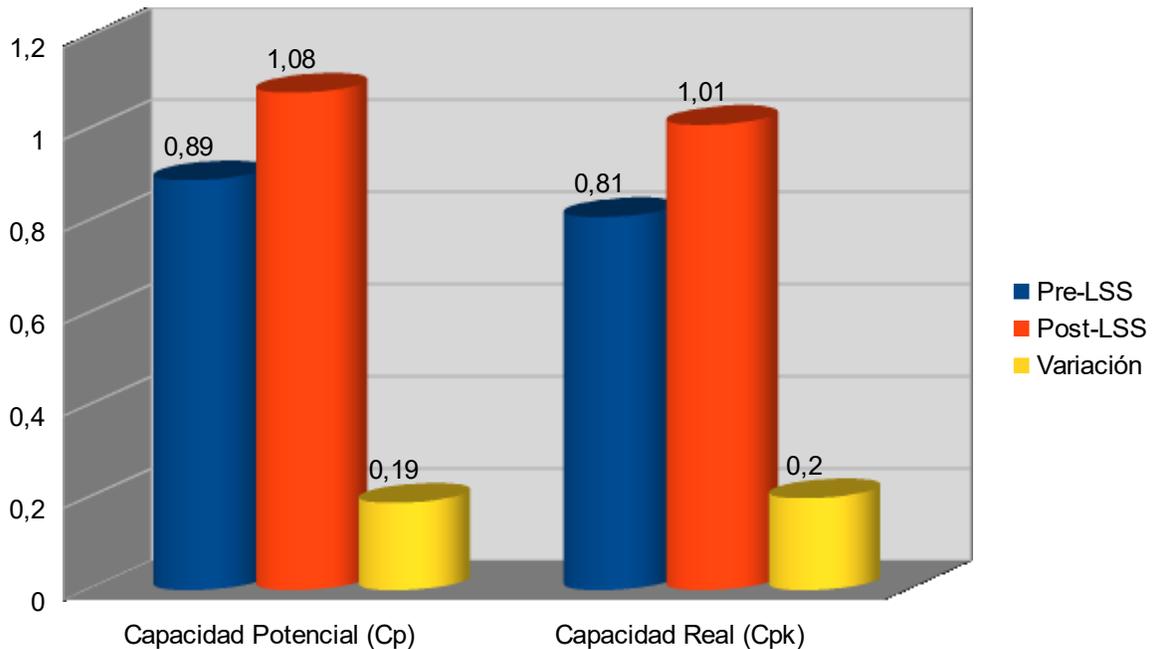
Realizando la evaluación del factor R&R' en la etapa pre y post mejoras LSS; se obtiene como resultado que el R&R' antes de las mejoras se ubicaba en

28,67% y pasó a 15,25% en la fase Post LSS, con una disminución del 53% de la variabilidad; sin embargo, pese a las acciones tomadas el sistema de mediciones de la pyme se mantiene en la condición de marginal y se debe continuar con las actividades de mejora hasta lograr que el factor R&R' sea menor al 10% y se aumente la confiabilidad de las mediciones.

Adicionalmente, el factor R&R' indica que las variaciones en las piezas han descendido lo que significa que hay mayor cumplimiento de los parámetros geométricos de las piezas fabricadas.

b) Índices de Capacidad del Proceso (Cp y Cpk)

Gráfico N° 17. Análisis de los Resultados de Capacidad del Proceso (Cp y Cpk)



Fuente: Elaboración Propia (2021)

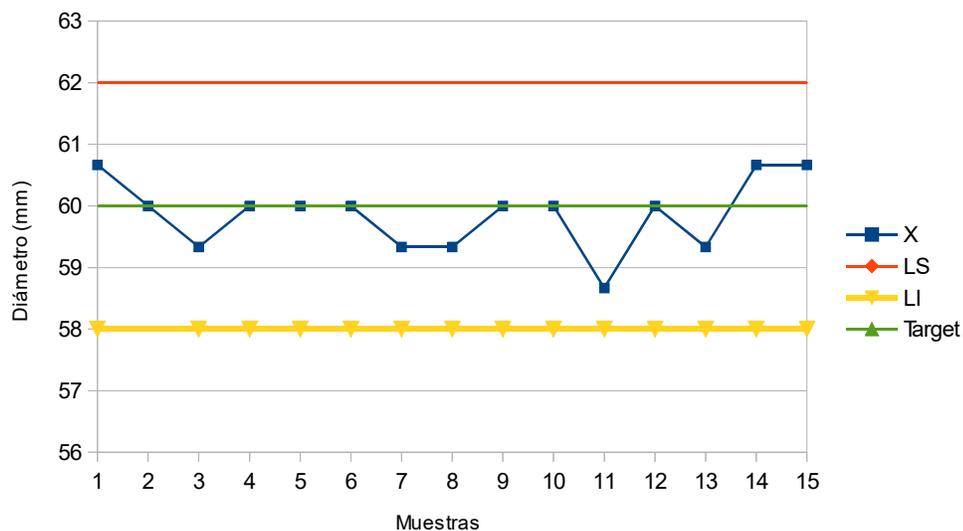
• Interpretación del Análisis:

En el gráfico N° 14, se presenta la evolución de los índice de Capacidad del Proceso, tanto Cp como Cpk, antes y después de las mejoras implementadas, obteniéndose como resultados que el índice de Capacidad Potencial del Proceso (Cp), se ha ubicado favorablemente en 1,08 y la Capacidad Real (Cpk) en 1,01; es decir, se ha logrado centrar el proceso de producción en el cumplimiento de las especificaciones de los clientes, en especial las variables del diseño consideradas como críticas para la calidad

y que se vincula con lo que se ha denominado en esta investigación como Puntos Críticos de Satisfacción del Cliente.

Este indicador es un de los requisitos a cumplir en la aplicación de la metodología de Lean Six Sigma y determina la potencialidad del proceso de fabricación para ajustarse a las tolerancias y especificaciones del diseño para el producto seleccionado en el estudio, los piñones rectos. Existe unos valores mínimos de valor de Cp, en el caso de proceso existentes, se debe garantizar que este índice debe ser: $1,33 < Cp > 1,25$; sin embargo, el Cp obtenido se evalúa según el criterio Cp y Cpk sea igual a 1; por lo tanto, el resultado de las mejoras a nivel de las operaciones ha dado como resultado un proceso de producción justamente capaz.

Gráfico N° 18. Gráfico de Control X-Barra de Especificaciones



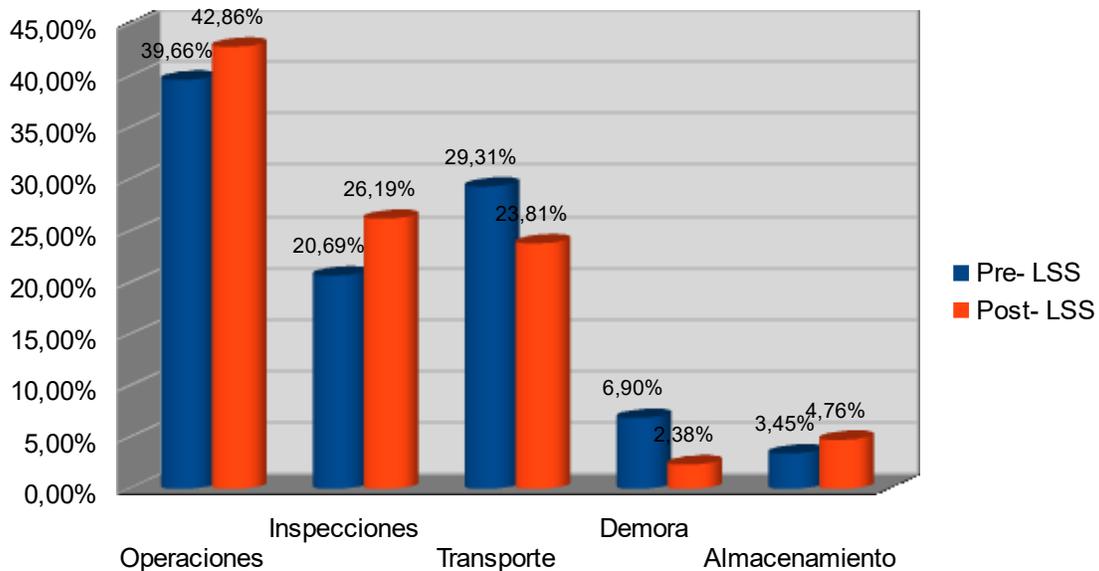
Fuente: Elaboración Propia (2021)

