



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POSTGRADO EN SISTEMAS DE LA CALIDAD

TRABAJO DE GRADO DE MAESTRIA

Presentado por

**Vega Calero, Wilder Aurelio**

Para optar al título de  
Magíster en Sistemas de la Calidad

**Tutor**

**Ramírez, Luis**

Caracas, diciembre de 2019

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POSTGRADO EN SISTEMAS DE LA CALIDAD

TRABAJO DE GRADO DE MAESTRÍA

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA BASADO EN SIXSIGMA Y LEAN  
MANUFACTURING PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DEL  
PROCESO DE FUNDICIÓN DE LAS PYMES DEL SECTOR METALÚRGICO EN PERÚ.**

**Presentado por**

**Vega Calero, Wilder Aurelio**

Para optar al título de

Magíster en Sistemas de la Calidad

**Tutor:**

**Ramírez, Luis**

Caracas, diciembre de 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Urb. Montalbán - La Vega - Apartado 20332

Telf.: (0212) 407-61-21/44-76/42-82 Fax:

Estudios de Postgrado

## ACTA DE EVALUACIÓN DE PRESENTACIÓN Y DEFENSA DE TRABAJO DE GRADO DE MAESTRÍA MAESTRÍA EN SISTEMAS DE LA CALIDAD

Nosotros, Profesores LUIS RAMIREZ CORDOVA (tutor), KATIUSCA RAVELO SUÁREZ y IVET SIMANCAS PADILLA, designados por el Consejo de Postgrado de la Facultad de Ingeniería a los once días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve, para conocer y evaluar en nuestra condición de jurado del Trabajo de Grado de Maestría " DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA BASADO EN SIXSIGMA Y LEAN MANUFACTURING PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FUNDICIÓN DE LAS PYMES DEL SECTOR METALÚRGICO EN PERÚ ", presentado por el ciudadano Vega Calero, Wilder Aurelio, C.I. N°. 6751759, para optar al grado de Magister en Sistemas de la Calidad.

Declaramos que:

Después de haber estudiado dicho trabajo, presenciamos la exposición del mismo, a los dieciseis días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve, en la sede de los Estudios de Postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello.

Hechas por nuestra parte, las preguntas y aclaratorias correspondientes y, una vez terminada la exposición y el ciclo de preguntas, hemos considerado formalizar el siguiente veredicto:

### APROBADO

Hemos acordado calificar la presentación y defensa del Trabajo de Grado de Maestría con Dieciocho (18) puntos.

( Observaciones o declaratoria de recomendación)

En fe de lo cual, nosotros los miembros del jurado designado, firmamos la presente acta en Caracas, a los dieciseis días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve.

Nombre y firmas del jurado evaluador:

Luis Ramírez Cordova

C.I.: 16660-748

Katiusca Ravelo Suárez

C.I.: 12057737

Ivet Simancas Padilla

C.I.: 4326224



### **ACEPTACION DEL TUTOR**

Por el presente hago constar que he leído el Trabajo de Grado de Maestría , presentado por el ciudadano Wilder Aurelio Vega Calero, portador del pasaporte N° 6751759 para optar al Título de Magister en sistemas de la Calidad, cuyo título es : **DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA BASADO EN SIXSIGMA Y LEAN MANUFACTURING PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO DE FUNDICIÓN DE LAS PYMES DEL SECTOR METALÚRGICO EN PERÚ**; y manifiesto que cumple con los requisitos exigidos por la Dirección de Postgrado de la Universidad Católica Andrés Bello, y que por lo tanto , lo considero apto para ser evaluado por el jurado que se decida asignar a tal fin.

En la ciudad de Caracas, a los 30 días del mes de noviembre de 2019.

---

**Luis Ramírez**  
V-16.660.748

## LISTA DE ACRONIMOS Y SIGLAS

AMEF: Análisis de modos y efectos de fallas.

CTQs: Críticos para la calidad, requisitos que el cliente exige.

PYME: Pequeña y mediana empresa.

Quick Wins: soluciones rápidas que no requieren mayor análisis.

QFD (Quality Function Development): El despliegue de la función de la calidad.

SIPOC: secuencia de procesos productivos.

TQM: Gestión de la Calidad total.

ISO: International Organization for Standardization (organización internacional para la Normalización).

PHVA: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POSTGRADO EN SISTEMAS DE LA CALIDAD

**DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA BASADO EN SIXSIGMA Y LEAN  
MANUFACTURING PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD  
DEL PROCESO DE FUNDICIÓN DE LAS PYMES DEL SECTOR  
METALÚRGICO EN PERÚ.**

Autor: Vega Calero Wilder Aurelio  
Tutor: Luis Ramírez  
Año: 2019

## **RESUMEN**

El objetivo de esta investigación es diseñar una metodología basada en Six Sigma y Lean Manufacturing para la mejora de la calidad y productividad del proceso de fundición de las pymes del sector metalúrgico en Perú, con el fin de facilitar la identificación de los factores que condicionan la productividad y calidad del proceso. Generalmente el proceso de fundición es complejo debido a que intervienen diversos factores como: competencias humanas, calidad de materiales, métodos de trabajo, control de variables, aplicación de herramientas y técnicas de gestión. Uno de los objetivos es poder identificarlos a través de una propuesta metodológica para poder gestionarlos y controlarlos buscando excelencia en la gestión operativa del proceso de fundición. Los objetivos específicos permitirán; identificar las características del proceso de fundición, las variables críticas que determinan el proceso, las causas raíces de la variación, el diseño de las soluciones y finalmente como caso práctico la aplicación del método en la mejora del proceso de fundición de una PYME.

**Palabras Clave:** Metodología LEAN-SIX SIGMA, Gestión por procesos, análisis estadístico, control estadístico de procesos, herramientas de la calidad.

**Línea de Investigación:** Gerencia de la calidad.

## **DEDICATORIA**

A Dios el hacedor de todas las cosas, a mi hijo Valentín, Dios bendiga tu camino.

# INDICE GENERAL

<b>LISTA DE ACRONIMOS Y SIGLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>7</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>x</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITULO I - EL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Planteamiento del Problema .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.1. Formulación del Problema .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2. Objetivos de la Investigación.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.1. Objetivo General .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.2. Objetivos específicos .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Justificación e importancia de la investigación .....</b>	<b>20</b>
<b>1.4 Alcance y Delimitaciones.....</b>	<b>22</b>
<b>CAPITULO II - MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1. Antecedentes .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2. Fundamentos Teóricos.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.1. Evolución de la Calidad.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2. Definición Del Seis Sigma .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2.1. Distribución Normal .....</b>	<b>31</b>
<b>2.2.3. Metodología Seis Sigma. ....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.3.1. Etapa Definir .....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.3.2. Etapa Medir .....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.3.3. Etapa Analizar.....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.3.4. Etapa Mejorar.....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.3.5. Etapa De Control.....</b>	<b>42</b>
<b>2.3. Metodología Lean.....</b>	<b>45</b>
<b>CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1. Tipo de Investigación .....</b>	<b>57</b>
<b>3.2. Diseño de la Investigación.....</b>	<b>58</b>
<b>3.3. Unidad de Análisis.....</b>	<b>58</b>
<b>3.4.1. Determinación del tipo de Distribución Muestral.....</b>	<b>59</b>

<b>3.4.2. Cálculo de la Capacidad del Proceso</b> .....	60
<b>3.4.5. Determinación de Factores</b> .....	61
<b>3.5. Validación del Sistema de Medición</b> .....	62
<b>3.6. Fases de la Investigación</b> .....	63
<b>3.8. Operacionalización de los objetivos</b> .....	64
<b>CAPITULO IV PROPUESTA DE MEJORA.</b> .....	66
4.1. Cuantificación de las soluciones.....	67
4.2. Diseño de propuestas de mejora.....	68
4.3. Impacto de las soluciones en las causas .....	73
4.4. Detalle del plan de implantación de soluciones .....	74
4.5. PLAN GENERAL DE CAPACITACION EN CALIDAD DE GESTION .....	79
<b>CAPITULO V EVALUACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	81
5.1. MEJORAS EN INDICADORES PRINCIPAL Y RELACIONADOS.....	81
<b>CAPITULO VI SISTEMA DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LAS MEJORAS.</b>	89
6.1. SISTEMA DE MEDICIÓN Y VALIDACIÓN DE DATOS.....	89
6.2. MONITOREO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS. ....	89
6.3. MONITOREO DE INDICADORES Y PROYECTOS. ....	92
<b>CAPITULO VII EVALUACIÓN ECONÓMICA.</b> .....	94
<b>CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	97
<b>GLOSARIO DE TERMINOS</b> .....	101
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	103

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Pag.</b>
1	Productividad del Perú en el contexto internacional	14
2	Eficiencia promedio por subsector industrial Perú	15
3	Eficiencia promedio por Pyme Perú	17
4	Índice de productividad Laboral en América latina	19
5	La calidad en el tiempo	25
6	Orientación seis sigmas	27
7	Costos escondidos	28
8	¿Por qué usar seis sigma?	28
9	Proceso seis sigma	29
10	Metodología DMAIC	31
11	Etapa definir	32
12	Etapa medición	34
13	Tipos de distribución	36
14	Etapa de análisis	38
15	Etapa de Mejora	40
16	Etapa de Control	40
17	Gráfico de control	41
18	Sesgo Inferior	42
19	Caída sostenida	42
20	Tendencia	42
21	Periodicidad	43
22	Criterio de valor agregado	45
23	Valor agregado	46
24	Productos	50
25	Estructura funcional	50
26	Macroprocesos	51
27	Producción	53
28	Colada	53
29	Descripción del proceso	54
30	Unidad de Análisis	57
31	Estructura de datos	58
32	Datos de fundición	58
33	Prueba	59
34	Prueba de distribución normal	59
35	Distribución normal	59
36	Capacidad de proceso	60
37	Factores	61
38	Eficiencia	83
39	Capacidad de proceso	83
40	Nivel sigma	84
41	Incremento de productividad	84
42	Tiempo de fundición	85
43	Tiempo ocioso	86

44	Tiempo de análisis químico	86
45	Rango de temperatura	87
46	Carga óptima	88
47	Horno	88
48	Medida optima de molde	89
49	Eficiencia por turno	89
50	Normalización de la productividad	90
51	Formato	91
52	Control de temperatura	92
53	Toma de acción	92
54	Reducción del tiempo ocioso	93
55	Tiempo total de fundición	93
56	Matriz de seguimiento	94

## INDICE DE TABLAS

1. Valor característico	41
2. Punto de fusión de metales	48
3. Composición Química	50
4. Cálculo de criticidad	66
5. Cálculo del % de mejora en base al valor de criticidad	66
6. Cuantificación de la oportunidad de mejora	67
7. Diseño de soluciones	69
8. Ponderación de las causas vs proyectos	70
9. Matriz impacto de soluciones	70
10. Detalle del Plan de soluciones	72
11. Plan general de capacitación en calidad y productividad	77
12. Inversión en las mejoras	90
13. Ingresos por implementación de mejoras	90
14. Flujo de caja proyectado	91

# INTRODUCCION

El sector de la pequeña y mediana empresa PYME presenta baja productividad y eficiencia en sus procesos productivos que le generan altos costos operativos que impactan en la rentabilidad; uno de los factores principales es el desperdicio presente en todo el ciclo del proceso y la presencia de actividades que no aportan valor en la entrega del producto o servicio, generando: tiempos muertos, controles innecesarios, escalamientos y validaciones que generan burocracia en la gestión. En cuanto a la operación, la merma se presenta como desperdicio en todo el ciclo productivo; baja eficiencia, defectos en el producto final, tiempos de espera, fallas de máquinas, daños en el producto por inadecuado almacenamiento, controles de calidad inefectivos, error en el diseño, incumplimiento de los procedimientos, etc. El desperdicio representa costos operativos que afectan la rentabilidad de la empresa, y requiere de la aplicación de métodos técnicas y herramientas para su identificación, análisis y planteamiento de soluciones para su reducción y/o eliminación.

Existen diversas iniciativas y aportes del sector académico y empresarial orientados a mejorar la calidad y productividad de las PYMES, reduciendo y/o eliminando la merma de sus procesos de gestión y operativos. Sin embargo, la gran cantidad de rubros y diversos niveles de complejidad en sus procesos operativos y de gestión, no permiten brindar aportes específicos para cada rubro. El sector metalúrgico es un rubro sumamente complejo donde intervienen muchos factores en sus procesos operativos, más complejo si se trata de PYMES con un alto número de procesos manuales que agrega más variabilidad a los procesos y más actividades productivas.

El propósito de la presente investigación es aportar para el sector metalúrgico de las PYMES, un método específico cuyo aplicación permita mejorar sus procesos de operación y gestión, identificando desperdicios, analizando las causas de su presencia y planteando acciones para su eliminación, sustentando en marcos de referencia validados en su efectividad en el rubro empresarial como son la Metodología SIX SIGMA que permite la reducción de la variabilidad de los

procesos, la Metodología LEAN que permite la eliminación de actividades que no agregan valor, y las herramientas y técnicas estadísticas que permite dominar la complejidad de los factores que intervienen en el proceso productivo, identificando las variables críticas para su posterior seguimiento y control.

Esta investigación está enmarcada dentro de la línea de investigación de Sistemas de la Calidad y será realizada mediante el desarrollo de 4 objetivos específicos, para los cuales este documento se ha estructurado en:

Capítulo I: El Problema donde se presenta una descripción del contexto, así como de la problemática que motivaron esta investigación y las interrogantes que dieron origen a los objetivos específicos, de igual forma se puede observar una justificación e importancia del estudio y finalmente se describe el alcance de la investigación.

Capítulo II: Marco Teórico en esta sección se inicia con una selección de antecedentes que sirven de guía para la investigación, luego se incluyen definiciones importantes para el desarrollo del trabajo, una mayor descripción del marco contextual descrito en el problema y finalmente la definición conceptual y operacional de las variables.

Capítulo III: Marco Metodológico en él se detalla el tipo, diseño y nivel de la investigación necesarios para la ejecución del trabajo de grado y el cronograma de actividades.

Capítulo IV: Propuesta de Mejora donde identificamos y analizamos las oportunidades de mejora su factibilidad de implementación y el planteamiento de las soluciones.

Capítulo V: Evaluación de resultados donde revisamos los resultados de la implementación de la metodología en la empresa “Fundidora SAC” caso aplicativo.

Capítulo VI: Sistema de control y aseguramiento de las mejoras a implementar para que todo lo mejorado sea sostenible en el tiempo.

Capítulo VII: Evaluación económica

Capítulo VIII: Conclusiones y recomendaciones

Finalmente se presentan las referencias bibliográficas consultadas para llevar a cabo esta investigación.

## **CAPITULO I - EL PROBLEMA.**

Un problema es la comparación entre la situación actual versus la situación deseada, generándose una oportunidad de mejora, es decir una determinada realidad cuyas manifestaciones son insuficientes para el investigador en un momento dado (Palella & Martins, 2012).

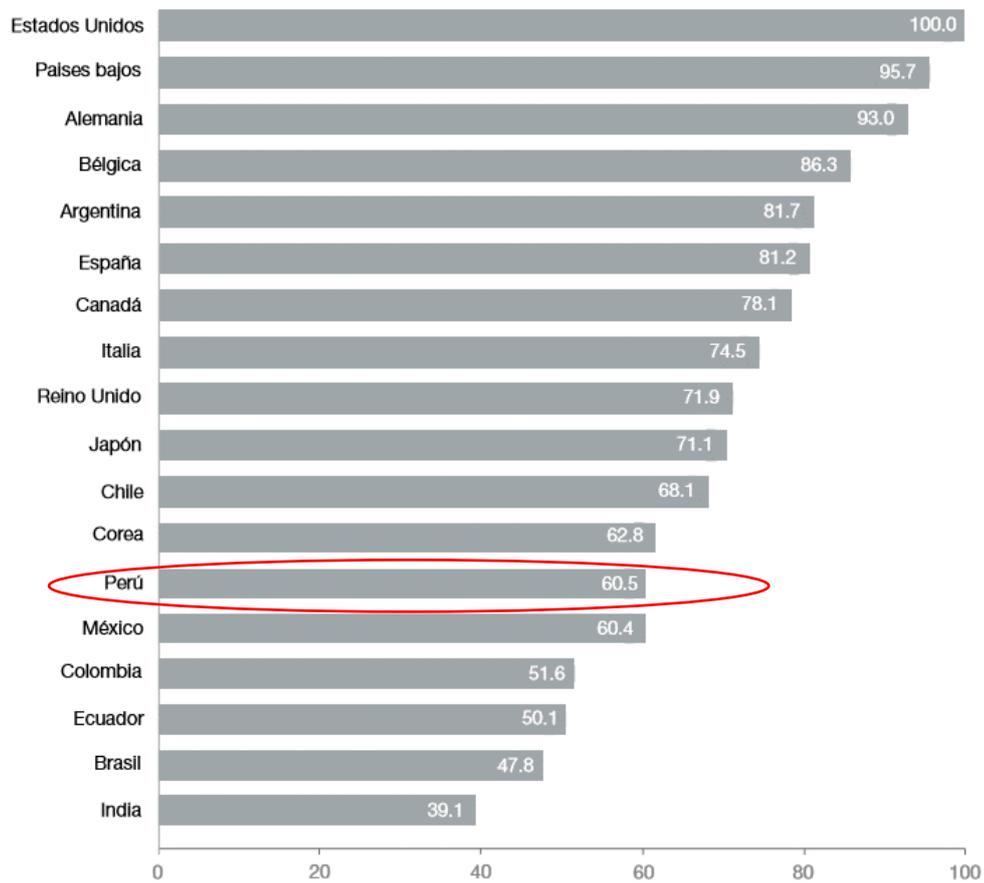
En este capítulo se planteamos el problema de investigación el objetivo general y los objetivos específicos, así como la justificación, importancia y alcance de la misma.

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Las PYMES latinoamericanas tienen una amplia presencia en todos los sectores productivos; se calcula que cerca del 60% de latinoamericanos trabajan en empresas de cinco o menos empleados. Paradójicamente, a pesar de su importancia y trascendencia, la situación que atraviesan no da pie a celebraciones. Son diversos los desafíos que afloran desde diferentes ámbitos, pero los más apremiantes tienen que ver con la baja productividad, calidad y eficiencia en la ejecución de sus procesos. Estos presentan desperdicios a lo largo de todo el ciclo productivo, que originan sobre costos operativos que merman la rentabilidad de las Pymes (CAF, 2015).

El indicador por excelencia que mide el desempeño de la eficiencia en la actividad del segmento empresarial es la productividad. Tanto el Plan Nacional de Diversificación Productiva (PRODUCE, 2014) como el Plan Estratégico Sectorial Multianual 2016-2021 del Sector Producción (PRODUCE, 2015) contienen como uno de los objetivos primordiales el aumento de la productividad del país. Este indicador es fundamental, ya que explica los bajos ingresos y el estancamiento de América Latina en relación con las economías desarrolladas (Banco Interamericano de Desarrollo, 2010). Casi la mitad de las brechas de ingresos entre los países es explicada por brechas en productividad (Lederman & Maloney, 2004). En ese sentido, se aborda la caracterización de la productividad en el contexto internacional, así como en el contexto nacional con información de la Encuesta Nacional de Empresas 2015.

La Figura 1 muestra la productividad del Perú en el contexto internacional con 60.5 por debajo de Argentina y Chile.



Fuente: Penn World Table (PWT)  
Elaboración: PRODUCE - OEE

Figura 01. Productividad del Perú en el contexto internacional (2015)

Debido a la baja productividad de las Pymes estas invierten recursos en la implementación de proyectos de mejora que contribuyan a la eliminación de los desperdicios con el objetivo de incrementar su rentabilidad. Sin embargo, la reducción y/o eliminación de estos desperdicios requiere de un equipo de trabajo con un alto nivel de conocimiento y experiencia en el uso de metodologías técnicas y herramientas de la calidad, requerimiento que para muchas PYMES no es factible, debido a que su personal operativo, con conocimiento producto de la experiencia, o en su defecto tendrían que contratar consultoras especializadas para lograr el objetivo (Ministerio de la Producción/Perú, 2015, p.123).

Esto exige a las Pymes desarrollar diversos métodos para la mejora de la productividad y calidad de sus procesos operativos y de gestión que incluyan las particularidades y complejidades del rubro, para que sea factible su implementación, y se sustente en buenas prácticas validadas en su aplicación por el sector empresarial, tales como la metodología Six– Sigma para eliminar variabilidad, la metodología Lean para identificación de actividades que no agregan valor y técnicas estadísticas que permitan el análisis de la complejidad de los procesos del rubro metalúrgico.

Las PYMES del rubro metalúrgico, y en específico la empresa caso de estudio de la presente investigación “Fundidora s.a.c.”, presentan mucha complejidad en sus procesos productivos, la cantidad de variables que intervienen la operación dificulta el análisis y requiere de técnicas estadísticas y herramientas de mayor complejidad. El promedio de la industria de eficiencia en la industria metalmeccánica es 17% como se refleja en la figura 02 realizado por PRODUCE-PERU.

Sector de industria	Eficiencia promedio (%)
Minerales no metálicos	65%
Manufacturas diversas	61%
Maquinarias y equipos, servicios	52%
Alimentos y bebidas	47%
Textil, cuero y calzado	46%
Maderas y muebles	44%
Petróleo	43%
Químicos, caucho y plásticos	41%
Papel e impresiones	40%
Metales comunes y productos metálicos	17%
<b>Total</b>	<b>41%</b>

Fuente: Encuesta Nacional de Empresas 2015  
Elaboración: PRODUCE - OEE

Figura 02. Eficiencia promedio por subsector industrial Perú (2015)

La eficiencia económica, pese a tener dos significados diferentes, está directamente relacionada con la productividad. Según Parkin (1995), la productividad puede ser definida como la cantidad de producción obtenida por unidad de factores de producción usados para obtenerlas. Por su parte, la eficiencia económica incluye la comparación de los valores observados de productos y factores con unos valores óptimos relativos, proporcionados por las empresas. Es decir, una empresa puede ser técnicamente eficiente pero todavía puede ser capaz de incrementar su productividad al explotar, por ejemplo, sus

economías a escala (Coelli, Prasada Rao y Battese 1998).

En ese sentido, el concepto de eficiencia que hace referencia a evitar derroche de recursos puede ser visto desde dos enfoques distintos. Por un lado, tenemos la eficiencia técnica, ya sea utilizando menor cantidad de insumos para obtener un nivel determinado de producto (orientación input), y por el otro, obteniendo una mayor cantidad de producto dado un nivel determinado de insumos (orientación Output). En esta sección, se calcula la eficiencia económica del sector manufacturero gracias a la información del valor agregado e insumos productivos de la ENE 2015. La estimación de la eficiencia técnica utiliza el Análisis de Envoltente de Datos (DEA)<sup>10</sup>. Esta es una metodología no paramétrica<sup>11</sup> que en los últimos años ha sido muy utilizada para evaluar eficiencia en las industrias que se caracterizan por operar en un entorno multi-producto y multi-insumo debido a que no requiere eficiencia económica en el sector manufacturero un nivel de información tan detallado (Arias, F. 2013).

Además, se consideran retornos variables a escala con una orientación Output<sup>12</sup>, según lo propuesto por Banker, Charnes y Cooper (1984) con el fin de incluir factores que están haciendo que la firma no esté en su escala óptima, tales como la competencia imperfecta, restricciones financieras, entre otras razones. Se obtiene que la eficiencia económica promedio en la industria manufacturera es de 41%. Este resultado es comparado con el caso chileno, en el cual la eficiencia de la industria manufacturera es de alrededor de 65% (Álvarez, 2003), asimismo Álvarez y Fuentes (1999) encuentran que la eficiencia promedio durante el periodo de 1979-1994 se encontraba entre 60% y 70%. La medición de la eficiencia a través de la metodología DEA, elaborado por Zheng (1998) estima que el promedio de eficiencia para la industria de manufactura de China era aproximadamente 82%. Un resultado interesante es la heterogeneidad entre la eficiencia estimada para cada uno de los subsectores industriales. Se puede observar la existencia de algunos subsectores con alta eficiencia, por ejemplo, “Minerales no metálicos” (65%) y “Manufacturas diversas” (61%). Por otro lado, la existencia de subsectores industriales con baja eficiencia promedio como por ejemplo “Químicos, caucho y plásticos” (41%), “Papel e Impresiones” (40%) y “Metales comunes y productos metálicos” (17%), entre otros. La Figura 03 muestra la eficiencia promedio por Pyme al año 2015

Tipo de industria	Eficiencia promedio (%)
Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	73%
Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	68%
Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	67%
Fabricación de productos textiles	66%
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	65%
Otras industrias manufactureras	61%
Fabricación de equipo eléctrico	58%
Fabricación de metales comunes	57%
Fabricación de papel y de productos de papel	55%
Fabricación de sustancias y productos químicos	49%
Elaboración de productos alimenticios	47%
Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales transables	46%
Fabricación de coque y de productos de la refinación del petróleo	43%
Fabricación de muebles	42%
Fabricación de prendas de vestir	41%
Elaboración de bebidas	40%
Actividades de impresión y reproducción de grabaciones	38%
Fabricación de cueros y productos conexos	38%
Fabricación de productos farmacéuticos y preparaciones farmacéuticas	36%
Reparación e instalación de la maquinaria y equipo	36%
Fabricación de productos de caucho y plástico	35%
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	26%
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	15%

Fuente: Encuesta Nacional de Empresas 2015  
Elaboración: PRODUCE - OEE

Figura 03. Eficiencia promedio por Pyme Perú (2015)

Por tanto el objetivo de la presente investigación es diseñar un metodología para la implementación de la mejora del proceso de fundición en el sector metalúrgico en Perú utilizando técnicas y herramientas de la metodologías Six sigma y Lean Manufacturing, cuya complejidad para su implementación recae en el uso de técnicas estadísticas para el análisis y planteamiento de soluciones, aplicando el método paso a paso y de forma descriptiva con un caso práctico en una PYME metalúrgica donde se buscará mejorar la eficiencia de su proceso de fundición.

### 1.1.1. Formulación del Problema

Por tanto, es necesario el desarrollo de una Metodología para mejorar la Calidad y Productividad ajustada a las características de los procesos de fundición metalúrgicos de las Pymes, que combine la reducción de la variabilidad del proceso aplicando la metodología Six Sigma, la esbeltez aplicando la metodología Lean, la identificación de las variables críticas y control del proceso con la aplicación de las herramientas de la calidad.

Con la intención de direccionar la investigación se formulan las siguientes interrogantes:

### **1.1.2. Interrogantes de la investigación:**

¿Cómo sería el diseño de una metodología de mejora de la calidad y productividad para mejorar la eficiencia del proceso de fundición metalúrgico?

### **1.1.3. Sistemización del problema**

¿Cómo identificar las variables críticas para eliminar la variabilidad del proceso?