En el gráfico N° 18, X-Barra para las especificaciones, se puede observar que las medias de las medidas de los diámetros se encuentran bajo control estadístico y los valores están cercano al valor de la especificación (Target).

c) Análisis Operacional

Diagrama de Flujo de Proceso

Gráfico N° 19. Análisis de los Resultados en las actividades en el Diagrama de Flujo de Proceso Pre y Post- LSS



Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **Interpretación del Análisis:**

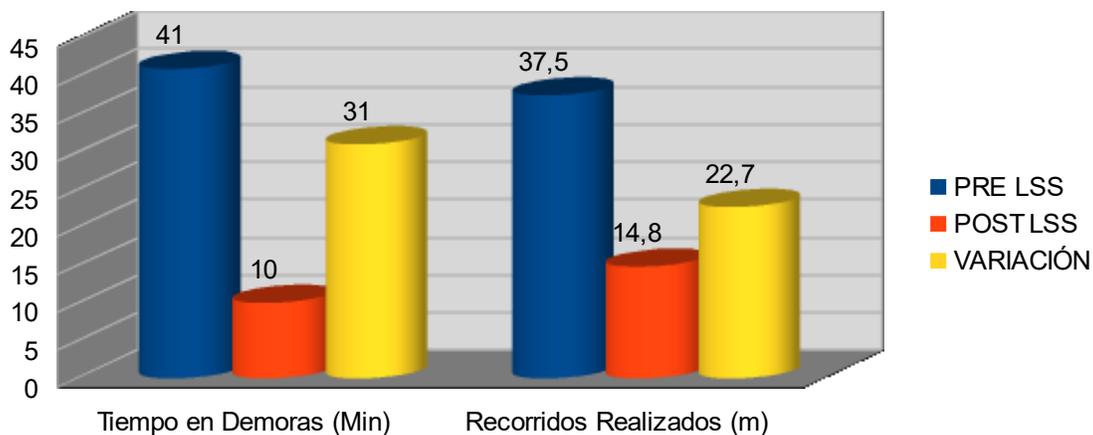
El análisis de las operaciones durante la aplicación de Lean Six Sigma facilitó la identificación de los desperdicios del proceso, sobre los cuales se ejecutaron acciones de mejoras las cuales permitieron aumentar las operaciones de 39,66% en la etapa Pre LSS a 42,86% con un incremento de 3,20 puntos porcentuales (p.p). Adicionalmente, como parte del control de calidad y la detección de puntos críticos se aumentaron las actividades de inspección y verificación de variables geométricas de los piñones a lo largo

del proceso, las mismas pasaron de 20,69% al 26,19% del total de actividades realizadas para producir una pieza.

Significativamente, los desperdicios entre los cuales se encontraban algunas actividades de transportes y demoras producidas por averías y paradas no planificadas, disminuyeron de 29,31% a 23,81% en la etapa Post LSS con una variación del 5,50 p.p., para las actividades de transportes. Por su parte, las demoras pasaron de representar el 6,90 % al 2,38% experimentando una disminución del 4,52 p.p., durante la fase de mejora continua.

.- Tiempo en Demoras y Recorridos realizados

Gráfico N° 20. Análisis del Tiempo en Demoras y Recorridos realizados



Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **Interpretación del Análisis:**

En lo que respecta a los resultados obtenidos en la disminución del tiempo

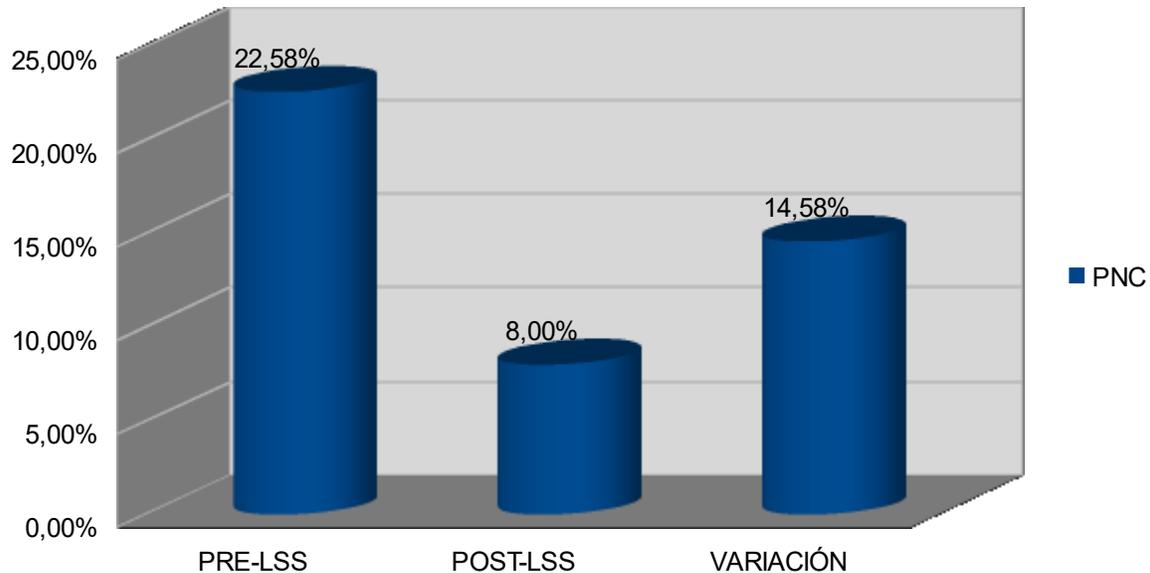
en demoras, en min/pieza elaborada, se logró llevar este indicador de 41 a 10 min/pieza con lo cual alcanzó una reducción de 30 minutos; lo que se traduce en una disminución del 73,17% en el valor de la variable determinado en la fase Pre LSS.

Así mismo, los recorridos internos durante el proceso de producción los cuales se encontraban inicialmente en 37,5 m/pieza pasaron a, luego de la puesta en marcha del plan de mejoras, a 14,8 m con un descenso en los transportes de 22,7 m que representan el 60,53% de los recorridos iniciales.

d) Métrica Lean Six Sigma

.- Indicador: Productos No Conforme (%)

Gráfico N° 21. Análisis de los Resultados del Indicador Productos No Conforme (%)