¿Cuáles serían las actividades que no agregan valor en el proceso de fundición?

¿Cuáles serían las etapas que conforman la metodología objeto de estudio?

¿Cómo implementar la metodología en una Pyme del sector metalúrgico de Perú?

¿Cómo validar la metodología en una Pyme del sector metalúrgico de Perú mediante un caso aplicativo a una Pyme metalúrgica “Fundición SA”?

## **1.2. Objetivos de la Investigación**

### **1.2.1. Objetivo General**

Diseño de una metodología basado en six -sigma y lean manufacturing para la mejora de la calidad y productividad del proceso de fundición de las pymes del sector metalúrgico en Perú

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Determinar las variables críticas que causan la variabilidad del proceso de fundición.
2. Caracterizar las actividades que no agregan valor al proceso de fundición.
3. Propuesta de soluciones para la mejora del proceso de fundición.
4. Implementar la metodología de mejora en una Pyme del sector metalúrgico.
5. Evaluar los resultados de la implementación de la metodología en la empresa objeto de estudio.

## **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

Según Hernández, Fernández & Baptista (2010), la justificación de la investigación comprende la exposición de las razones, es decir, el por qué y para qué del estudio, demostrando así la importancia y la necesidad de la investigación.

La productividad es uno de los indicadores más importantes del sector manufacturero, y como lo destaca el estudio realizado por Bosworth y Collins en

América Latina la productividad es 0.77 con respecto al 2.5 de los países asiáticos (ver Figura 01) Bosworth (2003), situado muy por debajo del promedio; algunos de los factores que originan esta baja productividad están relacionados a los siguientes factores: poseen una alta variabilidad en cuanto al consumo de los recursos, variabilidad en las competencias de la mano de obra, los procesos presentan actividades no estandarizadas que no agregan valor CAF(2015). La Figura 04 muestra el índice de productividad laboral en América Latina respecto de Asia, Finlandia e Irlanda.

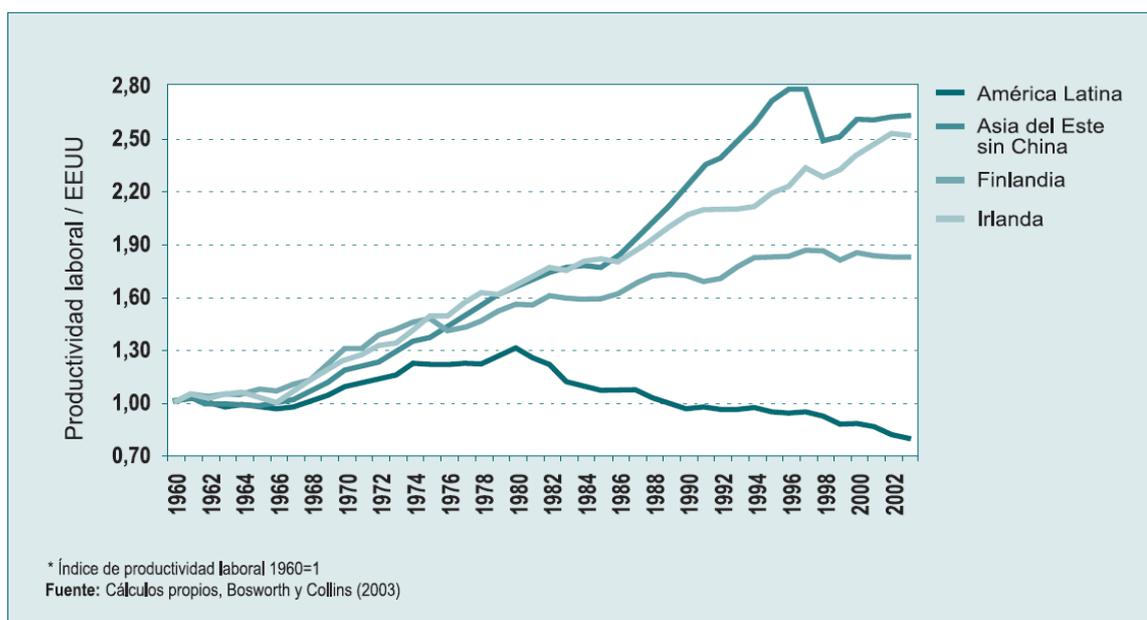


Figura 04. Índice de productividad Laboral en América latina.  
Fuente: Boswoth y Collins (2003)

Aunque existen muchas iniciativas orientadas a mejorar esta realidad es importante aportar un método que les permita operacionalizar estas mejoras de manera clara y didáctica, que sirva de guía para la implementación de las mejoras, que permita la identificación de las oportunidades de mejora, identificación de las causas raíces y facilitarles el diseño de las soluciones, utilizando para ello herramientas básicas de la calidad y de fácil adopción, que faciliten el aprendizaje organizacional en cuanto a la aplicación de las mejora, este proyecto contribuirá en el logro de estos objetivos para el rubro de las PYMES(Brassiolo, P.2013). La metodología que presente permitirá el diseño de actividades para la solución del problema del bajo % de productividad en la ejecución del proceso de fundición, que representaría para las empresas del rubro la reducción de los costos operativos generando ahorros internos y por tanto rentabilidad. La metodología guía yorienta en la generación de procesos óptimos

con poca variación, que cumplan con las especificaciones, que aporten menos mermas, que sirvan para un plan de producción más efectivo, permitiendo procesos flexibles, esbeltos, menos complejos, y que solo existan actividades que contribuyan al objetivo de elevar la eficiencia total del proceso.

#### **1.4 Alcance y Delimitaciones**

La investigación se enfoca en elaborar una metodología para la mejora de la calidad y productividad en las PYMES del sector metalúrgico en Perú, y se desarrolla un caso aplicativo en una empresa donde se mejora la eficiencia del proceso de fundición, específicamente la mejora de la eficiencia en el consumo de chatarra.

La investigación aborda la identificación de las variables críticas del proceso, la identificación de las actividades que no agregan valor, identificación de los límites para el control estadístico del proceso, identificación de las causas raíces que originan la ineficiencia, el análisis estadístico de las variables críticas del proceso, la correlación de las variables críticas del proceso, la regresión que permita validar la importancia de las variables críticas en el proceso, el planteamiento de las soluciones. El alcance comprende el diseño e implementación de la metodología en una PYME del sector metalúrgico de Perú.

## **CAPITULO II - MARCO TEÓRICO**

El marco teórico del presente estudio plantea los aspectos relacionados con: Antecedentes de la investigación, bases teóricas, bases contextuales.

Según Arias (2006), señala “el marco teórico o marco referencial, es el producto de la revisión documental, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación”.

### **2.1. Antecedentes**

Como antecedentes de la investigación se presentan las investigaciones y artículos que serán útiles, para el desarrollo del presente trabajo.

García(2014), plantea como principal objetivo el desarrollo de una metodología de aplicación a cualquier tipo de empresas independientemente del tamaño y del sector. Para ello se aplicó una conocida filosofía como es Seis Sigma que permite la mejora de los procesos aplicando herramientas de calidad y análisis estadístico, con el objetivo de reducir variabilidad en todas las etapas del proceso, mediante la parametrización de las variables que intervienen en el proceso, identificando y mitigando las causasraíz, y reduciendo la incertidumbre que conlleva al lanzamiento de un nuevo producto o servicio. La nueva filosofía se ha aplicado con éxito en el sector de producción y servicios. Este trabajo permite tener una guía metodológica para la implementación del Lean Six Sigma.

Barbosa (2012), plantea lametodología para la integración de Seis Sigma y Lean como herramienta de mejora de los procesos una empresa PyME. Dicha investigación parte de la necesidad de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) del estado mexicano de Tamaulipas de incrementar su competitividad a través de nuevas estrategias que les permitan, realizar mejoras en sus procesos y generar el valor que sus clientes están buscando. Seis Sigma y Lean (Manufactura Esbelta) son estrategias aplicadas en organizaciones que en su mayoría son grandes y cuentan con recursos, sistemas y una visión para implementarlas, sin embargo, en este trabajo se involucra a las universidades para acercar el conocimiento y las mejores prácticas de estas metodologías y

adaptarlas a las PyMEs que no las conocen o simplemente no las aplican. Este trabajo brinda el sustento teórico para la aplicación de la metodología Lean Manufacturing.

Suarez (2007), plantea en su tesis doctoral la sostenibilidad de la mejora continua de procesos en la Administración pública donde hace énfasis en la importancia de la mejora de procesos para las empresas que quieran incrementar la rentabilidad, eliminando los desperdicios y rediseñando sus procesos *Core* del negocio. En tal sentido se apoya en herramientas de la calidad total, las estrategias de la mejora continua y herramientas estadísticas, tanto para el análisis como para el planteamiento de la solución. Este trabajo brinda el sustento teórico para la aplicación de las herramientas estadísticas.

Peraza (2010), Modelos de evaluación de la calidad de las organizaciones dependientes de la administración pública en México y en España. Orientan su investigación al debate teórico, al análisis y descripción de las condiciones no solamente pasadas sino actuales, incluso las que están porvenir en la Administración Pública de ambos países, buscando establecer nuevas formas de atender con calidad las demandas de los ciudadanos. Se reconoce, sobre todo, la importancia de los procesos de modernización o reforma en la Administración pública. Este trabajo brinda el sustento teórico para la aplicación de la Calidad Total en la mejora de procesos, haciendo enfoque en la evolución de la calidad total en cuanto a eliminación de actividades que no agregan valor.

Cruz (2010), aplica la relación entre el enfoque de gestión de la calidad y el desempeño organizativo. Una aproximación desde la perspectiva basada en la eficiencia en el uso de los recursos; esta tesis doctoral se centra en el estudio de los diferentes enfoques de gestión de la calidad y sus repercusiones sobre el desempeño organizativo tomando como referencia la perspectiva basada en los recursos y capacidades. Se comparan el enfoque de aseguramiento de la calidad y la gestión de la calidad total analizando en profundidad los principios y las técnicas operativas de la calidad que caracterizan a cada uno de estos enfoques. La segunda variable clave objeto de esta investigación es el desempeño organizativo, siendo el principal objetivo de este trabajo determinar si la implantación de un enfoque u otro repercute de manera diferente sobre los resultados empresariales. La principal aportación de esta tesis es la

consideración del papel de las competencias distintivas como factor explicativo de la influencia del enfoque de gestión de la calidad sobre el desempeño organizativo, y el análisis efectuado de las técnicas y prácticas de la calidad, ya que éstas van a determinar las competencias distintivas adquiridas por la organización. Este trabajo brinda el sustento teórico para la aplicación de la Calidad Total en la mejora de procesos.

Aguirre (2010), Plantea en su tesis la implementación de la metodología de Six Sigma para mejorar el proceso de ensamblaje en una pyme del rubro automotriz donde existía una falla en el proceso de nivelación de las carrocerías pintadas en la ensambladora de vehículos donde existía varios valores fuera de los límites de especificación exigidos por el cliente. La detección de defectos por parte del cliente ha causado, además de quejas, reclamos y en general insatisfacción, gastos adicionales en aditivos que mejoran el comportamiento de la pintura y en incineración de producto rechazado por problemas de calidad. El cálculo de estos costos para 2009 ascendió a los US\$ 50000. El objetivo planteado en su investigación fue mejorar por lo menos en 30% respecto a mediciones preliminares. Este trabajo aporta el método de implementación de la metodología SixSigma identificando los factores clave para el éxito.

## **2.2. Fundamentos Teóricos**

A continuación, se presentan los lineamientos conceptuales de esta investigación los cuales constituyeron los pilares teóricos a partir de las cuales se desarrollaron los temas relacionados con una metodología de mejora de la calidad y productividad.

### **2.2.1. Evolución de la Calidad**

El mundo empresarial cada instante sufre cambios constantes, una decisión tomada hoy puede ser correcta, sin embargo, puede transformarse en un error en el mañana. Los factores que influyen en la calidad también cambian constantemente en su actuar, la calidad se torna indispensable en todos los niveles de la organización, la calidad evoluciona, ya no es suficiente solo mejorar el proceso y desplegarlo a la organización, ahora se debe certificar esa mejora y

desplegarlo hacia fuera de la organización, no es suficiente el ISO, ahora hay que adoptar las buenas prácticas de manufactura (BPM), certificar la inocuidad (IFS, HACCP), certificar el transporte y manipulación de los productos (BASC) conforme a ley, certificar que no se contamina el ambiente (ISO 14000), entre otras certificaciones. Además, se debe garantizar que la empresa tiene un rumbo, una dirección hacia el crecimiento, toda la organización debe saber qué hacer para lograr la visión y misión, y cumplir con los planes estratégicos y operativos, controlados por indicadores desplegados en la organización, todo con el fin de continuar en el mercado; ser competitivos, satisfacer a los *stakeholders* y no fenecer bajo el entorno competitivo, la meta es lograr la excelencia en la gestión de la calidad (Acheson, 1990).

Existen una variedad de definiciones sobre calidad que refieren excelencia en servicios y bienes que cumplen con las expectativas de los “clientes”. Entre las principales definiciones sobre calidad existen: “Una buena calidad no significa necesariamente una “alta calidad”, más que eso, calidad es un grado predecible de uniformidad y confiabilidad a bajo costo, y adecuado al mercado. Calidad es lo que el cliente desea y necesita” (Deming, 1986), “La calidad es en esencia una manera de administrar la organización, y al igual que el marketing y las finanzas, la calidad se ha convertido en un elemento imprescindible de la gerencia moderna” (Feigenbaum, 2002), “Calidad Total es estar en forma para el uso, desde los puntos de vista estructurales, sensoriales, orientados en el tiempo, comerciales y éticos en base a parámetros de calidad de diseño, calidad de cumplimiento, de habilidad, seguridad del producto y servicio en el campo” (Juran, 1997), “Calidad Total es el cumplimiento de los requerimientos, donde el sistema es la prevención, el estándar es cero defectos y la medida es el precio del incumplimiento.”. (Crosby, 2000), “Calidad Total es cuando se logra un producto económico, útil y satisfactorio para el consumidor” (Ishikawa, 1982), “La calidad se define como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos” (ISO 9000:2005, req - 3.1.1.).

Los grandes pensadores de la calidad la han enfocado a la satisfacción del cliente y optimización para luego convertirse en un sistema de gestión donde la trilogía de Juran: planeamiento, control y mejoramiento de la calidad; los catorce (14) puntos de Deming; las siete (7) herramientas de Kaoru Ishikawa, entre otros aportes, se encuentran inmersos en todo programa de mejora. El concepto de

calidad ha evolucionado hasta convertirse en una forma de gestión que las organizaciones desarrollan para un mejoramiento continuo.

La Figura 5 muestra la evolución de la calidad desde el control de la calidad en los años 60, el aseguramiento de la calidad años 70, pasando por la gestión integral de la calidad años 80, y finalmente la excelencia de la calidad total, una de las herramientas importante es el modelo de GestiónMalcom Baldrige ícono de la gestión en calidad total como respuesta al éxito japonés en la mejora de la calidad.

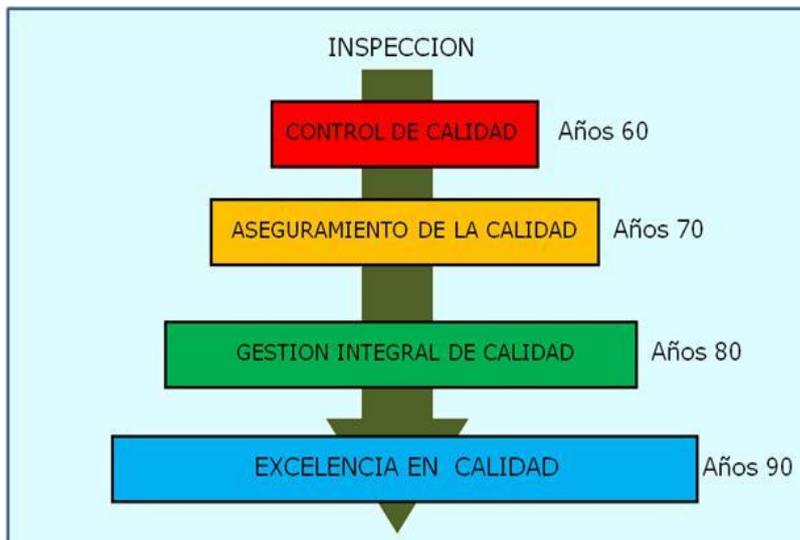


Figura 05: La calidad en el tiempo

Fuente : Elaboración propia

#### a. Control de la Calidad

Hacia 1933, se introduce la estadística para planes de muestreo del producto final y años más tarde, los controles intermedios en el proceso que mejoran la calidad al final de la línea, pasando de controlar el producto a controlar el proceso, identificando los parámetros que consiguen que el producto salga bien, difundiéndose de esa manera el “control estadístico del proceso”. Siendo el control de la calidad la aplicación de técnicas y esfuerzos para mantener y mejorar la calidad de un producto o servicio implica la integración de las siguientes actividades y técnicas(Gómez, 1998)

- Especificación de qué se necesita.
- Diseño del producto o servicio de manera que cumpla con las especificaciones.
- Producción o instalación que cumpla cabalmente con las especificaciones.

## b. Aseguramiento de la calidad

El aseguramiento de la calidad a diferencia del control requiere un planeamiento de las actividades que garanticen que un determinado producto o servicio satisfaga determinados requisitos de calidad; a ello también se le conoce como “garantía de la calidad”. Para lo cual, es necesaria una evaluación continua y responsable de la efectividad del sistema de calidad. El aseguramiento de la calidad requiere de organización y documentación de todos los aspectos que pudieran influir en la calidad del producto. Ello da estabilidad al mercado y genera confianza en los negocios. Es por ello que la normalización de la forma en que se asegura la calidad es importante para la apertura de mercados (Deming, E. 1986).

La serie ISO 9000 como conjunto de normas orientadas a ordenar y mejorar la gestión de las empresas tiene reconocimiento internacional y abre las puertas a mercados importantes con demandas solventes. En las empresas, los grupos de aseguramiento de la calidad participan en la revisión de los productos previamente seleccionados para evaluar su conformidad a los procedimientos, normas o criterios especificados. Para ello elaboran un plan de aseguramiento de la calidad que tendrá como función el identificar las posibles desviaciones a los estándares aplicados y comprobar si se han llevado a cabo las medidas preventivas o correctoras necesarias Gómez (1990).

## c. Calidad Total

Un requisito importante para hacer que todo lo anterior mencionado en el control y aseguramiento de la calidad sea realidad, es la flexibilidad. Este factor permite eliminar causas de defectos o modos de falla que se detallan posteriormente, así como la determinación de vías alternativas de acción para mejorar y asegurar la continuidad de los procesos de negocio.

Para obtener la flexibilidad se requiere llevar la Calidad Total directamente al corazón del sistema, lo que se denomina “el Management de las organizaciones”. Una integración de tal magnitud alinea perfectamente el plan estratégico y la gestión de la calidad con las decisiones de negocio; este objetivo supone la participación de los miembros de la empresa y de todos los aspectos relacionados con la organización. “En calidad total se hace referencia a dos tipos de clientes, los internos y los externos.

Los clientes internos son las unidades operativas que proveen productos o servicios. Y dentro de cada unidad funcional cada integrante que participa en los procesos y servicios a otro u otros grupos de empleados. También están incluidos los directores socios y accionistas” (Gomez,1998).

Tomar la decisión estratégica de incorporar la Calidad Total en la organización luego de analizar las amenazas y oportunidades globales y específicas, significa redefinir el sistema de valores, es decir, hacer un cambio de tipo cultural y uniforme. Es a partir del establecimiento de valores cuando se efectúa el análisis sobre la interrelación y adecuación de las fortalezas y debilidades (Gómez, 1998)

### 2.2.2. Definición Del Seis Sigma

El concepto de seis sigmas se enfoca hacia la reducción de la variación en todos los niveles del proceso y a lo largo de toda la organización (ver figura06), esta reducción impacta en los costos de producción, Six sigma busca la perfección del proceso a través de la reducción de defectos, “solo aquellas compañías que eliminen sus defectos tendrán lo que llevan a la victoria” las compañías rupturistas se esfuerzan por obtener productos y servicios 100% libres de defectos” (Bossidy, 1997).

Six sigma es una estrategia global para acelerar mejoras en procesos, productos y servicios, todo este concepto esllamado de “ruptura”, la variación es el enemigo que se ataca utilizando herramientas estadísticas, “Six Sigma es una filosofía de hacer negocios (suministrando producto o servicio) englobando las metodologías de prevención de fallos en vez de detección “(Ross, 1998), todo enfocado a la satisfacción del cliente principio guía para obtener resultados del negocio. La calidad adecuadamente implementada en la empresa permite lograr el incremento de las ventas y reducir la tasa de deserción de los clientes.La Figura 06 muestra la orentacion de la calidad hacia la satisfacción del cliente (Douglas, M. 1996).

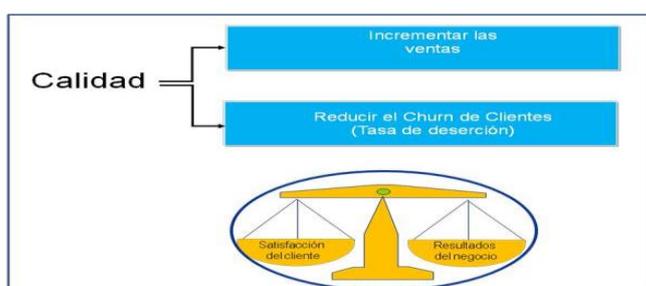


Figura 06: Orientación SeisSigma.

Fuente:(Douglas 1996)

Las fuentes de variación son diversas como muestra la Figura 07, y solo entre el 5%-10% son visibles, las demás se encuentran escondidas dentro del proceso mismo, ejemplo:

- Costos escondidos
- Exceso de inventario
- Demora en las entregas
- Valor del dinero en el tiempo.
- Reprocesos.
- Errores en planeación, etc.



Figura 07: costos escondidos  
Fuente : Elaboración propia

“la peculiaridad del ser humano es su capacidad de observar, medir, analizar y utilizar la información para generar cambios “(Harrington, 1998)

¿Porqué utilizar Six Sigma?, para reducir los desperdicios presentes en el proceso productivo que ocasionan los costos operativos, de esta manera se reducen los costos impactando en el incremento de la rentabilidad, como única estrategia la mejora continua. La Figura 08 muestra como la reducción de desperdicios aumenta la rentabilidad de las empresas.

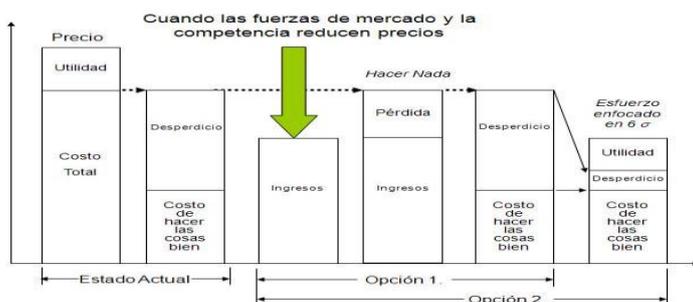


Figura 08: ¿Porque usar seis sigma?  
Fuente : (Gómez,90)

Seis sigma proporciona potentes herramientas capaces de mejorar estos servicios hasta niveles de calidad solo vistos hasta ahora en la industria de alta precisión (Pande,1987). Seis sigma es una filosofía de trabajo, una métrica y una meta. Filosofía de trabajo: significa mejoramiento continuo de procesos y productos a través de una metodología que combina herramientas estadísticas y optimización de procesos. Métrica: representa una manera de medir el desempeño de un proceso en cuanto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación. Meta: busca lograr niveles de calidad de clase mundial de 99.9997% (3.4 ppm.deoportunidades de productos o servicios defectuosos)(Gómez,90). La Figura 09 muestra las características de una curva normal.

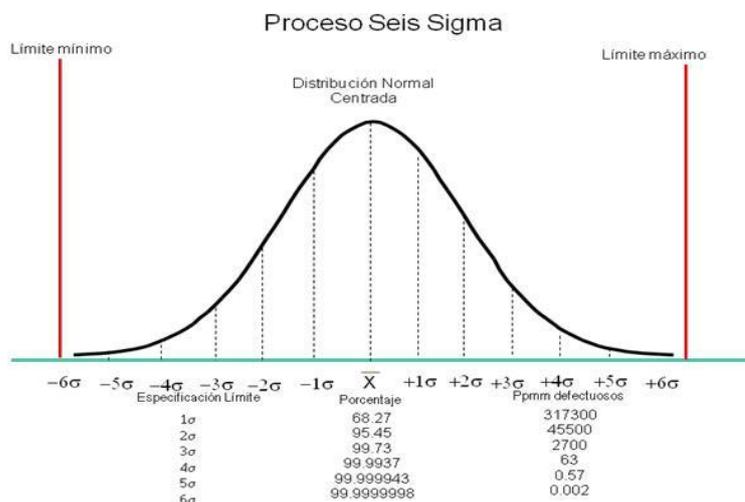


Figura 09:Proceso Seis Sigma.  
Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2.1. Distribución Normal

La distribución normal es también un caso particular de probabilidad de variable aleatoria continua, fue reconocida por primera vez por el francés Abraham de Moivre (1667-1754). Posteriormente, Carl Friedrich Gauss (1777-1855), elaboró desarrollos más profundos y formuló la ecuación de la curva; de ahí que también se le conozca, más comúnmente, como la "campana de Gauss". La distribución de una variable normal está completamente determinada por dos parámetros, su media ( $\mu$ ) y su desviación estándar ( $\sigma$ ). Con esta notación, la densidad de la normal viene dada por la ecuación: (Estadística Inferencial, Navarro, 1987) que determina la curva en forma de campana. Existen dos razones básicas por las cuales la distribución normal ocupa un lugar tan prominente en la estadística:

- Tiene algunas propiedades que la hacen aplicable a un gran número de situaciones en la que es necesario hacer inferencias mediante la toma de muestras.
- La distribución normal casi se ajusta a las distribuciones de frecuencias reales observadas en muchos fenómenos, incluyendo características humanas, resultados de procesos físicos y muchas otras medidas de interés para los administradores, tanto en el sector público como en el privado.

Propiedad:

No importa cuáles sean los valores de  $\mu$  y  $\sigma$  para una distribución de probabilidad normal, el área total bajo la curva siempre es 1, de manera que podemos pensar en áreas bajo la curva como si fueran probabilidades. Matemáticamente es verdad que:

- Aproximadamente el 68% de todos los valores de una población normalmente distribuida se encuentra dentro de  $\pm 1$  desviación estándar de la media.
- Aproximadamente el 95.5% de todos los valores de una población normalmente distribuida se encuentra dentro de  $\pm 2$  desviaciones estándar de la media.
- Aproximadamente el 99.7% de todos los valores de una población normalmente distribuida se encuentra dentro de  $\pm 3$  desviaciones estándar de la media.
- Para cualquier distribución normal de probabilidad, todos los intervalos que contienen el mismo número de desviaciones estándar a partir de la media contendrán la misma fracción del área total bajo la curva para cualquier distribución de probabilidad normal. Esto hace que sea posible usar solamente una tabla de la distribución de probabilidad normal estándar (Alonso, 1998).