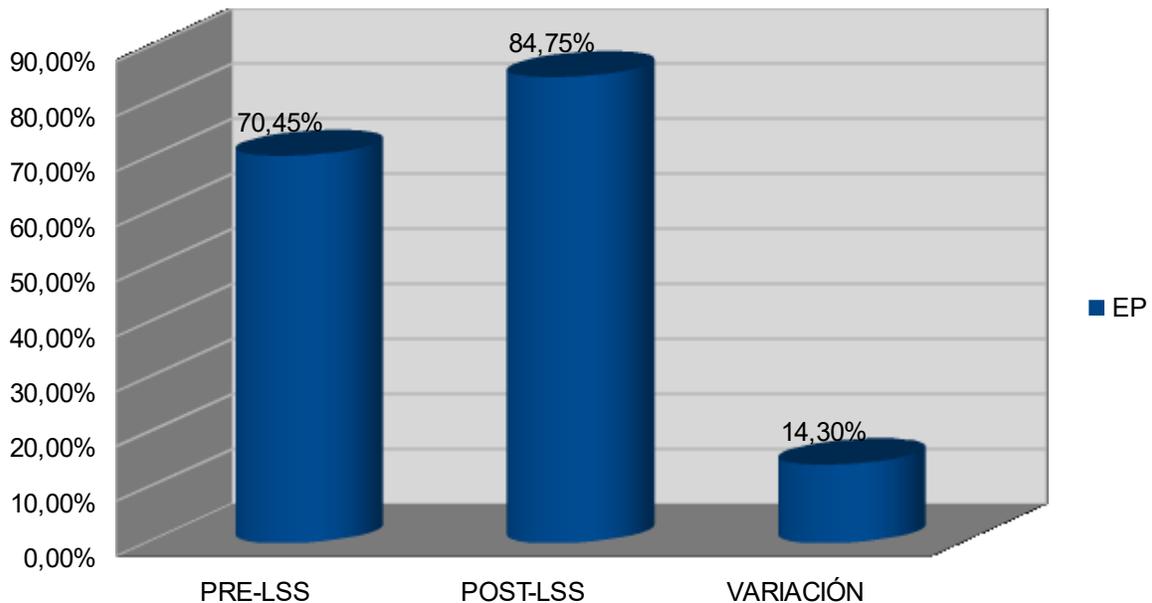
Fuente: Elaboración Propia (2021)

• Interpretación del Análisis:

El indicador de Productos No Conformes (PNC) promedio, sufrió una variación de 14,58 p.p, al pasar de 22,58% en la etapa Pre LSS a 8% de la producción de la Pyme en la fase de mejoras o Post LSS. Es importante mencionar que, en las metas establecidas para el Plan de Mejoras, se había proyectado llevar este indicador a 5%; sin embargo, se logra un importante avance al disminuir el PNC en un 8% con una diferencia de 3 p.p., respecto a la meta fijada.

.- Indicador: Eficiencia del Proceso (EP)

Gráfico N° 22. Análisis de los Resultados del Indicador Eficiencia del Proceso (%)



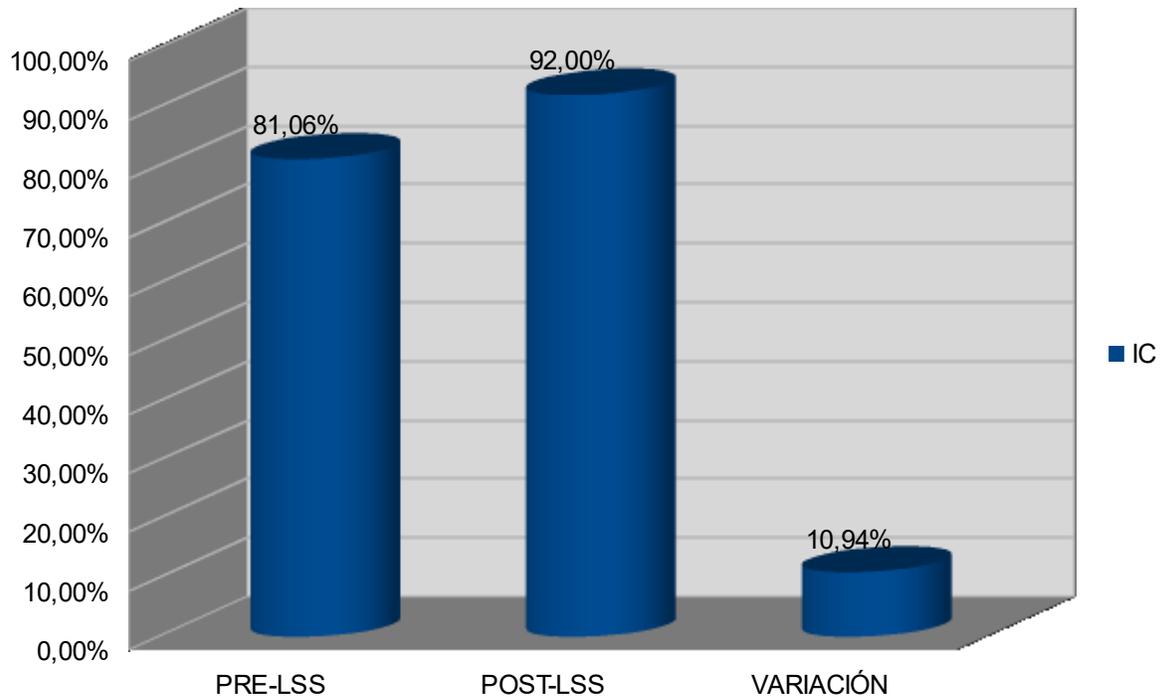
Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **Interpretación del Análisis:**

La Eficiencia del Proceso (EP) Promedio, logró aumentar de 70,45% hasta ubicarse en 84,75% en la etapa Post LSS, lo que representa una variación positiva del indicador de 14,30 puntos porcentuales. No obstante, la meta establecida para esta métrica del proceso no se alcanza, pero la pyme progresa significativamente hacia la concreción de un proceso productivo 100% eficiente; sólo se requiere mantener las mejoras en el tiempo para lograr un mayor impacto en el sistema de producción de la empresa.

.- Indicador: Índice de Calidad (IC)

Gráfico N° 23. Análisis de los Resultados del Indicador Índice de Calidad (%)



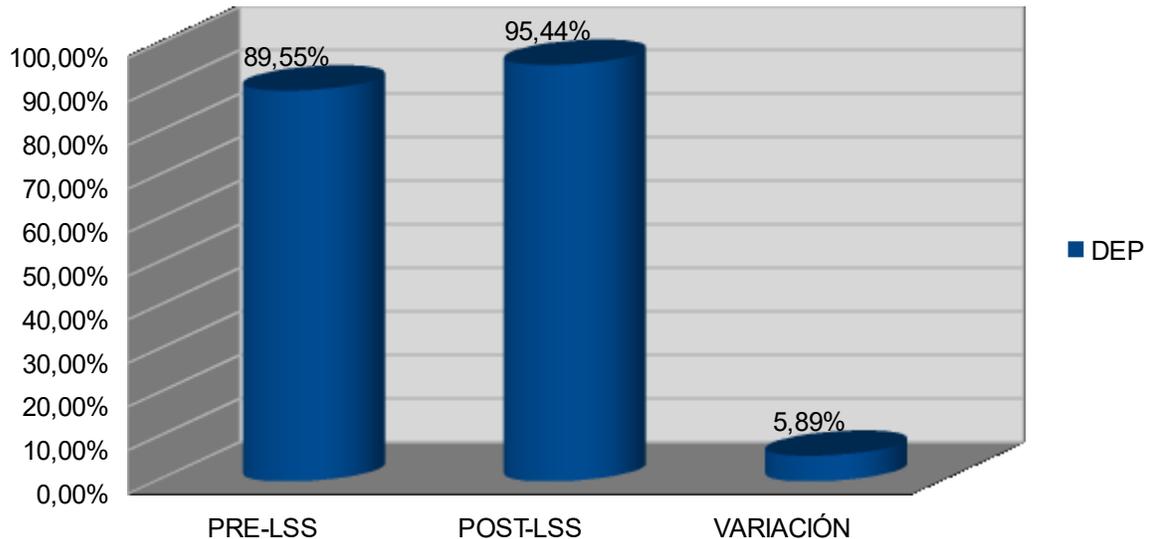
Fuente: Elaboración Propia (2021)

- **Interpretación del Análisis:**

El Índice de Calidad (IC) promedio, inicialmente se encontraba en 81,06% y aumentó a 92% de las piezas elaboradas como resultado del conjunto de acciones aplicadas para la mejora del proceso productivo. Esto significa una variación favorable de 10,94 puntos porcentuales respecto al valor Pre LSS del indicador y encontrándose a 8 p.p. de la meta del proyecto Lean Six Sigma.