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

En la que:

$x$  = valor de la variable aleatoria de interés.

$\mu$  = media de la distribución de la variable aleatoria.

$\sigma$  = desviación estándar de la distribución.

$z$  = número de desviaciones estándar que hay desde  $x$  a la media de

la distribución. (El uso de Z es solamente un cambio de escala de medición del eje horizontal)

### 2.2.3. Metodología Seis Sigma.

El enfoque de esta metodología es la excelencia operacional, su estructura agrupa las buenas prácticas en gestión de la calidad, junto con la utilización de herramientas estadísticas : desde el uso de paretos, hasta herramientas complejas como el diseño de experimento, cada etapa implica una aplicación rigurosa de las herramientas de calidad, constituye un error el obviar alguna etapa, así como el análisis superficial de la variación, su aplicación requiere el desarrollo de 5 etapas definidas (Harry,1980).La Figura 10 muestra los pasos de la metodología Seis -sigma.



Figura 10:Metodología DMAIC

Fuente: Elaboración propia

Requisitos para aplicación del seis sigma:

- Procesos con datos en cada etapa.
- Procesos con un grado de madurez evidente
- Procesos estandarizados.
- Maquinarias con mantenimiento estándar y rendimiento operativo.
- Conciencia de la organización del costo de la no calidad.
- Cultura de calidad desplegada a la organización.
- Liderazgo de la gerencia en la gestión de la calidad.

#### 2.2.3.1. Etapa Definir

Esta etapa empieza identificandolasbrechas de los indicadores del negocio tanto las financieras, las operativas y las de monitoreo de la calidad, se identifican oportunidades de mejora empezando por los indicadores financieros, de haber muchos posibles proyectos se utiliza la matriz de selección cuyos parámetros de evaluación se definen por la empresa, se evalúan los proyectos

seleccionándolos por la mayor puntuación. Se realiza un diagnóstico comparando la existencia o no de los requisitos mínimos que debe tener la empresa para una óptima implementación, se identifican y definen los requisitos de calidad requeridos por el cliente y que procesos se tornan claves en la satisfacción de esos requerimientos, se define la oportunidad de mejora utilizando las brechas con los indicadores de resultados del negocio, se define el quipo, plazos, indicadores a medir, herramientas a utilizar, el objetivo de realizar el proyecto, el alcance, el estado actual de la variación, la tendencia, y principalmente el impacto económico a obtener realizado el proyecto. Posteriormente se definen las métricas y defectos, empezando por el levantamiento del proceso, etapa por etapa, identificando los procesos críticos, luego confirmamos la aplicabilidad de la metodología; es decir si el proceso es maduro (cuenta con datos) es un proceso estandarizado, los factores como maquinaria se encuentran operativas y con mantenimiento estandarizadas, el personal operativo se encuentra capacitado y tiene las competencias mínimas adecuadas. Finalmente se aprueba el proyecto y se realiza una hoja de proyecto (Harry, 1980). La Figura 11 muestra todos los pasos del proceso de definir el proyecto.

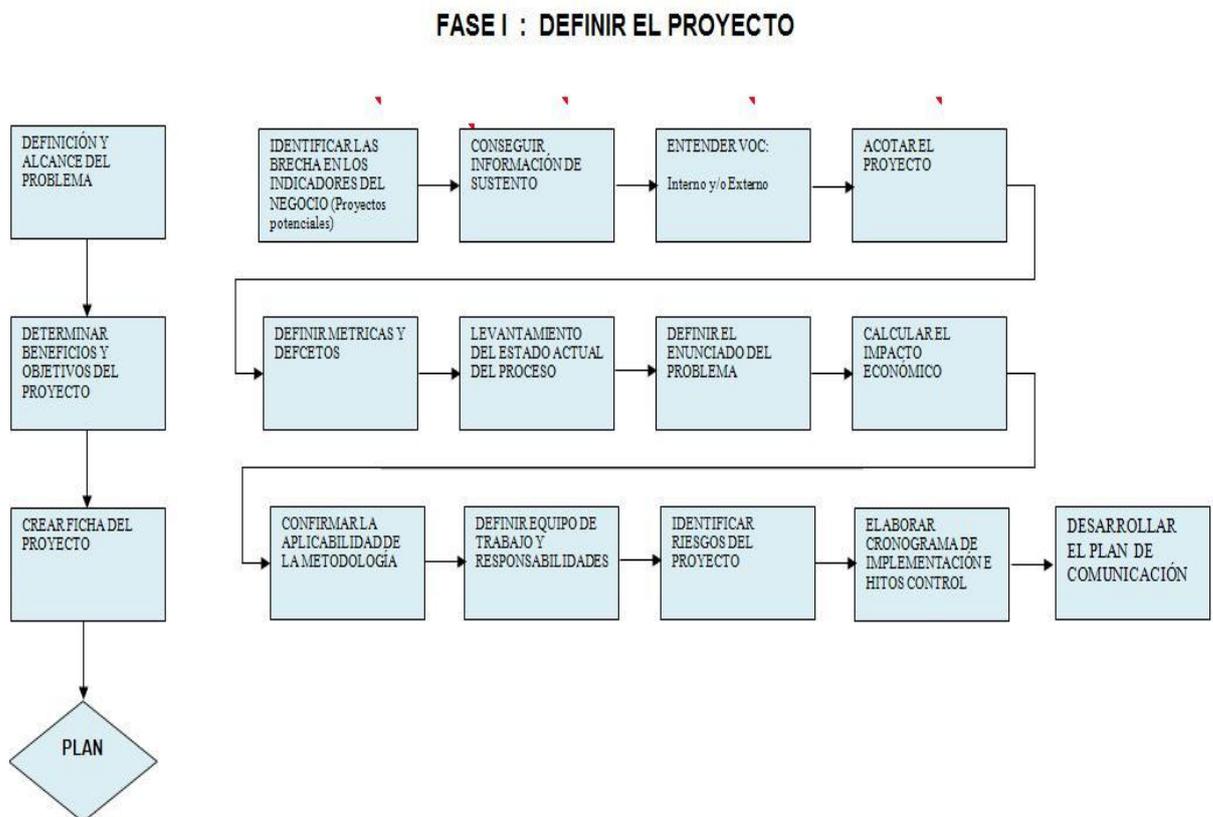


Figura 11: Etapa Definir

Fuente: Elaboración propia

Integrando el principio de satisfacción del cliente se identifican los parámetros críticos para la calidad CTQ (Critical to Quality) involucrados con uno o más objetivos del proceso de negocio, mediante la recolección de los requerimientos del cliente VOC (voice of the customer).

Las actividades involucradas con esta fase son las siguientes:

- Identificar el proceso a mejorar.
- Identificar el cliente.
- Identificar las salidas de cada proceso.
- Identificar etapas del proceso.
- Definir que es defecto.
- Definir expectativas de los clientes.
- Identificación de los clientes externos e internos.
- Estimación del costo de la no calidad.
- Mapeo de proceso.

Algunas herramientas comúnmente usadas en esta etapa son:

- Lluvia de ideas.
- Matriz de selección de Proyectos: herramienta para seleccionar proyectos en base a criterios establecidos por la empresa.
- Mapeo de procesos: Descripción de las etapas del proceso, con el objetivo de identificar la secuencia lógica e identificar oportunidades de mejora.
- Quality Function Development (QFD): El despliegue de la función de la calidad es un sistema que busca focalizar el diseño de un producto o servicio a la satisfacción de las necesidades de los clientes, al darles a estas una prioridad de su intervención en el desarrollo del diseño. Sin embargo, en algunos casos basta con un formato de cuestionario que provea de un mapa porcentual de respuesta de los clientes.
- AMEF: identificación de los defectos a lo largo de las etapas, ponderarlas y ser marco de referencia para las mejoras.
- Quick Wins: formato de soluciones obvias, con responsables, fechas, estado actual y reprogramaciones, sirve para empezar a aplicar las mejoras sin esperar a llegar a la etapa de implantación.
- SIPOC (Suppliers, Input, Process, Output and Customers): Es un diagrama de flujo de proceso que ayuda identificar elementos relevantes en la mejora de los procesos antes que estos inicien.

- **Matriz Causa-Efecto:** Es una tabla de doble entrada que relaciona los requerimientos de los clientes (Que(s)) con los procesos del negocio (Como(s)) con el fin de dar prioridad al enfoque del proyecto six sigma priorizando los procesos a mejorar y los requerimientos atacar.

### 2.2.3.2. Etapa Medir

En esta etapa se mapea y caracteriza el proceso actual, con el objetivo de tener un panorama integral del funcionamiento del negocio, para luego definir que indicadores monitoreamos, definir datos y levantamiento de información. En la búsqueda del mayor impacto subdividimos la oportunidad de mejora, en procesos, productos, clientes etc. Buscando en que subdivisión existe un mayor impacto en la solución. Finalmente validamos la información y generamos una base de datos inicial, con la cual comparamos las mejoras al finalizar el proyecto. La Figura 12 muestra los pasos de la etapa de medición del proyecto.

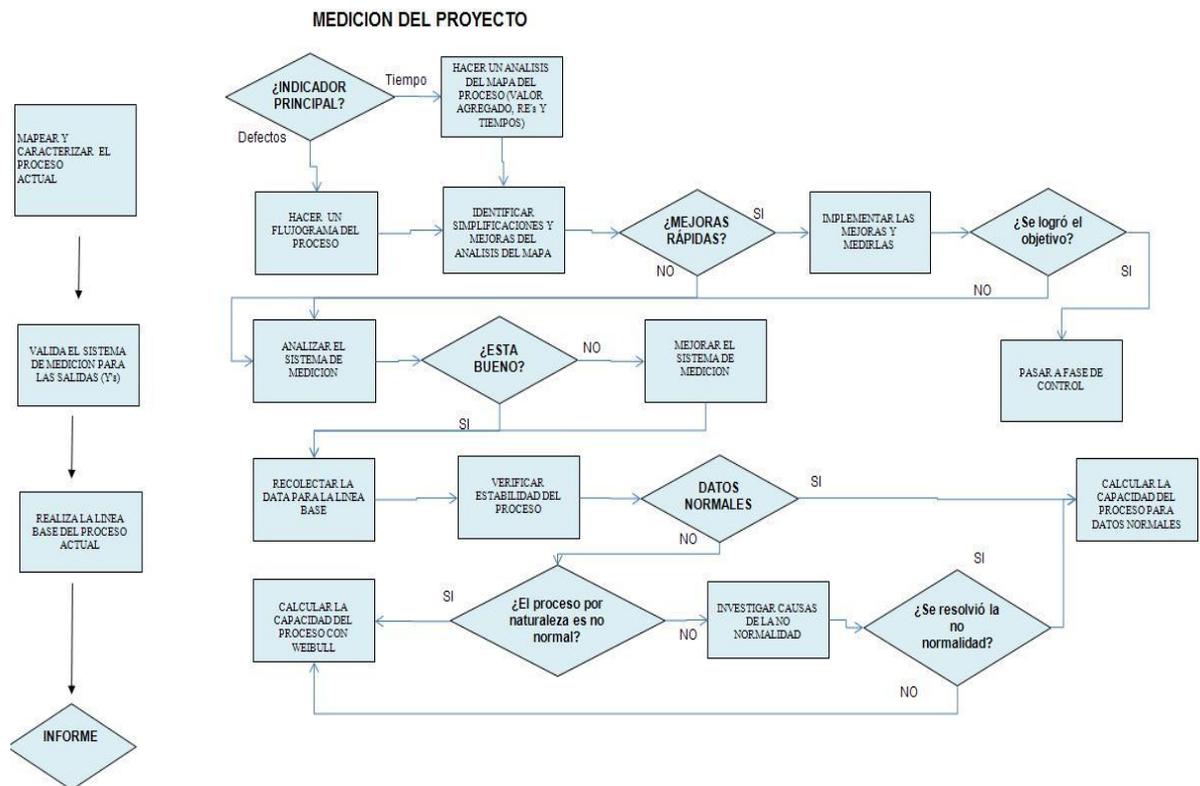


Figura 12: Etapa Medición  
Fuente: Elaboración propia

El objetivo de esta etapa es el desarrollo de un confiable sistema de medición del proceso de negocio identificado en la etapa Definir; para ello se identifican las medidas claves del proceso que son a su vez salidas relevantes del negocio KPOV's (Key Process Output Variables). Una vez identificadas las salidas del

proceso se definen los defectos de dichas salidas y se valida el sistema de medida KPOV. Se debe tomar en cuenta al realizar los sistemas de medidas de los KPOV que estas salidas pueden ser:

- Continuas: Medidas a una escala continua como es el caso de la presión, la temperatura, cantidades monetarias, etc.
- Discretas: Medidas como números enteros como los días, elementos o eventos.
- Cualitativas: Medidas no numéricas que califican un bien o servicio.

Para cada salida (KPOV) correspondiente a los parámetros críticos para la calidad (CTQ) definidos en la etapa anterior, se establece una línea de base de su actual capacidad; para ello se debe encontrar su tasa de defectos para obtener el DPMO (Defectos por millón de oportunidades), PPM (Partes por millón) o Nivel Sigma.

Para medir el rendimiento del proceso y determinar su línea de bases, se tienen otros indicadores aparte del nivel sigma. Estos son la capacidad del proceso ( $C_p$  o  $C_{pk}$ ) y el rendimiento del proceso ( $P_p$  o  $P_{pk}$ ). Sin embargo, antes de ahondar en estos indicadores, se debe comprender los siguientes conceptos:

Variación inherente al proceso: Porción de la variación del proceso como consecuencia de causas comunes. Esta variación es estimada en cuadros de control por  $R/d_2$ . Donde  $R$  es el promedio de rangos y  $d_2$  es una constante

Variación total del proceso: Es la variación como consecuencia de causas comunes y especiales. Esta variación es estimada por la desviación muestral.

La capacidad del proceso se mide por desviaciones inherentes al proceso, mientras que el rendimiento del proceso se mide con desviaciones totales.

según la AIAG (Automotive Industry Action Group) estos indicadores se definen de la siguiente forma:

- $C_p$ : Índice de capacidad que se define como el ancho de tolerancia dividido por la capacidad del proceso sin tomar en cuenta el centro.

La Figura 13 muestra los tipos de distribución.

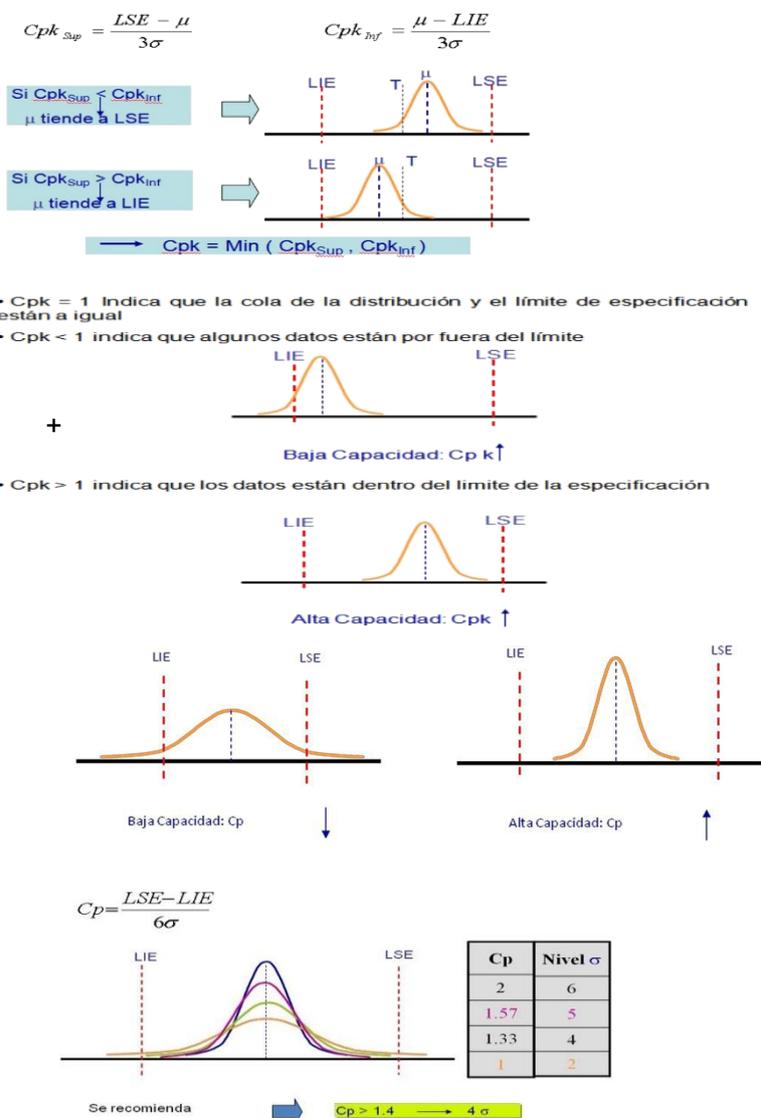


Figura 13: Tipos de distribución  
Fuente: (Alonso, 1998)

- $Cpk$ : Índice de capacidad que toma en cuenta el centro del proceso, escogiendo la distancia entre la media y la especificación más cercana a ella.

- Pp: Índice de rendimiento que se define como el ancho de tolerancia dividido por el rendimiento del proceso sin tomar el centro del mismo. Por lo general, es expresado como el ancho de tolerancia dividido por seis (6) veces la desviación muestral. Es usado para compararlo con el Cp.
- Ppk: Índice de rendimiento que toma en cuenta el centro del proceso y debe ser usado para compararlo con el Cpk.

El objetivo de encontrar la línea de base de las capacidades de los KPOV's en la fase medir, es determinar el rendimiento deseado del proceso (mejor nivel sigma) que se debe ser capaz de lograr (Berenson, M.1996).

Encontrada la línea de base y un sistema de medición se puede inferir las causas de la variación de las variables de salida con una tormenta de ideas ordenadas en un esquema de causa-efecto como el diagrama de espina de pescado del doctor Kaoru Ishikawa (1982). En su elaboración se toma en cuenta de seis (6) espinas:

- Máquina: Dispositivos, herramientas y todo tipo de aparato que interviene en el proceso.
- Persona: Personal que se encuentra directa e indirectamente relacionado al trabajo.
- Medición: Cómo se miden las variables claves de salida del proceso.
- Método: Forma o manera del desarrollo de las actividades u operaciones.
- Ambiente: Factores externos no controlables que generan ruido del proceso
- Material: Insumos o materia prima.

### **2.2.3.3. Etapa Analizar**

En esta etapa se identifica el tipo de distribución muestral, base con la cual se podrá identificar que herramientas estadísticas usar, que tipo de parámetros estadísticos se usaran, se identifican las causas raíz, cuantificar el impacto de cada Xs e identificar las Xs vitales, y finalmente tener la ecuación preliminar de  $Y = f(Xs)$ , siendo Y la salida del proceso y las Xs las variables de entrada.

El objetivo del análisis es identificar las variables claves de entrada al proceso KPIV's (Key Process Input Variables) que hacen efecto directo a las variables claves de salida KPOV's que se desea controlar para mejorar el negocio. Durante

el análisis se irán identificando las causas del actual rendimiento de las variables de salida, determinado en la etapa de medición del proceso.

La Figura 14 muestra las etapas de la fase de análisis de la metodología Seis sigma.

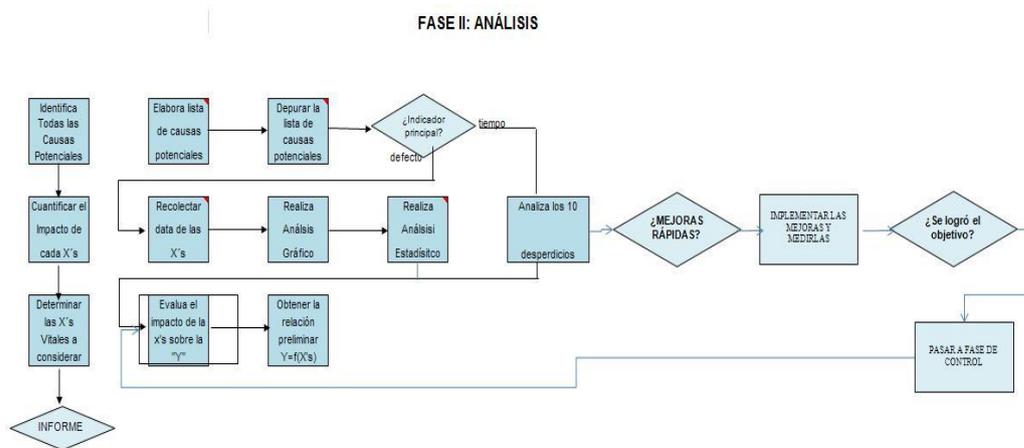


Figura 14: Etapa Análisis  
Fuente: Elaboración propia

Identificadas las causas estas se ponderan para obtener el % de mejora pronosticado, así como tener la base de causas para el diseño de soluciones. La ponderación es en base al criterio de; frecuencia, impacto y severidad.

Pasos para implementación:

- Examinar los procesos e identificar los potenciales "cuellos de botella", así como las desconexiones y redundancias que puedan contribuir al problema.
- Analizar el tiempo de ciclo y de valor, localizando áreas en las que se dedican tiempo y recursos a tareas no críticas para el cliente.
- Analizar los datos del proceso y su rendimiento actual para ayudar a estratificar el problema, a comprender las razones de la variación del proceso y a identificar las causas potenciales.
- Desarrollar hipótesis de causa-efecto para explicar el problema.
- Investigar y verificar la hipótesis causa-efecto, con el fin de certificar que se han puesto al descubierto los factores que explican directamente la relación causa

/efecto de la salida del proceso, en relación con las entradas que impulsan al mismo.

Entregables:

- Listado de variables críticas que deben ser controladas
- Entender las relaciones entre los factores vitales
- Tolerancias operativas para esas variables
- Plan experimental
- Reporte para el comité de dirección.

Herramientas:

- Análisis Causa/ Efecto
- Pruebas de Hipótesis
- Análisis multivariable
- Estudio de correlación
- Análisis de REGRESIÓN.

#### **2.2.3.4. Etapa Mejorar**

En esta etapa comprobamos las variables críticas identificadas en la etapa de análisis, diseñamos soluciones fundamentadas en el PDCA, esto quiere decir que todas las actividades de solución deben contener: actividades de planeamiento identificando cronogramas periodos y responsables, cronograma de ejecución, verificación de ejecución de lo ya planificado, y aseguramiento si los resultados son positivos actividades de aseguramiento, si son negativas actividades correctivas, todas estas actividades genera un programa completo integral de soluciones que deben impactar en los indicadores definidos, indicados en la Figura 15.

Pasos para la implementación:

1. Definir plenamente las principales soluciones de mejora.
2. Definir la estrategia de mejora, seleccionando las soluciones más eficaces para conseguir optimizar el rendimiento del proceso.
3. Realizar una evaluación de los riesgos de las soluciones seleccionadas y determinar cuáles serán las acciones de mejora a implantar.
4. Probar las acciones de mejora para verificar su aplicabilidad y resultados.
5. Evaluar el coste de las acciones de mejora y el beneficio esperado, realizando un análisis coste beneficio de cada una de las acciones.
6. Desarrollar un plan de implantación de las mejoras.

7. Implantar definitivamente las mejoras por parte del Champion.

Figura 15: Etapa Mejora  
Fuente: Elaboración propia

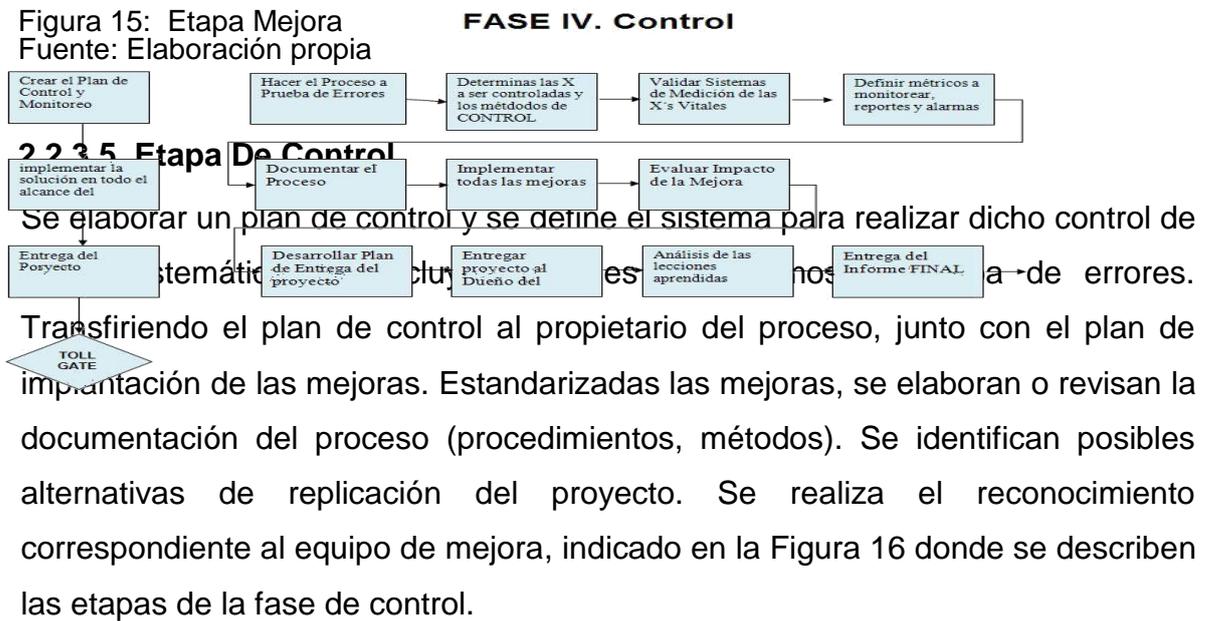


Figura 16: Etapa Control  
Fuente: Elaboración propia

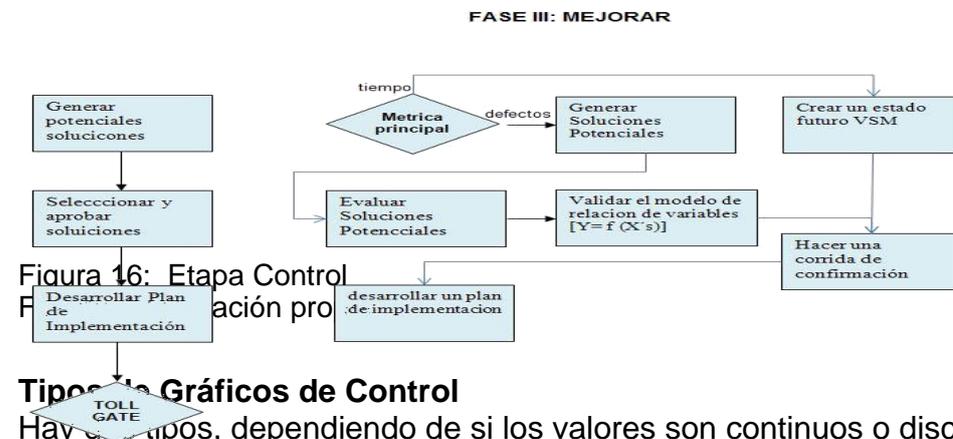
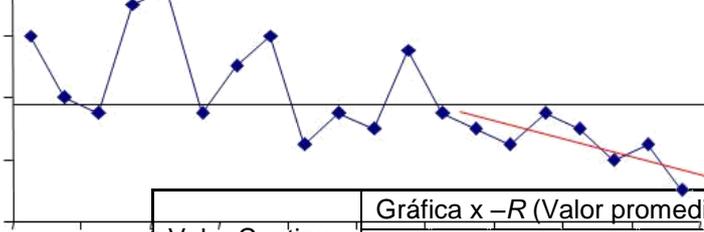


Tabla 01: Valor característico.

Valor Característico	Nombre
----------------------	--------



	Gráfica $\bar{x}-R$ (Valor promedio y Rango)
Valor Continuo	Gráfica $\bar{x}$ (Variable de medida)
Valor Discreto	Gráfica $pn$ (Número de unidades defectuosas)
	Gráfica $p$ (Fracción de unidades defectuosas)
	Gráfica $c$ (Número de defectos)
	Gráfica $u$ (Número de defectos por unidad)

Fuente: Probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería - 1996

Un proceso es estable si cumple las siguientes condiciones:

- No hay puntos fuera de los Límites de Control.
- No hay anomalía en la distribución de los puntos.

Evaluación de pautas de distribución anormales:

1. Secuencias: Si existe una secuencia continua de puntos (7 a más) en un solo lado de la línea de centro entonces puede haber cambiado el valor medio de la distribución, indicado en la Figura 17.

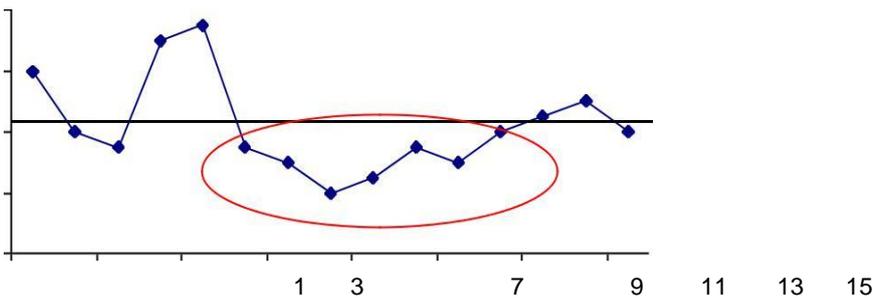


Figura 17: Grafico de control  
Fuente: (Gomez,1998)

2. Sesgo: Si hay menos de 7 puntos consecutivos de un lado de la línea de centro, pero la mayoría de los puntos están en ese lado. Por ejemplo, si de una secuencia de 11 puntos consecutivos, 10 de ellos están por debajo de la línea, pero no consecutivamente, indicado en la Figura 18.

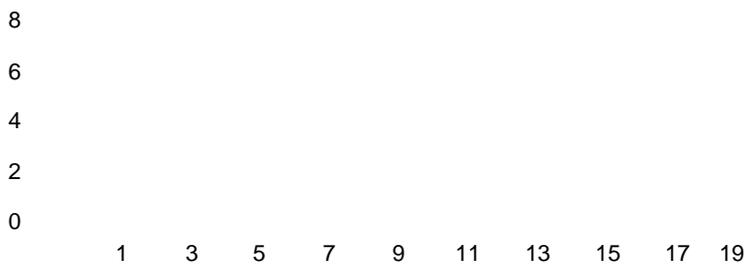


Figura 18: Sesgo inferior  
Fuente: (Gomez,1998)

3. Tendencia: Cuando hay ascenso o caída sostenida en la posición de los puntos (7 a más puntos). A menudo los puntos que preceden a la tendencia están fuera de los límites y la tendencia señala un movimiento hacia el límite, indicado en la Figura 19.

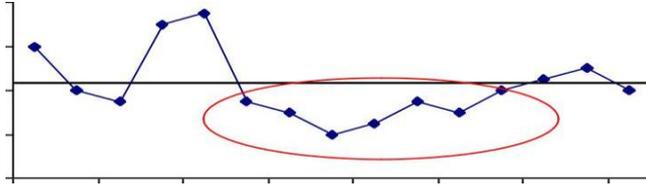


Figura 19: Caída sostenida de 7 a más puntos

Fuente: (Gomez,1998)

4. Aproximación al límite: Si 2 o 3 puntos consecutivos o 3 o más de 7 puntos se aproximan al límite de control se puede considerar que hay una anomalía. Se conoce como Límite de Aviso a la línea ubicada a 2 desviaciones estándar de la Línea de Centro, indicado en la Figura 20.

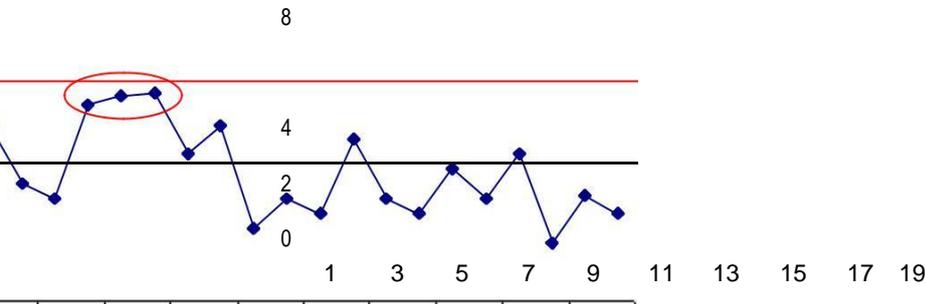


Figura 20: Tendencia aproximación al límite

Fuente: (Gomez,1998)

5. Periodicidad: Cuando la posición de los puntos asciende o desciende en forma de onda periódica. Algunas veces una periodicidad de onda larga contiene varias ondas de periodicidad más frecuente, indicado en la Figura 21.

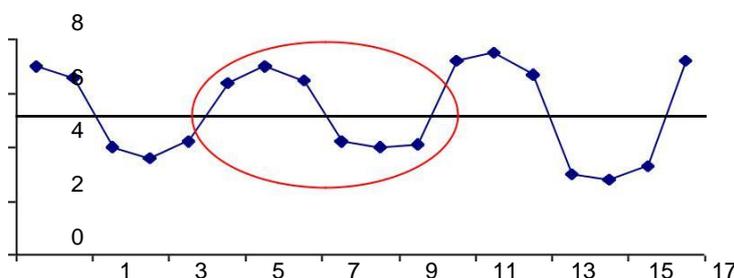


Figura 21: Periodicidad

Fuente: (Gomez,1998)

### **2.3. Metodología Lean.**

Las operaciones de servicio ahora comprometen más que el 80% del PBI en los Estados Unidos y están rápidamente creciendo alrededor del mundo. Aún dentro de las compañías manufactureras, es común que sólo el 20% de los costos de ventas, mientras que el 80% proviene de los costos que son asociados con el soporte y diseño de funciones. (George,2003) Existen tres (3) verdades fundamentales:

- Volverse rápido puede verdaderamente mejorar la calidad.
- Mejorar calidad puede verdaderamente volverte más rápido.
- Reducir la complejidad mejora la velocidad y calidad

Los procesos de servicios son por lo general procesos lentos, lo cuales son procesos costosos y de poca calidad. La principal razón de ello es que existe mucho trabajo en proceso; por la excesiva complejidad. Cuando existe excesivo trabajo en proceso, el servicio puede gastar más que el 90% en tiempo en espera que no genera valor agregado; por lo que para un proceso lento, el 80% de su tiempo es causado por menos del 20% de sus actividades; entonces para mejorar un proceso sólo tenemos que encontrar y mejorar la velocidad del 20% de las etapas del proceso que afectarán en 80% la reducción del ciclo de trabajo.

En el libro “The machine that changed the world” (Womack, 1990) publicado por el International Motor Vehicle Program del Massachusetts Institute of Technology (MIT), el sistema ligero de producción japonés, el sistema “Lean Production”, desarrollado originariamente por Toyota y seguido por el resto de industrias japonesas del sector sería la clave del éxito de la industria automovilística japonesa en particular y de la economía japonesa en general. Este sistema “Lean Production” significaría un estadio más avanzado en el sistema de producción industrial, de forma que haría falta una “necesaria transición de la producción en masa a la lean” (Womack,1990).

Lean consigue romper la dicotomía Taylorista entre pensar y hacer, aceptando que las reglas de juego continuarían siendo las mismas, pues el sistema no afectaría al ámbito de las prerrogativas directivas.

Otros autores reconocerían que las practicas del “Lean Production” seguidas por empresas pioneras como Toyota habrían evolucionado durante los años 80, haciéndolo más humano, desarrollando una nueva concepción de la línea de producción haciéndolo más atractivo dicho de otro modo, pareciera que “Toyota ha cambiado las normas del juego” Shimizu, (1995), de forma que esta organización multinacional habría entrado en una nueva era, en la que sería posible hablar de “Autonomización” en un sentido verdadero y diferente del viejo Toyotismo, en el que esta palabra tan sólo significaba incluir una palanca en la máquina para que la gente pudiera detener la producción si ésta era anómala. Para Shimizu, pese a las diferencias evidentes del sistema de Toyota con las plantas en Kalmar y Uddevalla de Volvo, podría sin embargo afirmarse que Toyota estaría buscando la estela de estas experiencias, pretendiendo avanzar en la humanización del trabajo, sin perder de vista, claro está, el continuar produciendo eficientemente. También para Grønning(1995) podría hablarse de un nuevo Toyotismo, caracterizándose éste por los siguientes rasgos: el sistema de desarrollo de producto y de producción estaría dispersos internacionalmente, en contraste a la concentración.

### **2.3.1. Desarrollo de la Metodología**

#### **A) Mapeo de Procesos**

- a) Definir el proceso a mejorar.
- b) Limitar el proceso.
- c) Listar salidas y clientes.
- d) Listar entradas y proveedores.
- e) Identificar los CTQs y las Xs”.
- f) Escribir todos los pasos del proceso.
- g) Definir el nivel de detalle.
- h) Establecer; documentación, riesgos, controles, indicadores, etc.

#### **B) Identificación de Oportunidades de Mejora**

##### **La Fábrica Oculta**

- Podemos definir la fábrica oculta como el conjunto de todas las operaciones que no agregan valor al producto final (pero sí agregan costo)
- Pueden no ser percibidas por el cliente.
  - Inspecciones, transporte, esperas, stocks, etc.

– Retrabajos o Scrap

Una vez que se tenga el Mapa de Procesos, se debe analizar el mismo para encontrar áreas de mejora. Alguno de los métodos que veremos son:

- A. Método del valor agregado
- B. Identificar los Re´s
- C. Método del valor agregado del tiempo

A. Método del valor agregado.

Identificar procesos actividades y /o tareas que no agregan valor, el criterio de selección es el cliente, si una actividad no ayuda a cumplir con su requerimiento entonces no agrega valor, como segundo criterio es hacia dentro de la empresa, si un proceso actividad y/o tarea no ayuda a la eficiencia efectividad y productividad entonces no agrega valor, por tanto, todo aquello que no agrega valor debe desecharse, como lo indicado en la Figura 22.



Figura 22: Criterio de valor agregado  
Fuente: Elaboración propia

B. Identificar los Re´s

Los Rs son los cuellos de botella que conviven con el proceso en todas sus etapas, y su identificación es obvia en un 80%, estos desperdicios de tiempo y recursos consumen gran parte del tiempo efectivo del proceso, entre ellas tenemos.

- Rediseñar    Repetir    Reembarcar    Reescribir
- Regresar    Reeditar    Revisar    Reexpedir
- Reevaluar    Rehacer    Retirar    Reinspeccionar
- Reentrenar    Rechazar    Retrabajar    Reverificar

**C. Método del valor agregado del tiempo.**

En la práctica el 80% del tiempo de proceso no agrega valor, ejemplos:

- Tiempo de toma de decisiones.

- Tiempo en operaciones.
- Tiempo en inspección.
- Tiempo en almacenajes.
- Tiempo en transmisión de datos.

El análisis tiene como objetivo identificar en qué etapa del proceso se ubican, analizar, medir y diseñar un plan para su eliminación y/o disminución, indicado en la Figura 23 donde se describe el criterio de valor agregado.

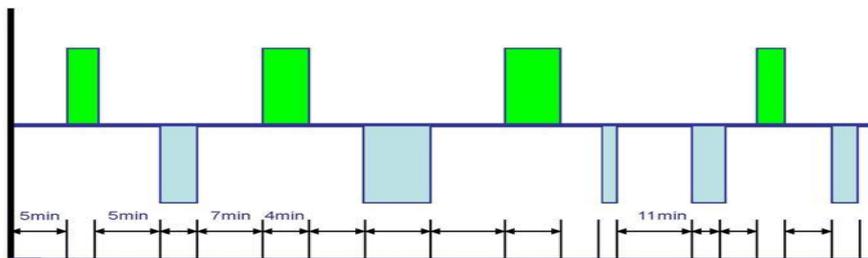


Figura 23: Criterio de valor agregado  
Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Proceso de Fundición

### 2.4.1. Fundición

La fundición es el proceso de producción de un objeto metal por vaciado de un metal fundido dentro de un molde y que luego es enfriado y solidificado. Desde tiempos antiguos el hombre ha producido objetos de metal fundido para propósitos artísticos o prácticos. Con el crecimiento de la sociedad industrial, la necesidad de fundición de metales ha sido muy importante. El metal fundido es un componente importante de la mayoría de las maquinarias modernas, vehículos de transporte, utensilios de cocina, materiales de construcción, y objetos artísticos y de entretenimiento. También está presente en otras aplicaciones industriales tales como herramientas de trabajo, maquinarias de manufactura, equipos de transporte, materiales eléctricos y electrónicas, objetos de aviación, etc. La mejor razón de su uso es que puede ser producida económicamente en cualquier forma y tamaño.

#### LOS HORNOS PARA FUSION DE METALES:

Pueden clasificarse convenientemente en cuatro grupos principales, según el grado de contacto que tenga lugar entre la carga y combustible o sus productos de combustibles.

- 1) Hornos en los cuales la carga se encuentra en contacto íntimo con el combustible y los productos de combustión. El horno más importante en este grupo es el de cubilote.
- 2) Hornos en los que la carga está aislada del combustible, pero en contacto con los productos de la combustión. Este tipo de hornos es el horno hogar abierto para la fabricación de acero.
- 3) Hornos en que la carga se encuentra aislada tanto del combustible como de los productos de la combustión. El principal es el horno que se emplea un crisol que puede calentarse ya sea por coque, gas o petróleo.
- 4) Hornos eléctricos. Pueden ser de tipo de acero o de inducción.

### **TIPOS DE HORNOS USADOS EN FUNDICION:**

- El cubilote de fundición.
- Los hornos de reversos.
- Hornos rotatorios.
- Hornos de crisol.
- Hornos de crisol de tipo sosa.
- Hornos basculantes.
- Hornos de aire.
- Hornos eléctricos. Pueden ser de acero o de inducción.

### **Punto de Fusión de los Metales:**

Los metales se funden a diferentes temperaturas. La tabla siguiente muestra los puntos de fusión de los metales más comunes:

Tabla2: Punto de fusión de metales.

<b>METALES</b>	<b>PUNTO DE FUSION</b>
Estaño	240°C (450°F)
Plomo	340°C (650°F)
Cinc	420°C (787°F)
Aluminio	620°-650°C (1150°-1200°F)
Bronce	880°-920°C (1620°-1680°F)
Latón	930°-980°C (1700°-1800°F)
Plata	960°C (1760°F)

Cobre	1050°C (1980°F)
Metal monel	1340°C (2450°F)

Fuente: Norma ASTM 377

#### 2.4.2. Norma Técnica de Calidad: ASTM 377

Creada en 1898, ASTM International es una de las mayores organizaciones en el mundo que desarrollan normas voluntarias por consenso. ASTM es una organización sin ánimo de lucro, que brinda un foro para el desarrollo y publicación de normas voluntarias por consenso, aplicables a los materiales, productos, sistemas y servicios. Los miembros de ASTM, que representan a productores, usuarios, consumidores, el gobierno y el mundo académico de más de 100 países, desarrollan documentos técnicos que son la base para la fabricación, gestión y adquisición, y para la elaboración de códigos y regulaciones.

Las normas ASTM son "voluntarias" en el sentido de que ASTM no exige observarlas. Sin embargo, son un marco de referencia para las entidades privadas, y se transforman en un requisito indispensable para los clientes en temas de aleaciones. Para nuestro caso la aplicación de la norma ASTM es requerimiento interno de producción y cumple con los estándares exigidos por nuestros clientes corporativos.

ASTM no verifica que los productos se someten a prueba de acuerdo con una norma. Sin embargo, muchos fabricantes desean indicar que un producto ha sido sometido a prueba de acuerdo con una norma ASTM, colocando esa información en la etiqueta o empaque del producto.

Tabla 3. Composición Química norma ASTM 377.

De acuerdo a norma ASTM C37700.

Composición química :

#### LATÓN DE FORJA

Cobre (Cu)	Plomo (Pb)	Hierro (Fe)	Otros conjuntamente	Zinc (Zn)
58,0 - 61,0 %	1,5 - 2,5 %	0,30 % (max)	0,50 % (max)	Rest

Fuente: Norma ASTM C37700

Este grafico muestra el % de mezcla de los insumos para lograr una aleación con norma ASTM C 37700 utilizada para nuestro caso de estudio, es ideal para los

productos elaborados en base a cobre, sus propiedades de esta aleación permiten la dureza flexibilidad y garantía para los productos comercializados en la industria de la construcción y acabados sanitarios.

## **2.5. Marco Referencial: “CASO EMPRESA FUNDIDORA SAC “**

### **2.5.1. Diagnóstico Funcional.**

FUNDIDORA S.A.C, es una mediana empresa de capitales peruanos constituida el año 1984, cuando se iniciaba el boom de la construcción, y la demanda de accesorios para este rubro alcanzaba sus niveles picos. Inicialmente el total de personas lo conformaba integrantes de la familia, con algunas contrataciones en distribución y producción sumando 12 colaboradores, los procesos iniciales se reducían a ventas, producción y distribución, la producción diaria alcanzaba las 30 toneladas mensuales.

La planta productora se ubica en el distrito de Ate, lidera el mercado nacional con más de 75% de participación del mercado de accesorio en cobre, asimismo consolidaron la presencia internacional en países como Ecuador, Colombia, Venezuela, Argentina y México, proyectando dicho crecimiento a otros mercados internacionales, adicional a los accesorios de cobre.

También se ha desarrollado barras perforadas y flejes para llaves, utilizando como base aleaciones de cobre y zinc, además de la producción de varillas y latinas de cobre. Sus productos son manufacturados bajo estrictos controles de calidad en estándares ASTM C36000, ASTM C37100, ASTM C37700, ASTM C38500 y Copper C14200. Entre los productos que se ofertan se encuentran: Tuberías rectas cilíndricas, hexagonales, barras cilíndricas y hexagonales, accesorios para grifería, llaves, matricería, accesorios todo en base a aleaciones de cobre en sus distintas presentaciones.



Figura 24: Productos (imagen referencial)  
Fuente: Internet

Los clientes son líderes en el mercado de accesorios para la construcción con los cuales desarrolla una relación de socios estratégicos, los cuales exigen los mejores estándares de calidad.



Figura 25: Estructura funcional  
Fuente: Elaboración propia

Los procesos que conforman la organización están relacionados bajo el concepto de gestión por proceso, se cuenta con procesos estratégicos, procesos operativos y procesos de soporte, todos alineados al concepto de satisfacción del cliente tanto interno como externo, este concepto se mantiene desde el año 2002, con óptimos resultados para la gestión.

De la revisión de las operaciones de la empresa, se ha conceptualizado el siguiente mapa de procesos y sus interrelaciones fundamentales, descrito en la Figura 26 donde se muestran los macroprocesos de la empresa:

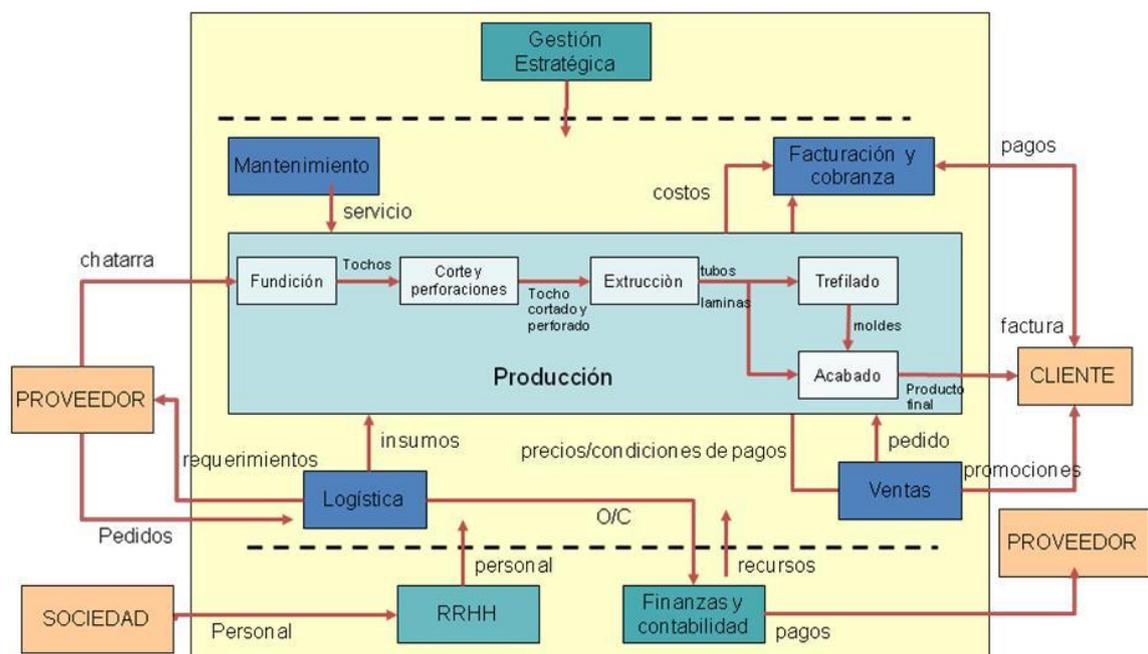


Figura 26: Macroproceso de la Empresa  
Fuente: Elaboración propia

El mapa de procesos permite tener una visión rápida y sistémica de los procesos de la organización, diferenciar los procesos estratégicos, de los operativos y de los de soporte, y muestra la secuencia fundamental entre dichos procesos. También a partir del mapa de procesos se va identificando la documentación, llámese procedimientos, instructivos, registros, etc., que forman parte del sistema de calidad de la empresa contamos con el ISO 9001, que nos ha permitido tener un orden a nivel documentario de nuestros procesos, pero todavía existen debilidades para que este orden sea efectivo y permita una operación más eficiente y con menos variaciones en los procesos. Los procesos estratégicos son los responsables de analizar las necesidades y condiciones del mercado, de la sociedad y de los accionistas.

Los procesos operativos definen el negocio de la Organización y permiten diferenciarla de otra. A partir estos procesos el cliente percibirá y valorará la calidad de la empresa. Los procesos de soporte son responsables de proveer a la organización todos los recursos necesarios, en cuanto a personas, maquinaria y materiales. Dan apoyo a los procesos operativos.

### **2.5.2. Definición del Proceso Actual.**

El proceso de fundición analizado en esta investigación, se ubica en la empresa dentro del macro proceso de producción, conformado por; Proceso de corte y perforaciones, proceso de extracción, trefilado y el proceso de acabado, quienes conforman un proceso productivo secuencial y lineal, esto quiere decir que al presentarse un cuello de botella en alguno de los procesos esto retrasa todo el ciclo productivo, además si cualquiera de los procesos suministra un producto fuera de especificación el siguiente proceso no tendrá la capacidad de rectificar el defecto y finalmente el ciclo arroja un producto fuera de especificación, observamos que fundición es un proceso operativo estratégico, base de la línea productiva y responsable de suministrar el Billets o Tocho (aleación de cobre) insumo básico para los demás procesos, este insumo debe cumplir con normas técnicas de calidad ASTM C377, además de las especificaciones del cliente,

inicialmente el 80% de los productos suministrado por fundición no cumplían con los requerimientos exigidos, la variación en los resultados de cada etapa era lo común y se identificaba como “aceptable” los defectos producidos.

En el proceso intervienen múltiples factores: técnicos como la temperatura, presión, tiempo de cocción, calidad de insumos metálicos, reacciones de fusión, etc. De gestión: como mantenimiento de equipos, experiencia del personal, etc. Tecnológicas: como hornos de crisol, dispositivos electrónicos y mecánicos, entre otros. En suma, este proceso presento un grado de complejidad cuyo análisis requirió el uso de herramientas estadísticas que el lean Seis Sigma proporciono.

Inicialmente la característica principal fue la gran cantidad de defectos que proporcionaba a los demás procesos mermando la eficiencia global de la planta. Fundición es un proceso irreversible, los defectos que produce no puede ser rectificado en el proceso siguiente, recayendo en mermas y finalmente en el alto costo productivo. La chatarra su principal insumo es un recurso escaso y costoso, por tanto, el uso eficiente de los recursos en fundición, la reducción de la variación y los defectos era un proyecto evidente en el primer análisis del proceso. El macroproceso productivo es una cadena secuencial con 5 procesos bien definidos: Fundición, Corte y perforaciones, Extrucción, Trefilado y Acabado, cuyo insumo principal es la chatarra, y los productos son accesorios en base a aleación de cobre según norma ASTM. Al ser una cadena secuencial el defecto proporcionado por la etapa anterior no puede ser corregido en la siguiente etapa, ocasionando finalmente un producto con defectos y pérdidas económicas, descrito en la Figura 27.