.- Indicador: Disponibilidad de los Equipos de Producción (DEP)

Gráfico N° 24. Análisis de Resultados para el Indicador de Disponibilidad de los Equipos (DEP)



Fuente: Elaboración Propia (2021)

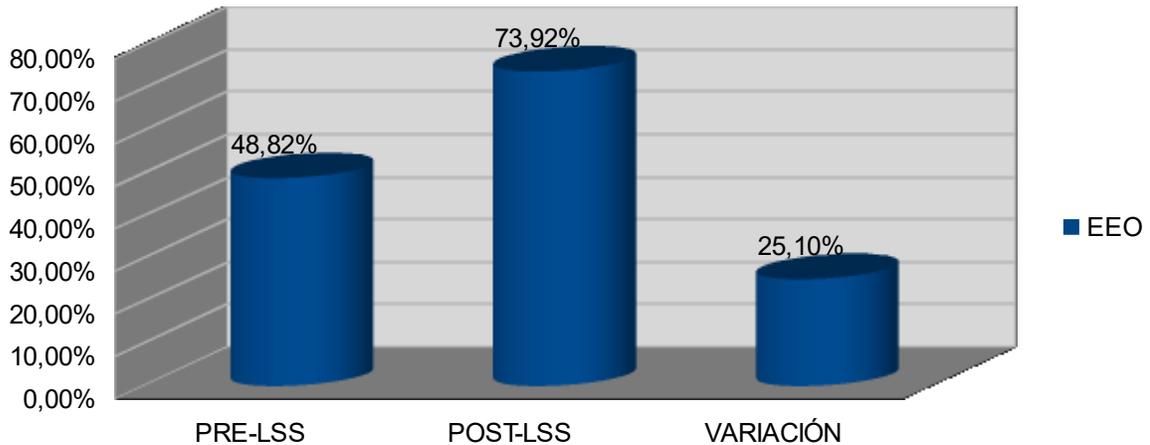
- **Interpretación del Análisis:**

La Disponibilidad de los Equipos de Producción en promedio experimentó un incremento del 5,89% puesto que pasó de 89,55% en la fase Pre LSS hasta llegar a ser el 95,44%. Esto fue posible gracias a la ejecución de un Plan de Mantenimiento de los equipos y maquinarias del proceso productivo, con el propósito de mantener la operatividad de las mismas durante el período de estudio. Este hecho demuestra que la planificación de las rutinas de mantenimiento es eficaz para garantizar la DEP, evitando las paradas no planificadas que interrumpe la producción y afectan la Eficiencia del Proceso.

.- Indicador: Eficiencia General de los Equipos (EEO)

Gráfico N° 25. Análisis de Resultados para el Indicador de Eficiencia General de los Equipos (EEO)

Fuente: Elaboración Propia (2021)



- **Interpretación del Análisis:**

Inicialmente, el indicador promedio de EEO se encontraba en 48,82% evidenciando que el sistema de producción de la Pyme demandaba mejorar las condiciones y elementos del proceso, dichas acciones fueron direccionadas al mantenimiento de los equipos y en lograr el aumento del índice de calidad (IC) y la Eficiencia del Proceso (EP), favoreciendo que el indicador de EEO en la etapa Post LSS se posiciona en 73,92% con una variación de los 25,10 puntos porcentuales por encima del valor inicial.

6.2. Comparación de resultados con marco teórico

Internacionales

- Pardo Hernández, Alexandra. Bogotá, Colombia. (2019)

El trabajo de grado denominado como *“Propuesta de implementación del Modelo Six Sigma para mejorar el proceso de manejo y control de desperdicios de materia prima en la Empresa Cartones América”*.

La investigación aplicó la metodología Six Sigma para la identificación de los desperdicios materiales (materia prima) del proceso de producción, a diferencia del presente estudio que aplicó la metodología combinada Lean Six Sigma sobre todos los elementos de sistema de producción de una empresa metalmecánica para conocer los desperdicios del proceso tanto materiales como inmateriales, llevando al investigador a profundizar en los desperdicios de Tiempo originados por las demoras y Traslados innecesarios por una inadecuada organización y la ausencia de estandarización de las operaciones productivas. Adicionalmente, en el estudio de referencia se determinó el índice de Capacidad Real del Proceso (Cpk) a nivel de los equipos y maquinarias, mientras que en investigación actual se llevó a cabo un análisis de los indicadores de capacidad del proceso tanto potencial (Cp) como real (Cpk) logrando la aplicación de mejoras para llevar el sistema de producción a ser justamente capaz de cumplir con los requerimientos del cliente.

- Córdor Salazar, Bolívar Raúl. Quito, Ecuador. (2018)

El artículo titulado “*Seis sigma en las Pymes, bajando costos con calidad en Ofitek en Quito*”.

Este caso de estudio implementó Six Sigma en una pequeña y mediana industria con el objetivo de mejorar la adherencia de la pintura en los productos terminados que generaba un alto costo de la calidad. Como se puede observar, la presente investigación llevó a cabo la aplicación de LSS en una pyme del sector metalmecánico y su propósito fue incidir de manera favorable en todo el sistema productivo; de forma tal, que se satisfagan los requerimientos de los clientes en lo que respecta a las Puntos Críticos de Satisfacción al Cliente (PCSC), inherentes a las características geométricas de los piñones rectos, es decir, en la forma, tamaño y diseño de las piezas y en el cumplimiento de las mediciones y tolerancias. La investigación de referencia, aplica los análisis estadísticos y los índices de capacidad del proceso, Cp y Cpk, para determinar las mejoras a implementar en la empresa; en tanto que el estudio actual se apoya en el cálculo de la métrica LSS y del Factor R&R' para identificar los elementos del proceso productivo que limitaban la capacidad de producción, afectaban el índice de calidad y la satisfacción de los PCSC.

- Bernal Castaño, Santiago y Alzate Botero, Juan Camilo. Medellín, Colombia. (2018)

La investigación titulada “*Estrategias Lean Manufacturing para una empresa del sector metalmecánico*”.

El estudio de Bernal (2018) sólo aplica las estrategias de Lean, entre ellas las 5 S para analizar el proceso de mecanizado de la empresa y construir las acciones de mejoras las cuales estuvieron centradas en la estandarización de las operaciones de producción; obteniendo como resultado un conjunto de mejoras para el proceso. En cambio en la presente investigación, se profundizó en el proceso de producción desde el diseño hasta la elaboración total de las piezas aplicando todas las fases de la metodología Lean Six Sigma con el propósito de desarrollar un Plan de Mejoras que realizó el abordaje de las principales causas que estaban limitando el proceso productivo, en especial aquellas que afectaban los PCSC relacionado a la geometría de la pieza originando una incapacidad del proceso para satisfacer las especificaciones de los clientes, se logró llevar el Cp y el Cpk a 1, en el límite de un proceso justamente capaz y mejorar notablemente la métrica del sistema de producción con una reducción del PNC del 8%.

- Araneda Durán, Marcela Paz. Santiago de Chile, Chile. (2016)

El trabajo de investigación sobre una *“Propuesta de un plan de mejora de la eficiencia de los procesos en una empresa metalmecánica”*.

Por su parte, Araneda (2016) enfocó su investigación en un Plan de Mejoras para abordar la eficiencia del proceso en una empresa del ramo, aplicó la metodología Lean Manufacturing para impactar positivamente el desempeño del sistema productivo, en particular la eficiencia del proceso. Sus resultados arrojaron que el 98% de las actividades de reparación no agregaban valor al proceso de producción Por el contrario, el presente estudio llevó a cabo un

conjunto de mejoras que fueron determinadas luego de la aplicación sistemática de la metodología DMAIC de Lean Six Sigma para incidir en un conjunto de indicadores definidos para la métrica LSS, tales como el Producto No Conforme (%), la Eficiencia del Proceso, el Índice de Calidad, la Disponibilidad de los Equipos de Producción y la Eficiencia General de los Equipos (EEO). Mediante un análisis operacional se logró disminuir las operaciones que no generaban valor al sistema de producción tales como los traslados innecesarios y las demoras debido a imprevistas averías de los equipos.