Figura 27: Macroproceso Producción  
Fuente: Elaboración propia

### 2.5.3. Producto

El producto elaborado en fundición son las Aleaciones de cobre en forma de barras cilíndricas “Billets–Tochos” de diversos diámetros, elaboradas según

normas técnicas ASTM. La colada es la unidad de producción, esta se realiza por gravedad en hornos basculantes de crisol, con capacidad de 1 tonelada, antes de la colada se realiza el análisis químico, en un laboratorio de emisión por chispa, que da el porcentaje de los componentes químicos que contiene la aleación y se realiza el balance de carga respectivamente antes del vaciado en moldes cilíndricos.

COLADA: unidad de producción

BILLETS: Aleación de cobre (tocho)

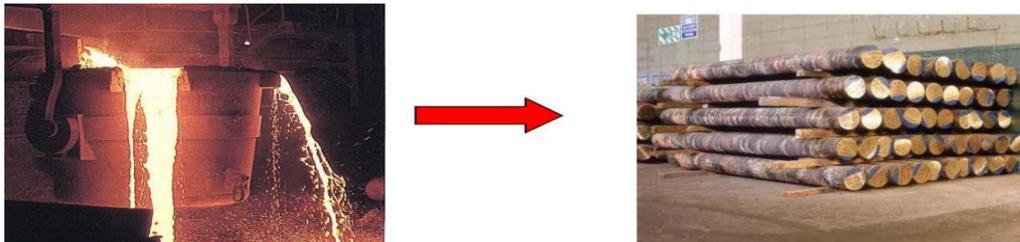


Figura 28: Imagen disponible  
Fuente: Internet

#### 2.5.4. Defecto.

Se considera defecto a la colada cuya eficiencia en el uso de recursos está por debajo del 95%, la eficiencia es medida por el peso de chatarra e insumos metálicos ingresados al horno por colada versus el peso total de Billets de aleación de cobre obtenida como producto final.

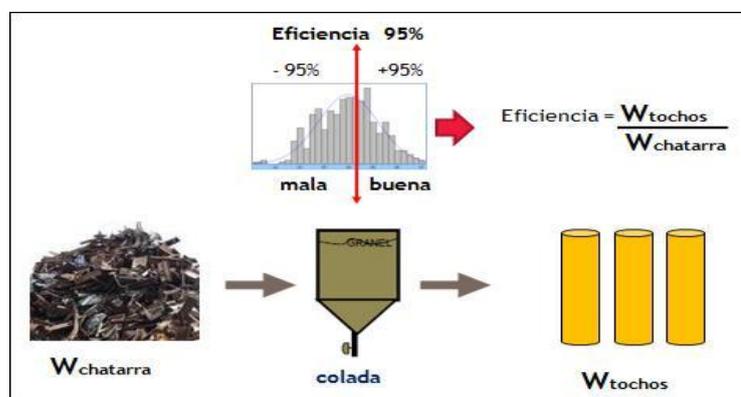


Figura 29: Descripción del proceso.  
Fuente: Elaboración propia

#### 2.5.5. Bases Legales:

LEY N° 28015 LEY DE PROMOCION Y FORMALIZACION DE LA MICRO Y PEQUEÑA EMPRESA (Promulgada el 3 de Julio del 2003)

Art. 1: Objeto de la Ley

La presente ley tiene por objeto la promoción de la competitividad, formalización y desarrollo de las micro y pequeñas empresas para incrementar el empleo sostenible, su productividad y rentabilidad, su contribución al Producto Bruto

Interno, la ampliación del mercado interno y las exportaciones y su contribución a la recaudación tributaria.

#### Art 2° Definición de Micro y Pequeña Empresa

La Micro y Pequeña Empresa es la unidad económica constituida por una persona natural o jurídica, bajo cualquier forma de organización o gestión empresarial contemplada en la legislación vigente, que tiene como objeto desarrollar actividades de extracción, transformación, producción, comercialización de bienes o prestación de servicios. Cuando esta Ley se hace mención a la sigla MYPE, se está refiriendo a las Micro y Pequeñas Empresas.

#### LEY N° 29337 LA LEY DE PROMOCIÓN A LA COMPETITIVIDAD

##### ART. 1°.- DISPOSICIONES PARA LA COMPETITIVIDAD PRODUCTIVA

Declárese estrategia prioritaria del Estado la ejecución de Iniciativas de Apoyo a la Competitividad Productiva que tienen el objeto de mejorar la competitividad de cadenas productivas, mediante el desarrollo, adaptación, mejora o transferencia de tecnología. Puede considerar transferencias de equipos, maquinaria, infraestructura, insumos y materiales en beneficio de agentes económicos organizados exclusivamente en zonas donde la inversión privada sea insuficiente para lograr el desarrollo competitivo y sostenible de la cadena productiva.

##### ART. 2°.- INICIATIVAS DE APOYO A LA COMPETITIVIDAD PRODUCTIVA

Las Iniciativas de Apoyo a la Competitividad Productiva son ejecutadas, mediante procesos concursables, por los gobiernos regionales y locales en el marco de las competencias establecidas por ley. Su implementación, ejecución y evaluación de impacto se realiza de acuerdo con los procedimientos y metodología que apruebe el Ministerio de Economía y Finanzas.

#### DECRETO SUPREMO N° 013-2013-PRODUCE

Artículo 1°.- La presente ley tiene por objeto establecer el marco legal para la promoción de la competitividad, formalización y el desarrollo de las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYME), estableciendo políticas de alcance general y la creación de instrumentos de apoyo y promoción; incentivando la inversión privada, la producción, el acceso a los mercados internos y externos y otras políticas que impulsen el emprendimiento y permitan la mejora de la organización empresarial junto con el crecimiento sostenido de estas unidades económicas.

Artículo 41º.- Régimen tributario de las MYPE El régimen tributario facilita la tributación de las MYPE y permite que un mayor número de contribuyentes se incorpore a la formalidad. El Estado promueve campañas de difusión sobre el régimen tributario, en especial el de aplicación a las MYPE con los sectores involucrados. La SUNAT adopta las medidas técnicas, normativas, operativas y administrativas, necesarias para fortalecer y cumplir su rol de entidad administradora, recaudadora y fiscalizadora de los tributos de las MYPE

Artículo 82º.-Órgano rector El Ministerio de la Producción (\*) define las políticas nacionales de promoción de las MYPE y coordina con las entidades del sector público y privado la coherencia y complementariedad de las políticas sectoriales.

## **CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO**

El método científico es el conjunto de procedimientos que debe seguirse en un estudio para validar las hipótesis y hallar la verdad. Es una vía para alcanzar la meta propuesta, una guía al servicio del investigador. (Palella & Martins, 2012).

El método debe tener las siguientes características:

- Guía procedimental lógica y sistemática, estable pero flexible a cualquier cambio o imprevisto.
- Secuencia ordenada de pasos generales o de acciones coordinadas.
- Debe tener un control y evaluación constante de las acciones y resultado, con el fin de no alejarse de los objetivos planteados.

### **3.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación especifica la clase de estudio que se realiza y guía sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger los datos generados (Palella & Martins, 2012).

La investigación es del tipo descriptivo y de campo dado que las mediciones y observaciones son realizadas en las mismas condiciones donde se ejecuta el

proceso de fundición, condiciones típicas de una empresa manufacturera PYME caso de estudio para la investigación, se trabaja en base a datos primarios.

### 3.2. Diseño de la Investigación

Describe los pasos que implementa el investigador para la validación de la hipótesis o para la resolución del problema en estudio. (Palella & Martins, 2012).

En la presente investigación se aplica un diseño de campo, el cual se realiza siguiendo un diseño no experimental, que se efectúa sin manipular ninguna de las variables. Los hechos serán observados y medidos tal y como ocurren en una empresa del sector manufacturero PYME, registrados en la empresa “caso de estudio”. Los datos son tomados tal y como sucedan en la ejecución del proceso de fundición, utilizando instrumentación específica para la medición de las variables, para posteriormente analizarlas con las herramientas estadísticas, con el objetivo de responder a las interrogantes de la investigación.

### 3.3. Unidad de Análisis.

Se analiza el proceso de fundición, en todas sus etapas, para identificar todas las variables que influyen en el proceso, se define su importancia y su influencia o no en el proceso, para luego medirlos, se genera un formato de reporte de las posibles variables claves del proceso, datos con los cuales luego en la siguiente etapa de análisis se identifican las variables críticas para el proceso.

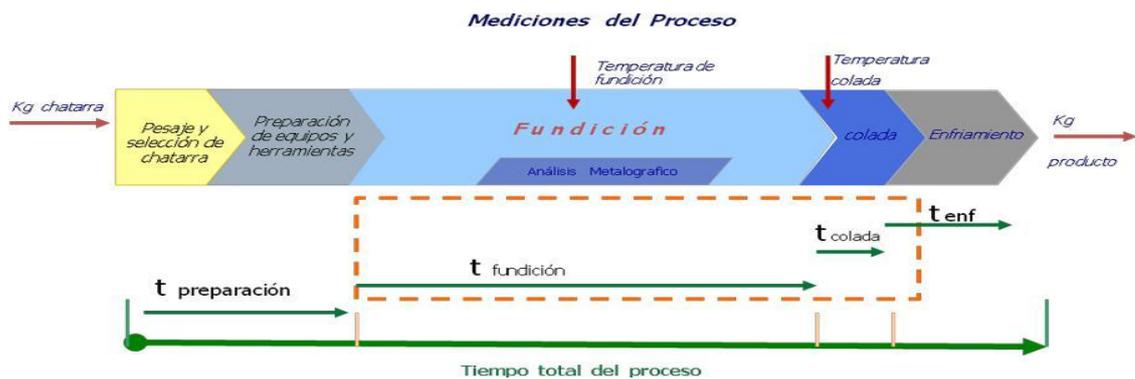


Figura 30. Unidad de análisis.  
Fuente: Elaboración propia

El Tamaño de la muestra representativa es 97 coladas del proceso de fundición elegidas aleatoriamente, entre los 4 hornos de crisol, tomando las muestras de pesaje y medición de los factores que intervienen en el proceso.

## 4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

En esta etapa se diseña la estructura más adecuada para la recolección de datos, con el objetivo de tener la trazabilidad necesaria que permita el análisis profundo y objetivo del problema, esto permite validar los datos para que todo el análisis posterior tenga la calidad requerida y refleje la realidad del proceso, que al diseñar las mejoras estas tengan la eficacia esperada, sin errores en los datos por lo que se podrá medir el proceso sin distorsiones y el análisis se torna objetiva en base a datos reales. La trazabilidad permite identificar en qué parte del proceso ocurren los defectos y tomar acción sin mayor demora; en la figura 31 se muestra un modelo de una corrida.

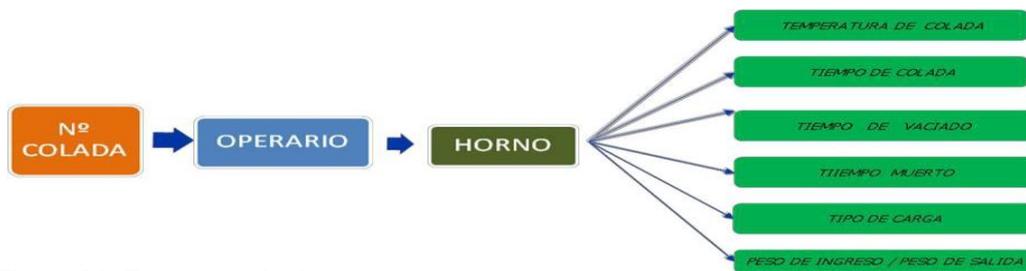


Figura 31: Estructura de datos  
Fuente: Elaboración propia

### 3.4.1. Determinación del tipo de Distribución Muestral

En esta etapa se identifica el tipo de distribución que presentan los datos; esto con el objetivo de identificar las herramientas estadísticas a usar y el tipo de análisis a realizar. Para realizar el análisis estadístico de los datos es importante identificar el tipo de distribución que presentan los datos, ya que con esto podremos identificar el comportamiento, la tendencia de los resultados y sobre todo el cálculo de los parámetros que identifican los datos y con los cuales realizamos los cálculos necesarios los mismos que varían de un tipo de distribución a otra.

Mes	Dia	Nº de Fundicion	Aleación	Horno	numCarga	medida1	peso_toch1	merma_tot	% Eficiencia
May	05	15531	377	1	1	4 1/2"	1140	65.0	94.6
May	05	15532	377	1	2	4 1/2"	1149	62.0	94.9
May	05	15533	377	1	3	4 1/2"	1137	89.5	92.7
May	05	15535	377	2	2	3 1/2"	1140	89.5	92.7
May	05	15536	377	2	3	3 1/2"	1090	80.0	93.2
May	05	15537	377	3	1	6"	1183	54.0	95.6
May	07	15540	377	1	1	3 1/2"	1110	86.0	92.8
May	07	15541	377	1	2	3 1/2"	1145	87.5	92.9

Figura 33: Datos de fundición

A continuación, se realiza la prueba de distribución normal a los datos medidos de los procesos, para lo cual utilizamos el software de análisis estadístico MINITAB de libre uso en internet.

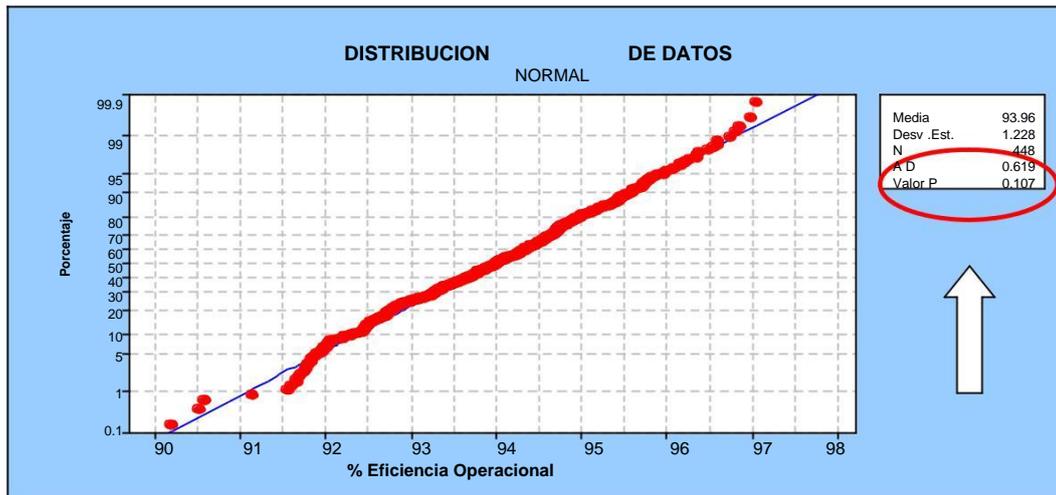


Figura 34: Ejemplo de calculo

Fuente: Elaboración propia

Gráficamente los datos deben seguir el comportamiento de la línea diagonal y contar con el valor  $p > 0.05$ , revisando la gráfica 3.16 vemos que los datos cumplen con estos dos requisitos, pudiendo afirmar que las distribuciones de los datos del ejemplo presentan el tipo de distribución Normal, esto permite usar el cálculo de los parámetros característicos de esta distribución.

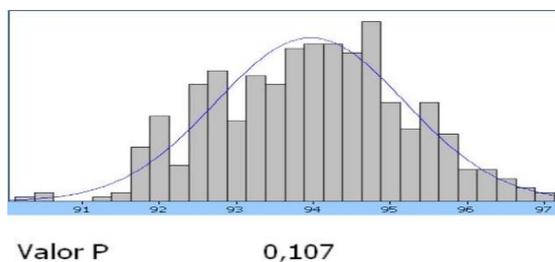


Figura 35: Distribución normal

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.2. Cálculo de la Capacidad del Proceso.

En esta etapa se mide la capacidad del proceso esto quiere decir que tanto el proceso cumple con las especificaciones del cliente, la capacidad mide cuantas veces la amplitud del proceso de fundición cabe dentro de este rango definido entre 95% y 100%, se mide con el valor del  $C_p$ , un proceso capaz presenta un valor  $C_p$  por encima de 1.33 , nuestro caso presenta un  $C_p = 0.77$  indicando un proceso no capaz, otro indicador importante es el  $C_{pk}$  que nos indica cuan centrado está el proceso con respecto al punto medio de la amplitud de los requisitos, en nuestro caso, tenemos un  $C_{pk} = -0.32$  negativo indicando un proceso descentrado ala izquierda. El 80.15% de los datos no cumplen con los requisitos del cliente.

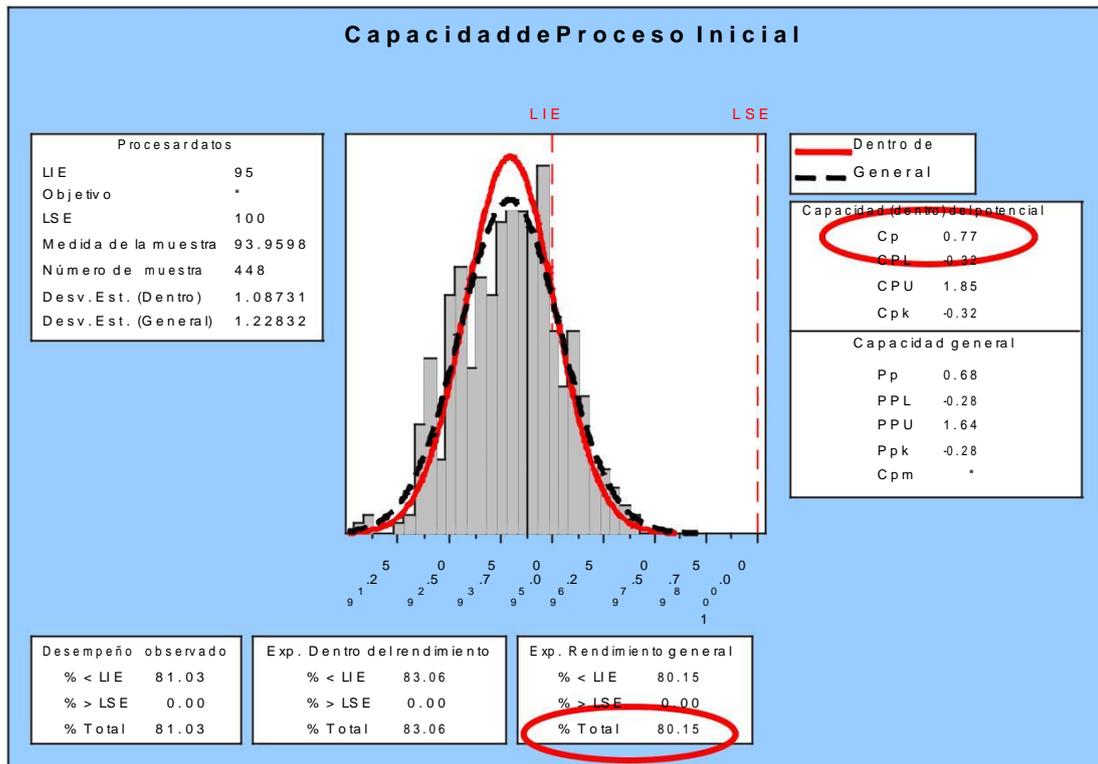


Figura 36: Capacidad de Proceso  
Fuente : Elaboración propia

### 3.4.5. Determinación de Factores

En esta etapa se identifican los factores y variables que condicionan el proceso, analizando con la parte técnica y los concedores del proceso: personal profesional, técnico y personal con amplia experiencia en el proceso de fundición, respaldando el análisis con pruebas realizadas dentro del laboratorio de análisis químico. Producto del análisis se agrupa los factores que influyen en la eficiencia por colada, resumidas en el grafico siguiente:



Figura 37: Ejemplo de factores.  
Fuente: Elaboración propia

### **3.5. Validación del Sistema de Medición**

En esta etapa se valida el actual sistema de medición, el actual proceso se realiza con equipos electrónicos, cuya calibración está garantizada por el mantenimiento continuo que se les da a los equipos, en este caso no existe la posibilidad de errores en la medición por parte del personal y de los equipos:

#### Balanza electrónica 4 TN:

- Las balanzas digital están equipadas con celdas de carga digitales marca HBM, 100% de acero inoxidable, de fabricación alemana.
- Totalmente herméticas (protección IP69K) e inmunes a la humedad, agua, polvo, emisiones electromagnéticas e interferencia de radiofrecuencias.
- Certificaciones ISO 9000 y aprobaciones NTEP(U.S.A) y OIML(Europa).
- Tecnología de última generación que comunica directamente las celdas de carga con su computadora, sin necesidad de utilizar un indicador de pesaje.

#### Proceso de calibración:

La calibración se hace necesaria antes de trabajar con la balanza por primera vez, en un régimen de pesadas a intervalos regulares (3 meses aproximadamente) y después de un cambio de emplazamiento. Deberá ser calibrada mensualmente y se anotará en la hoja de control del estado de la balanza. **IMPORTANTE:** La balanza debe estar conectada a la corriente eléctrica al menos 20 minutos antes de proceder a la calibración. Hoja de calibración. (Anexo IV del procedimiento de Funcionamiento, mantenimiento y calibración de equipos BE/L/AP/000/00) La calibración mensual de la balanza es realizada por la empresa fabricante del producto a un costo de \$350 (trescientos cincuenta dólares). Los certificados de calibración se archivarán en el sistema de gestión de la calidad: registro de procedimientos de calibración.

#### Mantenimiento:

Se registrará en una Hoja de mantenimiento. (Anexo II del procedimiento de Funcionamiento, mantenimiento y calibración de equipos BE/L/AP/000/00) Se

anotarán todas las revisiones, puestas a punto, averías y reparaciones de la balanza. El mantenimiento básico garantiza que las partes operativas de la balanza funcionen en las condiciones técnicas requeridas por el fabricante.

### **3.6. Fases de la Investigación**

#### **Primera fase. Fase de definición**

Es la fase inicial donde se desarrolla el capítulo I, con la definición del tema de investigación, localización de los antecedentes, y el planteamiento del problema, el capítulo II desarrollo del marco teórico para conocer los fundamentos teóricos y legales de la investigación, y el capítulo III desarrollo del marco metodológico para conocer el tipo y el diseño de investigación.

#### **Segunda fase. Fase de recolección de datos.**

En esta fase se aplicarán los instrumentos de recolección de datos, para los datos primarios se usará la observación directa a las actividades que conforman el proceso de fundición, la cual será aplicada a la muestra seleccionada en el punto anterior, donde se recolectarán las mediciones a las variables que intervienen en el proceso, y se realizarán las preguntas a los responsables de los procesos con la intención de conocer cómo se lleva a cabo la gestión actual de los procesos y los instrumentos que utilizan en el proceso de fundición.

#### **Tercera fase. Fase de análisis de los datos.**

Luego de que los datos son recolectados se procede a analizarlos, para determinar las actividades que no agregan valor y aquellos factores que generan variabilidad en el proceso, esto permitirá tener un diagnóstico del nivel de madurez de la gestión actual del proceso y poder plantear las oportunidades de mejora, los datos recabados serán tabulados y procesados para mostrarlos en tablas y gráficos que permitan efectuar sobre ellos el proceso de análisis y síntesis para llegar a las conclusiones correspondientes al estudio.

#### **Cuarta fase. Fase de diseño de la metodología.**

Con los elementos seleccionados en la fase anterior se podrá construir la metodología de mejora de la calidad y productividad que permita mejorar la eficiencia del proceso de fundición. Las diferentes metodologías de mejora de la productividad fueron estudiadas en el marco teórico de la presente investigación.

### Quinta fase. Fase de validación del modelo

El modelo diseñado en la fase anterior será validado realizando un caso de estudio en "CASO EMPRESA FUNDIDORA SAC", donde se podrá determinar si dicha metodología es factible de implantar en las PYMEs peruanas y de cualquier otra parte del mundo.

### 3.7 Variables, Definición Conceptual y Operacional e Indicadores

Objetivos Específicos	Variables	Definición
Determinar las variables críticas que originan la variabilidad del proceso.	Peso de chatarra	Peso de la chatarra utilizada en el proceso.
	Cumplimiento de procedimientos	Cumplimiento de los procedimientos para el mantenimiento y preparación de equipos.
	Temperatura de fundición	Temperatura a la cual se realiza un proceso de fundición eficiente.
	Tiempo de colada	Rango de tiempo establecido para un adecuado proceso de colado.
	Tiempo de enfriamiento	Tiempo de enfriamiento del colado en el molde para la obtención del producto final.
Caracterizar las actividades que no agregan valor al proceso.	Actividades que no agregan valor al proceso.	Actividades que generan desperdicios en el proceso y no aportan valor al producto o servicio final, tales como: reprocesos, demoras, almacenaje, transporte, etc
Diseñar las etapas que conforman la metodología objeto de estudio.	Etapas de la metodología objeto de estudio.	Etapas que conforman la estructura de la metodología, define el "Que" se va a realizar.
Implementar la metodología de mejora en una Pyme del sector metalúrgico.	Especificaciones para implementar la metodología.	Conjunto de actividades específicas a realizar para desarrollar la metodología, definen el "cómo" se realizará la implementación de la metodología.
Evaluar los resultados de la implementación de la metodología objeto de estudio.	Evaluación de los resultados.	Resultados de la implementación de la metodología.

### 3.8. Operacionalización de los objetivos

Variable	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Fuente
Peso de chatarra	Pesaje y selección de la chatarra	Existencia de marcos de trabajo.	Cuestionario	campo
Cumplimiento de procedimientos	Preparación de equipos y herramientas	Existencia de planes y programas.		
Temperatura de fundición	Fundición	Temperatura de Fundición Tiempo de colada	Formato de medición	campo
Tiempo de colada	Colada	Tiempo de colada Existencia de marcos de Trabajo		campo

Tiempo de enfriamiento	Enfriamiento	Tiempo de enfriamiento		campo
Actividades que no agregan valor al proceso	Técnicas y herramientas para reducir desperdicios.	Uso de técnicas y herramientas para reducir desperdicios	Entrevista no estructurada por pauta	campo
Etapas de la metodología objeto de estudio	Diseñar las etapas de la metodología de calidad y productividad	Etapas de la metodología	Investigación documental	secundaria
Especificaciones para implementar la metodología	Implementación de la metodología	% de cumplimiento	Formato de medición	campo
Evaluación de resultados	Metodología obtenida	Medir resultados pertinencia confiabilidad efectividad grado de satisfacción	Cuestionario	campo

### 3.9. Aspectos Éticos

Es el conjunto de principios y normas fundamentales que guían el deber y la normalidad que deben cumplir los profesionales colegiados en el ejercicio de su profesión y en actos conexos con la misma. El código de Ética de los profesionales miembros del Colegio de Ingenieros del Perú fue promulgado el 20 de enero de 1987, entre los artículos más importantes se establece lo siguiente:

*CÓDIGO DE ÉTICA DEL COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ TITULO I DISPOSICIONES GENERALES CAPITULO I DE LA BASE LEGAL Artículo 1.- La Ley N° 24648, Ley de Creación del Colegio de Ingenieros del Perú, promulgada el 20 de enero de 1987. El Artículo 6° de la Ley 24648, señala que un Estatuto aprobado por Decreto Supremo determinará de conformidad con la presente ley, todo lo concerniente a la conformación, atribución y funciones de los diversos órganos del Colegio, el empleo y la distribución de sus rentas, las normas de colegiación y el ejercicio de la profesión de los ingenieros nacionales y extranjeros, las normas sobre Defensa y Ética Profesional y todos los otros aspectos que sean convenientes para su mejor funcionamiento. Artículo 2.- El Estatuto del Colegio de Ingenieros del Perú, que establece el funcionamiento de los organismos deontológicos, así como las Faltas y los Procedimientos Disciplinarios. Artículo 3.- La Ley N° 16053, que autoriza al Colegio de Ingenieros del Perú supervisar a los profesionales de Ingeniería de la República. Artículo 4.-*

*La Ley N° 28858, Ley que complementa la Ley N° 16053, Ley que autoriza al Colegio de Ingenieros del Perú para supervisar a los profesionales de Ingeniería de la República, y velar porque estas actividades se desarrollen dentro de las normas de ética profesional; además establece que todo profesional que ejerza labores propias de Ingeniería y de docencia de la Ingeniería, de acuerdo a Ley, requiere poseer grado académico y título profesional otorgado por una universidad nacional o extranjera debidamente revalidado en el país, estar colegiado y encontrarse habilitado por el Colegio de Ingenieros del Perú. Artículo*

En general, este código plantea que todo ingeniero debe sostener el prestigio de la profesión, velar por su cabal ejercicio, y mantener una conducta profesional basada en la capacidad, la honradez y la justicia.