Nacionales

- Bernal Valladares, Carlos Enrique. Huacho, Peru. (2019)

La investigación denominada “*Metodología DMAIC y su productividad del proceso de distribución de combustibles líquidos en una estación distribuidora PECSA*”.

En este trabajo de investigación, Bernal (2019) ejecuta la metodología DMAIC para aumentar la productividad de una empresa aplicando un control estadístico del proceso e incidir en la productividad mediante acciones correctivas. Sus resultados reflejaron que las actividades emprendidas para corregir las desviaciones del proceso permitieron aumentar en 1,93% la eficiencia del proceso. Mientras que el presente estudio llevó a cabo una evaluación y análisis exhaustivo del proceso de producción a través de las fases de DMAIC, cuyos resultados en la fase pre mostraban que era necesario intervenir el proceso de producción en los puntos de mejoras identificados. A

nivel operacional, se logró el cambio de las operaciones de diseño de manuales a computarizadas y combinar este proceso con la capacitación de los trabajadores para lograr un sistema de mediciones confiable; mejorando la eficiencia del proceso la cual se ubicó en la etapa post en 84,75% con un incremento de 14,30 puntos porcentuales respecto al valor inicial.

- Coronado Santivañez, Carlos Amadeus. Lima, Perú. (2018)

La investigación denominada “*Efecto del Uso de Lean Six Sigma en las Buenas Prácticas Empresariales de las Principales Empresas Agroexportadoras del Perú*”

La investigación de Coronado (2018) resalta los beneficios de la aplicación del Lean Six Sigma en las prácticas empresariales y en la mejora de los procesos de la empresa, resaltando la importancia de aplicar la metodología DMAIC para medir y evaluar los sistemas de producción permitiendo la detección de fallas y desviaciones en el proceso. Efectivamente, la experiencia de la aplicación de la Metodología Lean Six Sigma en la pequeña y mediana empresa metalmecánica XYZ permitió grandes avances en la mejora de su proceso desde la estandarización de sus operaciones, la disminución de actividades de bajo o nulo valor para el proceso y en general, la disminución experimentada en el indicador de Productos No Conforme, el aumento del índice de calidad y de la capacidad del proceso confirman que los resultados obtenidos por Coronado en su investigación sobre los efectos positivos que desencadena la aplicación de LSS en la industria.

- Galarza Cajahuaringa, Cristina. Lima, Perú. (2018).

El Trabajo de investigación titulado *“Implementación de herramientas de calidad para la mejora de la gestión de procesos en una empresa metalmecánica”*

Por su parte, el estudio de Galarza (2018) se desarrolla implementando el Ciclo de Deming para mejorar la gestión de procesos de control de calidad, sus resultados determinaron que la deficiencia en la verificación de la calidad, las interrupciones en el suministro de materia prima y la ausencia de un plan de mantenimiento de los equipos estaban generando una deficitaria gestión de proceso y sobre estos resultados diseñó un plan de mejoras. Entre tanto, en la presente investigación se aplicaron herramientas de calidad como la detección de los puntos críticos de control para mejorar la capacidad del proceso y aumentar los niveles de satisfacción de los PCSC asociados a las características geométricas de las piezas elaboradas. Los resultados obtenidos de desarrollar el plan de mejoras fueron palpables en indicadores como el índice de calidad que se deja en un 92% en la etapa post LSS.

- Espejo Peña, Dennis Alberto. Lima, Perú. (2018).

En el trabajo de investigación denominado *“Implementación de Lean Six Sigma y la Productividad en una Pyme de Producción- 2017”*

La investigación implementa Lean Six Sigma para influir en la productividad de la empresa de producción, desarrolla sus fases y aplica acciones en la medida

que identifica las desviaciones del proceso, evaluando sólo el indicador de Nivel Sigma. Sin embargo, el presente estudio, toma los resultados obtenidos de la aplicación de las fases metodológicas de LSS para conceptualizar un plan de mejoras donde se logra combinar acciones en las áreas de calidad, control de proceso, recursos humanos, operaciones y mantenimiento que impactan positivamente todo el sistema de producción de la empresa incluyendo el diseño y el sistema de medición. Permitiendo cambios favorables en la métrica de proceso que abarcó indicadores como el factor R&R', los índices de capacidad potencial y real del proceso, la Eficiencia General de los equipos entre otros.

- Medina Hoyos, Gustavo Adolfo y Montalvo Montalvo, Gina Pamela. Nuevo Perú, Perú. (2017).

La investigación orientada a las *“Mejoras de la productividad utilizando la metodología Lean Six Sigma en la producción de pallets en una empresa maderera”*

En su estudio, Medina (2017) aplica la metodología Lean Six Sigma para llevar a cabo un diagnóstico del proceso productivo con el fin de mejorar su productividad; para ello, implementa un sistema de gestión con una mejora basada en tres modelos y procede a medir el indicador de productividad para conocer cuál de ellos genera un mayor resultado para la empresa. En el caso de la presente investigación, se aplica la metodología de Lean Six Sigma y se obtiene un proyecto de mejoras el cual se desglosa en un conjunto de acciones que permitieron incidir en el control de calidad y en las operaciones de

producción, obteniendo resultados favorables en los indicadores de la métrica para la etapa post LSS.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La investigación logró el desarrollo de un Plan de Mejoras mediante la aplicación de la metodología Lean Six Sigma en la empresa del ramo metalmecánica, el cual permitió incidir favorablemente en la capacidad del proceso de producción de piñones rectos. Dando respuesta a la problemática planteada y generando un impacto positivo para la pyme, en pro de estabilizar sus operaciones de producción y aumentar la calidad de sus productos.
- El éxito de las mejoras desarrolladas es generado por la ejecución sistemática de las fases de la metodología DMAIC contemplada en Lean Six Sigma y la aplicación de sus herramientas de análisis operacional y estadísticos que facilitaron la detección de las causas que originaban las desviaciones del proceso productivo, en lo que respecta a la satisfacción de los Puntos Críticos de Satisfacción del Cliente (PCSC) definidos como punto de partida en la aplicación de la metodología.
- Los resultados obtenidos en la fase pre LSS en lo que respecta a los focos de mejoras en el proceso, orientaron la combinación de las acciones de mejoras, logrando resultados favorables a nivel de la calidad y precisión de los productos elaborados, el sistema de mediciones, las operaciones de producción y el abordaje del capital humano mediante un pequeño plan de capacitación para mejorar sus destrezas en la medición y el manejo de los instrumentos de medición.

- El desarrollo del Plan de Mejoras durante un período de tiempo, permitió conocer los resultados de las acciones sobre la eficiencia del proceso mostrando un cambio favorable del sistema de producción en lo que respecta a la capacidad de satisfacer los requerimientos de sus clientes. Con ello, se logra validar que las acciones de mejoras propuestas a la empresa favorecen no sólo la productividad sino los niveles de satisfacción de los requerimientos de los clientes transformando un proceso débil en un proceso justamente capaz de cumplir con el diseño establecido por el cliente.

Recomendaciones

- Continuar con la capacitación de los operarios para lograr un sistema de mediciones con mayor estabilidad ya que se logra un resultado positivo, pero puede lograrse un desempeño mayor si se fortalecen las habilidades de los empleados en el manejo de los instrumentos de medición.
- A nivel de capacidad del proceso, se deja un sistema de producción justamente capaz; sin embargo, es vital continuar con las acciones de mejoras para posicionar el proceso en el rango de “capaz” de cumplir con todas las exigencias de los clientes, sin desviaciones que afecten el sistema productivo y la calidad de los productos alcanzada en la aplicación de LSS.
- Mantener el ciclo de la metodología LSS en otras áreas de la empresa estrechamente vinculadas con el sistema de producción y lograr una armonía entre los procesos estratégicos, claves, de soporte y validación para la sostenibilidad de los resultados obtenidos en el tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Alting, L. (1990). Procesos para ingeniería de manufactura. Editorial Alfaomega. 369.
- Araneda, M. (2016). Propuesta de un plan de mejora de la eficiencia de los procesos en una empresa metalmeccánica. [Trabajo de Grado para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico. Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Ingeniería Mecánica, Santiago de Chile].
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/21291/3560902038429UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Acevedo, J. (2019). Una visión global para las pymes
https://www.elvocero.com/opinion/una-visi-n-global-para-laspymes/article_e1f44092-7b72-11e9-b6e3-43be85a76ccf.html
- Bernal, C. (2019). Metodología DMAIC y productividad del proceso de distribución de combustibles líquidos en una estación Distribuidora Pecsca. [Tesis de Maestría, para optar al título de Maestro en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Escuela de Posgrado, Huacho, Perú].
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2710/BERNAL%20VALLADARES%20CARLOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bernal C., S. y Alzate, S. (2018). Estrategias Lean Manufacturing para una empresa del sector metalmeccánico. [Tesis de Grado, para optar al título de Ingeniero Industrial, Universidad de San Buenaventura, Colombia].
<https://www.google.com/search?q=Bernal+Casta%C3%B1o%2C+Santiago+y+Alzate+Botero%2C+Juan+Camilo+%282018%29%2C+Medell%C3%ADn%2C+Colombia.+La+investigaci%C3%B3n+titulada+%E2%80%9CEstrategias+Lean+Manufacturing+para+una+empresa+del+sector+metalmecc%C3%A1nico%E2%80%9D&ie=utf-8&oe=utf-8>
- Bravo, M., y Orellana, G. (s/f). Proceso de Producción.
https://recursos.salonesvirtuales.com/assets/bloques/monica_bravo.pdf
- Confederación Nacional de Instituciones Empresariales Privadas. (CONFIEP) (16 de abril de 2021) Pymes: el motor del crecimiento en el Perú. [Archivo de Vídeo].
<https://www.confiep.org.pe/confiep-tv/pymes-el-motor-del-crecimiento-en-el-peru/>

- Cóndor, B. (2018). Seis Sigma en las Pymes, bajando costos con calidad. Revista Espacios, 39 (44), 8.
<https://www.revistaespacios.com/a18v39n44/a18v39n44p08.pdf>
- Coronado, C. (2018). Efecto del Uso de Lean Six Sigma en las Buenas Prácticas Empresariales de las Principales Empresas Agroexportadoras del Perú. [Tesis de grado para optar al Título de Licenciado en International Business, Universidad San Ignacio Loyola, Lima- Perú]
http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/8509/3/2018_Coronado-Santiva%C3%B1ez.pdf
- Delgado, E. (2018). Los 7 Desperdicios. <https://spcgroup.com.mx/7-desperdicios>
- De La Garza, E. (1999). Epistemología de las Teorías sobre Modelos de Producción. Red de Bibliotecas del Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
<http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/qt/20101102030444/6toledo.pdf>
- Espinosa, Y. (2019). Lean Six Sigma: Una Metodología para todo propósito.
<https://posgrado.uam.edu.ni/lean-six-sigma-una-metodologia-para-todo-proposito/>
- Espejo, D. (2018). Implementación de Lean Six Sigma y la Productividad en una Pyme de Producción- 2017. [Trabajo de Doctorado, Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Lima, Perú] <https://www.scribd.com/document/413996746/T-Doctorado-en-Ingenieria-Industrial-42362677-ESPEJO-PENA-DENNIS-ALBERTO-pdf>
- Galarza, C. (2018). Implementación de herramientas de calidad para la mejora de la gestión de procesos en una empresa metalmecánica. [Trabajo de Grado para optar al Título Profesional de Ingeniero Industrial y Gestión Empresarial, Universidad Norbert Wiener, Lima, Perú].
<http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2646/TESIS%20Galarza%20Cristina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Giannasi, E. (s/f). Desperdicios en la producción. Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
<https://www.uic.org.ar/Archivos/Revista/File/Desperdicios%20de%20la%20produccion%20de%20la%20industria.pdf>
- Gómez, C. (2019). Guía Metodológica para la Aplicación del Lean Six Sigma en Procesos de Fabricación de Plásticos en Multinationales Colombianas. [Monografía para optar al título de Especialista en Gerencia de la Calidad, Fundación Universidad de América, Facultad de Educación Permanente y Avanzada, Bogotá-Colombia]
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7502/1/168166-2019-II-GC.pdf>

- Guzmán, L. (2014). Mano de Obra. Contabilidad. <https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=http://s11425b3048eb9539.jimcontent.com/download/version/1400552315/module/8625067182/name/MANO%2520DE%2520OBRAS%25202014.pdf&ved=2ahUKEwjDjoCille wAhWTsDEKHUzmCmwQFjASeqQIBhAB&usq=AOvVaw1gD9R6JsfE-mcUegenmZDD>
- Gutierrez, H. (2018). Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Universidad de Guadalajara. 2 ed. <https://www.uv.mx/personal/ermeneses/files/2018/05/6-control-estadistico-de-la-calidad-y-seis-sigma-gutierrez-2da.pdf>
- Hernández, R. (1998). Metodología de la Investigación. Segunda Edición. Editorial Mc Graw – Hill. México.
- Hernández M, C. (2014). La Metodología Lean Seis Sigma, Sus Herramientas y Ventajas. [Trabajo Recepcional Monografía, presentado como requisito parcial para obtener el Título de Magister en Gestión de la Calidad, Universidad Veracruzana, México] Recuperado en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47599/HernandezMartinezCuauhtemoc.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. 6.^a ed. McGraw Hill. https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%20de%20la%20Edici%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
- Índice de Políticas PYME: América Latina y el Caribe (2019). Políticas para PYMEs competitivas en la Alianza del Pacífico y países participantes de América del Sur. <https://www.oecd.org/latin-america/Indice-PoliticasyPYME-LAC-MensajesPrincipales.pdf>
- Muñoz Razo, C. (2011). Cómo elaborar y asesorar una Investigación de Tesis. 2a. Ed. Prentice Hall. http://www.hugoperezdiart.com.ar/tallerdetesis-ppt/Munoz_Razo_Como_Elaborar_y_Asesorar_una_Investigacion_de_Tesis_Caps-6-y-7.pdf
- Matzunaga, L. (2017). Implementación de un sistema de mejora de calidad y productividad en la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva basado en las herramientas de la metodología SIX SIGMA. [Tesis para optar al Título de Maestro en Ingeniería Industrial con mención en Planeamiento y Gestión Empresarial, Universidad Ricardo Palma, Perú]. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1419?show=full>

- Medina, G., Montalvo, G., y Vásquez, M. (2017). Mejoras de la productividad utilizando la metodología Lean Six Sigma en la producción de pallets en una empresa maderera. Revista Ingeniería. <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/download/863/1682?inline=1>
- Mogollón, M. (2018). Propuesta de Implementación del Modelo Hoshin Kanri en una Mipyme del Sector Constructor. [Monografía para optar el título de Especialista en Gerencia de Empresas Constructoras, Fundación Universidad de América Facultad de Educación Permanente y Avanzada Especialización en Empresas Constructoras] <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7116/1/78171-2018%20I-GEC.pdf>
- Navarro, E., Gisbert, V. y Pérez, A. (2017). Metodología e implementación de Six Sigma. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico. Ed. Especial. 73-80. https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_9.pdf
- Pardo, A. (2019). Propuesta de implementación del Modelo Six Sigma para mejorar el proceso de manejo y control de desperdicios de materia prima en la Empresa Cartones América. [Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial, Universidad Católica De Colombia, Facultad De Ingeniería, Programa De Ingeniería Industrial Práctica Empresarial] <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23297/1/PROPUESTA%20DE%20IMPLEMENTACION%20DEL%20MODELO%20SIX%20SIGMA%20PARA%20MEJORAR%20EL%20PROCESO%20DE%20MANEJO%20Y%20CONTROL%20DE%20D.pdf>
- Parella, S. y Martins, F. (2003). Metodología de la Investigación cuantitativa. Editorial Fedupel. Caracas. Venezuela.
- Palacios, M., Soler, V., y Pérez-Bernabeu, E. (2015). Sistemas de Gestión de la Calidad: Lean Manufacturing, Kaizen, Gestión de Riesgos (UNE-ISO 31000) E ISO 9001. 3C Tecnología. 16. (4). 175-188. <https://www.3ciencias.com/articulos/articulo/sistemas-de-gestion-de-la-calidad-lean-manufacturing-kaizen-gestion-de-riesgos-une-iso-31000-e-iso-9001/>
- Pérez-López, E; García-Cerdas, M. (2014). Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. Tecnología en Marcha. 27, (3). 88-106. <https://www.google.com/url?esrc=s&q=&rct=j&sa=U&url=https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4896365.pdf&ved=2ahUKEwjL-J6usbTyAhX5QzABHbuVCVYQFnoECAcQAQ&usg=AOvVaw04e0jyKW29w9YMLiJe823p>