## **CAPITULO IV PROPUESTA DE MEJORA.**

Listada las causas, el diseño de soluciones se enfoca a la eliminación y la prevención, para que las causas que originan la no eficiencia del proceso de fundición jamás vuelvan a ocurrir. Para tal fin utilizamos el enfoque PDCA, esto quiere decir que la solución diseñada debe estar conformada por actividades de:

- **Planeamiento:** contar con un cronograma de trabajo definido, abarcando todas las etapas de la estrategia de solución, con responsables, periodos, y mecanismos de medición del avance.
- **Ejecución;** actividades de realización de los planeado y mecanismos de control del avance % de cumplimiento del cronograma planeado.
- **Verificación;** monitoreo de validar si lo que se planificó se está ejecutando.
- **Aseguramiento:** Aquí hay 2 tipos de actividades, si la ejecución de lo planeado está generando resultados positivos, implantamos actividades de aseguramiento que garanticen que ese resultado perdure en el tiempo, de tener resultados negativos implantar actividades correctivas, esto genera una retroalimentación positiva a lo largo de todo el periodo de implantación.

Para garantizar que las causas sean eliminadas y generar un mecanismo para eliminar la causa y generar mecanismos de prevención para que no vuelvan a

aparecer las causas se debe cumplir con la estructura de diseño con el enfoque PDCA, solo de esta manera se genera un ciclo de mejora continua .el resultado de aplicar estas buenas prácticas impacta en los indicadores a mejorar.

Todas las causas tienen que tener una solución diseñada, un periodo de ejecución, un control de % de avance, y un % de cumplimiento por cada actividad, todo controlado con un % promedio de cumplimiento.

La metodología para determinar las soluciones esta consignada en la “Metodología de los 7 pasos” en el paso N°5 ( Gomez, L. 1991) las cuales son:

- Inicialmente listamos un conjunto de soluciones, utilizando el enfoque PDCA, cubriendo todas las causas raíz.
- Seleccionar las soluciones más factibles y de mayor potencial, utilizando la matriz de selección donde utilizamos criterios de: factibilidad, rentabilidad, calidad, tiempo de ejecución, inversión.
- Programar las actividades de cada solución.
- Cronograma de soluciones.

#### 4.1. Cuantificación de las soluciones

El primer paso es saber cuánto es posible mejorar, para ello ponderamos las causas raíces, en función a la frecuencia y el impacto que multiplicados tenemos el índice de criticidad con esto garantizamos la priorización en la solución de las causas, seguidamente se debe definir cuáles de las causas serán solucionadas, debido a que no todas serán factibles de solución ya sea por su complejidad , tecnología y por el periodo de tiempo disponible, finalmente agrupamos las causas en los factores que influyen en el proceso de fundición, la cual arroja que podemos mejorar del 100%, solo en un 77.83%.

Tabla 4: Cálculo de criticidad:

ESCALA	FRECUENCIA	IMPACTO	FORMULA CRITICIDAD
1	Se presenta pocas veces.	Cuando se presenta impacta poco en el problema.	CRITICIDAD= FRECUENCIA X IMPACTO
3	Se presenta varias veces.	Cuando se presenta impacta en forma media en el problema.	
9	Se presenta permanentemente.	Cuando se presenta impacta mucho en el problema.	

Tabla 5:Calculo del % de Mejora en base al valor de criticidad:

LISTADO DE CAUSAS	4M				CAUSA A SER ATACADA (SI/NO)	VALOR CRITICIDAD
	HOMBRE	METODO	EQUIPO	MATERIAL		
A1-1	x				SI	9
A1-2		x			NO	3
A1-3		x			SI	3
A1-4	x				SI	3
A1-5			x		NO	9
A1-6			x		SI	1
A1-7				x	NO	1
A1-8		x			SI	9

CÁLCULO DE LA META DEL ESTRATO				
LINEA BASE % OPORTUNIDAD	50%			
PESO DE CADA M	40%	25%	20%	15%
% PONDERADO FACTIBLE	100%	80%	10%	0%
% A MEJORAR POR M	20%	10%	1%	0%
% A MEJORAR DEL ESTRATO	31%			

$$\frac{(1)}{(1+9)} = 10\%$$

$$\frac{(0)}{(1)} = 0\%$$

$$\frac{(9+3)}{(9+3)} = 100\%$$

$$\frac{(3+9)}{(3+3+9)} = 80\%$$

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2. Diseño de propuestas de mejora

Las propuestas de mejora se enfocan en elevar el indicador de eficiencia por colada del proceso de fundición, para ello diseñamos soluciones para eliminar cada una de las causas, utilizando herramientas para el despliegue operacional, donde se tiene una descripción detallada de las actividades a realizar, periodos, responsables y % de avance propuesta de mejora tabla N°6.

LISTADO DE CAUSAS	6M						CAUSA A SER	VALOR
	HOMBRE	METODO	EQUIPO	MATERIAL	MEDIO	MEDICION	ATACADA (SI/NO)	CRITICIDAD
Falta de control en la selección de chatarra.		X					SI	81
Se utiliza chatarra de reproceso con alta presencia de impurezas: grasas, tierra, plástico, fibra de vidrio, esmaltes.				X			SI	81
La viruta contiene metanol y aceites que evaporan				X			SI	81
La chatarra de proveedores contiene impurezas(tierra, clavos, metales, etc.)				X			SI	9
Falta personal a horas de refrigerio,(producción continua)		X					SI	81
La baja de temperatura en el vaciado genera rechupes.		X					SI	81
Demora del laboratorio en aprobar la colada produce enfriamiento	X						SI	81
Oxidación de material por alta temperatura y mayor tiempo de calentamiento		X					SI	81
Inadecuado tamaño de tochos, todo el volumen del horno no cabe en la actual medida.			X				SI	81
Falta control de temperatura y tiempo de fusión		X					SI	81
Existe diferente criterio en la selección de la chatarra		X					SI	27
Ocurre enfriamiento de la colada por demora en el vaciado		X					SI	27
Enfriamiento de la colada por demora de grúa puente.			X				SI	27
Ocurre derrames por colada		X					SI	27
Inadecuado diseño de los tochos			X				SI	27
Falta de procedimiento para proceso de fundición.		X					SI	27
Falta de herramientas para la operación del horno.			X				SI	9
Falta de mantenimiento al pirómetro			X				SI	9
Perdida de viruta por calentamiento de horno con soplete		X					SI	27
Mayor frecuencia en la limpieza de tochos		X					SI	81
Falta capacitación en técnicas de fundición y métodos de trabajo	X						SI	27
Desconocimiento del personal en temas de calidad	X						SI	27
Diferente método de trabajo entre cada maestro hornero		X					SI	81
La producción esta enfocada en metas, mas no en calidad		X					SI	27
Falta procedimiento para la selección de chatarra.		X					SI	27
No existe procedimiento de medición de variables criticas						X	SI	81
Alta temperatura en el ambiente de trabajo					X		NO	27
El área de trabajo, existe contaminación del aire con metales					X		NO	27
Pocos proveedores de chatarra				X			NO	27

CÁLCULO DE LA META DEL ESTRATO						
<b>(LINEA BASE )% OPORTUNIDAD</b>	<b>85,61%</b>					
<b>PESO DE CADA M (ESTIMADO)</b>	10,0%	50,0%	10,0%	20,0%	5,0%	5,0%
<b>% PONDERADO FACTIBLE</b>	100,0%	100,0%	86,4%	86,4%	0,0%	100,0%
<b>% A MEJORAR POR M</b>	8,6%	42,8%	7,4%	14,8%	0,0%	4,3%
<b>% A MEJORAR DEL ESTRATO</b>	<b>77,83%</b>					

Tabla 6: Cuantificación de la oportunidad de mejora.





Tabla N°7: Diseño de Soluciones.

DISEÑO DE SOLUCIONES												
ACTIVIDADES DE SOLUCION	MES	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	RESPON	AVANCE	% CUMPLIMIENTO	
P3). REVISION DEL SISTEMA DE MEDICION DE VARIABLES CRITICAS DE PROCESO. Todos los puestos de trabajo deben reportar la medición de variables críticas. (Temperatura colada, temperatura de vaciado, tiempo de fundición, tiempo de vaciado, etc.) para la medición continua del proceso y su mejora.	P	■	■	■	■	■	■	■	■	GERENTE DE CALIDAD		
	R											
P4). REDUCCION DEL TIEMPO DE FUNDICION: Reformulación de la mezcla de fundición y diseño de método de carga que permita obtener aprobación de la colada a la primera prueba. Establecer un método de carga solo con reproceso, y otras solo con reproceso de proveedores esta última con nueva fórmula, esto permitirá al año tener un MES ADICIONAL DE PRODUCCION,	P		■	■	■	■	■	■	■	SUPERVISOR DE PRODUCCION		
	R											
P5). ESTABLECIMIENTO DE LA PRODUCCION CONTINUA 24 HORAS: Esto permitirá la reducción de la merma por cambios bruscos de temperatura.	P			■	■	■	■	■	■	GERENTE DE PRODUCCION		
	R											
P6). REVISIÓN DE INCENTIVOS: Por mejoras en la calidad del proceso (menos mermas, menos reproceso, cumplimiento de estándares técnicos), en contraste con el actual sistema basado solo en la cantidad de productos. El objetivo es calidad y cantidad	P		■	■						GERENTE DE PRODUCCION		
	R											
P7). REVISAR PROCEDIMIENTO DE ANALISIS QUÍMICO: Tanto en el monitoreo y reporte de los % de metales según norma técnica y control del tiempo de análisis, reducción del tiempo de análisis de 30 minutos (actual) a 5 minutos (mejora).	P	■	■	■	■	■	■	■	■	GERENTE DE CALIDAD		
	R											
P8). REVISION DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO: A todos los equipos de medición, control y operación, orientado a un mantenimiento preventivo en mayor medida que el correctivo, con frecuencia y calidad adecuada.	P	■	■	■	■	■	■	■	■	GERENTE DE PRODUCCION		
	R											
<b>% DE CUMPLIMIENTO</b>												



El análisis muestra que algunas soluciones tienen un mayor impacto que otras, por lo tanto, las ponderamos para priorizarlas con el objetivo de determinar si los proyectos/soluciones planteadas impactan en las principales causas raíces, a mayor puntaje mayor correlación entre causa y proyecto. Realizada la ponderación tabla N°8 verificamos que efectivamente las soluciones planteadas impactan en las principales causas raíces.

#### **4.4. Detalle del plan de implantación de soluciones**

Teniendo la seguridad de la eficacia del diseño de soluciones, desplegamos el detalle de las actividades de solución, definiendo el: ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Cuándo? y ¿Quién?, además de tener un cronograma establecido con responsables, un control de los avances (Realizado), midiendo con respecto a lo planeado (P), y como marco conceptual de mejora el PDCA, que especifica que toda solución debe contener actividades de P planeamiento, D ejecución, C verificación de resultados, A actividades de aseguramiento de los resultados positivos, o actividades correctivas frente a resultados negativos, el cronograma contempla seguimiento de lo realizado con respecto a lo planeado, en cada actividad cuyo control se realiza con el % de avance y % de cumplimiento, el % de avance monitorea las actividades realizadas vs lo planeado, el % de cumplimiento mide la diferencias entre ambos, esto permite tener un monitoreo sobre el total de actividades, el ciclo PDCA presente en el diseño de las soluciones, garantiza que todos los aspectos de gestión del proyecto se cubran para obtener una mayor efectividad, tener las medidas correctivas ante un avance lento y con errores, o el asegurar que ante un avance óptimo y sin errores se mantenga las buenas prácticas en el tiempo.

Luego de estar seguro que todas las causas están cubiertas con una solución diseñada, pasamos a desplegar la solución en detalle, conservando siempre la misma estructura PDCA. Los proyectos diseñados como soluciones son:

Tabla 10: Detalle del plan de soluciones.

1. ELABORACION DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL ANALISIS Y SELECCION DE CHATARRA										
ACTIVIDADES DE SOLUCIÓN	MES	AGO	SET	OCT	NOV	RESPONSABLE	AVANCE	% CUMPLIMIENTO		
Elaboración y reunión con encargados de materia prima para definir el procedimiento de selección de chatarra	P	■						100%		
	R	■	■							
Definir la distribución máxima por colada de material contaminado para evitar un % merma mayor al estándar	P	■						100%		
	R	■	■							
Coordinar con calidad el descuento correspondiente que debe afectarse al proveedor cuando traiga material contaminado	P	■						100%		
	R	■	■							
Coordinar con rrhh la contratación de personal adicional para selección de chatarra	P	■						100%		
	R	■	■							
Inducción al nuevo personal para la selección y asignación de chatarra por colada	P	■						100%		
	R	■	■							
Elaborar el registro para el análisis de la información sobre cargas entregadas y su relación a la merma obtenida	P	■						100%		
	R	■	■							
Recopilación de data para el análisis de la información sobre cargas entregadas y su relación a la merma obtenida.	P		■	■				100%		
	R		■	■	■					
Análisis y desarrollo de la información recopilada. Cuantificación económica de los resultados obtenidos.	P			■				100%		
	R			■	■					
En base a los resultados obtenidos se plantearía ante la gerencia un bono mensual por alcanzar la eficiencia esperada en función de un factor a definir que será fácilmente medible.	P			■				100%		
	R			■	■					
Presentación de los resultados obtenidos.	P				■			100%		
	R				■	■				
Incorporación y formalización de l nuevo procedimiento a los procedimiento del área	P				■			100%		
	R				■	■				
Incorporación del indicador del proyecto al control del área.	P				■			100%		
	R				■	■				
		<b>% DE CUMPLIMIENTO</b>							<b>100%</b>	

2. ESTABLECER PROCEDIMIENTOS DE TODAS LAS ACTIVIDADES DE FUNDICION - EVALUACION y CAPACITACION EN TECNICAS DE FUNDICION									
ACTIVIDADES DE SOLUCION	Mes	AGO	SET	OCT	NOV	RESP	AVANCE	%CUMPLIMIENTO	
1.- Revisión de métodos y procedimientos de trabajo de todas las actividades de fundición y establecer forma de trabajo estándar.	P								100%
	R								
2.- Establecer mediante reunión con personal de almacén y fundición la prioridad de uso grúa puente.	P								100%
	R								
3.- Revisión y calibración de balanzas de fundición y establecimiento de cronograma de mantenimiento.	P								100%
	R								
4.- Discusión, elaboración, publicación y difusión de los procedimientos de trabajo	P								100%
	R								
5.- Seguimiento y control de los procedimientos adoptados.	P								100%
	R								
								<b>% DE CUMPLIMIENTO</b>	<b>100%</b>

Tabla 10: Detalle del plan de soluciones (continuación).

Tabla 10: Detalle del plan de soluciones (continuación).

3. REVISION DEL SISTEMA DE MEDICION DE VARIABLES CRITICAS DE PROCESO									
ACTIVIDADES DE SOLUCION	Mes	AGO	SET	OCT	NOV	RESP	AVANCE	%CUMPLIMIENTO	
1) Reunión con trabajadores de área de fundición para en conjunto definir los parámetros a controlar, forma y método de trabajo para cada actividad.	P								100%
	R								
2) Elaboración de registros para los controles correspondientes.	P								100%
	R								
3) Elaboración de procedimientos, instructivos para las actividades concernientes a l proceso de fundición.	P								100%
	R								
4) Difusión de los procedimientos e instructivos realizados, cambios y/o modificaciones, luego de difusión.	P								100%
	R								
5) Asignación de responsabilidades al personal de producción respecto a todo lo elaborado.	P								100%
	R								
6) Control y procesamiento de datos de los reportes de producción.	P								100%
	R								
7) Auditorias de seguimiento de todas los procesos, definidos puntos arriba.	P								100%
	R								

Tabla 10: Detalle del plan de soluciones (continuación).

5. REFORMULACION DE LA MEZCLA DE FUNDICION y DISEÑO DE METODO DE CARGA QUE PERMITA OBTENER APROBACION DE LA COLADA A LA PRIMERA PRUEBA									
ACTIVIDADES DE SOLUCION	Mes	AGO	SET	OCT	NOV	RESP	AVANCE	%CUMPLIMIENTO	
1.- Confección de cargas variables de acuerdo al tipo de material disponible para cada una de las aleaciones que se fabrican, estableciéndose su momento de fusión (primera, segunda o tercera colada).	P							100%	
	R								
2.- Implementación de las herramientas y accesorios necesarios para sacar rápidamente una muestra representativa de la colada que se está preparando para un análisis químico en un tiempo menor a 10 minutos.	P							100%	
	R								
3.- Implementación de un procedimiento de alerta inmediata al inspector de calidad encargado del análisis químico por parte del personal de fundición, quien entregara la muestra representativa de la colada que se está preparando siendo esta fácilmente trazable.	P							100%	
	R								
4.- Seguimiento y control de cumplimiento de los puntos arriba propuestos.	P							100%	
	R								
<b>% DE CUMPLIMIENTO</b>								<b>100%</b>	

Tabla 10: Detalle del plan de soluciones (continuación).

6. PROYECTO : TRABAJO CONTINUO (24 HRS)												
ACTIVIDAD	MES	AGO	SET	OCT	NOV	RESP	AVANC	% CUMPLIMIENTO				
1.- Reunión con el personal involucrado de fundición, inspector de calidad y almacén de materia prima para acordar la formación de grupos y forma de trabajo.	P	■					100%	100%				
	R						100%					
2.- Cubrir los tres puestos de trabajo necesarios para activar los dos turnos rotativos: Dos operarios volantes y un ayudante para almacén.	P	■					100%	100%				
	R						100%					
3.- Capacitación del MAESTRO HORNERO en el uso de la máquina de análisis químico.	P	■					100%	100%				
	R						100%					
4.- Instalación de Flame rod en los quemadores de los hornos de fundición y calibración de funcionamiento de los equipos de combustión.	P	■					100%	100%				
	R						100%					
5.- Mantenimiento correctivo mecánico - eléctrico del tecla, puente grúa y sacatacos.	P	■					100%	100%				
	R						100%					
6.- Tener en almacén un stock de materia prima mínimo para 8 coladas.	P	■					100%	100%				
	R						100%					
7.- Adecuación y entrega de herramientas necesarias para el trabajo realizado en fundición: filtros, removedores, cadenas, etc.	P	■					100%	100%				
	R						100%					
8.- Confección de registro de tiempos de parada y sucesos para el trabajo continuo 24 hrs	P	■					100%	100%				
	R						100%					
9.- Capacitación en correcto registro de datos en los reportes elaborados.	P	■					100%	100%				
	R						100%					
10.- Puesta en marcha del trabajo continuo de fundición las 24 hrs y seguimiento del proceso.	P		■	■	■		100%	100%				
	R						100%					

Tabla 10: Detalle del plan de soluciones (continuación).

7. REVISION DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO									
ACTIVIDAD	MES	AGO	SET	OCT	NOV	RESP	AVANC	%CUMPLIMIENTO	
1.- Reunión con los jefes de mantenimiento eléctrico y mecánico para establecer los puntos de mantenimiento correctivo de la maquinaria de fundición y establecer la frecuencia de mantenimiento preventivo, así como definir la forma de trabajo en el llenado de los registros y avisos de cumplimiento de los mantenimientos.	P	■					100%	100%	100%
	R								
2.- Confección de los archivos y registros necesarios para evidenciar los registros de mantenimiento correctivo como preventivo.	P	■					100%	100%	100%
	R								
3.- Publicar y dar a conocer las fechas de mantenimiento preventivo al supervisor de fundición, jefe de planta y gerencia de producción.	P	■					100%	100%	100%
	R								
4.- Seguimiento y control del cumplimiento de las fechas de mantenimiento y llenado de instructivos.	P	■					100%	100%	100%
	R								
% DE CUMPLIMIENTO								100%	

#### 4.5. PLAN GENERAL DE CAPACITACION EN CALIDAD DE GESTION

Para la sensibilización en temas de calidad y productividad en el área de fundición, como primer ciclo de mejorar, se ejecutó un plan de capacitación en función a los objetivos planteados y desplegados a todos los niveles del área.

La selección de los cursos tiene como objetivo el aprendizaje organizacional en conceptos de calidad Total

Table 11: Plan general de capacitación en calidad y productividad.

Tópico / Curso	Programación mensual												Hrs/ Curso	Objetivos 2018					PUESTOS								Horas Mes	Horas Anuales					
	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Satisfacción del cliente		Cultura de Calidad	Productividad	Eficiencia de costos	Mejorar clima laboral	Gerente General	Asistente de gerencia	Horneros	asistente de produccion	Operarios	analista quimico	supervisor de fundicion	supervisor de calidad								
1	Concepto y evolucion de calidad												4	x	x								1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
2	Norma ASTM 377												4	x	x									1	1	1	1	1	1	1	1	7	28
3	Trabajo en equipo												4	x	x	x								1	1	1	1	1	1	1	1	7	28
4	Taller Misión y política de calidad												4	x	x								1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
5	Taller de medición y validación de datos												4	x	x		x						1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
6	Proceso y procedimiento de Fundición												4	x	x	x							1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
7	Metodología 5S												4	x	x	x	x							1	1	1	1	1	1	1	1	7	28
8	Metodología de proyectos de mejora												4	x	x	x	x						1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	32
TOTALES (H-h de capacitación)																							20	32	32	32	32	32	32	32	32	244	244

Fuente: Elaboración propia.

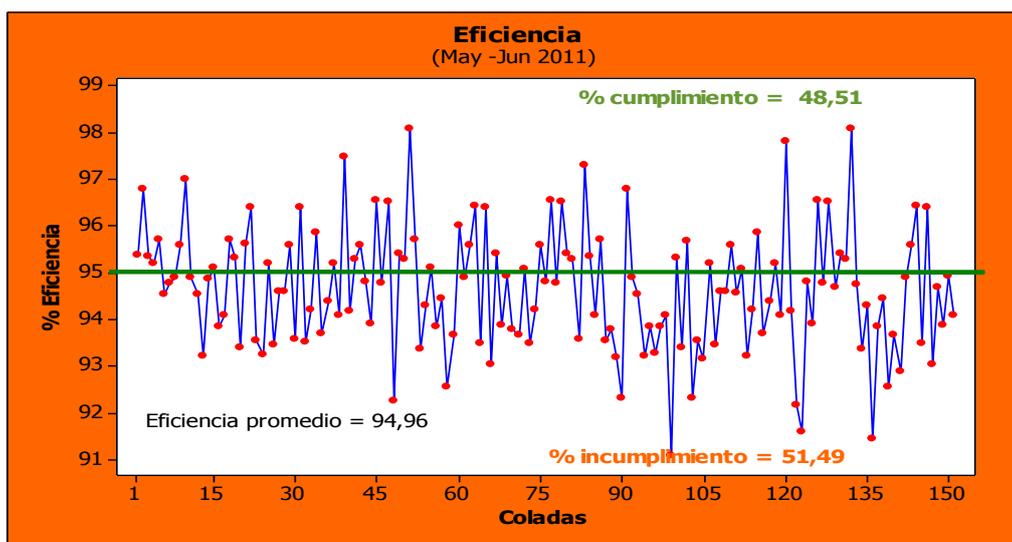
## CAPITULO VEVALUACIÓN DE RESULTADOS.

El objetivo de implantar las soluciones fue la mejora del indicador principal: Promedio de eficiencias de las coladas, finalizado el plazo de ejecución y realizadas todas las actividades planificadas, se procedió a analizar los resultados y compararlos con las mediciones iniciales, verificando las mejoras en todos los aspectos medidos y ya definidos, el indicador principal e indicadores relacionados, así mismo se incluyen las mejoras que durante la ejecución aparecieron como mejoras colaterales no previstas. Luego de 4 meses de ejecución, se evaluaron los datos de la medición en ese periodo, los datos fueron obtenidos del sistema de medición de las variables críticas implantadas como solución y evaluadas con ayuda del software Minitab, los resultados confirman la mejora del proceso, estas son:

### 5.1. MEJORAS EN INDICADORES PRINCIPAL Y RELACIONADOS

a) Mejora del indicador principal (eficiencia promedio de coladas) e indicador relacionado (% de coladas que superan el requerimiento) comparativo de eficiencias inicial y final, el valor inicial de eficiencia prom = 93.9 % el valor alcanzado de eficiencia prom (final)= 94.96 %, se logró el objetivo de incrementar la eficiencia promedio de las coladas, la meta fue obtener como eficiencia promedio del total de coladas un 95%.

Figura 38: Eficiencia

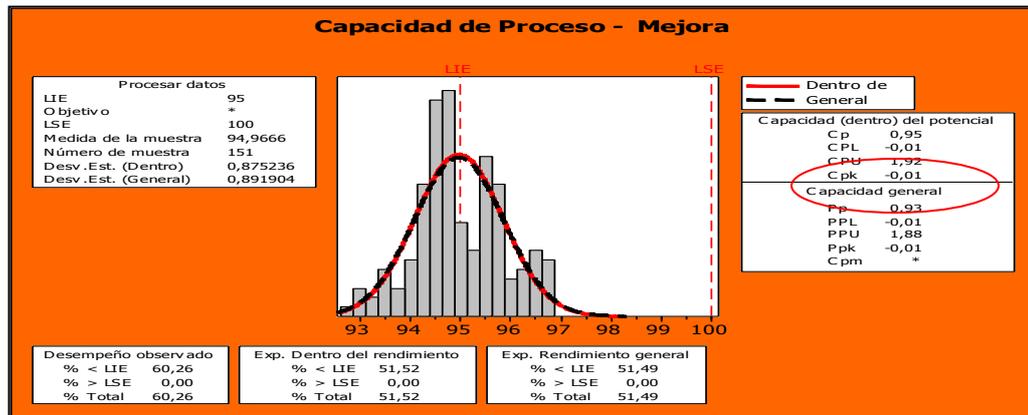


Fuente: Elaboración propia

Como Indicador relacionado se midió el número de coladas que superaban la eficiencia del 95% sobre el total de coladas en ese periodo, el resultado inicial fue que solo el 20% de las coladas superaba el requerimiento (95%), el resultado final 48.51% supera el requerimiento.

b) Mejora de la capacidad de proceso: mejora del valor inicial  $C_p = 0.77$  al valor final  $C_p = 0.93$ , esto refleja que el proceso es capaz de cumplir en mayor % las exigencias del cliente, se disminuyó en 1.06% el promedio de eficiencia de las coladas.

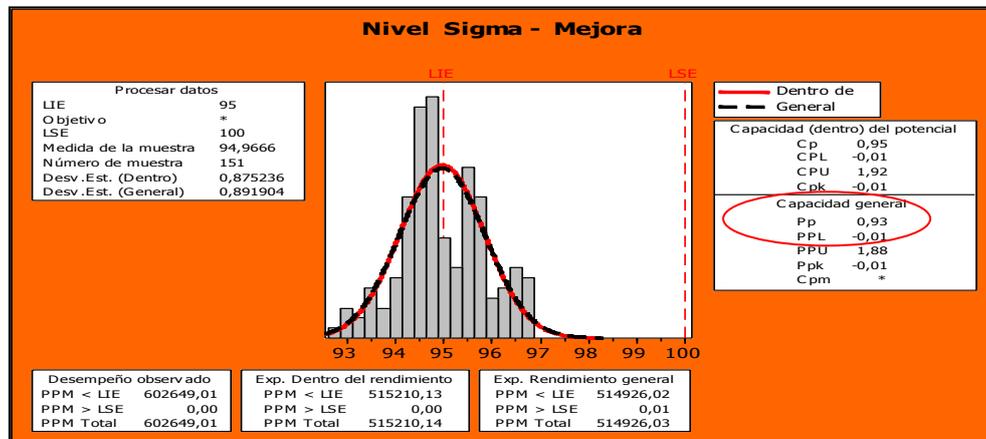
Figura 39. Capacidad de proceso.



Fuente: Elaboración propia

c) Mejora del nivel Sigma: Del valor inicial  $\sigma = 0.85$  al valor final  $\sigma = 1.6$ , a mayor nivel sigma  $\sigma = 6$  tenemos un proceso de excelencia 3.4 defectos por millón de oportunidades (DPMO), el incremento del nivel sigma  $\sigma$  indica la mejora en el proceso en la reducción de la variabilidad y % de defectos, convirtiéndose en un proceso más estable y competitivo.

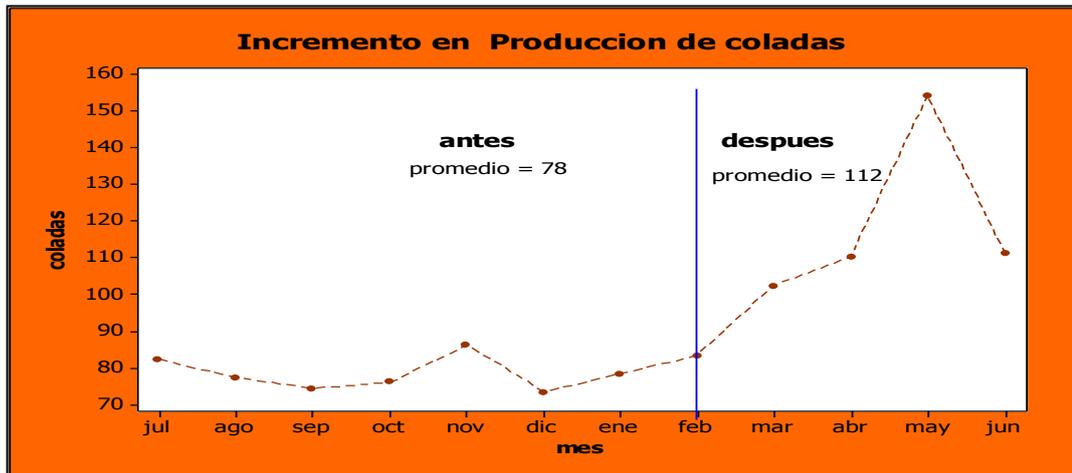
Figura 40. Nivel sigma.



Fuente: Elaboración propia.

d) Incremento de la productividad: antes de las mejoras la cantidad promedio de coladas era 78 (mensual), luego de las mejoras implementadas el promedio subió a 112 coladas, llegando a tener 150 coladas (mayo), esto representa que la producción se incrementó de 1 a 1,5 en promedio, esto incurre en mayores ingresos para la empresa y máximo uso de los recursos y capacidad instalada.

Figura 41. Incremento de productividad.

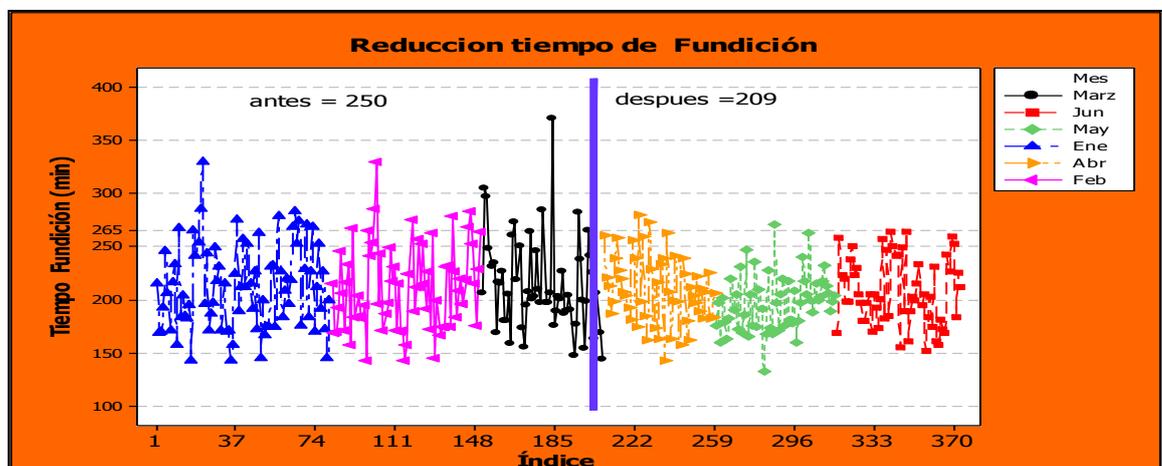


Fuente: Elaboración propia.

e) Reducción del tiempo de fundición:

El análisis determinó que el tiempo de fundición es una variable crítica para el proceso, siendo inicialmente en promedio de 250 minutos, el resultado final arroja como promedio 209 minutos, esto permite tener mayor número de coladas por día, y a lo largo incrementa la producción total de 1 a 1,5 impactando en el beneficio de la empresa.

Figura 42. Tiempo de fundición

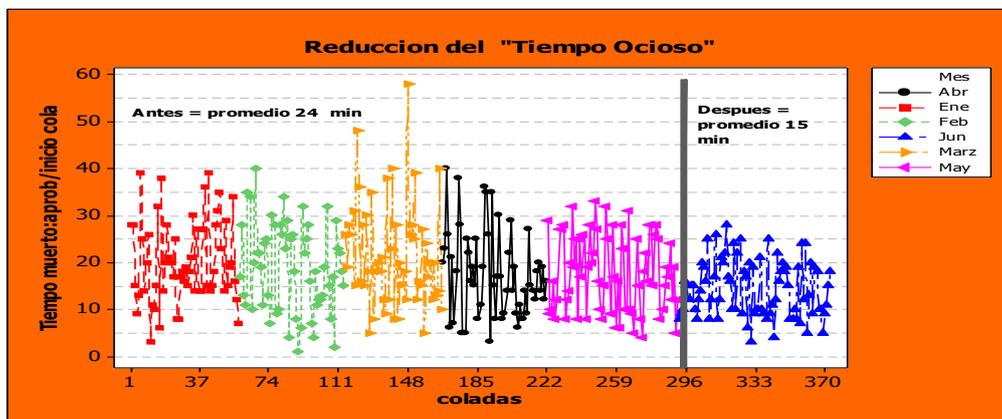


Fuente: Elaboración propia.

f) Reducción del “tiempo ocioso”:

Consideramos “tiempo ocioso” al tiempo que transcurre desde que es aprobada la colada por laboratorio y se proceda al colado en los moldes (tochos) pero por varios factores se detiene el proceso en esta etapa, ocasionado que la colada se enfríe y/o por mayor tiempo de calentamiento ocurran reacciones como la oxidación de la colada que produce escoria y finalmente merma. La medición inicial fue 24 min promedio, el valor alcanzado fue de 15 min.

Figura 43. Tiempo ocioso.

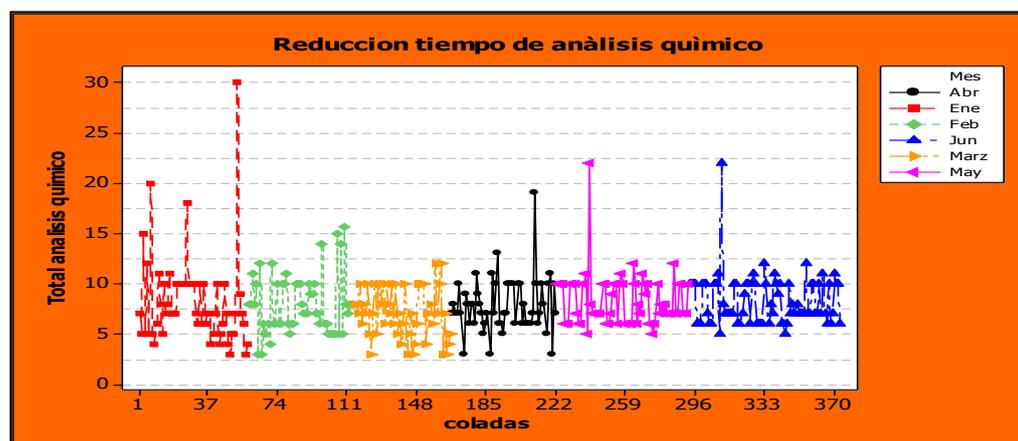


Fuente: Elaboración propia.

g) Reducción del tiempo de análisis químico.

Reducción del tiempo de análisis, tiempo inicial 30 minutos, ahora estamos por debajo de los 10 minutos, esto es importante debido a que esto representaba un desperdicio de tiempo para el proceso, el objetivo es reducirlo a 5 minutos.

Figura 44. Tiempo de análisis químico.

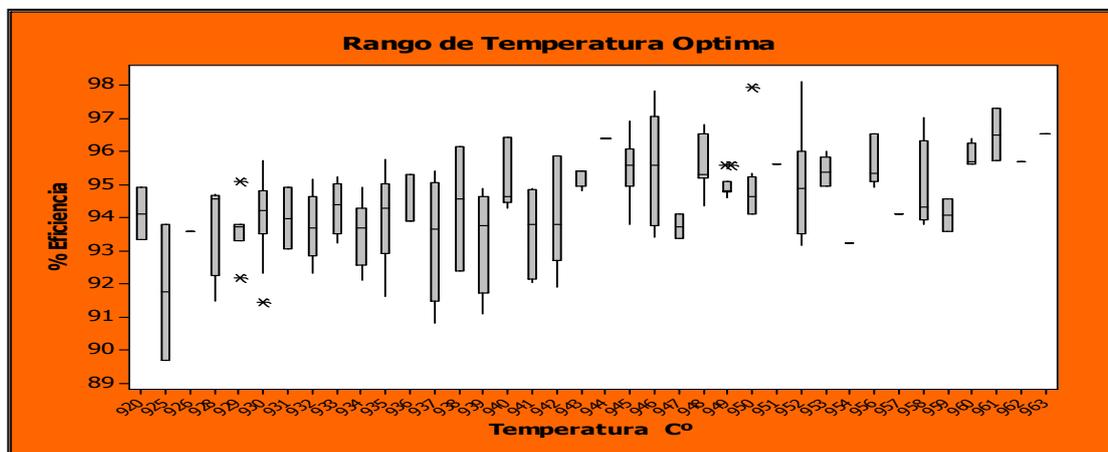


Fuente: Elaboración propia.

h) Identificación del rango de temperatura óptima.

Se determinó que la temperatura de colado óptima varía dentro del rango de [944 a 963] C°, debido al nivel de tecnología actual no es posible tener un control específico de la temperatura, la tecnología existe en el mercado pero para las condiciones actuales y el análisis beneficio costo no es posible implementarlo, lo que si se determinó es controlar que la temperatura no salga de este rango identificado que en promedio tiene mayor eficiencia.

Figura 45. Rango de temperatura óptima.



Fuente: Elaboración propia.

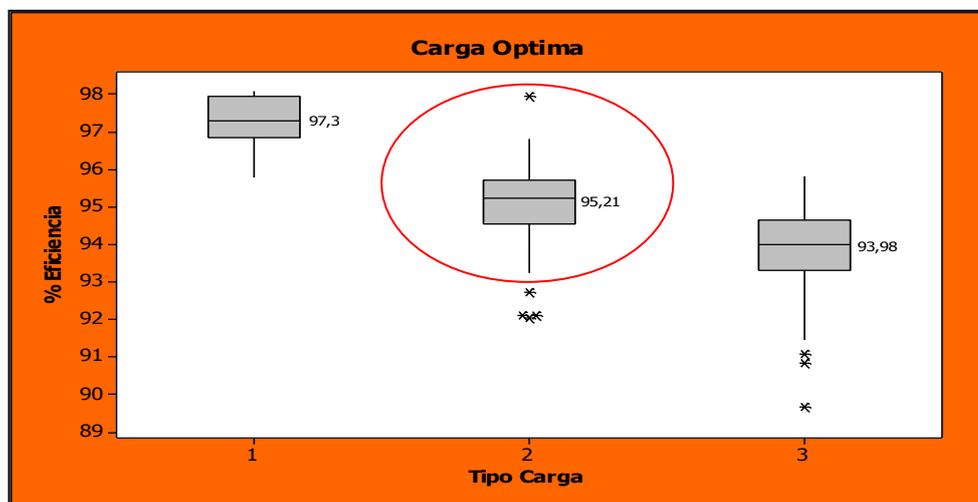
i) Identificación de Carga óptima: Existen 3 tipos de carga:

Carga tipo 1: Aquella que contiene chatarra virgen (merma de cobre) con alta pureza de cobre por obtenerse directamente de un metal procesado y libre de impureza, este tipo de chatarra es más costosa que las demás por el alto contenido de cobre.

Carga tipo 2: Aquella que contiene chatarra común (proveedores externos) compuesta por diferentes tipos de metales, la categoría n° 2 es aquella sometida a un proceso de selección previa, para eliminar impurezas que contaminan la colada, lo que se carga aquí es el costo de horas hombre asignada a la selección, pero a través de un estudio de beneficio costo se comprueba que es factible el ahorro es muy superior al gasto de selección.

Carga tipo 3: Aquella chatarra de metales que contiene impurezas tales como arenas plásticas, metales varios con temperatura de fusión mayor a la del cobre permaneciendo en solución luego de la colada, químicos que producen reacciones no deseadas, etc. Esta chatarra tradicionalmente es ingresada al horno de fusión con una selección muy superficial, ocasionando defectos en el producto final, el costo de esta chatarra es menor que las anteriores. El análisis de datos arroja que la carga de tipo 2 con un proceso de selección previo arroja una eficiencia de 95.21 siendo esta más factible en costos que la carga tipo 1 y comparada con la tipo 3 el costo beneficio es positiva. Por tanto se recomienda el uso del tipo de carga 2.

Figura 46. Carga óptima.

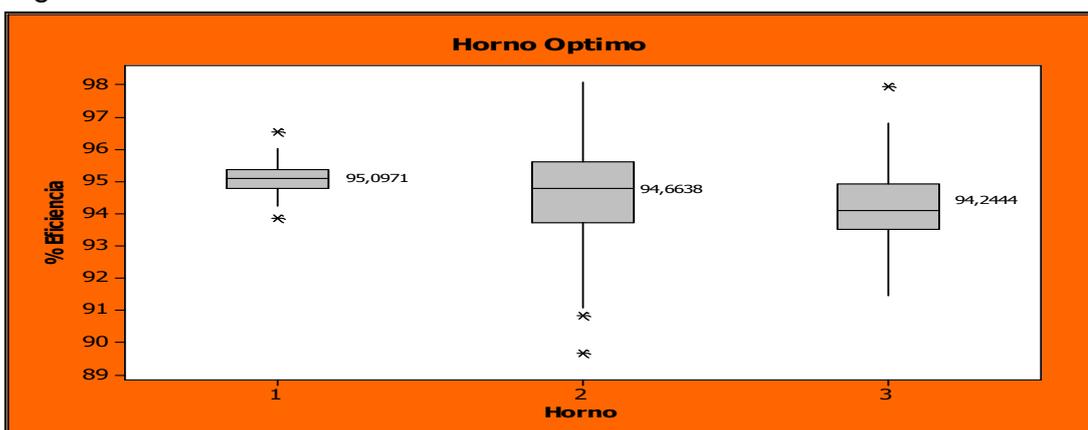


Fuente: Elaboración propia.

j) Identificación de horno óptimo.

La mejor eficiencia se ubica en el horno N°1, las buenas prácticas y especificaciones técnicas relacionadas a este horno serán desplegadas a los demás, en promedio se logra una eficiencia de 95.09, esto demuestra que se puede lograr una eficiencia por encima de los 95%.

Figura 47. Hornos.

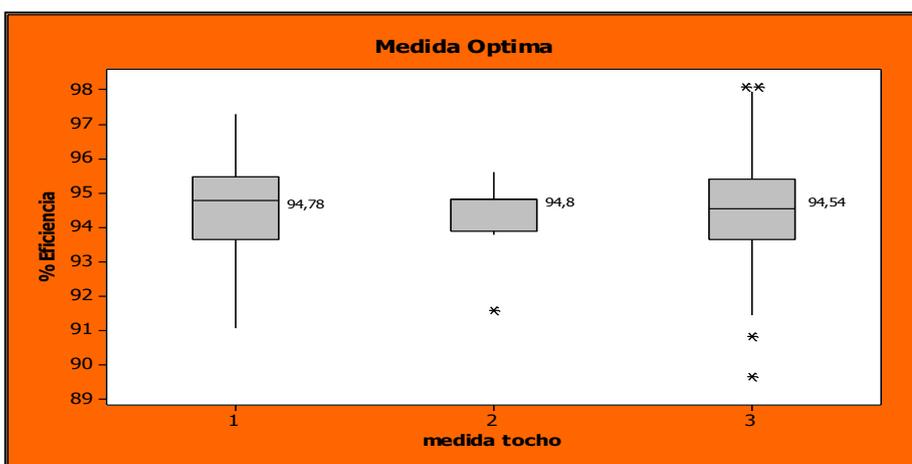


Fuente: Elaboración propia.

k) Diseño óptimo de molde:

A raíz de los resultados es indiferente el diseño de los moldes, específicamente existen 3 tipos de moldes diferenciados por el diámetro circular que presentan, esta el molde de 3 ½ “, el de 4” y 6”, estadísticamente no existe una variación significativa, la pulgada de del diámetro del molde no influye en la eficiencia de la colada.

Figura 48. Medida óptima de molde.

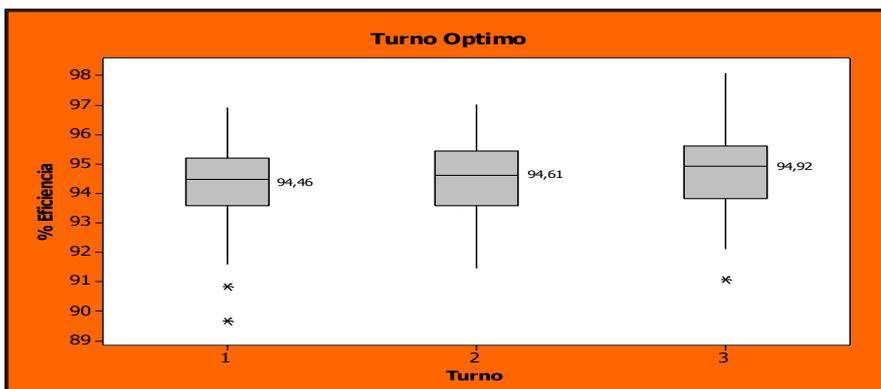


Fuente: Elaboración propia.

l) Normalización de la eficiencia por turno.

Inicialmente el turno 3, representa la mayor eficiencia promedio, la causa era la alta temperatura del ambiente de trabajo, se instalaron ventiladores en cada punto de trabajo mejorando el ambiente y se propició el uso de los implementos de seguridad, estas propuestas suman a la estandarización reflejada en los resultados obtenidos

Figura 49. Normalización eficiencia por turno.

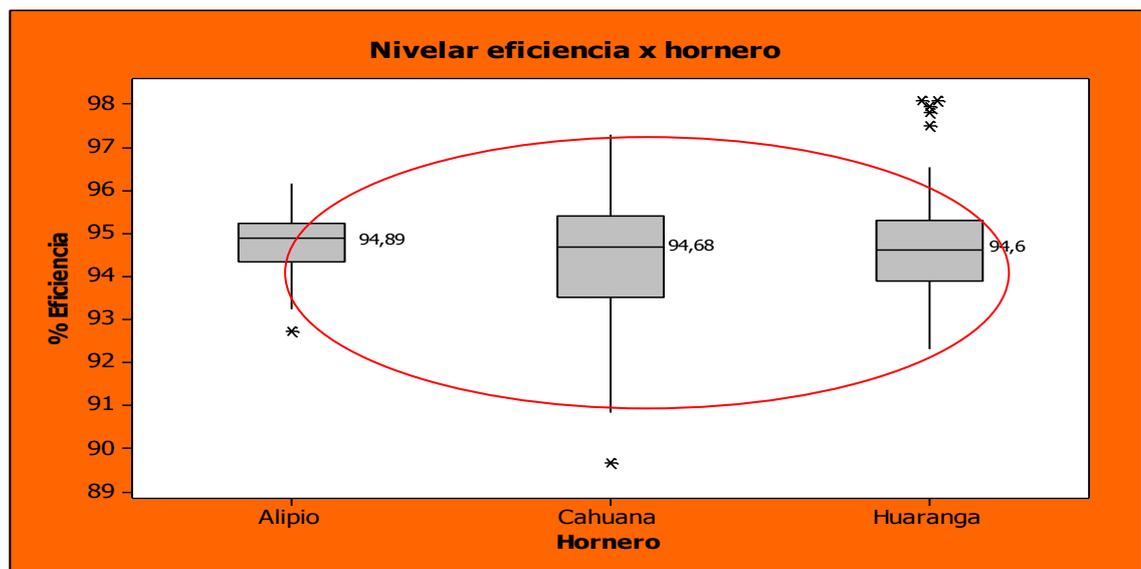


Fuente: Elaboración propia.

m) Normalización de la productividad del personal responsable del proceso.

Luego de las capacitaciones y evaluación de competencias realizadas, además del despliegue de los procedimientos óptimos, se logró normalizar la productividad del personal, los resultados reflejan similares resultados en la eficiencia por operario responsable del horno y del proceso en forma rotativa y son los encargados de hacer cumplir los procedimientos y especificaciones técnicas para la colada, la medición inicial mostraba diferencia entre la productividad de los maestros horneros, el resultado final arroja similitudes entre las eficiencias : 94.89, 94.68, y 94.6. Se efectuó el levantamiento de información para establecer los métodos aplicados por maestro con mayor eficiencia.

Figura 50. Normalización de la productividad del personal.



Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO VI SISTEMA DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LAS MEJORAS.

### 6.1. SISTEMA DE MEDICIÓN Y VALIDACIÓN DE DATOS.

Se estableció el procedimiento de medición de variables críticas, el almacenamiento, a la seguridad de la información, objetivo, se desplegó a los responsables de la medición análisis y reporte, se estableció que mensualmente se realiza los comités productivos para el análisis de variables críticas. Se diseño para tal fin el formato de levantamiento de información.

Figura 51. Formato de medición de variables críticas.

REPORTE DE HORNO DE FUNDICION					
Fecha		Horno		Operario	
Colada		N° Fundición		Aleación	
H. Inicio		H. Final		Tiempo Total	
H. I. Moldeado		H.F. Moldeado		Tiempo Total	
Inicio Analisis Q.		Final Analisis Q.		Tiempo Total	
Zn Adicionar (kg)		Pb Adicionar (kg)		Otros adicionar (kg)	
Inicio Analisis Q.		Final Analisis Q.		Tiempo Total	
Temperatuta de Vaciado (° C)					
Ø Producto:		Unid. de Produc.		Peso de Prod. (kg)	
Ø Producto:		Unid. de Produc.		Peso de Prod. (kg)	
Carga Metalica		Cantidad (kg)		Escoria (kg)	
				Observaciones	

Fuente: Elaboración propia.

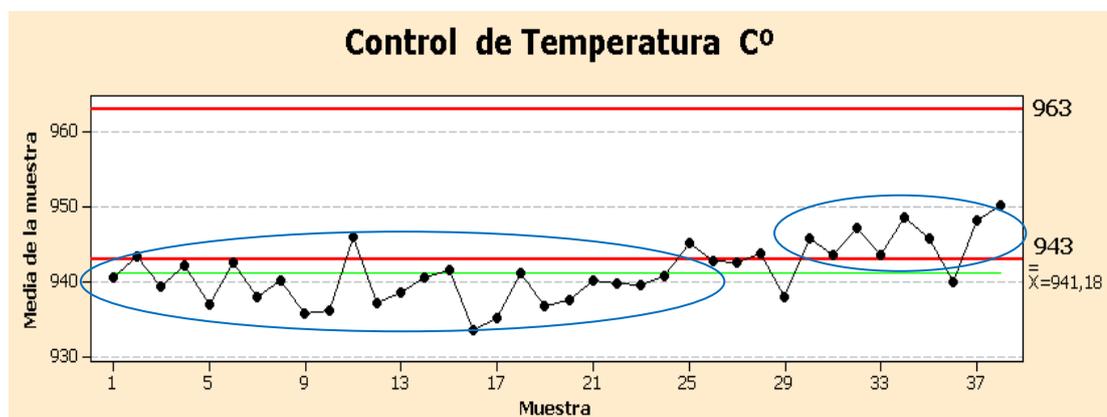
### 6.2. MONITOREO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS.