- Pellegrini, B. (04, mayo, 2020). Estrategia Lean Six Sigma: 5 Fases para lograr la Excelencia en los Negocios. Blog Kaizen Institute. [Entrada del Blog]. <https://cl.kaizen.com/blog/post/2020/05/04/estrategia-lean-six-sigma-5-fases-para-lograr-la-excelencia-en-los-negocios.html>
- Portuondo, Y. y Portuondo M., J. (2010). La Repetibilidad y Reproducibilidad en el aseguramiento de la calidad de los procesos de medición. Universidad de Oriente Tecnología Química. XXX (2,). 117-121.
- Proaño, D. Gisbert, V. y Bernabeú, E. (2017). Metodología para elaborar un plan de mejora continua. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico. Ed. Especial. https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/01/art_6.pdf
- Retos en Supply Chain. La Teoría General de Sistemas y los sistemas de producción. [Blog] <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/la-teoria-general-de-sistemas-y-los-sistemas-de-produccion/>
- Retos en Supply Chain.. Los 4 tipos de sistemas de producción industrial y sus características. . [Blog] <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/tipos-de-sistemas-de-produccion-industrial-y-sus-caracteristicas/>
- Roncancio, G. (2018). ¿Qué es Hoshin Kanri y cómo usarlo para la ejecución de la estrategia? <https://gestion.pensemos.com/que-es-hoshin-kanri-y-como-usarlo-para-la-ejecucion-de-la-estrategia>
- Rosas, J. (s/f). Las 5 S herramientas básicas de mejora de la calidad de vida. <https://jesuitas.lat/uploads/metodologia-de-las-5s-herramientas-basicas-de-mejora-de-la-calidad-de-vida/JUSTO%20ROJAS%20-%20LAS%205S%20HERRAMIENTAS%20BSICAS%20DE%20MEJORA%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20VIDA.pdf>
- Vargas-Hernández, J., Muratalla-Bautista, G., Jiménez-Castillo, M. (2016). Lean Manufacturing ¿una herramienta de mejora de un sistema de producción? Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias. V (17). 153-174 Universidad de Carabobo. Carabobo.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215049679011>
- Zúñiga R. (2005). Operaciones: concepto, sistema, estrategia y simulación Academia. Revista Latinoamericana de Administración. (34) 1-24. <https://www.redalyc.org/pdf/716/71603402.pdf>

https://lucid.app/documents#/templates?folder_id

<https://economipedia.com/definiciones/mano-de-obra.html>

<https://economipedia.com/definiciones/materia-prima.html>

ANEXOS

Anexo 1:

Mg. Cesar Augusto Cabrera García:

Yo, **JIMENEZ CLEMENTE KEVIN JOSEPH**, con la tesis titulada “Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para el desarrollo de un plan de mejora para la gestión de proceso en una Pyme del sector metalmecánico” tiene como propósito desarrollar un Plan de Mejora Continua para la gestión del proceso productivo de una pyme del sector metalmecánico que permita el aumento de los niveles de productividad y la calidad de sus productos; la investigación plantea la aplicación de la metodología de Lean Six Sigma (LSS) la cual requiere del empleo de las fases metodológica LSS para Pequeñas y Medianas Empresas (Pymes), para diagramar los procesos operacionales mediante un análisis inicial. Las actividades comprendidas en la metodología son las siguientes:

N°	FASE	ACTIVIDADES DESARROLLADAS
1	Preparación de la Empresa para la implementación de Lean Six Sigma	<ul style="list-style-type: none">• Conformación de un equipo de trabajo de Lean Six Sigma para liderar la ejecución de las mejoras.• Construcción del Mapa Estratégico de la Pyme.• Caracterización del cliente y construcción del Mapa de Proceso de Negocio• Definición de los Puntos Críticos de Satisfacción al cliente.
2	Diagnóstico de la Situación Actual de la Empresa	<ul style="list-style-type: none">• Caracterización del Proceso de Producción• Identificación de las Oportunidades de Mejoras.• Construcción de la Matriz de Proyectos
3	Ejecución del Proyecto LSS (DMAIC)	<p>Definir:</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición del Plan de Mejoras.• Mapeo del Proceso <p>Medir:</p> <ul style="list-style-type: none">• Definición del Sistema de Medición.• Validación Estadística del Sistema de Medición.• Establecimiento del Plan para la recolección de datos.• Cálculo de la Métrica Lean Six Sigma del Proceso

4 Análisis de Resultados

Analizar:

- Identificación de las causas: Construcción del Diagrama de Ishikawa.
- Análisis y validación de las causas
- Priorización de las causas: AMEF

Mejorar:

- Definición de las acciones de mejoras.
- Implementaciones de las mejoras
- Validación de las mejoras: Análisis de la Métrica LSS Post

Controlar:

- Se integraron las mejoras a las operaciones del proceso.
- Construcción del diagrama de flujo de proceso.
- Se definen los mecanismos de control
- Análisis de resultados Post LSS.
- Comparación de Resultados Pre y Post LSS

OBSERVACIONES GENERALES:



Nombre: Mg. Cesar Augusto Cabrera García

N°. DNI. 41347783

Anexo 2: CUMPLIMIENTO DE LAS FASES METODOLÓGICAS DE LEAN SIX SIGMA PARA PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS

N°	FASE	REQUERIMIENTO LSS	CUMPLIMIENTO	
1	Preparación de la Empresa para la implementación de Lean Six Sigma	<ul style="list-style-type: none"> Conformación de un equipo de trabajo de Lean Six Sigma 	APROBADO	
		<ul style="list-style-type: none"> Construcción del Mapa Estratégico de la Pyme. 	APROBADO	
2	Diagnóstico de la Situación Actual de la Empresa	c) Construcción del Mapa de Proceso de Negocio	APROBADO	
		✓ Caracterización del Proceso de Producción	APROBADO	
		✓ Identificación de las Oportunidades de Mejoras.	APROBADO	
		✓ Construcción de la Matriz de Proyectos	APROBADO	
		Definir:		
		✓ Definición del Plan de Mejoras.	APROBADO	
✓ Mapeo del Proceso	APROBADO			
Medir:				
3	Ejecución del Proyecto LSS (DMAIC)	✓ Definición del Sistema de Medición.	APROBADO	
		✓ Validación Estadística del Sistema de Medición.	APROBADO	
		✓ Establecimiento del Plan para la recolección de datos.	APROBADO	
		✓ Cálculo de la Métrica Lean Six Sigma del Proceso	APROBADO	
		Analizar:		
		✓ Identificación de las causas: Construcción del Diagrama de Ishikawa.	APROBADO	
		✓ Análisis y validación de las causas	APROBADO	
		✓ Priorización de las causas: Matriz de Análisis de Modo y Efecto de Falla- AMEF	APROBADO	
		Mejorar:		
		✓ Definición de las acciones de mejoras.	APROBADO	