El enfoque tradicional del control de la calidad es el monitoreo de los resultados, permitiendo que los errores generados en las etapas previas ocasionen defectos en la etapa final, el enfoque correcto es monitorear el proceso en todas sus etapas detectando los errores y corrigiendo a tiempo, para nuestro proceso generamos una ficha de levantamiento de información, enfocado en el control de las variables críticas temperatura, tipo de carga y

“tiempo ocioso”, el monitoreo se realiza con los lineamientos definidos para el proceso:

a) Control de temperatura: cada 20 minutos, a partir de las 2 horas de iniciada la colada hasta las 2:40 horas hora promedio de fin y aprobación de la colada, aprobada la colada control de temperatura al minuto con la pantalla activa del pirómetro introducido en la colada, cualquier variación por encima o debajo del rango [944 a 963] C° se enciende la sirena y se reporta como defecto en temperatura.

Figura 52. Control de la temperatura



Fuente: Elaboración propia.

ANALISIS: El análisis debe enfocarse en los puntos que salen del rango, estos puntos evidencian la presencia de causas especiales (evidenciables), estas tienen una razón identificable de ocurrencia que pueden eliminarse y prevenir su ocurrencia, se elaboró un formato para realizar el seguimiento a estas causas especiales y darle solución.

Figura 53. Formato toma de acción ante causas especiales.

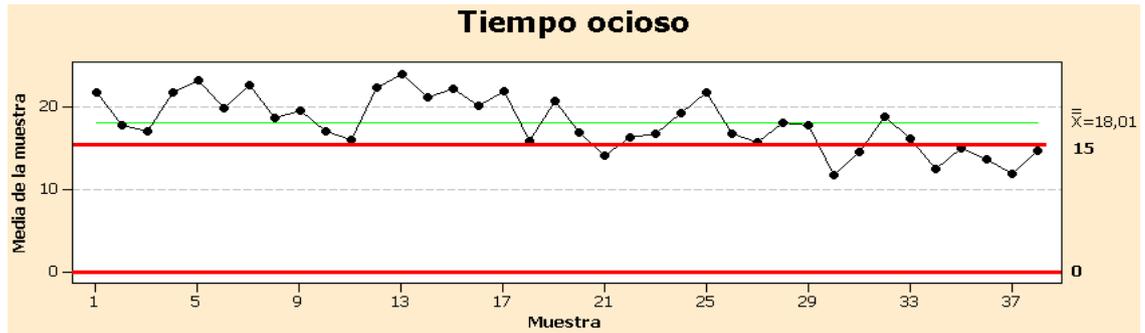
Formato : CAUSAS ESPECIALES : PUNTOS FUERA DEL RANGO			
Identificación de la causa / defecto	Acciones a tomar	Responsable	Fecha de culminación

Fuente: Elaboración propia.

b) Control del “Tiempo Ocioso “:

Se identificó que el tiempo no utilizado entre la culminación de la colada y el inicio del vaciado en los moldes, influye de manera directa en la eficiencia, debido a que se producen reacciones no deseadas en ese lapso, inicialmente representaba 24 minutos en promedio, el valor actual es 15 minutos, sin embargo la meta es 0 minutos.

Figura 54. Reducción del tiempo ocioso.



Fuente: Elaboración propia.

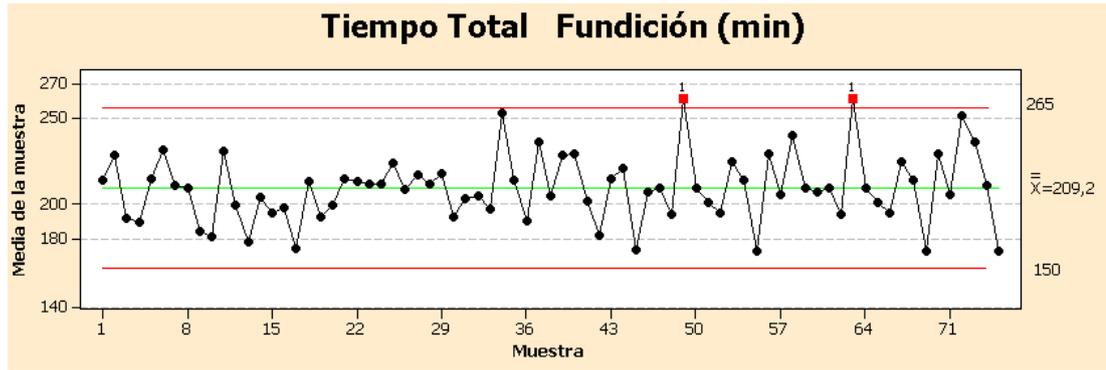
c) Control tipo de carga :

El tipo de carga es la variable crítica identificada más importante, el análisis identifica a la CARGA TIPO 2 como la óptima, que es la que previamente pasa por un tema de selección eliminando impurezas y metales no favorables para la colada, se garantiza estableciendo el procedimiento de selección de chatarra dentro del proceso de fundición y dentro de la rutina de inspección diaria del supervisor, además se genera un indicador de selección de chatarra.

d) Control del tiempo total de fundición.

El tiempo total de fundición es importante para la productividad total del proceso, ya que esta permite tener una producción 1.5 veces más en la producción total, los límites establecidos son que el tiempo total de colada debe estar en el rango [150: 265] min.

Figura 55. Tiempo total de fundición



Fuente: Elaboración propia.

### 6.3. MONITOREO DE INDICADORES Y PROYECTOS.

Definidos los indicadores principales y relacionados, además de los proyectos de solución de las causas, se establece una matriz de seguimiento cuyo objetivo es monitorear el avance de los proyectos de implantación de soluciones y el impacto que estos tienen en los indicadores definidos. En los indicadores se monitorea el valor inicial antes de las mejoras, el valor meta propuesto y el valor actual alcanzado a la fecha de corte del seguimiento.

Figura 56. Matriz de seguimiento.

SISTEMA DE CONTROL DE IMPLANTACION DE MEJORA E INDICADORES					PROYECTOS DE MEJORA								
<b>ÁREA:</b> JEFATURA DE PRODUCCION <b>Fecha:</b> Junio <b>Actualizado al:</b> 28-jul					P1	P2		P3	P4	P5	P6	P7	P8
					1. Elaborar procedimiento de control análisis y selección de chatarra	Capacitar y evaluar personal en competencias básicas y estudio de carga de trabajo	2. Revisión y actualización de procedimiento	3. Revisión de sist. medición variables críticas	4. Reducción del tiempo de fundición	5. Establecer producción continua 24 horas	6. Revisión de incentivos	7. Revisión procedimiento de análisis químico	8. Revisión del sistema de mantenimiento
Nº	Indicadores	Valor inicial	Valor meta	Valor actual									
	Indicador Principal :												
1	% de Eficiencia Promedio	93.9	95	94.9	9			9			9		
	Indicador Relacionado :												
2		30 min	5 min	10min		9		3	9		3		9

	Tiempo de análisis químico.												
3	% Merma x rechupe de tocho.	2.96%	2 %	1.5%	9	9	9			3	9		
4	Indicador de productividad laboral	0.9 tn/trab	1.5 tn/trab	1.2 tn/trab		9	3	9		3	9		9
5	Ingreso promedio x trabajador	100%	150%	130%		9	3			33		3	
6	Nº de coladas / día	72	120	150		9	3						9
7	% de incumplimiento	80 %	50%	51.49%	9	9	9	9		3	3		3
	<b>% de Cumplimiento Promedio</b>			<b>100%</b>	<b>100</b>								

## CAPITULO VII EVALUACIÓN ECONÓMICA.

Para la sustentabilidad del proyecto de mejora se realiza el análisis económico respectivo, con el objetivo de demostrar que la implementación de las propuestas de mejora, permitirá ingresos que desde el punto de vista económico financiero es totalmente viable, como se demuestra en los cuadros siguientes:

Tabla 12. Inversión en las mejoras.

EGRESOS		
Instalación y cambio de crisol	S/	80.000,00
Instalación y compra de soplete	S/	2.000,00
Compra de Cayana	S/	5.300,00
Instalación de sensores para control de temperatura	S/	16.000,00
Instalación y compra de 6 ventiladores	S/	12.000,00
Incorporación de 2 personas	S/	14.400,00
Instalación de alarmas en fundición	S/	680,00
Instalación de intercomunicadores	S/	560,00
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	S/	<b>99.300,00</b>

Tabla 13. Ingresos por implementación de las mejoras.

IMPACTO ECONOMICO DEL PROYECTO						
merma total (kg)	periodo (meses)	promedio x dia	costo x kg insumo	sto de oportunidad (venta) x		
48777,1	7	68,60	15	27		
83617,88571	12					
<b>costo merma Anual (merma total 6.1 %)</b>		<b>S/</b>	<b>\$</b>	<b>COSTO DE OPORTUNIDAD ANUAL</b>	<b>S/</b>	<b>\$</b>
		1.254.268,29	440.094,14	2257682,914	792.169,44	
<b>costo merma MENSUAL (merma total 6.1 %)</b>		<b>S/</b>	<b>\$</b>	<b>COSTO DE OPORTUNIDAD MENSUAL</b>	<b>S/</b>	<b>\$</b>
		104.522,36	36.674,51	188.140,24	66.014,12	
<b>% de mejora = 1,1 % de la merma</b>	<b>ANUAL</b>		<b>MENSUAL</b>			
	<b>S/</b>	<b>\$</b>	<b>S/</b>	<b>\$</b>		
	226.179,53	79.361,24	18.848,29	6.613,44		

El flujo de caja a realizar tendrá la característica de flujo económico, debido a que la empresa tendrá que asumir la inversión en las propuestas de mejora, pero cabe señalar que muchas de las aplicaciones de mejora, solamente se realizan con recursos propios del área, ya que son soluciones creativas, con lo que se tiene se mejora, sin embargo existen inversiones que potencializan las mejoras.

Para la evaluación del proyecto se usara los siguientes indicadores:

a) VAN: VALOR PRESENTE NETO.

b) TIR: TASA INTERNA DE RETORNO.

Tabla 14. FLUJO DE CAJA PROYECTADO

RUBRO		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
<b>INGRESOS</b>								
Ahorro por incremento de la eficiencia.	S/	0	226.179,53	226.179,53	226.179,53	226.179,53	226.179,53	226.179,53
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>	<b>S/</b>	<b>0</b>	<b>226.179,53</b>	<b>226.179,53</b>	<b>226.179,53</b>	<b>226.179,53</b>	<b>226.179,53</b>	<b>226.179,53</b>
<b>EGRESOS</b>								
Instalacion y cambio de crisol	S/	80.000,00	80.000,00	80.000,00	80.000,00	80.000,00	80.000,00	80.000,00
instalacion y compra de solplete	S/	2.000,00		2.000,00		2.000,00		2.000,00
compra de Cayana	S/	5.300,00		5.300,00		5.300,00		5.300,00
instalacion de sensores para control de tempertura	S/	16.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00	16.000,00
instalacion y compra de 6 ventiladores	S/	12.000,00		12.000,00		12.000,00		12.000,00
incorporacion de 2 personas	S/	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00	14.400,00
instalacion de alarmas en fundicion	S/	680,00		680,00		680,00		680,00
instalacion de intercomunicadores	S/	560,00		560,00		560,00		560,00
<b>TOTAL DE EGRESOS</b>	<b>S/</b>	<b>99.300,00</b>	<b>110.400,00</b>	<b>130.940,00</b>	<b>110.400,00</b>	<b>130.940,00</b>	<b>110.400,00</b>	<b>130.940,00</b>
<b>FLUJO DE CAJA ECONOMICO</b>	<b>S/</b>	<b>(99.300,00)</b>	<b>115.779,53</b>	<b>95.239,53</b>	<b>115.779,53</b>	<b>95.239,53</b>	<b>115.779,53</b>	<b>95.239,53</b>
TASA DE DESCUENTO (COK)			27.35%	anual				
VAN FCE	s/	68.563,00	Es mayor que cero (0), por tanto el proyecto de mejora es viable					
TIR FCE		48%	Es mayor que la tasa de descuento (27.71%) por lo tanto el proyecto es viable.					

Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO VIII:CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a) Se determinó las variables críticas del proceso las cuales son: temperatura de fundición, tipo de carga de chatarra, “tiempo ocioso” de cambio de parada de maquinaria producto del análisis estadístico de regresión e implementación de la metodología.
- b) Se determinaron las actividades que agregan valor al proceso de fundición consignadas en el detalle del plan de soluciones, estas contribuyen a la mejora de la eficiencia del proceso.
- c) Diseñamos la propuesta de soluciones para la mejora del proceso de fundición consignadas en la tabla N° 7 “Diseño de soluciones” producto del análisis de las causas raíces.
- d) Implementamos la metodología de mejora en una Pyme del sector metalúrgico “Fundidora sac” obteniendo una mejora de la eficiencia promedio del 93.9% al 94.96% implementando la propuesta de soluciones y la metodología propuesta.
- e) Mejora de la capacidad del proceso, de un  $C_p = 0.77$  al valor final  $C_p = 0.93$ , esto refleja que el proceso es capaz de cumplir en mayor % las exigencias del cliente, por tanto existe mayor cantidad de coladas que cumplen con la especificación del cliente.
- f) Mejora del nivel Sigma de  $\sigma = 0.85$  al valor final  $\sigma = 1.6$  indicando la mejora en el proceso en la reducción de la variación y en el % de defectos, convirtiéndose en un proceso más estable y más competitivo.
- g) Se Incrementó la productividad: antes de las mejoras la cantidad promedio de coladas era 78 (mensual), luego de las mejoras implementadas el promedio subió a 112 coladas, llegando a tener 150 coladas (mayo), esto representa que la producción se incrementó de 1 a 1,5 en promedio, esto significa mayor ingreso para la empresa, máximo uso de los recursos y capacidad instalada, es como tener 1.5 veces la empresa.

- h) Se redujo el tiempo de fundición, de 250 minutos a 209, esto implica poder realizar mayor número de coladas en el año y la reducción de costos operativos.
- i) Reducción del tiempo ocioso de 24 minutos a 15 minutos, el objetivo es reducirlo a 0 minutos, porque no tiene sentido que habiéndose realizado la colada no se proceda al vaciado, esta reducción influye en la reducción de costos operativos.
- j) Se redujo la cantidad de pruebas y el tiempo de análisis químico, inicialmente se realizaba 3 pruebas y el análisis demoraba 30 minutos, ahora solo 1 y el tiempo de análisis se redujo por debajo de los 10 minutos.
- k) Se identificó el rango óptimo de variación de temperatura para las coladas, al no contar con tecnología y ser más preciso en identificar la temperatura, con los recursos actuales y sin mayor inversión se concluyó que la temperatura debe ser controlada entre 943 y 960 C°.
- l) Se identificó la carga óptima de chatarra para la fundición, esta es la carga tipo 2, que es aquella que pasa por un proceso previo de selección para garantizar que no se filtren escorias que produzcan impurezas en la aleación.
- m) Se logró normalizar la eficiencia y eficacia de los hornos y del personal responsable, formalizando los procedimientos óptimos en mantenimiento y en producción, capacitando al personal y mejorando el proceso de mantenimiento preventivo.
- n) La identificación del nivel de madurez de los procesos y en general de la empresa es imprescindible a la hora de pensar en implementar el lean six - sigma, no es lo mismo un proceso con datos, que un proceso con datos correctos y validados, el proceso debe tener identificada y definida sus etapas, debe estar consiente del costo de la NO calidad, debe tener medido el % de defecto en cada etapa, debe tener identificado cuando es que ocurre un defecto, etc. En resumen, el nivel de estandarización del proceso es requisito importante antes de pensar en lean Seis Sigma.

- o) La aplicación de la metodología requiere de una rigurosidad en el cumplimiento y la aplicación de las herramientas adecuadas, el no hacerlo puede hacer decaer en errores y distorsionar el resultado.
- p) La mejora de la eficiencia está supeditada a múltiples factores, entre ellas causas factibles de solución y otras no factibles a corto plazo, debido a la complejidad tecnológica que representan. Reducir a un más la variación de la temperatura , requiere de la instalación dentro de los hornos de dispositivos electrónicos cuyo costo de implementación no es factible a corto plazo, mas es inminente a largo plazo, por tener un gran potencial de mejora en este aspecto y al enorme impacto económico resultado del primer ciclo de mejora.
- q) El nivel de competencias del recurso humano es importante en todo proyecto, en nuestro caso identificamos la falta de aprendizaje organizacional en temas de calidad y productividad, en todos los niveles, esto retrasó el proyecto de mejoras, ya que primero se tuvo que nivelar las competencias y desplegar el conocimiento a todos los niveles.
- r) El aseguramiento de las mejoras, se consolidó con la formalización de procedimientos, el despliegue de la política de calidad de: cero defectos, cero desperdicios, 100% de participación del personal, 100% de cumplimiento de requisitos.

## RECOMENDACIONES

- a) Se debe realizar un alto al proceso productivo y desarrollar el diseño de experimentos requerido para continuar optimizando los rangos de variación de las variables críticas, esto obviamente incurrirá en costos productivos, pero quedó demostrado con el análisis costo beneficio la factibilidad de las iniciativas de mejora.
- b) La metodología de Lean permitió definir las actividades que agregan valor al proceso, y fueron consignadas en el detalle de cada solución propuesta (tabla N°10 detalle del plan de soluciones), estas actividades fueron diseñadas

siguiendo los lineamientos de la metodología Lean : Mapeo de procesos, identificación de oportunidades de mejora y método de valor agregado. Se recomienda realizar de manera continua la implementación de proyectos de mejora en el proceso de fundición, para tener siempre actualizada estas actividades y considerar el aporte del personal en la mejora continua de las mismas.

- c) Implementación de tecnologías de información en el control de la temperatura, en la selección de la chatarra, en la eliminación del tiempo ocioso, existe aun una gran potencial de mejora, cualquier variación por más pequeña que sea en la eficiencia representa un gran impacto económico para la empresa.
- d) Desplegar capacitación a todo el personal, en todos los niveles, enfocado a eliminar las debilidades en 3 aspectos : debilidades funcionales , debilidades en liderazgo y debilidades en aspectos técnicos. Esto garantiza un recurso humano competente, con la confianza necesaria para la toma de decisiones y para la propuesta de mejoras.
- e) Consolidación de la política de calidad, la definición de competencias y política de promociones para consolidar el compromiso del personal con la empresa, más que incrementar el sueldo, el personal quiere que su trabajo sea reconocido y que exista un proyecto de crecimiento profesional.

## GLOSARIO DE TERMINOS

- Misión:** Razón de ser Negocio (s) en que queremos estar. Vocación.
- Visión:** Lo que queremos ser, cómo queremos vernos: sitios, posición, nuestros compromisos.
- Objetivos:** Posición en temas específicos que queremos alcanzar en mediano - largo plazo (cuantificables).
- Stakeholders:** Aquellos sectores o personas que tienen derecho (o le atribuimos el derecho) de esperar que la empresa satisfaga parcial o totalmente sus necesidades y/o expectativas válidas (Accionistas, Clientes, Comunidad, Gobierno y Personal).
- Valores:** Creencias, principios que orientan la acción y las decisiones.
- Metas:** Nivel cuantitativo a lograr en un objetivo o un componente del mismo.
- Estrategias:** Los medios y/o cursos de acción en posición, ubicación, capacidad, integración, entre otros para lograr los Objetivos Estratégicos.
- Proyectos:** Conjunto de actividades que se deben realizar para llevar adelante e implantar una estrategia.
- Programas:** Conjunto de actividades, criterios, principios que se deben realizar para llevar una política a la práctica.
- Políticas:** Lineamientos y reglas de decisión y actuación para los diferentes temas en una empresa: calidad, seguridad, personal, relaciones con proveedores, etc.
- SIPOC:** S (suppliers - proveedores-) aquellos que proporcionan los insumos necesarios para que el proceso comience. Estos insumos pueden ser físico y/o información.
- I (input -entradas/insumos-) las materias primas y/o información que desencadenan el proceso.
- P (process -procesos-) el conjunto de tareas que realizamos para realizar el proceso.
- O (output -salida/producto-) es lo que entregamos según el pedido que entró.
- C (costumer - cliente-) Para quién hemos fabricado el producto.
- CTQs :** Críticos para la calidad , requisitos que el cliente exige.

AMEF : Análisis de modos y efectos de las fallas.

Quick Wins: Soluciones rápidas que no requieren mayor análisis.

QFD:El despliegue de la función de la calidad es un sistema que busca focalizar el diseño de un producto o servicio a la satisfacción de las necesidades de los clientes, al darles a estas una prioridad de su intervención en el desarrollo del diseño. Sin embargo, en algunos casos basta con un formato de cuestionario que provea de un mapa porcentual de respuesta de los clientes.

Matriz

Causa-Efecto:Es una tabla de doble entrada que relaciona los requerimientos de los clientes (Que(s)) con los procesos del negocio (Como(s)) con el fin de priorizar de dar enfoque al proyecto six sigma priorizando los procesos a mejorar y los requerimientos atacar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, R. (2015).gestión del mantenimiento mediante six sigma para la optimización de la productividad.Perú.Recuperadode <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/uncp/1485/tesis%20gesti%c3%93n%20del%20mantenimiento%20mediante%20six%20sigma.pdf?sequence=1&isallowed=y>
- Acheson, J.(1990). Control de Calidad y Producción Industrial. México: Alfa y Omega.
- Alonso, V. (1998). Control estadístico de la calidad. Valencia: Servicio de publicaciones.
- Arias, F. (2013). N° 9. Innovación y diseño entre las PyME industriales. Serie Políticas Públicas y transformación Productiva, 9, Caracas: CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/361>
- Barbosa, E. (2012). Metodología para la integración de Seis Sigma y Lean en una empresa PyME: Un enfoque participativo entre la academia y las PyMEs Tamaulipecas (Tesis Doctoral). Universidad de León, España. Recuperado de [https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2681/tesis\\_998027.pdf?](https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/2681/tesis_998027.pdf?)
- Benjamin, W. (2009). Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del Trabajo. México: Mc Graw Hill.
- Brassiolo, P., Gluzmann, D. J., Gasparini, L., Zuluada Martínez, S. D., Ruffo, H., Butler, I., Maloney, W. (2013). Perspectivas sobre el desarrollo. Emprendimientos para la transformación productiva. Vol. 11. Caracas: CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/727>
- Berenson, M. y Levine, D. (1996). Estadística básica en administración, conceptos y aplicaciones. 2da edición. México: Prentice hall.
- Cecil F. (1960). Métodos Estadísticos aplicados a la economía y a los Negocios. España: Madrid.
- Cruz, S. (2010).Relación entre el enfoque de gestión de la calidad y el desempeño organizativo. una aproximación desde la perspectiva basada en los recursos.[https://pdfs.semanticscholar.org/b7ff/db7d242f8f2a1412802fe136dbad9ac7a76b.pdf? ga=2.123969738.1361807913.1575168671-648695913.1575168671](https://pdfs.semanticscholar.org/b7ff/db7d242f8f2a1412802fe136dbad9ac7a76b.pdf?ga=2.123969738.1361807913.1575168671-648695913.1575168671)

CAF. (2014). Políticas para emprender, emplear y producir. CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/626>

CAF. (2015). Programa de Innovación Empresarial. Caracas: CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/719>

CAF. (2015). Modelo de gestión empresarial para micro y pequeñas empresas basadas en Negocios Verdes. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/684>

CAF. (2012). Iniciativas de transformación productiva. Caracas: CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/415>

Douglas, M. (1996). Probabilidad y estadística. Mexico: Mc Graw Hill.

Douglas, M. (1991). Control Estadístico de la Calidad. Mexico: Iberoamericano.

DEMING, E. (1986). Out of Crisis, Massachusetts Institute of Technology. Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA.

Escorche, V., Gomez Bravo, L., Guzman, J., Medina, E., Paez, T., Rodriguez, F., ... Valera, N. (1990). Productividad y calidad. Manual del consultor. Caracas: CAF. Recuperada de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/870>

Edgardo, E. (2003). Seis Sigma Metodología y Técnicas. México: Noriega Editores.

Eslava, M., Hurtado, B., Albis, N., Andreasen, E., Carbajal, F., Dardati, E., Urrutia, C. (2018).

Garcia, E (2014). Implementación de la metodología DMAIC Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal. Costa Rica.

Gomez, L. (1991). Mejoramiento continuo de calidad y productividad. Técnicas y herramientas. Caracas: CAF. Recuperada de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/865>

Gomez, L. (1991). Indicadores de calidad y productividad de la empresa. Recuperada de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/863>

Gomez, L. (1990). Productividad y calidad. Manual del consultor. Recuperada de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/870>

Humberto, G. (2009). Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. Mexico: Mc Graw Hill.

Humberto, G. (2005). "Calidad total y productividad". Mexico: Mc Graw Hill.

Ishikawa, K. (1985). What is Total Quality Control? The Japanese Way, Prentice-Hall, London.

Listerri, J., Gligo, N., Homs, O., & Ruíz-Devesa, D. (2014). N° 13. Educación técnica y formación profesional en América Latina. El reto de la productividad. Serie Políticas Públicas y Transformación Productiva, 13, Caracas: CAF. Recuperada de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/378>

Meller, P., & Parodi, P. (2017). La importancia de la capacidad tecnológica en un mundo global. Santiago de Chile: CAF; CIEPLAN. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1073>

MALCOLM BALDRIGE NATIONAL QUALITY AWARD (1999). Criteria for Performance Excellence. National Institute of Standards and Technology. EU:Gaithersburg.

Páez, T., Gómez, L., & Raydan, E. (1991). Nueva gerencia de recursos humanos. Calidad y productividad. Caracas: CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/866>

Peña, D. (2002). Fundamentos de Estadística. Alianza. Madrid: Universal.

Prieto, M. (2006). 6 sigma Qué es y cómo aplicarlo a la empresa española. Asociación Española para la Calidad.

Prieto, M. (2012). D3CMAIC: un entorno para la aplicación sistemática de la metodología Seis Sigma en proyectos de mejora. Tesis doctoral, Universidad Rey Juan Carlos.

Rodríguez, F., & Gómez, L. (1991). Indicadores de calidad y productividad de la empresa. Caracas: CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/863>

Rivera, J.(2009). El Seis Sigma como Herramienta de Calidad en las Organizaciones. México: Veracruz.

Sánchez, P. (1991). La gestión financiera. Calidad y productividad. Caracas: CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/859>

SUÁREZ, M.F. (2007). La sostenibilidad de la mejora continua de procesos en la administración pública: un estudio en los ayuntamientos de España. Universidad Ramón Llul, Barcelona Tesis doctoral.

Tamayo, F. (1991). Gestión de manufactura. Nuevos enfoques de racionalización. Caracas: CAF. Recuperado de <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/858>