	✓ Implementaciones de las mejoras	APROBADO
	✓ Validación de las mejoras: Análisis de la Métrica LSS Post	APROBADO
	Controlar:	
4	✓ Se integraron las mejoras a las operaciones del proceso: Construcción del diagrama de flujo de proceso y definición de los mecanismos de control	APROBADO
	✓ Análisis de resultados Post LSS.	APROBADO
	✓ Comparación de Resultados Pre y Post LSS	APROBADO

Anexo 3: INFORME DE TURNITIN

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA PARA EL DESARROLLO DE UN PLAN DE MEJORA PARA LA GESTION DE PROCESO EN UNA PYME DEL SECTOR METALMECÁNICO”

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	bibliotecadigital.usb.edu.co Fuente de Internet	1%
8	www.ingenieriaindustrialonline.com Fuente de Internet	1%

Anexo 4: REPORTE DE PRODUCCIÓN

FECHA:		24/04/2021	Hora de Inicio:			Hora de Finalización:			RESPONSABLE DE PRODUCCIÓN:														
PRODUCTOS			PRODUCCIÓN PIEZAS	PLAN DE PRODUCCIÓN	COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN POR PRODUCTOS																		
1.- ESTRUCTURAS METÁLICAS			8		<table border="1" style="display: none;"> <caption>Data for Production Behavior Chart</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>1.- ESTRUCTURAS METÁLICAS</th> <th>2.- PIEZAS INDUSTRIALES</th> <th>3.- OTROS PRODUCTOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8</td> <td>13</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>							Categoría	1.- ESTRUCTURAS METÁLICAS	2.- PIEZAS INDUSTRIALES	3.- OTROS PRODUCTOS	1	8	13	8	2	1	3	2
Categoría	1.- ESTRUCTURAS METÁLICAS	2.- PIEZAS INDUSTRIALES	3.- OTROS PRODUCTOS																				
1	8	13	8																				
2	1	3	2																				
RACK TIPO II			1																				
1.2.- COCHES PARABRISAS			2																				
1.3.- PARANTES DE INOXIDABLES			5																				
2.- PIEZAS INDUSTRIALES			13																				
2.1.- ARANDELAS			2																				
2.2.- CREMALLERAS			3																				
2.3.- PIÑONES (HELICODALES, RECTOS)			8																				
3.- OTROS PRODUCTOS																							
3.1 TOPOS DE NYLON																							
3.2 CUPS METÁLICOS																							
3.3 JUEGO DE SEGUROS PARA CAJAS GALVANIZADO																							
3.4 ARANDELAS																							
PARADAS DE PRODUCCIÓN																							
DESCRIPCIÓN DE LAS PARADAS DE PRODUCCIÓN: Registro de cualquier evento que interrumpa la producción y su duración						TIEMPO DE LA PARADA DE PRODUCCIÓN: (MINUTOS)			0														
1.- AVERÍA DE EQUIPOS			2. PARADA PROGRAMADA			3.- PARADA POR INCIDENTE			4.- PARADA POR MATERIA PRIMA														
TIEMPO DE LA AVERÍA (MIN)			TIEMPO DE LA PARADA (MIN)			TIEMPO DE PARADA INC.			TIEMPO DE LA PARADA														
REGISTRO DE NO CONFORMIDADES																							
N° PIEZAS NO CONFORMES BARRIDADAS			9			N° PIEZA RETRABAJADAS																	
PUNTOS CRÍTICOS DE SATISFACCIÓN AL CLIENTE																							
Exactitud en el diseño de la Pieza. (De acuerdo al Plano)		1	Calidad del Materia Prima empleado		2	Adecuadas medidas de la pieza (Tolerancia)		3	Cero rugosidad		1												
Tamaño adecuado de la Pieza		2	Acabado óptimo de la Pieza			Cumplimiento del Tiempo de Entrega		0	Forma de la Pieza según lo diseñado														
OBSERVACIONES GENERALES						ELABORADO POR:			REVISADO POR:														

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Anexo 5: BASE DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA MÉTRICA LSS INICIAL

Fecha	Producción Planificada	Producción Real	EP	PNC	IC	Jornada Laboral (Hr)	Paradas (Hr)				Total de Paradas	DEP	EEO
							Por Averías	Programada	Por Incidente	Por Materia Prima			
01/06/21	4	2	0,5	0	1	8	0,667	0,500	0	0	1,17	0,98	0,49
02/06/21	4	3	0,75	1	0,67	8	0	0	0	2	2	0,75	0,38
03/06/21	4	4	1	2	0,50	8	0	0	0	0,75	0,75	0,91	0,45
04/06/21	4	3	0,75	0	1,00	8	0,633	0	0	0	0,63	0,92	0,69
07/06/21	4	2	0,5	0	1,00	8	0	0	0	2	2	0,75	0,38
08/06/21	4	2	0,5	0	1,00	8	0,25	0	0	0	0,25	0,97	0,48
09/06/21	4	2	0,5	0	1,00	8	0	0	0,75	0	0,75	0,91	0,45
10/06/21	4	3	0,75	1	0,67	8	1,5	0	0	0	1,5	0,81	0,41
11/06/21	4	3	0,75	0	1,00	8	0	0	0	1,13	1,13	0,86	0,64
14/06/21	4	4	1	1	0,75	8	0	0	0	0	0	1,00	0,75
15/06/21	4	3	0,75	2	0,33	8	0	0	0	0	0	1,00	0,25
	44	31	0,70	7,00	0,81	88	3,05	0,50	0,75	5,88	10,18	0,90	0,49

Fuente: Elaboración Propia (2021) a partir de datos recabados del proceso empleando el Formato de Reporte Diario de Producción.

Anexo 6: BASE DE DATOS PARA LA MÉTRICA FINAL LSS

Nº	Código	Nombre del Proyecto	Iniciado (año)	COP		COT		Iniciado (año)	Ejecución				Cierre (año)	COP	COT
				Presupuesto	Realizado	Presupuesto	Realizado		Presupuesto	Realizado	Presupuesto	Realizado			
1	000001	A	2010	100	0	0	0	2010	0	0	0	0	0	100	0
2	000002	B	2011	200	0	0	0	2011	0	0	0	0	0	200	0
3	000003	C	2012	300	0	0	0	2012	0	0	0	0	0	300	0
4	000004	D	2013	400	0	0	0	2013	0	0	0	0	0	400	0
5	000005	E	2014	500	0	0	0	2014	0	0	0	0	0	500	0
6	000006	F	2015	600	0	0	0	2015	0	0	0	0	0	600	0
7	000007	G	2016	700	0	0	0	2016	0	0	0	0	0	700	0
8	000008	H	2017	800	0	0	0	2017	0	0	0	0	0	800	0
9	000009	I	2018	900	0	0	0	2018	0	0	0	0	0	900	0
10	000010	J	2019	1000	0	0	0	2019	0	0	0	0	0	1000	0
11	000011	K	2020	1100	0	0	0	2020	0	0	0	0	0	1100	0
12	000012	L	2021	1200	0	0	0	2021	0	0	0	0	0	1200	0
13	000013	M	2022	1300	0	0	0	2022	0	0	0	0	0	1300	0
14	000014	N	2023	1400	0	0	0	2023	0	0	0	0	0	1400	0
15	000015	O	2024	1500	0	0	0	2024	0	0	0	0	0	1500	0
16	000016	P	2025	1600	0	0	0	2025	0	0	0	0	0	1600	0
17	000017	Q	2026	1700	0	0	0	2026	0	0	0	0	0	1700	0
18	000018	R	2027	1800	0	0	0	2027	0	0	0	0	0	1800	0
19	000019	S	2028	1900	0	0	0	2028	0	0	0	0	0	1900	0
20	000020	T	2029	2000	0	0	0	2029	0	0	0	0	0	2000	0

Fuente: Elaboración Propia (2021)